

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

**METAL SEKTÖRÜNDEKİ BİR ÜRETİM TESİSİNDE
SÜREÇ OPTİMİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gamze YÜRÜK ÇAKIRSOY

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : ENERJİ
Tez Danışmanı : Yrd.Doç. Dr. Hüseyin PEHLİVAN

Ocak 2014

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**METAL SEKTÖRÜNDEKİ BİR ÜRETİM TESİSİNDE
SÜREÇ OPTİMİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gamze YÜRÜK ÇAKIRSOY

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : ENERJİ

Bu tez / 01 /2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

.....
Jüri Başkanı

.....
Üye

.....
Üye

ÖNSÖZ

Günümüzde bir çok işletme rekabet üstünlüğünü elde etmede maliyet azaltmanın önemini anlamış ve maliyet azaltıcı çalışmalar için yatırım yapmaya başlamıştır. Her geçen gün üretim kapasitesi, proses verimi, enerji gideri, darboğaz noktası gibi bir çok metrik önem kazanmaktadır. Özellikle mevcut sistemin optimizasyonu, otomasyon sistemlerine geçişler maliyet azaltmada önemli rol oynamaktadır. Bununla birlikte kapasite artış çalışmalarının enerji tüketimi sabit tutulduğunda enerji enerji yoğunluğunu azaltılarak enerji tasarrufu sağlandığı görülmektedir.

Yapmış olduğum çalışma boyunca her türlü yardımı esirgemeyen, çalışmama yön veren tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Hüseyin PEHLİVAN ve sadece bu çalışmada değil, tüm hayatım boyunca bana her konuda destek olan, anlayışlarını ve sevgilerini esirgemeyen, beni yüreklendiren ve bana güvenen aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ÖZET	x
SUMMARY	xi

BÖLÜM 1.

GİRİŞ	1
1.1.Giriş.....	1
1.2.Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	2
1.3.Çalışmanın Organizasyonu.....	3

BÖLÜM 2.

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	5
2.1.Giriş.....	5
2.2.Dünya'daki Enerji Tasarrufu Çalışmaları.....	5
2.3.Endüstriyel Tesislerde Gerçekleştirilen Enerji Tasarrufu Çalışmaları	7

BÖLÜM 3.

METAL SEKTÖRÜNDE ENERJİ YÖNETİMİ VE BU SEKTÖRDE FAALİYET GÖSTEREN BİR TESİSİN İNCELENMESİ.....	11
3.1.Giriş.....	11
3.2.Türkiye'deki Metal Eşya Sektörü	11
3.3.Metal Eşya Sektöründe Enerji Yönetimi.....	15
3.4.Tesisin Genel Yapısı ve Tesisteki Üretim Prosesleri.....	17

3.4.1.Kalıphane.....	18
3.4.2.Sac Dilme	19
3.4.3.Preshane.....	19
3.4.4.Perçinhane	21
3.4.5.CNC Otomat – Yay	22
3.4.6.Kaynakhane	22
3.4.7.Kaplama.....	23
3.4.8.Boyahane	25
3.4.9.Montaj	26
3.5. Tesisin Enerji Tüketimi	26

BÖLÜM 4.

ÜRETİM PROSESLERİNİN REVİZYONU VE ENERJİ ANALİZİ	28
4.1.Giriş.....	28
4.2.Elektrostatik Toz Boya Tesisinde Askı Sistemi Revizyonu.....	28
4.3.Kaplama Tesisinde Kablolu Sistemden Lazer Optik Sisteme Geçilmesi... 30	
4.4.Baza Mekanizması Montaj Bandında Manuel Sistemden Konveyörlü Sisteme Geçilmesi	32
4.5.İhracat Montaj Bandında Kapasite Artışına Yönelik Bant Düzeni Çalışması.....	33
4.6.Çekyat Mekanizması Bandında Manuel Sistemden Tam Otomasyon Sisteme Geçilmesi	34
4.7.Preshanede Bükme Kalıplarına Şarjör Eklenerek Kapasitenin Artırılması ve İş Kazası Riskinin Azaltılması.....	35

BÖLÜM 5.

SÜREÇ OPTİMİZASYONUyla GERÇEKLEŞTİRİLEN İYİLEŞTİRMELER....	36
5.1.Giriş.....	36
5.2.Elektrostatik Toz Boya Tesisinde Askı Sistemi Revizyonu.....	37
5.3.Kaplama Tesisinde Kablolu Sistemden Lazer Optik Sisteme Geçilmesi... 39	
5.4.Baza Mekanizması Montaj Bandında Manuel Sistemden Konveyörlü Sisteme Geçilmesi	42

5.5.İhracat Montaj Bandında Kapasite Artışına Yönelik Bant Düzeni Çalışması.....	43
5.6.Çekyat Mekanizması Bandında Manuel Sistemden Tam Otomasyon Sisteme Geçilmesi	43
5.7.Preshanede Bükme Kalıplarına Şarjör Eklenecek Kapasitenin Artırılması ve İş Kazası Riskinin Azaltılması.....	44
5.8.Tesisin İyileştirme Maliyeti ve Amortisman Süresi.....	44
BÖLÜM 6.	
SONUÇLAR	47
BÖLÜM 7.	
TARTIŞMA VE ÖNERİLER	50
KAYNAKLAR	52
EKLER.....	54
ÖZGEÇMİŞ	55

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
TUIK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Ülke Bazında Enerji Tüketimi	2
Şekil 3.1. Sektörün Üretim Değerinin Gelişimi.	12
Şekil 3.2. Katma Değerin Gelişimi.....	13
Şekil 3.3. Kalıphane İş Akış Şeması ve Vaziyet Planı.	18
Şekil 3.4. Sac Dilme Hattı İş Akış Şeması ve Vaziyet Planı.	19
Şekil 3.5. Preshane Bölümü İş Akış Şeması	20
Şekil 3.6. Preshane Bölümü Vaziyet Planı	20
Şekil 3.7. Perçinhane Bölümü İş Akış Şeması	21
Şekil 3.8. Perçinhane Bölümü Vaziyet Planı	21
Şekil 3.9. Yay – Otomat Bölümü İş Akış Şeması	22
Şekil 3.10. Yay – Otomat Bölümü Vaziyet Planı.....	22
Şekil 3.11. Kaynakhane Bölümü İş Akış Şeması.....	23
Şekil 3.12. Kaplama Bölümü İş Akış Şeması	23
Şekil 3.13. Kaplama Bölümü Vaziyet Planı	24
Şekil 3.14. Boyahane Bölümü İş Akış Şeması.....	25
Şekil 3.15. Boyahane Bölümü Vaziyet Planı	25
Şekil 4.1. Elektrostatik Toz Boya Prosesi Tabanca – Parça Optimum Mesafe	29
Şekil 4.2. Elektrostatik Toz Boya Prosesü Parçalar Arası Optimum Mesafe	29
Şekil 4.3. Lazer Optik Sistem.....	30
Şekil 4.4. Kaplama Tesisi Robot Görüntüsü.....	31
Şekil 4.5. Kaplama Tesisi Yazılım Ana Ekranı	31
Şekil 4.6. Mekanizma Bandı Konveyörlü Sistem	32
Şekil 4.7. Çekyat Mekanizması Otomasyon Bandı	34
Şekil 4.8. Otomasyon Tezgahı'nın Şematik Gösterimi	35
Şekil 4.9. Pres Şarjör Sistemi	35
Şekil 5.1. 2012 Yılı Doğalgaz – Elektrik Tüketimi.....	36
Şekil 5.2. Sabit Enerji Tüketiminde Revizyon Sonrası Kapasite Değişimi	38

Şekil 5.3. Askıdaki Parça Sayısı – Birim Doğalgaz Tüketim Grafiği	39
Şekil 5.4. Kaplama Süresine Bağlı Kapasite Değişim Grafiği.....	40
Şekil 5.5. Sabit Enerji Tüketiminde Revizyon Sonrası Kapasite Değişimi	41
Şekil 5.6. Kapasite – Robot Hızı (Yatay) Grafiği	41
Şekil 5.7. Kapasite – Robot Hızı (Dikey) Grafiği	42
Şekil 5.8. Sabit Enerji Tüketiminde Revizyon Sonrası Kapasite Değişimi.....	42
Şekil 5.9. Sabit Enerji Tüketiminde Revizyon Sonrası Kapasite Değişimi	43
Şekil 5.10. Sabit Enerji Tüketiminde Revizyon Sonrası Kapasite Değişimi	43
Şekil 5.11. Sabit Enerji Tüketiminde Revizyon Sonrası Kapasite Değişimi	44

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Fabrikasyon Metal Ürünleri Sanayi Üretim Değeri.....	12
Tablo 3.2. Metal Eşya ve Makine – Teçhizat Sanayi Enerji Yoğunluğu	16
Tablo 3.3. Tesisin Bölümlere Göre Enerji Tüketimi	26
Tablo 3.4. Enerji Tüketim ve Enerji Maliyetleri.....	27
Tablo 3.5. Üretim Miktarı ve Enerji Tüketimi	27
Tablo 3.6. Yıllık Su Tüketimi	27
Tablo 5.1. Proje Parametreleri.....	37
Tablo 5.2. Sabit Parametreler	37
Tablo 5.3. Parametrelerdeki Değişim Oranları	37
Tablo 5.4. Proje Parametreleri.....	39
Tablo 5.5. Sabit Parametreler	39
Tablo 5.6. Proje Neticesinde Değişen Parametreler	40
Tablo 6.1. Elektrostatik Toz Boya Kontrol Kriterleri	48

ÖZET

Anahtar kelimeler: Enerji Yoğunluğu, Enerji Tasarrufu, Kapasite Artışı

Bir ülkenin enerji açısından gelişmişlik seviyesine ulaşması için, kişi başına enerji tüketiminin yüksek, enerji yoğunluğunun ise düşük olması istenir. Bu gereksinim dünyada en çok enerji tüketiminin olduğu sanayide birim ürün üretimi için de geçerlidir.

Bu çalışmada, metal eşya sektöründe faaliyet gösteren bir endüstriyel tesis için 2012 yılı verileri göz önüne alınarak aynı miktar enerji ile daha yüksek adette nihai ürün elde edilmesini sağlayarak enerji yoğunluğunun minimize edilmesi üzerinde durulmuştur. Çalışma kapsamında ele alınan üretim tesisinde, ilk olarak firmada faaliyet gösteren tüm bölümler için enerji girdileri belirlenmiştir. Daha sonra tesiste ürün akışını engelleyen yani darboğaz oluşturan sistemlerde yapılan kapasite artırıcı projeler ele alınmıştır.

Elde edilen sonuçlar neticesinde özellikle boyahane bölümde yapılan proje neticesinde ürün başına tüketilen enerji miktarında % 43,75 ve kaplama bölümünde gerçekleştirilen proje neticesinde ürün başına tüketilen enerji miktarında %25 azalma sağlanmıştır.

PROCESS OPTIMIZATION IN A MANUFACTURING PLANT OPERATING IN THE METAL INDUSTRY

SUMMARY

Key Words: Energy Conservation, Energy Intensity, Capacity Increase

For a country to reach the level of developed countries in terms of energy, the energy consumption per capita has to be high and the energy intensity has to be low. These requirements attract the attentions to the industry in which there is the most consumption in the world.

In this study, it is focused on the minimising the energy intensity by supplying the higher output by using the same amount of energy considering the data of 2012 in a manufacturing plant which is active in metal goods sector. For manufacturing plant within the scope of the work, at first the energy inputs are determined then capacity-building projects are mentioned for systems that cause bottleneck in production.

In the study conducted as a result of the project that is performed for especially paint shop and coating departments, the fact that the amount of energy consumed per unit of production is deducted of 43.75 % and that of coating shop is deducted as 25% is concluded.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1. Giriş

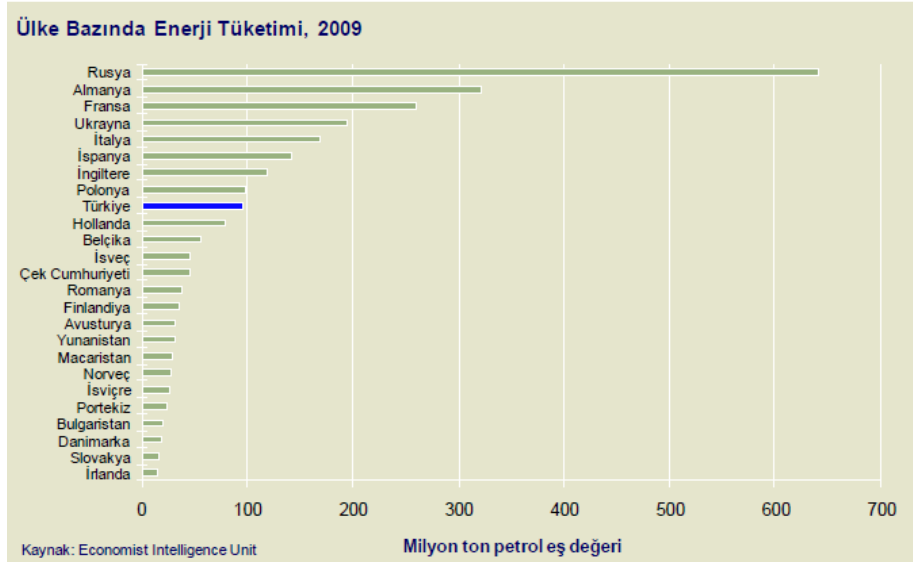
Sanayi Devrimi'nden günümüze enerji; ülkelerin sahip olduğu en önemli zenginlik unsuru haline gelmiştir. Elektriğin ve içten yanmalı motorların icadından sonra medeniyet, enerjinin çeşitli türleri üzerinde yükselmeye başlamıştır. Gelişmiş ülkelerin enerji kullanımı, gelişmekte olan ülkelere göre daha fazla olmuş, enerjiyi çok kullanan ülkeler daha çok gelişmiştir.

Enerji verimliliğinin sağlanmasında en etkili yöntem enerji tasarrufu olmaktadır. Enerji tasarrufu, enerji verimliliğini sağlayacak yüksek teknolojili cihazların kullanılması, enerji ile ilgili atıkların değerlendirilmesi ve geri kazanılması ile mevcut enerji kayıplarının önlenmesi sayesinde tüketilen enerji miktarının, kalite ve performansı azaltmadan, enerji gereksinimlerinin en aza indirilmesi olarak tanımlanabilmektedir. Enerji yoğunluğunun düşük olması ise, aynı miktar enerji ile daha yüksek çıktı elde edilmesi veya aynı çıktı düzeyini, daha az enerji kullanarak elde edilmesi olarak anlaşılmaktadır.

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) verilerine göre dünya enerji talebi 2030 yılına kadar %60 artacak, 2050 yılına kadar ise iki katına ulaşacaktır. Günümüzde enerji kaynaklarının tüketiminin ve nüfus artışının çok olması ve giderek artacağı göz önüne alınırsa, gelecek nesiller için kolay, ulaşılabilir kaynakların varlığı ve bulunma olasılığı gittikçe güçleşecektir. Bu nedenle doğal kaynaklarımızın sürdürülebilirliği için uzun vadeli planlar yapılmalıdır [1].

Dünyadaki en hızlı büyüyen enerji piyasalarından birine sahip olan Türkiye, bu alanda ileriye dönük olarak önemli büyüme potansiyeline sahiptir. Son 10 yıl içinde enerji talebi giderek artmaktadır ancak bu seviye halen Batı ülkelerindeki

standartların altında yer almaktadır. 2010 ile 2013 yılları arasında yıllık %2,5 oranında bir iyileşme olması beklenmektedir.



Şekil 1.1 Ülke Bazında Enerji Tüketimi

Türkiye’de ilk olarak 19.09.1972 tarihli ve 03.11.1972 tarihli Resmi Gazete’lerde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nca çıkarılan iki yönetmelik, hava kirliliğini önlemek ve enerji tasarrufu sağlama amacını taşımıştır. Bu yönetmelikler bağlayıcı hükümler içermediği için verimli bir şekilde uygulanamamıştır. Daha sonraki yıllarda bu eksiklikler giderilerek enerji tasarrufu ve enerji verimliliğine ilişkin çeşitli alanlar için yürürlüğe yeni kanun ve yönetmelikler girmiştir.

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Sanayi devrimiyle birlikte dünyadaki enerji tüketimi artmakta ve günümüzde giderek artan enerji tüketimi ile enerji kaynaklarının kısıtlı olması enerji tasarrufunu gündeme getirmeye başlamıştır. Böylelikle dünyada en çok enerji tüketiminin olduğu endüstriyel ve sosyal alanda enerji tasarrufu giderek önem kazanmıştır. Ülkelerin enerji tüketimini gelişmiş ülkeler seviyesine ulaştırması için, kişi başına düşen enerji tüketiminin yüksek, enerji yoğunluğunun ise düşük olmasını amaçlayan günümüzde birçok çalışma gerçekleştirilmektedir. Yapılan çalışmada metal sektöründe faaliyet

gösteren bir üretim tesisi için enerji tüketim miktarını değiştirmeden üretim kapasitesini artırmak amaçlanmıştır.

Gerçekleştirilen çalışma ile enerji tüketimini minimize etmek yerine enerji yoğunluğunun minimize edilmesinin hedeflenmiştir. Literatürde enerji tüketimi azaltan örnek üretim tesislerinde gerçekleştirilen çalışmalar mevcuttur. Bununla birlikte enerji yoğunluğunun yani birim çıktı başına tüketilen enerji miktarının minimize edilmesi konusuna çok az çalışmada değinilmiştir.

Bu çalışmada metal sektöründe faaliyet gösteren bir üretim tesisinin farklı bölümlerinde gerçekleştirilen projeler incelenmiş ve sağlanan enerji tasarrufunun hesaplanması hedeflenmiştir. Enerji tasarrufu hesaplanırken proje sonucunda kapasite, tüketilen kimyasal miktarı, proses sıcaklığı, proses hızı gibi sabit kalan ve değişen parametreler alınmış bunun neticesinde birim çıktı başına düşen enerji miktarındaki azalma belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında ele alınan üretim tesisi için, öncelikle enerji girdileri ve bunların kullanıldığı birimler belirlenmiştir. Her bir birim için ürün akışını engelleyen darboğazlar belirlenip bu noktalarının hangi yöntemlerle ve nasıl iyileştirilerek daha verimli bir şekilde çalışma yapılabileceği amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda çalışmanın kapsamı, gerçekleştirilen projeler ile tesisin sabit enerji çıktısı olarak belirlenmiştir. Proje neticesinde enerji giderlerini arttırmadan kapasite artışı sağlanmıştır ve projelerde meydana gelen ürün başına düşen enerji tüketim miktarındaki yüzde (%) azalma hesaplanmıştır.

1.3. Çalışmanın Organizasyonu

Bu çalışma 6 bölüm ve eklerinden oluşmaktadır. İlk bölümde temel kavramlar, çalışmanın amacı ve katkısıyla birlikte izlenilecek yol açıklanmıştır. İkinci bölümde ise bugüne kadar bu konuda yapılan çalışmalara yer verilmiştir. Daha sonra tezin ana konusu olan metal sektöründe enerji yönetimi ve metal sektöründe faaliyet gösteren örnek tesisin incelenmesine yer verilmiştir. Dördüncü bölümde ise tesiste

gerçekleştirilen projeler anlatılmış ve bu projeler kapsamında gerçekleştirilen enerji tasarrufları hesaplanmıştır.

Beşinci bölümde yapılan inceleme ve hesaplamalar neticesinde elde edilen sonuçlar, bu sonuçların irdelenmesi yer almaktadır. Son bölümde ise sonuçların genel bir özeti verilmiş ve bundan sonraki çalışmalar için bu konuda çalışma yapacak araştırmacılara önerilerde bulunulmuştur.

BÖLÜM 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Giriş

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) verilerine göre dünya enerji talebi 2030 yılına kadar %60 artacak, 2050 yılına kadar ise iki katına ulaşacaktır. Dünyadaki en hızlı büyüyen enerji piyasalarından birine sahip olan Türkiye, bu alanda ileriye dönük olarak önemli büyüme potansiyeline sahiptir. Hızlı ekonomik büyüme ile birlikte enerjiye olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Enerji ihtiyacını karşılama konusunda sadece kaynakların var olması değil, ayrıca kaynakların verimli bir şekilde kullanılması da günümüz gerekliliklerindedir.

Türkiye’de 1980’lerden sonra gelişen teknoloji ve sanayi ile birlikte kamu ve özel sektörde birçok uygulaması gündeme gelmiştir. Yapılan literatür araştırmaların sonucunda çalışmaların bölgesel veya her hangi bir endüstriyel tesis olmak üzere iki kısımda yoğunlaştırıldığı görülmüştür. Literatür kısmına alınan çalışmalar da bu başlıklar altında sınıflandırılmıştır.

2.2. Dünya’daki Enerji Tasarrufu Çalışmaları

2012 - Tobias Fleiter, Daniel Fehrenbach, Ernst Worrell, Wolfgang Eichhammer çalışmalarında Alman kağıt endüstrisinde kullanılabilir enerji tasarrufu potansiyelleri analiz etmişlerdir. Teknoloji – spesifik, alt – üst modelleme yaklaşımı kullanarak senaryo analizleri yapmışlar ve enerji verimliliği önlemleri ile ilgili literatür ayrıntılı bir incelemeyi birleştirmişlerdir [2].

E.A. Abdelaziz, R. Saidur, S. Mekhilef çalışmalarında dünyada tüketilen enerjinin %37’ sinin sanayi kaynaklı olduğuna değinmiştir ve endüstriyel enerji tasarrufu ile ilgili kapsamlı bir literatür incelemesi sunmuşlardır. Çalışmalarında ekonomizer,

yüksek verimli motor kullanımı gibi enerji tasarrufu teknolojilerine değinmişlerdir. Son olarak Amerika Birleşik Devletleri, Çin, Kanada, Japonya, Hindistan gibi birkaç seçilmiş ülke için enerji tasarrufu politikaları gözden geçirilmiştir [3].

Bunse ve arkadaşları çalışmalarında entegre endüstriyel şirketlerin enerji verimliliği performansına olan ihtiyaçlarını vurgulamaktadır. Bununla birlikte literatürdeki çözümler ve fiili uygulamalar arasındaki boşluğu incelemişlerdir [4].

Shyi-Min Lu, ChingLu, Kuo-TungTseng, FalinChen, Chen-LiangChen çalışmalarında Tayvan' daki enerji tasarrufu potansiyelini incelemişlerdir. Tayvandaki toplam enerji tüketiminin %53,8' inin endüstriyel tüketim olduğunun üzerinde durmuşlardır. Çalışma sonucundan tüm sektörler için enerji tasarrufu potansiyelinin %14,4 olduğunu tespit etmişlerdir. Isı tasarrufu potansiyeli 49,7TWh civarındadır ve elektrik tasarrufu potansiyelinin yaklaşık 16,6 TWh olduğunu belirtmişlerdir [5].

2010 – Kırmızı çalışmasında, Türkiye imalat sanayinde enerjikullanımı ve enerji maliyetlerinin toplam maliyet içindeki oranları ile imalatsanayinin kar marjları karşılaştırarak, temiz ama pahalı enerjinin sanayiüretimi ile finanse edilmesi halinde oluşacak durumu ortaya koymuştur. İmalat sanayi kar marjı ile imalat sanayinde kullanılan enerji arasında birilişki kurarak, temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarına nasıl bir teşvik uygulanması gerektiği sonucuna varmaya çalışmıştır [6].

2006 – Haydaroğlu çalışmasında ülkelerin ekonomik ve sosyal yaşamını etkileyen, toplumsal refahın artmasında önemli bir unsur olan enerji konusu incelemiştir. Dünyada ve Türkiye'de enerji verimliliği uygulamaları ele almıştır. Türkiye'de sanayi sektörününenerji verimliliği ve yoğunluğu incelenmiş, dünya ülkeleri ile karşılaştırma yapmıştır. Türkiye'de özellikle sanayi sektöründe enerjinin verimliliğini arttırmaya yöneliköneriler ve çözüm yolları açıklamıştır [7].

2002 - Ülkemizde enerji verimliliği ve yönetimi ile ilgili olan önemli çalışmalarda bir tanesi de Hepbaşlı, Özalp' in yaptığı çalışmadır. Bu çalışmada Türkiye' de Ağustos 2001' e kadar olan endüstriyel enerji verimindeki gelişmeler incelenmiştir.

Çalışmalarında ülkemiz için %30'luk bir enerji kazanım potansiyelinin olduğunu ortaya koymuştur. Bu değere ulaşmak için kanuni, firma, ülkeler, kurumlar bazlı önerilerde bulunmuşlardır [8].

2.3. Endüstriyel Tesislerde Gerçekleştirilen Enerji Tasarrufu Çalışmaları

Giacone, Mancò çalışmalarında endüstriyel proseslerde enerji verimliliği ölçümünü incelemişlerdir. Çalışmalarında prosesinin verimliliğinin ölçümünün enerji tasarrufu ve enerji maliyetleri hususunda önemli bir adım olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma sonucunda istatistiksel yaklaşım ile doğru enerji verimliliği ölçülebileceğine fakat bunun verimliliği artırmak için neler yapılması gerektiğini açıkladığına değinmişlerdir. Bu amaçla, deterministik bir yaklaşım esas olduğunu vurgulamışlardır [9].

Mekhilefa, Saidur, Safari çalışmalarında güneş enerjisinin endüstride kullanımına değinmişlerdir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından yayımlanan dünya enerji tüketimi üzerine karşılaştırmalı bir çalışma olan, 2050 yılında, güneş dizi tesisler dünyanın enerji ihtiyacının yaklaşık % 45'ini temin etmesinden yola çıkarak endüstriyel uygulamalarda güneş enerjisi sistemleri kullanımını araştırmayı amaçlamışlar ve güneş enerji sistemleri ile uyum sağlamak için daha uyumlu endüstriyel uygulamaları açıklamışlardır [10].

Saidur, Rahim, Hasanuzzaman çalışmalarında basınçlı hava enerji kullanımı, tasarrufu ve enerji verimliliği stratejilerinin geri dönüş periyoduna ilişkin ilgili kapsamlı bir inceleme yapmışlardır. Çalışmalarında enerji denetimini açıklamışlar, sızıntı önleme, yüksek verimli motor, değişken hız sürücüsü tarafından enerji tasarrufu, atık ısı ve kullanım kurtarmaya değinmişlerdir. Çalışmaları sonucunda literatüre dayanarak toplam girdi enerjisinin yaklaşık % 10 – 20 basınçlı hava sistemine yararlı işler için kullanıldığını saptamışlardır. Bu nedenle çalışmalarında yer verdikleri enerji tasarrufu seçenekleri basınçlı hava sistemine enerji geri kazanım büyük miktarda uygulanabilir potansiyel alanlar olduğunu vurgulamışlardır [11].

2012 – Turhan çalışmasında bir sanayi kuruluşunun 70 bar basınç, 778,15 K sıcaklık ve 100.000 kg/h nominal buhar üretim kapasiteli karışık yakıtlı (yüksek fırın gazı+kok gazı+kömür) kazanda enerji verimliliği çalışması yapmıştır. Bu kapsamda kazan işletme koşullarında çalışırken sıcaklık, basınç, hız ve yanma gazı ölçümleri yapılmış ve ölçüm verileri kullanılarak kütle ve enerji dengesi kurulmuştur. Çalışmalar sonucunda kazanda suya verilen ısı gücü 6743,37 kW iken, hava fazlalık katsayısının azaltılması ile elde edilebilecek enerji tasarrufu miktarı 550,10 kW ve sızıntı havanın önlenmesi ile 1251,60 kW olmak üzere çalışma neticesinde gerçekleştirilen toplam tasarruf miktarı 1801,70 kW kadardır [12].

2012 – Trianni ve arkadaşları çalışmalarında enerji verimliliğinde %20 iyileşmeyi sağlamak için mevcut uygulamalar ile gerçekleşmeyeceğini anlatmışlardır. Bu durumun karşısındaki engelleri incelemiş, kategorize etmişlerdir [13].

Yılmaz çalışmasında, TS EN 16001 enerji yönetim sisteminin sanayi kuruluşlarındaki uygulamaları anlatmıştır. Bir plastik fabrikasındaki enerji boyutlarını belirlemiş ve gözden geçirmiştir. Bu firmada TS EN 16001 enerji yönetim sistemi uygulama örnekleri sunmuş, bu uygulamanın bütün sanayi kuruluşlarında uygulanabilirliğini göstermiştir. Çalışma neticesinde TS EN 16001 enerji yönetim sistemi, enerjinin daha verimli kullanılmasına imkân verdiğini, sürekli iyileştirme sürecinin oluşumuna katkısı olduğunu, enerji verimliliğinin izlenmesini sağladığını ve TS EN 16001 enerji yönetim sistemi uygulayan kuruluşlarda birim kapasitedeki enerji maliyetlerinde azalmalar olduğunu kanıtlamıştır [14].

2011 - Afşar çalışmasında, Seramik fabrikasında enerji ve ekserji analizi yapmıştır. Sprey kurutucu, dikey kurutucu ve fırın prosesinde çalışma yapmıştır. Bu çalışmayı yaparken termodinamiğin birinci ve ikinci kanunlarından yararlanarak sistemin enerji kayıpları tespit etmiştir. Çalışma neticesinde bu kayıpları minimuma indirecek ve sistem verimini artırmak için sistemde iyileştirme teklifleri yapmıştır [15].

2010 - Thollander ve Ottosson çalışmalarında İsveç'deki enerji yoğun sektörlerdeki enerji yönetimi çalışmalarını incelemişlerdir. Amaçları ise kağıt ve döküm sektöründe enerji yönetimi uygulamalarını tanımlamak ve analiz etmektedir.

Çalışmaları neticesinde enerji yönetim çalışmalarında kağıt endüstrisinde %25, döküm endüstrisinde %40 başarılı olduğunu tespit etmişlerdir [16].

2010 - Özkök çalışmasında yüksek oranlarda enerji tüketimi olan bir tesiste kalite ve performansı düşürmeden enerji tüketimini azaltmak için yeni projeler tasarlama ve uygulamayı amaçlamıştır. Bu çalışma için pilot tesis olarak Ankara Sheraton Otel ve Konferans Merkezi'ni seçmiştir. Tesis halihazırda işletilmekte olduğundan hem inşaat aşamasında hem de elektrik ve mekanik tesisatlarında belli başlı enerji verimliliği çalışmaları yapmıştır. Çalışmalar sonucunda yıllık 870.733 TL enerji kazancı sağlanmıştır. Bu kazancın sağlanması için gerekli ilk yatırım maliyeti 2.582.701 TL olarak hesaplanmıştır. İlk yatırım maliyetinin 3,026 yılda amorti edildiği hesaplanmıştır [17].

2010 - Gökmen çalışmasında; enerji tasarrufu ve enerji verimliliğinin önemi üzerinde durarak, aydınlatmada yapılacak enerji tasarrufunun sağlayacağı katkıları incelemiştir. Aydınlatmanın insan üzerindeki olumlu etkileri ile iş performansı ve verimliliği artırıcı özellikleri üzerine çalışmalar yapmıştır. Bununla birlikte iyi bir aydınlatma tasarımı yapılırken dikkat edilmesi gereken aydınlatma elemanlarının seçimi ve tavan yüksekliğine bağlı tasarlanan aydınlatma tesisatları hakkında da bilgi verilmiştir. Cam sektöründe faaliyet gösteren bir fabrikada mevcut aydınlatma tesisatlarını daha verimli hale getirmek için tasarruf projesi gerçekleştirmiş ve çalışma sonucunda yıllık %50 tasarruf sağlandığını ve projenin ilk yatırım maliyetini 2 yılda amorti edeceğini hesaplamıştır [18].

2010 - Arıkan çalışmasında metal eşya üreten bir firmada enerji tasarrufuna ait bir örnek uygulama çalışması yapmıştır. Firmaya ait tüm enerji verilerini inceleyerek yeni enerji verimliliği yasası ve yönetmeliğine göre tesisteki potansiyeli hesaplamış ve projelendirmiştir. Bunun yanı sıra elektrik tasarrufu için önerilerde bulunmuş ve proje sonucunda 19.320 TL/yıl tasarruf sağlamıştır [19].

2009 – Uylukçuoğlu çalışmasında Türkiye’de büyük miktarda enerji tüketimi yapan otomotiv sektörü için enerji tasarruf potansiyelini incelemiştir. Büyük ölçekli bir otomotiv tesisinde tüm üretim safhaları için kullanılan enerji girdilerini belirlemiş ve

bu girdileri azaltıcı çalışmalar yapmıştır.Çalışmalar sonucunda toplam enerji tüketiminin %52' sine karşılık gelen ısı enerjisini yanma verimini artırarak baca gazı sıcaklığını düşürmüş ve atık ısıyı farklı bir birimde kullanarak yıllık 427.212,05 m³ yakıt tasarrufu sağlamıştır. Toplam enerji tüketiminin %48'ine denk gelen elektrik enerjisinde ise Eff1 sınıfı verimli motor kullanımı, hız kontrol cihazları kullanımı, kompresör havasının dış ortamdan alınması ve aydınlatma hususlarında çalışmalar yaparak yıllık 8.124.197,58 kWh tasarruf sağlamıştır [20].

2007 – Yamankaradeniz çalışmasında bir tekstil fabrikası boyahanesinde 65°C' de atılan atık suyunusından yararlanmak amacıyla plakalı eşanjör ve ısı pompası kullanılmasını ekonomikyönden araştırmıştır. Çalışmada yapılan ekonomik analizin sonucu olarak, plakalı eşanjör kullanımının, ısı pompasına nazaran ilk yatırım maliyeti açısından 20000 Euro, yıllık enerji tasarrufu açısından yaklaşık 130000 Euro, geri ödeme süresi açısından 6 ay daha avantajlı olduğunu kanıtlamıştır [21].

2006 – Karakurt çalışmasında deri endüstrisi gibi yüksek miktarda proses buharına ihtiyaç duyulan tesislerde buhar sistemini incelemiş ve yapılacak çalışmalarla oluşacak enerji tasarrufu üzerinde durmuştur. Bunun yanı sıra bir deri fabrikasındaki gerçek değerler ele alarak, konvansiyonel enerji tasarrufu yöntemleri uygulayarak yapılabilecek enerji tasarrufu vurgulayıp, mevcut sistemle mukayese etmiştir. Çalışma neticesinde kullanılan doğalgaz miktarı 1.410.000 sm³/yıl değerinden 1.206.112,87 sm³/yıl' a düşmüştür [22].

2006 – Boyar çalışmasında incelemeye alınan “Büyükbaş – Hindi Yemi Fabrikası (BHYP)” ve “Balık Yemi Fabrikası (BYF)”sının üretimde yer alan bazı makineleri ayrıntılı olarak değerlendirmiş ve bunlara ilişkin tasarruf olanakları iyileştirme, kısmi ve tam adları altında üç ayrı sınıfta ortaya koymuştur. Büyükbaş – Hindi Yemi Fabrikasında ve Balık Yemi Fabrikası'nda incelenen makinelerin toplam enerji tasarruf potansiyeli sırasıyla % 10,24 ve % 14,07 olarak belirlemiştir. Büyükbaş – Hindi Yemi Fabrikası'nda 100.841 kWh'lık tasarruf kaynağının %62,72'si, Balık Yemi Fabrikası'nda 99.696 kWh'lık tasarruf kaynağının %83,76' sının uygulanabilir olduğu belirlemiştir [23].

BÖLÜM 3. METAL SEKTÖRÜNDE ENERJİ YÖNETİMİ VE BU SEKTÖRDE FAALİYET GÖSTEREN BİR TESİSİN İNCELENMESİ

3.1. Giriş

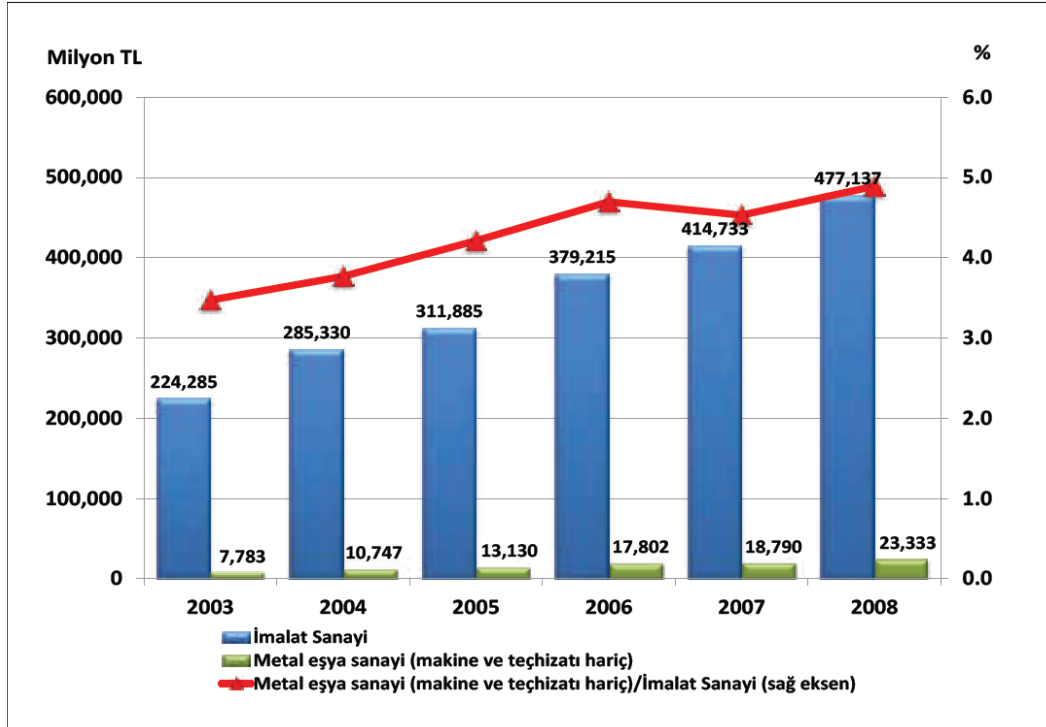
Enerji yönetimi, tüm sektörlerde olduğu gibi metal sektöründe de büyük önem arz etmektedir. Metal sektörü içerdiği proseslerden dolayı yoğun olarak enerji tüketimi yapmaktadır. Günümüz rekabet ortamında enerji maliyetlerindeki artış ve gittikçe artan enerji tüketim değerleri, tesisleri ve yönetim birimlerini enerjinin daha verimli kullanılmasını zorlamaktadır. Metal sektöründe, diğer sektörlerde olduğu gibi enerji kayıplarının azaltılması ve bu enerjinin tekrar proseste kullanılması, birim ürün için enerji girdisinin azaltılması yani enerji yoğunluğunun minimize edilmesi oldukça önemlidir ve gün geçtikçe daha da önem kazanmaktadır.

Ülkemizde bu çalışmaların uygulanması amacıyla, enerjinin etkin kullanılması, israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin düşürülmesi ve çevrenin korunması için, enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılması için 02.05.2007 tarihinde 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu yürürlüğe girmiştir.

3.2. Türkiye'deki Metal Eşya Sektörü

Metal eşya sektörü istihdam katkısı, büyüme hızı ile Türkiye'deki önemli sektörlerden bir tanesidir. Üretim düzeyi sektörün ülke ekonomisi içindeki yerini ortaya koyan önemli göstergelerden birisidir. Makine ve teçhizatı hariç; fabrikasyon metal ürünleri imalatı sektörünün 2008 yılı itibarıyla üretim değeri 23,333 milyon TL olup imalat sanayi toplam üretim değerinin %4,9'unu oluşturmaktadır. Makine ve teçhizatı hariç; fabrikasyon metal ürünleri sanayi, üretim değerinin büyüklüğü açısından imalat sanayi içinde onuncu sırada yer almaktadır.

Makine ve teçhizatı hariç; fabrikasyon metal ürünleri imalatı sektörü içerisinde en fazla üretim değerine sahip alt faaliyet alanı ise metal yapı malzemeleri imalatıdır. 2008 yılında metal yapı malzemeleri imalatında 7,538 milyon TL'lik üretim değeri gerçekleşmiş olup bu tutar sektörün toplam üretim değerinin %32'lik bir kısmını oluşturmaktadır.



Şekil 3.1. Sektörün Üretim Değerinin Gelişimi

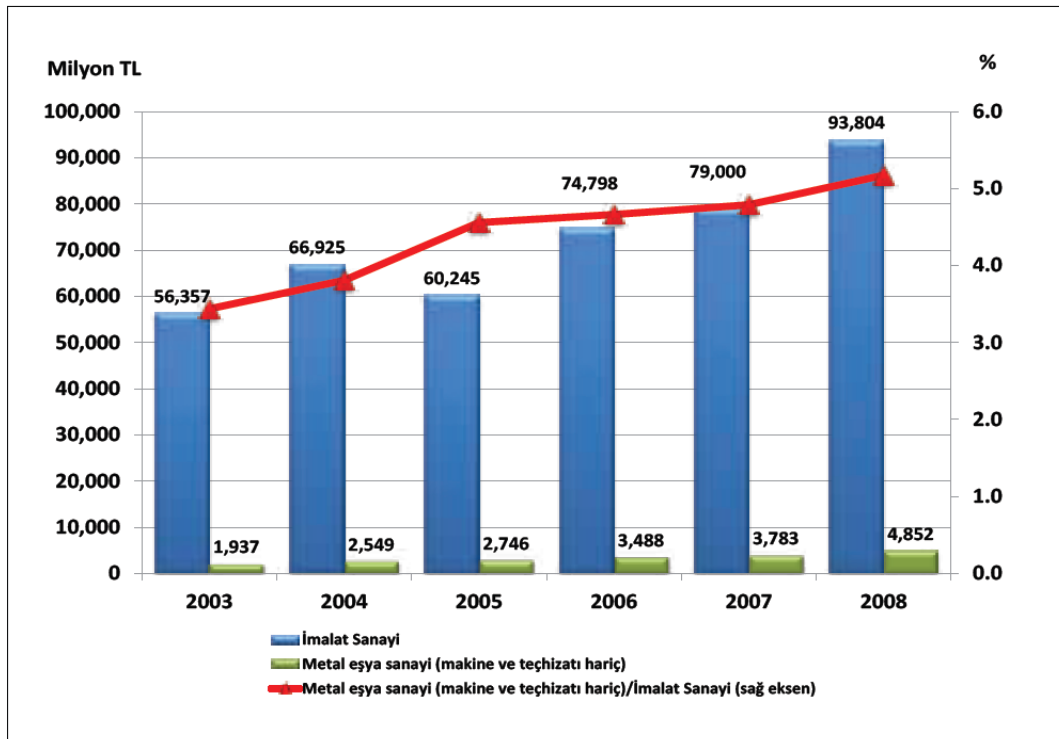
Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre 2003 yılında makine ve teçhizatı hariç, fabrikasyon metal ürünleri imalatı sektöründe 31,449 işyeri faaliyet gösterirken işyeri sayısı istikrarlı bir şekilde artarak 2008 yılında 50,902'ye yükselmiştir. Bu dönem içinde işyeri sayısındaki artış %62 oranında gerçekleşmiş olup imalat sanayi genelindeki artıştan (%36) çok daha büyük bir değişim yaşanmıştır [24].

Tablo 3.3. Fabrikasyon Metal Ürünleri Sanayi Üretim Değeri

	2003		2008		2003-2008 Dönemi Değişim (%)
	Milyon TL	İmalat Sanayi İçindeki Payı (%)	Milyon TL	İmalat Sanayi İçindeki Payı (%)	
İmalat Sanayi	224,285	100.00	477,137	100.00	112.7

Makine ve teçhizatı hariç; fabrikasyon metal ürünleri sanayine ait işyeri sayısı, 2003’de imalat sanayine ait toplam işyeri sayısı içinde %13.3 paya sahip iken, bu pay 2008 yılında %15.8 seviyesine yükselmiştir.

Üretim yapısını katma değer açısından değerlendirdiğimizde, makine ve teçhizatı hariç; fabrikasyon metal ürünleri imalatı sektöründeki katma değer oranının (katma değer/ üretim) 2008 yılı itibariyle %20.8 düzeyinde olduğu görülürken, katma değer oranının düşüş eğiliminde olduğu dikkati çekmektedir. Nitekim 2003’te %24.9 olan sektör katma değer oranı 2008’de %20.8 düzeyine gerilemiştir. Katma değer oranının büyüklüğü açısından makine ve teçhizatı hariç; fabrikasyon metal ürünleri imalatı sektörü 2008 yılında imalat sanayi içinde 11’inci sırada yer almaktadır.



Şekil 3.2. Katma Değerin Gelişimi

Makine ve teçhizatı hariç; fabrikasyon metal ürünleri imalatının 2008 yılı itibariyle katma değeri 4,852 milyon TL olup imalat sanayi toplam katma değerinin %5,2’sini oluşturmaktadır. Makine ve teçhizatı hariç; fabrikasyon metal ürünleri sanayi, katma değer büyüklüğü açısından imalat sanayi içinde dokuzuncu sırada yer almaktadır.

Makine ve teçhizatı hariç; fabrikasyon metal ürünleri imalatı sektöründe 2005 yılı itibariyle 4.5 milyar USD olan dış ticaret hacmi, 2008’de en yüksek düzeyi olan 8.7 milyar USD seviyesine yükselirken, 2009’da 7.0 milyar USD düzeyine gerilemiş, 2010’da ise 2008 yılı seviyelerine tekrar yükselerek 8.1 milyar USD olarak gerçekleşmiştir. Sektör ihracatı ve ithalatında 2005 – 2008 döneminde sürekli olarak artış yaşanırken, küresel mali krizin genel talep düzeyinde önemli daralmalara yol açması nedeniyle 2009’da sektör ihracatı %16, ithalatı ise %24.4 oranında düşüş kaydetmiştir.

Makine ve teçhizatı hariç; fabrikasyon metal ürünleri imalatı sektörü genel olarak dış ticaret fazlası veren bir sektördür. 2005’de 654 milyon USD olan dış ticaret fazlası, 2009’da 1.8 milyar USD’ ye, 2010’da ise ufak bir düşüşle 1.7 milyar USD’ ye ulaşmıştır.

Bununla birlikte sektörde 2005 yılı itibariyle 2.6 milyar USD düzeyinde olan ihracat, yıllar itibariyle sürekli bir biçimde artış göstererek 2008’de 5.3 milyar USD seviyesine çıkmıştır. Ancak küresel krizin etkisiyle bir önceki yıla göre %16.0 oranında azalış gösteren ihracat düzeyi 2009’da 4.4 milyar USD ürün imalatı olarak gerçekleşirken, 2010 yılında da %11.3 oranında artarak 4.9 milyar USD olarak gerçekleşmiştir.

Sektör yarattığı istihdam açısından imalat sanayi içinde beşinci sırada yer almaktadır. TÜİK verilerine göre 2003 yılında Makine ve teçhizatı hariç; fabrikasyon metal ürünleri imalatı sektöründe 131,860 kişi istihdam edilirken, çalışan sayısı 2003-2008 döneminde istikrarlı bir şekilde artarak 2008 yılında 232,804’e yükselmiştir. 2003-2008 döneminde istihdamdaki artış oranı imalat sanayinin oldukça üzerinde olmuştur. Nitekim bu dönem içerisinde imalat makine ve teçhizatı hariç; fabrikasyon metal ürünleri imalatı sanayi genelinde toplam istihdamdaki artış oranı %31 olarak gerçekleşirken, makine ve teçhizatı hariç; fabrikasyon metal ürünleri imalatı sektöründeki istihdam artışı %76.6 olarak gerçekleşmiştir. Sektörde istihdam edilenlerin imalat sanayi istihdamı içindeki payı 2003’te %6 iken, bu oran 2008’de %8.1 düzeyine yükselmiştir.

3.3. Metal Eşya Sektöründe Enerji Yönetimi

Türkiye’de metal eşya sektörü, imalat sanayi içinde yer almaktadır. İmalat sanayinde bulunan alt sektörler ise;

- Gıda, içki ve tütün sanayi
- Dokuma, giyim eşyası ve deri sanayi
- Orman ürünleri ve mobilya sanayi
- Kağıt– kağıt ürünleri ve basım sanayi
- Kimya – petrol, kömür, kauçuk ve plastik ürünleri sanayi
- Taş ve toprağa dayalı sanayi
- Demir – çelik metal ana sanayi
- Demir – çelik dışı metal ana sanayi
- Metal eşya ve makine – teçhizat sanayi
- Otomotiv sanayi olarak adlandırılabilir.

Metal eşya ve makine – teçhizat sanayi, hem enerji tüketiminde hem de satıştan elde edilen gelirden yıllar itibariyle inişli çıkışlı bir seyir izlemiştir. Satıştan elde edilen gelirden, 2001 yılında krizin etkisiyle çok sert bir düşme yaşanmıştır. Fakat kriz sonrası yıllarda tekrar düzenli bir artış gözlenmektedir. 2003 yılında satıştan elde edilen gelir rakamı, 2000 yılı seviyesini aşmıştır. Bu da göstermektedir ki, metal eşya ve makine-teçhizat sanayi ekonomik krizden en fazla etkilenen sektörlerden biri olmuştur.

Makine – teçhizat sanayinde 1995 ve 2000 yılı enerji yoğunluğunun değerleri hemen hemen aynıdır. 1999 ve 2001 yıllarında kısmi farklılaşmalar olsa da, sektörün enerji kullanımı açısından oldukça oturmuş bir sektör olduğu görülmektedir. Bir başka önemli nokta da, metal eşya ve makine – teçhizat sanayinin en düşük enerji yoğunluğuna sahip sektör olmasıdır. Bu sanayi dalının ortalama enerji yoğunluğu değerleri bütün sektörlerden daha düşüktür. Bunun nedeni, bu sanayi dalında büyük oranda yüksek teknoloji kullanılması ve bu teknolojilerin enerji verimli teknolojiler olmasıdır. Tablo 3.2’ de sanayi genel enerji yoğunluğu ile metal eşya ve makine – teçhizat sanayi enerji yoğunlukları görülmektedir.

Tablo 3.2. Metal Eşya ve Makine – Teçhizat Sanayi Enerji Yoğunluğu

Enerji Yoğunluğu (TEP/Bin\$)	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Metal eşya ve makine – teçhizat sanayi	0.022	0.021	0.022	0.020	0.029	0.024	0,030
Sanayi genel toplam	0.197	0.219	0.197	0.206	0.215	0.212	0,212

Sektördeki enerji yoğunlukları alt dallar itibariyle az da olsa farklılıklar göstermektedir. Metal eşya ve makine-teçhizat sanayinde beş ana alt sanayi dalı vardır ve bunlar aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır:

- Metal eşya sanayi (her türlü bıçak, el aletleri ve hırdavat malzemesi, metal mobilya ve donatım, metal yapı malzemeleri, vb.)
- Makine sanayi (içten yanmalı motorlar ve türbinler, tarımsal makineler ve gereçler, makineleri isleyen makineler, özel endüstri makineleri, bilgi işlem makineleri, büro makineleri, hesap makineleri, vb.)
- Elektrik makineleri ve aygıtları sanayi (radyo, televizyon, telefon, telsiz, buzdolabı, televizyon, çamaşır makinesi, bulaşık makinesi, saç kurutma cihazı, vb.)
- Taşıt araçları sanayi (deniz taşıtları, demiryolu taşıtları, motorlu karayolu taşıtları, bisiklet ve motosiklet, uçak, vb.)
- Mesleki ve ilmi aletler ile diğer türden araçlar sanayi (ölçme ve kontrol aletleri, saatler, optik aletler, fotoğrafçılık malzemeleri, vb.)

1999 yılı verileri esas alınarak yapılan karşılaştırmada, sektördeki en düşük enerji yoğunluğunun taşıt araçları sanayinde ortaya çıktığı (0,019 TEP/10³\$) görülmektedir. Bu sanayi alt dalını sırasıyla elektrik makineleri ve aygıtları sanayi (0,023 TEP/10³\$), mesleki ve ilmi aletler ile diğer türden araçlar sanayi (0,028 TEP/10³\$) ve makine sanayi (0,031 TEP/10³\$) izlemektedir. Metal eşya sanayinde ise enerji yoğunluğu diğer alt sanayi dallarına göre biraz daha yüksek (0,075 TEP/10³\$) gerçekleşmiştir.

Sektördeki diğer alt sanayi dallarına göre kısmi bir yüksekliği bulunsa bile, metal eşya sanayinin enerji yoğunluğunun da Türkiye sanayi ortalamasının hayli altında olduğu görülmektedir.

Metal eşya ve makine – teçhizat sanayinin kaynaklara göre enerji tüketimi incelendiğinde, elektrik ve doğalgazın ağırlıklı paylara sahip olduğu anlaşılmaktadır. Sektörün en önemli enerji kaynağı olan elektriğin toplam enerji tüketimi içindeki payı yıllar itibariyle %32 – 39 arasında değişmiş, 2001 yılında ise %38 olarak gerçekleşmiştir. Doğalgazın payı da yıllar itibariyle %20 – 29 arasında değişmiş, 2001 yılında ise %21 olarak gerçekleşmiştir. Bu iki kaynağın toplam payı %55 – 62 arasında seyretmiştir. Sektörde kok, taş kömürü ve benzinin payları oldukça azdır. LPG'nin payı %9 – 11, motorinin payı ise %3 – 4 aralığında sabitlenmiş görünmektedir. Fuel – oil kullanımının payı 1995 yılında %23 iken 1996 yılında birden %9 seviyesine düşmüş, sonraki yıllarda da aşağı yukarı aynı seviyelerde seyretmiş, 2001 yılında ise %9 olarak gerçekleşmiştir. Linyitin enerji tüketimindeki payı giderek azalmış, 1995 yılındaki %5 seviyesinden 2001 yılında %1 seviyesine inmiştir. “Diğer” kaleminin payı 1996 – 2001 yılları arasında %8 – 12 arasında seyretmiş, sadece 1999 yılında bir sıçramayla %17 seviyesine çıkmıştır. Bu kalemden yer alan ve en çok tüketilen kaynaklar ise kalorifer yakıtı ile buhar olmuştur.

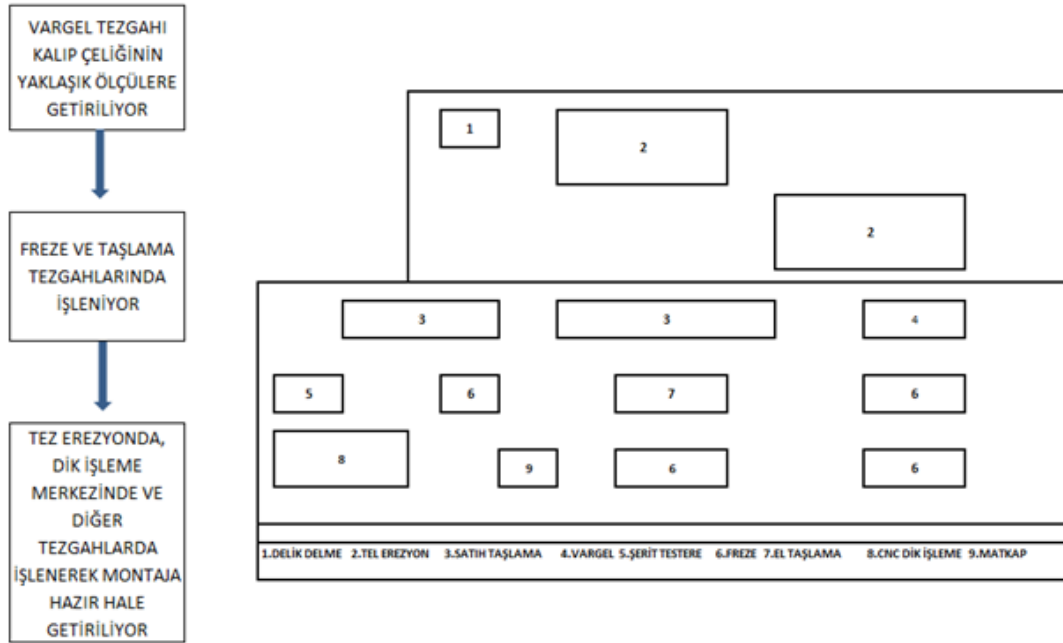
3.4. Tesisin Genel Yapısı ve Tesisteki Üretim Prosesleri

Üretim tesisi geniş makine parkı ve 15000 m² lik fabrika alanına sahiptir. Fabrika bünyesinde 2 adet otomatik kaplama tesisi, 1 adet yarı otomatik elektrostatik toz boya tesisi, 1 adet rulo dilme hattı, kaynakhane, perçinhane bulunmaktadır. 1 adet rulo dilme hattı, preshane bölümünde 32 tondan 400 tona kadar 34 adet hava kavramalı pres, montaj bölümünde 17 adet havalı pres, 21 adet eksantrik pres ve 4 adet otomasyon tezgahı, günlük 32 ton 6 – 8 mikron arası kalınlıkta çinko kaplama yapabilen lazer optik sistem tam otomatik kaplama tesisi, 4 adet perçin makinesi, 1 adet kayar otomat tezgahı, 1 adet yay makinesi, 2 adet tel erezyon makinesi, 1 adet CNC dik işleme merkezi bulduran tesiste üretimde kullandığı kalıpların tamamı firma bünyesinde bulunan kalıphane bölümünde üretilmektedir. Tesiste bulunan üretim prosesleri aşağıdaki şekildedir. Tesisin genel vaziyet planı Ek – A içerisinde

yer almaktadır. Bununla birlikte her bir bölüm için vaziyet planları 3.4.1 – 9 içerisinde verilecektir. Fabrikada kısmi enerji miktarları belirli olmamakla birlikte elektrik, doğalgaz ve su tüketimi değerleri toplu sayaçlardan alınmaktadır.

3.4.1. Kalıphane

Bu bölümde, soğuk sac şekillendirme işleminde kullanılan kalıpların tasarlanıp üretildiği ve bu kalıpların bakımının yapıldığı bölümdür. Şekil 3.3’de bölümün iş akış şeması ve vaziyet planı görülmektedir.

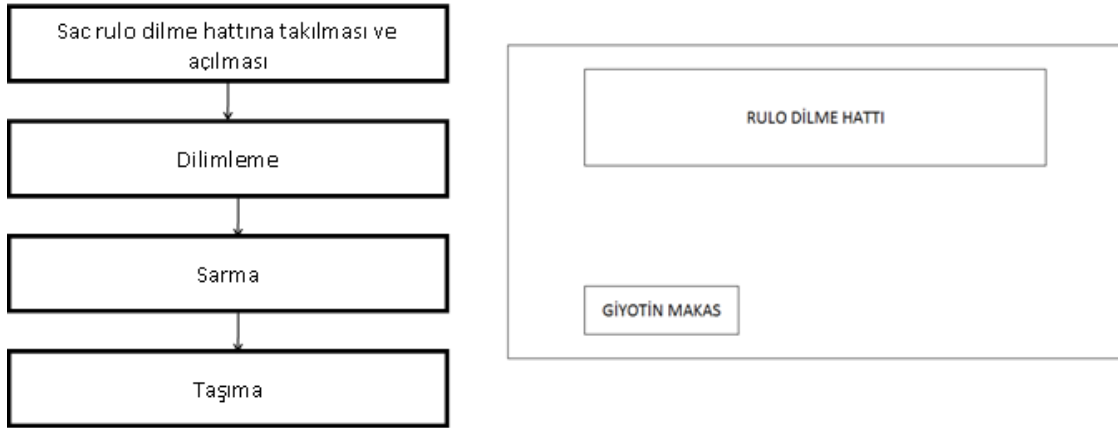


Şekil 3.3. Kalıphane İş Akış Şeması ve Vaziyet Planı

Kalıphane bölümünde kullanılan ekipmanlar 1 Adet Delik Delme Tezgâhı, 1 Adet Cnc Tel Erezyon, 1 Adet Dekopaj Makinesi, 1 Adet Cnc Dik İşleme Merkezi Makinesi, 4 Adet Freze, 1 Adet Torna (1,5 m) tezgahıdır.

3.4.2. Sac Dilme

Sisteme 1 mm ile 5 mm kalınlığında gelen sacların istenilen bant genişliklerine göre uygun ölçülerde ebatlanması işleminin yapıldığı bölümdür.Şekil 3.4’de bölümün iş akış şeması ve vaziyet planı görülmektedir.



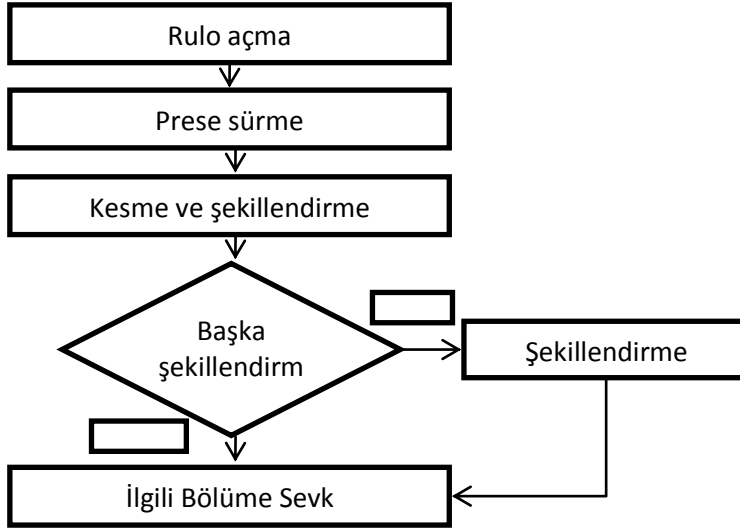
Şekil 3.4. Sac Dilme Hattı İş Akış Şeması ve Vaziyet Planı

Bu bölümde kullanılan ekipmanlar aşağıdaki gibidir.

- 1 Adet Dilme Hattı
- 1 Adet Giyotin Makas
- 2 Adet Vinç (20 tonluk)

3.4.3. Preshane

Ebatlanmış sacların kesme ve bükme gibi soğuk şekillendirme operasyonlarının yapıldığı bölümdür.Bölümün iş akış şeması Şekil 3.5’de görüldüğü gibidir.

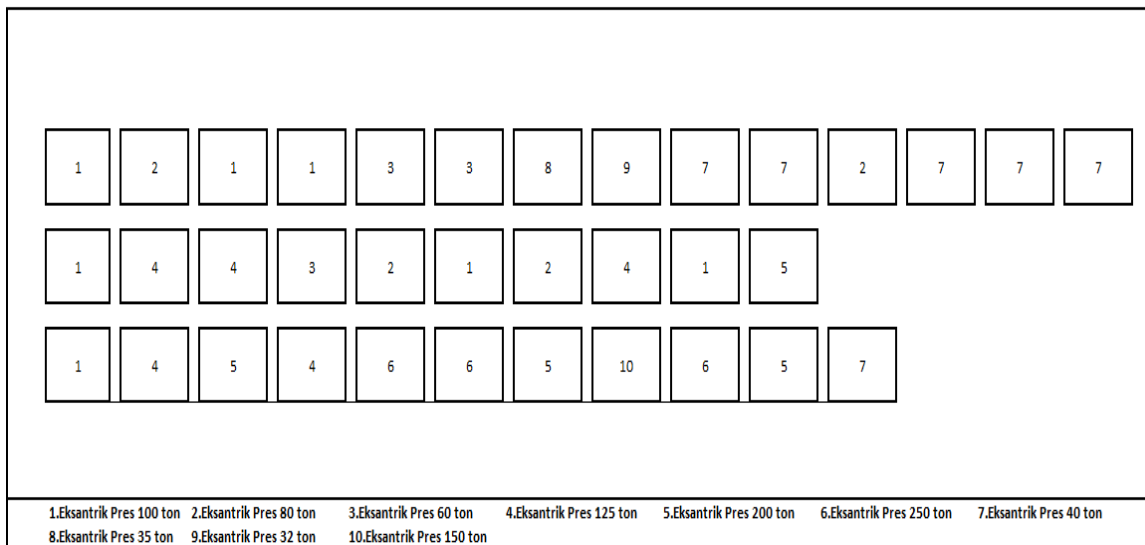


Şekil 3.5. Preshane Bölümü İş Akış Şeması

Bölümde kullanılan ekipmanlar aşağıdaki gibidir.

- 8 adet Servo Sürücü
- 11 adet Rulo Açıcı
- 32 adet Eksantrik Pres(30 ton, 32 ton, 40 ton, 60 ton, 80 ton, 100 ton, 125 ton, 150 ton, 200 ton, 400 ton)
- İstif lifti (Akülü)

Şekil 3.6’da bölümün vaziyet planı görülmektedir.



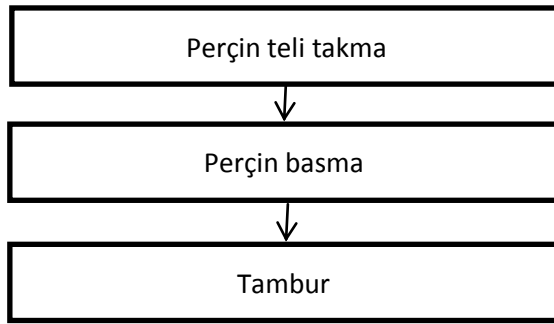
Şekil 3.6. Preshane Bölümü Vaziyet Planı

3.4.4. Perçinhane

Ø3,80 – 9,80 mm arasındaki çaplarda gelen ara tavlı SAE 1008 kalite perçin teli kullanılarak, sac parçalarının birleştirilmesinde kullanılan perçinler üretilmektedir. Bu bölümde kullanılan ekipmanlar aşağıdaki gibidir.

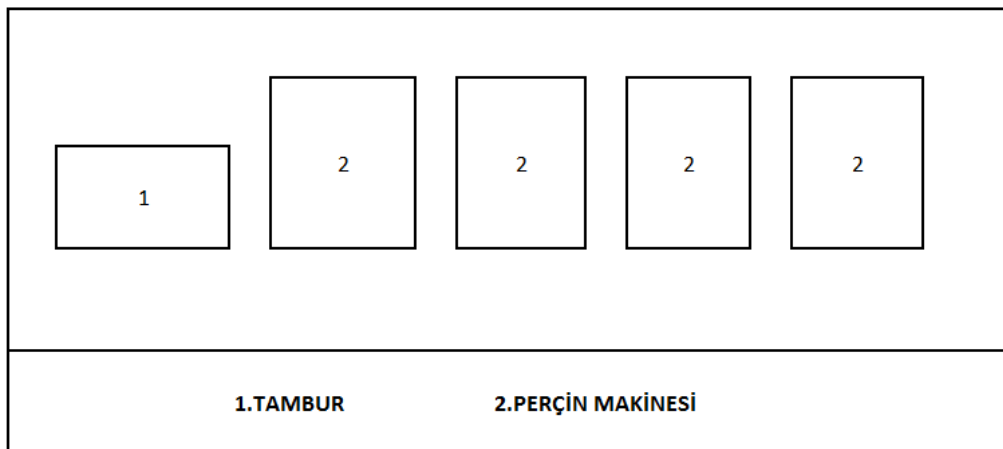
- 4 adet Perçin Makinesi
- 1 adet Tambur

Perçinhane bölümüne ait iş akış şeması Şekil 3.7’de yer almaktadır.



Şekil 3.7. Perçinhane Bölümü İş Akış Şeması

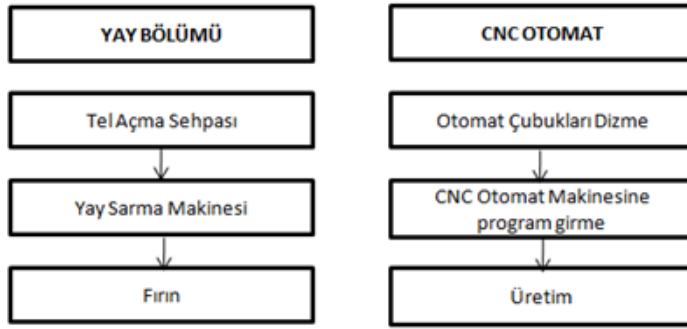
Perçinhane bölümüne ait vaziyet planı şekil 3.8’de görülmektedir.



Şekil 3.8. Perçinhane Bölümü Vaziyet Planı

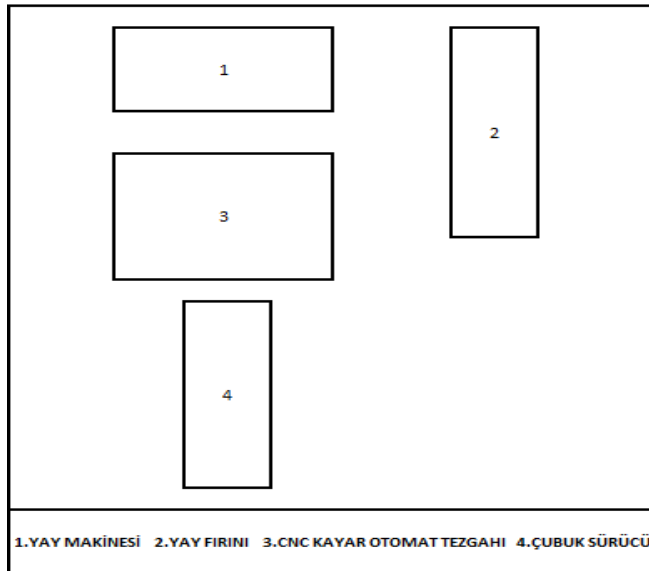
3.4.5. CNC Otomat – Yay

Mekanizmalarda kullanılan yay ve otomat üretiminin yapıldığı bölümdür. Yay üretiminde yaylık çelik tel kullanılmaktadır. Otomat üretiminde 11SMnPb30 otomat çubuğu kullanılmaktadır. Bölümün iş akış şeması Şekil 3.9'da görüldüğü gibidir.



Şekil 3.9. Yay – Otomat Bölümü İş Akış Şeması

Bölümde yay makinesi (\varnothing 3 mm), CNC kayar otomat tezgahı, çubuk sürücü ve yay fırını bulunmaktadır. Bölümün vaziyet planı Şekil 3.10'da görüldüğü gibidir.



Şekil 3.10. Yay – Otomat Bölümü Vaziyet Planı

3.4.6. Kaynakhane

Kaynak işlemi bulunan mekanizmaların çeşitli kaynak yöntemleri kullanılarak operasyonun gerçekleştirildiği bölümdür. Bu bölümde 3 adet gaz altı kaynak

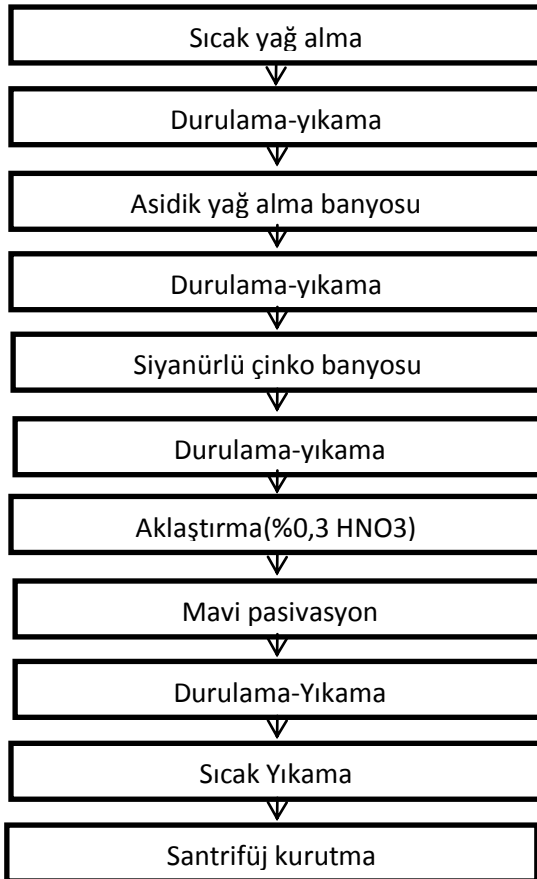
makinesi, 2 adet elektrot kaynak makinesi kullanılmaktadır. Bölümün iş akış şeması Şekil 3.11’de görüldüğü gibidir.



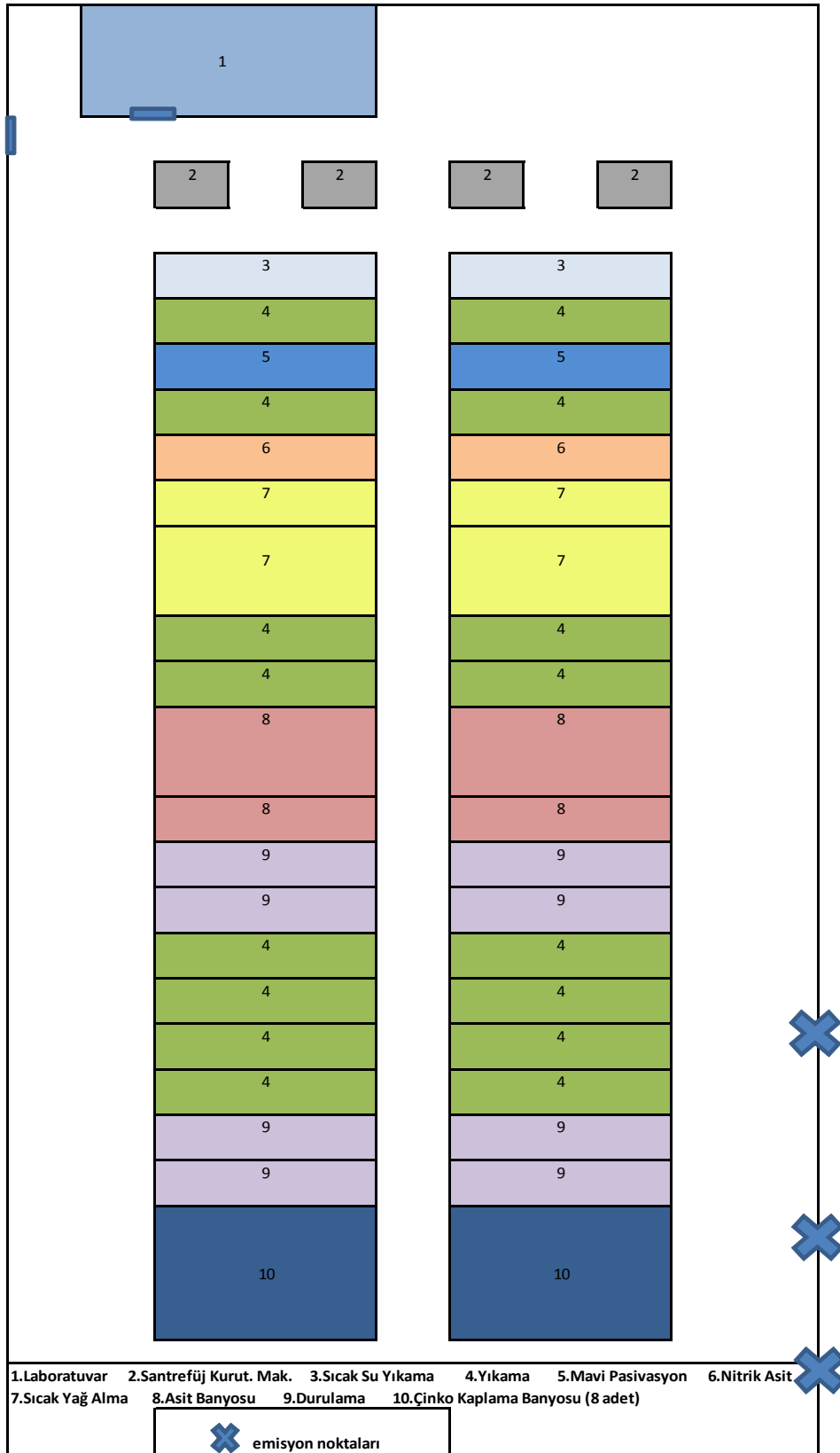
Şekil 3.11. Kaynakhane İş Akış Şeması

3.4.7. Kaplama

Mekanizmalarda korozyon direncini artırmak için çinko kaplama işleminin yapıldığı bölümdür. Tesiste kullanılan kaplama metodu siyanürlü çinko kaplamadır. Bölümde 2 adet tam otomatik kaplama tesisi bulunmaktadır. Tesisin iş akış şeması Şekil 3.12’de, vaziyet planı ise Şekil 3.13’de görülmektedir.



Şekil 3.12. Kaplama İş Akış Şeması



Şekil 3.13. Kaplama Tesisi Vaziyet Planı

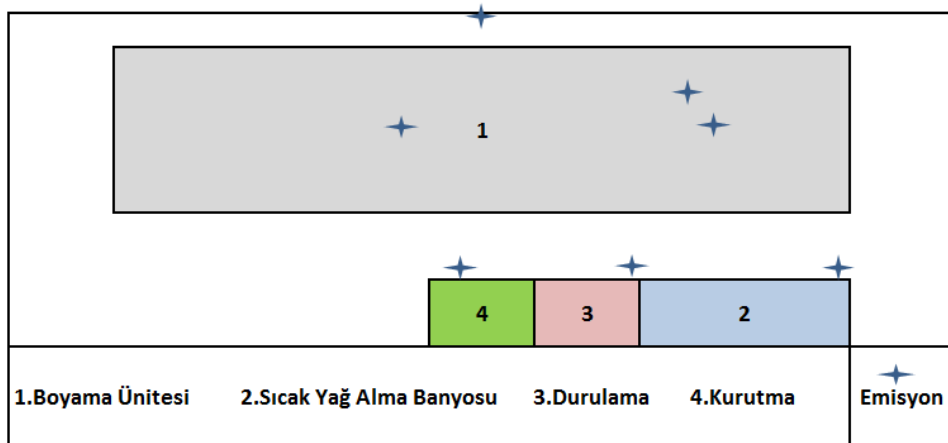
3.4.8. Boyahane

Mekanizmalarda korozyon direncini artırmak için elektrostatik toz boyama işleminin yapıldığı bölümdür. Bölümde yarı otomatik elektrostatik toz boya tesisi bulunmaktadır. Şekil 3.14’de tesisin iş akış şeması görülmektedir.



Şekil 3.14. Boyahane Bölümü İş Akış Şeması

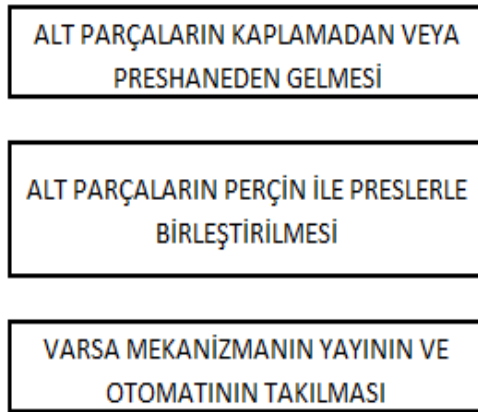
Yarı otomatik elektrostatik toz boya tesisi boyama ünitesi, sıcak yağ alma banyosu, durulama, kurutma hatlarından oluşmaktadır. Şekil 3.15’de bölümün vaziyet planı görülmektedir.



Şekil 3.15. Boyahane Bölümü Vaziyet Planı

3.4.9. Montaj

Alt parçaların perçin kullanılarak eksantrik ve havalı presler yardımıyla birleştirildiği bölümdür. Bunun yanı sıra bu bölümde paketleme işlemi de yapılmaktadır. Bölümde 17 adet havalı pres, 21 adet eksantrik pres, 4 adet otomasyon tezgâhı bulunmaktadır. Şekil 3.16'da tesisin iş akış şeması görülmektedir.



Şekil 3.16. Montaj Bölümü İş Akış Şeması

3.5. Tesisin Enerji Tüketimi

Tablo 3.3 Tesisin Bölümlere Göre Enerji Tüketimi

BÖLÜM / TÜKETİM	SU	ELEKTRİK	FABRİKA DOĞALGAZ	MUTFAK DOĞALGAZ
ARITMA		A - E		
BOYAHANE		A - E	E	
MONTAJ		A - E	I	
PRESHANE		A - E	I	
KAPLAMA	E - D	A - E	E	
KALIPHANE	D	A - E		
TUVALET	D	A		
MUTFAK	D	A - D		D

E = ENDÜSTRİYEL TÜKETİM
D = DİĞER TÜKETİM

A = AYDINLATMA
I = ISINMA (RADYANT ISITICI)

Bu bölümde tesiste kullanılan enerji kaynakları elektrik ve ısı enerjisi ve su tüketimi dağılımı bölüm bazında incelenmiştir. Bu inceleme Tablo 3.3 de verilmiştir. Bunun yanı sıra tesisin enerji tüketim değerleri verilerek üretilen ürün başına harcanan enerji miktarı görülecektir.

Tablo 3.4 Enerji Tüketim ve Enerji Maliyetleri

Enerji Tipi	Enerji Tüketimi	Enerji Tüketimi (TEP)	Enerji Tüketimi (%)	Yıllık Enerji Maliyeti (TL)	Maliyet (%)
Elektrik (kWh)	1.554.468,68	133,68	0,2	415.522,1	79,7
Doğalgaz (m ³)	103.720	85.569	97,3	103.333,08	19,8
Doğalgaz - Mutfak (m ³)	2.704	2.230,8	2,5	2.763,77	0,5
Toplam		87.933,48	100	521.618,96	100

Tesisin kullandığı enerji tipi, enerji tüketimi miktarları, enerji maliyetleri, tesisin yıllık enerji maliyeti ve bunlara bağlı olarak yıllık birim enerji maliyeti TL/TEP olarak çizelge ve yıllık su tüketimi m³ olarak Tablo 3.4 – 3.5’ de verilmiştir.

Tablo 3.5 Üretim Miktarı ve Enerji Tüketimi

Üretim Miktarı (adet/yıl)	Enerji Tüketimi (TEP/adet)
4.499.135	0,0195

Tablo 3.6’da ise bir başka tüketim kalemi olan suyun tüketim miktarı ve maliyeti görülmektedir.

Tablo 3.6 Yıllık su Tüketimi

Yıllık Tüketim	Tüketim Miktarı (m ³)	Tüketim Maliyeti (TL)
Su	11.400	15.495,05

BÖLÜM 4. ÜRETİM PROSESLERİNİN REVİZYONU VE ENERJİ ANALİZİ

4.1. Giriş

Bu bölümde; 3. bölümde bahsedilen pilot tesisin alt birimlerinde yapılan iyileştirmeler detaylı olarak açıklanacaktır. Bu tesiste aşağıda belirtilen bölümlerde iyileştirme çalışmaları yapılmıştır.

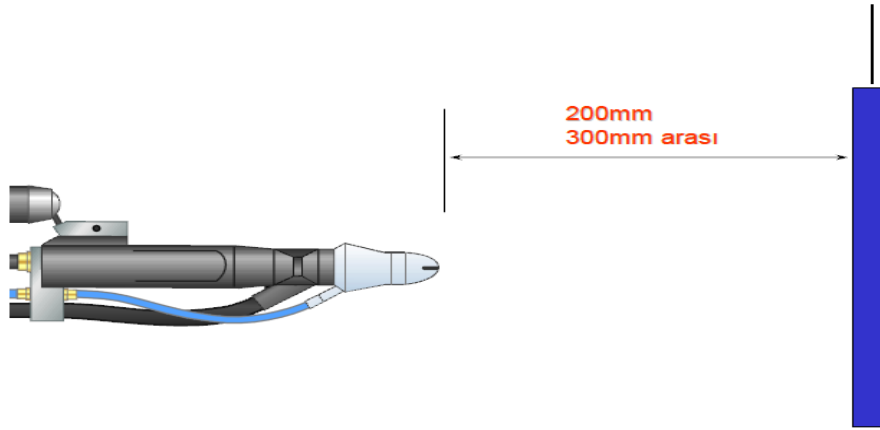
- Elektrostatik Toz Boya Tesisinde Askı Sisteminin Revizyonu
- Kaplama Tesisinde Kablolı Sistemden Lazer Optik Sisteme Geçilmesi
- Amortisörlü Baza Mekanizması montaj bandında manuel sistemden konveyörlü sisteme geçilmesi
- İhracat montaj bandında kapasite artışına yönelik bant düzeni çalışması
- Japon bandında manuel sistemden tam otomasyon sisteme geçilmesi
- Preshanede bükme kalıplarına şarjör eklenerek kapasitenin artırılması ve iş kazası riskinin azaltılması

4.2. Elektrostatik Toz Boya Tesisinde Askı Sistemi Revizyonu

Mevcut durumda dönemsellikten dolayı tesis kapasitesi siparişleri karşılayamamakta ve bu nedenle mesai yapılmaktadır. Bu durum tesiste kapasite artışını gündeme getirmiştir.

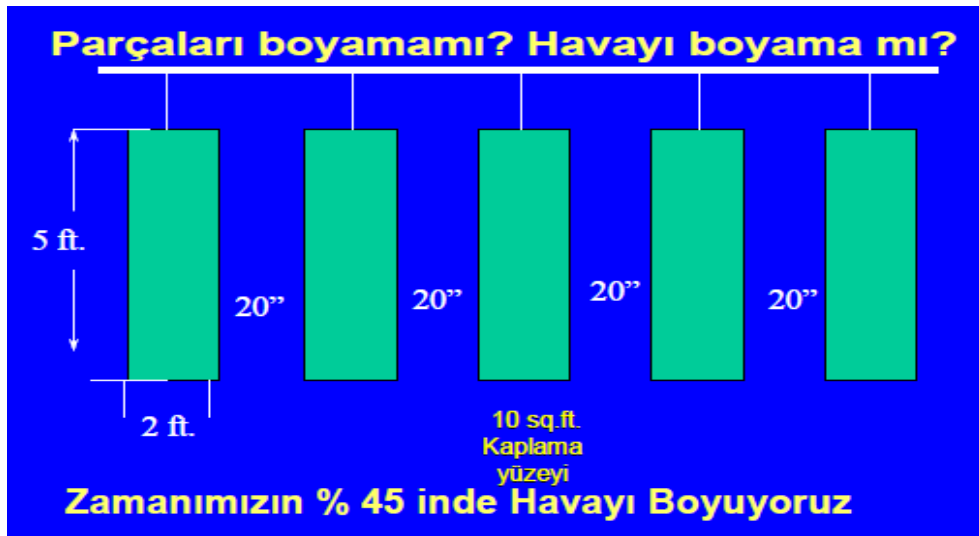
Kapasite artışı için yeni tesis yapılması, mesailerin artırılması, askıdaki malzeme sayısının incelenmesi gündeme gelmiştir. Kapasite artışının sağlanması için fırındaki konveyöre birim zamanda daha yüksek adette mekanizma asılması en makul çözüm olacaktır. Çünkü tesis kurulumu yüksek kurulum maliyetleri gerektiren bir çözüm olacaktır. Fazla mesai kısa vadede çözüm olacak fakat daha fazla ürün talebi

olduğunda tesis tekrar kısıt haline gelecektir. Yapılan önce çalışmalardan yola çıkarak tesisteki askı yapısının değiştirilmesi kararı alındı. Fakat elektrostatik toz boya operasyonunda parçalar arası mesafe çok önemli olduğu için optimum mesafe, optimum tabanca mesafesi ve optimum tabanca sayısının tespiti için deneme çalışmaları yapılmıştır. Şekil 4.1’de belirlenen optimum tabanca – parça mesafesi görülmektedir.



Şekil 4.1. Elektrostatik Toz Boya Prosesi Tabanca – Parça Optimum Mesafe

Boya kalitesi ve boya tüketimi göz önünde bulundurularak optimum değer belirlenmiştir. Yapılan çalışma neticesinde tesis bir vardiyada 9.720 adet mekanizma boyarken 17.280 adet mekanizma boyama kapasitesine ulaşmıştır. Şekil 4.2’de parçalar arası mesafenin önemli görülmektedir.



Şekil 4.2. Elektrostatik Toz Boya Prosesi Parçalar Arası Optimum Mesafe

4.3. Kaplama Tesisinde Kablolu Sistemden Lazer Optik Sisteme Geçilmesi

Mevcut durumda dönemsellikten dolayı tesis kapasitesi siparişleri karşılayamamaktadır. Bu nedenle mesai yapılmaktadır. Preshane bölümünde mesai ile çözümlenen bu problem, kaplama bölümünde darboğaz olarak karşımıza çıkmaktadır. Mevcut teknoloji ile kablolu sistemdeki tesiste haftada en az iki kez tesis hata vermektedir ve devre dışı kalmaktadır. Bununla birlikte kablolu sistemde robot hızları belli bir seviyenin üzerine çıkamamakta, mevcutta kullanılan yazılım da buna müsaade etmemektedir.

Darboğazın çözümlenmesi için ilk olarak kaplama metodu gözden geçirilmiştir. Mevcut durumda kullanılan kaplama metodu siyanürlü çinko kaplamadır. İlk olarak kapasite artışı için kaplama yöntem değişikliği planlanmıştır. Fakat asitli metoda geçilmesi kapasiteyi artırırken beraberinde analiz periyodunun ve akabinde kimyasal tüketiminin artmasını beraberinde getirmektedir. Bu da tesis işletme maliyetini artırmaktadır.

Kablolu sistemde sürekli arızalandığı için bakım maliyetlerini artırmanın yanı sıra kapasiteyi olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle kablolu sistemde değişikliğe gidilmeye karar verilmiştir. Tesis günümüz teknolojisi olan lazer optik sisteme çevrilmiştir. Şekil 4.3’de lazer optik sistemin mesafe algılayıcıları görülmektedir.



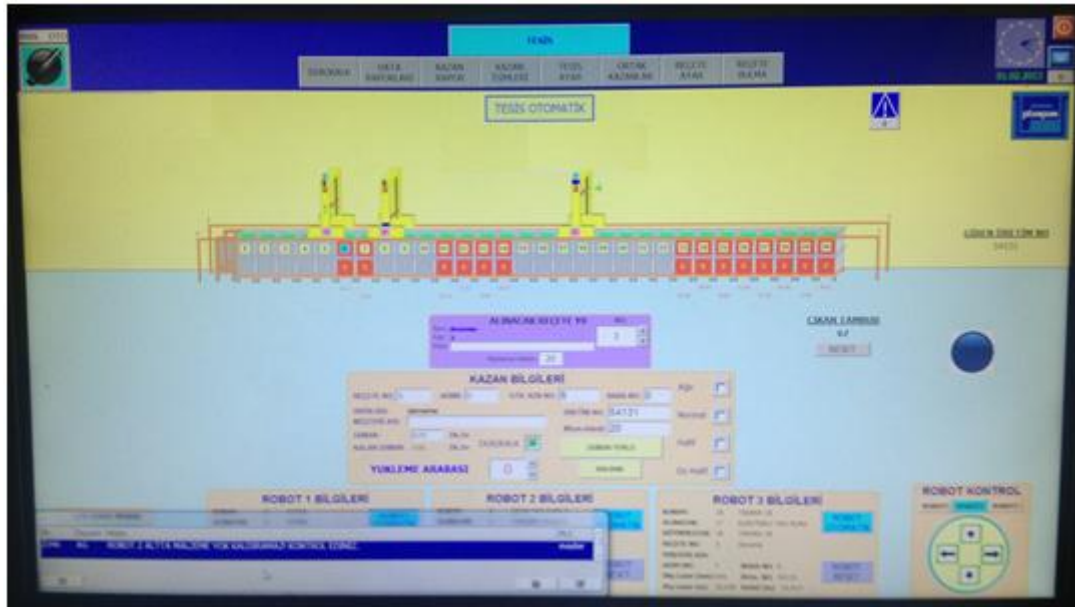
Şekil 4.3. Lazer Optik Sistem

Lazer optik sisteme geçilmesiyle robotların yataydaki ve düşeydeki hızları artmıştır. Böylece kaplama süresi 54 dakikadan 42 dakikaya düşürülmüştür. Lazer sisteminin görüntüsü aşağıdaki fotoğraflarda verilmiştir.Şekil 4.4'de tesisteki robot sistemi görülmektedir.



Şekil 4.4. Kaplama Tesisi Robot Görüntüsü

Bunun yanı sıra yazılım revize edilmiştir. Revize edilmiş olan yazılım ana ekranı Şekil 4.5'de görülmektedir.



Şekil 4.5. Kaplama Tesisi Yazılım Ana Ekranı

Tesiste lazer optik sisteme geçilmesiyle ve yazılımın revize edilmesiyle kapasitede %25 artış sağlanmıştır. Günlük 24 ton malzeme kaplayan tesis 32 ton kaplama kapasitesi ulaşmıştır.

4.4. Baza Mekanizması Montaj Bandında Manuel Sistemden Konveyörlü Sisteme Geçilmesi

Baza Mekanizması montaj bandında manuel olarak perçinleme yöntemi ile alt parçaların birleştirilmesi işi yapılmaktadır. Manuel bantta 10 işçi ile vardiyada 3000 takım mekanizma üretilmektedir. Firmanın en çok satışı yapılan mekanizması Baza Mekanizmasıdır. Bu nedenle bahsedilen mekanizmanın üretim kapasitesi siparişleri karşılamamaktadır. Meydana çıkan kapasite problemi ilk olarak cumartesi günleri yapılan mesailer ile aşılmaya çalışılmıştır. Mesailerle meydana gelen kapasite artışı yeterli olmamakla beraber mekanizma başına düşen maliyeti artırmaktadır. Bu nedenle mesai yapmak dışında bir çözüm aranmıştır. Yapılan beyin fırtınası toplantısı neticesinde zaman etütleri yaparak bant düzeninde değişiklik yapılmasına karar verilmiştir.

Yapılan zaman etütleri neticesinde, en büyük zaman kaybının personelin banttın kalkıp lavabo ve su ihtiyaçları için mola vermesinden kaynaklandığı görülmüştür. Manuel bant düzeninde bir işçinin kalkması tüm bandın durmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte kapasite kaybına neden olan bir başka faktör ise banda malzeme taşınmasıdır. Bu nedenlerden dolayı bandın kapasitesinin artırılması için işçinin banttın kalkması engellenmesi gerekmektedir. Banda malzeme taşınması için meydana gelen kayıp zamanlar kaldıraç sistemi minimize edilmiştir. Bunun yanı sıra manuel bant sisteminde konveyör sistemine geçilerek işçinin banttın kalkması engellenmesi planlanmaktadır.



Şekil 4.6. Mekanizma Bandı Konveyörlü Sistem

Konveyör sistemi için gerekli olan iki adet 6 m boyundaki konveyör tesiste yapılmış olup gerekli konveyör bandı ve montaj malzemeleri dışarıdan tedarik edilmiştir. Konveyör yapımı sürerken eş zamanlı olarak hattın düzeninin belirlenmesi için montaj sırası ve ergonomi çalışması yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında alt parçalar alınarak konveyör boyundaki sac parça üzerinde bant kurulmuş ve deneme çalışmaları yapılmıştır. İşçinin oturdu sandalye yönlerinin ve yapılan işlemin ergonomik açıdan uygunluğu incelenmiştir. Belirlenen düzen konveyör sistemine aktarıldıktan sonra son şekli verilmiştir. Konveyörde belirli noktalara işçinin perçini alabileceği hazneler kaynatılmıştır. Mekanizmanın ölçüsü göz önünde bulundurularak çizgilerle aralıklara bölünmüştür. Vardiyada montajlanması hedeflenen miktar ve bandın aralıkları göz önünde bulundurularak konveyör hızı belirlenmiştir.

4.5. İhracat Montaj Bandında Kapasite Artışına Yönelik Bant Düzeni Çalışması

Proje çalışmaları kapsamında kalite ve üretim biriminin önerisiyle bantlarda zaman etüdü çalışması yapılmasına karar verildi. Bunun neticesinde ihracat bandındaki mekanizmalardan başlanarak kayıp zaman analizi yapıldı. Yapılan çalışma neticesinde bant düzeninde değişiklik yapılmış ve bantta darboğaz olan operasyon inceleme altına alınıp operasyon süresi kısaltılması için araştırmalar yapılmıştır. Darboğaz olan operasyonda iki adet 3 mm pul takılmaktadır. 6 mm pul firmada basılmamaktadır. Bu nedenle 3 mm sacdan 2 adet pul takılmaktadır ve bu işlem bantta tıkanmalara neden olmaktadır. Dışardan 6 mm pul araştırılmış fakat bu sefer de maliyet engeli ile karşılaşılmıştır.

Yapılan araştırmalar neticesinde dövme yöntemi ile 6 mm kalınlığında ortası delik parça üretilebileceği tespit edilmiştir. Dövme yöntemiyle SAE 1008 malzemedan yapılan pulun maliyeti mevcut durumda kullanılan iki adet puldan daha az olmakla beraber banttaki tıkanmanın önüne geçmiştir.

Malzeme taşımadaki kayıpların önüne geçilmesi için U bant tasarlanmıştır. Malzeme beslemesi büyük metal kasalarda plastik kasalarla banda taşınmaktadır ve bu da zaman kayıplarını beraberinde getirmektedir. Bu kaybın önüne geçilmesi için

kaldıraç sistemi ile malzeme büyük metal kasalardan montaj masasına devrilmektedir. Yapılan çalışma ile mevcut durumda bir vardiyadaki üretim sayısı 12 kişi ile 1.750 takım iken, bant revizesi ile üretim miktarı aynı işçi sayısı ile 2.250 takıma yükseltilmiştir.

4.6. Çekyat Mekanizması Bandında Manuel Sistemden Tam Otomasyon Sisteme Geçilmesi

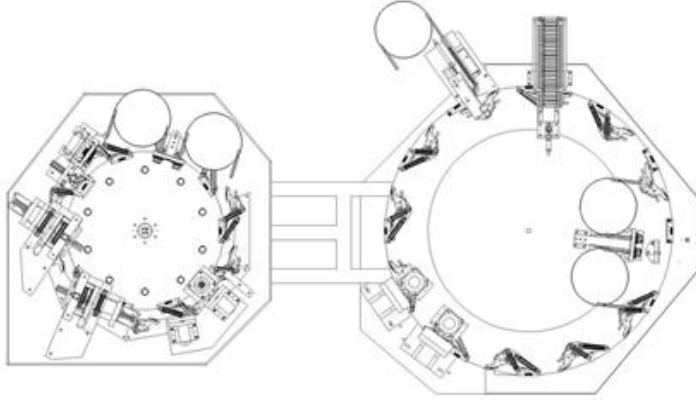
Manuel bantta 8 personel ile vardiyada 3.000 adet tek yön üretimi yapılmaktadır. 3.000 adet üretim sayısına manuel bantta kaldıraç sistemleri ve bant düzeni revizyonu ile çıkılmıştır. Fakat mevcuttaki üretim siparişleri karşılamamakla birlikte manuel bantta yapılan üretim kalite problemlerini de beraberinde getirmektedir. Bu nedenle otomasyon sistemi yapılmasına karar verilmiştir.



Şekil 4.7. Çekyat Mekanizması Otomasyon Bandı

Otomasyon tezgahlarının maliyeti yaklaşık olarak 600 bin TL'dir. Bununla birlikte malzeme taşımadaki zaman kayıplarını minimize etmek için otomasyon tezgahlarının yanına 3 adet kaldıraç sistemi kurulmuştur.

Otomasyon tezgahında yapılacak üretim sırasında, manuel tezgahta fark edilemeyen hatalı ürünler otomasyon tezgahlarının çalışma sistemi gereği fark edilecektir. Her bir istasyon hatalı malzemeyi ayıklayabilecek hassasiyette yapılacaktır. Böylece montaj aşamasındaki hurda miktarı azalacak hatta sifıra yaklaşacaktır.



Şekil 4.8. Otomasyon Tezgahı'nın Şematik Gösterimi

4.7. Preshanede Bükme Kalıplarına Şarjör Eklenerek Kapasitenin Artırılması ve İş Kazası Riskinin Azaltılması

Preshanede şarjör eklenmesi öncesi kalıp parçaya 1 işçi tarafından aparat yardımı ile konulmaktadır. Proje neticesinde kalıba bir şarjör sistemi eklenmiştir. Şarjör eklenmesi neticesinde parçalar kalıba şarjör yardımı ile sürülmektedir. Bu proje neticesinde tüm şartlar aynı kalarak (pres, kalıp, işçi) günlük bükme miktarı 16.000 adetten 30.000 adete çıkmıştır.



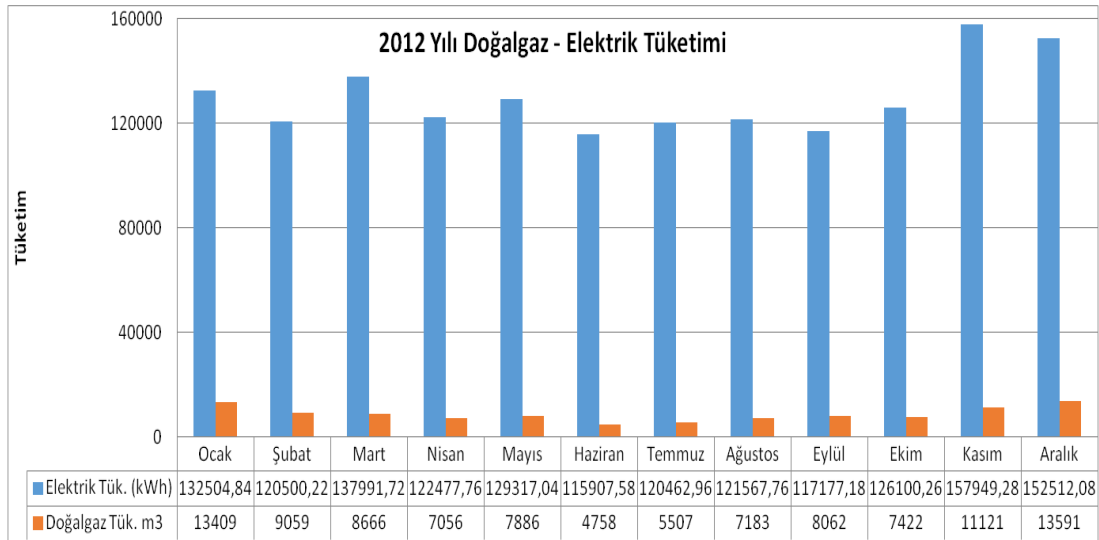
Şekil 4.9. Pres Şarjör Sistemi

BÖLÜM 5. SÜREÇ OPTİMİZASYONUyla GERÇEKLEŞTİRİLEN İYİLEŞTİRMELER

5.1. Giriş

Bu bölümde bir önceki bölümde bahsi geçen 7 adet iyileştirme projelerde meydana gelen enerji tasarrufu miktarları hesaplanmıştır. Ele alınan üretim tesisi için bahsedilen projeler 2012 yılının ilk çeyreğinin sonunda gerçekleştirilmiştir. Bu süreçteki elektrik ve doğalgaz sayaç verileri göz önünde bulundurulduğunda aylara göre herhangi bir değişim gözükmemektedir.

Bölümlerde gerçekleştirilen iyileştirme çalışmalarında enerji tüketimleri sabit tutulmuştur. Örneğin; boyahane bölümünde doğalgaz tüketimine neden olan brülör aynı çalışma aralığında devrede kalmakta ve fırın sıcaklığı aynı derecede tutulmaktadır. Kaplama bölümünde ise motorlar ve redresörlerde bir değişiklik yapılmamıştır. Ocak, Şubat, Aralık aylarında doğalgaz tüketiminin fazla olması ısı enerjisi kaynağı olarak doğalgaz kullanılmasıdır.



Şekil 5.1 2012 Yılı Doğalgaz – Elektrik Tüketimi

5.2. Elektrostatik Toz Boya Tesisinde Askı Sistemi Revizyonu

Proje aşamasında yapılan denemeler, bir askıdaki parça sayısı artırılarak yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda tesisten çıkan ürünler firmanın boya kalite kriterlerine göre incelenmiş ve optimum değer tespit edilmiştir. Tablo 5.1’de proje sonrasında sabit kalan ve değişkenlik gösteren parametreler bulunmaktadır.

Tablo 5.1 Proje Parametreleri

Sabit Parametreler	Değişken Parametreler
Askı Sayısı	Kapasite (adet)
Fırın Sıcaklığı	Tüketilen Boya Miktarı (kg)
Brülör	Kürlenme Süresi(dakika)

Tablo 5.2 Sabit Parametreler

Parametre	Sayısal Değer
Fırın Sıcaklığı	200 °C
Brülör Kapasitesi	69 – 210 kW
Askı Sayısı	40 adet

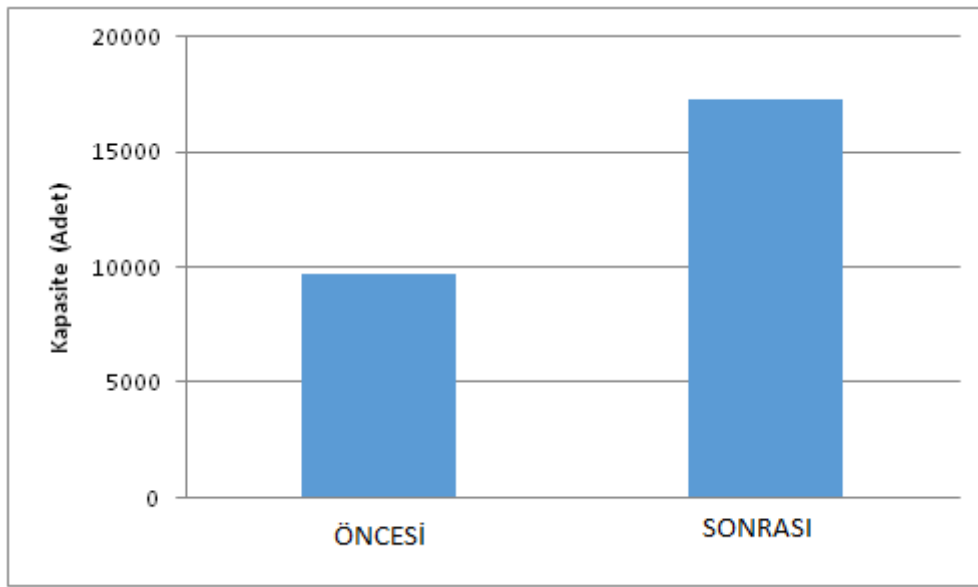
Proje sonrasında optimum değerlerin belirlenebilmesi için bir askıdaki parça sayısı değiştirilerek denemeler yapılmıştır. Bu denemelerin sonuçları Tablo 5.3’de görülmektedir.

Tablo 5.3 Parametrelerdeki Değişim Oranları

Parametreler	Revizyondan Önce	Olasılıklar			Revizyondan Sonra	Max. Değer
Günlük Boyanan Miktar (ad):	9.720	12.960	12.960	15.552	17.280	21.600
Saatlik Boyanan Miktar (ad):	1.080	1.440	1.440	1.728	1.920	2.400
Anlık Askıdaki Miktar (ad):	360	480	600	720	960	1.200
Askı Sayısı (ad):	40	40	40	40	40	40
Bir Askıdaki Parça Sayısı (ad):	9	12	15	18	24	30
1 devrin tamamlanma süresi (dk):	20	20	25	25	30	30
Fırınlanma Süresi(dk):	10	10	12,5	12,5	15	15
Tabanca Miktar (ad):	3	3	3	3	3	3
Günlük Boya Gideri (kg):	70,00	93,33	93,33	93,33	93,33	93,33
Adet Başına Boya Gideri (gr):	7,20	7,20	7,20	6,00	5,40	4,32
Adetteki Artış Oranı	0,0%	33,3%	33,3%	60,0%	77,8%	122,2%
Boya Giderindeki Düşüş	0,0%	0,0%	0,0%	16,7%	25,0%	40,0%
Enerji Giderindeki Düşüş	0,0%	25,0%	25,0%	37,5%	43,75%	55,0%

Şekil 5.2’de doğalgaz gideri sabit alınarak proje öncesi ve sonrasındaki kapasite miktarı karşılaştırılmıştır. Proje neticesinde fırın sıcaklığı ve brülör kapasitesi değiştirilmemiştir.

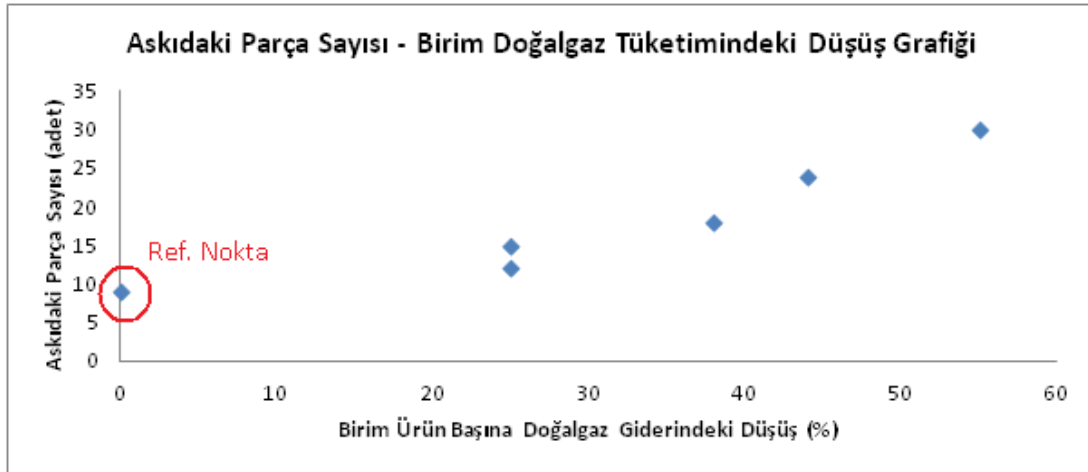
Bu nedenle enerji giderlerinde bir değişiklik olmamıştır. Proje neticesinde günlük boyanan parça adedi 9.720 adetten 17.280 adete çıkarılmıştır. Enerji giderinde değişiklik olmadığı için ürün başına düşen enerji gideri azalmıştır. Tablo 5.3’de de görüldüğü gibi ürün başına enerji giderindeki azalma %43,75 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.2 Sabit Enerji Tüketiminde Revizyon Sonrası Kapasite Değişimi

Proje öncesinde 9.720 adet mekanizma boyamak için 70 kg toz boya kullanılırken, revizyon sonrasında 17.280 adet 93.33 kg toz boya kullanılmaktadır. Ürün başına kütle verimliliği %25’dir.

Şekil 5.3’de yapılan denemelerde birim doğalgaz tüketimindeki azalma oranındaki artış görülmektedir. Maksimum değer alınmamasının nedeni, boya kalitesinin askıda 30 adet parça olduğunda toleranslar dışına çıkmasıdır.



Şekil 5.3 Askıdaki Parça Sayısı – Birim Doğalgaz Tüketim Grafiği

5.3. Kaplama Tesisinde Kablolu Sistemden Lazer Optik Sisteme Geçilmesi

Kapasite artışı yazılım iyileştirmesi ve lazer optik sisteme geçiş ile gerçekleştirildi. Tablo 5.4’de proje sonrasında sabit kalan ve değişkenlik gösteren parametreler bulunmaktadır. Tablo 5.5’de ise parametrelerin sayısal değerleri verilmiştir.

Tablo 5.4 Proje Parametreleri

Sabit Parametreler	Değişken Parametreler
Enerji Gideri	Kapasite
Tambur Sayısı	Robot Hızı (Yatay – Dikey)
Birim Tambura Yüklenen Ürün Miktarı	Kaplama Süresi

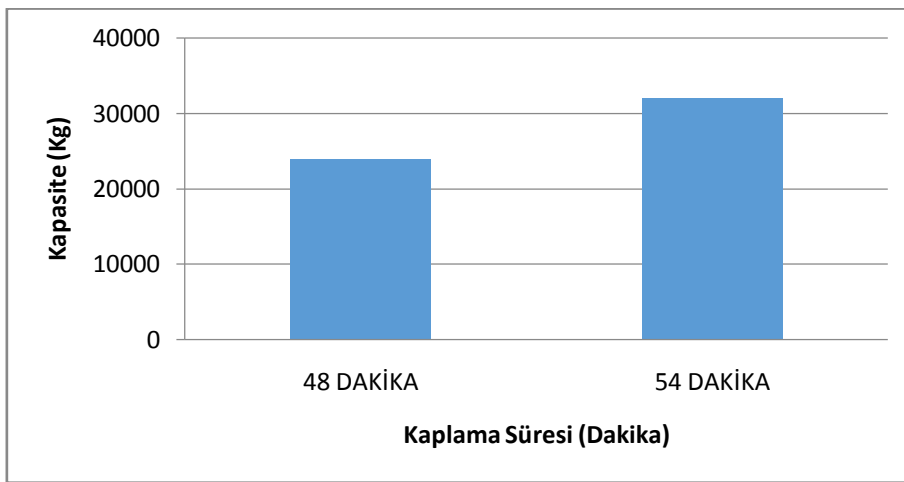
Tablo 5.5 Sabit Parametreler

Parametreler	Sayısal Değer
Tambur Sayısı	72 adet
Birim Tambura Yüklenen Ürün Miktarı	40 Kg
Tesisteki motorlar (34 Adet)	0,25 kW
Kutup değiştirici motolar (4 adet)	12 kW
Santrifüj kurutma motoru (4 adet)	0,75 kW
Redresör (4 adet/4 adet)	2800 Amper / 2500 Amper

Tablo 5.6 Proje Neticesinde Değişen Parametreler

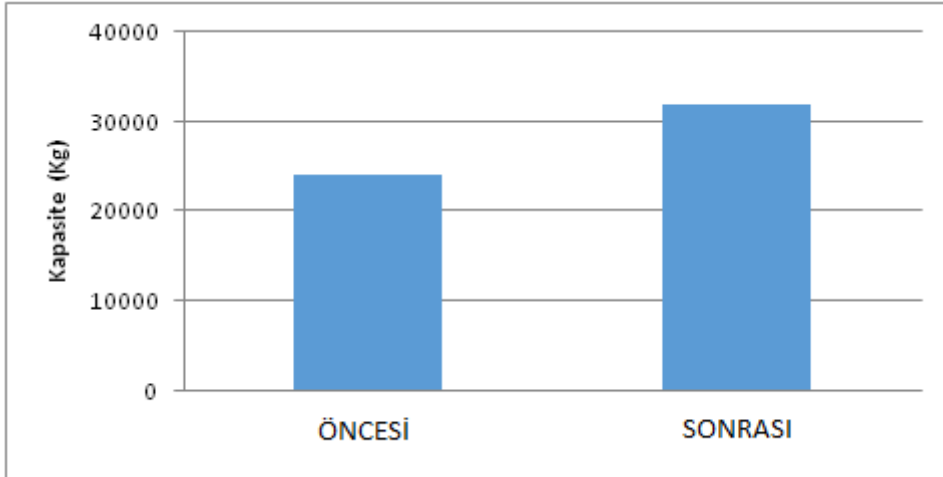
Kapasite (kg)	Kaplama Süresi (dakika)	Robot Hızı (Yatay) (mm/s)	Robot Hızı (Dikey) (mm/s)
24.000	54	900	314,3
32.000	48	1.300	550

Tablo 5.6'da robot hızlarındaki değişimin kaplama süresi ve kapasite'ye etkisi görülmektedir. Şekil 5.4'de ise kaplama süresi ve kapasite değişimi görülmektedir.



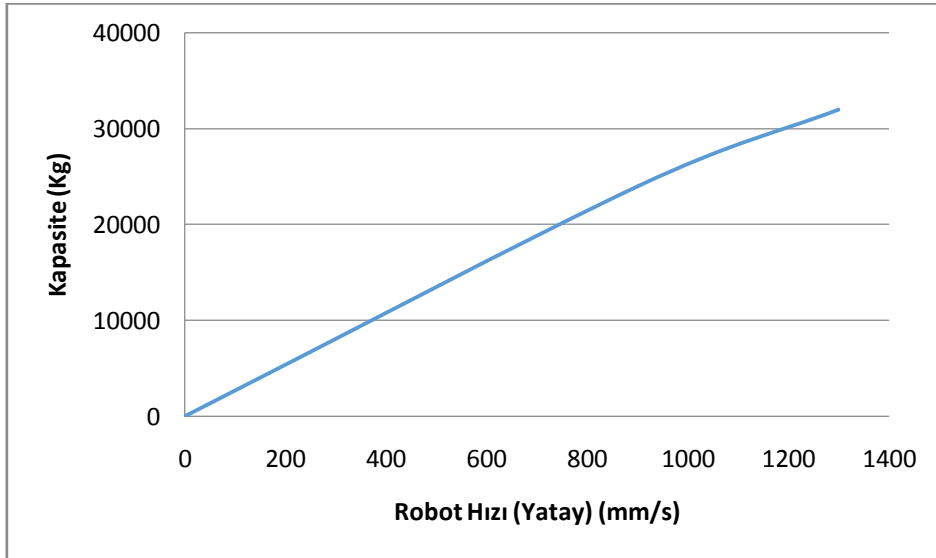
Şekil 5.4 Kaplama Süresine Bağlı Kapasite Değişim Grafiği

Tesisteki 34 adet 0,25 kW, 4 adet 0,75 kW ve 4 adet 12 kW motor değiştirilmemiştir. Bununla birlikte 4'ü 2.800 Amper ve 4'ü 2.500 Amper olmak üzere toplam 8 adet redresörde bir değişim yapılmamıştır. Kaplama süresinin kısalması programsal iyileştirmeler ve sistemin kablosuz olarak revize edilmesiyle sağlanmıştır. Yani elektrik tüketimi proje sonrasında sabit kalmıştır.

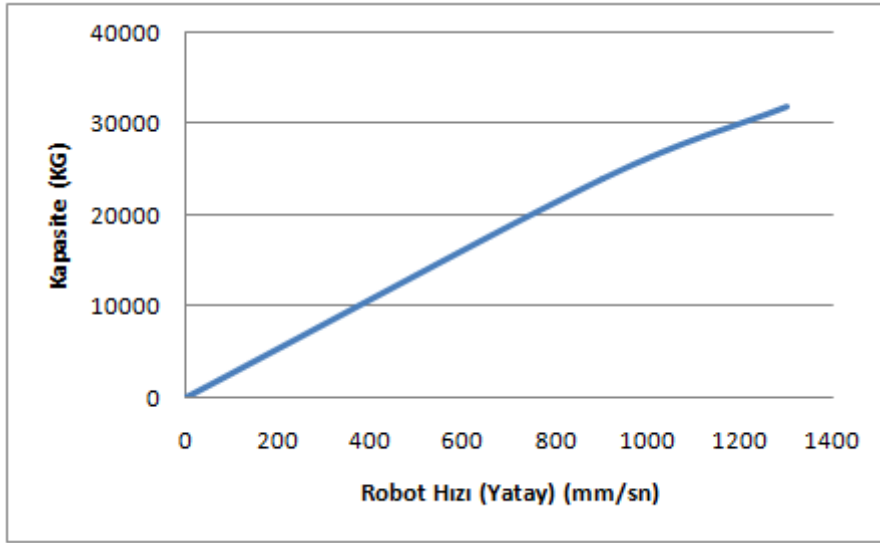


Şekil 5.5 Sabit Enerji Tüketiminde Revizyon Sonrası Kapasite Değişimi

Şekil 5.5’de elektrik gideri sabit alınarak proje öncesi ve sonrasındaki kapasite miktarı karşılaştırılmıştır. Şekil 5.6 ve 5.7’de proses kapasitesi ve robot hızı ilişkisi görülmektedir.



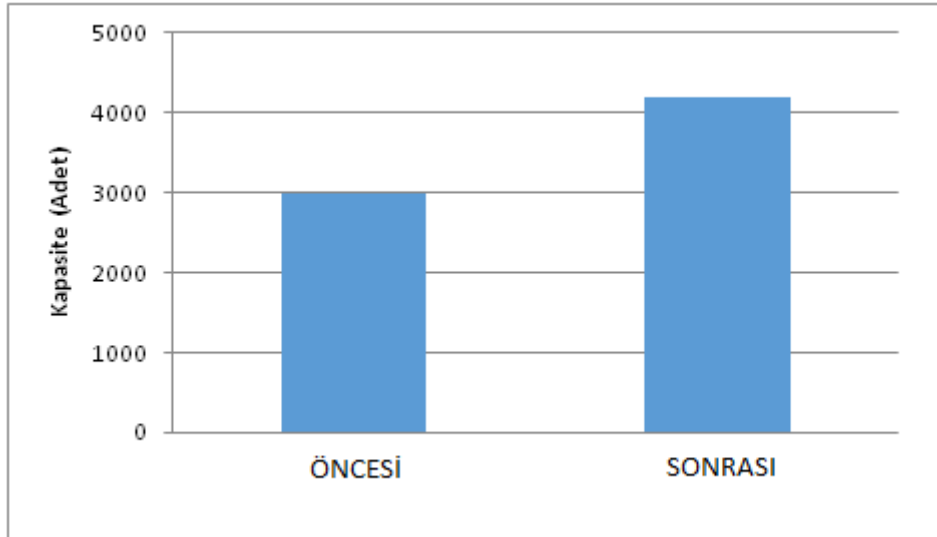
Şekil 5.6 Kapasite – Robot Hızı (Yatay) Grafiği



Şekil 5.7 Kapasite – Robot Hızı (Dikey) Grafiği

5.4. Baza Mekanizması Montaj Bandında Manuel Sistemden Konveyörlü Sisteme Geçilmesi

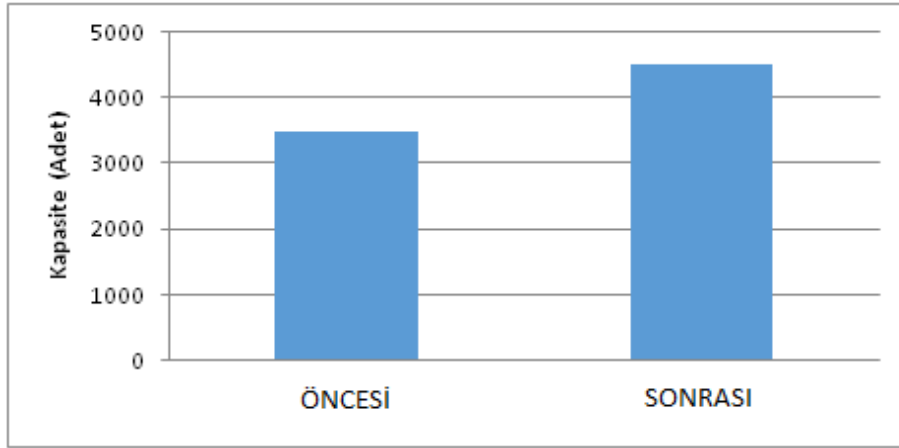
Mevcut durumda baza mekanizması manuel bantta 10 işçi ile vardiyada 3.000 takım mekanizma üretilmektedir. Yapılan bu çalışma ile üretim miktarı vardiyada 3.000 takımdan 4.200 takıma yükseltilmiştir. Böylelikle üretim kapasitesi vardiyada %40 artırılmıştır.



Şekil 5.8 Sabit Enerji Tüketiminde Revizyon Sonrası Kapasite Değişimi

5.5. İhracat Montaj Bandında Kapasite Artışına Yönelik Bant Düzeni Çalışması

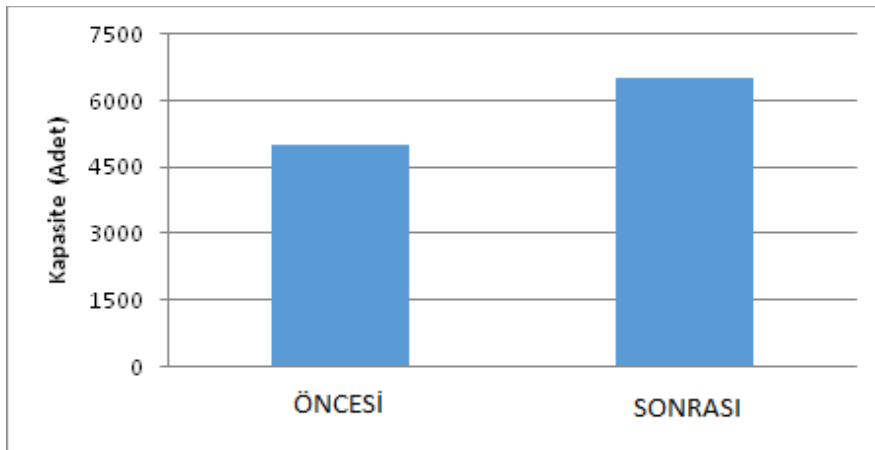
Yapılan çalışma ile mevcut durumda bir vardiyadaki üretim sayısı 12 kişi ile 1.750 takım iken, bant revizesi ile üretim miktarı aynı işçi sayısı ile 2.250 takıma yükseltilmiştir. Şekil 5.9'da proje sonrasında gerçekleşen kapasite değişimi görülmektedir.



Şekil 5.9 Sabit Enerji Tüketiminde Revizyon Sonrası Kapasite Değişimi

5.6. Çekyat Mekanizması Bandında Manuel Sistemden Tam Otomasyon Sistemine Geçilmesi

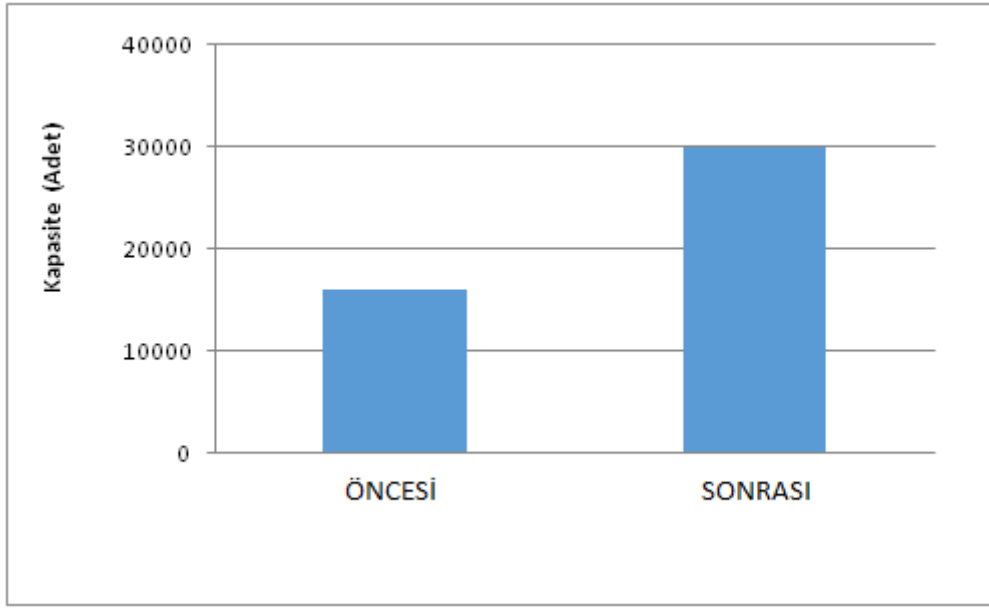
Otomasyon sistemine geçilmesi neticesinde ortalama 5.000 adet tek yön olan üretim miktarı 6.500 adete kadar çıkmaktadır. Şekil 5.10'da proje sonrasında meydana gelen kapasite değişimi görülmektedir.



Şekil 5.10 Sabit Enerji Tüketiminde Revizyon Sonrası Kapasite Değişimi

5.7. Preshanede Bükme Kalıplarına Şarjör Eklenecek Kapasitenin Artırılması ve İş Kazası Riskinin Azaltılması

Bu proje neticesinde tüm çalışma şartları aynı kalarak (pres, kalıp, işçi) günlük bükme miktarı 16.000 adetten 30.000 adete çıkmıştır. Şekil 5.11’de proje sonrasında kapasite değişimi görülmektedir.



Şekil 5.11 Sabit Enerji Tüketiminde Revizyon Sonrası Kapasite Değişimi

5.8. Tesisin İyileştirme Maliyeti ve Amortisman Süresi

Bir tesiste amaçlanan üretimin maliyetinin minimum olmasıdır. Maliyet azaltıcı projeler için bir önemli nokta ise amortisman süresidir. Tesiste gerçekleştirilen projelerin iki tanesinde büyük yatırımlar yapılmıştır. Bu iki proje dışındaki çalışmalarda tesisteki atıl malzemeler kullanılmıştır.

Kaplama tesisinde gerçekleştirilen iyileştirme neticesinde;

- İş gücü olarak 1 adam/vardiya azaltma sağlanmıştır.
- Tesis teknolojisi eski olduğu için bakım maliyetleri çok yüksektir. Proje neticesinde bakım maliyetleri azalmıştır.

- Proje öncesinde tesiste 1 vardiyada 5 işçi çalışmaktadır. Kapasiteyi karşılamak için bu 5 işçi günlük 2 saat fazla çalışmaktadır. Bununla birlikte cumartesi günleri 9 saat mesai yapmaktadır. Ek olarak her vardiyada 1 işçi olmak üzere toplamda 2 işçi azaltılmıştır.

Bu durum sonucunda maliyetlerdeki azalma aşağıdaki şekildedir;

- Tesiste çalışan 1 işçinin aldığı ücretin asgari olduğunu varsayarsak 1 işçinin aylık firmaya maliyeti yaklaşık olarak 1.000 TL'dir. Tesisin çalıştırılmasında 2 işçi azaltılmasıyla aylık yaklaşık 2.000 TL kar edilmiştir.
- Cumartesi günü 1 işçinin mesai maliyeti işletmeye yaklaşık 150 TL'dir.
- 10 personel için haftalık cumartesi günü mesai maliyeti işletmeye 1.500 TL'dir. Hafta içi mesai maliyeti ise tesise haftalık yaklaşık 300 TL'dir.
- Mesailerin tesise aylık maliyeti yaklaşık olarak 2.700 TL'dir.
- Aylık bakım maliyetleri yaklaşık 250 TL (tesis duruşları ve yedek parça) azalmıştır.

Kaplama tesisinde yapılan iyileştirmelerin maliyeti yaklaşık olarak 90.000 TL'dir. İşletmenin bu yatırım ile 4.950 TL aylık kar edilmiştir. Bu hesaptan yola çıkılarak tesis yaklaşık olarak 18 ayda amorti edilmektedir. Amortisman hesabı yapılırken tesisin enerji yoğunluğunun minimize edilmesi göz önünde bulundurulmamıştır.

Montaj bandına alınan otomasyon tezgahlarının maliyeti 600.000 TL'dir. Otomasyon tezgahı ve kaldırma sistemi neticesinde 5 işçi ile vardiyada ortalama 5.000 adet tek yön olan üretim miktarı vardiyada 6.500 adete kadar çıkmaktadır. İş gücü karı ve kapasite artışıyla değişen pazarlama stratejisi ile tezgahın 24 ayda amorti edileceği hesaplanmıştır.

Baza mekanizması bandında gerçekleştirilen iyileştirme çalışması ile üretim miktarı vardiyada 3.000 takımdan 4.200 takıma yükseltilmiştir. Böylelikle üretim kapasitesi vardiyada %40 artırılmıştır. Bu çalışmanın maliyeti konveyör bandı 245 TL, montaj malzemeleri 150 TL olmak üzere 395 TL'dir. Motor ve profil olarak firma deposundaki atıl malzemeler kullanılmıştır.

Boyahane tesisinde gerçekleştirilen askı revizyonunda ise askıların şekli değişmiştir. Bunun için tesiste hammadde olarak kullanılan SAE 1015 perçin teli kullanılmıştır. Askılan tesis bünyesindeki kaynakhanede yapılmıştır. Askıların ilk maliyeti firmaya yaklaşık olarak 350 TL'dir. Kapasitedeki % 77,8 artış ve ürün başına kimyasal tüketimindeki %25 azalma ise tesis kendini çok kısa sürede amorti etmiştir.

Preshane bölümünde gerçekleştirilen bükme kalıplarına şarjör eklenmesi için ekipmanlar bakım bölümünün stoklarından kullanılmıştır. Kullanılan ekipmanların maliyeti 175 TL'dir.

İhracat bandında gerçekleştirilen çalışma için herhangi bir alım yapılmamıştır. Preslerin yeri değiştirilmiş ve malzeme taşıma kayıpları azaltılarak kapasite artışı sağlanmıştır.

BÖLÜM 6. SONUÇLAR

Planlı enerji tasarrufu faaliyetlerinin başladığı 1981 yılından günümüze gerek sanayide gerek sosyal yaşamda enerji tasarrufunu amaçlayan bir çok çalışma yapılmıştır.

Bu çalışmada ise metal sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın boyahane, kaplama, montaj ve preshane bölümlerinde kapasite artışı için iyileştirmeler yapılmıştır. Çalışmalar neticesinde kapasite artışı ile birlikte ürün başına tüketilen enerjinin azaltığı görülmüştür. Gerçekleştirilen çalışma esnasında firmadaki 2012 yılı verileri esas alınmıştır.

Revizyon sonrasında tesis günde 17.280 adet parça boyayacak şekilde revize edilmiştir. Yapılan denemeler neticesinde maksimum kapasite olarak 21.600 adet değerine ulaşılmıştır. Fakat tesis bu kapasitede çalıştırıldığında istenilen boya kalitesi sağlanamamıştır. Bunun nedeni boya kalınlığının minimum 6 mikron olması ve faraday kafesi etkisidir. Faraday kafesi etkisi tozun derin boşluklara, köşelere, oyuklara ve kanallara nüfuz edememesine neden olmaktadır. Tesis vardiyada 21.600 adet ürün boyayacak şekilde çalıştırıldığı zaman ürünlerde köşe noktalarda boya almama problemi ve boya kalınlığının 4 mikrona kadar düştüğü gözlemlenmektedir.

Bununla birlikte elektrostatik toz boyada bir başka önemli nokta ise askıdaki iki parça arasındaki mesafedir. İki parça arasındaki mesafe fazla olduğunda toz boya ortam havasını boyamakta, parçalar yakın olduğunda ise boya kalitesinde azalma meydana gelmektedir. Proje sonrasında optimum kapasiteyi belirlemek için referans alınan boya kalitesi kriterleri Tablo 6.1'de verilmiştir. Bu nedenlerden dolayı tesis için bir askıdaki optimum ürün sayısı 24 adet olarak belirlenmiştir.

Tablo 6.1 Elektrostatik Toz Boya Kontrol Kriterleri

KONTROL YÖNTEMİ	KONTROL KRİTERİ
Boyanmamış Yüzey Kontrolü	Tüm yüzey boya almış olacak Yüzeyde portakallanma, boya birikmesi olmayacak
Çalışma Sıklık Kontrolü	Boyama işleminden sonra mekanizma rahat çalışacak
Renk Kontrolü	Renk değişimi, sararma, koyulaşma olmayacak
Kalınlık Ölçümü (Min 60 mikron)	Kalınlık minimum 60 mikron olacak
Adhezyon Testi – Cross Cut Test Kiti	Yüzeyden boya kalkmayacak
Ön Yüzey Temizliği Kontrolü	Yüzeyde yağ ve partikül kalıntısı olmayacak

Kaplama bölümünde gerçekleştirilen projede ise kısıt olan noktalar çinko kaplama prosesinin kaplama banyolarında kalma süresidir. Tamburların her banyoda minimum işlem süresi mevcuttur ve istenilen kalite şartlarının sağlanabilmesi için bu sürelerde kısaltılama yapılamayacağından dolayı kapasite 32.000 kg'ın üzerine çıkarılamamıştır. Kapasite iyileştirme çalışması neticesinde %25 artmıştır.

Diğer iyileştirme çalışmalarının sonuçları ise aşağıdaki şekildedir;

- Baza Mekanizması Montaj Bandında Manuel Sistemden Konveyörlü Sisteme Geçilmesi: Mevcut durumda baza mekanizması manuel bantta 10 işçi ile vardiyada 3.000 takım mekanizma üretilmektedir. Yapılan bu çalışma ile üretim miktarı vardiyada 3.000 takımdan 4.200 takıma yükseltilmiştir. Böylelikle üretim kapasitesi vardiyada %40 artırılmıştır.
- İhracat Montaj Bandında Kapasite Artışına Yönelik Bant Düzeni Çalışması: Yapılan çalışma ile mevcut durumda bir vardiyadaki üretim sayısı 12 kişi ile 1.750 takım iken, bant revizesi ile üretim miktarı aynı işçi sayısı ile 2.250 takıma yükseltilmiştir

- Çekyat Mekanizması Bandında Manuel Sistemden Tam Otomasyon Sisteme Geçilmesi: Otomasyon sistemine geçilmesi neticesinde ortalama 5.000 adet tek yön olan üretim miktarı 6.500 adete kadar çıkmaktadır.
- Preshanede Bükme Kalıplarına Şarjör Eklenecek Kapasitenin Artırılması ve İş Kazası Riskinin Azaltılması: Bu proje neticesinde tüm çalışma şartları aynı kalarak (pres, kalıp, işçi) günlük bükme miktarı 16.000 adetten 30.000 adete çıkmıştır.

BÖLÜM 7. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bir tesiste amaç üretilen ürünün maliyetinin minimum olmasıdır. Çalışma içinde açıklanan projelerin gerçekleştirilmesine karar verildiğinde proseslerdeki darboğazı gidermek, kapasitenin artırılması amaçlanmıştır. Çalışmaların enerji verimliliği sağlanması üzerinde durulmamıştır. Fakat sağlanan kapasite artışı ve enerji tüketiminin artmaması enerji verimliliği amaçlanmadığı halde birim başına tüketilen enerji hususunda verimlilik sağlanmasını beraberinde getirmiştir.

Çalışma içinde açıklanan projelerin gerçekleştirilmesine karar verildiğinde proseslerdeki darboğazı gidermek, kapasitenin artırılması amaçlanmıştır. Çalışmaların enerji tasarrufu sağlanması üzerinde durulmamıştır. Fakat sağlanan kapasite artışı ve enerji tüketiminin artmaması enerji verimliliği amaçlanmadığı halde birim başına tüketilen enerji hususunda verimliliği sağlanmasını beraberinde getirmiştir. Süreç optimizasyonu neticesinde boyahane tesisinde enerji, kütle, işçi verimliliği sağlanmıştır. Ürün başına tüketilen enerji, tüketilen kimyasal, iş gücü azalmıştır. Preshane bölümünde bükme kalıplarında gerçekleştirilen iyileştirme çalışmaları ile parça yüklemesi piston yardımı ile yapıldığı için iş kazası riski azaltılmış ve sabit elektrik tüketimi ile daha fazla parçaya işlem uygulanabilir hale gelmiştir. Kaplama ve montaj bölümünlerinde ise ürün başına tüketilen enerji ve iş gücü azaltılmıştır.

Bu çalışma süreç optimizasyonu neticesinde bir çok hususta verimlilik sağlandığını göstermektedir. Kütle, enerji, maliyet, iş gücü verimliliği kapasite artışı ile birlikte çalışmanın çıktılardanındır.

Enerji giderlerini minimize etmek için, gerçekleştirilen projeler dışında yapılması tavsiye edilen çalışmalar aşağıdaki şekildedir.

- Fabrika genelinde hava tesisatında bulunan 6 adet kaçak noktasının giderilmesi

- Hava tesisatında seri bağlantıdan paralel bağlantıya çevrilmesi
- Fabrika genelindeki aydınlatma tesisatının kısmi aydınlatma yapılması ve aydınlatma noktalarının uygun yerlere konulması
- Fabrika genelinde radyant ısınma kullanılmaktadır ve binanın yalıtım eksikliği ve kapıların açık tutulması nedeniyle ciddi ısı kayıpları meydana gelmektedir. Tesis binasına yalıtım yapılması

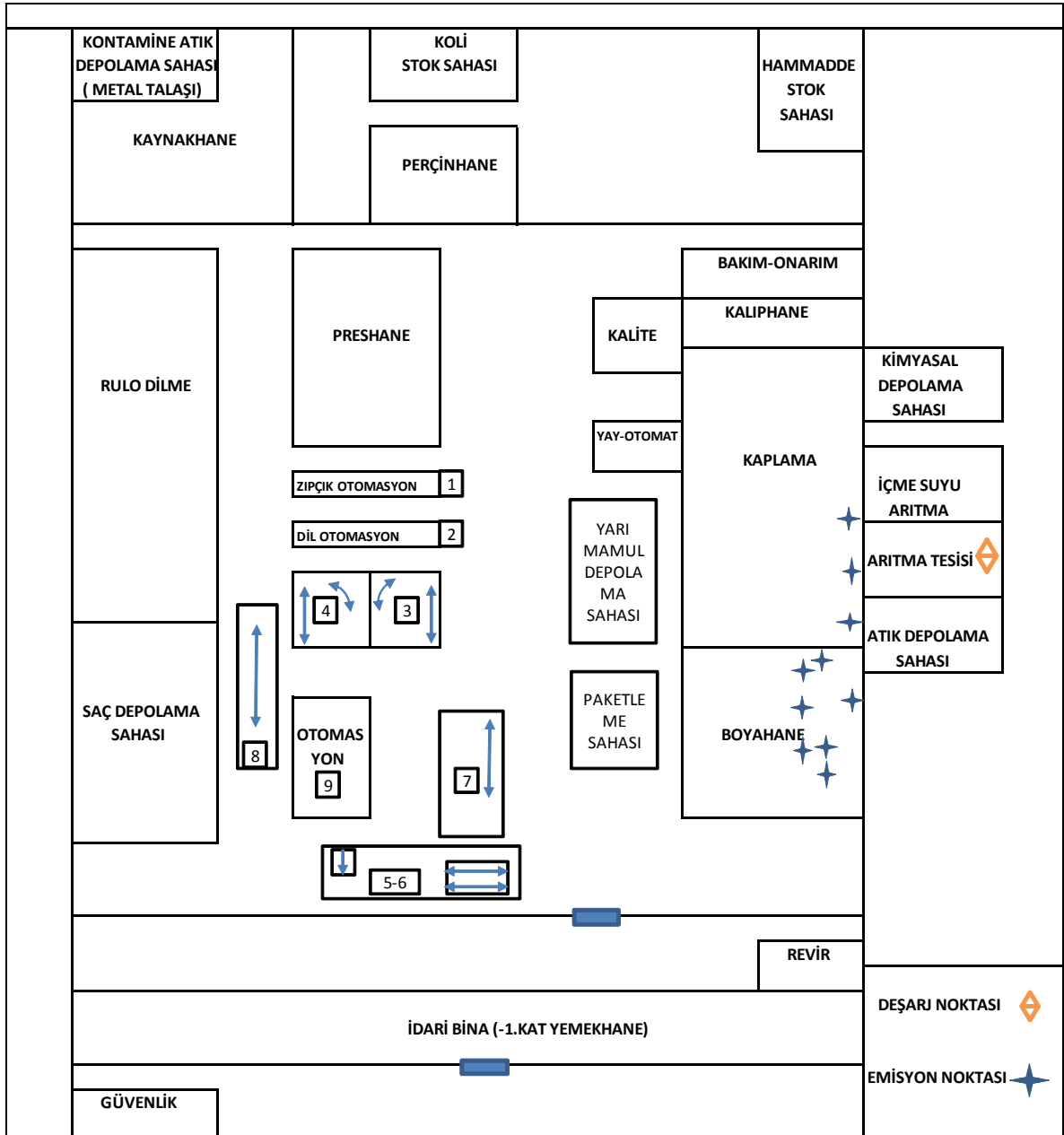
Yukarıda tavsiye edilen iyileştirmeler için yüksek maliyet gerektiren projeler yapılması gerekmektedir. Bu nedenle yatırım kararı için iyi bir fizibilite çalışması yapılması ve ekonomik açıdan enerji kazanımının amortisman süresi değerlendirilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] KAVAK, K., Energy Efficiency in The World and Turkey and Investigation of Energy Efficiency in Turkish Industry, Thesis for Planning Expertise, General Directorate of Economic Sectors and Coordination, State Planning Organization, Publication No: 2689, 2005.
- [2] FLEITER, T., FEHRENBACH, D., WORRELL, E., EICHHAMMER, W., Energy efficiency in the German pulp and paper industry – A model-based assessment of saving potentials, *Energy* 40, pp. 84-99, 2012.
- [3] ABDELAZIZ, A., SAIDUR, R., MEKHILEF, S., A Review on Energy Saving Strategies in Industrial Sector, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15, pp 150 - 168, 2011.
- [4] BUNSE, K., VODICKA, M., SCHÖNSLEBEN, P., BRÜLHART, M., ERNST, F., Integrating energy efficiency performance in production management-gap analysis between industrial needs and scientific literature. *Journal of Cleaner Production* 2011, 19:667-669, 2011.
- [5] LU, M., LU, C., TSENG, T., CHEN, F., CHEN, L., Energy-Saving Potential of The Industrial Sector of Taiwan, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp. 674 - 683, 2013.
- [6] KIRMIZI, M., Economically Research Of Clean Energy In Manufacturing Industry, *Makina Müh. Anabilim Dalı, Fen Bilim. Enst., Gazi Üniv., Ankara*, 2010.
- [7] HAYDAROGLU, C., Analysis of Energy Productivity and Energy Intensity in Turkish Industry, *Anadolu Üniversitesi, Eskişehir*, 2006.
- [8] HEPBASLI, A., OZALP, N., Development of Energy Efficiency and Management Implementation in the Turkish Industrial Sector, *Energy Conversion and Management* 44, pp 231 - 249, 2003.
- [9] GIACONE, E., MANCO, S., Energy Efficiency Measurement in Industrial Processes, *Energy* 38, pp. 331 - 345, 2012.
- [10] MEKHILEFA, S., SAIDUR, R., SAFARI, A., A Review on Solar Energy Use in Industries, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15, pp. 1777 - 1790, 2011.

- [11] SAIDUR, R., RAHIM, A., HASANUAMAN, M., A Review on Compressed-Air Energy Use and Energy Savings, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14, pp. 1135 – 1153, 2010.
- [12] TURHAN, F., *Industrial Energy Efficiency and Environmental Effects of a Steam Boiler*, Karabük Üniversitesi, Karabük, 2012.
- [13] TRIANNI, A., CAGNO, E., THOLLANDER, P., BACKLUND, S., Barriers to industrial energy efficiency in foundries: a European comparison. *Journal of Cleaner Production*, 40:161-176, 2012.
- [14] YILMAZ, E., *Energy Management System an Existing Application Example*, Niğde Üniversitesi, Niğde, 2011.
- [15] AFŞAR, H., *Ceramic Factory Energy and Exergy Analysis*, Bozok Üniversitesi, Yozgat, 2011.
- [16] THOLLANDER, P., OTTOSSON, M., Energy management practices in Swedish energy-intensive industries. *Journal of Cleaner Production*, 18:1125-1133, 2010.
- [17] OZKOK, M., *Energy Efficiency Project Design and Application Study of an Energy – Intensive Facility*, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2010.
- [18] GOKMEN, R., *Industrial Plants Energy Efficiency Lighting Techniques and Case Study*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2010.
- [19] ARIKAN, A., *An Illustrative Study On Energy Saving In A Company Working In Metal Industry*, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, 2010.
- [20] UYLUKCUOĞLU, E., *Determination of Energy Saving and Energy Efficiency Possibility in Automotive Industry*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2009.
- [21] YAMANKARADENİZ, N. *Comprison Between Classic System and Heat Pump System in Energy Saving in Textile Industry*, Uludağ Üniversitesi, Bursa, 2007.
- [22] KARAKURT, D., *Energy Saving Application in Leather Industry*, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, 2006.
- [23] BOYAR, S., *A Research on determination of Energy Efficiency and Improving Possibilities In Feed Industry (A case study in two factories)*, Ege Üniversitesi, İzmir, 2006
- [24] ERSOY E., *Türkiye İmalat Sanayiinin Analizi (2005 – 2010 Dönemi, 22 Ana Sektör İtibariyle) makine ve teçhizatı hariç; fabrikasyon metal ürünleri imalatı*, Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş., Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Müdürlüğü , Ankara, p. 661 – 713, 2012.

EKLER



ÖZGEÇMİŞ

Gamze YÜRÜK ÇAKIRSOY, 27.09.1988' de Sakarya' da doğdu. 2005 yılında Adapazarı Özel Enka Lisesi'nden mezun oldu. 2005 yılında Sakarya Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümüne girdi ve 2009 yılında mezun oldu. Şu anda Ford Otosan A.Ş. 'de Kalite Mühendisi olarak görev yapmaktadır.