

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİR MONTAJ HATTININ YENİDEN TASARIMI VE TAVŞAN KOVALAMA
YÖNTEMİNİN UYGULANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Tayfun Diker

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Programı

ARALIK 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİR MONTAJ HATTININ YENİDEN TASARIMI VE TAVŞAN KOVALAMA
YÖNTEMİNİN UYGULANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Mehmet Tayfun Diker
507931122**

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. M.Bülent Durmuşoğlu

ARALIK 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 507931122. numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Mehmet Tayfun DİKER ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “BİR MONTAJ HATTININ YENİDEN TASARIMI VE TAVŞAN KOVALAMA YÖNTEMİNİN UYGULANMASI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. M.Bülent DURMUŞOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri: **Prof.Dr. Mehmet Mesut ÖZGÜRLER**
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç.Dr. Emre ÇEVİKÇAN
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi **: 27 Kasım 2015**
Savunma Tarihi **: 28 Aralık 2015**

ÖNSÖZ

Günümüz dünyasında satış tahminlerinin doğru çıkmaması, pazar şartlarının sürekli değişkenlik göstermesi ve bu değişkenliklere uyum göstermedeki zorluklar nedeniyle şirketler sürekli montaj hatlarını yeniden tasarlamak, yeni duruma adapte etmek durumunda kalmaktadırlar ve bu durum öngörülmeven maliyetlerin oluşmasına neden olmaktadır.

Kapasite problemiyle karşılaşılan bir şirkette süreç incelenmiş, değişen müşteri taleplerine en iyi uyum sağlayacak, gerekli esnekliğe imkan verecek ve aynı zamanda yalın üretim sistemlerine uygun olacak şekilde hat yeniden tasarlanmıştır ve tavşan kovalama yöntemi öneri olarak ortaya konulmuştur .

Yüksek lisans çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım Sayın Prof.Dr.**M.Bülent DURMUŞOĞLU**’ na ve Sayın Doç.Dr. **Emre ÇEVİKÇAN**’ a , yine simülasyon programı bilgisini benimle paylaşan Sayın Araştırma görevlisi **Serdar BAYSAN**’ a teşekkür ederim.

Kasım 2015

Mehmet Tayfun Diker
(Endüstri Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
KISALTMALAR.....	ix
SEMBOLLER.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY.....	xix
1. YALIN ÜRETİM VE DEĞER AKIŞ YÖNETİMİ.....	1
1.1 Yalın Üretim Sistemleri ve İsraflar	1
1.2 Değer Akış Yönetimi	2
1.3 Malzeme ve Bilgi Akışına Göre Üretim Sistemleri	3
1.3.1 İtme kontrollü üretim sistemi	3
1.3.2 Çekme kontrollü üretim sistemi	4
1.3.3 Kanban üretim sistemi.....	4
1.3.4. CONWIP üretim sistemi	5
2. MONTAJ HATTI TASARIMINA GİRİŞ.....	7
2.1 Çalışmanın Amacı.....	7
2.2 Genel Bilgi	7
2.3 Montaj Hatları İle ilgili Temel Kavramlar	8
2.3.1 Montaj işine yönelik kavramlar	8
2.3.2 Montajda performansa yönelik kavramlar	11
2.3.3 Montaj hatları dengelemesi	13
2.3.3.1 Montaj hattı dengeleme çeşitleri	13
2.3.3.2 Montaj hattı dengeleme amaçları	14
2.3.4. Model sayısı ve sıralama ile ilgili kavramlar	14
2.4 Malzeme Taşıma Sistemleri ve Montaj İstasyonları Arasında İş Transferi..	16
2.4.1 Mekanik olmayan hatlar.....	16
2.4.2 Hareketli bant hatları.....	17
2.5 Montaj Sistemlerinin Sınıflandırılması	18
2.5.1 Elle montaj sistemi.....	19
2.5.2. Otomatik ve yarı otomatik montaj sistemleri.....	20
2.5.3. Robot montajlı sistemler	22
2.5.4. Melez montajlı sistemler	22
2.6 Montaj Hatlarının Yerleşimi	23
2.6.1 Düz hatlar	23
2.6.2 U şekilli hatlar	24

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	27
3.1. Montaj Hatları İle İlgili Genel Literatür Araştırması	27
4. TAVŞAN KOVALAMA ÜRETİM YÖNTEMİ VE GELİŞTİRİLEN METODOLOJİ	37
4.1 Tavşan Kovalama Üretim Yöntemi.....	37
4.2 Geliştirilen Metodoloji	38
5. BİR MONTAJ ÜRETİM SİSTEMİNDE UYGULAMA	41
5.1 Uygulamanın Yapıldığı Firmanın Tanıtımı.....	41
5.2 Uygulamanın Yapıldığı Kısım	42
5.3 Mevcut Durumun Analizi.....	43
5.4 Gelecek Durumun Analizi.....	48
5.5 Önerilen Sistemin Simülasyonla Testi	57
5.6 Uygulamanın Sonucu.....	59
6. TEZ SONUCU VE ÖNERİLER	63
KAYNAKLAR.....	65
EKLER.....	69
ÖZGEÇMİŞ	85

KISALTMALAR

T_{çev}	: Çevrim Zamanı
T_{haz}	: Hazırlık Zamanı
H_o	: Hata Oranı
H_v	: Hat Verimliliği
M_{stok}	: Mevcut Stok Süresi
H_{is}	: Hedef İşgören Sayısı
M_{is}	: Mevcut İşgören Sayısı
CONWIP	: Constant Work In Process (Sabit Ara Stok)
TMD	: Tekli Model Deterministik
TMS	: Tekli Model Stokastik
KMD	: Karmaşık Model Deterministik
KMS	: Karmaşık Model Stokastik
D	: Düz Hat
U	: U Hattı
ÇSEK	: Çevrim Zamanı En Küçükleme
ISEK	: İstasyon Zamanı En Küçükleme
ISMEK	: İşgören Maliyeti En Küçükleme
EMEK	: Ekipman Maliyeti En Küçükleme
TMEK	: Toplam Maliyet En Küçükleme
HVEB	: Hat Verimliliği En Büyükleme
İYD	: İş Yüğü Düzgünleştirme
ASEK	: Aylak Süre En Küçükleme
S	: Sezgisel Algoritma
OP	: Optimizasyon
DSE	: Diğer Sezgisel Algoritma
İA	: İşgören Ataması
TİA	: Tahsisli İşgören Ataması
α	: Çevrim süresi fark eşik değeri

SEMBOLLER

C	: Çevrim süresi
T	: Toplam süre
N	: Yapılması istenen ürün sayısı
n_{enk}	: Gerekli iş istasyonu sayısı
$\sum t_i$	: Bir birim ürün için gerekli bütün istasyonlardaki işlem zamanları toplamıdır
EO	: Esneklik oranı
Y	: Öncelik matrisinde sıfır (0) değerine sahip göz sayısı
D_i	: Düzgünlük indeksi
K	: Toplam iş istasyonu sayısı
ST_{max}	: Maksimum istasyon zamanı
ST_i	: İ İstasyonun zamanı
BS	: Boş zaman
T_k	: “k” istasyonun süresi
LE	: Hat verimliliği
KE	: Kuramsal etkinlik
t_i	: i işinin süresi
I_{enaz}	: En az istasyon sayısı
D	: Denge kaybı
Y_{rD}	: Toplam yıllık talep miktarı
WC_{Total}	: Toplam iş miktarı

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : 9 Öğeli Bir Öncelik Matrisi.....	10
Çizelge 3.1 : Montaj Hattı Dengeleme Literatür Matrisi (1)	33
Çizelge 3.2 : Montaj Hattı Dengeleme Literatür Matrisi (2)	34
Çizelge 5.1 : Fazla stok problemi ile ilgili 5 Neden Analizi	46
Çizelge 5.2 : Bekleme problemi ile ilgili 5 Neden Analizi.....	47
Çizelge 5.3 : Çok Görevlilik-Çok işlevlilik Çizelgesi	48
Çizelge 5.4 : 1.Alternatif Plan İç Verim Oranın Hesaplanması	52
Çizelge 5.5 : 2.Alternatif Plan İç Verim Oranın Hesaplanması	53
Çizelge 5.6 : Yeni Durum Çevrim Zamanı Diyagramı Çizelgesi.....	55
Çizelge 5.7 : Gelecek Durum Standart İş Sırası Çizelgesi	56
Çizelge 6.1: İşgören Sayısına Göre Simülasyon Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	62
Çizelge A.1 : NX Hattındaki İstasyonlar ve Süreleri	70
Çizelge A.2 : Mevcut Durum Çevrim Zamanı Diyagramı Çizelgesi	71
Çizelge A.3 : Ürün Takip Haritası.....	72
Çizelge A.4 : Mevcut Durum Akış Analizi	73
Çizelge A.5 : Üretim Kapasite Çizelgesi (İstasyon 10)	76
Çizelge A.6 : Üretim Kapasite Çizelgesi (İstasyon 20)	77
Çizelge A.7 : Üretim Kapasite Çizelgesi (İstasyon 30)	78
Çizelge A.8 : Üretim Kapasite Çizelgesi (İstasyon 40)	79
Çizelge A.9 : Üretim Kapasite Çizelgesi (İstasyon 50 ve 60)	80
Çizelge A.10 : Mevcut Durum Standart İş Sırası Şeması.....	81

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : İtme Üretim Sistemi	4
Şekil 1.2 : Çekme Üretim Sistemi	4
Şekil 1.3 : CONWIP Sistemi	5
Şekil 2.1 : Öncelik Diyagramı	9
Şekil 2.2 : Ürün (A) İle 2.Ürün (B) İçin ve Birleştirilmiş (C) Öncelik Diyagramları	10
Şekil 2.3 : Tek Modelli Hat Şekli	14
Şekil 2.4 : Çok Modelli Hat Şekli.....	15
Şekil 2.5 : Karma Modelli Hat Şekli	15
Şekil 2.6 : Montaj analizi için tasarım aşamaları.....	18
Şekil 2.7 : Montaj hattı seçim grafiği	19
Şekil 2.8 : Özel Amaçlı Montaj Sistemleri İçin Bir Örnek.....	21
Şekil 2.9 : Montaj Sistemini Belirlemede Etkileyen Faktörler	22
Şekil 2.10 : Düz Hat Örneği	23
Şekil 2.11 : U Hat Örneği	25
Şekil 4.1 : Bir hücre içindeki tavşan kovalama üretim şekli	38
Şekil 4.2 : Geliştirilen Metodoloji	39
Şekil 5.1 : Mevcut NX Hattı Yerleşim Planı	42
Şekil 5.5 : Gelecek Durum Değer Akış Haritalandırılması	50
Şekil 5.6 : Koşum Süresi-Çevrim Süresi Grafiği.....	57
Şekil 5.7 : Koşum Süresi-Temin Süresi Grafiği	58
Şekil 5.8 : Koşum Süresi-Üretim Adeti Grafiği	58
Şekil 6.1 : Gelecek Durum Yerleşim Şeması	61
Şekil A.1 : İş Akış Şeması	74
Şekil A.2 : Mevcut Durum Değer Akış Haritalandırılması	82
Şekil B.1 : Arena Simülasyon Programındaki Görsel Animasyon	83

BİR MONTAJ HATTININ YENİDEN TASARIMI VE TAVŞAN KOVALAMA YÖNTEMİNİN UYGULANMASI

ÖZET

Günümüzde rekabetin artması, pazarın genişlemesi sonucunda şirketler maliyetlerini azaltma ve kaliteyi yükseltmeyi hedeflemelerinin yanısıra müşterinin sürekli değişken taleplerine göre üretimlerini ayarlamak zorunda kalmaktadırlar.

Bu değişken müşteri taleplerine karşı işgören sayısını ayarlayarak cevap verebilecek şekilde esnek ve aynı zamanda içinde otomasyonunda bulunduğu melez bir hattın tasarımı yeniden yapılmıştır.

İşgörenlerin parçalarla beraber hat içinde dolaştığı, sırayla kendi işlerini tamamladıkları ve birbirlerini takip ettikleri tavşan kovalama olarak adlandırılan üretim yöntemi öneri olarak ortaya konulmuştur.

Yapılan tez çalışmasında montaj hattının yeniden tasarımı ve tavşan kovalama yönteminin uygulanmasına yönelik bir metodoloji geliştirilmiştir. Bu metodoloji on bir adımdan oluşmaktadır. Geliştirilen metodoloji, bir debriyaj üretim montaj hattında uygulanmıştır.

Yapılan çalışma “Yalın Üretim ve Değer Akış Yönetimi” ile başlayarak “Sonuç ve Öneriler” kısmı ile sonlanan toplam 6 bölümden oluşmaktadır.

“Yalın Üretim ve Değer Akış Yönetimi” bölümünde yalın üretim, israflar, malzeme ve bilgi akışı çeşitleri ile ilgili açıklamalar bulunmaktadır.

İkinci bölümde “Montaj hatlarının tasarımına giriş” kısmında, montaj hatları ve montaj hatlarında performans ilgili temel kavramlar, montaj hatlarının dengelenmesi, dengeleme tipleri (yatay ve dikey dengeleme), model sayısı ve sıralaması ilgili konular (tek modelli hatlar, çoklu modelli hatlar ve karma modelli hatlar) montaj hatlarının sınıflandırılması, montaj istasyonları arasındaki malzeme taşıma sistemleri gibi detaylı bilgiler mevcuttur.

Üçüncü bölümde konuyla ilgili güncel literatürler, açıklamalar ve özet literatür matrisi bulunmaktadır. Montaj hattı için yapılan literatür matrisi (1) çizelgesi; hattın özelliği (tekli model, karma model vs.), hat tipi (düz hat, U hattı) dengeleme amacı (çevrim zamanı en küçükleme, istasyon en küçükleme, operatör maliyeti en küçükleme, vs.) şeklinde sınıflandırılmıştır. Literatür matrisi (2) çizelgesinde ise; takım, dikey ve yatay dengeleme, kullanılan metot (sezgisel algoritma, optimizasyon v.s) paralel istasyonlar, dengelemeye ilaveten sıralama, işgören atama metodu, gerçek hayata uygulanabilirliği şeklinde sınıflandırılmıştır.

Dördüncü bölümde tavşan kovalama üretim yöntemi, dezavantajları, avantajları ve geliştirilen metodoloji açıklamalarla ortaya konulmuştur. Bu metodoloji onbir adımdan oluşmaktadır. Sırasıyla her bir üretim birimi için müşteri talebine göre Takt süresi ve üretim parametreleri tespit edilip mevcut durum değer akış şeması oluşturulmuştur. Şirkette birimler arası hedef stok süresi belirlenip, kök neden analizi

(5 neden analiz) yapılması yoluna gidilmiştir. Daha sonra karşı önlemleri içeren gerçek durum haritası oluşturulmuştur. İki yatırım alternatifi incelenmiştir ve bu bunların fayda/maliyet analizi yapılmıştır ve yatırım ihtiyacı ortaya konulmuştur. Daha sonra, gelecek durum veya yeni durum çevrim zamanı diyagramına göre hedef işgören sayısı hesaplanmıştır. Hedef işgören sayısının doğruluğu simülasyonla da test edilmiştir. En son aşamada hedef işgören sayısına yönelik gerekli süreç iyileştirme çalışmaları yapılması kararı verilmiştir.

Beşinci bölümde ise “Bir montaj üretim sisteminde uygulama” ile mevcut durum ve gelecek durum analizi yapılmıştır, bu bilgiler çizelgeler ve şekillerle ortaya konulmuştur ve simülasyon programıyla bulunan sonuçların doğruluğu test edilmiştir ve mevcut durumdaki çalışma şekliyle, değişik sayılarda işgörenlerin tavşan kovalama yöntemiyle çalıştığı senaryolar incelenmiştir ve karşılaştırılması yapılmıştır.

Son bölümde ise çalışmalardan elde edilen sonuçlar ve gelecekte yapılabilecek çalışmalar bulunmaktadır. Buna göre toplamda içinde 4 işgörenin tavşan kovalama yöntemiyle çalıştığı senaryo; 5. işgörenin getireceği ek maliyet göz önünde bulundurulduğunda (elimine edilebilir) çevrim süresi, temin süresi, ortalama makine kullanım yüzdesi, üretim miktarı ve darboğazdaki ortalama kuyruk uzunluğu göstergeleri bakımından en uygun seçenek olduğu sonucuna varılmıştır. Tespit edilen 4 işgörenle çalışma şekli, yeni durum çevrim zamanı diyagramı çizelgesinde hesaplanan rakamla da aynı sonucu vermiştir.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda matematiksel modeller detaylı bir şekilde ele alınabilir, kalite problemleri analize katılabilir, ürün boyutu ile ilgili kavramlar çalışmalara ilave edilebilir. Bunun yanında sezgisel metotlar geliştirilebilir, işgörenlerin öğrenme eğrileri ve yanıt yüzeyi metodolojisi incelenebilir.

REDESIGN OF AN ASSEMBLY LINE AND APPLICATION OF RABIT CHASING ASSEMBLY METHOD

SUMMARY

As a result of the increasing of the competition and market expansion, companies have to adjust their production as well as reduce costs and raise the quality of the targets according to continuous variable customer demands

The flexible and hybrid line which has automation system was redesigned against of this variable customer demands to be able to answer by adjusting the number of employees

It is called that rabbit chasing production method which is by walking operators around in line with parts, perform each task in sequence and follow each other was recommended.

This study has 6 chapter by starting with “Lean manufacturing and Value Stream Management” and ending “Results and Recommendations”

In the chapter of “Lean manufacturing and Value Stream Management”, there are descriptions about Lean manufacturing wastes (overproduction, transportation, inventory, non-quality or rework, waitings, unnecessary motions, overprocessing) material and information flow systems. These material and information systems have been classified according to material flow.

In the second chapter of “introduction to assembly line design “, The basic concepts related to assembly line informations and concept for performance in the assembly line, balancing of the assembly lines and balancing types (horizontal and vertical balancing), classification of the assembly lines, the notions related to the number of models and ranking (one model lines, multiple model lines and mixed model lines) material handling systems between assembly line stations (non-mechanical lines and moving band lines) was explained with details. Furthermore, the assembly lines have been classified and explained with details related to U line and the straight lines

In the third chapter, there is current literature information related to the subject, including an explanation and summary of the literature matrix.

Literature matrix for assembly line balancing at table 1 was classified in terms of line specifications (Single model deterministic, single model stochastic, mixed model deterministic, mixed model stochastic and other specifications), the type of line (straight line and U type line) the aim (cycle time minimization, station minimization, operator cost minimization, equipment cost minimization, total cost minimization, line efficiency maximization, idle time minimization, work load smoothing and others).

Literature matrix for assembly line balancing at table 2 was classified according to teams (team oriented assembly lines or not), vertical and horizontal balancing, method used (heuristic algorithm, optimization and other heuristics) parallel stations,

sequencing in additions to balancing, assignment method of operators (assigned or not), real life applications (This study can be applicated to real life or not).

In the fourth chapter, the rabbit chasing production method and developed methodology has been explained with details. The importance of this method has been highlighted and the advantages and disadvantages of rabbit chasing production method have been explained.

In chapter 5, “An application at assembly production system”, the information of company and assembly line where application was made has been presented and the exist situation analyze and then improved or future situation analyze has been made. According to the future situation analyse, the actions and suggestions have been determined for the removing wastes at the all company process including assembly lines. These results was demonstrated by charts and images, the production system was simulated and tested by using a simulation Arena program and the result of this study was shared.

This study presents a new methodology related to redesign of an assembly line and application of rabbit chasing assembly method. This methodology consist of eleven steps and it was applicated at the clutch production assembly line.

Firstly takt time according to customer order and production parameters were determined and then the current state value stream anlayse was established. After the target stock times were defined for each production units, the root cause analyse (5 why analyse) of over stocks between production units was made for reach of the target stock times. Likewise the root cause analyse (5 why analyse) was conducted to reduce cycle time at the workshop. Then the future state value stream analyse which is consist of countermeasures was created. Afterwards, two investment alternatives were investigated (one of the new pres and automation system and the other alternative is removing complete assembly station and buying a new rotatory automatic machine with crushing operation by including some complete assembly operation tasks.), benefit and cost analyse of them was made and the investment requirement was defined.

The alternative of new press with automation system at the first station has been decided and other is eliminated according to this investment analyse. The number of target operator was calculated at the new situation cycle time diagram.

The accuracy of the target number of employees and work methods of them has also been tested by using simulation program. Work process improvement actions for the necessary number of employees have been decided at the last phase of methodology.

The last chapter has conclusions of the study and recommendations about another research to be pursued in the future.

According to conclusions, the scenario of totally four operators in the rabbit chase production method was concluded that the most proper option when taken additional costs into account for five operators in terms of indicators such as cycle time, lead time, the average machine utilization percentage, production pieces and the average number of waiting parts at the bottleneck station's queue. The number of four operator working production method was also found according to new situation cycle time diagram result .

In the future, mathematical models can be done with details and the quality problems can be added to analyse, studies on product size can be put forward, heuristic

methods can be conducted and developed, besides these considerations the learning curve of operators can be considered and as well as, the surface methodology can be examined to analyse, furthermore at the end of study, how the accurate results can be ensured has been stated.

1. YALIN ÜRETİM VE DEĞER AKIŞ YÖNETİMİ

Yalın üretim, ürüne ya da hizmete katma değer sağlamayan tüm işlemlerin ortadan kaldırıldığı, israf olarak öngörülen her şeyin yok edilmeye çalışıldığı kısaca müşterinin para ödemediği her detayın belirlenip bunların elimine edilmesi amaçlandığı bir üretim sistemidir. Bir başka deyişle müşterinin parasını ödemediği her ayrıntı birer israf olarak öngörüldüğü için müşteri odaklı yaklaşım ve dolaylı yoldan müşteri memnuniyetini sağlamak ta hedeflenir.

1.1 Yalın Üretim Sistemi ve İsraflar

Yalın üretim, ilk olarak Toyota şirketinde kütle üretim modeline karşı alternatif bir üretim modeli olarak uygulanmıştır. Toyota fabrikasında mühendisler hazırlık zamanını düşürmek amacıyla her bir üründe tek bir makinenin kullanıldığı kütleli üretimi araştırdıkları zaman bunun pek efektif olmadığını ve bu makinelerin yeni bir üretim gelene kadar boş durduklarını ve kayıp zaman olduklarını tespit ettiler. Diğer bir deyişle buradaki mühendisler, kayıpları tanımlayarak ve kaldırarak, aynı zamanda yalın araçları uygulayarak, kendi verimliliklerini sürekli geliştirebileceklerini, kalitelerini arttırabileceklerini ve daha az maliyetli olabileceklerini buldular. **(Chen ve diğ., 2010)**

Azaltılmış temin süresi, yüksek üretim, daha az yer ihtiyacı ve daha küçük stoklar yalın üretimin ekonomik getirisi olarak söylenebilir.

Üretimde yapılan işler; ilave iş, değer katan iş ve muda şeklinde sınıflandırılabilir, ilave işler muayene gibi ürüne değer katmayan fakat mevcut üretim için gerekli olan işlerdir, değer katan iş ise ürün üzerinde doğrudan katma değer sağlandığı işlemleri ya da operasyonları ifade etmektedir. Muda ya da israf ise ürüne değer katmayan herhangi bir proses olarak tanımlanır ve mevcut üretim sistemi için gerekli değildir. Müşterinin parasını ödediği değer katan iş yüzdesinin arttırıldığı ya da israf veya ilave işlerin azaltıldığı durumda maliyetlerin düşeceğini, verimliliğin ve neticede karlılığın artacağını söylemek mümkündür. İsraflar 7 kategoriye ayrılır.

-Fazla üretim: Müşteri talebini aşan şekilde üretimin yapılması, ihtiyaç fazlası ürün anlamına gelmektedir. Yani, müşterinin belli bir zaman için istediği toplam ürün sayısından daha fazlasını üretmektir. Bu durum da, firmayı sıkıntıya sokacaktır. Çünkü, fazla üretilen mallar stoklanır. Bu da, ayrıca bir stok yeri ve stok maliyeti doğurur.

-Taşıma: Üretim hattı içinde yapılan taşımalar, ürüne herhangi bir değer katmamaktadır. İş istasyonları arasında yapılan her taşıma, zaman ve kaynak gücü kaybıdır. Değer kaymayan ama gerekli olan bu işlemler, en aza indirilerek, fazla israftan kaçınılmalıdır.

-Stoklar: İhtiyaç fazlası üretilen her malın stoklanması, bunlar için ayrıca bir yer ve insan tahsis edilmesi, taşımalar yapılması, sipariş zamanı geçtikten sonra üretilen malın beklerken değer kaybına uğraması gibi birçok neden, stok durumunu israf olarak nitelemek için yeterlidir. Stok maliyeti de, işletmeye ayrıca bir masraf olarak yansımaktadır. Bunların yanında, nihai ürün olmayan, prosesler arası darboğazlardan kaynaklı olarak yığılan ara stoklar (yarı mamüller) da bu kapsamda değerlendirilir.

-Kalitesizlik: Hatalı veya yanlış üretilmiş olan ürünler, her zaman israftır. Tamir edilecek olanlar için tamir masrafı ve zaman kaybı oluşur.

-Beklemeler: Üretim hattı içinde, herhangi bir yerde bekletilen malzeme, ham madde, yarı mamul, insan, araç vb. tüm para ödenen faktörlerin bekletilmesi, işletme adına kayıp ve israf özelliği taşımaktadır. Beklemeler elimine edilmelidir.

-Aşırı işlem veya gereksiz yapılan işlem: Yapılan her işlem, atılan her adım, müşteri beklentisi ve isteğine göre gerçekleştirilmelidir. Ürün ya da prosesler üzerinde hiçbir işlem, gereksiz nitelik taşımamalıdır.

-Gereksiz Hareket: Burada hareket ifadesi ile çalışanların ve makinelerin gereksiz hareketi kastedilmektedir. Fabrika içinde bu şekilde gereksiz hareket, kazalara, gecikmelere veya malzemenin yıpranmasına neden olur.

1.2 Değer Akış Yönetimi

Değer akışı, bir ürün için gerekli bütün malzemeler ve bilgilerin üretim sistemi içinde nasıl aktığını içerir, değer akış haritalandırılması da üretim sisteminin mevcut ve

gelecek durumunu gösteren haritada değer akışına ilişkin bilginin basitçe gösterilmesidir.

Değer akış şeması sayesinde malzeme girişinden ürünün müşteriye sevkiyatına kadar bütün aşamalarda oluşan stok seviyeleri, malzeme akışı (çekme, itme vs.), bilgi akışı, hata oranları, hazırlık zamanları, temin süreleri, katma değer süreleri, ve uzaklıklar ortaya konulur. Ayrıca, bu şemada sevkiyat miktarları, hammadde miktarları, müşteri talepleri, takt süreleri de gösterilir. Bu şekilde iyileştirilmesi gerekli alanlar veya israflar daha belirgin hale gelir.

Değer akış şeması gözden geçirme işini ve nihayetinde karar verme işini kolaylaştırmak açısından faydalıdır, çünkü bu sayede **(Sullivan ve diğerleri, 2002)**

- Akış görsel hale getirilir.
- Kayıpların olduğu yer tanımlanır.
- Bilgi ve fiziksel akış arasındaki ilişki gösterilir.
- Yalın üretim prensipleri entegre edilir.
- Uygulama aşamasında hangi sorumluların yer alacağına karar verilir.

Karar verici, israfların olduğu alanlara problem çözme metodu olan 5 kök neden analizini uygulayarak israfların kök nedenini bulmaya çalışır.

Daha sonraki aşama, içinde iyileştirme başlıklarının da yer aldığı gelecek durum haritası ortaya çıkarılır. Bu haritada, mevcut haritadaki gibi malzeme akışı, bilgi akışı, uzaklıklar, temin süreleri vs.gibi bütün göstergeler yer alır. Bu göstergelerin bir kısmı mevcut duruma göre israflar elimine edileceği için daha iyileştirilmiş olduğunu görmek mümkündür. Bundan sonraki adım, iyileştirme faaliyetlerinin planlanması, ilgili kişilerin görevlendirilmesi ve bunların takip edilmesidir.

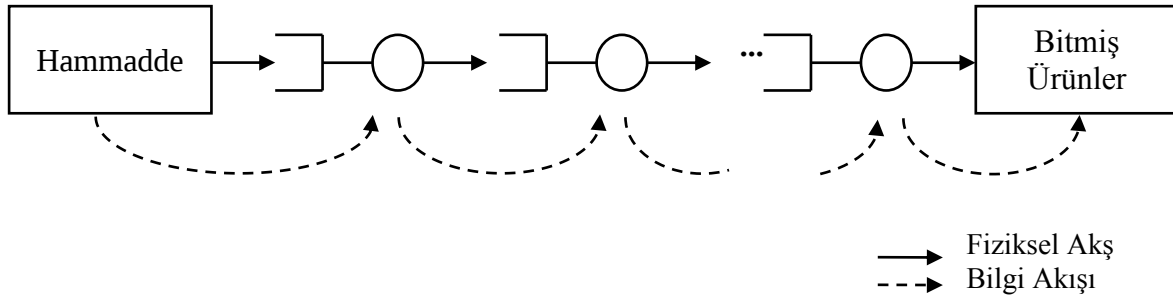
1.3 Malzeme ve Bilgi Akışına Göre Üretim Sistemleri

Malzeme ve bilgi akışına göre üretim sistemleri; itme kontrollü üretim sistemi, çekme kontrollü üretim sistemi, kanban üretim sistemi ve conwip üretim sistemi olmak üzere dörde ayrılır.

1.3.1 İtme kontrollü üretim sistemi

İtme sistemi işlerin atölyeye girişlerini talebe dayalı olarak çizelgeler ya da bir başka deyişle itme sistemi, işin serbest bırakılmasını talebe dayalı olarak ayarlar ve sistem

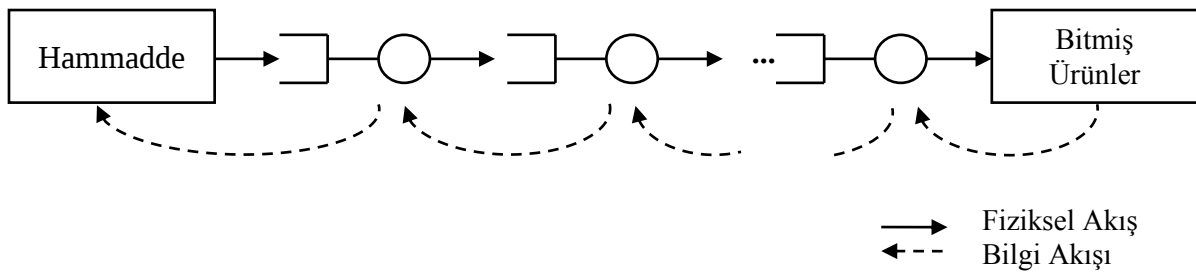
faktörlerinden geri bildirimi kabul etmez. Bu aynı zamanda itme sisteminin dıştan gelen bir ana üretim programına (AÜP) göre bir parçayı hatta serbest bırakılmasıdır. Bu serbest bırakma zamanı üretim sistemi içindeki bir değişiklikten etkilenmez. Bilgi akışı AÜP dan bitmiş ürün stoğuna doğru akar. Eğer sistem içinde makinelerde bir arıza olduğunda, arıza giderilene kadar parçalar yığılmaya başlar. İtme sistemi siparişe göre çalıştığından bu yığılmayı önleme açısından herhangi bir olumlu etkisi olmaz.



Şekil 1.1: İtme Üretim Sistemi (Hochreiter, 1999)

1.3.2 Çekme kontrollü üretim sistemi

İşlerin atölyeye girişlerine sistemin uygunluğuna göre izin verir ya da sistemin durumuna göre işin serbest bırakılmasını sağlar, yani çekme sistemi, bir parçayı çağırma sinyali geldiğinde sisteme girişine izin verir. Bu değişiklik çoğu zaman bir parçanın hattan çıkışıyla sonuçlanır. Bilgi, bitmiş ürün stoğundan hammadde stoğuna kadar akar.



Şekil 1.2: Çekme Üretim Sistemi (Hochreiter, 1999)

1.3.3 Kanban üretim sistemi

Kanban ise Toyota üretim sisteminde bir çekme sistemi olarak ifade edilir ve çekme sistemi kanban ile eş anlamlı olarak kullanılır. Bu sistem ilk olarak Toyota firmasında kullanılmıştır ve Japonca da kart anlamına gelmektedir. Bu kartlar

malzeme akışını yönetmede kullanılan görsel araçlardır. Kanban sisteminde üretim talep tarafından tetiklenir ve bir parça son stok noktasından kaldırıldığı zaman, hattaki bir önceki istasyona parçayı üretme yetkisi verir. Bu şekilde hattın veya üretim sisteminin ilk noktasına kadar yetkilendirme süreci devam eder. Siparişin çekilmesi de buna göre yapılır. Bir işlemin yapılabilmesi için (1) işlenecek malzemenin var olması ve (2) yetki sinyali (Kanban kartı) mevcut olması yeterlidir.

1.3.4 CONWIP üretim sistemi

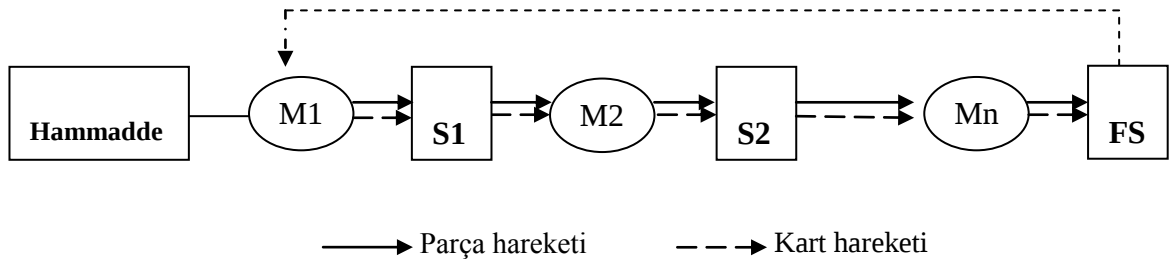
Bu sistem, çekme ve itme sistemi arasında karma bir sistem olarak da tanımlanabilir. CONWIP sisteminde üretimin sabit bir ara stok seviyesinde tutulması ve herhangi bir zamanda üretim içerisinde dolaşan parça sayısının sınırlandırılması amaçlanır. CONWIP de üretim sisteminin son istasyonunda parça tamamlandıktan sonra sisteme malzeme çekilir. Kanban sistemi gibi CONWIP sistemi de müşteri taleplerine gerçek anlamda cevap verebilir, bu bakımdan aynı zamanda çekme sistemi gibi davranış gösterebilir. (Şekil 1.3)

Kaç tane kartın sistem içinde olacağı, sistem davranışının nasıl tahmin edileceği ve işlerin nasıl programlanacağı gibi hususlar CONWIP sisteminin uygulamasında ortaya çıkan problemler olarak ifade edilebilir. (Framinan ve diğerleri, 2000)

CONWIP ve çekme sisteminin faydaları şu şekilde sıralanabilir:

1. CONWIP ve Çekme sistemleri daha düşük ara stoğa sahiptir
2. CONWIP ve Çekme sistemlerini kontrol edilmesi kolaydır, itme sistemleri çıktıyı kontrol ederken çekme sistemleri ara stoğu kontrol eder

CONWIP sistemi, yüksek üretimlerde itme sistemine göre daha üstün avantajlara sahip bir akış sistemidir, kanban sistemine göre daha geneldir ve çoğu üretim sisteminde kullanılabilir. Ayrıca, CONWIP bir çok durumda kanban sistemine göre aynı çıktıyla daha düşük ara stok seviyesi oluşmasıyla sonuçlanabilir. (Huang ve diğerleri, 1998)



Şekil 1.3: CONWIP Sistemi (Huang ve diğerleri, 1998)

Hammaddeler sadece CONWIP kartı varsa serbest bırakılırlar. Kartlarda herhangi bir rotalama veya ürün bilgisi gerekmediğinden basit olabilir. Bir iş sadece kart geldiğinde hatta sokulduğundan kartlar çevrim halindedir. Üretim hattındaki üretim içi stok miktarı, sistemdeki CONWIP kartları sayısı kadardır.

Bir CONWIP sisteminin kullanılması için uygun koşullar şunlardır. **(Kabadurmuş, 2008)**

1. Kısa hazırlık süreleri
2. Benzer işlem zamanları: Yani her parçanın her makinede harcadığı zamanın benzer olmasıdır. Bu da darboğazları önlemek üzere önem taşır.
3. Sabit rotalar: Her parça aynı sırayı izleyerek aynı makinelerden/veya süreçlerden geçer. Bazı parçalar fazladan operasyonlara gerek duyabilir ancak bu çevrim süresini değiştirmez, bu nedenle CONWIP sistemi çalışır.

2. MONTAJ HATTI TASARIMINA GİRİŞ

Montaj hattı tasarımında çalışmanın amacı, montaj hattı ile ilgili temel kavramlar, montajda performansa yönelik kavramlar, montaj hattı dengelemesi, model sayısı ve sıralama ile ilgili kavramlar, malzeme taşıma sistemleri, montaj hatlarının yerleşimi ve montaj sistemlerinin sınıflandırılması konuları ele alınmıştır.

2.1 Çalışmanın Amacı

Yapılan çalışmanın genel amacı, kapasite problemi ile karşılaşılan ve üretim artışı zaruri olan bir montaj hattında, tasarımın gözden geçirilerek tavşan kovalama yönteminin uygulaması ve böylece kapasite ve verimlilik artışı sağlamaktır. Ayrıca, çalışanlar arasında iş yükünün dengelenmesi, ara stokların azaltılması ve üretim belirsizliğine çok kolay cevap verebilecek şekilde işgörenlerin sayısının da ayarlanabilmesi de amaçlanmıştır. Çalışmada sırasıyla:

- 1) Mevcut durum, değer analizi yapılarak ortaya konması (Value Stream Mapping)
- 2) Sayısal hedefler belirlenmesi
- 3) Hedeflere göre gelecek durum haritası oluşturulmuştur.
- 4) Gelecek durum haritasına göre aksiyonlar belirlenmiştir
- 5) Fayda/maliyet analizinin çıkarılmıştır
- 6) Yatırım ihtiyaçları ortaya konulmuştur
- 7) Simülasyonla sistemin uygunluğu test edilmiştir. Eğer testte uygun olmayan sonuçlar çıkarsa madde2 ye geri dönlür. Aksi durumda 1 e geri dönlür.

2.2 Genel Bilgi

Montaj kavramı üretim firmalarında karşılaşılan en önemli kavramlardan biridir. Montaj, çeşitli parçaların ve alt montajların, yeni bir ürün oluşturmak üzere, bir birleştirme yöntemi ile bir araya getirilmesi sürecidir. (Acar ve Eştas, 1991.)

Bir montaj hattı birbirlerine malzeme taşıma sistemiyle bağlı iş istasyonlarından oluşmaktadır. Bu iş istasyonları komponentleri final ürüne montaj etmek için kullanılır ve ürünler herbir istasyonda maksimum çevrim zamanı kadar kalırlar. **(Gökçen ve Ağpak, 2006).**

Bir montaj sistemi iş istasyonlarının sıralı şekilde düzenlendiği tahsis edilmiş tipte üretim olarak da tanımlanır ve işlerin bir istasyondan diğerine hareket ettiği ürünler üzerinde gerçekleştirilir.

Montaj hattı başka bir tanıma göre, malzemelerin, akış hattı boyunca işgücü ve donanımdan faydalanarak transfer edildiği ve parça üzerindeki işlemlerin, aralarındaki öncelik ilişkileri ve çevrim süresi gibi kısıtlar gözönünde bulundurularak birleştirilmesiyle oluşturulan istasyonların yine bir hat boyunca sıralanmasıyla meydana gelen sistemdir. Hat üzerinde bulunan işgörenler, yarı ürün önlerinden geçerken, kendilerine ait iş öğeleriyle ilgili bir veya birkaç işlemi yaparlar. Bu işlem sonucunda hatta giren parça ve ürünler hattın sonunda ürün olarak çıkarlar. **(Başkak, 2005)**

2.3. Montaj Hatları İle İlgili Temel Kavramlar

2.3.1 Montaj işine yönelik kavramlar

İş Öğesi: Üretim süreci içinde toplam iş içeriğinin mantıksal olarak bölünmüş en küçük bir parçasıdır.

İş istasyonu: Montaj hattı üzerinde verilen bir işin, işçi ya da işçiler tarafından yapıldığı alandır.

İş istasyonu süresi: Bir iş istasyonunda tamamlanması gerekli olan iş öğelerinin standart sürelerinin toplamıdır ya da istasyona gelen bir parça üzerinde o istasyonda yapılması gerekli olan ilk iş öğesinin başlangıç anı ile son iş öğesinin bitiş anı arasındaki süre farkıdır. Bir iş istasyonunun süresi, o hattaki iş öğesi sürelerinin en büyüğünden küçük, çevrim süresinden büyük olamaz.

Toplam iş süresi: Montaj hattı üzerinde üretilebilecek bir ürünün montajı için gerekli olan süre veya işi oluşturan tüm iş öğelerin standart sürelerinin toplamıdır.

Çevrim süresi: Montaj hattında, ürünün bir istasyonda kalabileceği en büyük süre veya bir iş istasyonundaki işçinin o istasyonda yapılması gerekli işleri tamamlaması

için gerekli süredir. Çevrim süresi, iş istasyonundaki işgörenin işini tamamlayabilmesi için kullanabileceği süredir.

Kuramsal olarak çevrim süresi, gerçekleşmesi istenen ürün çıktısında hesaplanabilir;

-C: Çevrim süresi

-T: Eldeki toplam süre

-N: Yapılması istenen ürün sayısı

$$C=T/N \text{ dir.} \quad (2.1)$$

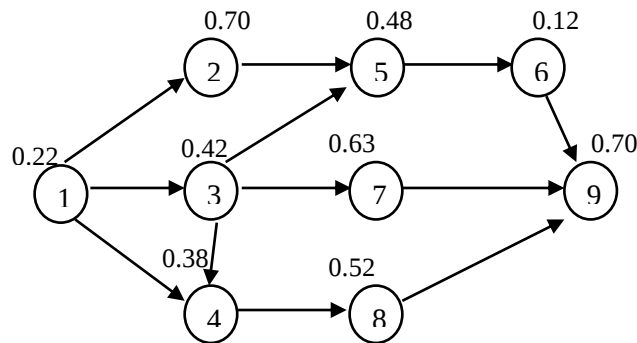
Örneğin, 1.iş istasyonu 4dk, 2.iş istasyonu 5dk, 3.iş istasyonu 4dk olan işlerin oluşturduğu bir ürüne ait Toplam iş süresi:13 dk, Çevrim süresi ise 5dk olarak gerçekleşir.

Gerekli en az iş istasyonu sayısı: Montaj hattındaki işlemlerin, her istasyona çevrim süresini tümüyle veya en az bir tanesi hariç tümüyle dolduracak şekilde atandığı düşünülürse gerekli iş istasyonu sayısı (n_{enk}) şu şekilde bulunur:

$$n_{enk}=\sum t_i/C \quad (2.2)$$

$\sum t_i$: Bir birim ürün için gerekli bütün istasyonlardaki işlem zamanları toplamıdır.

Öncelik diyagramı: Montajın teknik özelliklerinden dolayı, bazı iş öğelerinin zorunlu olarak birbirlerini izlemesi gerekir. Bu özelliklerin tümü, öncelik ilişkileri adı altında toplanır. Bu ilişkiler bir grafikte anlatılır, bu gösterim analitik hat dengeleme sistemlerinde öncelik ilişkilerinin belirlenmesinde çok geniş olarak kullanılan öncelik diyagramıdır. Teknolojik öncelik diyagramında daire içerisinde ve daire üzerinde rakamlar bulunur. Daireler birbirleriyle oklarla ayrılır ve okun çıktığı yönde bulunanın, okun ucunda bulunandan daha önce işleme alınacağını gösterir. Daire üzerindeki rakamlar iş ögesi süresini, daire içindekiler ise iş ögesi numaralarını gösterir. Şekil 2.1 de bir montaj hattına ilişkin öncelik diyagramı görülmektedir.



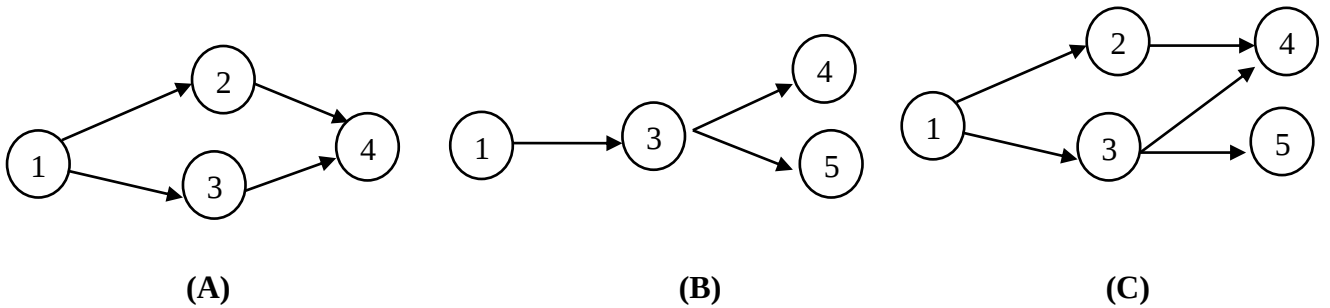
Şekil 2.1: Öncelik Diyagramı

Öncelik matrisi: Öncelik diyagramının matris durumuna dönüştürülmüş şeklidir. Bu matriste aralarında aralarında doğrudan doğruya öncelik ilişkileri bulunan iş öğeleri için, matriste önde gelen öğe numaralı satırla; izleyen öğe numaralı sütunun kesiştiği noktaya “1”, diğer noktalara “0” değeri konur. Çizelge 2.1 de, Şekil 2.1 de hazırlanmış öncelik diyagramının çizelge halinde gösterilmiş hali bulunmaktadır.

Çizelge 2.1: 9 Öğeli Bir öncelik Matrisi.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	1	0	0	0	0
3	0	0	0	1	1	0	1	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	1	0
5	0	0	0	0	0	1	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	1
7	0	0	0	0	0	0	0	0	1
8	0	0	0	0	0	0	0	0	1
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Birleştirilmiş öncelik diyagramı: Birden fazla modelin öncelik ilişkilerinin birleşiminden oluşur. Birleştirilmiş diyagram, farklı modeller arasındaki öncelik ilişkilerinde bir çelişkinin olmadığı durumlar için uygundur.



Şekil 2.2: Ürün (A) İle 2.Ürün (B) İçin ve Birleştirilmiş (C) Öncelik Diyagramları (Aydoğdu, 2005)

Esneklik oranı: Bir montaj sürecinin öncelik yapısının belirlenmesinde kullanılan bir ölçüttür. Esneklik oranı, bir montaj sürecinde elde edilebilen uygun sıraların sayısının bir ölçüsüdür.

EO: Esneklik oranı

Y: Öncelik matrisinde sıfır (0) değerine sahip göz sayısı

olmak üzere şu ifade yazılabilir.

$$EO=(2*Y)/[N*(N-1)] \quad (2.3)$$

Düzgünlük indeksi: Montaj hatlarının dengesi için düzgünlük indeksi tanımlanır, bu indeks; montaj hattındaki iş istasyonlarının düzgünlüğünü gösterir, düzgünlük indeksinin az olması, hat üzerinde iyi bir dengenin sağlanmış olduğunu, sıfıra yakın olması da mükemmel bir dengeleme olduğunu ifade eder.

K: Toplam iş istasyonu sayısı

ST_i: İ İstasyonun zamanı

ST_{max}: Maksimum istasyon zamanı

D_i: Düzgünlük indeksi

$$D_i = \sqrt{\sum_{i=1}^K (ST_{max} - ST_i)^2} \quad (2.4)$$

İş istasyonu boş zamanı: Operatörlerin diğer istasyonlara kıyasla boş kalma zamanıdır. İş istasyonu ile çevrim zamanı arasındaki fark, iş istasyonunun boş zamanını göstermektedir.

BS: Boş zaman

T_k= “k” istasyonun süresi

$$BS=C- T_k \quad (2.5)$$

2.3.2 Montajda performansa yönelik kavramlar

Hat verimliliği: Hattın yüzde olarak kullanımını gösterir. Toplam istasyon zamanının, iş istasyonu ile çevrim zamanının çarpımına oranı olarak ifade edilir. (Grzechca, 2011)

Bir başka deyişle hat verimliliği, montaj hattındaki toplam işgücünün ne kadarlık bir yüzdesinin kullanıldığını gösterir.

LE: Hat verimliliği

K: Toplam iş istasyonu sayısı

ST: İstasyon zamanı

C: Çevrim süresi

$$LE = \sum_{i=1}^K ST_i / C * K \quad (2.6)$$

Kuramsal etkinlik: Hattın belirlenmiş çevrim süresinden hareketle, en az istasyon sayısı ile kurulması durumundaki etkinliğidir. Hat verimliliğinin üst sınırıdır ve iş öğelerinde yapılabilecek düzenlemelerde üst düzeye çıkarılabilir. (Baskak, 1998)

KE: Kuramsal Etkinlik

c: Ortalama iş istasyonu süresi

$\dot{I}_{enaz}$: En az istasyon sayısı

t_i : “i” işinin süresi

$$\dot{I}_{enaz} = \sum t_i / c$$

$$KE(\%) = [\sum t_i / (\dot{I}_{enaz} * c)] * 100 \quad (2.7)$$

Denge kaybı: İşlerin, işlemciler veya istasyonlara dengesiz dağıtımını gösteren bir ölçektir. Genellikle ortalama iş istasyonu süresi (c değeri), çevrim zamanı (C) büyük olduğu durumlarda denge kaybı (D) ortaya çıkar. Eğer bir montaj hattı çok iyi bir şekilde dengelenmişse bütün iş istasyonlarının süreleri birbirine çok yakın olup, hiç bir gecikmeye neden olmadan hat içinde iyi bir akış sağlanabilir.

$$D(\%) = [(C - c) / C] * 100 = [(n * C - \sum t_i) / (n * C)] * 100 \quad (2.8)$$

Bir üretim sisteminin esneklik performans ölçümü, ölçeklenebilirlik ve dönüştürebilirlik ile ifade edilir. (Hu ve diğ, 2011).

Ölçeklenebilirlik: Bir üretim sisteminin kapasitesini, üretim kaynaklarını (makine) ilave ederek veya azaltarak değiştirebilme yeteneğidir.

Dönüştürebilirlik: Farklı ürün tiplerine cevap verebilecek bir üretim sisteminin fonksiyonelliğini değiştirmedeki kolaylığını ölçer.

2.3.3 Montaj hatları dengelemesi

Akış hatlarının tasarımındaki ana amaçlarından biri, her bir iş istasyonuna eşit miktarda iş dağıtımı yapabilmek, başka bir deyişle, toplam iş yükünü istasyonlar arasında mümkün olduğu kadar eşit şekilde bölebilmektir. Bu durum “hat dengeleme” olarak adlandırılır. Hat dengeleme terimi ilk kez 1950 yıllarda Jackson tarafından kullanılmaya başlanmıştır ve bu konu günümüze kadar araştırmacıların dikkatini çekmiştir. **(Khan ve diğ., 2002).**

1900’ lü yılların başında Henry Ford tarafından geliştirilen klasik otomobil şasi hat örneğinde üretim sürecinde küçük parçalara bölünen işler, yapılış sırasına göre bir hatta dizilmekte, işçilerin üretim sırasında işi gereği parça almak ya da alet/makine kullanmak için gidiş gelişleri önlenmektedir. Bunun yerine işin nesnenin, üretim sürecinin gerektirdiği işlem sırasına göre dizilmiş makineler ve iş istasyonları boyunca hareket etmesi sağlanmaktadır. İlk olarak, 1913 yılında yapılan zaman etütleri sonucunda üretim süreci 140 işgören arasında bölünmüştür ve böylece 12 saat 28 dakikalık süre, 5 saat 50 dakikaya indirilmiştir.

2.3.3.1 Montaj hattı dengeleme çeşitleri

-Önceden belirlenen çevrim zamanına (sabit çevrim zamanı) göre iş istasyon sayısını minimize etmek. (Tip1-Montaj hat dengelemesi)

-Belirlenen iş istasyonuna göre (sabit iş istasyon sayısı) çevrim zamanını minimize etmek (Tip2-Montaj hat dengelemesi)

-Üretim programının sık sık değişmesine bağlı olarak değişiklik gösteren montaj işgörenlerinin iş istasyonlarına dağıtıldığı, iş istasyon sayısının ve çevrim zamanının duruma göre farklılık gösterdiği Tip3 montaj hat dengelemesi olarak da adlandırılan dengelemedir. Ana amaç, değişen çevrim zamanını ve değişen montaj işçilerinin sayısını minimize etmektir. Böylece montaj işgörenlerinin boş zamanlarını (aylak zamanlarını) azaltmaktır. **(Shin ve Min, 1991).**

Bunun dışında dengelemeleri yatay dengeleme ve dikey dengeleme olmak üzere

2 ye ayırmakta mümkündür:

Yatay dengeleme: Belirli bir istasyon içerisindeki model sürelerini birbirine yaklaştırmaktır. Eğer bir istasyondaki çalışanın değişik modellerdeki iş yükü büyük değişimler gösteriyorsa, ortalama üretim miktarı yeterli olsa bile peş peşe yüksek iş

yükü gerektiren modellerle başa çıkması mümkün değildir. Bu durumda modeller arasında dengeleme yapmak zorunlu hale gelir.

Dikey dengeleme: Her model için işlerin istasyonlara düzgün bir şekilde dağıtıldığı bir dengeleme çeşididir. Dikey dengeleme yapılırken ortalama istasyon zamanı göz önünde bulundurulur ve her bir istasyona dağıtılan iş yükünün ortalama iş yüküne yakın olması amaçlanır. (Merengo ve diğ., 1999).

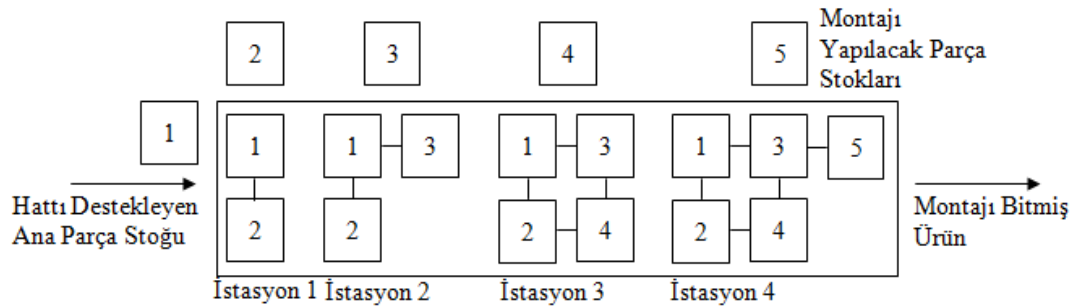
2.3.3.2 Montaj hattı dengeleme amaçları

Yukarıdaki dengeleme çeşitlerinde ifade edilen dengeleme amaçları dışında dengelemenin diğer amaçları da şu şekilde sıralanabilir:

- Düzenli bir malzeme akışını sağlamak
- Makine kapasitelerini en üst düzeyde tutmak
- Malzeme kullanım miktarını en küçükmek
- Hat dengeleme maliyetini en az düzeyde tutmak

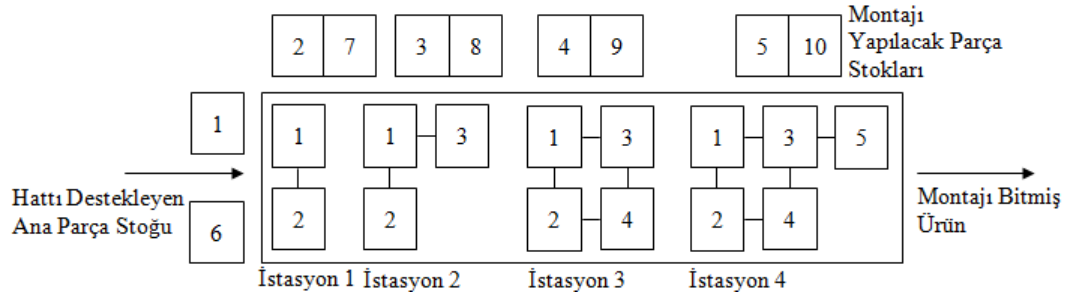
2.3.4 Model sayısı ve sıralama ile ilgili kavramlar

Tek modelli hatlar: Bunlar tek bir modelin veya ürünün üretimine ayrılmış hatlardır. Bu hatların tasarımı daha basittir.



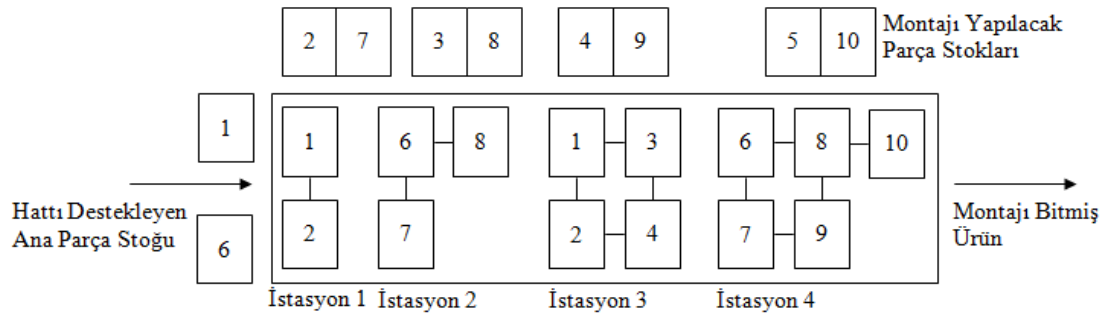
Şekil 2.3: Tek Modelli Hat Şekli (Keskin, 2011).

Çok modelli hatlar: Bu tür hatlarda farklı ürünler veya aynı ürünün iki veya daha çok benzer tipi, ayrı yığınlar halinde üretilir. Ürünler veya modeller, genellikle iş öğelerinin benzer sıralamasını gerektirdiği için çok değişik modeller aynı hatta üretilebilirler. Eğer çok modelli hatlar yığınlar büyük olursa tek modelli montaj hatlarına, küçük olursa karma modelli hatlara benzerlik gösterirler.



Şekil 2.4: Çok Modelli Hat Şekli (Keskin, 2011).

Karma modellenli hatlar: İki veya daha çok benzer ürünün veya bir ürünün değişik modellerinin, aynı anda ve karışık olarak üretildiği montaj hatlarıdır. (Acar ve Eştaş, 1991). Karma modellenli hatlarda, büyük miktarlarda bitmiş ürün stoklarına gerek olmayıp çok modellenli hatların tersine, tüketicinin istek ve beklentileri, sürekli bir şekilde yapılan üretimle karşılanır. Otomobil ve kamyon montaj hatları buna örnek olarak gösterilebilir.



Şekil 2.5: Karma Modelli Hat Şekli (Keskin, 2011)

Karma modellenli montaj dengelemelerinde farklı modellerin farklı montaj karakteristikleri: kayma ve model sıralama gibi basit tekli montaj dengelemelerinde var olmayan problemlerle karşılaşılır. (Hu ve diğ., 2011).

Kayma terimi, en uygun çevrim süresinden sapmayı simgeler, hat dengelemenin ana amacı, her bir istasyonda çevrim zamanına ulaşmaktır, eğer ürün değişiklikleri fazla olursa bu pratikte imkânsızdır.

Negatif kayma, özel bir ürün çeşidine göre montaj faaliyetlerini yerine getiremeyen bir istasyondaki çalışanın arta kalan zamanını gösterir, bu durum hattın verimliliğini düşürür.

Pozitif kayma, önceden belirlenen çevrim zamanını aşan istasyon çalışanın harcadığı zamanı gösterir, büyük pozitif çekilme içeren istasyonlar montaj için darboğaz hale gelirler.

Karma modellenli montaj hatlarının kullanımı; stok azaltımındaki avantajlar, model geçişlerindeki hazırlık zamanlarının azaltılması, değişen müşteri taleplerini karşılamada daha etkili olması bakımından giderek yaygınlaşmaktadır.

Karma modellenli hatların en büyük olumsuz yönlerinden birisi; modellerin yapısından kaynaklanan daha fazla istasyon sayısı, eşit olmayan iş akışları ve boş istasyon süreleridir.

2.4 Malzeme Taşıma Sistemleri ve Montaj İstasyonları Arasında İş Transferi

Montaj sistemlerinde önemli olan bir nokta da montajı yapılan ürünün istasyonlar arası taşıma veya aktarım şeklidir. Bu taşıma şekline karar verirken; çevrim süresi, maliyet, hattın yerleşim şekli ve taşınacak ürünün hassasiyeti göz önünde bulundurulur. Bu iletim hatları, mekanik olmayan hatlar ve hareketli bant hatları olmak üzere iki grupta incelenir.

2.4.1 Mekanik olmayan hatlar

Mekanik olmayan hatlarda, ürün istasyonlar arası işgörenler vasıtasıyla aktarılır. Yani Mekanik olmayan hatlarda bant veya kayış sistemleri kullanılmaz. Hafif veya küçük ölçekli ürünlerin taşınması tercih edilir. Bu tip hatlarda istasyonlarda **işin beklemesi** (işgören işini tamamlamasına rağmen bir önceki istasyondaki iş tamamlanmadığı için işgörenin işi beklemesi) veya **istasyonların tıkanması** (yine işgören işini tamamlamasına rağmen bir sonraki iş tamamlanmadığı için o istasyonda bekleme durumu) sorunlarla karşılaşılır.

Bu problemlerin sonucunda iş istasyonları arasında birikmeler oluşur, çevrim süresi artar, iş akışı düzensiz gelişir, burada güvenlik stokları üretim stoklarını düzeltmek için kullanılır. Bu durumda hem stok maliyetlerinin hem de kalite maliyetlerinin yükselmesine neden olur.

2.4.2 Hareketli bant hatları

Hareketli bant hatlarında, ürün; istasyonlar arasında zincir, kayış gibi hareketli sistemler vasıtasıyla aktarılır. Bu bant ile montajı yapılan ürünün istasyonlar arası transferi hızlandırılabilir, işgörenlerin taşıma işlemi ile ilgili iş yükü ortadan kaldırılabilir ve iş akışı daha düzgün bir hale getirilebilir. Taşıma sistemi; sürekli, aralıklı (kesikli) veya eş zamanlı olmayan (düzensiz) şekilde olabilir. **(Acar ve Eştaş, 1991)**

Hareketli bant hatları için genelde iki durum söz konusudur:

a) Birimlerin banttan alınabilir olduğu durum:

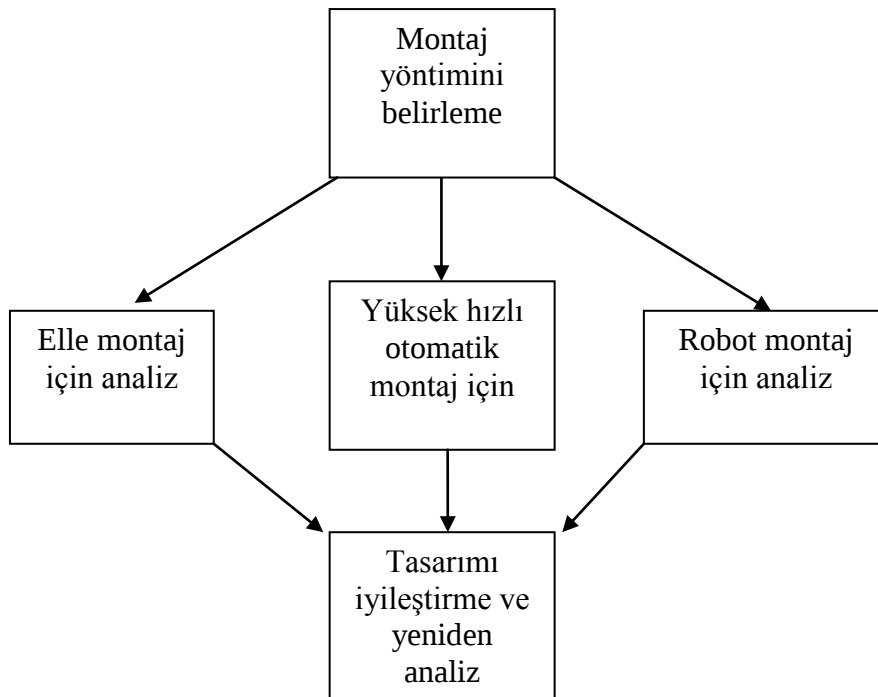
Bu tip hareketli bant sistemlerinde, üretim hattının işleyişi çeşitli şekillerde olabilir: en karmaşık durumlardan birisi, iş görenin birimleri hareketli banttan alarak yapılacak işi tamamlayıp bir sonraki istasyona göndermek amacıyla hareketli bant üzerine bırakması ve tekrar bir önceki parçayı almasıdır. Burada istasyonun boş kalması ve eksik birim üretimi gibi iki durumda karşılaşılabılır: Elindeki mevcut işi tamamlayan istasyon bir sonraki işi zamanında alamayarak beklemek durumunda kalabilir, bu şekilde istasyonda boş zaman ve dolayısıyla düşük kapasite kullanımı söz konusu olur. Eksik birim üretimi ise düzenli harekete sahip bantlarda çeşitli nedenlerle çevrim süresini tamamlamamış ürünler, sonraki istasyonlara gereken işlem eksik yapılarak veya hiç yapılmadan gönderileceğinden hattın düzeni bozulur. Bu nedenle çoğunlukla hareketli bant sistemlerinde hatalı ürün hattın alabilecek destek sistemleri de uygulanır, ve hattın bir bölümü bu alana tahsis edilir, hatalı ürünler hat sonunda özel bir alanda yeniden işlenir.

b) Birimlerin banttan alınamadığı ve üzerinde sabit olduğu durum:

İşlenecek parçaların hat üzerinde sabit olduğu ve hattın dönüşü ile birlikte hareket ettiği sistemlerdir. Buradaki temel ölçüt parçaların ağırlıklarının fazla olması veya banttan alınamayacak kadar büyük olmalarıdır. Örnek olarak motorlu araçların üretimi veya motorlu araçlarda kullanılan kablo sistemleri verilebilir. Sürekli hat ve adımli hat olmak üzere iki gruba ayrılır.

2.5 Montaj Sistemlerinin Sınıflandırılması

Montaj sistemleri dört temel başlık altında sınıflandırılır: Elle çalışan (manüel), otomatik/yarı otomatik, robotlar ve bu yöntemlerin her birinin ayrı ayrı olabildiği gibi bunların birkaçının içinde bulunduğu karma üretim sistemi ya da hibrid üretim sistemi de olabilir. En başta montajın uygunluğu ve ekonomikliği de göz önünde bulundurularak bir analiz yapılmalıdır.



Şekil 2.6: Montaj analizi için tasarım aşamaları (Baskak, 2005)

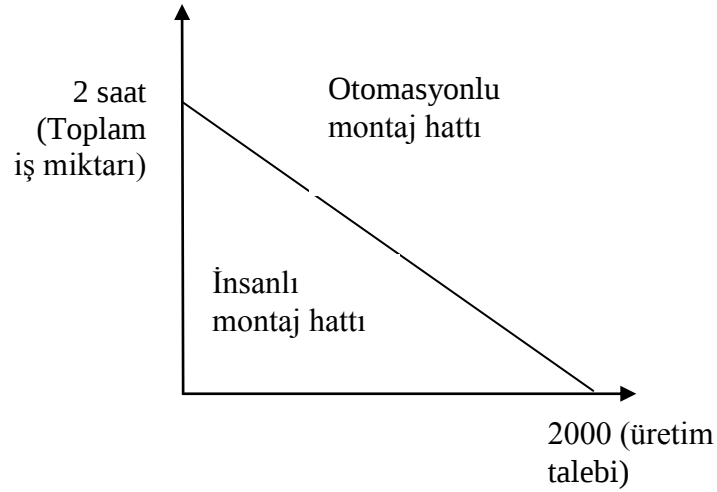
Bir başka yöntemle göre toplam yıllık talep miktarı ve toplam iş süresinden yola çıkarak da montaj hattının insanlı mı ya da otomatik mi olacağı kararı verilebilir.

(Khan ve Day, 2002)

Y_{rD} :Toplam yıllık talep miktarı

WC_{Total} :Toplam iş miktarı

$Y_{rD}/1000 + 0.28 WC_{Total} > 2000$ ise Otomasyonlu montaj hattı tercih edilir



Şekil 2.7: Montaj hattı seçim grafiği (Khan ve Day, 2002)

2.5.1 Elle (insanlı-manüel) montaj sistemi

Bu sistemde oldukça basit aletler kullanıldığı ve küçük miktardaki partiler için uygundur, insan elinin ve parmaklarının yetenekleri sayesinde ve insanın herhangi bir hatayı duyu organlarını kullanarak farkına varması ve düzeltmesi nedeniyle işgörenlerin montajı, hatta karmaşık parçaları yapması mümkündür. Elle montajda işgörenler önemli becerilere sahiptir, parçayı farklı yerlerden ve farklı konumdan alabilirler ve montajını gerçekleştirebilirler, ancak bunun istisnalarının olduğu durumlarda vardır.

- Çok büyük ve ağır parçalar
- Çok küçük parçalar
- Tutulması zor parçalar (keskin yüzeyli, ince ve kırılgan parçalar)
- Aynı görüme sahip parçalar
- Tek olarak tutulması ve/veya alınması zor parçalar

Elle montaj hatlarına; mobilya, otomotiv, elektrik motoru, kamera ve pompa üretimleri örnek verilebilir.

Elle montaj sistemleri kendi içinde iki alt grup altında sınıflandırılabilir:

a) Tek istasyonlu elle montaj sistemi: Üretim süresi boyunca taşınması pek ekonomik olmayan uçakların, yüksek hacimli fırınların ve deniz taşıtlarının üretimi

bu sınıf içine girer. Bu tip montajda, montaj operatörü karar verme yeteneğini, diğer sistemlere göre daha fazla kullanır ve daha çok karışık yapılı ve kısıtlı miktarlarda üretilen ürünler için kullanım söz konusudur.

b) Çok istasyonlu elle montaj sistemi: Bu tip montaj sistemi, yapılacak işin alt parçalara bölünerek birden fazla istasyonda gerçekleştirilmesi temel prensibine dayanır. Bugünkü montaj hatları, çok istasyonlu elle montaj sistemlerinin geliştirilmesi sayesinde oluşmuştur. Bu tip montaj sistemlerinde işgörenler, kendilerine ait işleri yaptıktan sonra bir sonraki istasyona bırakırlar, işgörenler hep aynı işi yaptıklarından dolayı bir süre sonra uzmanlaşma gerçekleşir ve işi daha hızlı ve kaliteli yaparlar.

2.5.2 Otomatik ve yarı otomatik montaj sistemleri

Otomatik ve yarı otomatik montaj sistemlerinin birçok avantajları vardır, en önemlisi insanın yerini otomatik sistemlerin almasıdır. Bu şekilde basit işler otomatik olarak yapılırken işgören de ekonomik olmayan işlere yerine getirebilir. **(Baskak, 2005).**

Diğer olumlu yönleri ise aşağıdaki gibidir:

1. Verimlilik artar
2. Montaj maliyeti düşer
3. Daha kaliteli ürünler üretilebilir
4. Operatörün tehlikeli işlerden uzaklaşması sayesinde iş güvenliği sağlanmış olur.

Otomatik montaj sistemlerinde; vida ve civata gibi bağlama elamanlarının kullanılmamasına, standart olmasına ve parçaların aşırı yüklenmesinden kaçınılmasına dikkat etmek gerekir.

Otomatik montaj sistemleri iki tiptir:

a) Programlanabilir montaj sistemleri: Her bir istasyonda birden fazla farklı işlemlerin yapılabilmesi esnekliğini sağlar. Böylece üretim hacminde azalma olmadan tasarım değişikliklerine ve ürün değişikliklerine uygun montaj sistemi kurulmuş olunur.

Otomatik montaj sistemleri, parçaları bir istasyondan diğerine taşıyan taşıma sistemi, montaj işlemini gerçekleştiren otomatik montaj kafaları, işgörenlerin daha zor montajları yapmasını sağlayan boş istasyon ve bitmiş veya ara parçaları kontrol eden

denetim istasyonlarından meydana gelir. Otomatik montaj kafalarının beslemesi elle veya otomatik besleyiciler tarafından yapılabilir.

Montaj makineleri genellikle taşıma sistemine uygun olarak tasarlanır ve üretilir. Taşımanın düz mü ya da dairesel mi olduğuna göre montaj makinesinin tasarımı değiştirilebilir.

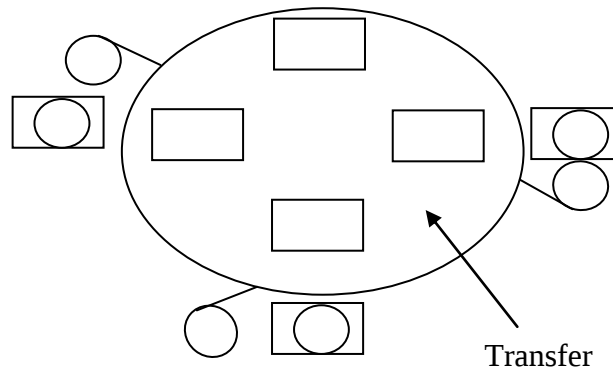
Makine beklemelerden kaynaklanan üretim kayıpları, bu sistemin en büyük ve ciddi problemlerinden biridir. İnsanlı manüel montaj hatlarında işgören çok rahat hatalı bir parçayı bulup kenara koyabilir ve durum üretim kaybına neden olmaz, ancak otomatik montaj hatlarında iş kafası hatalı parçayı bulduğunda yeni parça gelene kadar işi durdurur ve bekleme gerçekleşir, bundan dolayı bu sistemlerde parçaların kalite düzeyi düşünülmesi gereken ilk noktadır.

Yaklaşık yıllık üretim miktarının 500.000 veya üzerinde olduğu üretim sistemlerinde (üretim hacminin çok yüksek olduğu durumlar) otomatik montaj sistemlerinin başarı şansı çok yüksektir.

Otomatik hatların beslenmesi ve montajı da besleme şekline ve montajına göre dört başlık altında toplanabilir:

1. Otomatik besleme ve otomatik montaj
2. Otomatik besleme ve elle montaj
3. Elle besleme ve elle montaj
4. Elle besleme ve otomatik montaj

b) Özel amaçlı montaj sistemleri: Bu tip özel amaçlı montaj sistemleri, genellikle özel tip ya da tek tip ürünlerin üretimi için yapılırlar. Çeşitli istasyonlardaki besleyiciler ve tek amaçlı bir çalışma başlığından oluşan bir transfer aygıtından meydana gelir. Transfer aygıtı, senkronize veya asenkronize çalışıyor olabilir.



Şekil 2.8: Özel Amaçlı Montaj Sistemleri İçin Bir Örnek (Baskak, 2005)

2.5.3 Robot montajlı sistemler

Robotlar tek bir istasyonda olabileceği gibi birden fazla istasyonda da olabilirler, paralel veya seri bağlanabilirler.

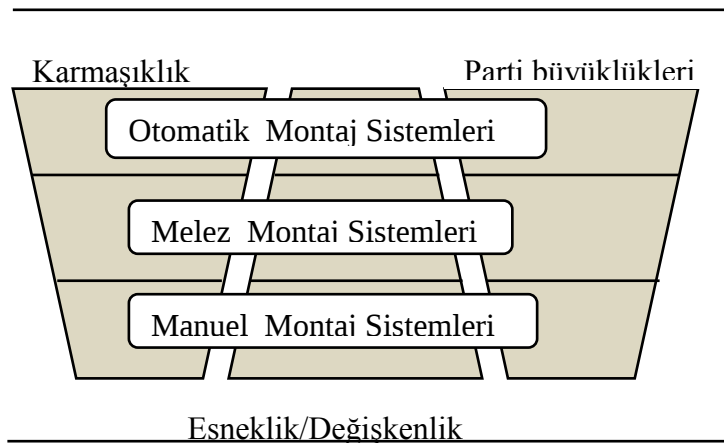
Bilgisayar kontrolü altında çalışan ve basit bir mekanik bir koldan oluşan montaj ve malzeme taşıma robotları, bugün endüstride en çok kullanılan türdür. Robotlar için çok sayıda farklı boyut, kapasite ve yetenek seçenekleri mümkündür. Örneğin, sıkıştırıcı, tornavida gibi donanımları olan, x-y-z doğrusal harekete sahip robotlar vardır. Bu tip robotlar genelde elektronik devrelerde küçük parçalar eklenmesi gibi işlerde kullanılır.

Robot montajının dört adet parametresi vardır:

1. İşlemcinin hızı
2. Yapılacak işin büyüklüğü
3. Taşınan parçanın ağırlığı
4. Montajın doğru olmasını sağlayan tekrarlanabilirlik

2.5.4 Melez montajlı sistemler

Çok karmaşık ve otomatik üretim sistemlerinin ekonomik olarak çalıştırılabilmesi için daha büyük üretim miktarlarına ihtiyaç duyulur. Otomatik ve robotik üretim sistemlerinin en büyük dezavantajı, yüksek yatırım ve düşük esnekliktir. Tersine, elle ya da manuel montaj sistemleri ise yüksek esneklik ve verimsiz bir üretim sistemine sahiptir.



Şekil 2.9: Montaj Sistemini Belirlemesinde Etkileyen Faktörler (Spath and Baumeister, 2001)

. Hibrid yada melez montaj sistemleri bu üç üretim sisteminin avantajlarını kullanan ve otomatik ile manüel üretim sistemlerinin birlikte olduğu bir montaj çeşididir. Bu tür üretim esnekliğine sahip hibrid montaj sistemleri, geleneksel montaj sistemlerindeki birçok zorlukla başa çıkması bakımından tercih edilir. **(Spath and Baumeister, 2001)**.

Modüler yapıllı hibrid montaj sistemleri, manüel ve otomatik montaj sistemleri arasında esnek geçişe olanak sağlar. Satış miktarının artması manüelden otomatik istasyonlu hatta geçişle kompanse edilebilir. Bu tür hibrid veya melez montaj sistemleri; ürün değişiklikleri olduğunda veya parti büyüklüğü değiştiğinde hemen adapte olabilmeyi imkân verecek bir üretim yapısına sahiptir. (Şekil 2.9)

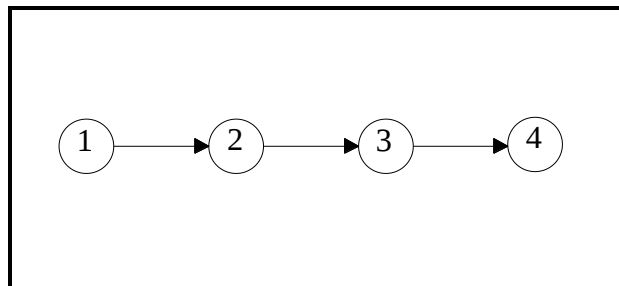
- Ürün veya komponentlerde değişkenlik durumunda sistemin kolaylıkla adaptasyonu
- Üretim miktarlarında artış durumunda sistemin otomasyon seviyesinin arttırılması
- Talep azalması durumunda otomatik istasyondan manüel istasyona geçiş kolaylıkla yapılabilir.

2.6 Montaj Hatlarının Yerleşimi

Montaj hatları yerleşime göre U hatları ve düz hatlar olmak üzere iki genel grup altında sınıflandırılabilir. Bunun yanında hattın şekline göre dairesel ve zig-zag hatlar olarak ta sınıflandırma yapılabilir.

2.6.1 Düz hatlar

Makinelerin daha kolay yerleştirilmesi, basit olması, transfer sistemlerinin daha rahat yapılabilmesi açısından, montaj hatlarında düz hatlar tercih edilebilir. (Şekil 2.10)



Şekil 2.10: Düz Hat Örneği

2.6.2 U şekilli hatlar

U şekilli montaj hatları ise hattın giriş ve çıkış noktalarının aynı pozisyonda olduğu karakteristik özelliğiyle tanınır. İş görenler U şekilli montaj hatlarının içinde çalışırlar. U şekilli montaj hatlarındaki yapılan çalışmalar operatörlerin görme ve iletişim becerilerinin arttığını, operatör gereksiniminin azaldığını, kalitenin iyileştiğini, hat içi stok seviyesinin azaldığını ve çözüm becerilerinin yükseldiğini kanıtlamıştır. **(Avikal ve diğerleri, 2013)**

U hatları tam zamanında üretim sistemine en uygun hatlardır ve üretim ihtiyaçları değiştiği zaman operatör sayısı ayarlanmak suretiyle periyodik olarak tekrar kendi içinde düzenlenebilir. Hazırlık zamanları ihmal edildiğinde U hatları herhangi bir ürünün herhangi bir anda üretilebildiği karmaşık modellenli hatlar olarak da çalıştırılabilir. Hazırlık zamanları fazla olduğunda birçok U hatları oluşturulabilir ve farklı ürünlere tahsis edilebilir. **(Miltenburg, 2001)**

21.yüzyılın başında Amerika ve Japonya’da 114 adet montaj hattında yapılan bir araştırmada U tipi montaj hattının kullanılmasıyla verimlilikte %76 artış, Proses stoğunda %86 düşüş, termin süresinde %75 düşüş ve kusur oranında %83 azalma gerçekleştiği tespit edilmiştir. **(Zhuo ve diğerleri, 2011)**

Özetlemek gerekirse U şekilli montaj hatlarının daha fazla kabul görmesine yol açan faktörler şu şekilde sıralanabilir:

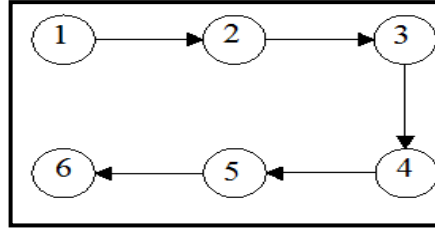
1. Operatör esnekliği: U şekilli montaj hattının yürüme mesafesi düz hatta göre daha kısadır. Bir operatör için birkaç istasyonu görebilmek daha kolaydır. (Şekil 2.11)
2. Malzeme taşıma: Bir U hattı, düz hat için gerekli olan konveyör gibi malzeme taşıma ekipmanlarına ve özel malzeme taşıma operatörlerine gereksinim duymaz, bunun yerine operatörler ürünleri makineden makineye taşırlar.
3. Üretim miktarı esnekliği: Tam zamanında üretime sahip bir hattın üretim miktarı sık sık değişir, böyle bir çevrede operatör sayısı azaltılarak veya arttırılarak üretim miktarları ayarlanması daha kolay olduğu için U hattı düz hatta göre daha fazla tercih edilir, düz hatta sahip bir üretim sisteminde böyle bir esneklik yoktur.
4. İş istasyonlarının sayısı: U-şekline sahip iş istasyonlarının sayısı düz hat için gerekli olan iş istasyonlarından fazla değildir, bir U hattı üzerindeki iş istasyonların içine görevleri gruplamak için çok fazla olasılık vardır.

5. Yeniden işleme: Bir U hattında kusurlu ürüne ulaşma mesafesi kısadır, kusurlu ürünün üretildiği yere çok çabuk geri dönerek kalite problemini gidermek kolaydır

6. Görülebilirlik ve takım çalışması: Düz hatta sahip bir yerleşimde işgörenler hattın çevresine yayılmış durumdadır, stok duvarlarıyla ayrılabilirler, U hattının kompakt yapısı görünebilirliği ve iletişimi geliştirir. Bu artan takım çalışması operatörlere ait olma duyarlılığını verir ve sorumluluğu geliştirir.

7. Alan tasarrufu sağlaması: U hattında daha az yer ihtiyacı duyulduğundan alan kazancı sağlanır.

8. İç Lojistik operasyonunu basitleştirir.



Şekil 2.11: U Hat Örneği

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatür araştırması; montaj hatlarıyla ilgili genel literatür araştırması ve montaj hatları dengeleme literatürü matrisi çizelgesi konularını içermektedir.

3.1 Montaj Hatları İle İlgili Genel Literatür Araştırması

Montaj hatları, geçmişten günümüze kadar yaygın olarak kullanılmaktadır ve birçok araştırmacının ilgi odağı ve araştırma konusu olmuştur. Montaj hatlarının yeniden tasarımı ve tavşan kovalama yöntemini başlıklı tezi yazarken birçok literatürden faydalanılmıştır.

Gökçen ve Ağpak (2006), Basit U hattı için hedef programlama modeli geliştirilmiştir. Bu model, Urban tarafından geliştirilen U hattı dengeleme problemleri için tam sayılı programlama formülasyonuna ve geleneksel tekli modelli montaj hatlarının dengeleme problemleri için Decro ve Rangachari tarafından geliştirilen hedef model yaklaşımına dayanır. Önerilen model, birçok farklı hedefler göz önünde bulundurulduğunda U hatları için karar vericiye esneklik sağlayan ilk çok amaçlı karar verme yaklaşımıdır.

Avikal ve diğerleri (2013), Yalın üretim ve tam zamanında üretim teknolojisini uygulamasında U şekilli montaj layoutu, düz montaj hatlarına göre birçok fayda sağlar. U şekilli montaj hatlarında görevlerin iş istasyonlarına atanmasında kritik yol metodu (CPM) yaklaşımı uygulanmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki kritik yol metoduyla daha iyi sonuçlara ulaşılmıştır ve montaj hattının işgücü verimliliği artırılmıştır.

Liu ve diğerleri (2012), Konveyörlü montaj hatlarının hücreli imalat sistemine nasıl dönüştürüleceği konusu incelenmiştir. Gerekli hücre ve her hücreye atanan işgören sayısının ne kadar olacağı ile ilgili kapsamlı bir matematiksel model geliştirilmiştir. Daha sonra modelin uygunluğu araştırılmıştır ve Kaku' nun modeliyle karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, önerilen modelin konveyörlü montaj

hatlarından hücrelere dönüşüm ile ilgili problemleri analiz etmek ve çözüme kavuşturmak konusunda geçerli bir yöntem olduğu ispatlanmıştır.

Battini ve diğerleri (2011), Ergonomiyle montaj hatları tasarım tekniklerinin birbirleriyle nasıl dolaylı yoldan bağlantılı olduğu konusu analiz edilmiştir. Amaç, iş yerinde ergonomik optimizasyonla birlikte montaj sistemlerinin tasarım problemlerine ortak bir mühendislik yaklaşım getirmektir. Profesyonel kişilere ergonomik konuların içerdiği bir montaj sistem tasarım prosedürü için detaylı ve yeni bir yaklaşım sunulmuştur. Bu sunulan metodolojik çerçeve, teknolojik değişkenlikleri (iş ve metotla ilgili), çevresel değişkenlikleri (devamsızlık, işyeri motivasyonu) ve ergonomik değerlendirmeleri göz önünde bulundurmıştır.

Hu ve diğerleri (2011), Ürün değişkenliği yığın üretimden özel tip ürünlere doğru kaydıka, montaj sistemleri bu değişkenliğin üstesinden gelebilmek için tekrar tasarlanmalıdır ve çalıştırılmalıdır. Bu uygulamada, montaj sıralama ve montaj hattı dengeleme problemleri olarak gözden geçirilmiş ve incelenmiştir. Ürün değişkenliği çerçevesinde bir montaj sistemindeki operasyonel zorluklar ve insanın rolü ele alınmıştır.

Sullivan ve diğerleri (2002), Üretimdeki büyük sabit maliyetler amortisman yoğunluklu maliyetlerdir. Çünkü büyük yatırımlar yüksek hacimli üretimler için yapılır. Burada yüksek hacimli ve esnek olmayan üretime alternatif olan yalın üretim sistemi uygulamaları içinde ekipman yer değişim karar problemi açıklanmıştır. Bir üretim hattının mevcut durumunu ve gelecekteki durumunu görebilmek için değer akış haritasının nasıl kullanılacağı açıklanmıştır. Ayrıca, yalın üretim uygulamalarında değer akış haritasının ekipman yer değişimiyle ilgili kararda nasıl gerekli bilgiyi sağladığı da bir yol haritası olarak verilmiştir.

He ve Kusiak (1998), Modüler ürünlerin özel yapısı, montaj hatlarının operasyonel tasarımı için fırsatlar ve imkânlar sunar, burada modüler ürünler için montaj hatlarının tasarımında yaklaşımlar önerilmiştir. Bu yaklaşım, montaj hattını iki alt gruba ayırmıştır: temel montaj operasyonları için alt grup montaj hattı, değişken montaj operasyonlar için alt grup montaj hattı. Temel montaj operasyonları için alt grup montaj hattının tasarımı, tekli ürün montaj hattı dengeleme problemi olarak görülmüş ve basit dengeleme problemleriyle çözülmüştür. Değişken operasyonlar

için alt grup montaj hattı iki istasyonlu akış tipi olarak tasarlanmış ve iki makineli akış tipi programlama metodu ile dengelenmiştir.

Spath ve Baumeister (2001), Değişken pazar ihtiyaçlarını karşılamadaki rolü büyük olan otomatik ve manüel montaj hatlarını içeren modüler yapıli hibrid montaj sistemlerinin; ürünlerde veya parti büyüklüklerinde herhangi bir değişkenlik olduğunda hızlı reaksiyon verdiğini belirlemiştir. Malzemeleri belirli bir alanda toplamanın ve yeri geldiğinde onları iş istasyonlarına dağıtmanın prosesi daha verimli yaptığı sonucunu çıkarmıştır.

Hutchinson ve diğerleri (1997), seri montaj hatlarında iş görenlerin yüksek oranda işten ayrılmalarının etkileri araştırılmıştır. Bu etkinin seri montaj hattında çıktı üzerine olan yansıması ve bu olumsuz etkiyi azaltmak için yönetim yaklaşımı incelenmiştir. Sonuçlar, yani yüksek işgücü değişim oranının çıktı miktarına etkisinin önemli ve ihmal edilemeyecek seviyede olduğunu göstermiştir ve bu etkiyi azaltmak içinde aktif kurallar ortaya konulmuştur.

Shin ve Min (1991), İş istasyonu sayısının ve çevrim zamanının minimize edilmesi amaçlı geleneksel montaj hattı dengeleme problemlerine 3. Tip dengeleme metodu adı verilen yeni bir yaklaşım getirmiştir ve önermiştir. Sık değişen tam zamanında üretim programına göre esnek çevrim zamanıyla esnek montaj işgören sayısının ayarlanabildiği ve bunların optimal kombinasyonun tanımlandığı bir dengeleme yöntemini tanımlamıştır. Ana amaç, çalışan işgörenlerin toplam aylak zamanlarının minimize edilmesidir.

Oğan ve diğerleri (2005), Talep dalgalanmalarına karşı vardiya iptal edilmesi stratejisinin izlenmesiyle, verimlilik ve motivasyon düşüşleri ile envanter artışına neden olan uygulamalar projenin en belirgin inceleme alanı oluşturmuştur. Bu nedenle projenin amacı hatta esneklik kazandırmaktır. Çözüm aşamasında sistem yaklaşımının da yürütülmesiyle birlikte Operatör atama, karar çizelgesi ve envanter modelleri olmak üzere 3 farklı model geliştirilmiştir. Önerilen çözümle yüksek verim, minimum envanter ve düşük maliyetle çalışan montaj hattı öngörülmüştür.

Miltenburg (2001), Üretim operasyonlarını yerine getirmek için makinelerin U şeklinde bir hattın çevresinde dizildiği ve işgörenlerin de içinde yer aldığı U hatları

ile ilgili yapılan çalışmaları ve şirketlere kazandırdığı avantajları araştırmış ve incelemiştir.

Khan ve Day (2002), Tekli, oklu ve karmaşık rnl montaj hatlarına uygulanabilecek otomatik ve manüel montaj hatları için Bilgi Tabanlı Tasarım Metodolojisini sunmuştur. Bu metodoloji, uygun montaj sisteminden başlar, uygun çevrim zamanını belirler ve seçilen montaj sistemi için paralel hat uygulaması ve paralel iş istasyonları gereksinimlerine karar verici rol oynar. Daha sonra en ekonomik iş istasyon sayısı tespit edilir.

Yu ve diğeri (2013), Geleneksel montaj hatlarının hücresel imalat sistemine dönüştürülmesinde iki adet amaç içeren (işğren sayısının azaltılması ve eş zamanlı olarak verimlilik artışı) ok amaçlı hattan hücreye dönüşüm modelini sunmuştur. Bu problemin çözümü için birçok matematiksel yaklaşımlar belirlemiştir ve daha sonra optimum çözüm için bir algoritma ngrlmştir.

Oh (1997), Hat dengeleme sistemiyle ilgili sezgisel ve öğretici bir method sunmuştur.

Powel ve Pyke (1998), Değışken proses zamanları nedeniyle bir şirkette yeterli ara stokların tutulmaması sonucu üretim miktarlarının ciddi olarak kısıtlanacağı gerçeğinden yola çıkarak basit sezgisel kurallar gelişirmiştir. Bu kurallar mevcut operasyonların iyileştirilmesinde ve yeni hatların tasarlanmasında faydalanabilir.

Dimitriadis (2006), Aynı sayıda işğrenin daha küçük iş istasyonlarına paylaştırılmasıyla fiziksel olarak daha kısa hatların oluştuğunu ve üretim alanından faydalanma oranının arttığı sonucunu bulmuştur. Üstelik, montaj hattının toplam verimliliğı ve çalışanların aylak zamanları aynı kalmaktadır. Burada sezgisel montaj hattı dengeleme prosedürü geliştirilmiştir.

Karim ve diğeri (2012), Yalın tasarım prosesi için bir yöntem önerilmiştir ve montaj prosesinde yalın tasarımın etkisini değeriendirmek için method zaman ölçümünü (MTM) temel alan dinamik karar verme aracını gelişirmiştir. Karar verme aracı; merkezi bir veri, yalın tasarım kılavuzu ve MTM analizini içerir. MTM tabanlı dinamik araç; montaj zamanını, parça maliyetini ve işğc maliyetini tahmin etmek için kullanılır.

Chen ve diğerleri (2010), Bir imalat firmasında yalın uygulama ile ilgili bir çalışma yapmıştır, mevcut durum ortaya konulmuş ve daha sonra gelecek yalın faaliyetler için gelecek durum haritası önerilmiştir, optimal makine parametrelerini bulmak için Taguchi metodu kullanılmıştır ve sistem esnekliğini arttırmak ve stokları azaltmak için de tavşan kovalama yöntemi uygulanmıştır.

Çevikcan (2006), Takım çalışması esaslı montaj hatlarının tasarımına yönelik bir metodoloji geliştirilmiştir. Geliştirilen tasarım metodolojisi, takım çalışması yaklaşımı ile montaj hattı dengeleme-sıralama problemini bütünleştirmiştir. Geliştirilen metodoloji, takım çalışma esaslı karma modellenli gerçek bir montaj sisteminde uygulanmış ve uygulama sonucunda çevrim sürelerini azaltacak montaj süreleri bulunmuştur.

Miltenburg (1998), Optimal iş yükü dengesini tespit etmek için dinamik programlama algoritmasını sunmuştur. Dinamik programlama modeli, U hattı sayısı ile ilgili kısıt taşımamakla birlikte, 22 iş ögesinden az, öncelik ilişkilerinin fazla olmadığı hatlar için uygundur.

Haq ve diğerleri (2006), Karmaşık modellenli montaj hatlarının dengeleme problemleri için Hibrid genetik algoritmayı uygulamıştır. Bu genetik algoritma yaklaşımı iş istasyonlarının sayısının azaltılmasında ağırlıklı sıralama pozisyonlu algoritmadan daha iyi sonuçlar vermiştir. Daha sonra yapılan çalışmada hibrid genetik algoritmanın klasik genetik algoritmaya göre en iyi sonuç alındığı tespit edilmiştir.

Kazemi ve diğerleri (2011), Karışık modellenli U montaj hatlarında dengeleme problemlerini çözmek için yeni bir genetik algoritma yaklaşımını geliştirmiştir. Önerilen modelin çözümüyle tamamen uyumlu yeni bir iki durumlu genetik algoritmayı sunmuştur.

Houshmand ve Jamshidnezhad (2001), Yalın üretim için bir yol haritası olacak bilimsel tasarım metodolojisinin pratik bir uygulamasını sunmuştur. Bilimsel tasarım teorisi tüm problemi basitleştirmek için bir çerçeve sağlamıştır. Bu BD prensibine göre, hiyerarşik bir yapı geliştirmiştir. Geliştirilen yapı, her çeşit israfın elimine edilmesini gerektiren yalın üretim felsefesinden yola çıkılarak oluşturulmuştur.

Zhuo ve diğerleri (2011), Stokastik U tipi montaj hatlarının dengeleme problemini çözmek için genetik algoritma tasarlanmıştır ve sunulan bu algoritmanın performansını değerlendirmesi kıyaslama problemleri ile test edilmiştir.

Abdullah ve diğerleri (2003), Montaj sistemlerinin seçimi, tasarımı ve montaj planlaması ile ilgili metodolojileri desteklemek için ele alınmış yazılım ve diğer araçları incelemiştir. Araştırmalar, üretim sanayinde şu anda kullanılan birçok aracın adaptasyonuna neden olmuştur.

Çevikcan (2014), Manüel montaj hatlarına tavşan kovalama yönetimini entegre etmeyi amaçlayan matematiksel programlama yaklaşımını geliştirmiştir. Önerilen yaklaşım gerçek bir üretim sisteminde uygulanmıştır ve işgören sayısı ile katma değeri olmayan zamanların azaltılması konusunda bir iyileşme sağlanmıştır.

Geraghty ve Heavey (2004), Üretim stok kontrol politikası olan Hibrid itme ve çekme sistemiyle Convip çekme sistemini karşılaştırmıştır ve optimum güvenlik stoku ve stok seviyeleri altındaki Hibrid itme/ ve çekme sistemlerini tekrar analiz etmiştir.

Merango ve diğ. (1999), . Geliştirilen metotta her modelin her biriminin teslim süreleri hesaplanır ve tamamlanmayan işlerin en küçüklenmeye çalışır.

Çizelge 3.1'e bakıldığında Montaj hatları dengeleme literatüründe tekli modelli montaj hatlarının karma modellere göre daha fazla incelendiği anlaşılmaktadır. Ayrıca, makalelerin birçoğunda deterministik sürelerin daha fazla kullanıldığı görülmektedir. Hat tipi olarak da U hattı diğerlerine göre biraz daha fazla incelenmiştir. İstasyon sayısının en küçüklenmesi, montaj hatları dengeleme metotlarında diğerlerinden sonra en çok tercih edilen amaçtır, bunların yanısıra çevrim sayısının en küçüklenmesi ve hat verimliliği en büyükleme de sıkça benimsenen amaçlardır.

Çizelge 3.2 incelendiğinde çok az sayıdaki literatürde takım çalışması bulunmaktadır. Ayrıca sadece bir çalışmada yatay ve dikey dengeleme varken diğerlerinin hepsinde yatay ve dikey dengeleme yapılmamıştır. Yine montaj hattı dengelemede, ağırlıklı olarak sezgisel yerine optimizasyon kullanılan yöntem olmuştur.

Çizelge 3.1: Montaj Hattı Dengeleme Literatürü Matrisi (1).

LİTERATÜR	HAT ÖZELLİĞİ					HAT TİPİ		AMAÇ								
	TMD	TMS	KMD	KMS	Diğer	D	U	ÇSEK	İSEK	ISMEK	EMEK	TMEK	HVEB	İYD	ASEK	Dİ
Gökçen ve Ağpak (2006)	X						X	X	X							X
M.A.Karim ve diğerleri (2012)										X		X				X
Avikal-Jain-Mishra-Yadav-2013	X						X		X				X		X	
Dimitriadis (2006)	X					X			X						X	
Capacho ve Pastor -(2005)	X					X		X	X							
Grzechca (2011)	X					X							X	X		
Wenjuan ve diğerleri (2012)	X						X						X			
Yang ve diğerleri (2013)		X				X										X
D.Battini ve diğerleri (2011)	X						X		X							X
S.J. Hu ve diğerleri -2011			X			X	X					X				X
Chen ve diğerleri (2008)	X					X		X							X	X
Sullivan ve diğerleri (2002)					X		X									X
He ve Kusiak (1998)			X			X	X		X						X	
D.Spath ve M.Baumeister (2001)					X	X	X						X			
S.T.Hutchinson ve diğerleri (1997)		X				X	X			X						
Shin ve Min (1991)	X					X	X								X	
A.D.Oğan ve diğerleri (2005)	X						X	X							X	X
Miltenburg (2001)					X		X						X			X
Khan ve Day (2001)	X	X	X	X		X			X				X			
Yu ve diğerleri (2013)	X						X			X						X
Chien ve Shen – S83-94	X					X	X							X		
Keytack H.Oh.Ph.D (1997)						X	X	X	X				X			
Powel ve Pyke (1996)	X					X	X									X
A Noorul haq ve diğerleri (2006)				X		X	X	X	X							
Kazemi ve diğerleri (2011)				X			X					X				
Houshmand ve Jamshidnezhad (2001)	X						X					X				
Zhuo ve diğerleri (2011)		X					X		X							
Çevikcan (2006)			X			X		X		X				X		
Abdullah ve diğerleri-2003					X	X	X									X
Çevikcan (2014)	X						X			X						
Geraghty ve Heavey (2003)		X				X	X									X
Merango ve diğ. (1999)			X			X			X					X		X
TOPLAM	16	5	5	3	4	19	23	7	10	5	0	4	7	4	6	14

Çizelge 3.2: Montaj Hattı Dengeleme Literatürü Matrisi (2).

LİTERATÜR	TAKIM ÇALIŞMASI VAR		YATAY VE DİKEY DENGELEME VAR		KULLANILAN YÖNTEM			PARELEL İSTASYONLAR VAR MI?		İŞGÖREN ATAMA ŞEKLİ		SIRALAMA YÖNTEMİ VAR		GERÇEK VERİLERLE UYGULAMA	
	MI?		MI?		S	OP	DSE	E	H	İA	TİA	E	H	E	H
	E	H	E	H											
Gökçen ve Ağpak (2006)		X		X		X			X	X			X		X
M.A.Karim ve diğerleri (2012)		X		X		X			X	X			X	X	
Avikal-Jain-Mishra-Yadav-2013		X		X	X				X	X			X	X	
Dimitriadis (2006)	X			X	X			X		X			X	X	
Capacho ve Pastor -(2005)		X		X		X			X	X		X		X	
Grzechca (2011)		X		X		X		X		X			X	X	
Wenjuan ve diğerleri (2012)		X		X		X		X		X			X		X
Yang ve diğerleri (2013)		X		X	X	X			X	X			X		X
D.Battini ve diğerleri (2011)		X		X	X	X			X	X			X		X
S.J. Hu ve diğerleri -2011		X		X		X			X	X			X		X
Chen ve diğerleri (2008)		X		X		X			X	X			X	X	
Sullivan ve diğerleri (2002)		X		X		X			X	X			X	X	
He ve Kusiak (1998)		X		X		X		X		X		X		X	
D.Spath ve M.Baumeister (2001)	X			X		X			X	X			X	X	
S.T.Hutchinson ve diğerleri (1997)		X		X	X				X	X		X		X	
Shin ve Min (1991)		X		X		X			X	X			X	X	
A.D.Oğan ve diğerleri (2005)		X		X		X			X	X			X	X	
Miltenburg (2001)		X		X		X			X	X			X		X
Khan ve Day (2001)		X		X		X		X	X	X		X		X	
Yu ve diğerleri (2013)		X		X		X			X	X			X	X	
Chien ve Shen – S83-94		X		X		X			X	X			X		X
Keytack H.Oh.Ph.D (1997)		X		X		X			X	X		X		X	
Powel ve Pyke (1996)		X		X	X				X	X			X	X	
A Noorul haq ve diğerleri (2006)		X		X	X				X	X		X		X	
Kazemi ve diğerleri (2011)		X		X	X				X	X		X		X	
Houshmand ve Jamshidnezhad (2001)		X		X		X			X	X			X	X	
Zhuo ve diğerleri (2011)		X		X		X			X	X			X	X	
Çevikcan (2006)	X		X		X			X		X		X		X	
Abdullah ve diğerleri-2003		X		X		X			X	X			X		X
Çevikcan (2014)		X		X		X			X		X	X		X	
Geraghty ve Heavey (2003)		X		X		X			X	X			X	X	
Merango ve diğ. (1999)		X		X	X				X	X		X			X
TOPLAM	3	29	1	31	10	24	0	6	27	31	1	10	22	23	9

Çizelge 3.2 incelemeye devam edildiğinde, paralel istasyon kullanımı da nadir olarak uygulanan bir unsur olduğu görülmektedir. Bunun nedeni paralel istasyonun getirmiş olduğu fazladan maliyettir. İşgören atama şekli de sadece bir çalışmada tahsisli işgören atama yöntemi tercih edilirken diğerlerinde normal atama şekli olmuştur. Literatürün büyük çoğunluğunda sıralama yöntemi kullanılmamıştır. Bunların yanı sıra montaj hattı dengeleme çalışmalarının çok azı gerçek olmayan verilerle uygulama içermektedir. Büyük çoğunluk gerçek verilerle uygulamayı kapsamaktadır.

4. TAVŞAN KOVALAMA ÜRETİM YÖNTEMİ VE GELİŞTİRİLEN METODOLOJİ

Hücresel imalat sistemlerinde, farklı makineler ve işgörenler benzer ürün ailesini üretebilmek için bir hücreye atanırlar. İşgörenler görevlerini yapabilmekte önemli rollere sahip oldukları için, işgörenlerin hücrelere atanması, hücresel imalat sistemlerinden tam olarak faydalanmak için kritik bir konu haline gelmiştir ve hücre tasarımını takiben işgörenler arasında çalışan sayısının ve görevlerinin tahsis edilmesi belirlenen üretim miktarına ulaşmak için önemlidir.

4.1 Tavşan Kovalama Üretim Yöntemi

Çalışan işgörenlerin bir imalat hücresi içinde, sırayla birbirlerini takip ederek ve iş istasyonları arasında hareket ederek kendi ürünlerine ait görevleri yaptıkları Tavşan kovalama olarak adlandırılan üretim yöntemi alternatif bir üretim yöntemi olmuştur. **(Çevikçan, 2014)**

Tavşan kovalama yönteminin avantajları şu şekilde sıralanabilir:

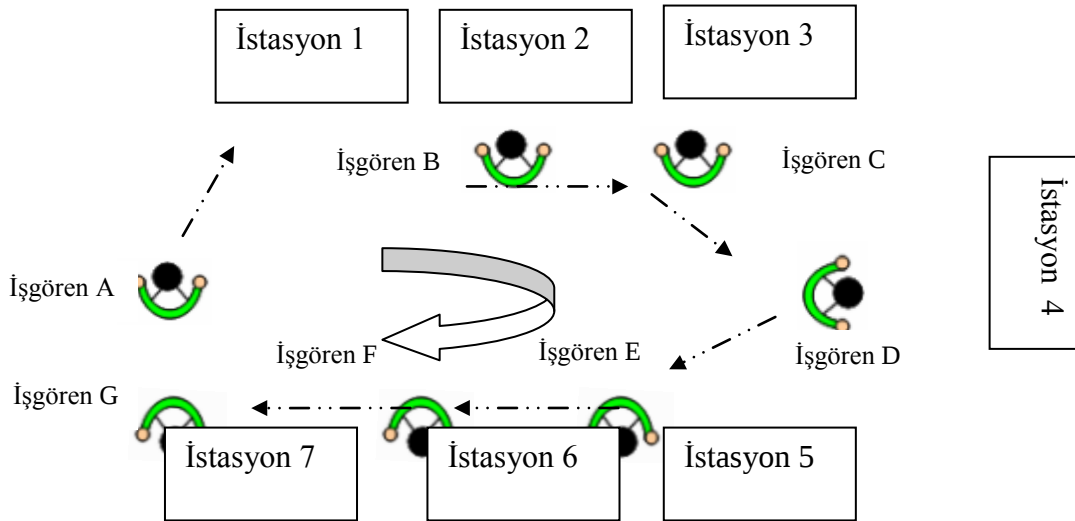
- 1) Daha kolay iş yükü dengesi
- 2) Azaltılmış stoklar: prosesler arasında stok olmayacağı için stok bölgesi diğer üretim fonksiyonları için kullanılabilir. Üretim yerleşimi, makineleri birbirine yaklaştırmak, hareket ve taşıma zamanlarını azaltmak için tekrar tasarlanabilir. Bu şekilde yerleşimde yer kazanılabilir. **(Chen ve diğerleri, 2010)**
- 3) Hat tasarımında konveyör taşıma sistemi ortadan kalkacağı için hat yatırım maliyeti düşer.
- 4) Üretim çıktı gereksinime daha kolay cevap verebilen operatör sayısının kolaylıkla ayarlanabilir olması
- 5) Klasik hat dengelemesi yaparken büyük problemlerle karşılaşılmasına rağmen tavşan kovalama yönteminde sadece işgören sayısı azaltılarak sorun çözülebilir.

6) Çapraz eğitime daha uygun bir üretim şekli olması ve bu şekilde her bir çalışan bütün prosesi bileceği için, çalışanlardan biri tatilde veya hasta olsa bile sistem minimum gecikmeyle devam eder.

7) Üretimden veya tasarımdan kaynaklanan kalite problemleri kolaylıkla takip edilir.

Tavşan kovalama yönteminin dezavantajları ise:

- 1) Ürün kısıtı vardır, her ürüne uygulanamaz: Ürünlerin yeterli hafiflikte olması tavşan kovalama yöntemini uygulamak için (operatörlerin parçaları hem taşıma hem de kaldırma kolaylığı açısından) en önemli kriterlerden biridir. Belirli bir ağırlığın üzerindeki ürünlerde bu sistemi uygulamak ergonomik açıdan mümkün değildir.
- 2) İşgörenlerin yürüme mesafesinin artması, operatörlerin tavşan kovalama yöntemine uyumunu zorlaştırmaktadır.
- 3) Çok fonksiyonlu işgören ihtiyacı artar.

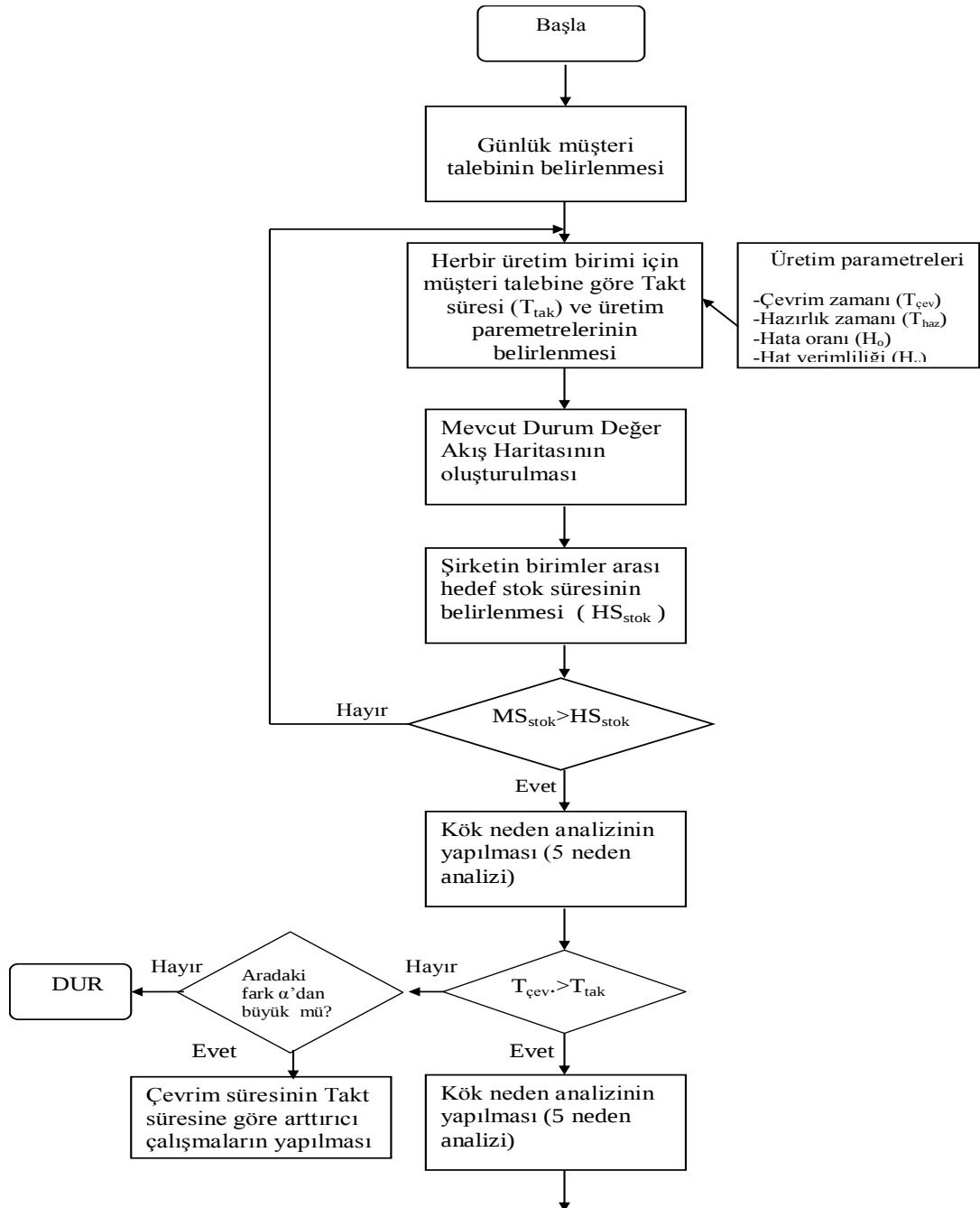


Şekil 4.1: Bir hücre içindeki tavşan kovalama üretim şekli

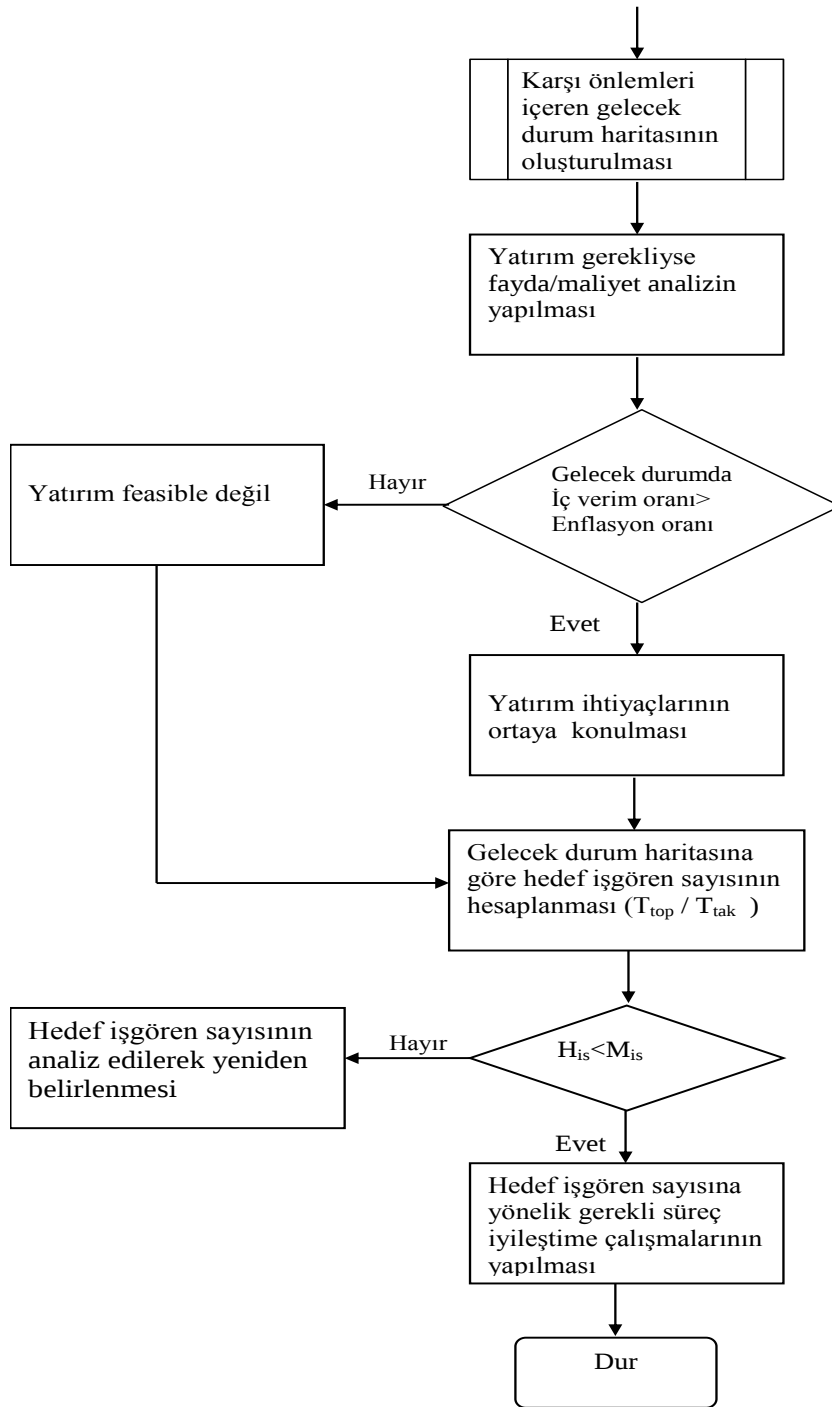
4.2 Geliştirilen Metodoloji

Tavşan kovalama üretim yöntemi için geliştirilen metodoloji; günlük müşteri talebi belirlenmesinden başlayarak hedef işgören sayısına yönelik gerekli süreç iyileştirme çalışmalarının yapılmasına kadar devam eden onbir adımdan oluşmaktadır. Sırasıyla her bir üretim birimi için müşteri talebine göre Takt süresi ve üretim parametreleri tespit edilip mevcut durum değer akış şeması oluşturulmuştur. Şirkette birimler arası hedef stok süresi belirlenip, mevcut stok süresi hedef stoktan büyük olması ve çevrim

süresi takt süresinden fazla olması durumunda kök neden analizi (5 neden analiz) yapılması yoluna gidilmiştir. Daha sonra karşı önlemleri içeren gerçek durum haritası oluşturulmuştur. Yatırım gerekliyse fayda/maliyet analizi yapılmıştır. Gelecek durumda iç verim oranı/enflasyon oranından büyükse yatırım ihtiyacı ortaya konulmuştur. Sonra, gelecek durum haritasına göre hedef işgören sayısı hesaplanmıştır. En son aşamada eğer hedef işgören sayısı mevcut işgören sayısından küçükse hedef işgören sayısına yönelik gerekli süreç iyileştirme çalışmaları yapılması kararı metodolojide belirtilmiştir.



Şekil 4.2: Geliştirilen Metodoloji



Şekil 4.2 (devam): Geliştirilen Metodoloji

5. BİR MONTAJ ÜRETİM SİSTEMİNDE UYGULAMA

Çalışmanın uygulama kısmı Valeo A.Ş. firmasında yapılmıştır. Önce mevcut durum ortaya konulmuştur. Sonra da gelecek durum analizi yapılmıştır.

5.1 Uygulamanın Yapıldığı Firmanın Tanıtımı

Valeo, 1923 yılında Fransa da bir atelyede fren ve debriyaj balatalarının üretimi ile faaliyete başlamıştır. 1932 yılında şirket, faaliyetlerini debriyaj olacak şekilde genişletmiştir.

Bugün dünyada 29 ülkede, 133 ayrı fabrikada toplamda 78.500 çalışanı bulunmaktadır.

Dünya genelinde Valeo nun Termal Sistemler, Klima Kontrol, Elektrik Sistemleri, Işıklandırma Sistemleri, Silecek Sistemleri, Sürüş Yardımcı Sistemler, Araç içi Kontrol Sistemleri olmak üzere çok çeşitli branşta üretimleri vardır.

1989 yılında Transtürk adı altında kurulan şirket, 1993 yılında Valeo olarak ilk imalata başlamıştır.

Valeo Türkiye toplamda 1269 çalışanı ile Manuel Aktarma Sistemleri (Debriyaj ve Volan), Hidrolik Aktarma Sistemleri, Elektrik Sistemleri (Alternatörler), Silecek Sistemleri, Klima Kontrol, Güç Aktarım Termal Sistemler (Radyatör&Fan) ve Klima Kontrol Sistemleri olmak üzere 6 ayrı branşta faaliyet göstermektedir.

Satışlarının yarısını otomotiv fabrikalarına, geriye kalan diğer satışlarını ise servis ve kendi iç grubana satmaktadır.

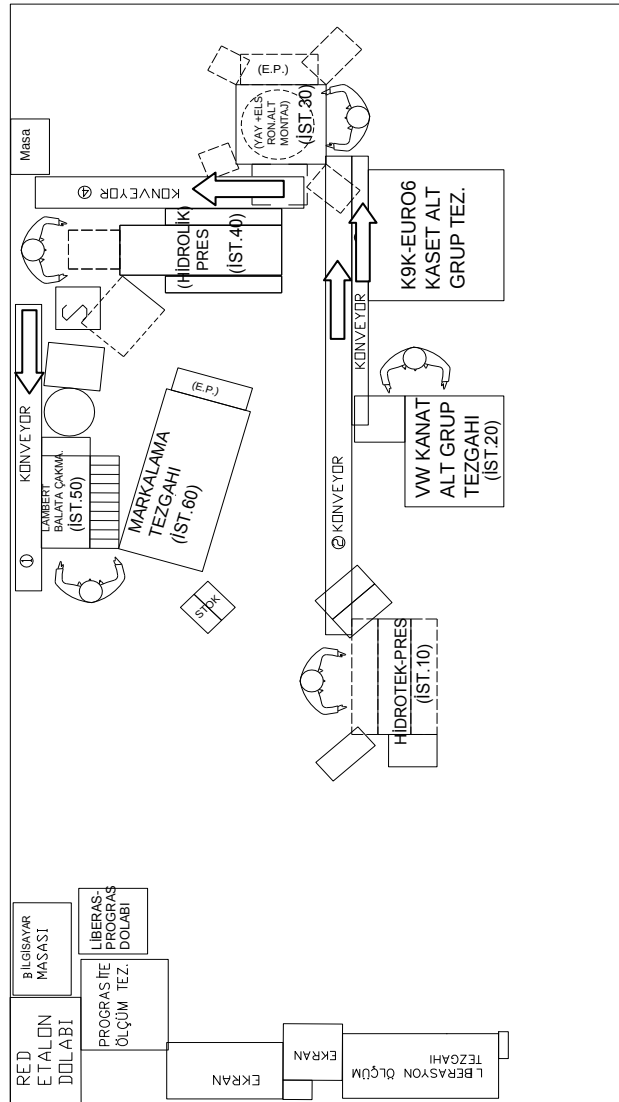
Valeo Türkiyenin binek araçlarda müşterileri arasında Ford, Tofaş, Honda, Renault, ve Toyota bulunurken Ağır vasıta ve traktör araçlarda, Ford, Mercedes Benz Türkiye, Otokar, Türk Traktör, Karsan, Temsa ve Man müşterileri bulunmaktadır.

5.2 Uygulamanın Yapıldığı Kısım

Ana fonksiyonu araçtaki motordan gelen hareketi dişli sistemlere iletme olan aktarma organları ya da debriyaj; disk, baskı, rulman ve volan olmak üzere 4 ayrı parçadan oluşmaktadır.

Çalışmanın uygulama kısmı ise Valeo A.Ş. de binek araçların debriyaj disklerinin üretildiği NX disk montaj hattında yapılmıştır.

Uygulamanın yapıldığı kısmın yerleşim planı Şekil 5.1’ de verilmiştir.



Şekil 5.1: Mevcut NX Hattı Yerleşim Planı

5.3 Mevcut Durumun Analizi

NX Disk montaj hattında 5 farklı referans üretilmektedir. Toplam üretilen parçanın yaklaşık % 82 ni 584670 referanslı disk parçası oluşturmaktadır. Bu nedenle uygulamaya bu referans alınmıştır.

NX disk montaj hattında 6 ayrı istasyon bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla:

İstasyon 10: Kılavuz rondela-metalik disk alt grup montaj istasyonu

İstasyon 20: Kanat alt grup montaj istasyonu

İstasyon 30: Yay &Elastik rondela alt grup montaj istasyonu

İstasyon 40: Komple montaj istasyonu

İstasyon 50: Balata çakma istasyonu

İstasyon 60: Markalama istasyonu

Bu istasyonlara ait süreler Çizelge A.1’de, Mevcut duruma ait çevrim zamanı diyagramı Çizelge A.2’de, Ürün takip haritası ve Akış analizi Çizelge A.3 ve Çizelge A.4, Akış şeması Şekil A.1 ve Şekil A.2’de, Üretim kapasite Çizelgesi A.5’ den Çizelge A.9’a kadar ve Standart iş sırası Çizelge A.10’da verilmiştir.

Mevcut durumda NX hattındaki istasyonlar ve süreleri incelendiğinde en yüksek sürenin ya da bir başka deyişle darboğaz istasyonun 46 sn ile 30 nolu alt montaj istasyonu olduğu ve hattın doğal olarak en büyük istasyona göre döndüğü söylenebilir.

Mevcut durum çevrim zamanı incelendiğinde müşterinin 1200 adet olan günlük talebine göre takt süresi 40 sn olarak hesaplanmıştır ve bu süre en büyük istasyon süresinden veya çevrim süresinden (46 sn) daha küçük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca gerçek operatör sayısı 5 iken, Toplam zamanın takt süresine bölündüğünde hesaplanan 4,3 adam sayısının gerçek operatör sayısından daha az olduğu yani bu hatta adam sayısı ve çevrim süresi bakımından bir iyileştirme yapılmasının kaçınılmaz olduğu sonucuna varılmıştır.

Mevcut durum ürün takip haritasında, hatta malzeme girişinden stok bölgesindeki çıkışa kadarki süreç incelenmiştir ve bu süreçte her bir adımdaki işlemler, taşımalar, mesafeler, kontroller ve stok miktarları çizelgeye dökülmüştür.

Ürün takip haritasındaki rakamlardan yola çıkılarak mevcut durum akış analizi özet olarak sunulmuştur. Mevcut durum akış analizine göre hat içi hammadde stoğunun 3 günlük stok hedefinden fazla olduğu belirlenmiştir.

Bu alanda da iyileştirme yapılması gerekmektedir. Toplamda 6 kez işlem ya da ürüne eklenen değer, 6 kez taşıma, 2 kez kontrol ve 7 defada stoklama yapılmıştır ve işlem ya da ürüne eklenen değer sayısının toplam faz sayına bölümü prosesin verimliliğini ortaya çıkarmıştır ve bu rakam %29 olarak hesaplanmıştır.

Akış şemasında hammadden bitmiş ürün stoğuna kadar prosesteki her bir adım detaylı bir şekilde ortaya konulmuştur.

Üretim kapasite çizelgesinde ise her bir istasyondaki işlem adımları ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. İşgören ve makine süreleri ayrıştırılmıştır. Bu şekilde işgören ve makine işlem süreleri, meşguliyetleri ve beklemleri daha net bir şekilde görülmektedir.

Hat dengeleme açısından da darboğaz istasyon olan 30 nolu istasyondan başka istasyonlara kaydırılabilecek işlemler açısından bu çizelge önem arz etmektedir.

Standart iş sırası çizelgesinde ise her bir istasyona ait makine süresi, el işçiliği süresi ve yürüme sürelerini grafik halinde görmek mümkündür. Buna göre 30 nolu istasyona ait işlemin takt süresinden büyük olduğu çizelgedeki grafikte net şekilde görülmektedir.

Şekil A.3'de hammaddeden müşteriye sevkiyata kadar tüm malzeme ve bilgi akışının olduğu süreç, mevcut durum değer akış haritasıyla gösterilmiştir.

Mevcut Durum Değer Akış Haritası analiz edildiğinde aşağıda belirtilen israflar ortaya çıkmaktadır:

1) Pres, Isıl işlem, Montaj ve Paketlemenin olduğu tüm süreçlerde katma değeri en yüksek süre NX hattı montaj süresidir ve bu süre Takt süresinin üzerinde kalmaktadır ve bu nedenle bir sonraki ki Paketleme bölümünde beklemler meydana gelmektedir.

(Bekleme)

2) Siparişler günlük alınmaktadır ve sevkiyatlarda günlük yapılmaktadır, ancak sac gibi hammaddeler lojistik problemlerden dolayı 2 haftalık alınmaktadır, dolayısıyla hammadde stoklama ya da temin süresi yüksektir. (Fazla Stok)

3) Malzemeler Presten İpsen fırına oradan formlamaya tekrar pres bölümüne gelmektedir. Gereksiz yere 160 metre yol kat edilmektedir. (Gereksiz taşıma)

4) Genel olarak bakıldığında akışta bir itme sisteminin olduğu ve buna bağlı olarak stok miktarlarının yüksek olduğu, en yüksek stok miktarının ise M.Disk Pres ile NX Montaj arasında olduğu görülmektedir. (Fazla Stok)

5) Raskin Preste hazırlık zamanının diğer birimlere göre en yüksek olduğu görülmektedir.

6) NX montaj hattı ile İpsen fırının en yüksek hata oranlarına sahip oldukları bu değer akış haritasında belli olmaktadır. (Kalitesizlik)

Şirketin stok politikası 3 gün olarak belirlenmiştir, buna göre M.Disk pres ile NX montaj hattı arasında oluşan 5 günlük stok (Fazla stok) 5 neden analizi ile incelenmiştir ve kök neden bulunmuştur. Buna göre, stokların son istasyon balata çakma operasyonundaki gecikmelerden dolayı oluşmasının nedeni, balata çakmanın özel bir operasyon olmasından dolayı biri eksik olduğunda balata çakma diğer istasyonları etkilemesidir. Bu şekilde, hat duruşu olmaktadır ve bu işle ilgilenen işgörenin yedeğinin olmamasıdır. Bunun nedeni de sorgulandığında NX hattında sadece 2 personelin bu eğitimi aldığı, diğerlerinin almadığı belirlenmiştir. Bunun sebebi de şirketin çapraz eğitim programının mevcut olmaması ve buna bağlı olarak çapraz eğitime içeren bir üretim sistemine sahip olmamasını, kök neden olarak söyleyebiliriz. (Çizelge 5.1)

Ayrıca NX montaj hattının çevrim süresi (46 sn) takt süresinden(40 sn) büyük olduğu için NX montaj hattı ile paketleme arasında (Bekleme) olduğu belirtilmişti. Bunun için de 5 neden analizi yapılmıştır, NX montaj hattının 46 sn darboğaz olmasının nedeni; yay alt montaj süresinin 46 sn olması ve bunun nedeni de Klavuz rondela+metalik disk (OP10) alt montaj operasyonu manüel yapılıyor, bu esnada sık sık kalite hataları çıkıyor, ürünler bir sonraki istasyon yay alt montajında kontrol ediliyor ve ayrıca H2 ve H3 elastik rondelaların takılması da süreyi yükselttiği söylenebilir. Bunun sebebi de, presin optimal ayarlarda çalıştırılamaması ve ilave olarak işgören, manüel perçinleri dizdiğinden dolayı eksik perçin koyabilmektedir. Bu şekilde incelendiğinde, presin çok eski olması ve otomatik perçinleme yapan ve robotlar aracılığıyla esnek rondelaları takan otomatik bir alt grup sisteminin bulunmaması kök neden olarak tespit edilmiştir. (Çizelge 5.2)

Çizelge 5.1: Fazla stok problemi ile ilgili 5 Neden Analizi.

Problem: M.Disk Pres ile NX montaj hattı arasında fazla stok var

Neden 1	Neden 2	Neden 3	Neden 4	Neden 5	Kök Sebep	Önleyici Aksiyon
Stoklar son istasyon balata çakma operasyonundaki gecikmelerden dolayı oluşmaktadır.	→ Balata çakma özel bir operasyon olduğundan dolayı operatörlerden biri eksik olduğunda balata çakma diğer istasyonları etkilemektedir, hat duruşu olmaktadır. Balata çakma operatörün yedeği yok	→ Yalnızca NX hattında 2 personel bu eğitimi almış	→ Şirketin çapraz eğitim programı mevcut değil	→ Şirketin çapraz eğitimi kapsayan bir üretim sistemine sahip değil	Çapraz eğitimi içeren bir üretim şekli olmaması	Tavşan kovalama üretim sistemine geçilmesi

Fazla stok probleminin kök sebebi olarak çapraz eğitimi içeren bir üretim şeklinin olmaması tespit edilmiştir ve Tavşan kovalama yöntemine geçilmesi aksiyon olarak belirlenmiştir.

Çizelge 5.2: Bekleme problemi ile ilgili 5 Neden Analizi.

Problem: NX montaj hattı ile paketleme arasında bekleme var

Neden 1	Neden 2	Neden 3	Neden 4	Neden 5	Kök Sebep	Önleyici Aksiyon
Nx Montaj hattının süresi 46 sn: darboğaz istasyon	→ Yay alt montajın süresi 46 sn, üretim gecikmesine neden oluyor	→ disk (OP10) alt montaj operasyonu manuel yapılıyor, bu esnada sık sık kalite hataları çıkıyor, ürünler bir sonraki istasyon yay alt montajında kontrol ediliyor ve kontrol süresi de bu zamanı arttırıyor, ayrıca H2 ve H3 elastik rondelaların takılması da süreyi arttırıyor	→ Pres optimal ayarlarda çalıştırılmıyor, ilave olarak operator manuel perçinleri dizdiğinden dolayı eksik perçin koyabiliyor	→ Pres çok eski bir pres, bununla birlikte otomatik perçinleme yapan ve robotlar aracılığıyla esnek rondelaları takan otomatik bir alt grup sistemi bulunmuyor	Pres çok eski bir pres olması ve bununla birlikte otomatik perçinleme yapan ve robotlar aracılığıyla esnek rondelaları takan otomatik bir alt grup sistemi bulunmaması	Presin yenilenmesi ve komponentleri robotlar aracılığıyla takan ve ezmeyi gerçekleştiren otomatik bir sisteminin kurulması

Bekleme probleminin kök sebebi olarak presin çok eski bir pres olması ve malzemeleri otomatik şekilde yerleştiren bir sistemin olmaması tespit edilmiştir, Presin yenilenmesi ve otomatik bir sistemin kurulması şeklinde yatırım planı olarak belirlenmiştir.

Çizelge 5.3: Çok Görevlilik-Çok işlevlilik Çizelgesi.

			HAZIRLANMA TARİHİ :									
			SAYFA									
			BÖLÜM SORUMLUSU :									
			İMZA									
			ÇOK GÖREVLİLİK - ÇOK İŞLEVİLİK									

OPERATÖR ADI SOYADI	EKİP LİDERİ HAT	EN SON EĞİTİM ALAN OPERATÖR	ÜRETİM HATLARI												
			OP10 KLAVUZ +DAN.	OP20 KANAT ALT GR.	OP30 YAY ALT MON.	OP40 KOMPLE MONTAJ	OP50 BALATA ÇAK	OP60 MARKALA							
FARUK SIMSEK 	NX														
YASİN YAVUZ															
İSMAIL GÜLŞEN															
GÜNAYDIN KAHRAMAN															
ADEM DİNÇ															
SEYHAN KAHRAMAN															
EMRE İNCİ															
SELÇUK SAĞDİLEK															
SEMİH DİZMAN															
MUSTAFA ÇELENER															
Eğitim Planı															
1	2	SEVİYE 1 - ACEMİ				SEVİYE 2 - OPERATÖR									
3	4	SEVİYE 3 - USTA				SEVİYE 4 - EĞİTİCİ									

Çok görevlilik çizelgesine göre sadece 2 işgörenin Balata çakma ve markalama eğitimlerini aldıklarını, diğer işgörenlerin almadıkları görülmektedir.

5.4 Gelecek Durumun Analizi

Mevcut durumdaki problemlerle ilgili kök nedenler ve aksiyonlar tespit edildikten sonra tüm süreci kapsayan gelecek durum değer akış haritası çıkarılmıştır. (Şekil 5.5) Buna göre mevcut durumdaki tüm israflar elimine edilmiştir ve montaj dışındaki süreçler için ise iyileştirme tavsiyeleri ve aksiyonlar belirlenmiştir:

- 1) Beklemeleri azaltmak için Katma değer süresi Takt süresi değerinden yüksek olan NX hattı montaj ile ilgili 10 nolu istasyonda, içinde yeni presin olduğu otomasyon kararının verilmesi
- 2) M.Disk Pres ile NX Montaj arasında fazla stokla ilgili olarak Tavşan Kovalama Yönteminin uygulanması
- 3) Pres öncesi sac stok süresinin fazla olması sebebiyle siparişlerin 1 haftalık alınması ve temin süresinin 1 güne düşürülmesi
- 4) Gereksiz taşımaları ortadan kaldırmak amacıyla metalik disk Presin, Raskın Pres yanına çekilmesi
- 5) Raskın Pres ile Metalik disk Pres ve Zani Pres ile İpsen Fırın arasındaki fazla stoğu önlemek amacıyla hazırlık zamanlarının düşürülmesi (SMED)
- 6) İpsen Fırınlara ve NX Montaj hattındaki hata oranlarını indirmek amacıyla hata önleyici sistemlerin kurulması (POKA-YOKE)
- 7) Birimler arasında fazla stoğun nedenleri biri olan itme sistemlerinin iptal edilerek yerine çevrim zamanları birbirine yakın,
 - İpsen Fırın ile Raskın Pres arasında CONWIP akışı
 - Sıcak formlama ile Paketleme sonrası CONWIP akışının sağlanması tavsiye edilmiştir.

Daha önce NX montaj hattı ile Paketleme bölümü arasında beklemleri azaltmak için Otomasyon yatırım kararının verilmesinden bahsedilmişti. Ancak bu yatırım planına ilaveten bir başka alternatif yatırım planı daha karşımıza çıkmaktadır.

1) Daha önce belirtildiği gibi 10 nolu istasyonda ya da operasyondaki presin yenilenmesi ve malzemeleri robotlar aracılığıyla takan otomatik bir sistem kararının verilmesi

2) 40 nolu istasyonda bulunan presin ortadan kaldırılması ve 30 nolu istasyonda içinde ezme işleminin de olduğu yeni bir alt montaj makinesinin yaptırılması kararının verilmesi

2 alternatif konu yatırımın uygunluğunun açısından iç verim oranı hesaplanarak incelenmiştir.

1.Alternatif planda: Klavuz rondela-metalik disk alt montaj (İst.10) otomasyonun yaptırılması için harcanacak rakam 55.000 Euro, mevcut presin satılmasından elde edilecek değer 550 Euro, ekonomik ömür 8 yıl, gelecek olan otomasyonun saatlik işletme maliyeti 0.3 Euro olarak belirlenmiştir. Ayrıca yeni sistem, eski prese göre 10 m² yer kazancı sağlayacaktır. Bunun getirisi de yıllık 420 Euro'dur. Bir işgörenin işletmeye olan aylık maliyeti yaklaşık 1000 Euro'dur. Otomasyondan dolayı vardiya başına 1 işgören kazanç olacağı için, 2 vardiya çalışılması durumunda toplamda yıllık 24.000 Euro Operatör kazancı olacaktır. Amortisman maliyetini de dikkate alarak bu şekilde değerler tabloya konulduğunda iç verim oranı %25 olarak hesaplanmıştır. (Çizelge 5.4)

2.Alternatif planda ise yeni makinenin yaptırılması için harcanacak değer 65.000 Euro, mevcut presin satılmasından elde edilecek değer 650 Euro, gelecek olan otomasyonun saatlik işletme maliyeti 0.2 Euro olarak belirlenmiştir. Ayrıca yeni sistem, eski prese göre 1 m² yer kazancı sağlayacaktır. Bunun getirisi de yıllık 42 Euro'dur. Yeni alt montaj makinesiyle birlikte çevrim süresinde 8sn azalmaya bağlı olarak 19.333 Euro iyileşme gerçekleşeceği öngörülmektedir. Bu şekilde değerler tabloya konulduğunda iç verim oranı %9 hesaplanmıştır. (Çizelge 5.5)

2015 yılı enflasyon oranının %10 civarı olduğu gerçeğinden yola çıkarak 1.Alternatif planı iç verim oranı (%25), enflasyon oranı %10 dan büyük olduğu için 1.Alternatif planın yani 10 nolu istasyonda presin yenilenmesi ve malzemeleri robotlar aracılığıyla takan otomatik bir sistemin kurulması kararı verilmiştir.

Çizelge 5.4: 1.Alternatif Plan İç Verim Oranın Hesaplanması.

1.Durum: Klavuz rondela-metalik disk alt montaj (İst.10) Otomasyonu İç verim Oranı Hesaplanması

Fiyat (Eur)	55000	
Hurda değeri (Eur)	550	
Ekonomik ömür (yıl)	8	
İşletme maliyeti (Eur/saat)	0.3	
Alan Kazancı (m ²)	10	
Alan Kazancı (Eur/yıl)	420	(Kira gideri: m ² 3.5 Eur/ay)
Operatör kazancı (Eur/yıl)	24000	(1 Operatör maliyeti=1000 Eur/aylık)

Yıllar		Amortisman maliyeti	Amortisman maliyeti	Hurda değeri	İşletme maliyeti	Alan kazancı	Fiyat	Operatör kazancı	TOPLAM
	55000								
1	55000	22000	-22000		-2152.8	420.00	-55000	24000	-54732.80
2	33000	13200	-13200		-2152.8	441.00		24000	9088.20
3	19800	7920	-7920		-2152.8	463.05		24000	14390.25
4	11880	4752	-4752		-2152.8	486.20		24000	17581.40
5	7128	2851.2	-2851.2		-2152.8	510.51		24000	19506.51
6	4276.8	1710.72	-1710.72		-2152.8	536.04		24000	20672.52
6	2566.08	1026.43	-1026.432		-2152.8	562.84		24000	21383.61
7	1539.648	615.86	-615.8592		-2152.8	590.98		24000	21822.32
8	923.7888	923.79	-923.7888	550	-2152.8	620.53		24000	22093.94
İÇ VERİM ORANI									25%

Not:Yıllık %5 lik kira gideri artışı alan kazancına yansıtılmıştır

Çizelge 5.5: 2.Alternatif Plan İç Verim Oranın Hesaplanması.

2.Durum: Komple montaj Otomasyonu İç verim Oranın Hesaplaması

Fiyat (Eur)	65000
Hurda değeri (Eur)	650
Ekonomik ömür (yıl)	8
İşletme maliyeti (Eur/saat)	0.2
Alan Kazancı (m ²)	1
Alan Kazancı (Eur/yıl)	42
Çevrim zamanı kazancı (Eur/yıl)	19933.33333

(Kira gideri: m² 3.5 Eur/ay)
Yıllık çalışma kazancı=

Günlük üretim miktarı: 1200 adet
Yıllık üretim miktarı: 358800 adet
Çevrim zamanı kazancı: 8 sn
Toplam yıllık çevrim zam.kaz.: 797.333 saat
1 Operatör maliyeti: 5 Eur/saat
5 Operatör maliyet: 25 Eur/saat

Yıllar	Amortisman maliyeti	Amortisman maliyeti	Hurda değeri	İşletme maliyeti	Alan kazancı	Fiyat	Çevrim zamanı kazanı	TOPLAM
	65000							
1	65000	26000	-26000	-1435.2	42.00	-65000	19933.33	-72459.87
2	39000	15600	-15600	-1435.2	44.10		19933.33	2942.23
3	23400	9360	-9360	-1435.2	46.31		19933.33	9184.44
4	14040	5616	-5616	-1435.2	48.62		19933.33	12930.75
5	8424	3369.6	-3369.6	-1435.2	51.05		19933.33	15179.58
6	5054.4	2021.76	-2021.76	-1435.2	53.60		19933.33	16529.98
6	3032.64	1213.06	-1213.056	-1435.2	56.28		19933.33	17341.36
7	1819.584	727.83	-727.8336	-1435.2	59.10		19933.33	17829.40
8	1091.7504	1091.75	-1091.7504	650	-1435.2	62.05	19933.33	18118.44
İÇ VERİM ORANI								9%

Not:Yıllık %5 lik kira gideri artışı alan kazancına yansıtılmıştır

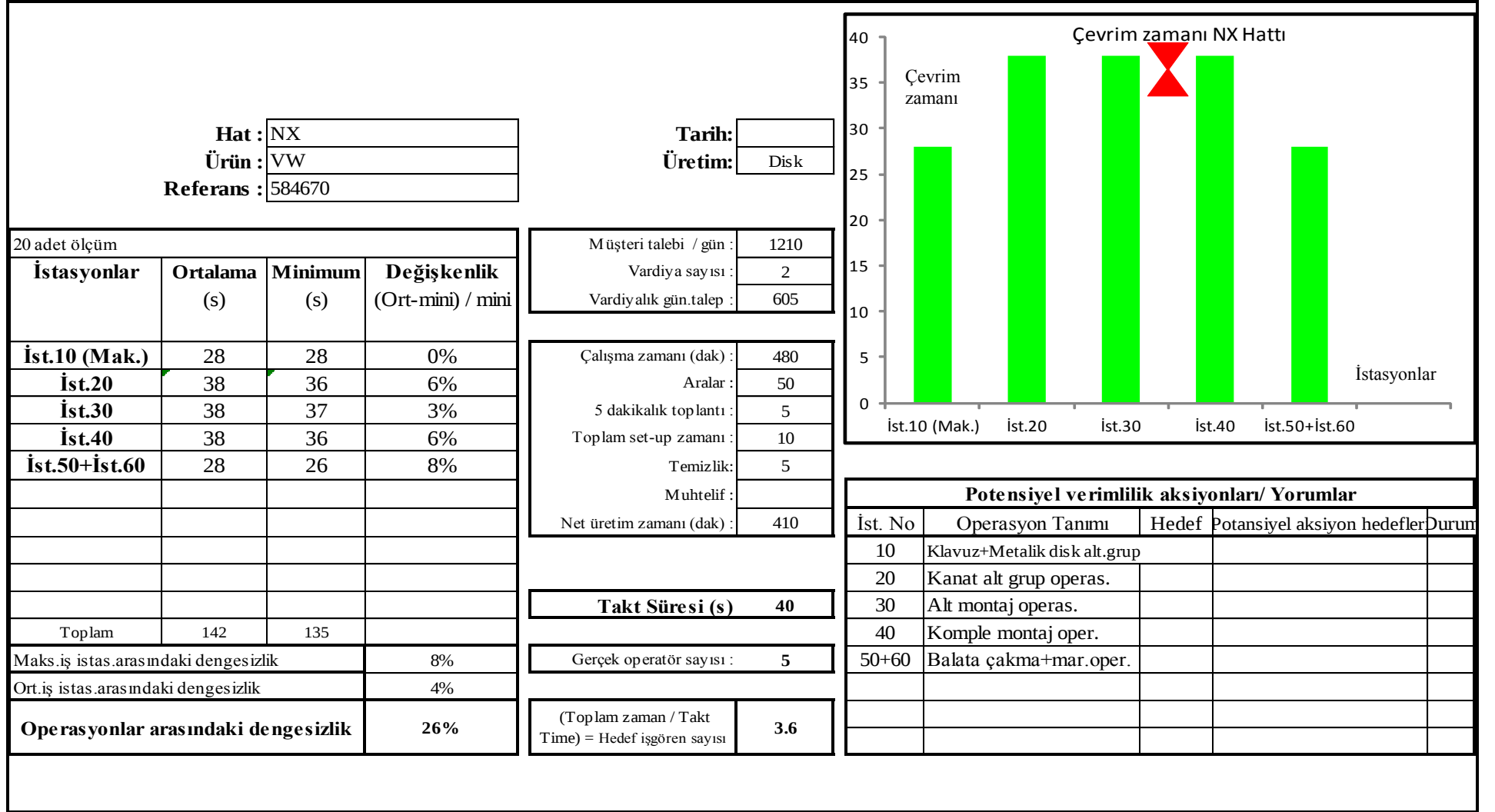
Yatırım ihtiyacı belirlendikten sonra gelecek durum haritasına göre, Toplam süre Takt süresine bölünerek hedef işgören sayısı 3.6 olarak hesaplanmıştır. Hesaplamada yeni durum çevrim zamanı diyagramı kullanılmıştır.

Çizelge A.7'deki üretim kapasite çizelgesinden faydalanarak hat dengelemesi yapılmıştır. İstasyon 30 daki üç ayrı malzemenin (H2,H3 ve H4) yerleştirilmesi işlemi İstasyon 10 daki Otomatik alt grup montaj makinesine verilmiştir. Böylece ortalama iş istasyonları arasındaki dengesizlik %7 den % 4' e, istasyonlar arasındaki dengesizlik ise %50'den %26'y a düşürülmüştür.

Yeni durum çevrim zamanı diyagramında (Çizelge 5.6) ; istasyonlar, ortalama zaman, minimum, zaman, hat bilgisi, ürün adı, referans, tarih, üretim hattı, günlük müşteri talebi ve vardiya sayısı gibi girilecek bilgiler bulunmaktadır. Değişkenlik ise ortalama zamanın minimumdan ne kadar saptığını yüzde olarak gösteren değerdir. Maksimum iş istasyonları arasındaki dengesizlik ise her bir istasyon arasındaki en büyük değişkenliği göstermektedir. Bu değer %8 olarak hesaplanmıştır. Ortalama iş istasyonları arasındaki dengesizlik ise her bir istasyona ait değişkenliklerin ortalamasıdır. Bu değer de % 4 olarak tespit edilmiştir. Operasyonlar arasındaki dengesizlik ise her bir istasyonun minimum istasyon süresinden ne kadar saptığının yüzde olarak ifadesidir. Yani bir başka deyişle istasyonlar arası dengeyi göstermektedir. Bu değer %26 olarak bulunmuştur. Günlük müşteri talebinin vardiya sayısına bölümüyle vardiyalık günlük talep 605 adet hesaplanmıştır. Çalışma zamanı 480 dakika; bunun içinde 50 dakika yemek ve çay saati, 5 dakika toplantı, 10 dk. toplam set-up yada hazırlık zamanı, 5 dk. temizlik zamanı olarak belirlenmiştir. Bu zamanlar düşüldüğünde net üretim süresi 410 dk. olarak gerçekleşmiştir. Net üretim zamanının vardiyalık talep miktarına bölünmesiyle bulunan elde edilen takt süresi 40 sn olarak bulunmuştur. Ortalama iş istasyonu sürelerinin toplamının takt süresine bölünmesiyle, hedef operatör sayısı değeri 3.6 hesaplanmıştır. Bu değer 4 olarak alınabilir, mevcut işgören sayısından (5 kişi) küçük olduğu için süreç iyileştirme çalışmalarına başlanmıştır. Bulunan bu rakam simülasyon hesaplamaları sonucu ortaya çıkan rakamla aynı sonucu vermiştir. İstasyon süreleri incelendiğinde grafikten de görüleceği gibi darboğaz istasyon bulunmamaktadır.

Çizelge 5.7'de yeni durum standart iş sırası çizelgesi verilmiştir. Bu çizelgede her istasyona ait detay bazda makine, el ve yürüme sürelerini görmek mümkündür.

Çizelge 5.6: Yeni Durum Çevrim Zamanı Diyagramı Çizelgesi.



Çizelge 5.7: Gelecek Durum Standart İş Sırası Çizelgesi.

Bölüm	Parça no	Parça ismi	Tarih	İsim	Takt süresi	Vardiya süresi	El	Makina	Yürüme
NX	584670	Debriyaj Diski		Tayfun	40	420			

NO	İşlem Tanımları	SÜRE			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
		EL	MAK	YÜR														
10	Klavuz+M.Disk Alt grup montajı	0	28															
20	Kanat alt grup montajı	38	3	0														
30	Yay alt montaj operasyonu	38	14	2,5														
40	Komple montaj	38	5	2.5														
50+60	Balata çakma+markalam	28	28	2														

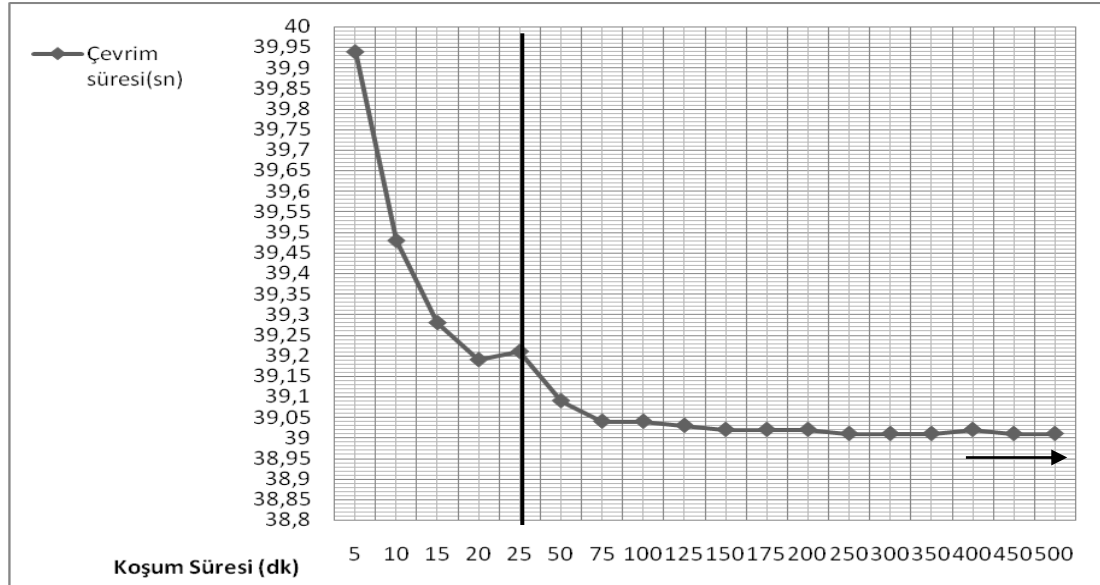
5.5 Önerilen Sistemin Simülasyonla Testi

Sistemin simülasyon programlaması Arena 11.00 de standart edition versiyonu kullanılarak yapılmıştır. Sistem 820 dk boyunca çalıştırılmıştır ve 50 kere tekrar yapılmıştır.

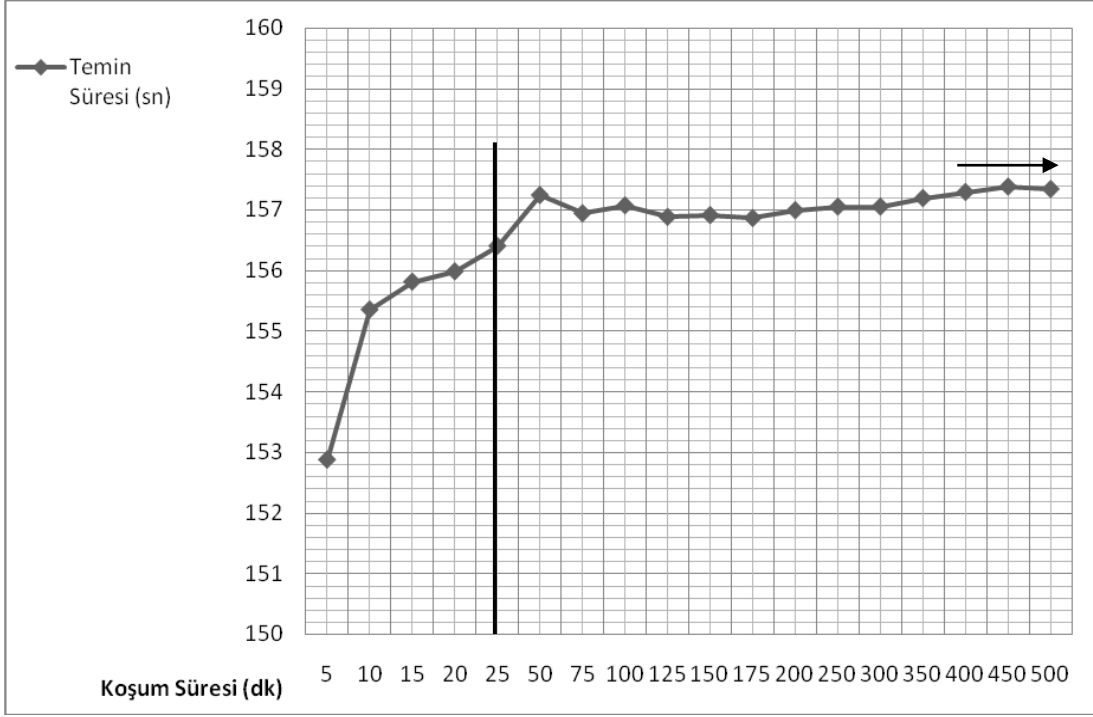
- Malzemenin sisteme 39 sn aralıklarla beslendiği
- Herhangi bir malzeme eksikliğinin bulunmadığı
- Kuyruk kısıtlaması olmadığı ve konveyör hızının dikkate alınmadığı
- Makine arızasının ihmal edildiği varsayımında bulunulmuştur.

Çevrim süresi-koşum süresi grafiği ve temin süresi-koşum süresi grafikleri değerlendirildiğinde 25. dakikadan sonra eğrilerin daha kararlı yapıya ulaştıkları görülmektedir. Bu nedenle ısınma periyodu 25 dk olarak belirlenmiştir. (Şekil 5.6 ve Şekil 5.7) Üretim adetlerinde ise 3.dakikadan sonra koşum süresi üretim âdeti grafiği sürekli bir artış şeklinde olduğu için 3 dk ısınma periyodu olarak alınmıştır. (Şekil 5.8)

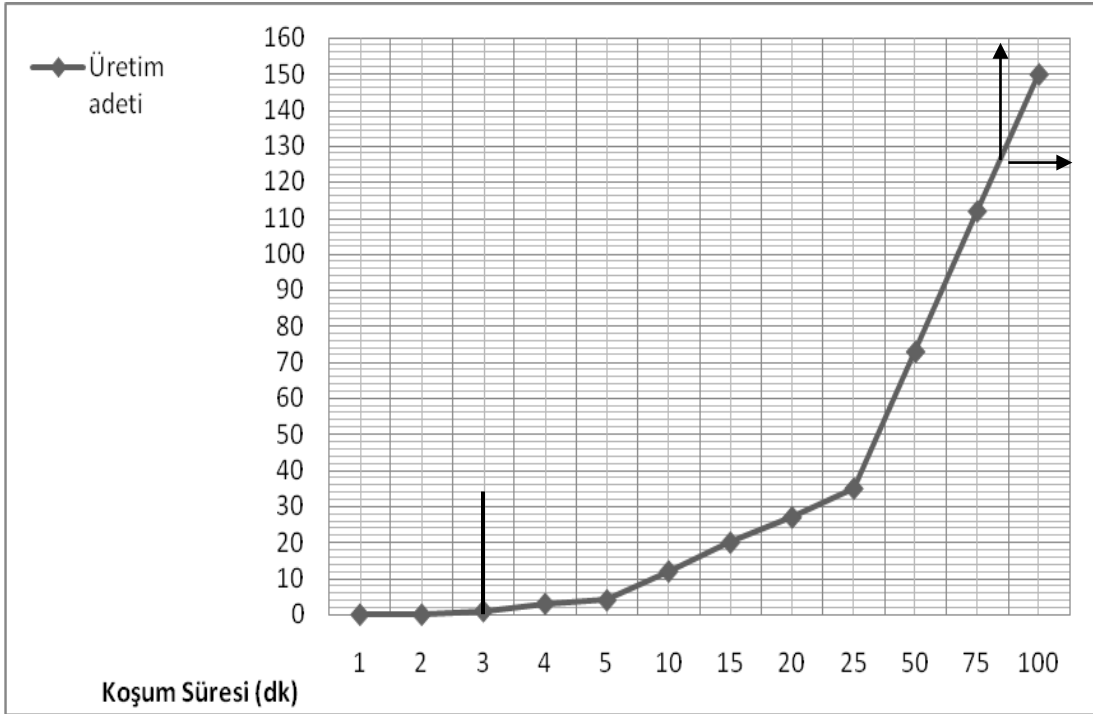
Gelecekteki durumun Arena simülasyon programındaki görsel animasyonu Şekil 5.9' da verilmiştir.



Şekil 5.6: Koşum Süresi-Çevrim Süresi Grafiği



Şekil 5.7: Koşum Süresi-Temin Süresi Grafiği



Şekil 5.8: Koşum Süresi-Üretim Adeti Grafiği

5.6 Uygulamanın Sonucu

Mevcut duruma göre yapılan simülasyon sonucunda;1071 adet üretim, çevrim süresi 45,7sn (takt süresinden yüksek), Temin süresi 1,05 saat, Ortalama makine kullanım yüzdelerinin ortalaması %78, darboğaz istasyon 30 nolu istasyon, darboğazdaki ortalama kuyruk uzunluğu 92,15 adet bulunmuştur. (Çizelge 6.1)

10 nolu operasyonun otomatik hale getirilmesi yatırım hesaplaması sonucunda feasible olduğu ve bunun sonucunda 1 işgörenin açığı çıktığı tespit edilmişti. 20 nolu operasyon olan kanat alt montajında ise bir işgörenin sabit halde, diğer işgörenlerin ise tavşan kovalama yöntemiyle çalışacağı şekilde sistem kurgulanmıştır. Bu şekilde düşünüldüğünde 4 farklı alternatif belirlenmiştir.

1 kişi Kanat Alt grup montajında, diğer 1 kişi ise 3 makinenin içinde yer aldığı hücre içinde tavşan kovalama üretim yönetime göre çalışması durumunda (2 kişiyle çalışılması durumu) yapılan simülasyon sonucunda 432 adet üretim, çevrim süresi 113,3 sn (takt süresinden yüksek), Temin süresi 4,5 saat, Ortalama makine kullanım yüzdelerinin ortalaması %46, darboğaz istasyon 20 nolu istasyon, darboğazdaki ortalama kuyruk uzunluğu 0,008 adet bulunmuştur.

1 kişi Kanat Alt grup montajında, diğer 2 kişi ise 3 makinenin içinde yer aldığı hücre içinde tavşan kovalama üretim yönetime göre çalışması durumunda (3 kişiyle çalışılması durumu) yapılan simülasyon sonucunda 863 adet üretim, çevrim süresi 56,8 sn (takt süresinden yüksek), Temin süresi 2,18 saat, Ortalama makine kullanım yüzdelerinin ortalaması %66, darboğaz istasyon 20 nolu istasyon, darboğazdaki ortalama kuyruk uzunluğu 0,008 adet bulunmuştur.

1 kişi Kanat Alt grup montajında, diğer 3 kişi ise 3 makinenin içinde yer aldığı hücre içinde tavşan kovalama üretim yönetime göre çalışması durumunda (4 kişiyle çalışılması durumu) yapılan simülasyon sonucunda 1209 adet üretim, çevrim süresi 39,1 sn (takt süresinin altında), Temin süresi 0,06 saat, Ortalama makine kullanım yüzdelerinin ortalaması %81, darboğaz istasyon 40 nolu istasyon, darboğazdaki ortalama kuyruk uzunluğu 0,05 adet bulunmuştur.

1 kişi Kanat Alt grup montajında, diğer 4 kişi ise 3 makinenin içinde yer aldığı hücre içinde tavşan kovalama üretim yönetime göre çalışması durumunda (5 kişiyle çalışılması durumu) yapılan simülasyon sonucunda 1209 adet üretim, çevrim süresi 39 sn (takt süresinin altında), Temin süresi 0,043 saat, Ortalama makine kullanım

yüzdelerinin ortalaması %81, darboğaz istasyon 40 nolu istasyon, darboğazdaki ortalama kuyruk uzunluğu 0,099 adet bulunmuştur.

Sonuç olarak toplamda 4 işgörenle tavşan kovalama yöntemiyle çalışılması durumunda mevcut çalışma düzenine göre:

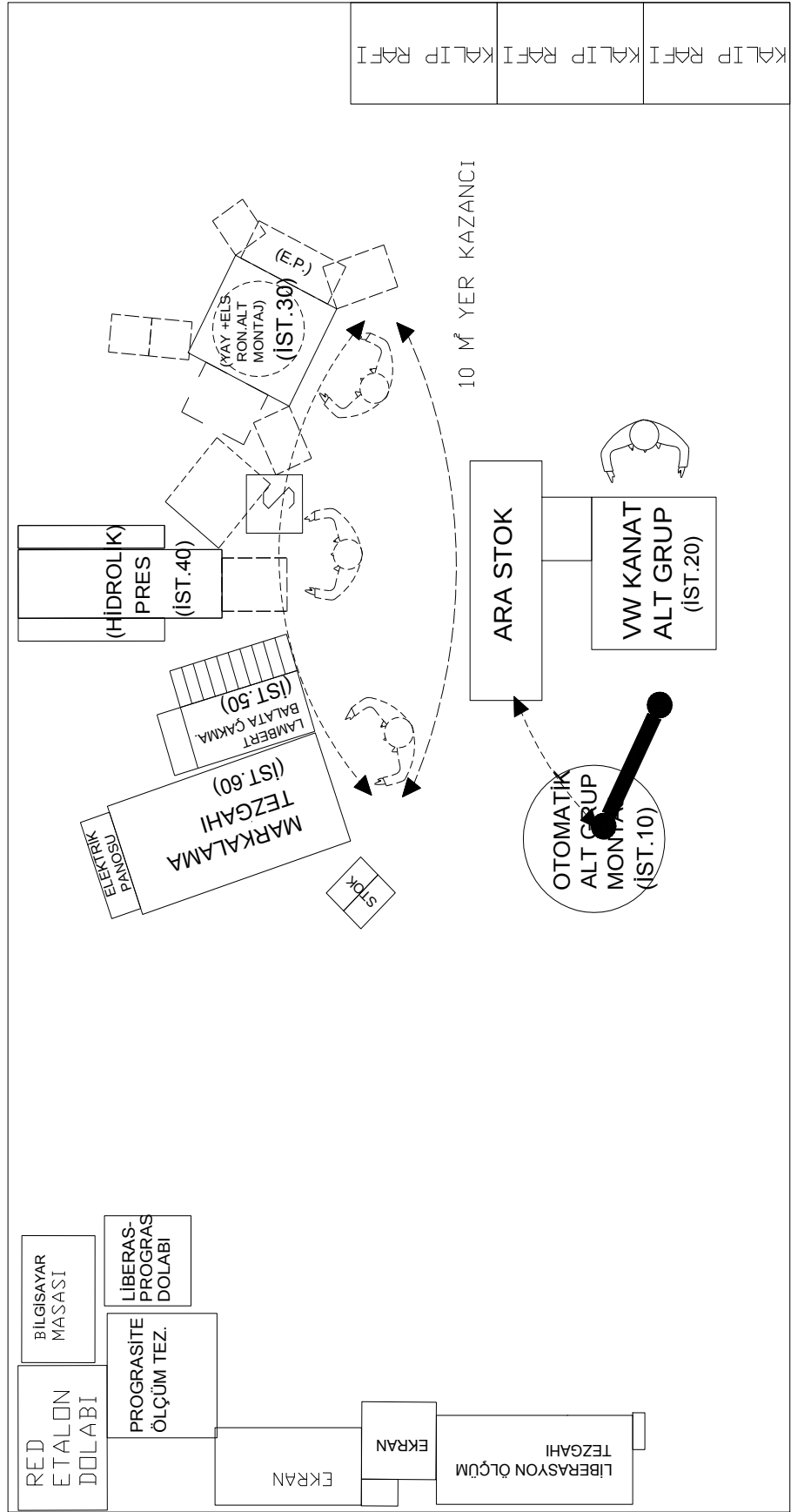
- Üretim miktarı 1071 adetten 1209 adete çıkmıştır,
- Ortalama makine kullanımı %78 dan %81 ye yükselmiştir.
- Çevrim süresi 45,7 saniyeden 39,1 saniyeye
- Temin süresi 1,05 saat'den 0,06 saate
- Darboğazdaki ortalama kuyruk uzunluğu 92,15 adetten 0,05 adete düşmüştür.

Tavşan kovalama yöntemiyle çalışan işgörenlerin 2,3,4 ve 5 li kombinasyonları değerlendirildiğinde en iyi sonucun takt sürenin (40 sn) altında kalan 5 işgörenli ve 4 işgörenli çalışma şekilleri olduğu sonucuna varılmıştır, ancak 5. işgörenin getireceği fazladan maliyetten dolayı 4 işgörenli çalışma şeklinin yukarıda belirtilen göstergeler açısından en doğru sonucu verdiği kanıtlanmıştır.

Yeni durumdaki işgören sayısı netleştikten sonra 1 işgören Kanat alt grup montajında sabit bir şekilde çalıştığı, diğer 3 işgörenin bir hat içinde çalıştığı yerleşim planı Şekil 6.1 de verilmiştir.

Tavşan kovalama yönteminin uygulaması sonucunda elde edilecek kazanımlar şu şekilde sıralanabilir:

- Gelecek durum yerleşim planı, bir önceki yerleşim planıyla karşılaştırıldığında makineler birbirine yaklaştırılacağından dolayı yaklaşık 10 m² bir yer kazancı sağlanacaktır. Buraya hazırlık zamanını kısaltmak için kalıp rafla yerleştirilmesi öngörülmüştür.
- Üretim kalite problemleri kolaylıkla takip edilebilecek
- İşgörenler farklı tezgahlarda çalışabilecekleri için motivasyon artacak
- Hattan konveyörler uzaklaştırılacağı için hattın bakım, elektirik maliyetleri düşecektir, ayrıca bu konveyörler başka bir alanda değerlendirebilecek
- İşgören sayısı üretim planına göre kolaylıkla ayarlanabilir olacak.
- İşgörenlerin problem çözme yetenekleri artacaktır.



Çizelge 6.1: İşgören sayısına göre simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması.

Çevrim Süresi (sn)	İşgören Sayısı	Temin Süresi (saat)	Ortalama Makine Kullanım Yüzdesi	Üretim miktarı	Darboğaz istasyon	Darboğazdaki ortalama kuyruk uzunluğu
113,3±0,05	2 kişi (Yeni Durum)	4,5±0,002	46%	432	20 nolu	0,008
56,8±0,03	3 kişi (Yeni Durum)	2,18±0,003	66%	863±0,40	20 nolu	0,008
39,1	4 kişi (Yeni Durum)	0,063±0.003	81%	1209	40 nolu	0,05
39	5 kişi (Yeni Durum)	0,043	81%	1209	40 nolu	0,099
45,7±0,02	5 kişi (Mev.Durum)	1,05±0,003	78%	1071	30 nolu	92,15±0,25

6. TEZ SONUCU VE ÖNERİLER

Müşterinin belirlediği haftalık veya aylık üretim hedeflerine ulaşamadığında ya da başka bir ifadeyle hattın çevrim süresi üretim hedeflerine göre hesaplanan takt süresinden büyük olduğu durumlarda üretim sistemlerinin performansını arttırmak zorunlu hale gelmektedir. Bu performansın yükseltilmesi de :

-Çevrim zamanının düşürülmesi veya

-Net üretim süresinin (Toplam üretim süresinden; planlı duruşlar, makine arızaları, kalitesizlik, personel ve malzeme eksikliği, beklemler vs. gibi kayıpların düşülmesi ile elde edilen değer) arttırılmasıyla gerçekleştirilir.

Teknik beceriye sahip işgörenlerin bir hücre içinde çalıştığı tavşan kovalama üretim yöntemi ile birlikte çalışanların farklı görevleri yerine getirecekleri için motivasyonlarının artacağını, problem çözme ve karar verme yeteneklerinin gelişeceğini, iletişim ve sosyal becerilerinin yükseleceğini söylemek mümkündür. Bu haliyle tavşan kovalama üretim yöntemi; kalite problemleri ve çözümüne katkı sağlayarak kayıpların elimine edilmesinde, hedeflenen üretim miktarına ulaşılmasında ve dolaylı olarak üretim performansının yükseltilmesinde tetikleyici faktör olması açısından önemli rol oynamaktadır. Ayrıca işgörenlerde, takım olma bilinciyle hareket ettikleri için makine arızalarına karşı proaktif yaklaşım sergileyerek daha duyarlı olabilecekleri gibi sürekli tek makinede çalışmış olmanın getireceği işletme körlüğü de meydana gelmeyecektir. Her bir işgören ya da çalışanın tek makinede çalıştığı klasik montaj hattında, birisinin eksik olması durumunda bir hattın içindeki tüm işlemlerin etkileneceğini ve sonuçta beklemlerin gerçekleşeceğini söylenebilir. Oysa tavşan kovalama üretim yöntemi sayesinde, herhangi bir işgören o kişinin yerine kolay bir şekilde ikame edilebilir ve işgören sayısını arttırarak veya tam tersi çevrim süresinin takt süresinden küçük olması durumunda işgören sayısını azaltarak hedeflenen takt süresine basit bir şekilde ulaşmak mümkün hale gelecektir.

Tavşan kovalama üretim yönteminin uygulamadaki engeller:

- 1) Ürün kısıtı vardır, her ürüne uygulanamaz: Ürünlerin yeterli hafiflikte olması gerekir ve belirli bir ağırlığın üzerindeki ürünlerde bu sistemi uygulamak ergonomik açıdan mümkün değildir.
- 2) İşgörenlerin yürüme mesafesinin artması, operatörlerin tavşan kovalama yöntemine uyumunu zorlaştırmaktadır.
- 3) Çok fonksiyonlu işgören ihtiyacı artar: İşgörenlerin teknik, sosyal ve fiziksel becerilere sahip olması ve bunun yanında yeterli düzeyde proses bilgisi de olması bu sistemin başarılı şekilde uygulanması için gereklidir. Ayrıca işgörenlerin öğrenmeye istekli ve hevesli olmaması, yeni sisteme direnç göstermeleri de karşılaşılabilecek zorluklar olarak ifade edilebilir. Bu hususlar dikkate alınarak gerekli eğitimlerin verilmesi veya buna uygun elemanların seçilmesi zorunlu hale gelmektedir.

Tavşan kovalama üretim yönteminde; yeni durum çevrim zamanı diyagramında hesaplanan “hedef işgören sayısı” değerinin doğruluğunu ispatlamak için sistem simülasyonla test edilmiştir. Sistem, gerçek şartları altında 2 vardiya boyunca 50 kez tekrar edilerek ve aynı zamanda işgörenlerin yürümeleri ve ölçümlerdeki dağılımlar da hesaba katılarak çalıştırılmıştır ve farklı sayıda işgörenlerin oluşturduğu senaryolar denenerek; çevrim süresi, temin süresi, ortalama makine kullanım yüzdesi, üretim miktarı, darboğaz istasyon ve darboğazdaki ortalama kuyruk uzunlukları gibi sistem performans göstergelerinin bir güven aralığında nasıl değiştiği tespit edilmiştir ve sonunda doğru kararı vermek açısından en uygun senaryo bulunmuştur.

Tez çalışmasının sonucunda konu ile ilgili gelecekteki araştırmalarda;

- Matematiksel modellerde derinleme analizler yapılabilir,
- Kalite sorunları analize katılabilir,
- Ürün boyutu ile ilgili çalışmalar ortaya konulabilir
- Sezgisel yöntemler geliştirilebilir
- İşgörenlerin öğrenme eğrileri dikkate alınabilir
- Ayrıca yanıt yüzeyi metodolojisi gelecekteki çalışmalarda ele alınabilir.

Uygulama potansiyeli yeni ürün devreye alınacağı zaman; çalışmanın ekonomik olarak iç verim oranı ve simülasyon doğru hesaplanması durumunda ve aynı metodoloji uygulandığında sonuçlar doğru çıktı verir.

KAYNAKLAR

- Abdullah, T. A., Popplewell, K., ve Page, C. J.**(2003). *International Journal of Production Research*, Cilt 41, Sayı 11, 2391-2410.
- Acar, N., ve Eştaş, S.**(1991).Kesikli Seri Üretim Sistemlerinde Planlama ve Kontrol Çalışmaları, *Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları*, No:309, Ankara.
- Avikal, S., Jain, R., Mishra, P.K., ve Yadav, H.C.**(2013). *A Heuristic Approach for U - shaped Assembly Line Balancing to Improve Labor Productivity*, *Computers & Industrial Engineering* 64, 895-901.
- Aydoğdu, A.**(2005).Takım Esaslı Montaj Hattı Dengeleme, Bitirme Tezi, İ.T.Ü. Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Baskak, M.**(2005).Üretim Hatlarının Modellenmesi Ders Notları, , İ.T.Ü. Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Battini, D., Faccio, M., Persona, A., ve Sgarbossa, F.**(2011).New Methodological Framework to Improve Productivity and Ergonomics in Assembly System Design, *Industrial Journal of Industrial Ergonomics*, 41, 30-42.
- Çevikcan, E.**(2006). *Takım Çalışması Esaslı Karma Modelli Montaj Hatlarının Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çevikcan, E.**(2014).A Novel Mathematical Programming Approach for Rabbit Chase in Manual Assembly.
- Chen, C. J., Li, Y., ve Shady, B. D.,**(2010).From Value Stream Mapping toward a Lean/Sigma Continuous Improvement Process: an Industrial Case Study, *International Journal of Production Research*, 48, 4, 1069-1086.
- Dimitriadis, S. G.,**(2006).Assembly Line Balancing and Group Working: A Heuristic Procedure for Workers' Groups Operating on the Same Product and Workstation, *Computers & Operations Research*, 33, 2757-2774.
- Framinan, J.M., Usano, R.R., ve Leisten, R.**(2000).Input Control and Dispatching Rules in a Dynamic CONWIP Flow-shop, *International Journal of Production Research*, Cilt 38, Sayı 18, 4589-4598.
- Geraghty, J., ve Heavey, C.**(2004).A Comparison of Hybrid Push/Pull and CONWIP/Pull Production Inventory Control Policies, *International Journal of Production Economics*, 91, 75-90.
- Gökçen, H. ve Ağpak, K.**(2006).A Goal Programming Approach to Simple U-line Balancing Problem, *European Journal Of Operational Research*, 171, 577-585.

- Grzechca, W.**(2011).Cycle Time in Assembly Line Balancing Problem, 21st *International Conference on Systems Engineering*, 171-174.
- Haq, A.N., Jayaprakash, J. ve Rengarajan, K.**(2006).A Hybrid Genetic Algorithm Approach to Mixed-Model Assembly Line Balancing, *International Journal of Advanced Manuf. Technology*, 28, 337-341.
- He, D.W. ve Kusiak, A.**(1998).Designing an Assembly Line for Modular Products, 34, 1, 37-52.
- Hochreiter, T.A.**(1999).A Comparative Simulation Study of Kanban, CONWIP, and Mrp Manufacturing Control Systems in a Flowshop, Bitirme Tezi, The University of Florida, Industrial & Systems Engineering, Florida.
- Housmand, M., ve Jamshidnezhad, B.**(2001). Redesigning of an Automotive Body Assembly Line through an Axiomatic Design Approach, Url-1<<http://www.researchgate.net/publication>>
- Hu, S.J., Ko, J., Weyand, L., Elmaraghy, H.A., Lien, T.K., Koren, Y., Bley, H.**(2011). Assembly System Design and Operations for Product Variety, *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 60, 715-733.
- Huang, M., Wang, D., Ip, W.H.**(1998).Simulation Study of CONWIP for a Cold Rolling Plant, *International Journal of Production Economics*, 54, 257-266.
- Hutchinson, S.T., Villalobos, J.R., ve Beruvides, M.G.,** (1997).Effects of High Labour Turnover in a Serial Assembly Environment, *International Journal of Production Research*, Cilt 35, Sayı 11, 3201-3223
- Kabadurmuş, Ö.,** (2008).CONWIP Esaslı Üretim Sistemlerinin Tasarımı ve Yönetimi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Karim, M.A., Ernst, M., ve Amin, M.A.**(2012). A Method for Evaluating Lean Assembly Process at Design Stage, *Sustainable Manufacturing*, 169-174.
- Kazemi, S.M., Ghodsi, R., Rabbani, M., Tavakkoli, R., ve Moghaddam.**(2011). A Novel Two-stage Genetic Algorithm for a Mixed-Model U-Line Balancing Problem with Duplicated Tasks, *International Journal of Adv. Manuf. Technology*, 55, 1111-1122.
- Keskin, G.A.** (2011). Tesis planlama dersi montaj hattı dengeleme konusu notları, Kocaeli Üniversitesi Endüstri mühendisliği, 1-11
- Khan, A., ve Day, A.J.**(2002).A Knowledge Based Design Methodology for Manufacturing Assembly Lines, *Computers & Industrial Engineering*, 41, 441-467.
- Liu, C, Li, W., Lian, J., ve Yin, Y.**(2012).Reconfiguration of Assembly Systems: From Conveyor Assembly Line to Serus, *Journal of Manufacturing Systems*, 31, 312-325.
- Merengo, C., Nava, F., ve Pozzetti, A.**(1999).Balancing and Sequencing Manual Mixed-Model Assembly Lines, *International Journal of Production Research*, 37, 12, 2835-2860.
- Miltenburg, J.**(1998).Balancing U-Lines in a Multiple U-Line Facility, *European Journal of Operational Research*, 109, 1-23.

- Miltenburg, J.**(2001).U-shaped Production Lines: A Review of Theory and Practice, *International Journal of Production Economics*, 70, 201-214.
- Oğan, A.D., Özdeniz, B., Özer, Z.Ö., Öztürk, K.C., ve Top, L.**(2005).Dizel Enjektör Üretimi :Yapan Bir Şirketteki Montaj Hattı İşletme Süreçleri, *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 20, 3, 39-51.
- Oh, K.H.**(1997).Expert Line Balancing System, *Computers & Industrial Engineering*, 33, 1-2, 303-306.
- Powell, S.G., ve Pyke, D.F.**(1998), Buffering Unbalanced Assembly Systems, *HE Transactions*, 30, 55-65.
- Shin, D. ve Min, H.**(1991).Flexible Line Balancing Practices in a Just-in-time Environment, *Production and Inventory Management Journal*, 32, 4, 38-41.
- Spath, D., ve Baumeister, M.**(2001).Synchronisation of Material Flow and Assembly in Hybrid and Modular Systems, *Assembly Automation*, 21, 2, 152-157.
- Sullivan, W.G., McDonald, T.N. ve Aken E.M.V.**(2002).Equipment Replacement Decisions and Lean Manufacturing, Robotics and Computer Integrated Manufacturing, 18, 255-265.
- Yu, Y., Tang, J., Sun, W., Yin, Y., ve Kaku,I.**(2013).Reducing Workers by Converting Assembly Line into a Pure Cell Ssystem, *International Journal of Production Economics*, 145, 799-806.
- Zhuo, C., Xu, Y., ve Tan, Y.**(2011).A Research of the Stochastic U-type Assembly Line Balancing Problem, *IEEE*, 874-878.

EKLER

EK A: Mevcut Durumu Gösteren Süreler, Diyagramlar, İş Akış Şeması ve Çizelgeler

EK B: Arena Simulasyon Programındaki Görsel Animasyon

EK A**Çizelge A.1:** NX Hattındaki İstasyonlar ve Süreleri.

NO	İSTASYONLAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Ortalama
10	Klavuz rondela+metalik disk montajı istasyonu	22	23	25	23	22	26	23	23	24	25	25	24	23	22	23	23	22	24	23	24	23.45
20	Kanat alt grup montaj istasyonu	39	36	42	37	37	39	39	36	39	38	37	38	38	37	38	38	37	37	36	38	37.80
30	Yay & Elastik rondela alt montaj istasyonu	43	45	44	44	48	44	46	47	45	43	45	49	47	49	44	45	48	47	48	44	45.75
40	Komple montaj istasyonu	35	37	37	36	42	40	36	40	37	36	42	39	37	40	38	36	38	38	38	37	37.95
50	Balata çakma istasyonu	20	22	22	23	22	21	22	23	21	22	20	22	22	22	22	22	21	21	20	22	21.60
60	Markalama istasyonu	6	7	6	6	7	6	7	6	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7	7	7	6.50

Çizelge A.2: Mevcut Durum Çevrim Zamanı Diyagramı.

Hat : NX
Ürün : VW
Referans : 584670

Tarih: 11.03.2015
Üretim: Disk

20 adet ölçüm			
İstasyonlar	Ortalama (s)	Minimum (s)	Değişkenlik (average-mini) / mini
İst.10	23	22	5%
İst.20	38	36	6%
İst.30	46	43	7%
İst.40	38	35	9%
İst.50+İst.60	28	26	8%
Toplam	173	162	
Maks.iş istas.arasındaki dengesizlik			9%
Ort.iş istas.arasındaki dengesizlik			7%
Operasyonlar arasındaki dengesizlik			50%

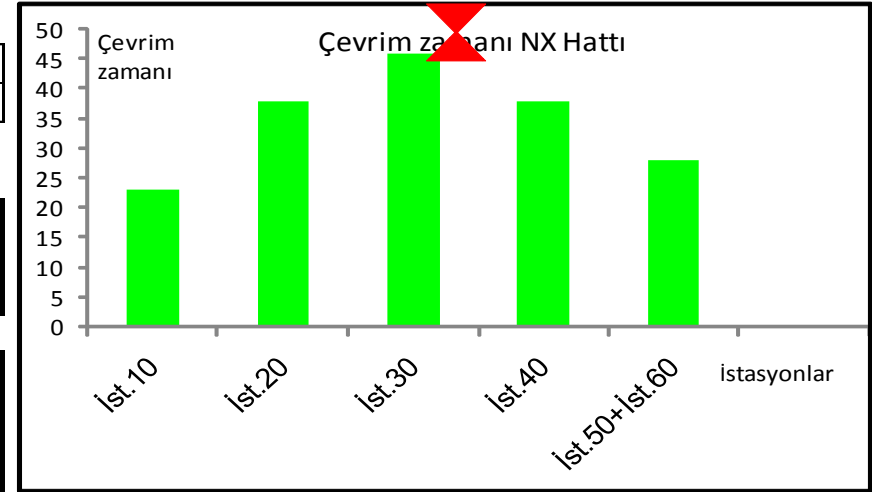
Müşteri talebi / gün :	1210
Vardiya sayısı :	2
Vardiyalık gün.talep :	605

Çalışma zamanı (dak) :	480
Aralar :	50
5 dakikalık toplantı :	5
Toplam set-up zamanı :	10
Temizlik :	5
Muhtelif :	
Net üretim zamanı (dak) :	410

Takt Süresi (s) 40

Gerçek operatör sayısı : 5

(Toplam zaman / Takt Time) = Hedef operatör sayısı
4.3



Potensiyel verimlilik aksiyonları/ Yorumlar				
İst. No	Operasyon Tanımı	Hedef	Aksiyonlar	Durum
10	Klavuz+Metalik disk alt.grup			
20	Kanat alt grup operas.			
30	Yay alt montaj operas.			
40	Komple montaj oper.			
50+60	Balata çak.+mar.operas.			

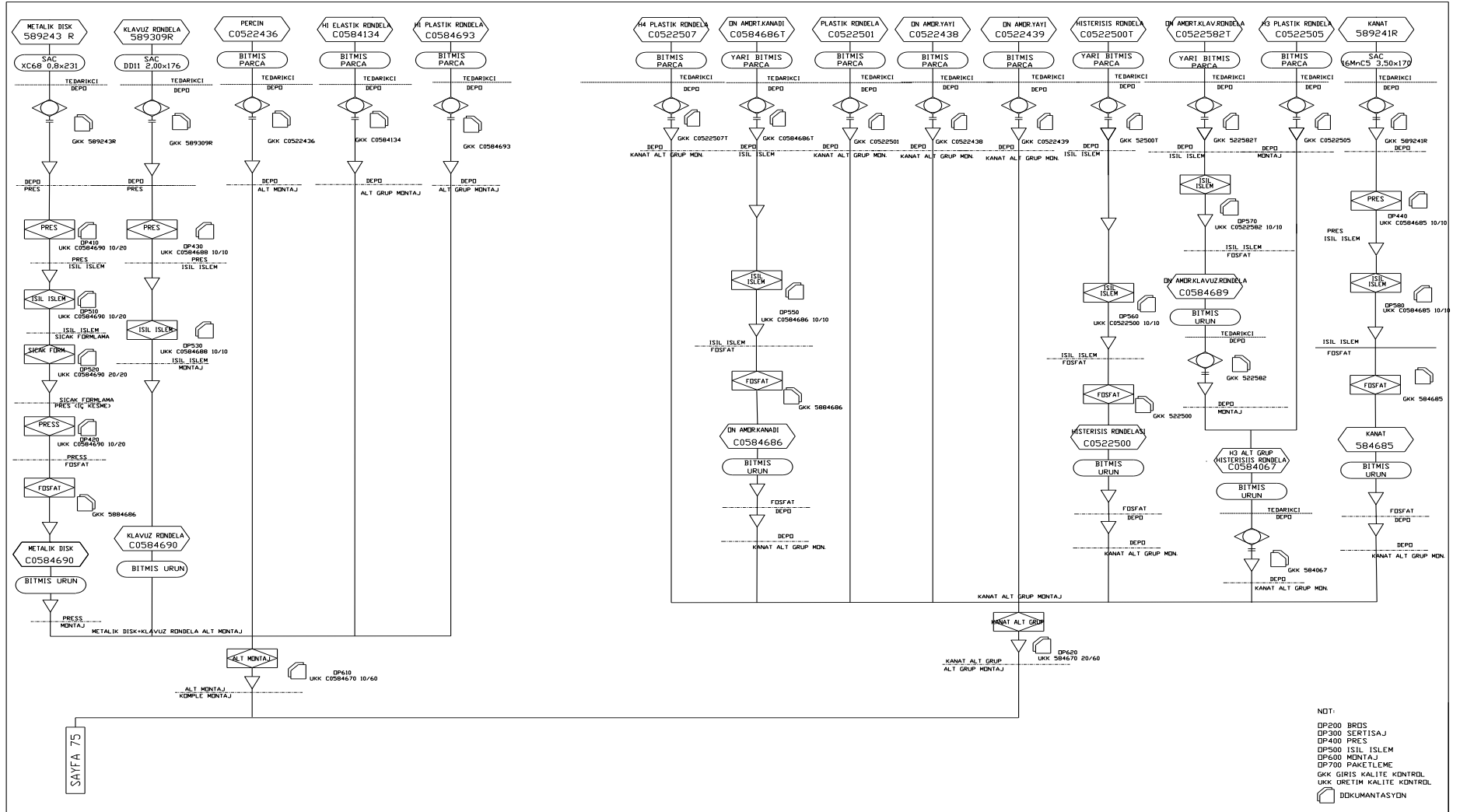
Çizelge A.3: Ürün Takip Haritası.

Tarih : 11.03.2015
 Hat : NX Disk Montaj Hattı
 Ürün : 584670
 Yapan : Tayfun Diker

○ Eklenen değer
 → Taşıma
 □ Kontrol
 ▽ Stok

No	Açıklama	Parça Sayısı	Alan (m ²)	Süre (s)	Mesafe (m)	○	→	□	▽
1	Bitmiş Ürün Hatsonu Stoğu	285	1.5						X
2	Taşıma (Markala--> Bitmiş Ürün Kasasına)				1		X		
3	Markalama (İst.60)			7		X			
4	Balata Çakma (İst.50)			21		X			
5	Ara Stok(Disk A.g balatasız)	5							X
6	Komple Montaj (İst.40)			38		X		X	
7	584684 Göbek taşıma (Ambar-Montaj arası)				35		X		
8	584684 Göbek komponent stok	800							X
9	Ara Stok (Kanat+Yay+Els.rondela.A.g)	10							X
10	Taşıma(Disk A.G-->Komple Montaj)				3		X		
11	Kanat +Yay ve Els. rondela A.G Montajı (İst.30)			46		X		X	
12	584134 Esnek rondela taşıma (Ambar-Montaj arası)				35		X		
13	584134 Esnek rondela komponent stok	3000							X
14	Kanat A.G Montajı (İst.20)			38		X			
15	Taşıma(Isıl işlem kanat stok-Kanat A.G Montaj)				55		X		
16	584685 kanat komponent stok	585							X
17	Ara Stok(dantel kılav A.g)	21							X
18	Taşıma(Disk A.G-->Komple Montaj)				5		X		
19	Kılavuz Dantel Montajı (İst.10)			24		X			
Faz sayısı						6	6	2	7
Toplam		4706	2	174	134				

Çizelge A.4: Mevcut Durum Akış Analizi.



Şekil A.1: İş Akış Şeması.

Çizelge A.5: Üretim Kapasite Çizelgesi (İstasyon 10).

Bölüm	Parça No	Parça İsmi	Günlük Miktar	Mevcut Çalışma Süresi (dakika)	İsim: Faruk Şimşek		
10	584670	Disk	1210	410	Tarih: 11.03.2015		
Temel Süre							
No	İşlemlerin Tanımı	Makine No	El (s)	Makina (s)	Tamamlanma (s)	Vardiyada ki Üretim Kapasitesi	Notlar
1	Metalik diski yerleş.		2.5		2.5	9840	
2	Klavuz rondela yerleştirme		2		2	12300	
3	H1 Els.rondela yerleştirme		2		2	12300	
4	H1 Palier yerleştirme		2		2	12300	
5	8 adet perçini yerleştirme		8		8	3075	
6	Perçinleme işlemi	122	4	4	4	6150	Op.ve Mak.Meş
7	Bitmiş alt grubu kon.yerleş.		2.5		2.5	9840	
Toplam			23	4			

Çizelge A.6: Üretim Kapasite Çizelgesi (İstasyon 20).

Bölüm	Parça No	Parça İsmi	Günlük Miktar	Mevcut Çalışma Süresi (dakika)	İsim: İsmail Gülşen		
20	584670	Disk	1210	410	Tarih: 11.03.2015		
Temel Süre							
No	İşlemlerin Tanımı	Makine No	El (s)	Makina (s)	Tamamlanma (s)	Vardiyada ki Üretim Kapasitesi	Notlar
1	Histerisis ron.yerleştirme		3		3	8200	
2	Pls.rondela alma(522501)		2		2	12300	
3	Kanadı alma		2		2	12300	
4	Plas.rondelayı kanada yer.		4		4	6150	
3	Alt grubu kalıba koyma		3		3	8200	
4	Yayları kanada yerleştirme		8		8	3075	
5	Küçük kanadı koyma		3		3	8200	
6	H3 pls.grubunu yerleştirme		4		4	6150	
7	Pls.rondela yerleş.(522507)		3		3	8200	
8	Düğmeye basma+dön.tab.bekle	622	3	3	6	8200	Op.ve Mak.Meş
9	Parça alma ve sarı nok.koy.		3		3	8200	
Toplam			38	3			

Çizelge A.7: Üretim Kapasite Çizelgesi (İstasyon 30).

Bölüm	Parça No	Parça İsmi	Günlük Miktar	Mevcut Çalışma Süresi (dakika)	İsim: Emre İnci		
30	584670	Disk	1210	410	Tarih: 11.03.2015		
Temel Süre							
No	İşlemlerin Tanımı	Makine No	El (s)	Makina (s)	Tamamlanma (s)	Vardiyadaki Üretim Kapasitesi	Notlar
1	Klavuz ron.yerleştirme		3		3	8200	
2	H2 Els.Rondela yerleş+kont.		2		2	12300	
3	H3 Els.Rondela yerleş+kont.		3		3	8200	
4	H4 Els.Rondela yerleş+kont.		3		3	8200	
5	H2 alt grup yerleştirme+kont.		5		5	4920	
6	Kanat alt grup yerleş+kont.		4		4	6150	
7	Sarı iç yayı alma		3		3	8200	
8	Yeşil dış yayı alma		3		3	8200	
9	Sarı yayı dış yaydan geçirme ve yay şarjör kalıba yerleştirme	585	5	5	5	4920	Op.ve Mak.Meş
10	Kırmızı iç yayı kalıp şarjör.yerleş.	585	4	4	4	6150	Op.ve Mak.Meş
11	Kalıp şarjörünü basma	585	5	5	5	4920	Op.ve Mak.Meş
12	Mesafe perçinlerini yerleştirme		6		6	4100	
Toplam			46	14			

Çizelge A.8: Üretim Kapasite Çizelgesi (İstasyon 40).

Bölüm	Parça No	Parça İsmi	Günlük Miktar	Mevcut Çalışma Süresi (dakika)	İsim: Adem Dinç		
40	584670	Disk	1210	410	Tarih: 11.03.2015		
Temel Süre							
No	İşlemlerin Tanımı	Makine No	El (s)	Makina (s)	Tamamlanma (s)	Vardiyadaki Üretim Kapasitesi	Notlar
1	Alt grubu kalıba yerleştirme	231	3	5	3	8200	Kalıpta
2	Metalik diski alma		2.5		2.5	9840	Op.ve Mak.Meş
3	Palieri alma		2		2	12300	
4	Palieri metalik diske yerleştir.		4		4	6150	
5	Metalik diski alt gruba koyma		3		3	8200	
6	Kalıp çekirme yapılması		3		3	8200	
7	Kalıp ileriye itilmesi		3		3	8200	
8	Pres basma		5		5	4920	
9	Kalıbın geriye çekilmesi		3		3	8200	
10	Disk in alınması		2		2	12300	
11	Göbek kontrolün yapılması		5		5	4920	
12	Disk in konveyöre bırakılması		2.5		2.5	9840	
Toplam			38	5			

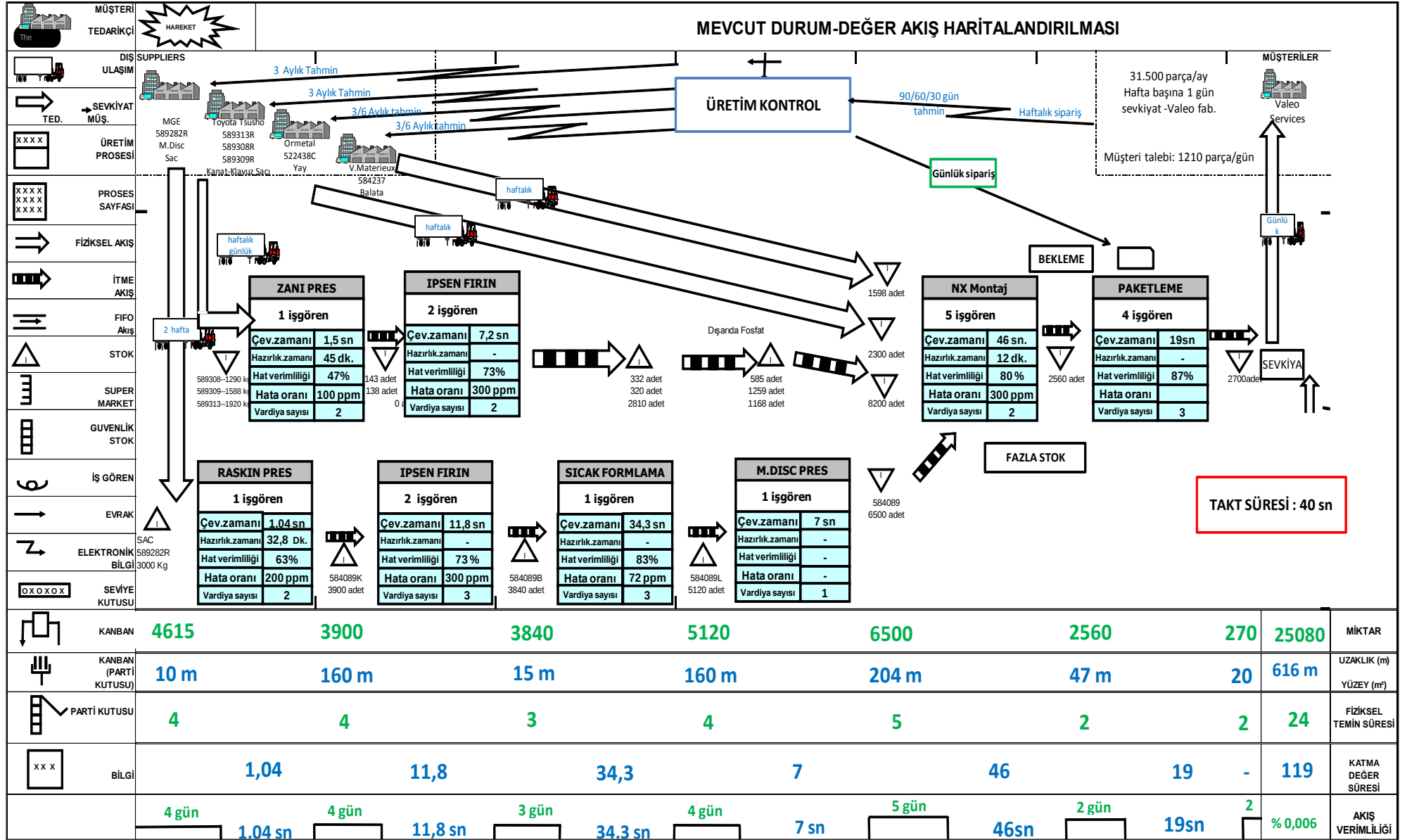
Çizelge A.9: Üretim Kapasite Çizelgesi (İstasyon 50 ve 60).

Bölüm	Parça No	Parça İsmi	Günlük Miktar	Mevcut Çalışma Süresi (dakika)	İsim: Yasin Yavuz		
50	584670	Disk	1210	410	Tarih: 11.03.2015		
Temel Süre							
No	İşlemlerin Tanımı	Makine No	El (s)	Makina (s)	Tamamlanma (s)	Vardiyadaki Üretim Kapasitesi	Notlar
1	Önceki disk mark.mak. koyma		3	3	3	8200	Op.ve Mak.Meş
2	Disk alt grub alma ve tez.yerle		3	3	3	8200	Op.ve Mak.Meş
3	Balatayı alma ve disk üzer.yer.		3	3	3	8200	Op.ve Mak.Meş
4	8 adet perçini çakma		5	5	5	4920	Op.ve Mak.Meş
5	Diski çevirme		2	2	2	12300	Op.ve Mak.Meş
6	2.Balata.alma,disk üzer.yerleş		3	3	3	8200	Op.ve Mak.Meş
7	8 adet perçini çakma		5	5	5	4920	Op.ve Mak.Meş
8	Markalanmış disk sepete koyma		2	2	2	12300	Op.ve Mak.Meş
9	Disk mark.makinesine koyma		3	3	3	8200	Op.ve Mak.Meş
Toplam			29	29			

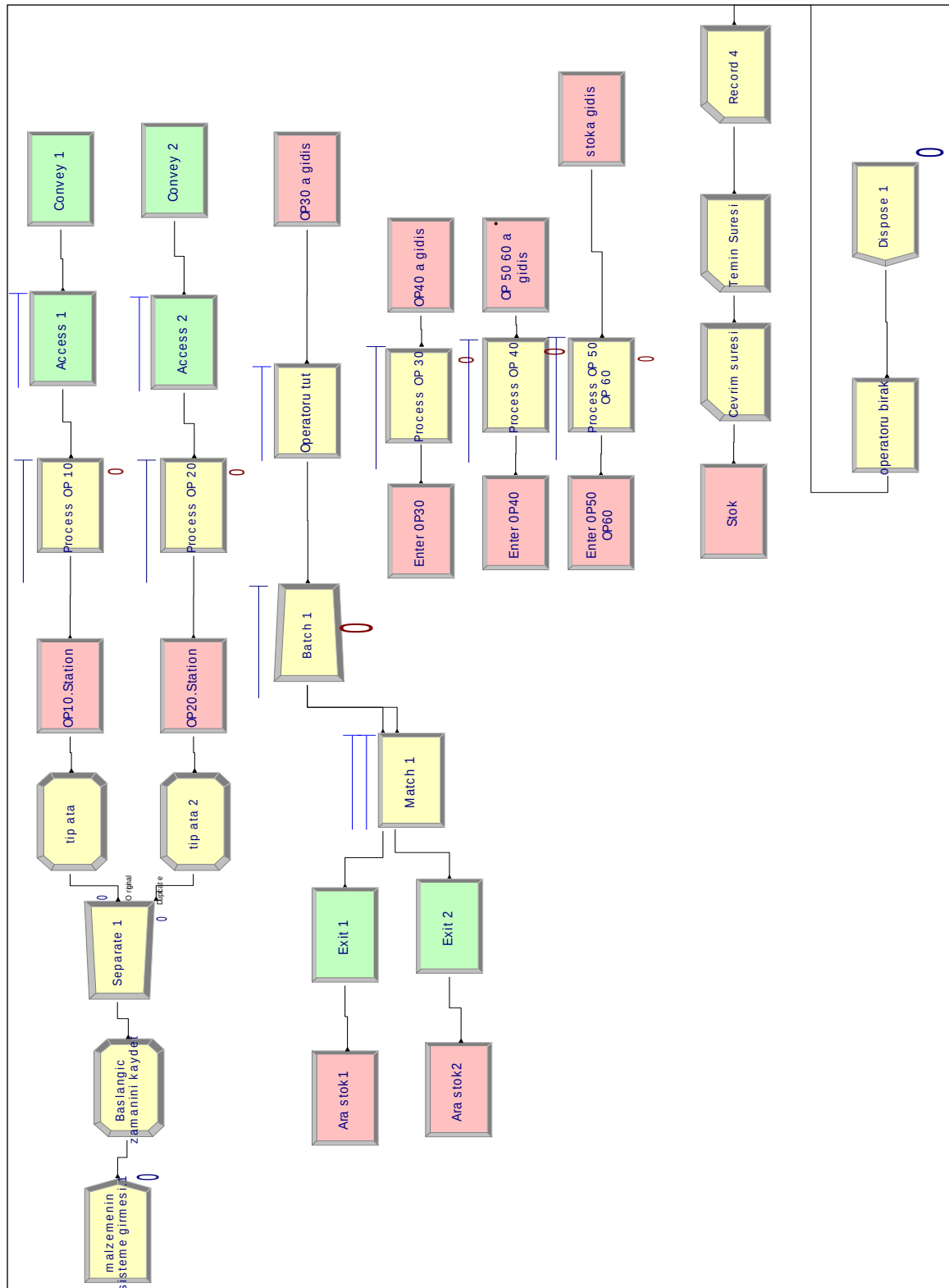
Çizelge A.10: Mevcut Durum Standart İş Sırası Şeması.

Hat	Parça no	Parça ismi	Tarih	İsim	Takt süresi	Vardiya süresi	El	Makina	Yürüme
NX	584670	Debriyaj Diski	11.03.2015	Tayfun	40 (sn)	420 (dk)			

NO	İşlem Tanımları	SÜRE															
		EL	MAK	YÜR													
10	Klavuz+M.Disk Alt grup montajı	23	4	0													
20	Kanat alt grup montajı	38	3	0													
30	Yay ve Esn. ron. alt montajı	46	14	0													
40	Komple montaj	38	5	0													
50+60	Balata çakma +markalama montaj	29	29	0													



Şekil A.2: Mevcut Durum Değer Akış Haritalandırılması.



Şekil B.1: Arena Simulasyon Programındaki Görsel Animasyon.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Mehmet Tayfun Diker
Doğum Tarihi ve Yeri : Ahlat-19.06.1971
E-posta : tayfun.diker@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 1993, İstanbul Teknik Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü