

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÜRETİM HATTINDA İŞLETİM OPTİMİZASYONU YAPILARAK
ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN ARTTIRILMASI**

LEVENT DOĞANAY

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENERJİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. ZEHRA YUMURTACI**

İSTANBUL, 2019

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÜRETİM HATTINDA İŞLETİM OPTİMİZASYONU YAPILARAK
ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN ARTTIRILMASI**

Levent DOĞANAY tarafından hazırlanan tez çalışması 28.03.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Zehra YUMURTACI

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Zehra YUMURTACI

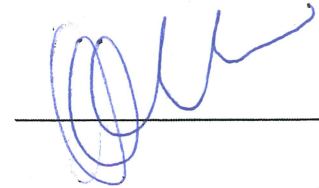
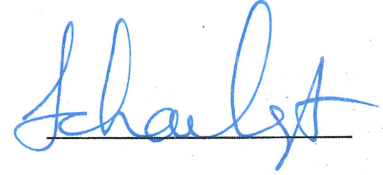
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Burhanettin ÇETİN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Işıl ULUŞOY

Okan Üniversitesi



ÖNSÖZ

Proje çalışmamda benden yardımlarını esirgemeyen, kaynakların seçilmesinde ve projenin sonuçlanmasında destek veren tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Zehra YUMURTACI'ya çok teşekkür ederim.

Çalışmamın oluşmasında bana ilham veren, çıkan problemler ile beni bir çözüm bulmaya iten Mercedes Benz Türk A.Ş. Boru İmalat Ön hazırlık alanında görev yapan birim yöneticisi İsmail GÜRBÜZ'e, Üretim Planlama çalışanlarından arkadaşım İmalat Mühendisi Onur ERBAŞ'a, yapılan çalışmayı şirket uygulamasına çevirmede yardımcı olan Ekip Liderim Makina Mühendisi Sezgin DEMİR'e, teşekkür ederim.

Proje yazım süresince bana moral ve motivasyon sağlayan sevgili eşim Nur DOĞANAY'a, son olarak tüm yaşamım ve eğitim hayatım boyunca hep arkamda duran, bana maddi ve manevi yardımcı olan annem Emine DOĞANAY ve babam KAZIM DOĞANAY'a teşekkürü borç bilirim.

Mart, 2019

Levent DOĞANAY

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ	viii
KISALTMA LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xv
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	1
1.3 Hipotez	2
BÖLÜM 2	
ÜRETİM TANIMI VE MONTAJ HATLARI	3
2.1 Üretim	3
2.2 Üretim Tipleri	4
2.2.1 Genel Tanım	4
2.2.2 Proje Üretimi	5
2.2.3 Siparişe Göre Üretim	5
2.2.4 Parti Üretimi	5
2.2.5 Seri Üretim.....	6
2.2.5.1 Transfer Hatları.....	6
2.2.5.2 Montaj Hatları	7

BÖLÜM 3

MONTAJ HATLARININ DENGELENMESİ	8
3.1 Montaj Hatlarının Tanımı ve Tarihçesi.....	8
3.2 Montaj Hattı ve Tipleri	10
3.2.1 Genel Bilgi	10
3.2.2 Üretilen Model Çeşitliliği Açısından Montaj Hatları.....	11
3.2.2.1 Tek Modelli Hatlar	11
3.2.2.2 Çok Modelli Hatlar	12
3.2.2.3 Karışık Modelli Hatlar	12
3.2.3 Yerleşim Şekline Göre Montaj Hatları	16
3.2.3.1 Düz Hatlar	16
3.2.3.2 U Tipi Hatlar	16
3.3 Montaj Hatlarının Dengelenmesi.....	18
3.3.1 Ergonomi ve Montaj Hatlarının Dengelenmesine İlişkin Örnekler	18
3.3.2 Montaj Hatları Dengeleme Problemi	19
3.4 Montaj Hatlarının Dengelenmesinde Kullanılan Temel Kavramlar	20
3.4.1 İş Ögesi	20
3.4.2 İş İstasyonu	20
3.4.3 Toplam İş Süresi	20
3.4.4 Çevrim Süresi.....	20
3.4.5 Öncelik Kısıtları.....	21
3.4.6 Gerekli En Az İş İstasyonu Analizi	21
3.4.7 Ortalama İş İstasyonu Süresi	22
3.4.8 Sıralama Gücü	23
3.4.9 Esneklik Oranı.....	23
3.4.10 Denge Kaybı	23
3.4.11 Düzgünlük İndeksi	23
3.4.12 Hat Etkinliği.....	24
3.4.13 Kurumsal Etkinlik	24

BÖLÜM 4

FİRMA TANITIMI VE KAIZEN FELSEFESİ İLE ÜRETİM SİSTEMİ	25
4.1 Mercedes Benz Türk	25
4.1.2 Hoşdere Fabrikası	26
4.1.3 Otobüs Tipleri	27
4.1.4 Montaj Holü	28
4.2 Mercedes Benz Türk'te Kaizen.....	29
4.3 Kaizenin Tanımı	30
4.4 Kaizen'in Uygulanması	30
4.5 İş ve Zaman Etüdü Çalışması	31
4.6 Mevcut Yerleşim Planı	31
4.7 Mevcut Durumun Spagetti Diyagramı	31
4.8 Kaizen'in Hedefleri	32

BÖLÜM 5

İŞ ETÜDÜ	33
5.1 İş Etüdü	33
5.2 İş Ölçümü	34
5.3 Geçmiş Verilerden Faydalanma	34
5.4 Zaman Etüdü	34
5.5 Önceden Saptanmış Hareket- Zaman Standartları	38
5.6 İş Örneklemesi	38

BÖLÜM 6

BORU İMALAT ÖN HAZIRLIK İŞ AKIŞI	39
6.1 Boru İmalat Ön Montaj Hazırlık Alanı	39
6.2 Mevcut Yerleşim Düzeni	40
6.3 Mevcut İş Adımları	40
6.4 Alüminyum Boru Üretim Alanı	43
6.5 Prototip olan Boruların Kontrol Edilmesi ve Ölçülmesi	43

BÖLÜM 7

OPTİMİZASYON PROGRAM ANALİZİ	44
7.1 Projede Araştırılacak Problemin Tespiti ve Amacı	44
7.2 Boru İmalat İş Akışı	45
7.3 Best Programı ile Boruların Gruplandırılması	46
7.4 Optimizasyon Programı ile Etiket Basılması	47
7.5 Software ile Hedeflenen Durum	48
7.6 Boru Kesim Optimizasyonu	50
7.7 Software Özellikleri	51
7.8 Artan Boruların Yönetimi	53
7.9 Program Algoritması	54
7.10 Kesim Verim Raporlaması	55
7.11 Optimizasyon Programı ile İş-Akış Diyagramı	56

BÖLÜM 8

BORU İMALAT ÖN HAZIRLIK ALANINDA ELDE EDİLEN TESPİT VE SONUÇLAR	57
8.1 Testere Kesimi için Uygulama	57
8.1.1 Optmizasyon Programı ile elde edilen Kesim Planı	58
8.2 Çevrim Zaman İncelemesi	59
8.2.1 Testere Kesiminde Optimizasyon Programı ile Mevcut Durum Analizi.....	61
8.2.2 Büküm Prosesinde Optimizasyon Programı ile Mevcut Durum Analizi.....	61
8.2.3 Testere Kesiminde Optimizasyon Programı Kullanılmadan Önceki Mevcut Durum Analizi	61
8.2.4 Büküm Prosesinde Optimizasyon Programı Kullanılmadan Önceki Mevcut Durum Analizi	62

BÖLÜM 9

SONUÇ VE ÖNERİLER	63
KAYNAKLAR.....	66
ÖZGEÇMİŞ.....	69

SİMGE LİSTESİ

C	Çevrim süresi
C*	Ortalama iş istasyonu süresi
Cu	Bakır hammaddesinin sembolü
D	Denge kaybı
Dİ	Düzgünlük indeksi
E	Esneklik oranı
kWh	Kilowattsaat
Ms	Pirinç hammaddesinin sembolü
N	Montaj hattındaki iş ögesi sayısı
Ni	Nirosta hammaddesinin sembolü
n	Dengeleme sonucunda elde edilen iş istasyonu süresi
n _{enk}	Gerekli en az iş istasyonu süresi
n _{enaz}	Montaj hattını dengelemek için gerekli en az iş istasyonu sayısı
n _{olası}	Çevrim süresinin yarısından daha büyük süreye sahip olan iş ögesi sayısı
T _{enb}	İş istasyonu sürelerinin en büyüğü
T _i	İ. iş istasyonu süresi
Σ	Toplam Sembolü

KISALTMA LİSTESİ

C °	Celsius
Enb	En büyük
HE	Hat Etkinliği
kWh	Kilowattsaat
KTL	Kathodische Tauchlackierung
MTM	Measuring Timing Method
m	Metre
ort	Ortalama
SAP	Systemanalyse- Programmentwicklung
SW	Software
ZB	Zusammenbau

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1 Tek Modelli Hatlar.....	11
Şekil 2. 2 Çok Modelli Hatlar	12
Şekil 2. 3 Karışık Modelli Hatlar	13
Şekil 2. 4 Montaj Hattı Tasarımları	13
Şekil 2. 5 Düz Montaj Hatları	16
Şekil 2. 6 U Tipi Montaj	17
Şekil 2. 7 İş Ögesi için Öncelik Diyagramı Örneği	21
Şekil 4. 1 Mercedes-Benz Türk Hoşdere Fabrikası	26
Şekil 4. 2 Örnek Spagetti Diyagramı	32
Şekil 5. 1 İş Etüdü	33
Şekil 6. 1 Boru Bükme Makinası	41
Şekil 6. 2 Çapak Alma Makinası	41
Şekil 6. 3 Boru Set Araçları	42
Şekil 6. 4 Alüminyum Çoklu Kordon Makinası.....	43
Şekil 7. 1 SAP Sisteminde Boru bilgilerinin alınması	45
Şekil 7. 2 Boruların Hammadde bazlı gruplandırılması	46
Şekil 7. 3 Boruların montaj adresleri ve kesim boyları.....	46
Şekil 7. 4 Tek parça boru etiket tarifi	47
Şekil 7. 5 ZB parça boru etiket tarifi	47
Şekil 7. 6 SW ile hedeflenen durum	48
Şekil 7. 7 Güncel durum	49
Şekil 7. 8 SW ile hedeflenen durum	49
Şekil 7. 9 Hammadde Tipi ve Boru numarası Gösterimi.....	50
Şekil 7. 10 Hammadde ve Boru numarası Gösterimi	51
Şekil 7. 11 Hammadde Numarası ve Boy Gösterimi.....	51
Şekil 7. 12 Hammadde Numarası ve Testere Kalınlık Gösterimi	52
Şekil 7. 13 Program Paramatresi ve Özellikleri	52
Şekil 7. 14 Ekran ve Kesim Planı Çıktısı.....	53
Şekil 7. 15 Artan Minimum Boyların Belirlenmesi	54
Şekil 7. 16 Program Algortiması	54
Şekil 7. 17 Artan Borular için Kod Belirlenmesi.....	55
Şekil 7. 18 Kesim Verim Raporlaması	55
Şekil 7. 19 Optimizasyon Programı ile İş Akış Diyagramı.....	56

Şekil 8. 1	Operatör İnsiyatifinde Elde Edilen Örnek Kesim Planı	58
Şekil 8. 2	Optimizasyon Programı ile Elde Edilen Örnek Kesim Planı.....	59
Şekil 9. 1	Elektrik Tasarrufu	64
Şekil 9. 2	Hammadde Tasarrufu	65

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 8. 1	1 araç için hesaplanan boru adedi 60
Çizelge 8. 2	1 vardiya için hesaplanan boru adedi 60
Çizelge 8. 3	Zaman Etüdü Ölçümü Sonuçları 61

ÜRETİM HATTINDA İŞLETİM OPTİMİZASYONU YAPILARAK ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN ARTTIRILMASI

Levent DOĞANAY

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zehra YUMURTACI

Dünya’da son yıllarda yaşanan hızlı nüfus artışı, buna bağlı olarak insanların ihtiyaçlarının ve taleplerinin artmasına istinaden üretim sektörü hızlanmakta, üretim hacimleri büyümektedir. Talebin artması ile beraber olarak gelişen rekabet ile üretici firma sayısı da artmakta ve bu firmalar birbiri ile yarışmaktadır. Kaizen yalın üretim sistemini esas alan Mercedes Benz Türk fabrikasının montaj hatları tanıtılmıştır ve Kaizen üretim sisteminin esas ana hedeflerinden biri olan sürekli iyileştirmeler ile üretimde yüksek kalite, düşük enerji tüketimi, stoksuz üretim, ergonomi gibi beklentiler gerçekleştirilmiştir. Boru üretim alanında mevcut kaynakların maksimum verimde kullanılması hedeflenmiştir.

Mercedes-Benz Türk Otobüs Fabrikası bünyesinde, boru ön montaj mahallinde gerçekleştirilen bu projede, öncelikli olarak mevcut durumdaki iş akışı ortaya konulmuştur. Boru imal ön hazırlık istasyonunda boru hammadde veriminin artırılması için mevcut olan problemler ve darboğazlar gözlenip analiz edilmiş, iyileştirme çalışmaları uygulanmıştır. Bu çalışmaların sonucunda bir optimizasyon programı geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Ön hazırlık üretim hattına daha yüksek tempo, firesiz ve hatasız üretim yapılabilme yeteneği kazandırılmış, daha düşük maliyet ve enerji verimliliği sağlanmıştır. Tez aşamasında yapılan projelerde “Kaizen” metodolojisi ve “Best” optimizasyon programı kullanılmıştır.

Yapılan analiz ve iyileştirmeler sonucunda ürünlerin üretim hattındaki vardiyalı temposu %5 artmıştır. Çalışan makinelerin ve operatörlerin verimlilikleri artmış, üretim maliyetleri ve fire miktarı düşmüştür. Üretim tesisinde yıllık 40.000 metre hammadde tasarrufu ve 36.000 kWh elektrik enerjisi tasarrufu sağlanmıştır. Ortalama 1 metre hammaddenin yaklaşık fiyatı 3.5 Euro olarak hesaplandığında senelik 40.000 metre hammadde tasarrufu için toplam senelik 140.000 Euro tasarruf sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Üretim, verim, montaj hattı, boru üretim, üretim verimliliği.

ABSTRACT

OPERATION OPTIMIZATION AT PRODUCTION LINE TO INCREASE ENERGY EFFICIENCY

Levent DOGANAY

Department of Mechanical Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Prof. Dr. Zehra YUMURTACI

Production volumes & speeds are increasing depending on the population increase and increasing demand of needs & wants of end customer. In paralel with customer demand increase, supply is increasing as well, with more production company entering industry which is creating a competitive environment. Mercedes Benz Türk companies lean manufacturing lines are projected in the focus of KAIZEN principles, which is mainly achieving high quality with continuous development, low energy consumption, Just in time production, ergonomoy. With this project resouce (manpower, time, process', raw material, capacity, equipments etc.) productivity is being targetted to be improved at pipe manufacturing line.

Primarily Process Flow is explained at pre-assembly area of pipe production at Mercedes Benz Türk company, with the aim of increasing annual raw material efficiency, bottle necks & existing constraints are deeply analized and an optimization project is developed. As a benefit of commisioned optimization project pipe pre-assembly line capabilities are increased towards faster and scrap, error free production with decreased total cost & energy consumption. KAIZEN methodology & BEST optimization program is used for this project.

With the project initiation, production output per shift is increased by 5%. Efficiency of man & equiment are increased so production cost and scrappage rate are decreased. As

a result 40.000 m raw material & 36.000 kWh energy are being saved in yearly basis. Considering the average 1 meter raw materials piece price as 3.5 Euro; annual raw material saving of 40.000 meters which brings 140.000 Euro saving.

Keywords: Production, efficiency, assembly line, pipe production, production efficiency.

1.1 Literatür Özeti

Optimizasyon, bir sistemdeki mevcut kaynakların maksimum verim elde edilecek şekilde kullanılarak önceden tespit edilen hedeflere(maliyetin düşürülmesi, kârın arttırılması, kapasite kullanımının arttırımı ve maksimum verimlilik elde edilmesi gibi) ulaşmasını sağlayan bir teknoloji olarak ifade edilmektedir [1].

Rus matematikçisi Kantorovich üretim planlamasında en sık karşımıza çıkan sorunların modellenmesinde ve en iyi sonuçları tespit etme yöntemlerini anlattığı makalesiyle üretim sistemlerinde optimizasyonun gerekli olduğunu vurgulamıştır[2].

1.2 Tezin Amacı

Yapılan çalışmada, üretim sistemlerinde amaç fabrikadaki üretim sistemini optimize etmeye çalışmaktır. Sisteme ait üretim düzeyi ve üretkenlik gibi önemli kavramlar sistemi etkilemektedir. Çünkü amaç çoğu zaman sisteme genel bir bakış sağlamak içindir. Böylece sistemin nasıl işlediği, nerelerde darboğaz olduğu veya verimliliğin nerelerde az olduğunu gözlemleyebiliriz[3].

Proje, boru imalat ön hazırlık alanında öncelikli olarak, boru hammaddelerinin işçiler tarafından manüel olarak kesilmesinin ortadan kaldırılmasını ve böylelikle işçi sağlığı ve güvenliğinin gözetilmesini ve uygulamanın ergonomik kriterler çerçevesinde olmasını, bununla birlikte verimliliğin arttırılarak, çevrim süresinin azaltılmasını hedeflemektedir. Çevrim süresinin azaltılması, firmada gelecekte gerçekleşmesi muhtemel bir üretim

kapasite arttırımını karşılayacak potansiyele sahip olmasını sağlayacaktır. Ayrıca bu proje, boru imalat ön hazırlık alanında stok hammaddesinin azaltılması ve böylelikle çalışmanın KAIZEN'in hedefleri ile örtüşmesini amaçlamaktadır. Diğer bir yandan, boru imalat ön hazırlık çalışanları, mental ve fiziksel enerjilerini, hammadde kesim işlemi ve büküm makinalarında boru boyunun ölçülmesi için harcamayarak barcode programlaması ile otomatik boy dayamasının uygun konuma getirilmesi ve böylelikle enerjilerini üretim kalitesinin artmasına katkıda bulunmak için kullanacaklardır.

1.3 Hipotez

Mercedes-Benz otobüs fabrikası bünyesinde gerçekleştirilen bu proje; fabrikanın montaj holünde, işçi sağlığı ve güvenliğini ve ergonomik esasları gözetken şekilde ve sürekli iyileştirme felsefesi olan KAIZEN ilkeleri çerçevesinde, boru imalat ön hazırlık alanında mevcut ısıtma, soğutma ve yağ borularının kesiminde optimizasyon programı kullanarak artan boru hammaddelerinin minimize edilmesini, etiket barcode okuma sistemi ile hammaddenin hızlı kesilmesini ve bu bağlamda enerji tasarrufunu hedeflemektedir.

ÜRETİM TANIMI VE MONTAJ HATLARI

2.1 Üretim

Üretim, ülke kalkınmasının en önemli ögesidir. Üretim, hem iş gücü potansiyali yaratır, hem de ulusal gelirin gelişmesi için katkıda bulunur. Etkinlik ve verimlilik iyi bir plânlama ile doğrudan ilişkilidir. Verimlilik girdi başına çıktı olarak, etkinlik ise fiilî değerin plânlanan değere bölünmesi ile elde edilmektedir. Bu nedenle bir sistemin etkinliğinin ve verimliliğinin iyileştirilmesi, ilk olarak iyi plân yapılmasına bağlıdır [4].

Ürün ve/veya hizmet, üretimin sonucunda ortaya çıkmaktadır. Üretimin mevcut hedeflere ulaşabilmesi için, üretim faktörleri ve kaynaklarının istenilen özelliklerde birleştirilmesi ve kullanılması gerekmektedir. Üretim kaynaklarını oluşturan başlıca öğeler, toprak veya hammadde kaynakları, işçilik veya insan gücü kaynakları ve sermayedir. Ama insan gereksinimlerinin sonsuz ve kaynaklarının sınırlı olması sebebiyle, gelişmekte olan teknoloji, üretim sistemlerinin karmaşıklaşması ve üretim kaynaklarının verimli kullanılmasının bir sonucu olarak yönetim ögesi de üretim kaynaklarına ilave edilmiştir.

Bir üretim işletmesinde bulunan temel üretim kaynakları; hammadde, işçilik ve sermayedir. Üretim bu girdilerin ürün ve/veya hizmete dönüşmesini sağlar. Yönetimden beklenen bu etkinliklerin düzenlenmesi ve yürütülmesidir. Bir işletme elinde bulunan malzeme, makine ve insan gücü kaynaklarının, istenen kalite ve sürede optimum şekilde kullanımını hedeflemektedir.

Üretim tasarlama ve kontrolü, bir üretim yönetimidir. Bu yönetimden, üretilecek ürünü ve üretim için donanım ihtiyacını belirlemek ve ürünlerin, istenen kalite ve maliyette, istenen sürede, doğru zamanlarda ve istenen sayılarda oluşumunu sağlayacak planlama programlamasını yapmak, beklenen kriterlerdir. Kısaca özetlemek gerekirse üretim tasarlama ve kontrolü, üretimden sorumlu olan yöneticilerin, kısa zamanda ve yüksek verimde hedefe ulaşmasını sağlayan önemli bir üretim aracıdır.

En genel anlamda üretim sistemlerinin tasarımı ile ilgili etkinlikleri içeren ve üretim etkinliklerinin sınırlarını belirleyen üretim işlevi olarak tanımlanan üretim tasarlama ve kontrol çalışmalarındaki hedef, gereken mal ve hizmetlerin oluşturulması için gerekli kaynakları bulmak, varlığını garanti altına almak, gereksiz kaynak harcamalarını minimum seviyeye indirmek, istenen miktarda ürünü, en iyi kalite, en kısa sürede ve en ucuz yöntemlerle üreterek maksimum verimliliği sağlamaktır [5].

Üretim sistemi, uygulanan tüm metodların ve kullanılan cihazların tamamı olarak ifade edilmesi ve bir iş parçasının ilk pozisyonundan sistem içinde değişime uğrayarak 'ürün' pozisyonuna gelmesi olarakta tanımlanmaktadır . Çok basit bir üretim sistemi teçhizat ve iş parçacıklarının etkileşiminden oluşmaktadır [6].

2.2 Üretim Tipleri

2.2.1 Genel Tanım

Üretim Sistemleri, kullandıkları üretim yönetimine göre (analitik, sentetik, montaj, vs.) ve üretilen ürün çeşidine göre (demir-çelik, petrol, makine, vs.) tesisin yerleşimine göre (ürüne göre, hücresel vs.), üretim miktarına göre (parti üretimi, siparişe göre üretim vs.) değişik açılardan sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırma, üretim miktarına göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

2.2.2 Proje Üretimi

Bu üretim tipinde, belirli bir ürünün sadece bir defaya özgün üretilmesi söz konusudur. Üretim esnasında, ürünün süreçler arası hareketi söz konusu olmayıp, üretim için gerekli olan makine-teçhizat, hammadde üretimin gerçekleştirileceği yere getirilir ve bu girdi kaynaklarının sürekli hareketi söz konusudur. Başka bir ifade ile yerinde üretim yapılır. Bu tip üretim, esneklik ve yenilikler açısından büyük avantaj sağlamasına rağmen, üretim maliyetleri bakımından yüksektir. Bina inşaatı, uçak üretimi ve gemi yapımı proje yönetimine örnek olarak verilebilir.

2.2.3 Siparişi Göre Üretim

Az sayıda ürünün üretilmesi söz konusudur. Müşteriler tarafından belirlenen miktar, kalite ve çeşitte ürünlerin üretildiği üretim sistemleridir. Çok çeşitli ürün yelpazesine sahip olan bu üretim sistemlerinde, değişik işlemleri yapabilecek özelliklerde tezgahlar kullanılır. Bu üretim sistemlerinde sürece göre yerleşim söz konusudur. Sipariş tipi ya da diğer ismiyle proje tipi üretim büyük boyutlu ürünlerin üretiminde, tek veya az sayıda ürün üretilir. Günümüzde özel ürünlerin üretimi ve sipariş üzerine üretime geçiş fazlaca yapılmaktadır. Bu tip üretim esnasında yapılacak olan işlemlerde tekrarlama minimum seviye olmalıdır.

2.2.4 Parti Üretimi:

Bu üretim, benzer veya aynı cinsten ürünlerin birbirini izleyen partiler halinde üretildiği ve her partide farklı bir ürünün üretiminin gerçekleştirildiği üretimdir. Parti üretimine göre bir partinin üretimi tamamlandıktan sonra üretim sistemi diğer partinin üretimi için yeniden düzenlenir. Bu üretimde, bir partinin üretimi tamamlanmadan diğerinin ürününe geçilmez. Bu üretimde, siparişe göre üretime göre ürün çeşitliliğinin düşük, işlem tekrarlılığının yüksek olmasından dolayı, üretim maliyetleri daha düşüktür. Konfeksiyon malları üreten işletmeler parti üretimine örnek olarak verilebilir.

2.2.5 Seri Üretim:

Bu üretim, tüm üretim imkanlarının belirli bir ürüne tahsis edildiği, çok büyük miktarlarda üretimin yapılarak ürünlerin tamamının satıldığı üretim sistemleridir. Bu üretim sistemlerinde talebin devamlı olması gerekmektedir. Seri üretimde işlem tekrarlılığının yüksek olması sebebi ile, uzmanlaşma ve kalite seviyesi yüksek, üretim maliyetleri ise düşüktür. Bu üretimde, üretim tesisi üretilecek ürünün işlem basamaklarına uygun olarak düzenlenir. Seri üretim, sürekli seri ve kesikli seri olmak üzere iki ana grup altında sınıflandırılır.

- a) Sürekli seri üretimde, üretilen ürünün yapısı dolayısıyla, ürünün üretim süresi boyunca kendiliğinden akış söz konusudur. Bu üretim şeklinde, işgücünün ürünle olan teması minimum düzeydedir. Çimento üretimi ve bitkisel yağ üretimi sürekli seri üretime örnek olarak gösterilebilir.
- b) Kesikli seri üretimde bir ürün uzun süre büyük miktarlarda üretilir. Fakat istendiği takdirde, üretim sürecinde birtakım değişiklikler yaparak başka bir ürünün üretimine geçilebilir. Örneğin, telefon üretimi yapılan bir hatta, gerekli düzenlemeler yapılarak faks makinası üretimine geçilebilir. Bu durum, sürekli seri üretimde mümkün olmamaktadır.

Kesikli seri üretim sistemleri akış hatları olarak da adlandırılır. Akış hatları, transfer hatları ve montaj hatları olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır.

2.2.5.1 Transfer Hatları

Birbirlerine otomatik taşıma araçları ile bağlanmış büyük ve karmaşık makinalardan meydana gelirler. Ürünler, bu makineler arasında otomatik malzeme taşıma sistemi aracılığıyla hareket ettirilerek işlemleri tamamlanır. Transfer hatlarında tek bir ürün üretileceği gibi, farklı ürünlerin partiler halinde üretimi de yapılabilir.

2.2.5.2 Montaj Hatları

Arka arkaya sıralanmış iş istasyonlarından meydana gelmektedir. Montaj hattında üretilen ürüne ait olan işlemler montaj hattı boyunca sıralanır. Malzemeler, istasyonlar arasında hareket ettirilerek ürün üzerinde gerekli işlemler tamamlanır. Bir montaj hattının sadece bir ürün modelinin üretimi için kullanılması söz konusu olabilir. Bu tip montaj hatlarına Tek Modelli Montaj Hatları adı verilir. Bir ürün modelinin üretimi tamamlandıktan sonra, aynı montaj hattında farklı bir modelin üretimi de gerçekleştirilebilir. Bu tip montaj hatlarına ise çok modellenli montaj hatları denir. Bununla birlikte bir montaj hattı aynı anda birden fazla modelin üretimini gerçekleştirebilecek esnekliğe sahip olabilir. Bu tip montaj hatlarına ise Karışık Modelli Montaj hatları adı verilir. Transfer hatları bu esnekliği sahip değildir.

Her işletme, ürettiği veya üretmeyi planladığı ürünlerin tasarım özelliklerine, bu ürünlerin hayat seyirlerinde bulunduğu aşamaya, üretilmesi planlanan ürün çeşidine ve üretim hacmine göre, bu dört farklı üretim sisteminden en uygun olanını uygulamak ile yükümlüdür[7].

MONTAJ HATLARININ DENGELENMESİ

3.1 Montaj Hatlarının Tanımı ve Tarihçesi

Montaj hatları, bir ürünün birden fazla parça ve bu parçaları oluşturan öğelerin biraraya getirildiği ve bunların üzerinde birtakım işlemlerin yapıldığı yerlerdir. Bir montaj hattının en belirgin özelliği, iş parçalarının bir istasyondan diğer bir istasyona transfer olmasıdır. Montaj hattında bulunan çalışanlar, bir veya birkaç işlem yaparak, hatta girmiş olan yarı ürünlerin hattın sonunda ürün olarak çıkmasını sağlamaktadırlar. 20. yüzyılın ortalarında ortaya atılan “montaj hattı dengelenme” fikri, talebin fazla olduğu ürünlerin en kısa sürede, maksimum verimde, ucuz ve hedeflenen kalitede üretilmesi neticesinde ortaya çıkmıştır [8].

Montaj hattı, ilk kez Henry Ford (1863-1947) tarafından düşünülmüştür. İlk olarak işin verimini ve malların standartlaştırılmasını hedefleyen Henry Ford, bu sistemde, işi mümkün olan çok parçaya ayırıştırıp her parçanın standartlaştırılmasını; ve bu parçaların seri olarak üretimini hedeflemiştir. Bu sistemde, işçilerin becerilerine olan ihtiyacın “yürüyen (akan) bant” kullanılarak azaltılması amaçlanmıştır. Bant üzerinde üretilecek olan ürün, üretim prosesinin ihtiyaç duyduğu işlem sırasına göre dizilmiş makine ve iş istasyonları boyunca hareket etmektedir. Montaj istasyonlarında bulunan işçilere, yalnızca bir kolu çekmek ya da bir pedala basmak düşmektedir. Bunun neticesi olarak yapılan işin bölünmesi ile yapılan işler yapılma sırasına göre dizilir ve üretim sürecinde, iş için gerekli olan parçanın alınması veya makinalar arasında gidip gelme (zaman kaybı)

engellenmiştir. İlk olarak 1913'te yapılan zaman ve hareket etütleri neticesinde, yaklaşık 50 metrelik bir üretim hattında üretim süreci 140 işçi arasında ayrıştırılmış, montajı yapılan şasenin montajı için gerekli olan 12 saat 28 dakikalık süre, 5 saat 50 dakikaya azaltılmıştır. 1914 senesinde mekanik olarak hareket eden hat sayesinde bir diğer ifade ile yürüyen bant üretime entegre olduğunda bu süre 1 saat 30 dakika olmuştur [9].

Montaj hatlarının işletmeler açısından çok sayıda avantajı söz konusudur. Montaj hatlarının avantajları aşağıda sıralanmıştır.

1. Malzemenin düzenli bir şekilde akışı sağlanır.
2. İnsan gücü ve makinaların maksimum kullanılmasını sağlar.
3. Boş süreleri minimize eder.
4. Boş süreler montaj istasyonları arasında düzenli dağıtılır.
5. Üretim maliyetlerini minimum seviyeye getirir.

Montaj hatlarının çok sayıda avantajı olmasına rağmen, dikkat edilmesi gereken önemli hususlar da bulunmaktadır. Montaj hatlarında çalışanlar devamlı aynı işi tekrar etmelerinden ötürü monotonlaşmıştır. Bununla birlikte, talep edilen değişim oranlarıyla üretim sistem verimliliğinin ilişkisi bulunmaktadır.

Bir hat dizayn edilirken ortaya çıkan en büyük sorun, montaj hattındaki iş istasyonlarına dengeli bir şekilde işin verilmesidir. Dengenin sağlanamadığı durumlar, bazı istasyonların diğer istasyonlardan daha fazla iş yükünün olmasına ve çevrim süresinin olması gerekenden daha uzun olmasına neden olur. Bu da verimlilik açısından kayıplara neden olur [10].

3.2 Montaj Hattı ve Tipleri

3.2.1 Genel Bilgi

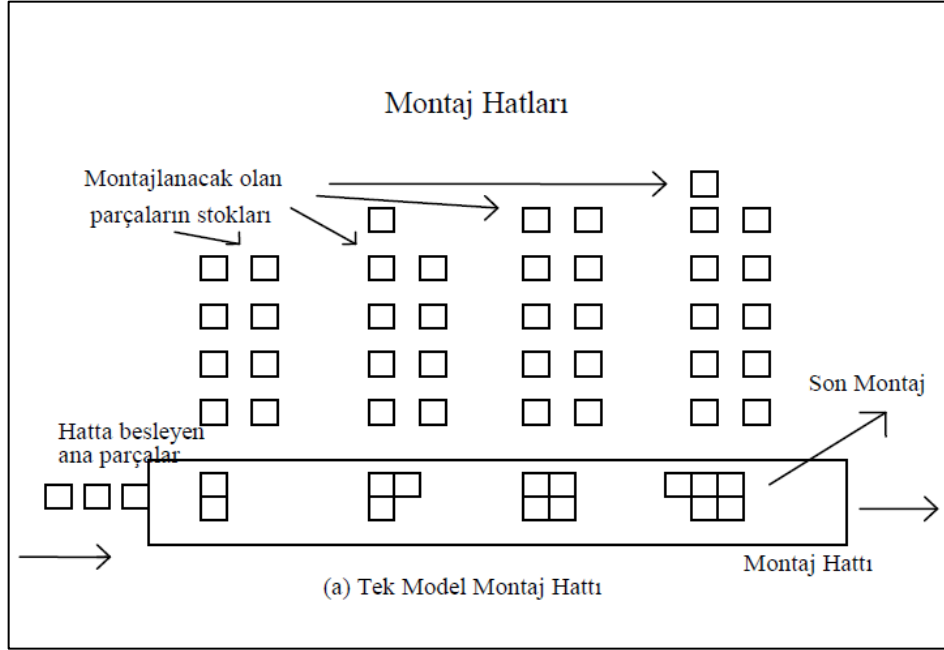
Parça üzerindeki imalat işlemlerinin öncelik sıraları gibi durumlara bakılarak istasyonlar birleştirilir ve bir hat boyunca dizilmeleri sağlanır. Oluşan bu sisteme montaj hattı denilir. Montaj hattında bulunan malzemeler akış hattı boyunca işgücünden faydalanılarak transfer edilir. Kullanılacak olan bütün işgücü iş istasyonlarına sıkı bir şekilde bağlanmıştır ve son işleme gelinceye kadar işlemler bir bir tamamlanır. Montaj hattına giren yarı ürün en son istasyonda tamamlanmış şeklini alır. Kesikli seri üretim hatlarının alt kolu olan montaj hatları endüstri için büyük önem taşır [9].

Üretimde kullanılacak olan ekipmanların kullanım miktarlarının belirlenmesi aşamasında, eldeki zaman değeriyle çıktının standart zaman değeri karşılaştırılır. Fakat bu şekilde bir çözüm şekliyle problemlerin sadece bir kısmı incelenmiş olur. Ele alınması gerekli olan diğer faktörler sistemin sürekliliği, ekipman güvenilirliği ve yatırım sermayesinin kullanımıdır [11].

3.2.2 Üretilen Model Çeşitliliği Açısından Montaj Hatları

3.2.2.1 Tek Modelli Hatlar

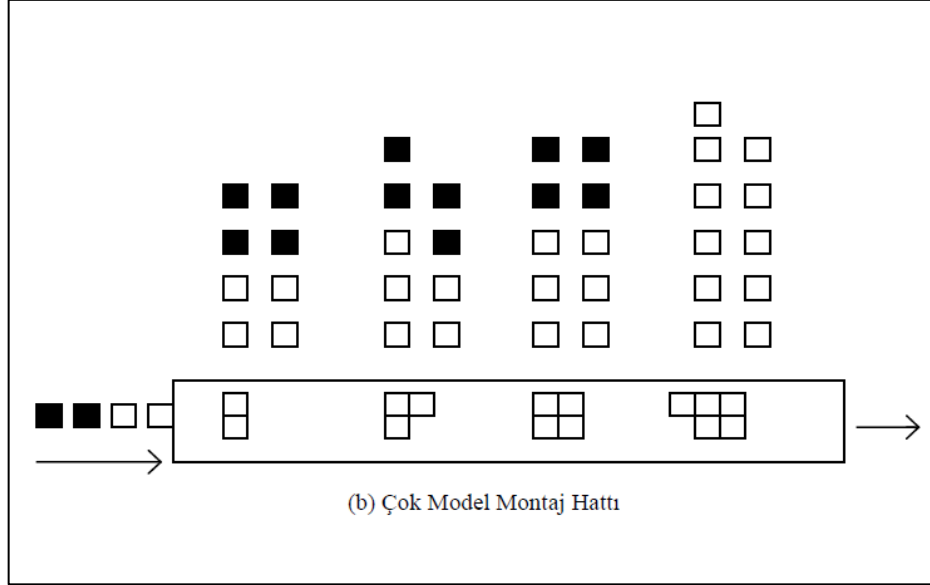
Tek çeşit ürün veya model üretiminde kullanılır. Farklı ürünlerin üretimi için uygun değildir.



Şekil 2.1 Tek modelli hatlar

3.2.2.2 Çok Modelli Hatlar

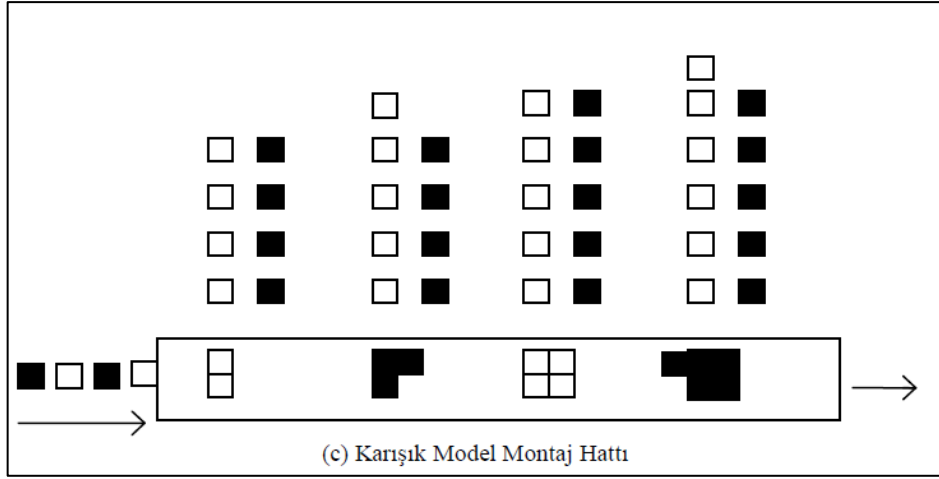
Bu tip hatlarda, farklı ürünler veya bir ürünün iki veya daha fazla benzer tipi ayrı kümeler ile üretilmektedir. Her model, hat üstünde ayrı bir küme oluşturur. Çok modelli montaj hattı eğer kümeler büyük ise tek modelli montaj hatlarına, küçük ise karışık modelli montaj hattına benzemektedir.



Şekil 2.2 Çok modelli hatlar

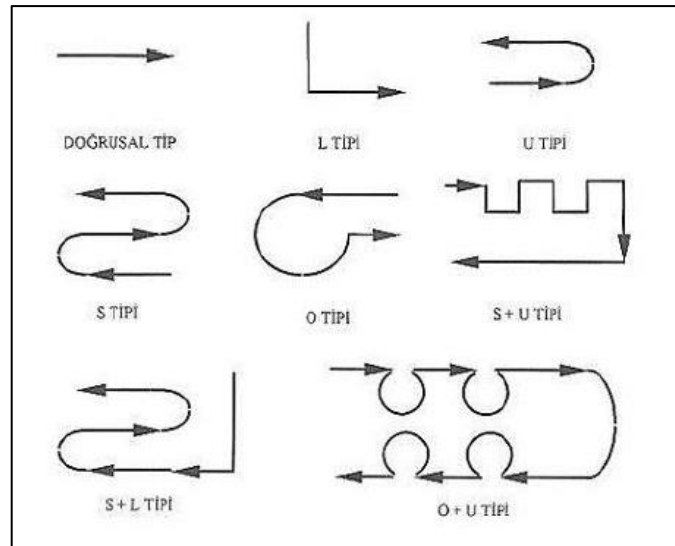
3.2.2.3 Karışık Modelli Hatlar

Bu hatlarda iki veya ikiden daha fazla benzer ürün yada bir ürünün farklı modelleri karışık olarak ve aynı anda üretilmektedir. Bu tip üretimde, teoride büyük miktarlarda bitmiş olan ürün stoklarına ihtiyaç olmaz ve çok modelli hatların tam tersine tüketicinin istekleri sürekli olarak yapılan üretimle sağlanır. Bu hatlardaki en büyük dezavantaj, modellerin özelliklerinden kaynaklanan farklı iş parçalarının üretim esnasında bulunmakta olan boş istasyonlardaki süreler, iş akışlarının eşit olmaması ve bunların yarı bitmiş şekilde bulunan ürün stoklarına sebebiyet vermesidir. Karışık modelli montaj hatlarında karmaşık yapılmış tasarımlar ve işlem problemleri oluşmaktadır.



Şekil 2.3 Karışık modelli hatlar

Hatlarda bulunan iş istasyonlarının yerleşim biçimleri ve mevcut donanımlar, üretim montaj hatlarını etkilemektedir. Bu hattın konumlandığı yer ve imalatı yapılacak ürünlerin spesifik özellikleri, hattın şeklini oluşturur. Montaj hatları düz, yatay, dikey, dairesel, zig-zag, oval, yılankavi, U şekillerde olabilir, ayrıca değişik açılı tasarımlar da yapılabilir. Şekil 2.4’de çeşitli montaj hattı tasarımları görülmektedir [12].



Şekil 2.4 Montaj Hattı Tasarımları

Üretim hatlarının oluşturulmasında ve düzenlenmesinde genellikle doğrusal hatlar seçilir. Çünkü doğrusal hatların sahip olduğu bazı önemli özellikler vardır; bunlar hattın basit ve sistematik olması, içerisinde kolay bir biçimde yerleşim yapılabilmesi, konveyör

sistemlerinin hatta kolaylıkla entegre olabilmesi, düşük maliyet ile uygulanabiliyor olması, hattın köşelerinde genelde karşılaşılan transfer zorluklarının ortadan kalkması gibi özelliklerdir. Ancak sanayide her zaman bu hatları kullanmak mümkün olmamakta, diğer bahsedilen şekillerde hatların da uygulanması zorunlu olabilmektedir. Aşağıda bahsedilen özel durumlarda değişik biçimlerde montaj hatları kullanılmaktadır.

1. Hattın boyu çok uzun ise, mevcut alana sığmamakta ise veya düz hat olarak yerleştirme yapıldığında boşta kalan alanın boyutları çok büyükse, bu gibi durumlarda dairesel şekilde veya U şeklinde hatlar kullanılmaktadır.

2. U şeklindeki montaj hatları yüksek maliyetle üretilmiş bir makinede operatörün birden fazla ve farklı operasyonlar yapması gerekli ise kullanılmaktadır.

3. Bir başka U şeklindeki hat kullanımı ise bir operatörün farklı bir işlem sırasında ve hatta bulunan makinelerden en az ikisiyle çalışmakta ise olur. Bu gibi durumlarda ayrıca yılankavi şeklindeki hatlar da kullanılır.

4. Fabrika üretim tesisindeki alan düz hatta uygun değilse ve dar alanda birbirine bağlı düzenlemeler gerekliyse düz hat hariç diğer uygun biçimdeki hatlar kullanılmaktadır.

5. Elektrik, basınçlı hava, su gibi tesisat bağlantıları, boruları aynı kaynaktan birden daha fazla istasyona yapılacaksa, yılankavi yada U şeklindeki hatlar tercih edilmektedir.

Bunların dışında bir başka sınıflandırma ise fonksiyonel montaj hatları sınıflandırmasıdır. Bunlar üretilecek olan ürünün özelliklerine ve şekil biçimlerine göre seri, paralel, seri+paralel yani bileşik ve besleyici montaj hattı çeşitleri olacak şekilde 4 tipte incelenir. Montaj hatlarının işleyişine göre başka bir sınıflandırmaya şu zamana kadar ihtiyaç duyulmamıştır.

Fakat daha kompleks, büyük çaplı, malzeme çeşidi ve adedi fazla olan karmaşık üretim hatlarında hattın işleyiş özelliklerine göre iki sınıfta gruplama daha mevcuttur. Bunlar hareketli bant hatları ve mekanik olmayan bantlar olarak 2 biçimdedir. Bu hatlar aşağıda incelenecektir.

Mekanik Olmayan Hatlar : Mekanik olmayan hatlarda tüm hat boyunca malzemelerin transferini sağlamak için gerekli bant veya konveyör kullanılmamaktadır. Bu tanıma uyan üretim hatlarında yapılan işlemler genellikle manuel olarak yönetilmektedir. Sanayideki

Üretim tesislerinde bu bahsedilen yöntemi uygulayan montaj hatlarında, istasyonlar arası boş süreler minimuma indirilir. İstasyonların boş kalma ve bloke olması ihtimali ise güvenlik stokları oluşturulması ile bertaraf edilir.

Hareketli Bant Hatları : Hareketli bant hatları kendi içinde ikiye ayrılmaktadır. Bunlar birimlerin banttā alınabildiği ve birimlerin bant üzerinde sabit olduğu hatlardır. Bu tip montaj hatlarında hat boyunca malzeme transferleri ve ürün yer değiştirmeleri konveyör veya hareketli bant sistemleriyle gerçekleştirilir.

Birimlerin Banttā Alınabildiği Hatlar: Birimlerin banttā alınabildiği hatlarda tolerans zamanı tanımı ön plana çıkmakta ve önem arz etmektedir. Tolerans zamanı iş parçasının hattā alınması için gereken süredir ve bu süre iş parçasının o esnada bulunduğu istasyonun ve genel olarak hattın uzunluğunu belirler.

Birimlerin Bant zerinde Sabit Olduğu Hatlar: Birimlerin bant üzerinde sabit olduğu hatlarda iş akışı düzenli, çevrim süresi ise değişken olmaktadır. alışan operatörler/işçiler, operasyonlarını yapabilmek için ellerini/kollarını aşağı yada yukarı uzatmak ve hatta hat üzerindeki parçalar ile birlikte hat üzerinde yürümek zorundadırlar. Bahsedilen durum bu tipte hatların özelliklerden kaynaklanır. İşitsel, görsel sinyaller önemlidir, çünkü bu hatlardaki ünitelerin istasyonlar arasındaki akışı bu şekilde sağlanır [10].

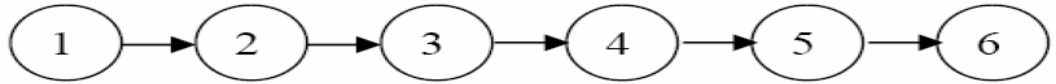
3.2.3 Yerleşim Şekline Göre Montaj Hatları

Üretilcek ürün ve hattın kurulacağı yerin fiziksel yapısı, montaj hattının şeklini belirlemede yardımcı olur. Genelde düz hatlar tercih edilir, ama bazı cihazların birden fazla istasyonda kullanılması, hacmin fiziksel özelliklerinin düz hatta izin vermemesi gibi çeşitli nedenlerden ötürü, farklı biçimlerde hat şekilleri de tercih edilebilir. Fiziksel montaj hatları; düz, dairesel, değişik açılı, U-şekilli ve zig-zag gibi değişik biçimlerde tasarlanabilir [9].

Yerleşim şekline göre montaj hatları düz montaj hatları ve U tipi montaj hatları olmak üzere ikiye ayrılır.

3.2.3.1 Düz Hatlar

Montaj hattı üretim sistemlerinin ilk uygulaması, düz hatlar olarak başlamıştır. Düz hatlarda iş istasyonları birbiri ardına sıralanır. Ürün, ilk istasyonda montaj işlemine başlar ve son istasyonda tamamlanmış olarak hattı terk eder. Şekil 2.5’de düz montaj hattı gösterilmektedir. Düz hatlarda iş akışı daha kolay ve hızlı olmakla beraber çok yer kaplama gibi bir dezavantajı bulunmaktadır.

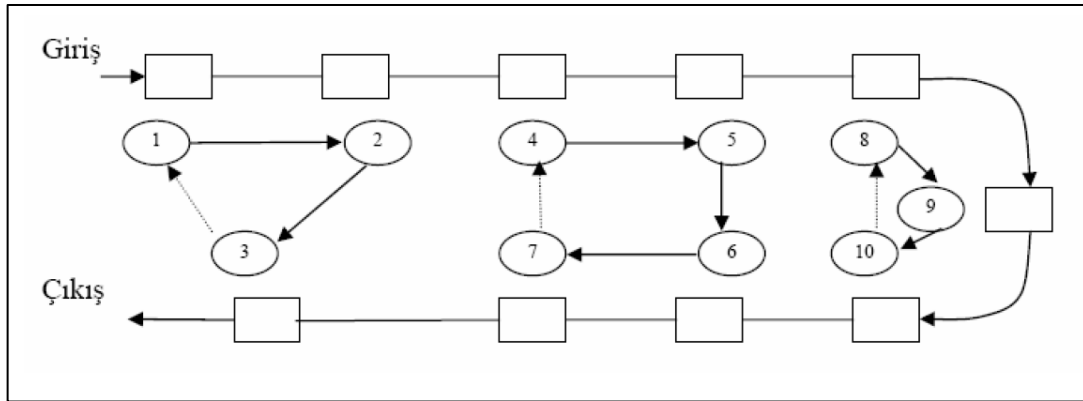


Şekil 2.5 Düz Montaj Hatları

3.2.3.2 U Tipi Hatlar

Bu üretim hatları düz değil U şeklinde yerleştirilmektedir. U tipi yerleşimde hattın giriş ve çıkışı aynı pozisyondadır[9]. U tipi montaj hatları, ilk kez Toyota fabrikasında hayata geçirilmiştir. Firma farklı özelliklere sahip aynı türde çeşitli otomobiller üretmektedir ve talep değişkendir. Bu sebeple, işletmedeki her bir istasyondaki iş yükü sürekli olarak değişmektedir. Talepte meydana gelen değişimlere uyum sağlamak için işletmedeki işçi sayısı esnekliğinin sağlanması, U tipi yerleşim ile gerçekleştirilmiştir. Bu yerleşimde, her

bir işçinin sorumluluğundaki iş sırası kolaylıkla değiştirilebilmektedir. Şekil 2.6’da U tipi hatlar gösterilmektedir. U tipi montaj hatları, Tam Zamanında Üretim (Just In Time) sistemlerinde çoğunlukla tercih edilmektedir [13].



Şekil 2.6 U Tipi Montaj Hatları

U- tipi montaj hatlarının düz montaj hatları ile karşılaştırıldığında avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

1. U-tipi montaj hatlarında çalışan işçiler arasındaki iletişim düz hatlara göre daha kuvvetlidir. Bu sayede oluşabilecek sorunlar karşısında çalışanların işbirliğine daha elverişlidir.
2. U-tipi hatlarda çalışan işçiler çeşitli operasyonları yapabilecek kalifiyededirler.
3. U-tipi montaj hatlarında, talepteki değişikliklere hızlı adapte olabilmek için, çalışan işgücü sayısı kolaylıkla değiştirilebilir.
4. U-tipi montaj hatlarında ihtiyaç duyulan istasyon sayısı, aynı üretim hacmi için düz hatlarda gereken istasyon sayısına eşit veya istasyon sayısından daha azdır [14].

3.3 Montaj Hatlarının Dengelenmesi

Montaj istasyonlarında bulunan işçiler, önlerinden yarı ürün geçerken, kendi mevcut iş yükleriyle beraber bir veya birden çok işlemi gerçekleştirirler . Bu işlemin sonucunda, hatta giren parça ve yarı ürünler, gerekli olan tüm işler yapılmış olarak, hat sonunda ürün durumuna getirilir. Bir veya çok sayıda ürün için yapılacak montaj hattı tasarlandığında; montaj hattındaki iş istasyonlarına ilişkin işlem sürelerinin dengelenmesi problemi oluşur. Burada hedeflenen durum; tasarlanan montaj hattının verimli olarak çalışabilmesi için; üretim süresi içinde her bir çalışana, az ölü zaman bırakılması veya boş süre olmayacak şekilde işlemlerin istasyonlara dağıtılması, yâni varolan kısıtlar altında işlem sayısının çok ve üretim hızının yüksek olmasından ötürü iş istasyonları arasındaki işlem süresi farkları toplamının en aza düşürülmesidir. Bu noktada, sürekli üretim yapan sistemlerin yerleşiminin kurulmasında, hat dengeleme sorunu gözlemlenir. Ürün oluşumu sırasında yapılması gereken işlerin, montaj istasyonlarına, kayıp sürelerin minimum seviyede olacak şekilde atanması durumuna, başka ifade ile iş öğelerinin iş istasyonlarına adreslenmesine, montaj hattı dengeleme (assembly line balancing) veya kısaca hat dengeleme (line balancing) denmektedir.

Montaj hattı dengelenmesi; üretimde temponun artırılması, iyi bir planlama yapılması ve işletmenin ekonomik sorunlarına çözüm sağlamasından dolayı, üretimde önemli rol oynar [10].

3.3.1 Ergonomi ve Montaj Hatlarının Dengelenmesine İlişkin Örnekler

Ergonomi sözcüğü, Yunanca ergo (iş) ve nomi (kural) sözcüklerinin birleşmesinden meydana gelmektedir. İlk olarak ergonomi kelimesi, Wojciech Jastrzebowski tarafından 1857 yılında Polonya’da bir gazetede bahsedilmiştir (Erdem 2000). ABD’de ise ergonomi, “İnsan Faktörü Mühendisliği” olarak tanımlanmakta ve insan performansı ve sistem tasarımına odaklanmaktadır. Avrupa’da ergonomi kavramı iş psikolojisi, biyomekanik ve iş istasyonu tasarımına dayanmaktadır [15].

Sanayide çalışan mühendisler ile yapılan anket sonucuna göre, hat dengelemeye ilişkin oluşturulan amaç ve kısıtların gerçekte yaşanan hayat problemleri için yetersiz kaldığı gözlemlenmiştir. İnsan faktörüne önem veren ergonomik tasarımların, çalışanlar için çözümler sağlaması ve verimlilikte artışı sağlayacağı unutulmamalıdır [16].

Dünyanın önde gelen otomobil üreticilerinden olan Mercedes Benz, yeni üretecekleri motor için oluşturulan montaj hattı çalışma şartlarının iyileştirilmesinin, çalışanlar ve maliyet yönünden yararlı olacağını düşünmüştür ve Stutgard'daki Enstitü ile beraber bir çalışma başlatmıştır. Yeni oluşturulacak sistemin odak noktası insandır ve ergonomik koşullara önem vererek, çalışanlar arasındaki fiziksel farklılıkları ayırt ederek, her iş istasyonunu uygun yükseklik ve yerleşimde dizayn etmiştir. Sonuç olarak, geliştirilen yeni sistem ile firma, eski sisteme kıyasla, yeniden işleme oranlarını minimum seviyeye getirmiş, zaman kayıpları ve gecikmelerde kaydadeğer azalma gözlemlemiştir[17].

3.3.2 Montaj Hatları Dengeleme Problemi (MHDP)

Montaj için gerekli olan işlemler, bu işlemlerim için gereken süre ve işlerin arasındaki öncelik sıralaması belirlenerek, en optimum şekilde istasyonlara verilir [18].

Kullanılmakta olan performans kriterleri, başlıca iki grupta sıralanabilir. Birinci grup, hatta yerleştirilmiş istasyon sayısıdır. İkinci grup ise, istasyonlara verilmiş olan sürelerdir (çevrim zamanı). Birinci grup insangücü maliyetinin minimize edilmesini, ikinci grup ise üretim miktarını maksimum hale getirilmesini amaçlar. Optimize edilen iş gruplarının doğru istasyonlara adreslenmesi kolay değildir[19].

Hattın dengelenmesinde, problemin kaynağını inceleyerek çözüm bulmak gerekir. Yapılan araştırmalarda dikkat edilmesi gereken hususlar :

- 1) İşçi ve istasyon sayısının en aza indirilmesi.
- 2) İstasyonda bulunan iş zamanları toplamının çevrim zamanının altında kalması.
- 3) Aynı istasyona veya işçiye daha çok iş yükü verilmemesi.
- 4) Son durumda dengelemeden sonra çalışan için belirlenen iş yükünün artmaması.
- 5) Tesisin yerleşim kriterlerine uyması.
- 6) İşçiye verilen görevlerde kombinasyonun yapılması.
- 7) Sıralamanın teknolojik kısıtlamalara uygun şekilde yapılması.
- 8) Ortak araç gereçli işlerin aynı istasyona verilmesinin sağlanması. (Bu şekilde yapılırsa, ihtiyaç duyulan malzeme azalacaktır).
- 9) Aynı istasyonlara ortak parçalı işlerin verilmesi.
- 10) Uygun olmayan işlerin farklı iş istasyonlarına verilmesi.

- 11) Birbirine yakın kabiliyetlere ihtiyaç duyulan işlerin aynı istasyona verilmesinin sağlanması.
- 12) İş istasyonlarının kurulumu için gerekli bütçeye uyulması.
- 13) Çalışanın fiziksel koşulları dikkate alınarak iş verilmesi [20].

3.4 Montaj Hat Dengelemesinde Kullanılan Temel Kavramlar

3.4.1 İş Ögesi

İşler belirlenen iş parçalarından oluşur. İş öğeleri, toplam iş için en uygun olan iş parçacıklarının meydana gelir. Üretim Prosesinde iş ögesi(work element) , toplam iş kapsamının bölünmüş halidir.

3.4.2 İş İstasyonu

Montaj hattında çalışanlar tarafından çeşitli iş öğlerinin uygulandıkları bölüme iş istasyonu denmektedir. İstasyonlarda her bir işçinin montaj işlemini gerçekleştirebilmesi için uygun araç ve gereçler bulunmalıdır. Çalışanların hedeflenen çevrim süresinden önce işini tamamlamaları gerekir. [21].

3.4.3 Toplam İş Süresi

Montaj hattında üretilen ürünler için gereken tüm işlerin toplam zamanına toplam iş süresi denir.

N: Montaj hattındaki iş ögesi sayısı

t_i : i no'lu iş öğesinin standart işlem süresi (bir iş ölçümü yöntemiyle belirlenmiş süre) tanımlamaları yapılmıştır. Toplam iş süresi aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

3.4.4 Çevrim Süresi

Çevrim süresi yani İngilizce'de cycle time, operatörün çalıştığı istasyonda kendisine görev olarak tanımlanan işleri bitirebilmesi için gerekli olan süredir.

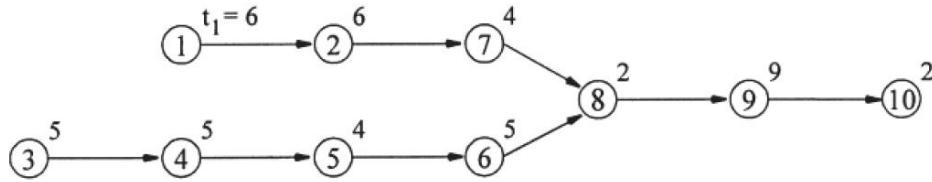
Çevrim süresi; aynı zamanda çevrim süresine, bir parçanın üretimi esnasında istasyondaki operasyonun o süre zarfı içinde yapılmasının zorunlu olduğu maksimum süreye denir [22].

Çevrim süresi ya da kısaca (C) şu şekilde formülüle edilir:

$$C = T \text{ (Kullanılabilir Üretim Süresi) } / \text{ÜS (Üretilmek İstenen Ürün Sayısı)}$$

3.4.5 Öncelik Kısıtları

Bazı belirlenen iş öğelerinin sıralı şekilde yapılması gerekmektedir, belirlenen iş öğelerinin hangi sıra ile uygulanması gerektiği önceden tespit edilebilir. Kesin olmayan bu sıralama Öncelik Diyagramı ile belirtilir. Aşağıda gösterilen şekilde her bir sayı iş öğesini belirtmektedir ve iş öğeleri birbirine ok ile bağlanmıştır. Belirtilen numaraların üzerinde iş öğelerinin işlem süreleri gözükmemektedir. Aşağıda Şekil 2.7.'de 10 iş öğesi için öncelik diyagramı gözükmemektedir.



Şekil 2.7 İş Öğesi için Öncelik Diyagramı Örneği

3.4.6 Gerekli En Az İş İstasyonu Sayısı

Tüm iş öğelerinin çevrim süresini aşmamaları gerekmektedir. Bu durum göz önüne alınarak hesaplama yapıldığında ihtiyaç duyulan en az iş istasyonu sayısı bulunur. Montaj hattında gereken en az iş istasyonu sayısı aşağıda hesaplanmıştır. (n_{enk}) aşağıda toplam formülüyle belirtildiği şekilde bulunur [22].

$$n_{enk} = \left[\sum_{i=1}^N \frac{t_i}{C} \right] +$$

Örnek:

Vardiyada 8 adet ürün üretilmesi istenecek. 430 dakika x 60 saniye = 25800 saniye

Maksimum çevrim (C)= 25800 saniye/ 8 = 3225 saniye=53,75 dakika

$$\sum_{i=1}^N t_i = 116000 \text{ saniye (bizim 1 adet ürün üretebilmemiz için gerekli toplam süre)}$$

116000 / 3225 = 35,96, $\approx$ en az 36 adet istasyon gereklidir.

Çevrim süresinin yarısından daha büyük olan süreye sahip iki işlem aynı iş istasyonuna verilemez. (Örneğin 2 adet istasyon çevrim süreleri max çevrim= 3225 olacak şekilde 1612,5 sn nin altında olursa bu 2 istasyon birleştirilir.) Bu şekildeki iki işlem iki ayrı istasyona verilir. Buna istinaden (n_{olasi}) kısaltma işaretiyle gösterilen gerekli iş istasyonu sayısı tanımı aşağıda gösterilen şekilde bulunmalıdır:

n_{olasi} : Çevrim süresinin yarısından fazla olan iş öge sayısı

Örnek:

116000 saniyelik iş / 36 istasyon = 3222,22 saniye ort. istasyon süresi 36 adet istasyonun süresi herhangi biri max 3225 saniye olacak şekilde 3222,22 saniyedir.

Örneğin: (3225x35) + x=116000 = 3125 sn

Çevrim süresinin yarısından daha fazla süresi olan iş ögesi sayısı= 36 => böylelikle gerekli iş istasyonu sayısı (n_{olasi}) = 36 olur.

Montaj hattının dengelenmesinde ihtiyaç duyulan minimum iş istasyonu sayısı ve değerlerinin en büyüğü şeklinde tanımlanır [23].

$$N_{enaz} = Enb (n_{enk} ; n_{olasi})$$

3.4.7 Ortalama İş İstasyonu Süresi

C^* : Ortalama iş istasyonu süresi

n : Dengeleme sonunda eldeki iş istasyonu sayısı olarak tanımı yapılmaktadır ve bunun için aşağıdaki eşitlik yazılır [24]:

$$C^* = \sum_{i=1}^N \frac{t_i}{n} \quad (n \geq n_{enaz}, C \geq C^*)$$

$$= \sum (n \geq , C \geq) \quad (3.6)$$

Örnek:

36 adet => dengeleme sonucunda elde edilen iş istasyonu sayısı ise =>

Tüm iş öğelerinin ayrı ayrı sürelerinin toplamı / 36 adet istasyon = ortalama iş istasyonu süresini verir. (aritmetik ortalama)

3.4.8 Sıralama Gücü

Öncelik diyagramı içerisinde bulunan öncelik ilişkilerinin bağlı sayısını verir. Yüksek sıralama gücüne sahip problemler karmaşıktır. Sıralama gücünün değeri 0-1 arasında değişmektedir. İş öğeleri arasında tek bir sıra mümkün ise 1, öncelik ilişkisi söz konusu değilse 0 değerini almaktadır.

3.4.9 Esneklik Oranı

Öncelik matrisindeki 0 değerli hücre sayısı ile toplam değer girilmiş hücre sayısının bölünmesi sonucu ortaya çıkar. Bu oran; Esneklik Oranı = $1 - \text{Sıralama Gücü}$ formülü ile bulunur [21].

3.4.10 Denge Kaybı

İş öğelerinin istasyonlar arasındaki denge durumunu gösterir. Denge kaybı bir ürün için gereken süre ile o ürüne özgün toplam süre arasındaki farkın oranlanması ile bulunur. Genelde sıfırdan büyüktür. İşletimler denge kaybının sıfır olmasını hedefler.

$$D (\%) = [(C - C^*) / C] * 100 = [(n * C - \Sigma) / (n * C)] * 100$$

3.4.11 Düzgünlük İndeksi

Düzgünlük indeksi, işlerin istasyonlar arasında düzgün, orantılı dağıtılıp dağıtılmadığını kontrol eder. Düzgünlük indeksinin küçük olması hat dengelemesinin iyi olduğu anlamına gelir. Düzgünlük indeksi aşağıdaki şekilde formülize edilir [25]:

D_i : Düzgünlük indeksi

T_{enb} : İş istasyonu sürelerinin en büyüğü

T_i : i. iş istasyonu süresi

$$D (\%) = [(C-C^*) / C] * 100 = [(n^*C - \Sigma) / (n^*C)] * 100$$

3.4.12 Hat Etkinliği

Dengeleme sonrasında montaj hattında montaj işleminde gereken sürenin ne kadarının efektif bir şekilde kullanılmakta olduğunu göstermektedir .

$$HE (\%) = [\Sigma / (n^*C)] * 100$$

Örnek:

$$HE (\%) = [116000 / (36*3225)] * 100 = \% 99,9$$

3.4.13 Kuramsal Etkinlik

Montaj hattının önceden belirlenen çevrim süresi içerisinde en az sayıda istasyonla dengelenmesi durumundaki etkinliğe denir[4].

$$D (\%) = [(C-C^*) / C] * 100 = [(n^*C - \Sigma) / (n^*C)] * 100$$

FİRMA TANITIMI VE KAIZEN FELSEFESİ İLE ÜRETİM SİSTEMİ

4.1 Mercedes- Benz Türk

Otomarsan ünvanıyla İstanbul'da 1967 yılında kurulan Mercedes-Benz Türk otobüs üretimine, 1968 yılında başlamıştır ve 1986 yılında, Aksaray ilinde kamyon fabrikasını üretime geçirmiştir.

Mercedes-Benz Türk, yoğunlaşan ihracat faaliyetlerini de dikkate alarak Davutpaşa Fabrikasının yanı sıra, İstanbul Hoşdere'de ikinci otobüs fabrikasının temelini 1993 tarihinde atmış olup, Hoşdere Fabrikası'nda 1994 yılında faaliyete geçmiştir.

Mercedes-Benz Türk, bugün Hoşdere Fabrikasında, şehirler arası ve belediye tipi otobüsler, Aksaray Fabrikası'nda ise küçük, hafif, orta ağır ve ağır sınıf kamyon üretiyor.

Şu anda Mercedes-Benz Türk'ün tesisleri; İstanbul; Hoşdere Otobüs Fabrikası, Hadımköy Pazarlama Merkezi ve Genel Müdürlük, Aksaray; Kamyon Fabrikası'ndan oluşmaktadır.

4.1.2 Hoşdere Fabrikası



Şekil 4.1: Mercedes-Benz Türk Hoşdere Fabrikası

Hoşdere Tesisleri toplam 326.025 m²'lik bir arazi üzerinde 133.000 m² kapalı alana sahiptir. Klasik bant üretiminin yerine akan bant üretiminin uygulandığı bu fabrikada aynı anda farklı modellerin üretilmesinde sağlanan esnekliğin yanı sıra üretimde bekleme zamanları asgariye indirilebilmektedir.

Hoşdere Fabrikası'nda üretim akışının kesintisiz devam ettiği temel üretim birimleri;

- Parça/Karoseri üretimi
- KTL Tesisi ve Boyahane
- Montaj, olarak sınıflandırılır.

Ayrıca;

- Koltuk üretimi
- Finiş birimleri üretimin montaj aşamasına katkıda bulunan diğer harici birimlerdir.

4.1.3 Otobüs Tipleri

Travego

Mercedes-Benz'in en çok bilinen otobüs tipi olan O403'ün üretimi artık yapılmamaktadır. O403 yerine geliştirilen Travego modelini, O403'ten daha gelişmiş kılan iki önemli özelliği; 6 silindirli motor yerine V-8 tip motorun kullanılması ve Travego'nun 3 akslı olmasıdır. Travego şehirlerarası uzun mesafe yolcu taşımacılığında kullanılan ve yüksek tavanlı olarak sınıflandırılan otobüs tipidir.

Tourismo/ Intouro

Yine şehirlerarası yolcu taşımacılığında kullanılan ve yüksek tavanlı sınıfa dahil olan diğer otobüs tipleridir.

Setra Low-Entry

Şehirlerarası yolcu taşımacılığında kullanılan ve alçak tavanlı ön tarafı Intouro görünümünde olan otobüs tipleridir.

Conecto

Genellikle şehir içi yolcu taşımacılığında kullanılan ve belediye tipi otobüsler olarak da bilinen, alçak tavanlı olarak sınıflandırılan otobüs tipidir. Conecto'nun körüklü tipi de bulunmaktadır.

Conecto NGC

Şehir içi doğalgaz ile çalışan otobüslerdir. Yakıt Sisteminde diesel yerine doğalgaz kullanılmaktadır.

4.1.4 Montaj Holü

Montaj hattında üretimin akıcı ve verimli yapılabilmesi için “akan band montaj düzeni” nin kullanımına gidilmiştir. Montaj hattı yerleşim tipi U Tipi şeklindedir, orta kısımlarda ön hazırlık istasyonları bulunup montaj için gerekli hazırlıklar bu ön hazırlık istasyonlarında gerçekleştirilir. Araçlar istasyonlar arasında belirli bir düzen ve sırayla önceden belirlenmiş “takt” zamanına göre ilerlemektedir.

Montaj boyunca tekrarlanabilir yüksek üretim kalitesi için imalat operasyon sıraları ve süreleri optimum şekilde tespit edilir. Yüksek verimlilik, ekonomiklik, işçi sağlığı ve iş güvenliği ile ergonomik çalışma şartlarının oluşması sağlanır.

Yeni tip araçlarda seri üretime geçişin ve mevcut araçlarda meydana gelen konstrüksiyon değişikliklerinin önceden belirlenen terminlerde gerçekleştirilmesi sağlanır.

Montaj bölümü 4 kısıma ayrılmıştır. Bu kısımlar:

- Montaj 1
- Montaj 2
- Montaj 3
- Montaj 4 kısımlarıdır.

Montaj hattında, araca ait tüm hareketli aksam, mekanik ve elektriksel donanımlar ile iç süslemeler monte edilir. Araç başı set sevkiyatı uygulanarak araca özel parçalar, montaj noktasına ulaştırılır, müşteri özel istekleri de bu kapsamda göz önünde bulundurulur.

Araç istasyonlar boyunca montaj holünü kat ederken ısıtma, soğutma, yakıt borulandırması, yan, ön, arka camları, kliması, motoru, koltukları, aksı ve diğer dahili parçaları monte edilir.

Montaj 1

Kablo demetleri hazırlığı, klima ünitesi montajı, orta paket ön hazırlık ve montajı, ısıtma-soğutma- yakıt borularının döşenmesi ve ön hazırlık gibi işlemler Montaj 1. kısımda yapılmaktadır.

Montaj 2

Montaj 2. kısımda yapılan en önemli iş motor ve yürüyen aksamın montajıdır. Bu işlemlerin daha az kas kuvveti ve hatayla yapılması için motor montaj düzeneği ,uzaktan kumandalı aks transport araçları, bijon sıkma tertibatı gibi yüksek teknoloji ürünü makinalar kullanılmaktadır.

Montaj 3

Aracın yan camlarının montajı, hava kanallarının montajı, okuma ünitesi ön hazırlığı ve montajı, torpido ön hazırlık ve montajı, aracın iç halı kaplamalarının ön hazırlığı ve montajı vb. işlemler montaj 3. kısımda yapılmaktadır.

Montaj 4

Montaj 4. kısımda koltukların montajı ve sonrasında ön cam montajı gerçekleştirilir. Parametreleme istasyonu montaj 4. kısımda bulunur. Klima test, ön düzen ayarı, toplama vb. istasyonlar da bu kısımda bulunur.

4.2 Mercedes Benz Türk'te Kaizen

Mercedes-Benz Türk A.Ş. Kaizen'i temel üretim felsefelerinden biri olarak benimsemiştir. Bu doğrultuda çalışan Kaizen birimi periyodik olarak Kaizen çalıştayları düzenlemekte, imalat sahası içerisinde sürekli iyileştirilmeler yapılmakta, birim yöneticileri bu konuda eğitilmekte ve yönlendirilmektedir.

4.3 Kaizenin Tanımı

Kökeni Japoncadan gelen Kaizen kelimesi “değişim” anlamına gelen “Kaï” ve daha iyi anlamına gelen “Zen” kelimelerinden meydana gelmiştir ve bir yalın üretim geliştirme yaklaşımıdır [28]. Felsefesi “sürekli iyileştirme” olan Kaizen’in uygulabilmesi için büyük yatırım gerekmez, Kaizen sürekli bir çaba ve işe adanmış olmayı gerektirir. Sonuçların iyi olması proseslerin iyileştirilmesine bağlıdır, Kaizen prosese öncelik veren bir yönetim tarzını hedefler[26].

Kaizen uygulamasının ön koşulundan biri sorunların gizlenmemesidir. Soruna yönelik çözüm bulmak için farklı uzmanlık alanlarından bir Kaizen ekip oluşturulur. Sorunlara geçici çözüm bulmaktan ziyade sorunun bir daha tekrarlanmaması için kalıcı çözüm hedeflenir. Kaizen’in amacı geçici önlemler ile o güne yönelik çözüm bulmak değildir, kalıcı çözümler ile sorunu tamamen ortadan kaldırmaktır. Aksi halde, sorun tekrardan ortaya çıkacaktır [27].

İyileştirme için gerekli temel öge, iyileştirmeye olan gereksinimin farkına varılmasıdır. Bu gereksinim, problemin fark edilmesiyle ortaya çıkar. Problem, bir kez fark edildikten sonra çözülme aşamasına gelmelidir. Bu durumda Kaizen’den yararlanılır, çünkü Kaizen aynı zamanda bir problem çözme tekniğidir. Problemin çözümünde ulaşılan yeterlilik ve iyileştirme düzeyi sürekli olarak geliştirilmelidir ve bu iyileştirmeler, kaliteyi süreklileştirmek için standartlaştırılmalıdır. Çünkü Kaizen problem çözmenin yanında standartlaştırmayı da hedefler.

4.4 Kaizen’in Uygulanması

Kaizen uygulamaları, sürekli küçük iyileştirmeler oldukları için karışık bir uygulama değildir. Kalite kontrol uygulamasının yedi temel aracı gibi (pareto diyagramları, sebep-sonuç diyagramları, histogramlar, kontrol noktaları, serpm diyagramları, grafikler ve kontrol tabloları) basit tekniklerle Kaizen uygulamalarını gerçekleştirmek mümkündür [26]. Kaizen uygulamaları hızlı (yaklaşık olarak 3 - 5 gün) ve düşük maliyetlidir. Başarılı bir Kaizen uygulamasının üretim verimliliğini arttırdığı (%300 - 400), hazırlık süresini ve hataları azalttığı (%95) tespit edilmiştir. Kaizen kayıpların ortadan kaldırılması ve kalitenin iyileştirilmesi ilkeleri üzerine kurulmuştur. Kaizen iş kazalarını, üretim hatalarını ve işlem kayıplarını, aşırı üretimi ve stok oluşumunu, taşıma, işçi ve ürün hareketleri ve

boşa geçen zamanları elimine ederek; iş güvenliğini, kaliteyi, imalat hızını artırır ve imalat yöntemini iyileştirir [28].

Proje kapsamında Kaizen uygulamasında kullanılan bazı araçlar [28]:

1. İş ve Zaman Etüdü Çalışması
2. Mevcut Yerleşim Planı
3. Mevcut Durumun Spagetti Diyagramı

4.5 İş ve Zaman Etüdü Çalışması

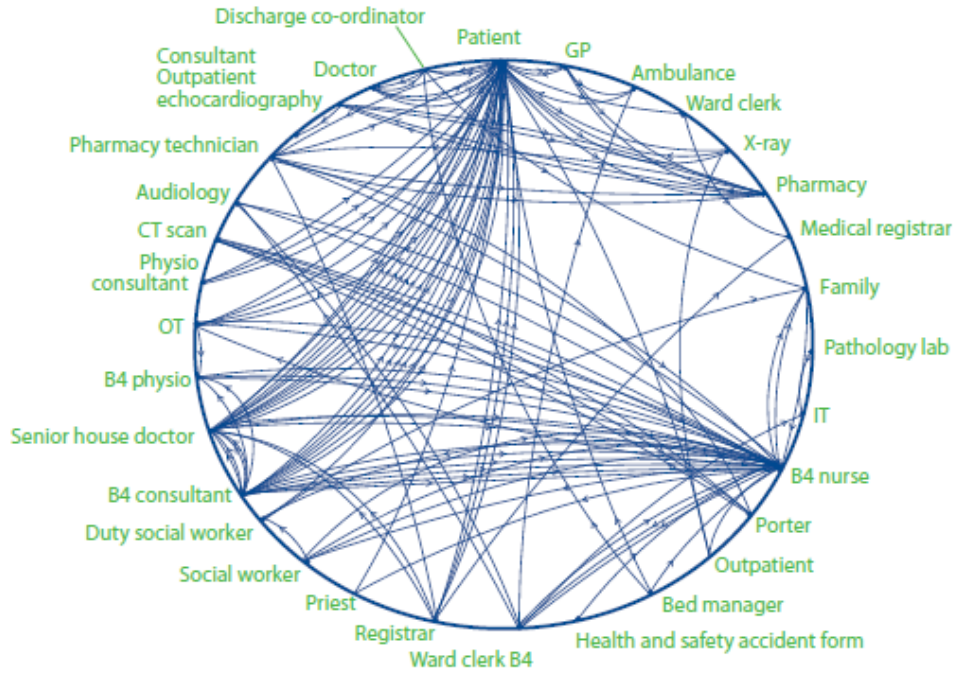
İlk olarak amaç belirlenip, takım elemanları eğitildikten sonra atılması gereken ilk adım iş etüdü çalışmasıdır. Her eleman farklı bir istasyondaki işlem süresini ölçmek için görevlendirilir. Her operasyonun ortalama işlem süresini bulmak için birkaç defa zaman ölçümü tekrarlanır.

4.6 Mevcut Yerleşim Planı

Fabrika yerleşim planı, üretim tesisindeki tüm donanımı; tezgahları, makineleri ve tüm ekipmanları gösterir. Yerleşim planı ile tesisteki üretim akışının net olarak görülmesi mümkün olur ve olası verimsiz yerleşimler iyileştirmeler ile düzeltilebilir. Aksi takdirde verimsiz üretim, aşırı maliyet ve enerji kaybı, çalışan performansında düşüşler, stok yığılması gibi pek çok dezavantajlara neden olur. Çok küçük iyileştirmeler dahi verimlilik ve maliyet açısından büyük yararlar sağlar. Kaizen uygulanacak çalışma mahalli tüm ayrıntısına kadar tek boyutlu bir şekilde üstten görünümü olarak çizilir. Çalışan, yerleşik bir üretim tesisinde sonradan yerleşim planını değiştirmek yüksek maliyetli olacağından, en doğrusu tesis ilk kurulurken verimli bir yerleşim yapmaktır [29].

4.7 Mevcut Durumun Spagetti Diyagramı

Spagetti diyagramı, üretim hattındaki operatörlerin çalışma esnasında nasıl ve ne kadar hareket ettiklerini anlamak için kullanılan bir diyagramdır. Hareket mesafeleri metre olarak ölçülendirilir ve lay-out üzerine yazılır. Her iş için bir çizgi çizilmesi ve çizgilerin farklı renklerde olması karışıklık olmaması için istenir.



Şekil 4.2 Örnek Spagetti Diyagramı: Bolton Hastanesi Pataloji Departmanı

4.8 Kaizen'in Hedefleri

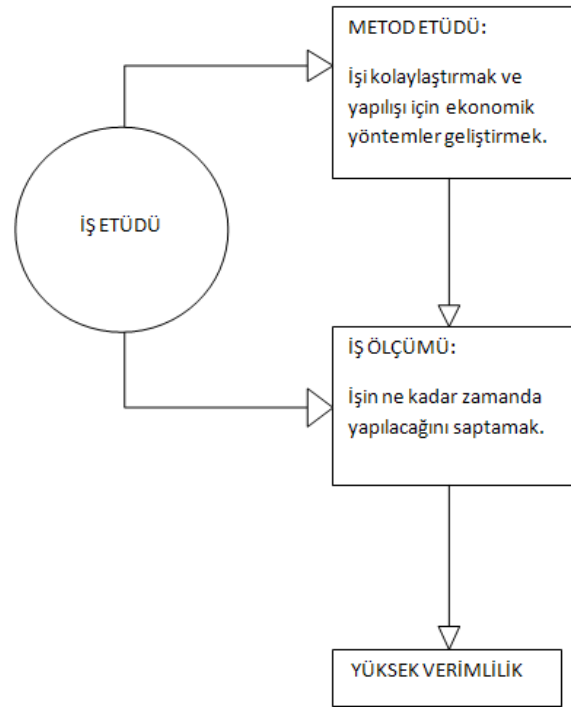
Kaizen felsefesinin en temel hedeflerinden biri israfı önleyerek verimliliği arttırmaktır. Verimliliği arttırmak kaliteye ulaşmada önemli bir kilometre taşıdır. Teknoloji ve ekipmanları uygun şekilde kullanarak çalışanların fiziksel iş yükünü azaltmak, stok oluşumunun önüne geçmek ve stoku mümkün olan en az seviyede tutmak ve takım çalışması ve işbirliği temelinde çalışanların sürekli iyileştirme döngüsüne katkıda bulunmalarını sağlamaktır[26].

İŞ ve ZAMAN ETÜDÜ

5.1 İŞ ETÜDÜ

İngiliz standartları sözlüğüne göre iş etüdü, önceden belirlenmiş bir işi ekonomik ve etkenlik yönünden etkili olan kaynakları inceleyen bir tekniktir[30].

İş etüdü temel olarak iki teknikten oluşur. Bunlar; metod etüdü ve iş ölçümü teknikleridir.



Şekil 5.1: İş Etüdü

İngiliz Metod standartları sözlüğüne göre metod etüdü, daha kolay ve daha etkili yöntemleri geliştirmeyi, uygulamayı ve maliyetleri düşürmeyi hedefler ve işin yapılması için önerilen yolları eleştirerek inceler [30].

5.2 İş Ölçümü

İngiliz standartları sözlüğüne göre iş ölçümü, kalifiye bir işçinin, belirli bir işi, belirli bir çalışma hızıyla (performansı) yapması için gereken zamanı tespit etmek amacıyla geliştirilmiş tekniklerin uygulamasıdır [30].

İş ölçüm metotları aşağıdaki gibi dört ana başlıkta toplanabilir [31]:

- Geçmiş verilerden faydalanma
- Zaman etüdü
- Önceden saptanmış hareket- zaman sistemleri
- İş örnekleme

5.3 Geçmiş Verilerden Faydalanma

Bir iş adımının tamamlanması için ne kadar işçilik süresinin gerektiği, o işin daha önce yapılmış örneklerinin sürelerine bakılarak saptanabilir. Bu yöntemin avantajı kolay ve ucuz olmasıdır. Verileri daha önceki üretim kayıtlarından elde etmek kolaydır ancak, bu yöntemin gerekli nesnelliği ve kesinliği sağlayamaması dezavantajını oluşturur. Bunun yerine zaman etüdü, önceden saptanmış hareket-zaman sistemleri metodu veya iş örnekleme metodu daha tercih edilebilir olmalıdır [31].

5.4 Zaman Etüdü

Klasik zaman etüdü metodu, Frederick W. Taylor tarafından 1881 yılında geliştirilmiş olup, günümüzde de yaygın olarak kullanılan bir metottur [33]. Bu metod, belirli koşullar altında yapılan belirli bir işin öğelerinin zamanını ve derecesini kaydederek ve bu yolla toplanan dataları inceleyerek, o iş için belirlenen bir çalışma hızında (performansta) yapılabilmesi için gereken zamanı tespit etmekte kullanılan bir iş ölçme metodudur [32].

Zaman ölçüm prosesi, işin bölümlere ayrılarak çalışanın o işi gerçekleştirme süresinin, işin standart zamanını belirlemek amacıyla, kronometre ile tespit edilmesini içerir. Proses süresince takip edilmesi gereken adımlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Etüt edilecek işin tanımlanması
2. İşin adımlara bölünmesi (belirlenen iş öğelerinin birkaç saniyeyi geçmeyecek şekilde olması tercih edilmelidir.)
3. Yapılacak ölçüm sayısının belirlenmesi
4. İş öğelerinin kronometre ile zaman ölçümünün yapılıp kaydedilmesi ve her iş öğesi için temponun belirlenmesi
5. Gözlemlenen ortalama çevrim süresinin hesaplanması. Gözlemlenen ortalama çevrim süresi, her iş öğesi için ölçülen zamanların aritmetik ortalamasının alınmasıyla hesaplanır. Her bir iş öğesi süresinin birkaç ölçüm yapılarak ortalamasının alınması, iş süresine etki eden beklenmedik unsurların minimize edilerek gerçek süreye ulaşılmasını hedefler.

$$\text{Gözlemlenen ortalama çevrim süresi} = \frac{\text{her iş için kaydedilen zamanların toplamı}}{\text{gözlemlenen çevrim sayısı}}$$

(3.1)

6. Temponun belirlenerek her iş öğesi için normal zamanın belirlenmesi

$$\text{Normal zaman} = \text{gözlemlenen ortalama çevrim süresi} \times \text{tempo} \quad (3.2)$$

Tempo

Tempo faktörü, işçi performansını derecelendiren bir faktördür. Örneğin; temponun 1.05 olması çalışanın normal performansının üzerinde bir performans sergilediğini ifade eder. Tempo faktörü gözlemleyicinin yapacağı değerlendirmeyeyle belirlenir.

7. Toplam normal zamanın hesaplanması.
8. Payların ve Standart Zamanın Belirlenmesi.

Pay faktörünün belirlenmesi

Bir işçinin fiziki durumu iyi bir performans sürdürmesine uygun olsa bile, bütün gün sürekli olarak herhangi bir sebepten dolayı üretimini durdurmadan çalışması mümkün değildir. İşçinin kişisel ihtiyaçları, önemsiz arızalar ve tahmin edilemeyen diğer faktörler işçinin performansını etkileyecektir. Bu tür faktörlerin de işin standart zamanının bulunabilmesi için normal zamana eklenmesi gerekir [34]. Paylar; kişisel paylar, yorgunluk payları ve gecikme payları olarak üç başlıkta incelenir.

Kişisel Paylar

Bu grupta işçinin su içmek, lavaboya gitmek gibi doğal ihtiyaçları göz önünde bulundurulur. İş yerindeki çalışma şartları veya işin türü ayrılması gereken payı etkileyecektir. Dökümhane veya kaynakhane gibi yüksek ısı derecelerinde yapılan ağır işler normal ısı derecelerinde yapılan hafif işlere kıyasla daha fazla kişisel zamanın ayrılmasını gerektirir [33]. Bununla birlikte kişisel pay faktörü standart bir çalışma koşulu için ihtiyaç noktalarının yakınlığına bağlı olarak %4 - %7 arasında bir değer olarak seçilir[31].

Yorgunluk Payları

Kişisel ihtiyaçlarla yakından ilgili başka bir faktör de yorgunluk payıdır. Yorgunluk sonucu işçinin üretimi düşer. Yorgunluk olarak belirtilebilecek unsurlar çalışma şartlarına, işin özelliğine ve işlerin uzunluğuna göre farklılık gösterecektir. İş yerinde ağır işler tamamen ortadan kaldırılmış ise yorgunluğa bir pay ayrılması ihtiyacı ortadan kalkabilir. Ancak işçinin kas gücünü kullanması veya aynı kas grubuyla yapılan işi sürekli olarak tekrarlaması söz konusu ise yorgunluk faktörünün göz önünde bulundurulması gerekir.

Yorgunluğun temel faktörleri şu şekilde sıralanabilir:

- Çalışma şartları; ıslık, nem, temiz hava, odanın rengi ve çevre, gürültü
- İşin tekrarlanması; vücut hareketlerinin monotonluğu, bazı kaslar çalıştırmaktan doğan kas yorgunluğu
- İşçinin fiziki ve zihni genel sağlık durumu; fiziki yapı, beslenme, duygusal istikrarlılık

Gecikme Payları

Gecikmeler önlenebilenler ve önlenemeyenler olarak ikiye ayrılır. İşçinin bilerek yol açtığı gecikmeler zaman standartlarına dahil edilmez. Önlenemeyen gecikmeler ise işçinin arzusu dışında meydana gelen gecikmelerdir. Önlenemeyen gecikmeler arasında ustabaşının, gözetimcinin, zaman etütçüsünün ve diğer görevlilerinin müdahaleleri yer alır. Ayrıca materyallerin düzensiz akışı ve spesifikasyonlara uymaması vb. sebepler de bu gruba girer [34].

Çeşitli iş tipleri için bazı pay faktörleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.1 Değişik İş Tipleri İçin Dinlenme Payları (Yüzde Değerler)

		Pay Faktörü %
Sabit Paylar	Kişisel Paylar	5
	Temel Yorgunluk Payları	4
Değişken Paylar	Ayakta durma yorgunluk payı	2
	Sıra dışı duruş yorgunlukları	
	• Eğilme	2
	• Uzanma ya da esneme	7
	Kaldırma, itme ya da çekme işlemlerinde kas gücünün kullanılması (Ağırlık tipine göre)	
	• 20kg.	3
	• 30kg.	9
	• 40kg.	17

Standart Zaman

Pay faktörü belirlenerek standart zaman aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$\text{standart zaman} = \frac{\text{toplaml normal zaman}}{1-\text{pay faktörü}} \quad (3.3)$$

5.5 Önceden Saptanmış Hareket- Zaman Standartları (PTS)

Önceden saptanmış zaman standardı, temel beden hareketleri için hesaplanmış zamanlardan (bunlar hareketin doğal özelliğine ve yapıldığı andaki koşullara göre sınıflandırılmıştır) yararlanarak belli bir performans düzeyinde yapılan bir işin zamanının saptanmasında kullanılan bir iş ölçme tekniğidir. Önceden saptanmış zaman standardı tekniklerinden en çok kullanılanı yöntem zaman ölçümü (MTM) tekniğidir [31].

5.6 İş Örneklemesi

İş örneklemesi, belli bir işin oluş yüzdesini istatistiki örnekleme ve rastgele incelemeler sonucunda tespit eder [31]. Örneklemesi işlemi temelde olasılık kuramına dayanır. İş örneklemesi sıklıkla kullanılan basit bir tekniktir ancak çoğunlukla aynı türden işlerin çok sayıda tekrar ettiği prosesler için uygundur.

BORU İMALAT ÖN HAZIRLIK İSTASYON İŞ AKIŞI

6.1 Boru İmalat Ön montaj Hazırlık Alanı

Montaj holünde, akan bant sistemi uygulanmaktadır ve bantlar iki otobüsün yan yana durduğu montaj istasyonlarından oluşmaktadır. Otobüsler her takt zamanının sonunda ördek yürüyüşü şeklinde ilerlemektedir. Yani bir taktta bir otobüs bir sonraki istasyona geçerken, bir sonraki taktta yanındaki otobüs bir sonraki istasyona geçmektedir. Orta Paket borularının döşendiği istasyon 0, soğutma hattı borularının döşendiği istasyon 3-4, yağ ve ısıtma borularının döşendiği istasyonda 7. ve 8. istasyonlardır. Ön hazırlık alanında istasyona borular istasyona hazır hale getirilir. Ön hazırlık istasyonunda borular hazır hale getirilmezse bant içerisinde boruların bağlanacağı üniteleri de monte edemeyebiliriz ve banttıan aracın çalışmadan çıkmasına sebebiyet verebilir. Bir Otobüste bulunan başlıca boru tipleri

- Isıtma Boruları
- Klima Gaz Boruları
- Yağ ve Basınç Boruları'dır.

Isıtma borularının hammaddesi Pirinç "Ms" ve "Alü", soğutma hattı borularının hammaddesi "Cu", yağ borularının hammaddesi ise Nirostadır.

6.2 Mevcut Yerleşim Düzeni

Mevcut durumda boru imalat ön hazırlık isyasyonu 900 m² lik bir alan kaplamakta olup mahallin bir kısmı Alüminyum boru imalat alanı, Pirinç, bakır, Nirosta boru imalat alanı ve polyamid imalat alanı hazırlığı için ayrılmıştır. Proje kapsamında, mevcut yerleşim planında ve yeni durumun yerleşim planında bahsedilen kısım aynı şekilde yer alacaktır.

Mahalde, 3 adet boru bükme makinası, 2 adet daire testere, 1 adet Alüminyum boruların kesimi için testere, 3 adet çoklu kordon makinası, 1 adet boru uç şekillendirme makinası, 1 adet polyamid kesme makinası, 3 boyutlu boru ölçüm cihazı yer almaktadır. Bununla birlikte mahallin orta kısmına dağılmış olan tekerlekli boru içi arabalar ve montaj istasyonlarına gönderilen boru set arabaları yer almaktadır. Kesim ve bükümden çıkan tüm borular hazırlık işlemleri için bu arabalara dağıtılmaktadır.

Alüminyum boru ön hazırlık alanı korozyon ve çapak girişimini engellemek amacı ile diğer ön hazırlık alanlarında ayrılmıştır. Alüminyum hammaddesinin özelliğinden dolayı kalıpları ve hammadde taşıma araçları özel kalıp ile kaplanmıştır.

Mahallin duvar kenarı kısmında birime ait olan kalıp dolapları, izolasyon rafları, bilgisayar, çalışma masası gibi ekipmanlar bulunmaktadır.

6.3 Mevcut İş Adımları

Boru hammadeleri her otobüs için 6 metrelik hammaddeler halinde gelmektedir. Bir pakette otobüs tipine göre değişebilen Pirinç, bakır , Nirosta(paslanmaz çelik) ve Alüminyum borular bulunmaktadır. 6 metrelik hammadde olarak tedarikçiden temin edilen borular ilk olarak optimizasyon programı hesaplanarak etiket çıktısı ile barcode ile otomatik olarak kesilir. İleride bu optimizasyon programını yakından inceleyeceğiz. Kesim işleminden sonra boruların ucunda olan çapaklar çapak alma makinası ile temizlenir ve hava tabancası ile hava tutulur. Boru bükme makinalarına boruların çapaklı gitmemesi için boru içlerini temizlemek amacı ile hava tutulur. Bükümü olan borular hava ile temizlendikten sonra boru bükme makinalarına gönderilir.



Şekil 6.1 Boru Bükme Makinası

Düz olan borular, testereden sonra uç rekor, uç şekil, kordon ve sert lehim gerektiren durumlarda sert lehim alanına gönderilir. Büküm işlemi gerçekleştirilen boruların son kesim işlemi gerçekleştirilir. Son kesimden sonra bükümlü olan borularda düz olan borularda olduğu şekilde uç rekor, uç şekil, kordon işlemleri gerçekleştirilir.



Şekil 6.2 Çapak Alma Makinası

Uç şekilendirme işlemi tamamlanan borular delik delme prosesine tabi tutulur. Delik delme işleminden sonra diğer boru bağlantılarının yapılabilmesi için sert lehim alanına gönderilir. Lehim olarak Oksiasetilen ve İndüksiyon lehim kullanılır. Yakıt Borularında uç kısmında rekorlu bağlantısı olduğundan dolayı indüksiyon kaynağı ile yapılır. İndüksiyon kaynağının en büyük avantajı operatörden bağımsız olarak indüksiyon makinası ile yapılmasıdır. Lehim dolgusu boru çevresine homojen şekilde dağılır. Yakıt boruları için özel vakum cihazı ile kaçak testine tabi tutulur. Bakır ve Pirinç borular Oksiasetilen kaynağı ile lehim yapılır. Lehim gerçekleştirilen bakır ve pirinç borulara kaydırıcı malzeme sürülerek izolasyon döşenmesi kolaylaştırılır. İzolasyondan önce malafa ile bükülen boruların içleri yağlı olduğu için özel

60C ° ısıtılmış özel kimyasal havuzunda temizlenir. Yağsız olan boru içleri de özel sünger atma tabancası ile temizlenir. Özel doğalgaz ile çalışan araçlarda boruların rekor uçları hassas olduğundan dolayı büyüteç ile bağlantı noktaları çizik bakımından kontrol edilir ve özel rekorlama ile rekorlanır.



Şekil 6.3 Boru Set Araçları

6.4 Alüminyum Boru Üretim Alanı:

Alüminyum boru üretim alanı korozyon oluşumunu engellemek amacı ile diğer boru imalat alanlarından ayrılmıştır. Alüminyum borularda sert lehim ve indüksiyon lehim işlemi gerçekleştirilmez. Boru uçlarına diğer bakır, pirinç ve nirosta borularda yaptığımız şekilde uç şekillendirme ve kordon işlemlerini gerçekleştirilir. Alüminyum üretim alanında 2 adet çoklu kordon makinası mevcuttur.



Şekil 6.4 Alüminyum Çoklu Kordon Makinası

6.5 Prototip olan boruların kontrol edilmesi ve ölçülmesi:

Geliştirme departmanından borular için serbest bırakılmamış boru dataları paylaşılır. Boru dataları boru bükme makinasına kaydedilir ve teknik resme göre borular bükülür. Bükümü yapılan borular, 3 boyutlu ölçüm cihazında ölçülür ve hatalar düzeltilerek büküm makinalarında kaydedilir. Düzeltilmiş olan boru datası ile boru bir kez daha boru bükme makinasında üretilir ve yeniden 3 boyutlu ölçüm cihazında karşılaştırmalı ölçüm yapılır, boru tolerans değerleri içerisinde olana kadar bu döngü yapılır, tolerans değerleri içerisinde olduğunda seri üretim için hazır hale gelmiş demektir.

OPTİMİZASYON PROGRAM ANALİZİ

7.1 Projede Araştırılacak Problemin Tespiti ve Projenin Amacı

Boru imalat ön hazırlık alanında boru kesiminin manuel olarak yapılması, büküm makinalarının çevrim süresini tamamlayamayacak şekilde tam kapasitede kullanımı ve fire miktarının çok olması sebebi ile bir optimizasyon programı geliştirilmiştir. Bu program ile araçta geçen borular belli bir hesaplama mantığı ile araca bağlı ısıtma, soğutma, yağ ve yakıt borularını minimum fire verecek şekilde sıralayarak ayrıştırır ve etiket çıktısı konumuna getirilir. Etiket sisteminde bulunan barcode ile makinaların barcodu tanınması ve otomatik hareketler ile uygun konuma getirilir. Barcode okuması yaparak boru otomatik olarak sistemden çekilir.

- Öncesinde araç listesine bağlı olarak operatör boruları elindeki listeye göre işliyordu. Boru uzunluğu ekrana yazılarak boru sistemden çağırılıyordu. Barcode ile makinanın çalışma hızı artmış oldu.
- Müşteri özel isteği olana araçların boruları listede olmadığı için hataya sebebiyet verip ek işçiliğe yol açıyordu.
- Boru manuel olarak operatör tarafından yazıldığından dolayı hammadde olarak çok fire veriliyordu.
- Sistem otomatikleştirilerek operatörün tecrübesinden bağımsız hatasız bir üretim devreye alınmış oldu.
- İşçilik süresi azaltılarak üretim hızı arttırılmıştır.

7.2 Boru İmalat İş Akışı:

SAP Sisteminden boru bilgileri alınır.

Rahmenprogramm für Rohrsteuerung

Meldebereich | ... für die Ermittlung der Fzg aus ZPTA

Melde datum | bis |

BB-Identnummer | bis |

Selektionsbedingungen

Material oder BB-Ident-Nr. | bis |

Sammelbegriff |

Werk der angef. Stückliste |

Stüchl. Verwendung | 9 |

Aufzulösende Stül-Stufen | 99 |

Werk der Arbeitspläne | ☒ | Werk aus BB übersteuern | ☐ |

Arbeitsplanverwendung | 1 | Planverwendung aus Fzg | ☐ |

Stichtag | 27.05 |

Arbeitsplatz | bis |

VWErmittlungsart | bis |

Auflösung

☒ Montageumfänge

☐ Montageumfänge + Hausteile

Ausgabe

Achtung! Dateien werden fortgeschrieben

☒ Datei auf Präsentationsserver | C:\DATEN\ZPROHR.txt |

☐ Datei auf Applikationsserver | ZPROHR |

Araç numara ları girişı

İş yeri girişı

BEST etiket programı için Input dosya : ZPROHR

Şeki 7.1 SAP Sisteminde Boru bilgilerinin alınması

7.3 BEST Programı ile boruların gruplandırılması

Çap:
Çap: Cu 10x1
Çap: Cu 12x1
Çap: Cu 16x1
Çap: Cu 22x1
Çap: Cu 28x1.5
Çap: Cu 35x1.5
Çap: Cu 38x1
Çap: Ms 10x1
Çap: Ms 15x1
Çap: Ms 15x1.5
Çap: Ms 18x1
Çap: Ms 22x1

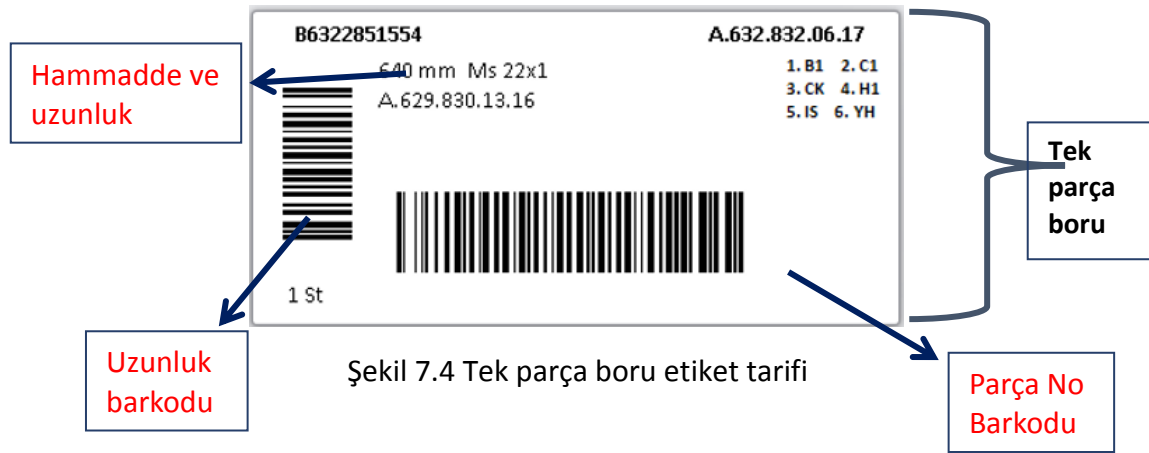
Boruların hammadde bazlı gruplanması

Şekil 7.2 Boruların hammadde bazlı gruplandırılması

Montaj adresi ve kesim boyları					
Çap:					
B6324300066	1HD03ISM; 1HD03KYM; 1HD04BIM;	A.632.830.59.63	ZB ISITMA BORUSU DÖN		Adres: 7-8
B6324300066	1HD03ISM; 1HD03KYM; 1HD04BIM;	A.632.830.58.63	ZB ISITMA BORUSU GİD		Adres: 7-8
B6324300066	1HD03ISM; 1HD03KYM; 1HD04BIM;	A.632.460.97.24	ZB HİDROLİK BORUSU		Adres: 7-8
B6324300066	1HD03ISM; 1HD03KYM; 1HD04BIM;	A.632.460.54.24	ZB HYDR.LEITUNG		Adres: 7-8
B6324300066	1HD03ISM; 1HD03KYM; 1HD04BIM; 1HD...	A.632.460.41.24	ZB HİDROLİK BORUSU		Adres: 7-8
B6324300066	1HD03ISM; 1HD03KYM; 1HD04BIM;	A.410.460.84.24	ZB HYDRAULIKLEITUNG		Adres: 7-8
B6322851554	1HD03ISM; 1HD03KYM; 1HD04BIM;	A.633.470.10.68	ZB YAKIT BORUSU		Adres: 7-8
Çap:					
Çap: Cu 10x1					
Çap: Cu 12x1					
Çap: Cu 16x1					
Çap: Cu 22x1					
B6322851554	1HD03ISM; 1HD04BIM; 1HD04TKM; 1H...	A.632.832.88.19	SOĞUTMA GAZI BORUSU	1	2330
B6322851554	1HD03ISM; 1HD04BIM; 1HD04TKM; 1H...	A.632.832.87.19	SOĞUTMA GAZI BORUSU	1	1200
B6322851554	1HD03ISM; 1HD04BIM; 1HD05B1M; 1H...	A.632.832.86.19	SOĞUTMA GAZI BORUSU	1	2310
B6322851554	1HD03ISM; 1HD04BIM; 1HD05B1M; 1H...	A.632.832.74.21	SOĞUTMA GAZI BORUSU	1	1941

Şekil 7.3 Boruların montaj adresleri ve kesim boyları

7.4 Optimizasyon Programı ile Etiket Basılması



Şekil 7.4 Tek parça boru etiket tarifi



Şekil 7.5 ZB parça boru etiket tarifi

7.5 Software ile Hedeflenen Durum

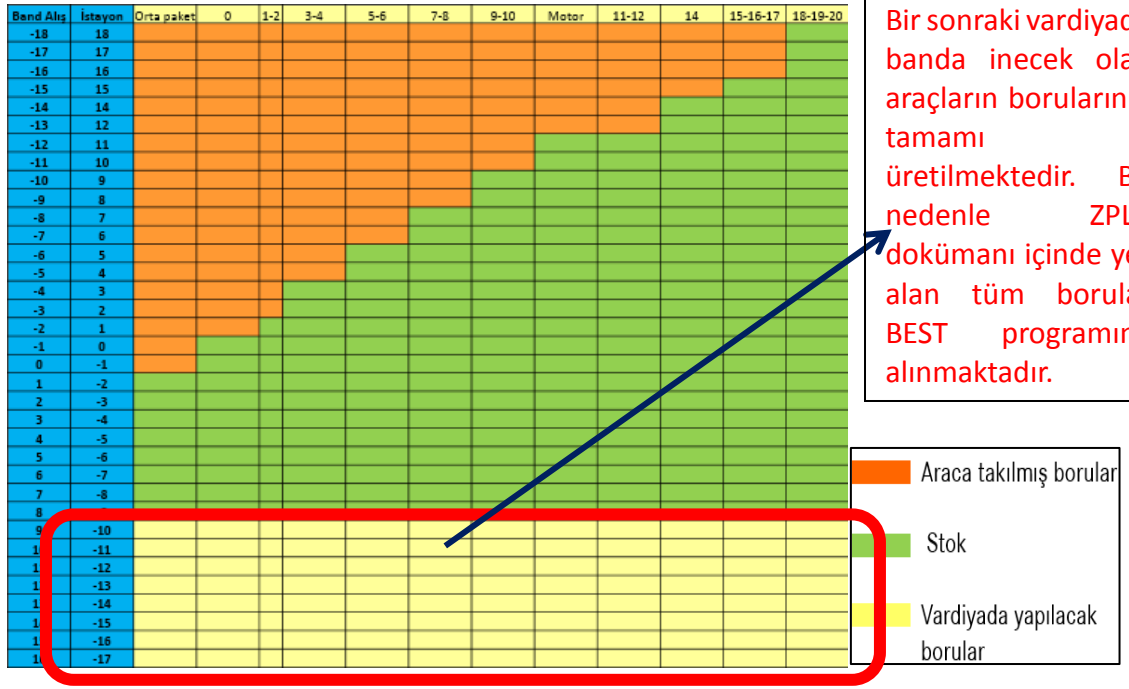
	Güncel Durum	Software ile Hedeflenen Durum
1 Üretim Sırası	Vardiyalık bazda. Araçların tüm boruları aynı anda.	Vardiyalık bazda. Borular montaj adresine göre önceliklendirilerek
2 Boy Kesimi	Hammadde ve araç bazlı. Uzun borudan kısa boruya doğru	Sadece hammadde bazlı. Fire miktarlarını minimize edecek şekilde.
3 Artan Boru Kullanımı	Operatörün insiyatifinde. Sistematik yok.	Sistematik artan boru yönetimi. Kullanılabilecek tüm artan boruların değerlendirilmesi.

Şekil 7.6 Software ile Hedeflenen Durum

Vardiyada üretilen borular programın içine yerleştirilecek olan matris ile belirlenecektir. Farklı band sayıları için matrisler hazırlanarak program içine yerleştirilecek.

Adres bilgileri eksik olan boruların da görülebilmesi için mutlaka “blanks” sütunu olacaktır.

Güncel Durum:



Şekil 7.7 Güncel Durum

Hedeflenen Durum:

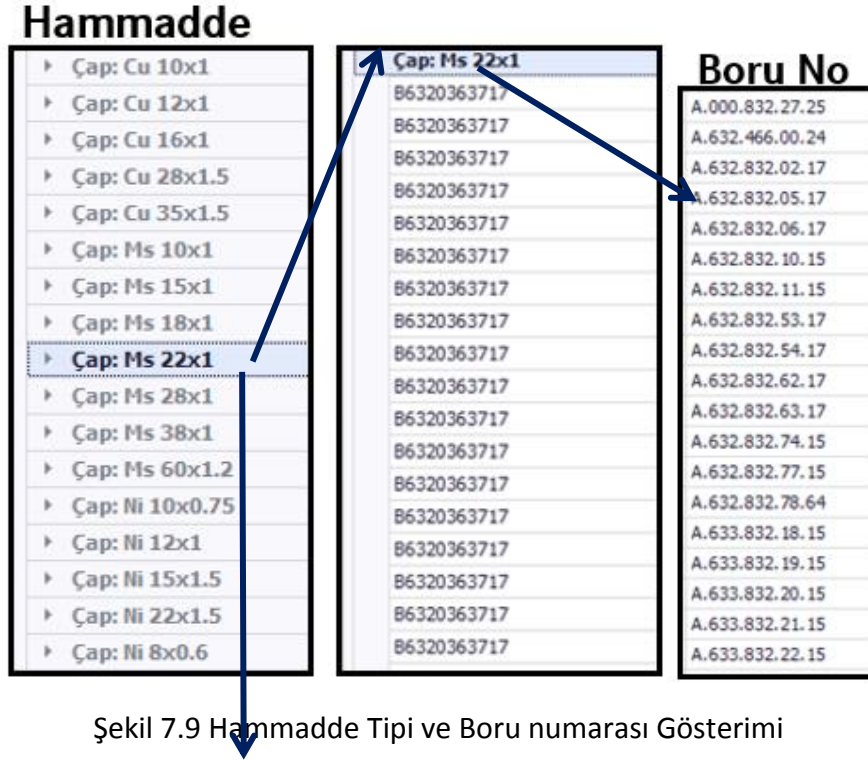
1 VARDİYA	ORTA PAKET	0	1..2	3..4	5..6	7..8	DEPO	9..10	MOTOR	11..12	13..14	KON
BB4105400923												
BB4105450226												
BB4105700322												
BB6337232103												
BB6337232101												
BB4105600191												
BB4105500587												
BB4105550077												
BB4105400924												
BB4105500677												
BB4105500208												
BB4105400834												
BB4105550098												
BB6333912000												
BB4105450217												

Borular takılacağı istasyonlara (adres) göre öncelik sırasına konularak üretilecek. ZPLR dokümanı içindeki borular adres bilgilerine göre filtrelenecektir. Örneğin soldaki tabelada günlük 16 araçlık band durumunda adrese göre filtreleme matrisi verilmiştir.

Araca takılmış borular
Vardiyada Yapılacak Olan Borular

7.6 Boru Kesim Optimizasyonu

Optimizasyon programının amacı boru kesim sırasını düzenleyerek, hammaddeleri minimum fire oluşacak şekilde ve üretim zamanını verimli kullanmaktır.



Belli bir hammadde seçildiğinde o hammaddeden üretilecek borular listeleniyor.

Vardiyada üretilecek borular matris yardımıyla belirlendikten sonra, Hammadde bazında ayrıştırılacaktır.

7.7 Software Özellikleri

Hammadde SAP numaraları (U.000000.8550 gibi) ile iş planlarında kullanılan ve BEST'te çıkan Hammadde kodları (Ms 22x1 gibi) eşleştirilecek. Bu eşleşme gerektiğinde program yöneticisi tarafından değiştirilebilir olacaktır.

Kod	SAP No	Kod	SAP No	Kod	SAP No
Ms 60x1,2	U.000000.008593	Cu 35x1,5	U.001.754.007.5A6	Ni 22X1,5	U.000.000.00.16.37
Ms 50x1,2	U.000000.008591	Cu 28X1,5	U.001.754.007.5A5	Ni 18X1,5	U.000.000.00.16.36
Ms 38x1	U.000000.008554	Cu 22X1	A.000.832.31.15	Ni 15X1,5	U.000.000.00.16.34
Ms 28x1	U.000000.008552	Cu 18X1	U.000.000.000.012	Ni 12X1	U.000.000.00.16.30
Ms 22x1	U.000000.008550	Cu 16X1	Q.271.421.76.35	Ni 10X0,75	U.000.000.00.16.28
Ms 18x1	U.000000.008433	Cu 12X1	A.000.832.30.15	Ni 8X0,6	U.000.000.00.16.27
Ms 15x1	U.000000.008408	Cu 10X1	A.000.832.29.15	Ni 6X0,6	U.000.000.00.16.26
Ms 12X1	U.000000.008406				
Ms 10x1	U.000000.008404				
Ms 6x2	U.000000.008596				

Şekil 7.10 Hammadde ve Boru numarası Gösterimi

Hammadde boyları database içerisinde saklanacaktır ve program yöneticisinin gerektiğinde bu boyları değiştirebilmesi sağlanacaktır.

Kod	SAP No	Boy (mm)
Ni 22X1,5X6m	U.000.000.00.16.37	6000
Ni 18X1,5X6m	U.000.000.00.16.36	6000
Ni 15X1,5X6m	U.000.000.00.16.34	6000
Ni 12X1X6m	U.000.000.00.16.30	6000
Ni 10X0,75X6m	U.000.000.00.16.28	6000
Ni 10X0,75X7m	U.000.000.00.16.29	7000
Ni 8X0,6X6m	U.000.000.00.16.27	6000
Ni 6X0,6X6m	U.000.000.00.16.26	6000

Şekil 7.11 Hammadde Numarası ve Boy Gösterimi

Her kesim işleminde testere kalınlığı kadar malzeme eksilmiş oluyor. Testere kalınlığı da input olarak programa girilecek ve gerektiğinde değiştirilebilmesi için program yöneticisi yetkilendirilecek. Artan veya hurda boru yoksa n boru için (n-1) adet kesim olacak. Artan veya hurda var ise n boru için n adet kesim olacak.

Kod	SAP No	Testere Kalınlığı (mm)
Ni 22X1,5X6m	U.000.000.00.16.37	3
Ni 18X1,5X6m	U.000.000.00.16.36	3
Ni 15X1,5X6m	U.000.000.00.16.34	3
Ni 12X1X6m	U.000.000.00.16.30	3
Ni 10X0,75X6m	U.000.000.00.16.28	3
Ni 10X0,75X7m	U.000.000.00.16.29	3
Ni 8X0,6X6m	U.000.000.00.16.27	3
Ni 6X0,6X6m	U.000.000.00.16.26	3

Şekil 7.12 Hammadde Numarası ve Testere Kalınlık Gösterimi

Optimizasyonun yürütülebilmesi için programa girilecek parametreler şunlardır:

PARAMETRE	ÖZELLİKLER
Hammadde Boyu	Her hammaddeye ait boy bilgisi program arka planında saklanacak.
Testere Kalınlığı	Her hammaddeye ait testere kalınlığı program arka planında saklanacak.
Hammadde numaraları	Her hammaddenin SAP numarası ile BEST programında kodu program arka planında eşleştirilecek ve saklanacak

Şekil 7.13 Program Paramatresi ve Özellikleri

Etiket ve Kesim Planı Çıktıları:

Etiketler her hammadde için optimizasyonun verdiği sıraya göre düzenlenip yazdırmaya hazır olacaktır.

Etiket haricinde aşağıdaki gibi kesim planı A4 çıktısı olarak operatöre verilmek üzere hazırlanacaktır.

☒ Show size of the pieces ☒ Show size of the wastes ☒ Show piece label ☒ Group identical parts										
Length	Material	Quantity	Label ▲	Waste	Graphic: 1D					
6000	Ms60	1		0	1 x 2280 160	1 x 1775 160	1 x 970 943	1 x 966 943		
6000	Ms60	1		0	1 x 2055 1668	1 x 1083 160	1 x 970 942	1 x 940 160	1 x 940 1668	
6000	Ms60	1		0	1 x 1560 943	1 x 1560 942	1 x 1493 942	1 x 760 942	1 x 615 160	
6000	Ms60	1		0	1 x 1760 1668	1 x 1100 160	1 x 966 942	1 x 760 943	1 x 702 1668	1 x 695 942
6000	Ms60	1		25	1 x 2283 943	1 x 2283 942	1 x 702 160	1 x 695 943	Waste 25	
6000	Ms60	1		1697	1 x 1493 943	1 x 1100 1668	1 x 1083 1668	1 x 615 1668	Waste 1697	

Şekil 7.14 Ekran ve Kesim Planı Çıktısı

7.8 Artan Boruların Yönetimi

Artan boruların yönetiminde amaç;

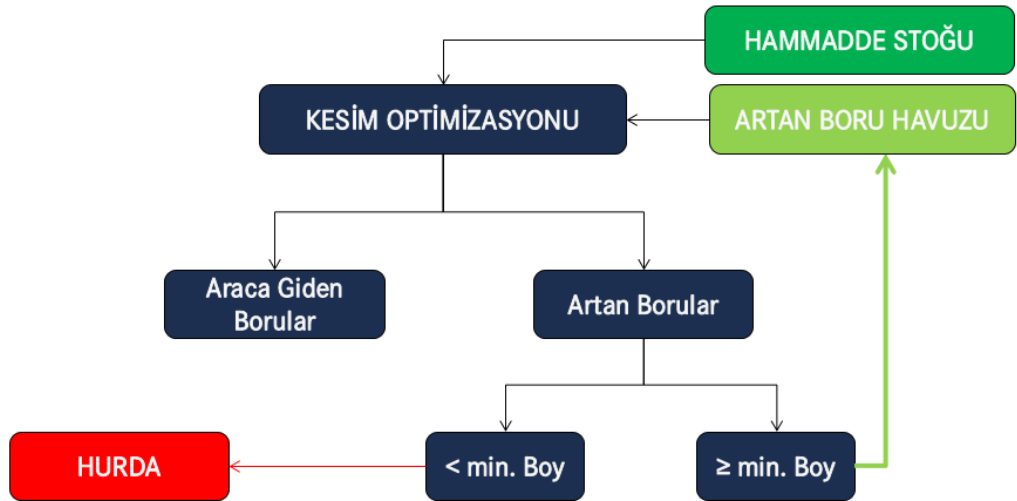
Her hammadde için mevcut durumda kullanılabilir minimum boyların belirlenerek sisteme girilmesi ve bu değerin üzerindeki boruların ileriki kesimlerde kullanılmak üzere tanımlanarak saklanmasıdır.

Hammadde No	Kod	Min. Boy (mm)
U.000000.008593	Ms 60x1,2	410
U.000000.008591	Ms 50x1,2	549
U.000000.008554	Ms 38x1	360
U.000000.008552	Ms 28x1	311
Q 271 421 76 35	Cu 16x1	150
A 000 832 30 15	Cu 12x1	511
U 000 000 00 16 34	Ni 15x1	200
U 000 000 00 16 30	Ni 12x1	388

Şekil 7.15 Artan Minimum Boyların Belirlenmesi

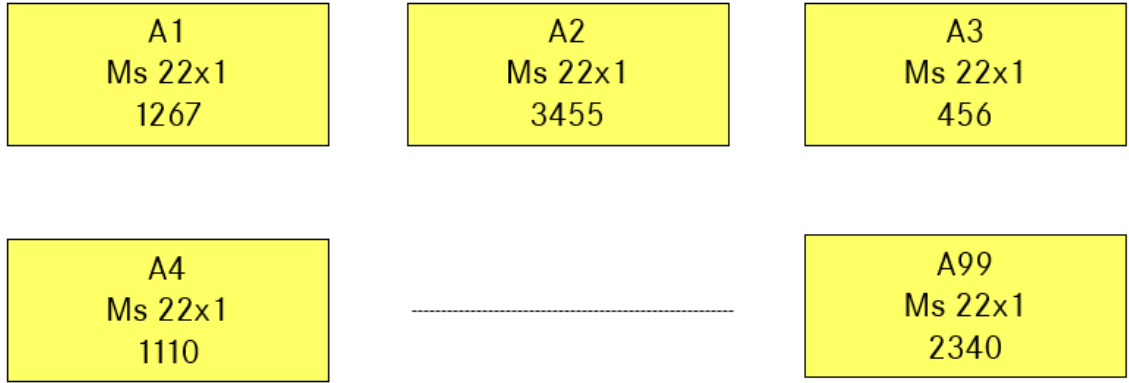
Min. boy şartını sağlayan borular program tarafından otomatik olarak Artan Boru Havuzu'nda tutulacak ve sonraki kesimlerde kullanılabilir. Program genel prensip olarak ilk önce Artan Boru Havuzunu harcamaya yönelik çalışacaktır.

7.9 Program Algoritması:



Şekil 7.16 Program Algoritması

Artan boruların sonraki kesimlerde kullanılması gerektiğinde operatör tarafından kolayca ayırt edilebilmesi için Harf ve Numara verilerek etiket basılması sağlanacaktır. Format aşağıda görülmektedir.



Şekil 7.17 Artan Borular için Kod Belirlenmesi

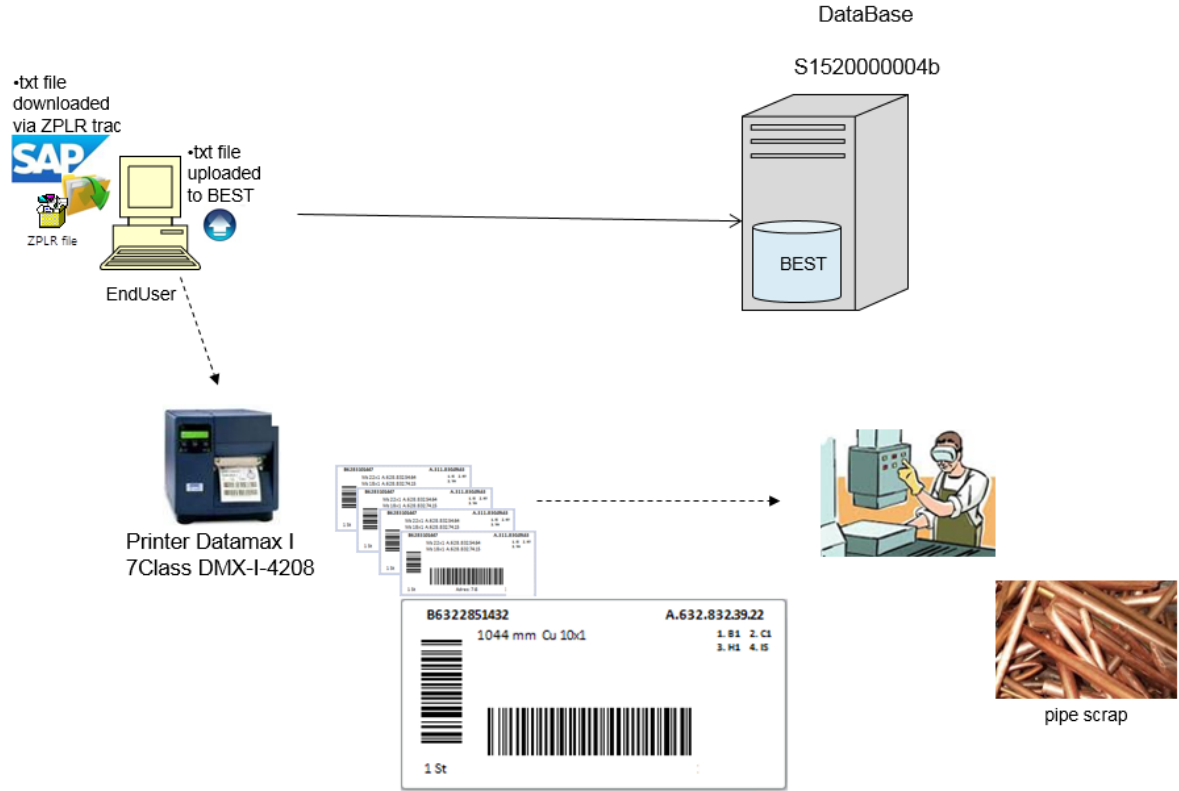
7.10 Kesim Verim Raporlaması

Program seçilen tarih aralığında her hammadde için kesim verimini hesaplayabilecektir. Bu amaçla kesim dataları program hafızasında saklanmalıdır.

Kod	SAP No	Başlangıç tarihi	Bitiş tarihi	Toplam Kullanılan Boy (m)	Hurda (m)	Kesim Verimi (%)
Ni 22X1,5X6m	U.000.000.00.16.37	01.01.2019	20.02.2019	A1	B1	= 100 - % A1/B1
Ni 18X1,5X6m	U.000.000.00.16.36	01.01.2019	20.02.2019	A2	B2	= 100 - % A2/B2
Ni 15X1,5X6m	U.000.000.00.16.34	01.01.2019	20.02.2019	A3	B3	= 100 - % A3/B3
Ni 12X1X6m	U.000.000.00.16.30	01.01.2019	20.02.2019	A4	B4	= 100 - % A4/B4
Ni 10X0,75X6m	U.000.000.00.16.28	01.01.2019	20.02.2019	A5	B5	= 100 - % A5/B5
Ni 10X0,75X7m	U.000.000.00.16.29	01.01.2019	20.02.2019	A6	B6	= 100 - % A6/B6
Ni 8X0,6X6m	U.000.000.00.16.27	01.01.2019	20.02.2019	A7	B7	= 100 - % A7/B7
Ni 6X0,6X6m	U.000.000.00.16.26	01.01.2019	20.02.2019	A8	B8	= 100 - % A8/B8

Şekil 7.18 Kesim Verim Raporlaması

7.11 Optimizasyon ile İş Akış-Diyagramı:



Şekil 7.19 Optimizasyon Programı ile İş Akış Diyagramı

BÖLÜM 8

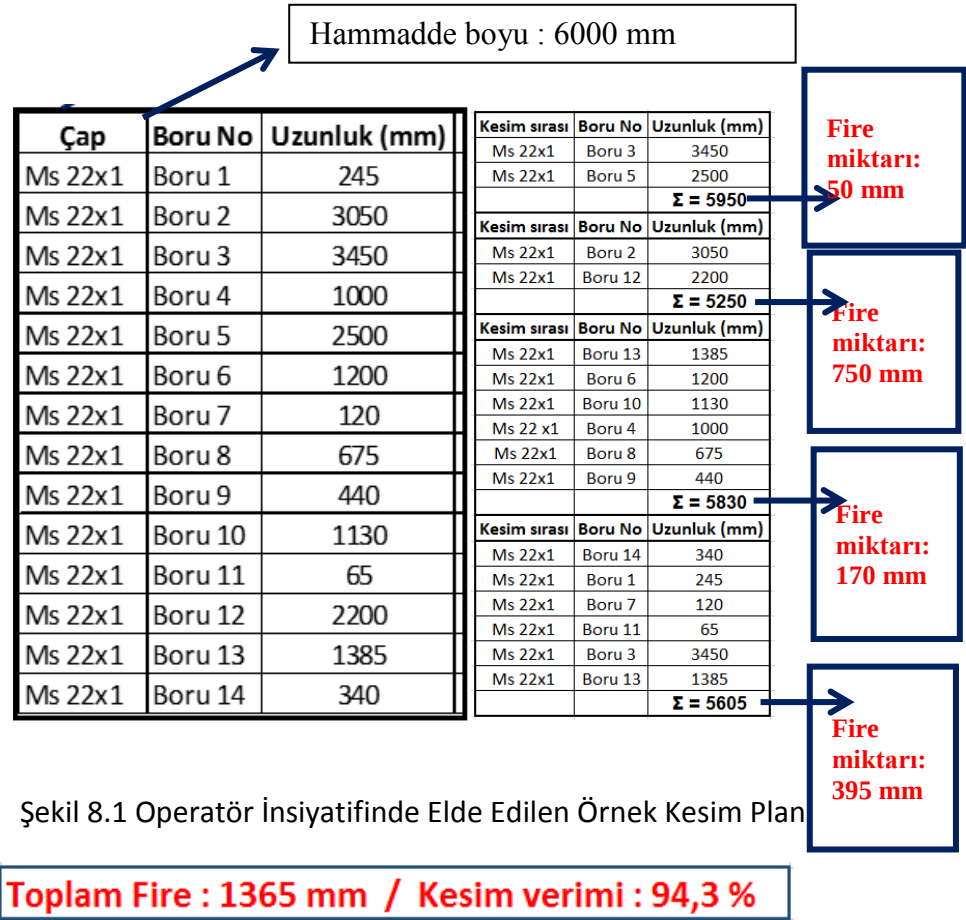
BORU İMALAT ÖN HAZIRLIK ALANINDA ELDE EDİLEN TESPİT VE SONUÇLAR

8.1 Testere Kesimi için Uygulama:

C632.245 numaralı Travego seyahat aracımızın mevcut 22 çapındaki Pirinç boruları aşağıdaki tabloya eklendi.

Operatör Optimizasyon programından önce boruları testerenin boy hareketini dikkate alarak büyükten küçüğe doğru sıralıyordu, bu şekilde oluşan fire miktarı aşağıdaki örnekte görülebilir. Kesim verim raporu operatörün inisiyatifine bağlı olarak %94 çıkmaktadır.

Örnek Kesim Planı:



Şekil 8.1 Operatör İnsiyatifinde Elde Edilen Örnek Kesim Planı

8.1.1 Optimizasyon Programı ile elde edilen Kesim Planı:

Hammadde miktarı 6000 mm.'dir. Aynı tip aracın mevcut olan 22 Ms olan borularını Optimizasyon Programı kullanarak kestiğimizde kesim verim raporu aşağıdaki şekilde görülebilir.

			Hammadde boyu : 6000 mm	
Çap	Boru No	Uzunluk (mm)	Kesim sırası	Uzunluk (mm)
Ms 22x1	Boru 1	245	Boru 8	675
Ms 22x1	Boru 2	3050	Boru 13	1385
Ms 22x1	Boru 3	3450	Boru 1	245
Ms 22x1	Boru 4	1000	Boru 11	65
Ms 22x1	Boru 5	2500	Boru 10	1130
Ms 22x1	Boru 6	1200	Boru 5	2500
Ms 22x1	Boru 7	120		$\Sigma = 6000$
Ms 22x1	Boru 8	675	Kesim sırası	Uzunluk (mm)
Ms 22x1	Boru 9	440	Boru 14	340
Ms 22x1	Boru 10	1130	Boru 6	1200
Ms 22x1	Boru 11	65	Boru 3	3450
Ms 22x1	Boru 12	2200	Boru 4	1000
Ms 22x1	Boru 13	1385		$\Sigma = 5990$
Ms 22x1	Boru 14	340	Kesim sırası	Uzunluk (mm)
			Boru 9	440
			Boru 7	120
			Boru 2	3050
			Boru 12	2200
				$\Sigma = 5810$

Fire
miktarı:
0 mm

Fire
miktarı:
10 mm

Fire
miktarı:
190 mm

Şekil 8.2 Optimizasyon Programı ile Elde Edilen Örnek Kesim Planı

Toplam fire : 200 mm / Kesim verimi : 98,9 %

Kullanılan Optimizasyon programı kesim verimini arttırmıştır.

8.2 Çevrim zaman İncelemesi:

Optimizasyon programı ile elde edilen boru datalarını Excel’de makro programı yardımı ile listeye işlediğimiz zaman 1 araç ve toplam 1 vardiyada üretilen boru adedi otomatik olarak karşımıza çıkmaktadır. C633720 göbek numaralı Intouro aracının toplam boru adetleri aşağıdaki tabloya aktarılmıştır.

Bir araç için toplam boru adedinin 104 olduğu görülür. Bir vardiyada üretilen boru adedi yaklaşık 900 adettir.

Çizelge 8.1 1 araç için hesaplanan boru adedi

Çap	Boru Adedi
Ms 60x1.2	6
Ms 50x1.2	0
Ms 38x1	3
Ms 28x1	4
Ms 22x1	3
Ms 18x1	2
Ms 15x1	4
Ms 12x1	0
Ms 10x1	0
Ms 6x2	0
Cu 22x1	0
Cu 18x1	4
Cu 16x1	6
Cu 12x1	0
Cu 10x1	5
Cu 35x1	0
Cu 28x1	4
Ni 22x1.5	1
Ni 18x1.5	2
Ni 16x2	0
Ni 15x1.5x7000	15
Ni 12x1	0
Ni 10x1.5	0
Ni 10x0.75	11
Ni 8x0.6	2
Ni 6x0.6	0
Alu 22x1.5	7
Alu 28x1.5	0
Alu 38x1.5	11
Alu 15x1.5	8
Alu 18x1.5	6
Σ = 104	

Çizelge 8.2 1 vardiya için hesaplanan boru adedi

Çap	Boru Adedi
Ms 60x1.2	34
Ms 50x1.2	8
Ms 38x1	44
Ms 28x1	17
Ms 22x1	59
Ms 18x1	11
Ms 15x1	122
Ms 12x1	0
Ms 10x1	6
Ms 6x2	0
Cu 22x1	6
Cu 18x1	20
Cu 16x1	32
Cu 12x1	6
Cu 10x1	26
Cu 35x1	0
Cu 28x1	26
Ni 22x1.5	9
Ni 18x1.5	24
Ni 16x2	0
Ni 15x1.5x7000	133
Ni 12x1	0
Ni 10x1.5	0
Ni 10x0.75	80
Ni 8x0.6	50
Ni 6x0.6	0
Alu 22x1.5	102
Alu 28x1.5	36
Alu 38x1.5	23
Alu 15x1.5	20
Alu 18x1.5	12
Σ = 906	

Çevrim süresi 14 araç için 61 dakika olan montaj istasyonu örnek alınarak 2 MTM operatörü (Measuring Timing Methoding – Ölçme Zamanlama ve Metodolojiden Sorumlu Operatör) ile birlikte her bir operatör için 10 farklı numunede (boru) 10’ar adet ölçüm alınmıştır. Kronometre ile yapılan ölçümler aşağıdaki tabloya aktarılmıştır.

Çizelge 8.3 Zaman Etüdü Ölçümü Sonuçları

Boru İmal İşlem adımları	Numune 1	Numune 2	Numune 3	Numune 4	Numune 5	Numune 6	Numune 7	Numune 8	Numune 9	Numune 10	Ortalama Değer[dk.]
Kalıp bağlama ve program çağırma	0,39	0,39	0,45	0,43	0,4	0,43	0,37	0,42	0,43	0,41	0,41
Büküm işleminin yapılması x1	0,19	0,23	0,23	0,19	0,2	0,21	0,18	0,24	0,23	0,2	0,21
Dış ve iç çapak alma x2	0,14	0,16	0,14	0,12	0,16	0,17	0,19	0,2	0,15	0,19	0,16
Etiketin parça üzerine yapıştırılması	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hava ile çapakların temizlenmesi	0,06	0,05	0,04	0,03	0,04	0,08	0,07	0,06	0,05	0,06	0,05
Parçanın regal / set arabasına istifi	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,10
Hammaddenin regalden alınması	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Boy kesme	0,4	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2	0,21
Piring için Kordon Çekme x 2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,40
Alüminyum için Kordon Çekme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00
											Σ= 2

8.2.1 Testere Kesiminde Optimizasyon Programı ile mevcut durum Analizi:

Testere makinasında ve çapak alma prosesinde çalışan operatörün, 0,55 dakika boru başına zaman harcadığı tespit edilmiştir. 1 araçta geçen boru adedinin yaklaşık 100 adet olduğu düşünüldüğünde, 1 araç için gereken zaman yaklaşık 55 dakika olduğu görülebilir.

8.2.2 Büküm Prosesinde Optimizasyon Programı ile mevcut durum Analizi:

1 adet büküm işlemi için gereken zamanın 0,2 dakika olduğu görülür. Boru başına ortalama 5 adet büküm olduğu düşünülüp hesap yapıldığında 100 adet boru için araç başı 100 dakika büküm makinalarında zaman harcadığı görülebilir. 2 adet aktif olarak kullanılan büküm makinasında 50 dakika zaman harcadığı görülmektedir.

8.2.3 Testere Kesiminde Optimizasyon Programı kullanılmadan önceki mevcut durum Analizi

Optimizasyon programı kullanılmadan önce testerede çalışan operatör, boru uzunluğunu manuel olarak testere ekranına yazdığında ortalama her bir boru adedi için 2 saniye zaman harcamakta idi. 0,55 dakika boru başına yapılan işçilik 0,57 dakikada olacağından dolayı Takt zamanında vardiyada istenilen boruları üretmede zorluk yaşıyordu.

8.2.4 Büküm Prosesinde Optimizasyon Programı kullanılmadan önceki mevcut durum

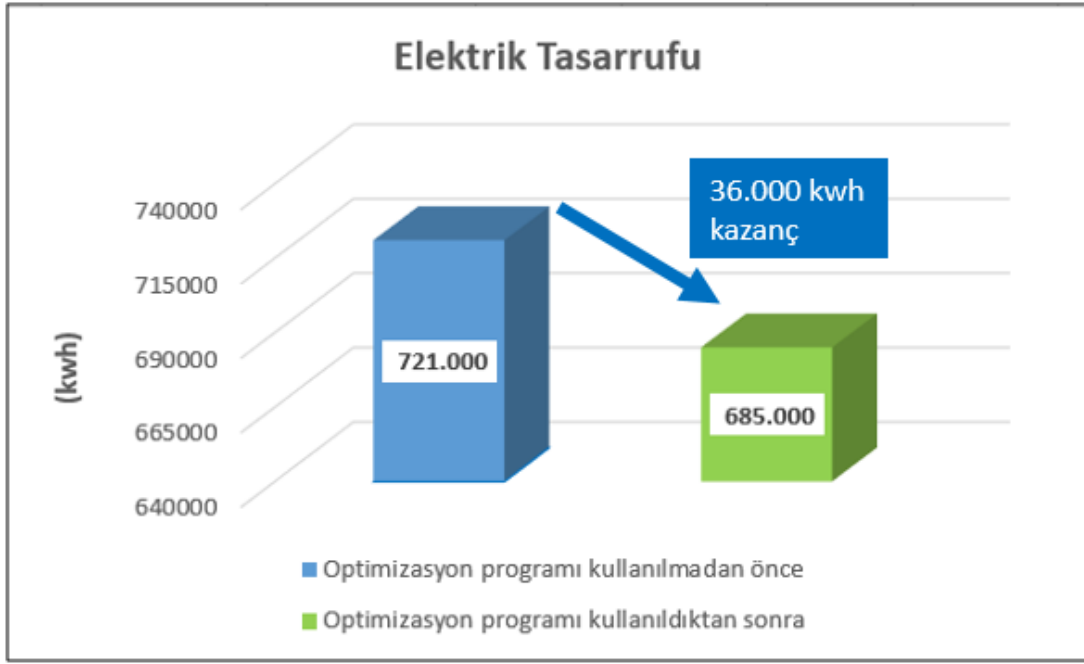
Analizi

Büküm prosesinde ise operatör her bir boru bükülmeden önce borunun uzunluğunu ölçüyordu. Ve büküm makinasını ekranında boruyu ara yüzlerden boru datasını bulmak için ilave zaman harcıyordu. Yaklaşık 3-4 saniye her bir boru için zaman harcıyordu. 1 dakika boru başına yapılan işçilik 1,06 dakikada olacağından dolayı 53 dakikada istenilen borular üretilebiliyordu. Yakın ölçüde olan borular karışıklığı sebep olduğundan dolayı hataya sebebiyet verilip hatalı üretilen borular yeniden üretilmek durumunda kalıyordu.

BÖLÜM 9

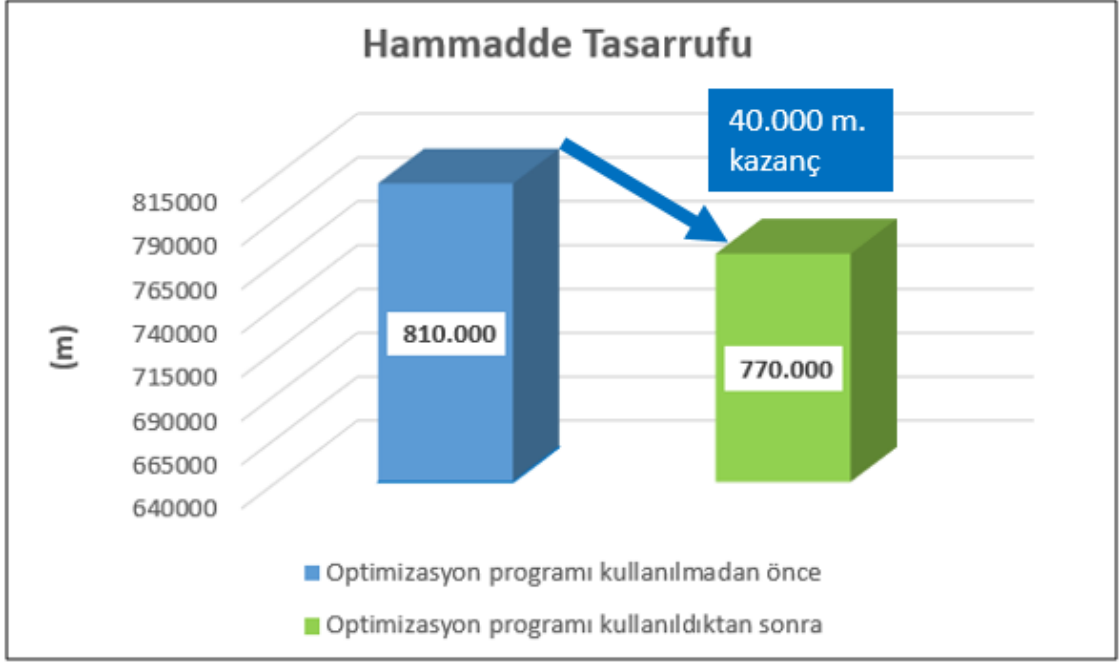
SONUÇ VE ÖNERİLER

- Montaj boru ön hazırlık mahalinde gerçekleştirilen Optimizasyon programı ile işçi sağlığı ve güvenliği koşulları sağlanmış, ergonomik kriterler hayata geçirilmiş, ve çevrim süresi düşüşü elde edilerek projenin Kaizen felsefeleri ile örtüşmesi sağlanmış, iş adımlarındaki kaotik durum ortadan kaldırılmıştır.
- İstasyona göre üretim gerçekleştirildiğinden dolayı Kaizen felsefesi ile örtüşüp stok durumunda azalma sağlanmıştır.
- Boru manuel olarak operatör tarafından yazıldığından dolayı hammadde olarak operatörün inisiyatifine bağlı olarak fire veriliyordu. Sistem otomatikleştirilerek operatörün tecrübesinden bağımsız hatasız bir üretim devreye alınmış oldu.
- Yaklaşık 5 saniye boru başına sağlanan üretim zamanındaki artış, araç başında yaklaşık 100 adet boru olduğu hesaplandığında, araç başı 500 saniye, yani araç başı yaklaşık 8 dakika olduğu görülebilir. 1 adet otobüs için sağlanan 8 dakika kazanç, yıllık 4500 adet araç için yaklaşık 36000 dakika yani 600 saat olmuş, işçilik ücretinin saatte 8 Euro olduğu düşünüldüğünde $8 \times 600 = 4800$ Euro yıllık tasarruf sağlanmıştır.
- Belirlenen ürünün üretim hattındaki vardiyalık temposu, 1 adet borunun üretim zamanının yaklaşık 2 dakika olduğu düşünüldüğünde, 5-6 saniye boru başına yapılan üretim zamanındaki iyileşme, verimi % 5 arttırmıştır.



Şekil 9.1 Elektrik Tasarrufu

- Boru imalat alanında büküm ve testere makinalarındaki elektrik üretimi 1 günde yaklaşık 2500 kWh'tir. 1800 günlük üretim için 1 boru üretimi için yaklaşık 1,40 kWh enerji ihtiyacı oluşmuştur. Üretim hattının yıllık üretim adedi $900 (1 \text{ vardiyada}) \times 2 \text{ vardiya} \times 26 \text{ iş günü} \times 12 \text{ ay} = 561.600$ adettir. Tatil günleri çıkarıldığında yaklaşık 515.000 adettir. Büküm ve testere kesimi için yıllık elektrik tüketimi $515.000 \times 1,40 = 721.000$ kWh'dir. Bu miktar verimin yaklaşık %5 artmış olması ile 685.000 kWh olmuştur.
- Ön hazırlık alanında çalışan makinelerden elde edilen yaklaşık 36.000 kWh enerji tasarrufundan yaklaşık 16.000 TL kazanç sağlanmıştır. (1 kWh elektrik enerjisinin tüm bedeller, fonlar ve vergiler dahil 45 kuruş olarak alınmıştır.)



Şekil 9.2 Hammadde Tasarrufu

- Vardiyada kullanılan tüm borular hesaplandığında bir araçta yaklaşık 180 metre boru kullanıldığı düşünülebilir, yıllık 4500 adet araç için 810.000 metre boru kullanılmıştır. Kesim verim raporunda optimizasyon programı ile elde edilen yaklaşık %5'lik iyileşme ile yeni durumda yaklaşık 768.500 metre boru kullanılmıştır. Senelik 39.500 metre boru firesi önlenmiştir. Bu sayıya hatalı üretim adetleri de eklendiğinde yıllık yaklaşık 40.000 metre hammadde fire önlenmiştir. Ortalama 1 metre hammaddenin yaklaşık fiyatı 3.5 Euro olarak hesaplandığında senelik 40.000 metre hammadde tasarrufu için toplam senelik 140.000 Euro tasarruf sağlanmıştır.
- Proje verilere göre amacına ulaşmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Gass, S.I. (2000).” Making Decisions with Precision”, Business Week 30: 2000.
- [2] Kantorovich, L. V. (1939). “Mathematical Methods in the Organization and Planning of Production”, Publication House of the Leningrad State University, Leningrad, U.S.S.R., 68.
- [3] Recep Kök ve Ertuğrul Deliktaş,(2003). Endüstri İktisadında Verimlilik Ölçme Ve Strateji Geliştirme Teknikleri (İş Dünyasından Örneklerle), DEÜ İİBF Yayınları İzmir,1:33.
- [4] M Tanyaş, (2006). Üretim Plânlama ve Kontrol M Baskak İrfan Yayımcılık.
- [5] Olcay Polat,(2008). Montaj Hattı İşçi Atama ve Dengeleme Problemlerinin Genetik Algoritmalarla Çözülmesi.
- [6] Kai Mertins, (1985). „Steuerung rechnergeführter Fertigungssysteme“, München; Wien, Hanser Verlag, 494:9.
- [7] Yakup Kara, (2004). U-tipi montaj hattı dengeleme problemleri için yeni modeller ve otomotiv yan sanayiinde bir uygulama.
- [8] S.K. ve Baykoç, Ö. F., (15-18 Haziran 2004. Tek Modelli Stokastik U Tipi Montaj Hattının Deterministik Dengeleme Teknikleri Kullanılarak Dengelenmesi Ve Benzetimi: Arçelik A.Ş’de Bir Uygulama, Yöneylem Araştırması / Endüstri Mühendisliği, XXIV Ulusal Kongresi, Gaziantep-Adana.
- [9] Ağpak K., Gökçen H., Saray N. ve Özel S., (2002). “ Stokastik Görev Zamanlı Tek Modelli U Tipi Montaj Hattı Dengeleme Problemleri İçin Bir Sezgisel” Gazi Üni. Müh. Mimarlık Fakültesi Dergisi, 17(4), 115-124.
- [10] Raşit Özkan, (2003), Tek Modelli Deterministik Montaj Hattı Dengeleme Problemlerine Genetik Algoritma ile Çözüm Yaklaşımı.
- [11] Acar, N., Eştaş, S., (1986). Kesikli Seri Üretim Sistemlerinde Plânlama ve Kontrol Çalışmaları, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, No:309, Ankara, 2. Basım.

- [12] Maynard, H.B., (1969). Industrial Engineering Handbook, Mc GrawHill Company, Newyork.
- [13] Monden, Y. Toyota Production System, (1998). An Integrated Approach to Just-in-Time, 3rd ed. Kluwer, Dordrecht.
- [14] Miltenburg, J. and Wijngaard J. ,(1994). The U-line Balancing Problem, Management Science, 40:1378-1388.
- [15] Helander, M.G.,(1995), A Guide to Ergonomics of Manufacturing, Taylor&Francis, 7-63, London.
- [16] Gunther R.E., Johnson G.D. and Peterson R.S.,(1983). Currently Practised Formulations for the Assembly Line Balance Problem”, Journal of Operations Management, 209-221.
- [17] Bullinger H.J., Ralley P.J. and Schipfer J., (1997). Some Aspects of Ergonomics in Assembly Planning, International Journal of Ergonomics, 20:389-397.
- [18] John Wiley & Sos Ltd., (1972). New York, WILD, Rey, “Mass Production Management”.
- [19] EREL, Erdal, (1991). “Stokastik Montaj Hattı Dengeleme Problemi Üzerine Yapılan Araş-tırmalar”, Endüstri Mühendisliği Dergisi, Yıl 3, Sayı 13.
- [20] Murat Kansu Karaca, (2000). Montaj Hatları- DergiPark.
- [21] Scholl, A., (1999). Balancing and Sequencing of Assembly Lines, Physica-Verlag, Heidelberg.
- [22] Acar N. ve Eştaş S., (1991). Kesikli Seri Üretim Sistemlerinde Planlama Ve Kontrol Çalışmaları, Milli Prodüktivite Yayınları: 309, Üçüncü Baskı, Mpm Endüstri Şubesi, Ankara.
- [23] Ignall, E.J., (1965). Parelel Sequencing and Assembly Line Problems, Operations Research, 9 (6), 841-848.
- [24] Lehman, M., (1969). On Criteria for Assigning Models to Assembly Lines, International Journal of Production Research, 7 (4), 269-285.
- [25] Shin, D. ve Min, H., (1991). Uniform Assembly Line Balancing with Stochastic Task Times, Management, 11 (8), 23-24.
- [26] Imai, M., 1997. KAİZEN, Japonya’nın Rekabetteki Başarısının Anahtarı, BRİSA Bridgestone Sabancı Lastik San. Ve Tic. A.Ş., Francisco, CA..
- [27] Oyak-Renault, Seminer Notları, Ekim 1997.
- [28] Labach, E. J., Using Standard Work Tools For Process Improvement, Journal of Business Case Studies; Ocak/Şubat 2010; 6, 1; ABI/INFORM Global pp. 39.

- [29] Allington, 2006. M., Factory Layout Principles, UK-RF Closed Nuclear Cities Partnership,.
- [30] B.S., İngiliz standartları sözlüğü (B.S. Glossary).
- [31] Kanavaty G., çev: Akal, Z., 1997. İş Etüdü, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları/ILO: 29, Ankara.
- [32] Jones, D., & Mitchell, A. Lean Thinking for the NHS. The NHS Confederation.
- [33] Kanigel, R., 1997: The One Best Way: Frederick Winslow Taylor and the Enigma of Efficiency, Viking Press, New York.
- [34] Özalp, Ş., 1977: Hareket ve Zaman Etüdü, 1. Baskı, Eskişehir Ticari ve İdari İlimler Akademisi Yayınları No: 184/115, Eskişehir.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Levent DOĞANAY
Doğum Tarihi ve Yeri : 25.05.1986 / İstanbul
Yabancı Dili : İngilizce ve Almanca
E-posta : levent__doganay@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Makine Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2011
Lise	Fen Bilimleri	Üsküdar Anadolu Lisesi	2005

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2015-2019	Mercedes Benz Turk A.Ş	Üretim ve Planlama Mühendisi
2011-2015	Mercedes Benz Turk A.Ş	Test Mühendisi

YAYINLARI

Makale

1. Doganay L., 2019. Bileşim Yayıncılık, “Üretim hattında İşletim Optimizasyonu Yapılarak Enerji Verimliliğinin Sağlanması”, 3E Electrotech Dergisi, 295:96-100.