

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YALIN MONTAJ SİSTEMLERİNİN TASARLANMASI VE UYGULANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ezgi BORA

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Programı

ARALIK 2016

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YALIN MONTAJ SİSTEMLERİNİN TASARLANMASI VE UYGULANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Ezgi BORA
507141104**

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet Bülent DURMUŞOĞLU

ARALIK 2016

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 507141104 numaralı Yüksek Lisans / Doktora Öğrencisi Ezgi BORA, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “YALIN MONTAJ SİSTEMLERİNİN TASARLANMASI VE UYGULANMASI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

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

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Şule İtir SATOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Semih ÖNÜT
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **21 Kasım 2016**
Savunma Tarihi : **28 Aralık 2016**

Aileme,

ÖNSÖZ

Bu çalışma; montaj hatlarının yalın felsefeye göre yeniden tasarlanmasını ele almaktadır. Zaman etütlerinden de faydalanarak oluşturulan mevcut durum değer akış haritası tesisin sahip olduğu sistemdeki tüm malzeme ve bilgi akışını görselleştirmektedir. Buradan hareketle, alternatif hücre yapıları ve kaizenler önerilmiş ve sistem üzerindeki etkinliği ölçülmeye çalışılmıştır. Mevcut sistemde yaşanan aksaklıklar incelenmiş ve set yapma yöntemi ile karşı önlem sunulmuştur.

Tezimin tüm aşamalarında desteğini esirgemeyen ve bilgisiyle yol gösteren tez danışmanım Prof. Dr. Mehmet Bülent Durmuşoğlu 'na içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmada teorik olarak incelediğimiz konuları uygulamaya dökebilme fırsatı sunan Bürosit A.Ş. başta olmak üzere işletmenin üretim mühendisleri Ayça Tosun Tekkurşun 'a ve Metin Altınsoy'a değerli katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma sürecinde sağlamış olduğu motivasyon ve destek için değerli yöneticim Seçil Yıldırım Yılmaz 'a teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak; dedem Ahmet Bora ve babaannem Hamide Bora başta olmak üzere hayatım boyunca vermiş oldukları destekten dolayı tüm aileme teşekkürlerimi sunarım.

Aralık 2016

Ezgi Bora
(Endüstri Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ	xv
ŞEKİL LİSTESİ	xvii
ÖZET	xix
SUMMARY	xxiii
1. YALIN MONTAJ SİSTEMLERİNİN TASARLANMASI	1
1.1 Montaj Hattı Öncelik Kuralları ile Tasarım İlkelerinin İlişkilendirilmesi	1
1.2 Karma Yapılı Montaj Hatlarında Optimizasyon Çalışmaları	3
1.2.1 Dal sınır algoritması ve lagrange gevşetme tekniği ile optimizasyon	3
1.2.2 Kök neden analizi ve sistemlerin entegrasyonu ile optimizasyon	5
1.2.3 Set yapma metodu ile optimizasyon	8
1.3 Montaj Hatlarının Ergonomi Bakımından İncelenmesi	10
2. METODOLOJİ	15
3. OFİS KOLTUKLARI ÜRETİM TESİSİNİN TANIMLANMASI	17
3.1 Sistemin Tanımı	17
3.2 Zaman Etütleri	18
3.2.1 Lazer kesim	18
3.2.2 Dikim	20
3.2.3 Yapıştırma	22
3.2.4 Giydirme	23
3.2.5 Montaj	25
3.2.6 Temizleme	25
3.2.7 Final kontrol	26
3.2.8 Ürün bileşenlerinin eklenmesi	27
3.2.9 Ambalajlama	28
3.2.10 Barkod Okutma	28
4. DEĞER AKIŞ YÖNETİMİ	31
4.1 Değer Akış Yönetimi Tanımı ve Tarihçesi	31
4.2 Değer Akış Yönetiminde Araçlar	32
5. DEĞER AKIŞ HARİTALAMA İLE YALIN MONTAJ SİSTEMLERİ	
TASARIMI VE BİR ÖRNEK	35
5.1 Takt Süresinin Hesaplanması	35
5.2 Gelecek Durum için Hücre Yapısının Araştırılması ve Alternatif Hücre	
Yapılarının Değerlendirilmesi	36
5.2.1 Hücre yapısı 1 alternatifinin değerlendirilmesi	36
5.2.2 Hücre yapısı 2 alternatifinin değerlendirilmesi	38
5.2.3 Hücre yapısı 3 alternatifinin değerlendirilmesi	40

6. KÖK NEDEN ANALİZİ VE BİR ÖRNEK	43
6.1 Kök Neden Analizi Tanımı	43
6.2 Kök Neden Analizi Uygulamasına Bir Örnek.....	43
7. SET YAPMA METODU VE BİR ÖRNEK	47
7.1 Set Yapma Metodunun Tanımlanması	47
7.2 Sistemin Tanımlanması ve Set Yapma Uygulamasına Bir Örnek.....	48
8. UYGULAMA SONUÇLARI.....	53
9. SONUÇ	55
KAYNAKLAR.....	57
EKLER	61
ÖZGEÇMİŞ.....	67

KISALTMALAR

Ç	: Çevrim
ÇAS	: Çalışma Süresi
ÇS	: Çevrim Süresi
ERP	: Kurumsal Kaynak Planlama – Enterprise Resource Planning
FIFO	: İlk Giren İlk Çıkar – First In First Out
GO	: Güvenilirlik Oranı
HO	: Hata Oranı
HS	: Hazırlık Süresi
JIT	: Tam Zamanında – Just In Time
SMED	: Hızlı Kalıp Değişimi – Single Minute of Exchange Dies
SPS	: Set ve Parça Tedariki – Set Parts Supply
TPM	: Toplam Üretken Bakım – Total Productive Maintenance

SEMBOLLER

L	: Kararlı bir sistemdeki ortalama müşteri sayısı
λ	: Ortalama etkin gelme oranı
W	: Müşterinin sistemde harcadığı ortalama süre

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1. 1 : Set yapma ve hat stokuna ait matematiksel model sonuçları..	10
Çizelge 1. 2 : Duşakabin üretim tesisine ait sistem çıktıları.....	12
Çizelge 1. 3 : Kaynak makineleri üretim tesisine ait sistem çıktıları.	13
Çizelge 3. 1 : Ori koltuk modeline ait lazer kesim süreleri.	18
Çizelge 3. 2 : File koltuk modeline ait oturak kesim süreleri.	19
Çizelge 3. 3 : File koltuk modeline ait arkalık kesim süreleri.	19
Çizelge 3. 4 : File koltuk modeline ait başlık kesim süreleri.....	19
Çizelge 3. 5 : Ori koltuk modeline ait oturak dikim süreleri.	20
Çizelge 3. 6 : File koltuk modeline ait oturak dikim süreleri.	20
Çizelge 3. 7 : Ori koltuk modeline ait arkalık dikim süreleri.	21
Çizelge 3. 8 : File koltuk modeline ait arkalık dikim süreleri.	21
Çizelge 3. 9 : File koltuk modeline ait başlık dikim süreleri.....	21
Çizelge 3. 10 : Ori koltuk modeline ait yapıştırma süreleri.....	22
Çizelge 3. 11 : File koltuk modeline ait yapıştırma süreleri.....	23
Çizelge 3. 12 : Ori koltuk modeline ait oturak giydirme süreleri.	23
Çizelge 3. 13 : Ori koltuk modeline ait arkalık giydirme süreleri.	23
Çizelge 3. 14 : File koltuk modeline ait arkalık giydirme süreleri.	24
Çizelge 3. 15 : File koltuk modeline ait başlık giydirme süreleri.....	24
Çizelge 3. 16 : Ori koltuk modeline ait montaj süreleri.	25
Çizelge 3. 17 : File koltuk modeline ait montaj süreleri.....	25
Çizelge 3. 18 : Ori koltuk modeline ait temizleme süreleri.	26
Çizelge 3. 19 : File koltuk modeline ait temizleme süreleri.	26
Çizelge 3. 20 : Ori koltuk modeline ait final kontrol süreleri.....	26
Çizelge 3. 21 : File koltuk modeline ait final kontrol süreleri.	27
Çizelge 3. 22 : Ori koltuk modeline ait ürün bileşenlerinin eklenme süreleri.....	27
Çizelge 3. 23 : File koltuk modeline ait ürün bileşenlerinin eklenme süreleri.	27
Çizelge 3. 24 : Ori koltuk modeline ait ambalajlama süreleri.	28
Çizelge 3. 25 : File koltuk modeline ait ambalajlama süreleri.	28
Çizelge 3. 26 : Ori koltuk modeline ait barkod okutma süreleri.	28
Çizelge 3. 27 : File koltuk modeline ait barkod okutma süreleri.....	29
Çizelge 5. 1 : Ofis koltukları üretim tesisine ait müşteri talepleri.....	35
Çizelge 5. 2 : Yapıştırma, giydirme, montaj ve temizleme süreçlerine ait çevrim süreleri.....	37
Çizelge 5. 3 : Dikim, yapıştırma, giydirme, montaj ve temizleme süreçlerine ait çevrim süreleri.....	39
Çizelge 5. 4 : Final kontrol, ürün bileşenlerinin eklenmesi, ambalajlama ve barkod okutma süreçlerine ait çevrim süreleri.	41
Çizelge 7. 1 : Ori ve File koltuk modellerine ait bileşen grupları.....	49
Çizelge 8. 1 : Uygulama sonuçlarının karşılaştırılması.....	54

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Fitness bisikletinin patlatılmış montaj çizimi.....	9
Şekil 1.2 : Montaj sistemleri tasarımında verimlilik ve ergonomi kalitesini değerlendirmek için entegre yöntem.	11
Şekil 2.1 : Çalışma kapsamında izlenecek yol haritası.....	16
Şekil 3.1 : Ori ve File koltuk modelleri.	17
Şekil 3.2 : Monoblok üretim hattına ait iş akış diyagramı.....	18
Şekil 4.1 : Değer akış yönetiminin akış haritası..	32
Şekil 5.1 : Yapıştırma, giydirme, montaj ve temizleme süreçlerine ait mevcut durum değer akış kesiti.....	36
Şekil 5.2 : Yapıştırma, giydirme, montaj ve temizleme süreçleri için mevcut duruma ait işgören görev dağılımı.....	37
Şekil 5.3 : Yapıştırma, giydirme, montaj ve temizleme süreçleri için gelecek duruma ait işgören görev dağılımı.....	38
Şekil 5.4 : Dikim, yapıştırma, giydirme, montaj ve temizleme süreçlerine ait mevcut durum değer akış kesiti.	38
Şekil 5.5 : Dikim, yapıştırma, giydirme, montaj ve temizleme süreçleri için mevcut duruma ait işgören görev dağılımı.	39
Şekil 5.6 : Dikim, yapıştırma, giydirme, montaj ve temizleme süreçleri için gelecek duruma ait işgören görev dağılımı.	40
Şekil 5.7 : Final kontrol, ürün bileşenlerinin eklenmesi, ambalajlama ve barkod okutma süreçlerine ait mevcut durum değer akış kesiti..	40
Şekil 5.8 : Final kontrol, ürün bileşenlerinin eklenmesi, ambalajlama ve barkod okutma süreçleri için mevcut duruma ait işgören görev dağılımı.....	41
Şekil 5.9 : Final kontrol, ürün bileşenlerinin eklenmesi, ambalajlama ve barkod okutma süreçleri için gelecek duruma ait işgören görev dağılımı.	42
Şekil 6.1 : Yalın felsefe ve kök neden analizinin ilişkilendirilmesi.	43
Şekil 6.2 : Ürün bileşenlerinin eklenmesi sürecine ait mevcut durum değer akış kesiti.	44
Şekil 6.3 : Ürün bileşenlerinin eklenmesi sürecine ait kök neden analizi.	45
Şekil 7.1 : Hat stoku ve set yapma yönteminin karşılaştırılması.....	48
Şekil 7.2 : Ürüne ait etiket örneği.....	49
Şekil 7.3 : Montaj aşamasından sevkiyat aşamasına kadar mevcut durum malzeme dolaşımı.....	50
Şekil 7.4 : Mevcut durum ve gelecek durum görev dağılımlarına ait işgören matrisi.....	51
Şekil 7.5 : Montaj aşamasından sevkiyat aşamasına kadar gelecek durum malzeme dolaşımı.....	52
Şekil A.1 : Ofis koltukları üretim tesisi mevcut durum değer akış haritası.....	62
Şekil A.2 : Ofis koltukları üretim tesisi alternatif hücre yapısı 1' e ait gelecek durum değer akış haritası.....	63

Sayfa

Şekil A.3 : Ofis koltukları üretim tesisi alternatif hücre yapısı 2' ye ait gelecek durum değer akış haritası..	64
Şekil A.4 : Ofis koltukları üretim tesisi alternatif hücre yapısı 3' e ait gelecek durum değer akış haritası.	65

YALIN MONTAJ SİSTEMLERİNİN TASARLANMASI VE UYGULANMASI

ÖZET

Rekabetin artması ve talep dalgalanmaları sebebiyle pek çok işletme süreç içi stokları azaltmak ve makine kullanım oranlarını arttırmak için montaj hatlarının verimliliğini sürekli olarak arttırmaya çalışmaktadır. Verimliliği arttırmayı hedefleyen bu çalışmalar montaj hattı dengeleme problemlerini ortaya çıkarmaktadır.

Bu çalışma kapsamında yalın felsefe ve yalın bakış açısı aracılığı ile yalın montaj sistemlerinin tasarlanması hedeflenmiştir. Yalın düşüncenin özünde “daha azla daha fazlayı yapmak” vardır. Sistemlerin israflardan arındırılarak mevcut sistem çıktılarını en iyilemektir. Fujio Cho; ürüne değer eklemek için gerçekten gerekli olan minimum miktarda donanım, malzeme, parça, alan ve işgücü zamanı dışında kalan her şey olarak israfı tanımlamıştır. Yalın düşünceye göre israf; müşteri açısından değer oluşturmayan, fazladan bedel ödemeyi kabul etmeyeceği her şeydir.

Ürün ailesi temelinde tüm süreçlere topluca bakma, bütünsel etkililik bakımından oldukça önemlidir. Bütünü görmeden parçaya yönelik iyileştirme söz konusu olamaz. Bütünsel etkililik;

- Hücre ve çevrim sürelerinin takt süresine yakın olması,
- Temin sürelerinin düşürülmesi olarak açıklanabilir.

Bütünsel etkililik katma değeri olmayan faaliyetlerin ortadan kaldırılmasını gerektirir. Bu sayede daha az maliyetle müşterinin hızlı tepki verme beklentisini daha yakından karşılamak mümkün olmaktadır. Katma değeri olmayan israf niteliğindeki faaliyetleri göstermede değer akış haritalama önemli rol oynamaktadır.

Ürün ailesinin üretim sistemi içinde işlem görme aşamaları izlenerek değer akış haritaları oluşturulur. Harita, işlem aşamaları boyunca bilgi ve malzeme akışı görselleştirmeye yardımcı olur. Büyük resme odaklanır. Bu çalışma kapsamında bir ofis koltukları üretim tesisi ele alınmıştır. Tesiste süreçlerin gözlenmesi, zaman etütlerinin gerçekleştirilmesi, ara stokların izlenmesi aşamalarının tamamlanmasından sonra mevcut duruma ait değer akış haritası oluşturulmaktadır. Bir ürünün mamul olana kadar sistem içinde kaldığı süreler zaman etüdü aracılığıyla tespit edilerek Little yöntemi ile temin süreleri hesaplanmıştır. Little yöntemine ($L = \lambda W$) göre; mevcut stok miktarı, günlük talebe oranlanarak iki süreç arası gün olarak stok miktarının hesaplanması ile temin süresi elde edilir.

Değer akışı;

- Tüm üretim sürecinin görselleştirilmesi,
- Sadece israfların değil, akış üzerindeki israf kaynaklarının görselleştirilmesi,
- Üretim süreci ile ilgili ortak bir dilin oluşturulması,
- Yalın üretim yaklaşımlarının nerede kullanılacağını belirlenmesi gibi faydalar sağlamaktadır.

Mevcut duruma ait değer akış haritası; üretim tesisindeki dar boğazları ve süreçlerdeki hata oranlarını açıkça ortaya koymaktadır. Buradan hareketle gelecekteki akış doğrultusunda iyileştirme projeleri ve faaliyet planları oluşturulmaktadır.

Ofis koltukları üretim tesisine ait 10 müşteri talepleri üzerinden ürün ailesi bazında 1 günlük üretilmesi gereken ofis koltuğu adedi hesaplanmış ve takt süresine ulaşılmıştır. Gelecek durumda çevrim sürelerini takt süresine yaklaştırmak için iyileştirme ve kaizen planları yapılmıştır.

Üç alternatif hücre yapısı tasarlanmıştır. Hücresel üretim; yalnızca örgütsel bir değişiklik değil, aynı zamanda kültürel bir değişikliktir. Müşteriye (iç veya dış) doğrudan sevk edeceği birimlerin bütününe üretme yeteneği ve kapasitesine sahip küçük bir takımın bulunduğu bir çalışma ortamı yaratmaktır. Bir hücre;

- Ürün esnekliği,
- İşgören esnekliği,
- Üretim hızı esnekliği,
- Dışsal rotalama esnekliği,
- İçsel rotalama esnekliği,
- Süreç esnekliği gibi özelliklere sahip olacak şekilde tasarlanmalıdır.

Gelecek duruma ait değer akış haritaları oluşturulurken hücre yapısı yanı sıra diğer yalın üretim araçlarından da faydalanılmıştır. SMED (Hızlı kalıp değişimi) ile Lazer kesim sürecine ait hazırlık sürelerinin düşürölmesi, Toplam Üretken Bakım, Standart İş, Poka – Yoke, Ergonomi ve Süreç kaizenleri ile çevrim sürelerinin düşürölmesi, işin standartlaştırılması ve işgörene daha elverişli çalışma koşullarının sağlanması hedeflenmiştir. FIFO – “İlk giren ilk çıkar” yöntemi ile de ara stokların eliminasyonu sağlanmaktadır.Üç alternatif hücre yapısı ile tasarlanan gelecek durum değer akış haritaları oluşturulmuş ve sonuçları karşılaştırılmıştır.

Alternatif Hücre yapısı 2 ye ait değer akış haritalaması diğer alternatifler ile kıyaslandığında temin süresi bakımından en optimal çözümü sunmaktadır, en yüksek iyileştirme oranına sahiptir. Temin süresi 3,31 günden 1 gün 0,55 dakikaya düşürölerek, 70% oranında iyileşme öngörülmektedir.

Mevcut duruma ait değer akış haritası aynı zamanda süreçlerin güvenilirlik oranlarını ve hata oranlarını da içermektedir. Mevcut durumda 1% ile en yüksek hata oranına sahip olan süreç “ürün bileşenlerinin eklenmesi” olarak tespit edilmiştir. Müşteriye gönderilen her 100 ürünün 1 tanesinde hatalı ya da eksik bileşen gönderilmektedir. Müşteri taleplerini karşılamak için bir günde 62 adet ofis koltuğu üretmesi gereken bir işletme için 1% oranı çok yüksek bir etkiye sahiptir.

Kök neden analizinden faydalanılarak ürün bileşenlerinin eklenmesi sürecinde karşılaşılan hata oranının nedeni açıklanmaya çalışılmıştır. Çekirdek neden; bileşenlerin farklı kasalarda yer alması ve işgörenin uygun kasayı bularak doğru bileşeni seçmesinin yarattığı işlem karmaşıklığı olarak tespit edilmiştir. Karşı önlem olarak; set yapma metodu önerilmiştir.

Set yapma;

Birincil bileşen ve alt montaj parçalarını merkezi bir alanda depolayarak üretim alanından tasarruf sağlamaktadır ve iş istasyonlarında bekleyen yarı mamul sayısını düşürmektedir.

Yalnızca set kasalarının montaj sistemine yönlendirmesini yaparak daha iyi kontrol ve daha yüksek esneklik sağlamaktadır.

Bireysel bileşen kasası tedarikine yönelik ihtiyacı ortadan kaldırarak iş istasyonlarına yapılan malzeme teslimini kolaylaştırmaktadır.

Yüksek maliyetli ya da bozulabilen bileşenler ve alt montajlarda daha iyi kontrol ve görünürlük sağlamaktadır.

Ürün değişimini kolaylaştırdığı için çok fazla çeşit ürün ile küçük parti operasyonlarını desteklemektedir.

Set yapma metodunun uygulanmasında karşılaşılan sıkıntılar ise;

Katma değer yaratmayan bir süreç olan setlerin hazırlanması için zaman ve işgücü gereklidir. (atık)

Setler önceden hazırlanmış olacağı için depolama alanına duyulan ihtiyaç artmaktadır.

Farklı setler ortak bileşenler içerebilmektedir, mevcut bileşenlerin ilgili sete atamalarının yapılması gerekmektedir.

Eksik bileşen bulunması set yapma uygulamasının toplam verimliliğini düşürmektedir.

Setlerde hasarlı ya da yanlış bileşen bulunma olasılığına karşılık yedek parçaların bulundurulması gereklidir, aksi halde üretim kesintiye uğrayabilir.

Bir sete ait bileşenlerde eksiklik olma durumunda sete ait mevcut parçalar farklı setlere aktarılabilir ancak bu durum bileşen sayıları ve stok takibinde karmaşıklık yaratabilir.

Setlerin doğru bileşenlerle hazırlanabilmesi için işgören bileşenleri iyi tanımalı ve eğitim almalıdır.

Çalışma kapsamında sabit set kullanılmaktadır. Ofis koltukları üretim tesisinde de set yapma metodu uygulandığında gelecek duruma ait yerleşim planında yaklaşık 25 metrekaarelik alan tasarrufu sağlanmaktadır. İşörenlerin görev dağılımları yeniden gözden geçirildiğinde 2 işgören işgücünden tasarruf edilmiştir. 2 işgören iş gücü tasarruf edilmesine rağmen takt süresi aşılmayacağından tüm süreçler sıkıntısız devam edecektir. Bu 2 işgören ise büyüme amaçlı olarak farklı alanlarda istihdam edilecektir.

DESIGNING AND IMPLEMENTATION OF LEAN ASSEMBLY SYSTEMS

SUMMARY

Nowadays, many companies investigate increasing productivity in assembly line to increase machine usage rate and reduce buffer stock in processes thanks to demand fluctuations and competition. These researches which aimed increase productivity, remark assembly line balancing problems.

Goal of this master thesis is redesign assembly lines via lean philosophy and lean approach. Fundamental thinking of lean approach is “doing more with less”. It means optimize current system outputs by decreasing wastes. According to Fujio Cho; everything excluding required machine, materials, parts, facility area and work force which provide creating value, represents waste. In lean approach, waste means non – value added everything and customers refuse paying additional cost for them.

General overview based on product family have high importance in terms of total efficiency. Improvement for parts cannot be done without assess total system. Total efficiency includes that;

- Reduction cell and process cycle times to equal takt time,
- Reduction of lead times.

Non – value added operations should be eliminated to provide total efficiency. In addition, customer expectations which are changed fast, can be met with less cost. Value stream mapping is an important tool in order to show non – value added operations and wastes.

Value stream mapping are created by following all operations in manufacturing system for a determined product. Value stream mapping helps to visualize material and information flow during all operations. Map focus whole picture in manufacturing facility. In this master thesis, office seats manufacturing facility was examined. Value stream map is created after completing some statements such as following process, making time studies, tracking buffer stocks in manufacturing facility. Cycle time is determined until one product finished via time studies and lead time is calculated via Little method. According to Little method ($L = \lambda W$); current stock amount is divided with daily demand and lead time is obtained by calculating the stock amount as a day between two processes.

Value stream mapping provides that;

- Visualization of all manufacturing processes,
- Visualization of not only wastes but also source causing wastes,
- Creation of a common language in manufacturing facility,
- Determining where lean manufacturing approaches use.

Value stream map which belongs to current situation, describes bottlenecks and process failure rates clearly in manufacturing facility. After that, improvement projects and action plan are created for future. Office seat demands for ten months are examined and required office seats amount in a day to produce are calculated for each seat type and model. Then, takt time is obtained. Improvement and kaizen plans are prepared in order to equal cycle time and takt time for future situation.

Three alternative cell structure are designed. Cell production is not only an organizational approach, but also a change culturally. That means creating a work environment which has production ability and capacity for whole of the unit are shipped directly internal and external customers. A cell should be designed with many qualifications such as;

- Product flexibility,
- Operator flexibility,
- Manufacturing speed flexibility,
- External routing flexibility,
- Internal routing flexibility,
- Process flexibility.

When creating value stream maps for future situations, different lean manufacturing tools are used in addition to cell production. This master thesis aims reducing set up time in laser cutting process via SMED (Single Minute Exchange of Die), TPM (Total Productive Maintenance), decreasing cycle times via standardization process, Poka – Yoke, providing more efficient and suitable working environment via ergonomics. Moreover, eliminating buffer stock is provided FIFO which means “First In First Out”. Value stream maps which belong to future situation is prepared with three alternative cell structures and their system results are compared.

Alternative cell structure 2 presents the most optimal solution in terms of lead times when compared the other alternatives. Cell structure 2 has the highest improvement rate on the manufacturing system. In cell structure 2, lead time is reduced from 3,31 days to 1 day 0,55 minutes. That means approximately 70% improvement.

Value stream map which belongs to current situation, includes reliability and failure rates. “Adding product components” process has the highest failure rate with 1% in current. One office seat in hundred seats are sent with incorrect or missing components for customers. 1% has an extremely important effect for a company which produces 62 office seats in a day in order to meet customer demands.

This master thesis studies to describe main reason of high failure rate in adding product components process via root – cause analysis. Main reason is determined as operation complexity. There are too many model and type components and each of them located on a different container. An operator should find suitable container and choose the required and right component in takt time. So, that causes operation complexity. Kitting method is suggested as a reactive precaution.

Kitting has many benefits like that;

Saving space from manufacturing area and reduction of buffer stocks by storing components and subassemblies at a central storage area.

Providing better system control and higher flexibility by routing only the kit containers for assembly system.

Making easier material delivery to workstations by eliminating the need to supply individual component containers.

Providing better visibility and control for high cost or violable components and assembly parts.

Make easier product changeover and supporting small batch size operations with a large product variety.

Approaches of some companies for kitting;

Time and effort are required to prepare kits as a non – value added process. (waste)

Kits are prepared before assembly, so storage space requirement is increased.

When different kits contain common components, an assignment of available components to kits needs to be done.

When shortages of components, all efficiency performance of kitting is affected negatively.

Spare components should be needed at the assembly line for probability of wrong or defected kit. In the contrary case, the production will be disrupted.

If a kit has shortage of components, the other components which belong to same kit, can get cannibalized. But, it may causes complexity in components accountability and tracking.

Operators should be trained about kitting to prepare kit with right components.

Stable kits are use in the master thesis. 25 square meter area is gained by implementation kitting method in future layout plan of office seats manufacturing company. After review of operator task distribution, work force for 2 operators is saved. Although these saving, takt time is not exceeded. So, all processes can be continued without troubles. These 2 operator will be used for different areas to support company development.

1. YALIN MONTAJ SİSTEMLERİNİN TASARLANMASI

1.1 Montaj Hattı Öncelik Kuralları ile Tasarım İlkelerinin İlişkilendirilmesi

Günümüzde rekabetçi piyasa; bir üretim sisteminin sürekli değişen taleplere ve müşteri ihtiyaçlarına hızlı cevap verebilmesini gerektirir. Bir üretim sisteminin, özellikle yüksek yatırım ve yüksek karmaşıklık düzeyine sahip üretim endüstrilerinin, cevap verebilme özelliğini geliştirmek ise hala büyük bir sorun teşkil etmektedir.

Wang ve diğerleri araştırmalarında; J.G. Carlson ve A.C. Yao'ya ait "Mixed model assembly simulation" makalesi ve B.Tjahjono ve R.Fernandez'e ait "Practical approach to experimentation in a simulation study" bildirilerinden yola çıkarak otomobil montaj üretim süreçlerinin karmaşıklığı sebebiyle yüksek verimli süreçleri sürdürmeye devam ederken pazarın taleplerine uyum sağlayabilmek için hızlı değişimlerin ya da üretim yerinin ölçeklendirilmesinin oldukça güç olduğu yargısına ulaşmışlardır. Operasyonlar devam ederken, istasyon ve ara stok sayılarının artırılması, operatör sayısının azaltılması gibi mühendislik kararlarının uygulanması da uzun zaman almaktadır (Wang ve diğ, 2011).

Problem çözmede kullanılan öncelik kuralları tabanlı metotlar kısa zamanda iyi çözümler üretmemize olanak sağlarlar. Alena Otto ve Christian Otto'ya ait "How to Design Effective Priority Rules - Example of Simple Assembly Line Balancing" adlı çalışmada bilimsel hesaplamalara dayandırılarak iyi performans gösteren öncelik kurallarının nasıl oluşturulduğuna ilişkin tasarım ilkeleri incelenmiştir. NP-Hard (Turing makinesi –karmaşıklık sınıfı) olan basit montaj hattı dengeleme problemi ele alınmıştır.

Montaj hattı probleminde görevlere ait deterministik operasyon süreleri, istasyonlara yüklenmesi gereken iş parçaları ve çevrim süreleri (+parça taşıma süreleri) tanımlanmıştır. Probleme ait görevlerin atamasında iki tip kısıt ön plana çıkmaktadır.

Çevrim süresi boyunca her istasyonda çalışan işgörenler istasyonun içeriğinde yer alan tüm görevleri yapabilme yeteneğine sahip olmalıdır. (çevrim süresi kısıtları)

Organizasyonel ve teknik koşullar nedeniyle görevler belirli bir sırayla yürütülmelidir. (öncelik kısıtları)

Öncelik grafiği oluşturularak öncelik ilişkilerinin özet halinde görülmesi sağlanabilir. Montaj hattı dengeleme probleminde kurulmuş modelin amacı; gerekli istasyon sayısını en küçükleyerek olurlu çözüm elde etmektir. Öncelik ilişkisinin güç derecesi ise sipariş gücü ile nitelendirilmektedir. Maksimum olası öncelik ilişkisi sayısı; iki görev çiftinin direkt ve endirekt öncelik ilişkilerinin oranlanması ile elde edilir.

Olurlu çözüme; problemin kısıtları ve öncelik ilişkilerine göre sıralamada çizelgelenmiş görevler aracılığı ile ulaşılır. Maksimizasyon veya minimizasyon kuralları geçerli olabilmektedir. Maksimizasyon (minimizasyon) kuralı uygulanacaksa; her basamaktaki atanabilir görevler kümesinden en büyük (en küçük) öncelik değerine sahip görev seçilmektedir. Çalışmada öncelik kuralları performansındaki farklılıkları net olarak ortaya koyabilmek için minimum görev sayısı kullanılmıştır.

Tasarım ilkeleri:

Kümeleme ilkesi: Farklı bir iyi çözüm elde edebilmek için bazı kurallara ait öncelik değerlerine yuvarlama işlemi uygulanmasıdır. Kümelenmiş kurallar yüksek ayırım gücünü korur ve hatta önemli bilgileri sadeleştirmektedir.

Kombinasyon ilkesi: Öncelik kuralı tabanlı metotların performansını geliştirmeye izin verir. Bilgilerin farklı ilişkili parçalarını içeren çeşitli öncelik kurallarının kombinasyonunun bir kural haline getirilmesi onu meydana getiren öncelik kurallarından daha iyi bir sonuca ulaşılmasına yardımcı olabilir (Panwalker & Iskander, 1977).

Yapısal özgüllük ilkesi: Öncelik kuralları, bazı yapısal özellikleri ile performans üzerinde ilişkili (dez)avantajlar yaratabilmektedir. (Barr ve diğ, 1995; Hooker, 1995)

Rastgele etkiler ilkesi: Bulunan çözüm orta rastgele çarpıtmalar ile öncelik kuralının varyasyonları tarafından geliştirilmektedir.

Çalışmada iyi performans gösteren öncelik kuralı tabanlı metotlar için çeşitli tasarım ilkeleri incelenmiştir. Montaj hattı dengeleme sistemi üzerinde ilkelerin etkinliği gözlemlenmiş ve test edilmiştir. Çalışma kapsamında ele alınan montaj hattı dengeleme probleminde öncelik kurallarının iki gruba bölünmesi ile metasezgisel ve kesin algoritmalarından %20 daha iyi sonuçlara ulaşılmıştır (Otto & Otto, 2014).

1.2 Karma Yapılı Montaj Hatlarında Optimizasyon Çalışmaları

1.2.1 Dal sınır algoritması ve lagrange gevşetme tekniği ile optimizasyon

Rekabetçi endüstriyel çevrede; müşteri taleplerine hızlı cevap vermede montaj sistemleri önemli rol oynamaktadır. Montaj hatlarına ait maliyetler toplam üretim maliyetlerinin yaklaşık %10-30 'a tekabül etmektedir. Toplam maliyeti en küçükleme için üretimin çizelgelenmesi yalnızca hammadde değil bileşen parçalar için de gerçekleştirilmelidir. Ayrıca montaj sistemlerinde, iş istasyonları arasındaki ara stokların kaldırılması hat dengeleme hususunda bir diğer önemli problemidir. Ürün çeşitliliği ise pek çok üretici için önemli bir faktördür. Montaj hattı sistemleri üreticilerden gelen önemli geri bildirimlere göre farklı ürün çeşitleri için esnek ve yeniden yapılandırılabilir olmalıdır.

Dung-Ying Lin ve Yi-Ming Chu'ya ait "The Mixed-Product Assembly Line Sequencing Problem of a Door-Lock Company in Taiwan" adlı çalışmada Tayvan'da bulunan bir kapı kilidi üretim işletmesine ait karma modellenmiş montaj hatlarının sıralama ve çizelgeleme problemini araştırmaktadır. Kilit bileşenlerinin çeşitliliği ve varyantlarının fazla olması karma modellenmiş montaj sistemleri için iş sıralamasını zorlaştırmaktadır. Bu durum malzeme ihtiyaç planlamasını ve insan kaynakları maliyetlerini doğrudan etkilemektedir.

Çalışmada Asya'da yer alan ve demir eşya üreticisi işletmelerin en büyüklerinden biri olan Company F için iyileştirmeler yapılacaktır. İhracat odaklı bir işletme olan Company F ana ürünleri Dünya çapında pazarlamaktadır. Kuzey Amerika Bölgesi'nden Home Depot, Lowe's, gibi markalar ana müşterileri grubundadır. Bölgeden yapılan satışlar toplam satışların %80 ini oluşturmaktadır. Kalan satışlar coğrafik olarak Asya, Avrupa ve Avustralya Bölgeleri'ne dağılmaktadır. Company F Güneydoğu Asya'da (Çin ve Tayvan) tedarik kaynakları araştırmaktadır ve işçilik maliyetleri temel sorundur. Çalışmada tam sayılı matematiksel programlama ile üretim, işçilik kısıtları, depo kapasiteleri ve sipariş tamamlanma oranları göz önünde bulundurularak toplam maliyetler en küçüklenecek istenmektedir. Çalışmada kullanılan müşteri talep verileri Company F'den gerçek zamanlı olarak kullanılmıştır. Çalışmanın metodolojisi olarak dal ve sınır algoritmaları (CPLEX) kullanılmıştır.

Company F'in montaj hattı iş sıralama problemine odaklanılmıştır ve aşağıdaki varsayımlar yapılmıştır.

Company F'in geçmiş verilerinden yararlanarak deterministik talepler kullanılmış ve problem oluşturulmuştur.

Günlük talep tamamlanma oranı baz alınarak yerine getirilmeyen talepler için penaltılar atanarak gecikme maliyeti oluşmaktadır.

Üretilen her ürün tipi için aynı periyotlarda envanter elde tutma maliyeti oluşmaktadır.

Aynı dönemler için her personelin kapasitesi eşittir.

Zaman periyodu 8 saatlik vardiyalar bölünmüş ve montaj operasyonları için en fazla 4 saat fazla mesai verilmiştir.

Kısmi zamanlı çalışan personelin tam zamanlı çalışanlardan farklı saatlik ücret almasına izin verilmiştir.

Her montaj hattında farklı montaj operasyonları ile çalışan operatör sayısı sınırlandırılmıştır.

Üretim kararlarındaki değişimlerden dolayı değişim maliyet oluşmaktadır. Bu maliyet değişim öncesi ve sonrasında ortak olan bileşenlerin sayısı aracılığı ile belirlenmektedir.

Oluşturulan tam sayılı programlama modeline ait amaç fonksiyonu üretim maliyetlerinin toplamını (saatlik ücretler, fazla mesai ücretleri, envanter elde tutma maliyeti, sipariş geciktirme maliyeti ve üretimde yapılan değişikliklerin maliyeti) en küçükleme. Model;

Fazla mesai çalışma koşulları (günlük tüm çalışma saati tam kapasite kullanıldığında),

- Üretimin her ürün çeşidine ait günlük taleplerin karşılaması,
- İstihdam edilecek toplam operatör sayısı,
- Her bir üretim hattı bölümden oluştuğundan, hattın her bölümünde her parça başında en az bir operatörün bulunması,
- Bitmiş ürünler için stok kapasitesi,
- Üretim kararlarında bir değişim yapıldığında oluşan maliyet,

- Günlük taleplerin yerine getirilmesi ile ilişkili her ürün için sipariş gecikmesi,
- Kısmi zamanlı ve tam zamanlı çalışan personel sayılarını düzenlemeye yönelik kısıtlar kullanılmıştır.

Modelin içeriğinde 38.439 kısıt ve 78.737 karar değişkeni kullanılmış ve CPLEX de çözülmüştür. Amaç fonksiyonu değeri (min. toplam maliyet) 431.377, 3731 adet stok ve 160 adet geciken sipariş bulunmuştur. Ayrıca standart çalışan personelin yanı sıra 388 tane fazla mesai çalışanın kiralanması gerektiği saptanmıştır.

Elde edilen bu sayısal veriler bu tip problemlerle başa çıkma konusunda üreticilere yardımcı olabilmektedir. Farklı senaryoların analizi ile gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edilebilmektedir. Hesaplama işlemi problem ve model ölçeği çok büyük olduğu için çok uzun (31,462 sn = 524,37 dk = 8,74 saat) sürmektedir. Montaj hattı problemlerinin çözümü oldukça zordur ve bu problemin çözümünde de popüler yaklaşımlardan biri olan Lagrange Gevşetme tekniği uygulanmıştır. Teknik ile optimizasyon problemleri için yaklaşık sonuçlar elde edilmektedir (Lin & Chu, 2013).

1.2.2 Kök neden analizi ve sistemlerin entegrasyonu ile optimizasyon

Global talep büyümelerinin bir sonucu olarak otomotiv sektörü çok hızlı ilerleme kaydetmektedir. Otomotiv endüstrisi pazardaki değişimlere cevap verebilmek için daha esnek bir yapıya ulaşmıştır. Farklılık gösteren müşteri gereksinimleri ise pazardaki rekabet seviyesini arttırmaktadır. Her üretici kısa temin süreleri ile araba çeşitliliğini arttırarak bu beklentilere cevap vermek için çaba sarf etmektedir. Bu aşamada ise karma modellenli montaj hatları söz konusu olmaktadır. Karma modellenli montaj hatları; aynı hat üzerinde farklı ürün çeşitlerinin montajının gerçekleştirildiği montaj hattı türüdür (Tamura ve diğ, 1999).

Montaj hattında çok çeşitte parça kullanımında iyi sonuçlar elde edebilmek için tatmin edici bir malzeme akış kontrolü ve pürüzsüz üretim gerekmektedir. Malzeme akış kontrolünü geliştirmek ve tam zamanlı (JIT) parça tedarikine uyum sağlayabilmek için Toyota Motor Şirketi tarafından SPS (Set Parts Supply) olarak bilinen yeni bir sistem geliştirilmiştir ve Toyota Tsutsumi tarafından kabul edilmiştir (Noguchi, 2005). Suhartini Mohd Jainury, Rizauddin Ramli, Mohd Nizam Ab Rahman ve Azhari Omar'a ait "Integrated Set Parts Supply System in a Mixed-

Model Assembly Line” adlı çalışmada otomotiv sektöründe SPS uygulamalarında parça temin sorunları araştırılmıştır.

Çalışmanın hedefi; üretim yönetim sistemleri ile entegrasyon sağlanarak montaj hattı ve süpermarket alanlarına tam zamanında parça temini gerçekleştirmektir.

SPS sistemi iki ana görev içermektedir. İlk görevde operatör süpermarket alanında alışveriş işlemini gerçekleştirmekte ve ikinci görevde ise montaj operatörü olarak montaj hattında çalışmaktadır. SPS sisteminden önce bu iki görev yalnızca bir operatör tarafından yürütülmekteydi. SPS sisteminde ise; yalnızca operatörün doğru biçimde parçaların montajını yapmasına odaklanılmaktadır. Alışveriş işleminde görevli olan operatör ise; montaj hattındaki iş sıralamasına göre montaj operatörüne gerekli parça kümesini sağlayabilmek için arama üzerine yoğunlaşır. Süpermarket alanında, alışveriş operatörü gerekli parçaların tümünü seçerek küme kutularına yerleştirir. Küme kutuları tüm ihtiyaç duyulan parçalar geldikten sonra montaj hatlarına sevk edilir. Montaj operatörleri parçaları küme kutusundan bir başka alana alarak araç gövdesine montaj işlemine başlarlar. Çalışma gerçekleştirilirken Malezyalı bir otomotiv üreticisine ait verilerden yararlanılmıştır. Tesisin üretim kapasitesi: 150.000 adet/yıl dır. Tesis otomatik hat kontrol sistemleri ile tam donanımlıdır. Kaporta, boyahane, döşeme ve final montaj bölümleri bulunmaktadır. Tesis; her hatta farklı parti büyüklüklerinde karma modellenli araç montajında üç farklı platformda büyük üretim esnekliği sağlamaktadır. SPS sistemi döşeme ve final montaj bölümlerinde uygulanmaktadır. Kapı montaj bölümünde ise her bir modelde 195 parça çeşidi kullanılmakta ve 33 farklı model bulunmaktadır. Bölüm sağ ve sol taraf olmak üzere 12 iş istasyonundan oluşmaktadır. Sistem SPS mantığı ile çalışmaktadır.

Sistemde gözlenen eksiklikler:

Sipariş ve parça temini için gerekli bilgiler yalnızca dosyalama sisteminde mevcuttur. Bir kişi manuel olarak üretim yönetim sistemlerine araç bilgileri ile her saat besleme yapmaktadır. Süpermarket alanındaki alışveriş operatörü sipariş edilen parçalar ile ilgili dökümanları kanban sinyali olarak kullanmaktadır. Mevcut düzende çok sık insan hataları ile karşılaşilmektedir. Siparişlerin takibi çok zor yapılmakta ve adetsel hatalar gözlenmektedir. Çok sayıda parçanın olması ise raflarda karmaşıklık yaratmakta ve alışveriş operatörünün işini daha da zorlaştırmaktadır.

Montaj hattında ise; parçalar iş istasyonuna ulaştığında montaj operatörü SPS yük aracında yanlış parçaları bulmaktadır. Bu sebeple operatör yedek parça beklemek zorunda kalmaktadır ve tedarikçilerin geç teslimatları yüzünden parça sıkıntısı yaşanabilmektedir.

Sistemin metodolojisinde 5 Neden-Kök Neden analizi yapılmıştır.

- Montaj operatörünün yedek parça bekleme problemine ait kök neden parça tedarikinin tedarikçiler tarafından iş sıralamasından bağımsız olarak yapılması,
- Alışveriş operatörünün parça ikmal ve sıkıntılarında bekleme problemine ait kök neden tam zamanında (JIT) uygulamalarının eksikliği ve parça tedarik sisteminin zayıflığı,
- Alışveriş operatörünün belirlenen görevi yapmasının çok uzun zaman alması problemine ait kök neden ise her araç varyantında gerekli parçalar ile ilgili bilgileri içeren herhangi bir dosyanın bulunmaması olarak saptanmıştır.

Sistemin etkinliğini arttırmak ve problemlere çözüm üretebilmek için;

- Eş zamanlı parça temini,
- Elektronik kanban sistemleri,
- Eş zamanlı tedarik dosyaları,
- Üretim yönetim sistemleri ile ERP'nin entegrasyon çalışmaları yapılmıştır.

Mal kabul alanında, tedarikçiden alınan parçalar senkronize parçaları ile beraber konteyner ve raflara ayrılmaktaydı. Yapılan iyileştirmeler aracılığıyla mal kabul alanındaki görevler azalmış ve buradaki operatör sayısı 6 personel azaltılmıştır. İşgücünden 3.600 Malezya Rigiti tutarında tasarruf sağlanmıştır.

Tam zamanında (JIT) sistemi sayesinde mal kabul alanında oluşan atıl raf ve konteynerler kaldırılmış ve 1500 metrekare alan tasarrufu (3.000 Malezya Rigiti) sağlanmıştır.

Parçaların mal kabul alanından süpermarket alanına transferi 30 dk'ya düşürülmüştür. İyileştirmelerden önce parçalar mal kabul alanında yaklaşık 2 saat olarak beklemekteydi ve bu durum aylık 46.200 Malezya Rigiti tutarında stok maliyeti oluşturmaktaydı.

Süpermarket alanı ve montaj hattında ortalama parça bekleme süresi 300-0s aralığından 60-0s aralığına indirgenmiştir.

Çalışma göstermiştir ki; e-kanban sistemleri, eş zamanlı parça tedariki ve üretim yönetim sistemlerinden alınan doğru bilgiler SPS uygulamalarında parça tedariki için oldukça faydalı olmuştur. Bu sayede operatör gerçek zamanlı ve geçerli verilere ulaşabilmekte, ayrıca tam zamanında stok kontrolü yapabilmektedir. Doğru parçanın zamanında doğru yere ulaşması sağlanarak montaj operatörlerinin ve süpermarket operatörlerinin bekleme süreleri ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır. Eş zamanlı tedarik dosyaları ve parça temini sayesinde süpermarket operatörlerinin iş yükü hafifletilmiştir (Jainury ve diğ, 2014).

1.2.3 Set yapma metodu ile optimizasyon

Üretim sistemlerinde; önceden belirlenmiş miktarlarda bileşen ve alt bileşenlerin belli bir amaca göre gruplandırılması ve birlikte ambalajlanmasına set adı verilmektedir. Her set çeşidi için özel bir set numarası atanmalıdır. Set yapısında belirtilen içeriğe uygun adet ve türde bileşen ile setler hazırlanmaktadır. Yavuz A. Bozer ve Leon F. McGinnis'e ait "Kitting versus line stocking: a conceptual framework and a descriptive model" adlı çalışma set ve hat stokunu matematiksel model yardımı ile karşılaştırmakta ve üretim tesisine etkilerini araştırmaktadır.

İki tür set yapısı bulunmaktadır;

Sabit set: Bir iş istasyonuna teslim edilir ve tükenene kadar orada kalır. Montaj yapılacak ürün bir iş istasyonundan başka bir iş istasyonuna sabit setten bağımsız olarak hareket eder.

Hareketli set: Hareketli set ürün ile birlikte iş istasyonlarını dolaşır ve tükenene kadar çeşitli iş istasyonlarına destek verir.

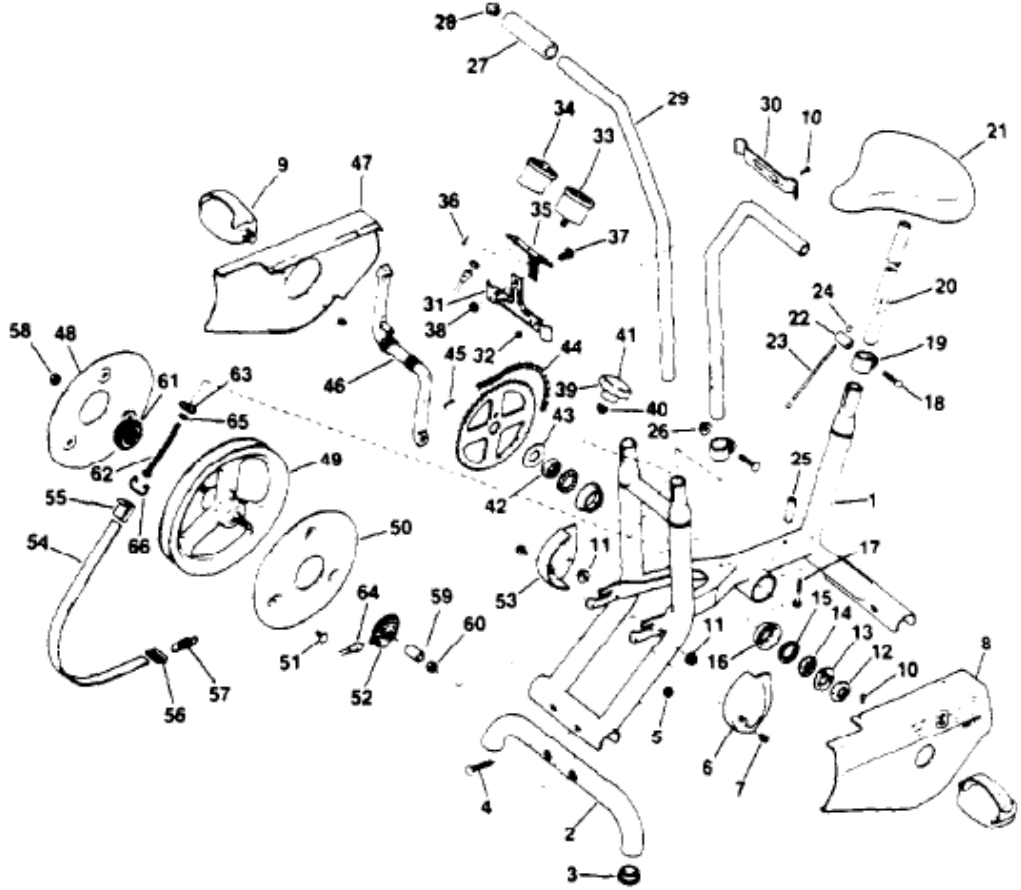
Uygulama senaryoları için 2 farklı senaryo mevcuttur. İlk senaryoda tek düze set çeşitleri bulunmaktadır. Nihai ürünlerin ve ilgili setlerin günlük dağılımı oldukça kararlı bir yapıya sahiptir. Set yapıları için tam zamanında (JIT) yaklaşımı oldukça önemlidir. Tam zamanında set ile setler talep doğrultusunda hazırlanır ve doğrudan montaj istasyonlarına yönlendirilir.

Diğer senaryoda ise değişken set çeşitleri bulunmaktadır, nihai ürünlerin dağılımı gün geçtikçe veya haftadan haftaya önemli ölçüde değişiklik göstermektedir. Set montajındaki iş yükü farklılık göstermesi ve montajdaki iş yükü ile orantılı olamaması ihtimallerinden dolayı tam zamanında set yapısını uygulamak daha zor

olacaktır. Bu durumda setlerin önceden hazırlanarak ilgili iş günü için depolanması gerekmektedir.

Bir fitness bisikleti üretim tesisi ele alınarak montaj süreci için hazırlanan setlerin matematiksel model aracılığı ile faydası ölçülmeye çalışılmaktadır.

Fitness bisikletine ait patlatılmış montaj çizim Şekil 1.1 de yer almaktadır;



Şekil 1. 1 : Fitness bisikletinin patlatılmış montaj çizimi (Bozer & McGinnis, 1992).

Her iş istasyonu fitness bisikletinin farklı alt montajlarından sorumludur.

- İstasyon 1: Volan grubu alt montajı,
- İstasyon 2: Pedal ve krank alt montajı,
- İstasyon 3: Zincir ve zincir muhafazası,
- İstasyon 4: Çekme kemer alt montajı,
- İstasyon 5: Hızölçer, zamanlayıcı ve kablolar,
- İstasyon 6: Koltuk, gidon ve sabitleyici alt montajı.

Durum A: Kullanılan tüm setler sabit set olacaktır,

Durum B: Kullanılan tüm setler hareketli set olacaktır,

Olmak üzere iki alternatif set yapma durumu matematiksel modelleme ile değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 1.1 de gösterilmiştir.

Çizelge 1. 1 : Set yapma ve hat stokuna ait matematiksel model sonuçları (Bozer & McGinnis, 1992).

	Hat Stoku	Set yapma: Durum A	Set yapma: Durum B
Kasa (Operasyon / Gün)	716	2.758	5.798
Kasa akışı (Kasa / Gün)	358	212	0
Alan gereksinimi			
Metrekare	3.655	1.155	605
Kasa sayısı	122	22	0
Yarı mamul parça sayısı	3.093	707	903

Matematiksel model sonuçlarına göre; hat stoku ile kıyaslandığında set yapma hem malzeme dolaşımını azaltmaya hem de alan gereksinimi en aza indirmeye yardımcı olmaktadır (Bozer & McGinnis, 1992).

1.3 Montaj Hatlarının Ergonomi Bakımından İncelenmesi

Battini, Faccio, Persona ve Sgarbossa'ya ait "New Methodological Framework to Improve Productivity and Ergonomics in Assembly System Design" adlı çalışmada ergonomi ve montaj hattı tasarım tekniklerinin birbiri ile olan yakın ilişkisi ortaya koyulmuştur. Detaylı analizler yapabilmek için yeni metodolojik kapsamlar geliştirilmiştir. Montaj hatlarının tasarım ve optimizasyonunu, verimlilik ve ergonomi ile birlikte değerlendirebilmek için üç bölümden oluşan bir yöntem önerilmiştir:

Teknolojik değişkenler: Tüm değişkenler ürün karakteristiklerine, montaj süreçlerine, sektörel pazara ve kullanılabilir alana bağlıdır.

Çevresel değişkenler: Tüm değişkenler iş gücüne, onun fizyolojik ve psikolojik etkilerine bağlıdır.

Entegre yöntem: Değişkenler arasındaki korelasyonu irdelemektedir. Tasarımın amacı; yapılan analizler süresince iş gücü fiziki & psikososyal şartlarını ve

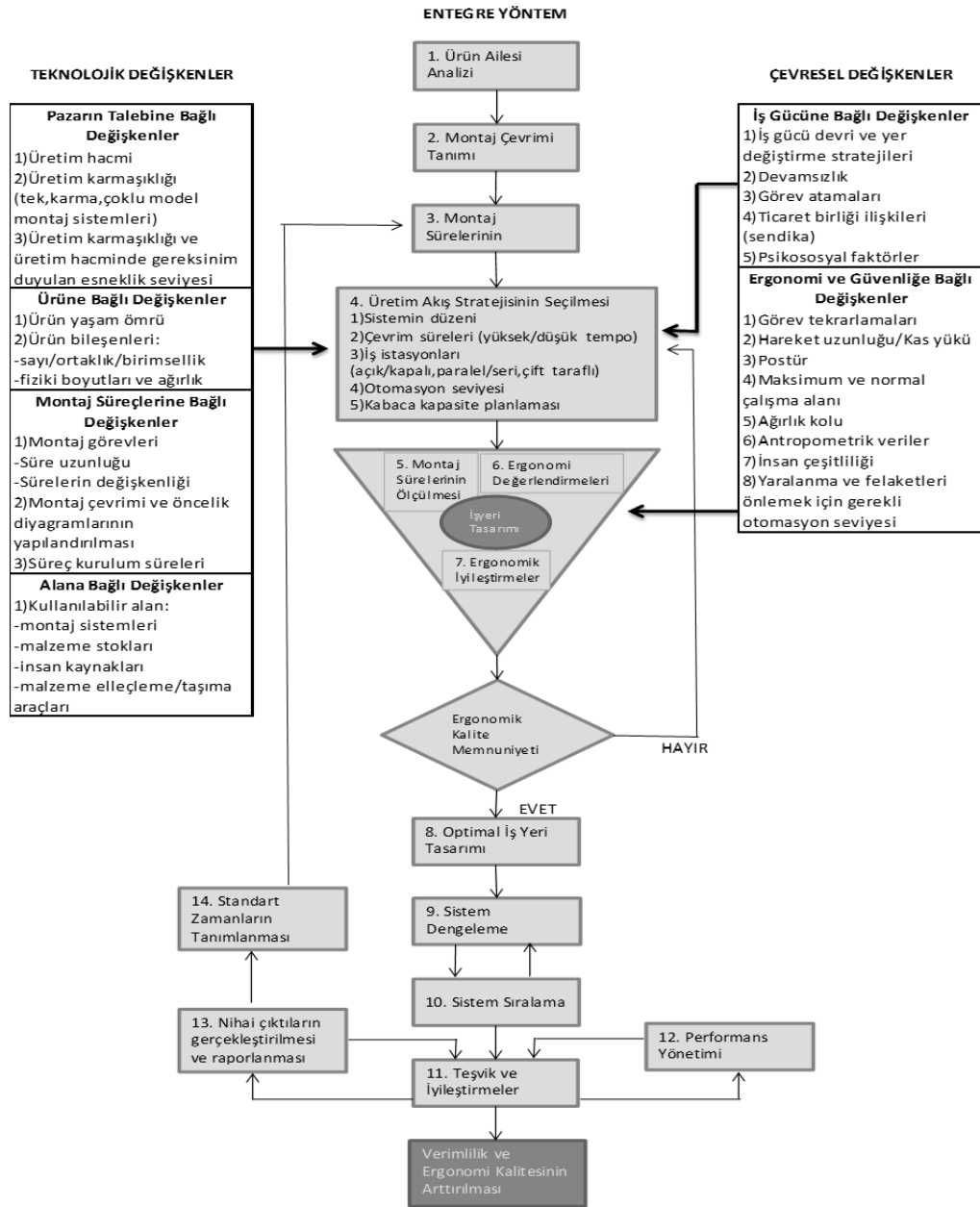
verimliliği iyileştirmektir. Montaj sürelerinin uzunluğu ve ergonomik koşullar gibi gereksinimler gözétilerek farklı montaj alanlarının araştırması yapılmaktadır.

Ön Tasarım Aşamasına Ait Süreçler: 1, 2, 3, 4

Detaylı Tasarım Aşamasına Ait Süreçler: 5, 6, 7, 8, 9, 10

Yönetim ve İyileştirmeler Aşamasına Ait Süreçler: 11, 12, 13, 14

Montaj sistemlerinin tasarımında verimlilik ve ergonomi kalitesi değerlendirmede kullanılan entegre yöntem Şekil 1.2 de yer almaktadır.



Şekil 1. 2 : Montaj sistemleri tasarımında verimlilik ve ergonomi kalitesini değerlendirmek için entegre yöntem (Battini ve diğ, 2011).

Geliştirilen bu yöntem montaj hatları üzerindeki etkinliği iki farklı olay üzerinde araştırılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Company A duşakabin üretimi gerçekleştirmektedir. Çeşitli boyut, özellik ve tasarımlarda yılda yaklaşık 15.000 duşakabin üretimi gerçekleştirmektedir.

Duşakabin üretim tesisine ait sistem çıktıları Çizelge 1.2 de değerlendirilmektedir.

Çizelge 1. 2 : Duşakabin üretim tesisine ait sistem çıktıları (Battini ve diğ, 2011).

Company A: Duşakabin üretimi	Önce	Sonra
Amaçlar		Kritik görev süresinin en küçüklenmesi Yorgunluk seviyelerinin en küçüklenmesi Verimliliğin %15 arttırılması
Kritik Çevresel Değişkenler	Yüksek personel devri Yüksek personel devri Aynı operatör için orta/düşük iş yükü ataması	
Montaj Sistemlerini Yapılandırma	Sabit pozisyon: paralel bireysel iş istasyonları	Düşük tempolu seri hat ile 5 manuel iş istasyonu Bucket Brigade metodu
İş alanı	Yatay pozisyonlardaki tezgâhlarda montaj	Çift yönlü taşıma sağlayan asansör sistemi içerisine dikey konumlandırılmış parçalar
Operatör Başına Ortalama İş Yüğü	28 dk/ çevrim	5 dk/çevrim
Tüm Sistemden Sağlanan Çıktı	10 parça/gün	12 parça/gün

Company B de ise düşük tempolu yarı otomatik seri hatlar, 7 tane manuel paralel iş istasyonu ve bu istasyonlara besleme yapan 3 tane yarı otomatik montaj öncesi hattı bulunmaktadır. 10 farklı ürün ailesi ve 150 farklı parçanın montaj operasyonları gerçekleştirilmektedir. Ürünlerin karmaşıklık derecesi düşük, fakat üretim hacmi yüksektir. (100.000 adet/yıl)

Kaynak makineleri üretim tesisine ait sistem çıktıları Çizelge 1.3 de değerlendirilmektedir.

Çizelge 1. 3 : Kaynak makineleri üretim tesisine ait sistem çıktıları (Battini ve diğ, 2011).

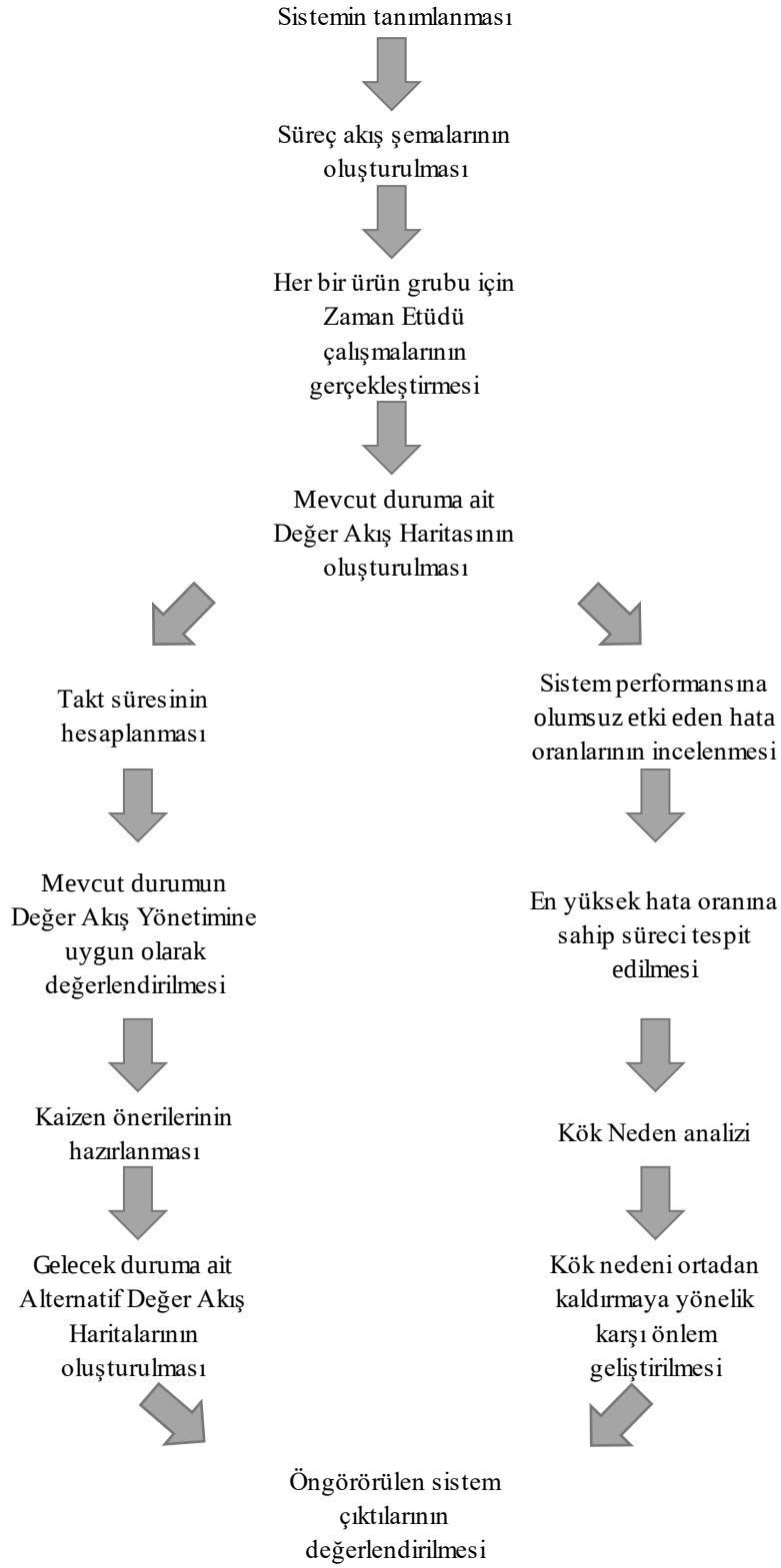
Company B: Kaynak makineleri üretimi	Önce	Sonra
Amaçlar		Sistem esnekliğini en büyüklemek Manuel montaj yükünü azaltmak Sistemdeki ürünler için kolay elleçleme
Kritik Çevresel Değişkenler	Yüksek personel devri Aynı operatör için orta/düşük iş yükü ataması Ticari birliklerin yüksek gücü	
Montaj Sistemlerini Yapılandırma	Manuel ürün elleçlemesi ve manuel iş istasyonları ile düşük tempolu seri hatlar	Düşük tempolu yarı otomatik seri hatlar, 7 tane manuel paralel iş istasyonu ve bu istasyonlara besleme yapan 3 tane yarı otomatik montaj öncesi hattı
İş alanı	Tezgâhlarda manuel montaj (parti)	6 iş parçasının yerleştiği döner tezgahlar
Operatör Başına Ortalama İş Yüğü	5.6 dk/ çevrim	20 dk/çevrim
Tüm Sistemden Sağlanan Çıktı	435 parça/gün	480 parça/gün

2. METODOLOJİ

Günümüzde müşteri talep ve beklentileri hızla değişiklik göstermektedir. Çağın hızına ve yeniliklere uyum sağlamak için müşteri taleplerine uygun hızlı cevap üretmek gereklidir. Gelişmeleri takip edebilmek ve tesise yansıtmak söz konusu olduğunda ise montaj hatları ön plana çıkmaktadır. Montaj hatlarına esneklik kazandırıldığında piyasada rakiplerle rekabet edebilme imkânı artmaktadır.

Bu çalışma kapsamında bir ofis koltukları üretim tesisine ait montaj hattı ve süreçler yalın felsefe ve düşünceye uygun olan ele alınacaktır. Yapılan tüm çalışmalar; tesis maliyetlerini düşürme, alan ve zaman tasarrufu sağlama ve montaj hattına esneklik kazandırılarak müşteri taleplerine en kısa sürede en uygun çözümü üretebilmeyi hedeflemektedir.

Çalışma kapsamında izlenecek metodoloji Şekil 2.1 de yer almaktadır.



Şekil 2. 1 : Çalışma kapsamında izlenecek yol haritası.

3. OFİS KOLTUKLARI ÜRETİM TESİSİNİN TANIMLANMASI

3.1 Sistemin Tanımı

Ofis koltukları üretim sahasında;

Ori ve File koltukları için 5 adet Monoblok üretim hattı,

Cosmo (sekreter koltukları) ve Maestro (müdür koltukları) gibi daha ekonomik ürün serilerinde yer alan koltuklar için 2 adet Eco üretim hattı,

Casino koltukları için 2 adet Patır üretim hattı olmak üzere koltuk üretim bölümünde toplam 9 hat yer almaktadır.

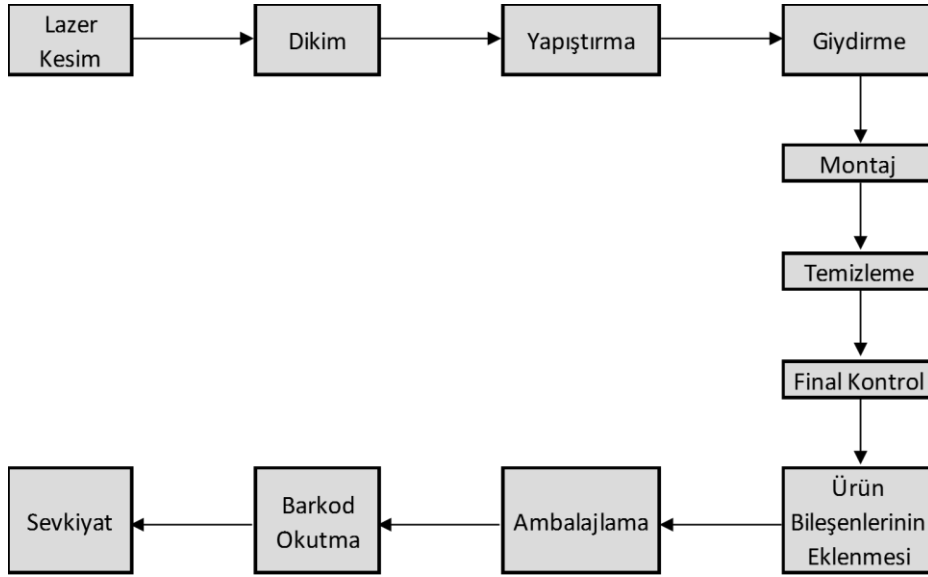
Bu çalışma kapsamında adetsel olarak talebin 58% ini oluşturan monoblok üretim hattı ele alınacaktır.

Monoblok hattında üretilen koltuk modelleri Şekil 3.1 de yer almaktadır.



Şekil 3. 1 : Ori ve File koltuk modelleri.

Monoblok üretim hattına ait iş akış diyagramı ise Şekil 3.2 de yer almaktadır.



Şekil 3. 2 : Monoblok üretim hattına ait iş akış diyagramı.

3.2 Zaman Etütleri

3.2.1 Lazer kesim

Lazer kesim sürecinde ilgili koltuk şablonu makine ile bağlantılı bilgisayar üzerinden işaretlenerek müşteri talebinde yer alan renk ve doku tercihine uygun kumaş kesimi yapılmaktadır.

Süreç; Oturak kesim, arkalık kesim ve başlık kesim (müşteri talebine bağlı) olmak üzere 2 - 3 işlemten meydana gelmektedir.

Ori koltuk modeli için kesim süreleri Çizelge 3.1 de yer almaktadır.

Çizelge 3. 1 : Ori koltuk modeline ait lazer kesim süreleri.

Koltuk Modeli	Süre Tipi	Çevrim Sayısı	SN	DK	Adet
Ori	Ort. Hazırlık Süresi		129	2,15	1
Ori	Çevrim Süresi	1Ç	151	2,52	1
Ori	Çevrim Süresi	2Ç	154	2,57	1
Ori	Çevrim Süresi	3Ç	164	2,73	1
Ori	Çevrim Süresi	4Ç	177	2,95	1*
Ori	Ort. Çevrim Süresi		167	2,78	1
	Toplam		296	4,93	1

* Başlık kesim dâhil olarak süre ölçümü alınmıştır.

File koltuk modeli için oturak ve arkalık kumaşları farklı olduğundan oturak ve arkalık kesimi ayrı ayrı gözlenmiştir.

File koltuk modeli için oturak kesim süreleri Çizelge 3.2 de yer almaktadır.

Çizelge 3. 2 : File koltuk modeline ait oturak kesim süreleri.

Koltuk Modeli	Süre Tipi	Çevrim Sayısı	Sn	Dk	Adet
File	Ort. Hazırlık Süresi		120	2,00	1
File	Çevrim Süresi	1Ç	129	2,15	1
File	Çevrim Süresi	2Ç	127	2,12	1
File	Ort. Çevrim Süresi		127	2,12	1
	Toplam		247	4,12	1

File koltuk modeli için arkalık kesim süreleri Çizelge 3.3 de yer almaktadır.

Çizelge 3. 3 : File koltuk modeline ait arkalık kesim süreleri.

Koltuk Modeli	Süre Tipi	Çevrim Sayısı	SN	DK	Adet
File	Ort. Hazırlık Süresi		229	3,82	1
File 3	Çevrim Süresi	1Ç	130	2,17	1
File 3	Çevrim Süresi	2Ç	117	1,95	1
File 3	Çevrim Süresi	3Ç	121	2,02	1
File 3	Çevrim Süresi	4Ç	100	1,67	1
File 3	Çevrim Süresi	5Ç	119	1,98	1
File 7	Çevrim Süresi	1Ç	111	1,85	1
File 7	Çevrim Süresi	2Ç	104	1,73	1
File 7	Çevrim Süresi	3Ç	131	2,18	1
File 7	Çevrim Süresi	4Ç	123	2,05	1
File 7	Çevrim Süresi	5Ç	121	2,02	1
File 9	Çevrim Süresi	1Ç	122	2,03	1
File 9	Çevrim Süresi	2Ç	128	2,13	1
File 9	Çevrim Süresi	3Ç	185	3,08	1
File 9	Çevrim Süresi	4Ç	128	2,13	1
File 9	Çevrim Süresi	5Ç	130	2,17	1
File	Ort. Çevrim Süresi		125	2,08	1
	Toplam		354	5,90	1

File koltuk modeli için başlık kesim süreleri Çizelge 3.4 de yer almaktadır.

Çizelge 3. 4 : File koltuk modeline ait başlık kesim süreleri.

Koltuk Modeli	Süre Tipi	Çevrim Sayısı	SN	DK	Adet
File	Ort. Hazırlık Süresi		53	0,88	1
File	Çevrim Süresi	1Ç	124	2,07	1
File	Çevrim Süresi	2Ç	134	2,23	1
File	Ort. Çevrim Süresi		129	2,15	1
	Toplam		182	3,03	1

O halde 1 File koltuk için lazer kesim sürecinde çevrim süresi;

FİLE Ç.S. = Oturak Kesim Ç.S. + Arkalık Kesim Ç. S. + Başlık Kesim Ç.S.

= 2,12 dk + 2,08 dk + 2,15 = 6,35 dk olarak hesaplanmıştır.

3.2.2 Dikim

Dikim sürecinde oturak, arkalık ve başlık dikim işlemleri gerçekleştirilmektedir.

Oturak dikim işlemi; dikim ve overlok (ip çekirme) alt işlemlerinden meydana gelmektedir.

Ori koltuk modeli için oturak dikim süreleri Çizelge 3.5 de yer almaktadır.

Çizelge 3. 5 : Ori koltuk modeline ait oturak dikim süreleri.

Koltuk Modeli	Süre Tipi	Çevrim Sayısı	SN	DK	Adet
Ori	Ort. Hazırlık Süresi		119	1,98	1
Ori	Çevrim Süresi	1Ç	157	2,62	1
Ori	Çevrim Süresi	2Ç	156	2,60	1
Ori	Çevrim Süresi	3Ç	164	2,73	1
Ori	Ort. Çevrim Süresi		159	2,65	1
	Toplam		278	4,63	1

File koltuk modeli için oturak dikim süreleri Çizelg 3.6 da yer almaktadır.

Çizelge 3. 6 : File koltuk modeline ait oturak dikim süreleri.

Koltuk Modeli	Süre Tipi	Çevrim Sayısı	SN	DK	Adet
File	Ort. Hazırlık Süresi		106	1,77	1
File	Çevrim Süresi	1Ç	102	1,70	1
File	Çevrim Süresi	2Ç	101	1,68	1
File	Çevrim Süresi	3Ç	73	1,22	1
File	Çevrim Süresi	4Ç	107	1,78	1
File	Çevrim Süresi	5Ç	110	1,83	1
File	Ort. Çevrim Süresi		99	1,95	1
	Toplam		205	3,42	1

Arkalık dikim işlemi; kenar kıvrırma, duvarlama, bastırma dikişi ve kanca takma alt işlemlerinden meydana gelmektedir.

Ori koltuk modeli için arkalık dikim süreleri Çizelge 3.7 de yer almaktadır.

Çizelge 3. 7 : Ori koltuk modeline ait arkalık dikim süreleri.

Koltuk Modeli	Süre Tipi	Çevrim Sayısı	SN	DK	Adet
Ori	Ort. Hazırlık Süresi		22	0,37	1
Ori	Çevrim Süresi	1Ç	402	6,70	1
Ori	Çevrim Süresi	2Ç	313	5,22	1
Ori	Çevrim Süresi	3Ç	330	5,50	1
Ori	Ort. Çevrim Süresi		348	5,80	1
	Toplam		370	6,17	1

File koltuk modeli için arkalık dikim süreleri Çizelge 3.8 de yer almaktadır.

Çizelge 3. 8 : File koltuk modeline ait arkalık dikim süreleri.

Koltuk Modeli	Süre Tipi	Çevrim Sayısı	SN	DK	Adet
File	Ort. Hazırlık Süresi		83	1,38	1
File 3 -7	Çevrim Süresi	1Ç	191	3,18	1
File 3 -7	Çevrim Süresi	2Ç	178	2,97	1
File 3 -7	Çevrim Süresi	3Ç	184	3,07	1
File 3 -7	Çevrim Süresi	4Ç	183	3,05	1
File 3 -7	Çevrim Süresi	5Ç	256	4,27	1
File 3 -7	Çevrim Süresi	6Ç	230	3,83	1
File 3 -7	Çevrim Süresi	7Ç	210	3,50	1
File 3 -7	Çevrim Süresi	8Ç	216	3,60	1
File 3 -7	Çevrim Süresi	9Ç	176	2,93	1
File 3 -7	Çevrim Süresi	10Ç	203	3,38	1
File 9	Çevrim Süresi	1Ç	268	4,47	1
File 9	Çevrim Süresi	2Ç	224	3,73	1
File 9	Çevrim Süresi	3Ç	227	3,78	1
File	Ort. Çevrim Süresi		211	3,52	1
	Toplam		294	4,90	1

File koltuk modeli için başlık dikim süreleri Çizelge 3.9 da yer almaktadır.

Çizelge 3. 9 : File koltuk modeline ait başlık dikim süreleri.

Koltuk Modeli	Süre Tipi	Çevrim Sayısı	SN	DK	Adet
File	Ort. Hazırlık Süresi		-	-	-
File 9	Çevrim Süresi	1Ç	201	3,35	1
File 9	Çevrim Süresi	2Ç	243	4,05	1
File 9	Çevrim Süresi	3Ç	215	3,58	1
File	Ort. Çevrim Süresi		219	3,65	1
	Toplam		219	3,65	1

O halde 1 Ori koltuk için dikim sürecinde çevrim süresi;

ORİ Ç.S. = Oturak Dikim Ç.S. + Arkalık Dikim Ç. S.

$$= 2,65 \text{ dk} + 5,80 \text{ dk} + 2,15 = 8,45 \text{ dk} \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

1 File koltuk için dikim sürecinde çevrim süresi;

FILE Ç.S. = Oturak Dikim Ç.S. + Arkalık Dikim Ç. S. + Başlık Dikim Ç.S.

$$= 1,95 \text{ dk} + 3,25 \text{ dk} + 3,65 \text{ dk} = 8,85 \text{ dk} \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

3.2.3 Yapıştırma

Yapıştırma sürecinde Ori koltuklar için oturak, arkalık ve başlık parçalarında işlem gerçekleştirilirken, File koltuk modellerinde yalnızca oturak bu sürece dâhil olmaktadır.

Yapıştırma işlemi; Ori koltuk modelleri için oturak yapıştırma, arkalık yapıştırma (sünger yapıştırma + arka kapak takma + başlık somunu takma), başlık yapıştırma alt işlemlerinden meydana gelirken, File koltuk modelleri için oturak yapıştırma ve oturak çakım alt işlemlerinden oluşmaktadır.

Ori koltuk modeli için yapıştırma süreleri Çizelge 3.10 da yer almaktadır.

Çizelge 3. 10 : Ori koltuk modeline ait yapıştırma süreleri.

Koltuk Modeli	Süre Tipi	Çevrim Sayısı	SN	DK	Adet
Ori	Ort. Hazırlık Süresi		86	1,43	10
Ori 3 -7	Çevrim Süresi	1Ç	58	0,96	1
Ori 3 -7	Çevrim Süresi	2Ç	56	0,93	1
Ori 3 -7	Çevrim Süresi	3Ç	65	1,09	1
Ori 3 -7	Çevrim Süresi	4Ç	58	0,96	1
Ori 3 -7	Çevrim Süresi	5Ç	62	1,03	1
Ori 3 -7	Çevrim Süresi	6Ç	64	1,06	1
Ori 3 -7	Çevrim Süresi	7Ç	79	1,32	1
Ori 3 -7	Çevrim Süresi	8Ç	59	0,98	1
Ori 3 -7	Çevrim Süresi	9Ç	63	1,05	1
Ori 3 -7	Çevrim Süresi	10Ç	80	1,33	1
Ori 9	Çevrim Süresi	1Ç	157	2,62	1*
Ori 9	Çevrim Süresi	2Ç	251	4,18	1*
Ori	Ort. Çevrim Süresi		88	1,47	1
	Toplam		97	1,62	1

* Başlık yapıştırma süreleri dâhil olarak süre ölçümü alınmıştır.

File koltuk modeli için yapıştırma süreleri Çizelge 3.11 de yer almaktadır.

Çizelge 3. 11 : File koltuk modeline ait yapıştırma süreleri.

Koltuk Modeli	Süre Tipi	Çevrim Sayısı	SN	DK	Adet
File	Ort. Hazırlık Süresi		34	0,57	5
File	Çevrim Süresi	1Ç	176	2,93	1
File	Çevrim Süresi	2Ç	176	2,93	1
File	Çevrim Süresi	3Ç	177	2,95	1
File	Çevrim Süresi	4Ç	231	3,85	1
File	Çevrim Süresi	5Ç	193	3,22	1
File	Ort. Çevrim Süresi		191	3,18	1
	Toplam		198	3,23	1

3.2.4 Giydirmeye

Giydirme sürecinde Ori koltuklar için oturak ve arkalık parçalarında işlem gerçekleştirilirken, File koltuk modellerinde ise arkalık ve başlık bu sürece dâhil olmaktadır.

Ori koltuk modeli için oturak giydirmeye süreleri Çizelge 3.12 de yer almaktadır.

Çizelge 3. 12 : Ori koltuk modeline ait oturak giydirmeye süreleri.

Koltuk Modeli	Süre Tipi	Çevrim Sayısı	SN	DK	Adet
Ori	Ort. Hazırlık Süresi		8	0,13	1
Ori	Çevrim Süresi	1Ç	70	1,17	1
Ori	Çevrim Süresi	2Ç	61	1,02	1
Ori	Çevrim Süresi	3Ç	62	1,03	1
Ori	Çevrim Süresi	4Ç	61	1,02	1
Ori	Çevrim Süresi	5Ç	59	0,95	1
Ori	Ort. Çevrim Süresi		63	1,05	1
	Toplam		71	1,18	1

Ori koltuk modeli için arkalık giydirmeye süreleri Çizelge 3.13 de yer almaktadır.

Çizelge 3. 13 : Ori koltuk modeline ait arkalık giydirmeye süreleri.

Koltuk Modeli	Süre Tipi	Çevrim Sayısı	SN	DK	Adet
Ori	Ort. Hazırlık Süresi		451	7,52	7
Ori	Çevrim Süresi	1Ç	90	1,50	1
Ori	Çevrim Süresi	2Ç	103	1,72	1
Ori	Çevrim Süresi	3Ç	115	1,92	1
Ori	Çevrim Süresi	4Ç	117	1,95	1
Ori	Çevrim Süresi	5Ç	99	1,65	1
Ori	Çevrim Süresi	6Ç	107	1,78	1
Ori	Çevrim Süresi	7Ç	98	1,63	1
Ori	Ort. Çevrim Süresi		104	1,73	1
	Toplam		167	2,78	1

O halde 1 Ori koltuk için giydirmeye sürecinde çevrim süresi;

ORİ Ç.S. = Oturak Giydirmeye Ç.S. + Arkalık Giydirmeye Ç. S.

$$= 1,05 \text{ dk} + 1,73 \text{ dk} = 2,78 \text{ dk} \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

File koltuk modeli için arkalık giydirmeye işlemi tapa çakım, ara bağlantı elemanlarının vidalanması, cıvatalama ve kumaşın giydirilmesi alt işlemlerinden meydana gelmektedir.

File koltuk modeli için arkalık giydirmeye süreleri Çizelge 3.14 de yer almaktadır.

Çizelge 3. 14 : File koltuk modeline ait arkalık giydirmeye süreleri.

Koltuk Modeli	Süre Tipi	Çevrim Sayısı	SN	DK	Adet
File	Ort. Hazırlık Süresi		74	1,23	1
File 3 -7	Çevrim Süresi	1Ç	76	1,27	1
File 3 -7	Çevrim Süresi	2Ç	68	1,13	1
File 3 -7	Çevrim Süresi	3Ç	61	1,02	1
File 3 -7	Çevrim Süresi	4Ç	79	1,32	1
File 9	Çevrim Süresi	1Ç	68	1,13	1
File 9	Çevrim Süresi	2Ç	58	0,97	1
File 9	Çevrim Süresi	3Ç	57	0,95	1
File	Ort. Çevrim Süresi		67	1,12	1
	Toplam		141	2,35	1

File koltuk modeli için başlık giydirmeye işlemi; başlık giydirmeye, başlık yapıştırma, mil takma ve kılavuz çekme alt işlemlerinden meydana gelmektedir.

File koltuk modeli için başlık giydirmeye süreleri Çizelge 3.15 de yer almaktadır.

Çizelge 3. 15 : File koltuk modeline ait başlık giydirmeye süreleri.

Koltuk Modeli	Süre Tipi	Çevrim Sayısı	SN	DK	Adet
File	Ort. Hazırlık Süresi		38	0,63	1
File	Çevrim Süresi	1Ç	289	4,82	1
File	Ort. Çevrim Süresi		289	4,82	1
	Toplam		327	5,45	1

O halde 1 File koltuk için giydirmeye sürecinde çevrim süresi;

FİLE Ç.S. = Arkalık Giydirmeye Ç.S. + Başlık Giydirmeye Ç. S.

$$= 1,12 \text{ dk} + 4,82 \text{ dk} = 5,94 \text{ dk} \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

3.2.5 Montaj

Montaj işlemi; kolçak hazırlama (1 koltuk için 2 adet) ve oturak, arkalık, kolçak varsa başlık parçalarının birbirine bağlanması alt işlemlerinden meydana gelmektedir.

Ori koltuk modeli için montaj süreleri Çizelge 3.16 da yer almaktadır.

Çizelge 3. 16 : Ori koltuk modeline ait montaj süreleri.

Koltuk Modeli	Süre Tipi	Çevrim Sayısı	SN	DK	Adet
Ori	Ort. Hazırlık Süresi		21	0,35	1
Ori	Çevrim Süresi	1Ç	162	2,70	1
Ori	Çevrim Süresi	2Ç	201	3,35	1
Ori	Çevrim Süresi	3Ç	181	3,02	1
Ori	Çevrim Süresi	4Ç	188	3,13	1
Ori	Çevrim Süresi	5Ç	186	3,10	1
Ori	Ort. Çevrim Süresi		184	3,07	1
	Toplam		205	3,42	1

File koltuk modeli için montaj süreleri Çizelge 3.17 de yer almaktadır.

Çizelge 3. 17 : File koltuk modeline ait montaj süreleri.

Koltuk Modeli	Süre Tipi	Çevrim Sayısı	SN	DK	Adet
File	Ort. Hazırlık Süresi		110	1,83	1
File 3 -7	Çevrim Süresi	1Ç	239	3,98	1
File 3 -7	Çevrim Süresi	2Ç	200	3,33	1
File 3 -7	Çevrim Süresi	3Ç	191	3,18	1
File 3 -7	Çevrim Süresi	4Ç	209	3,48	1
File 3 -7	Çevrim Süresi	5Ç	204	3,40	1
File 9	Çevrim Süresi	1Ç	234	3,90	1*
File	Ort. Çevrim Süresi		213	3,55	1
	Toplam		343	5,72	1

* Başlık montaj süreleri dâhil olarak süre ölçümü alınmıştır.

3.2.6 Temizleme

Temizleme işleminde hava tabancası yardımıyla ürünlerin tozu alınmaktadır, leke mevcutsa özel leke çıkarma işlemi gerçekleştirilmektedir.

Ori koltuk modeli için temizleme süreleri Çizelge 3.18 de yer almaktadır.

Çizelge 3. 18 : Ori koltuk modeline ait temizleme süreleri.

Koltuk Modeli	Süre Tipi	Çevrim Sayısı	SN	DK	Adet
Ori	Ort. Hazırlık Süresi		-	-	-
Ori 3 -7	Çevrim Süresi	1Ç	8	0,13	1
Ori 3 -7	Çevrim Süresi	2Ç	7	0,12	1
Ori 3 -7	Çevrim Süresi	3Ç	7	0,12	1
Ori 3 -7	Çevrim Süresi	4Ç	13	0,22	1
Ori 3 -7	Çevrim Süresi	5Ç	13	0,22	1
Ori 9	Çevrim Süresi	1Ç	26	0,43	1
Ori	Ort. Çevrim Süresi		12	0,20	1
	Toplam		12	0,20	1

File koltuk modeli için temizleme süreleri Çizelge 3.19 da yer almaktadır.

Çizelge 3. 19 : File koltuk modeline ait temizleme süreleri.

Koltuk Modeli	Süre Tipi	Çevrim Sayısı	SN	DK	Adet
File	Ort. Hazırlık Süresi		-	-	-
File 3 -7	Çevrim Süresi	1Ç	18	0,30	1
File 3 -7	Çevrim Süresi	2Ç	18	0,30	1
File 3 -7	Çevrim Süresi	3Ç	18	0,30	1
File 3 -7	Çevrim Süresi	4Ç	20	0,33	1
File 9	Çevrim Süresi	1Ç	15	0,25	1
File 9	Çevrim Süresi	2Ç	22	0,37	1
File	Ort. Çevrim Süresi		19	0,32	1
	Toplam		19	0,32	1

3.2.7 Final kontrol

Final kontrol işleminde kareli bir pano önünde ürün konumlandırılarak eğiklik / yamukluk kontrolü yapılmaktadır ve oturularak denge test edilmektedir.

Ori koltuk modeli için final kontrol süreleri Çizelge 3.20 de yer almaktadır.

Çizelge 3. 20 : Ori koltuk modeline ait final kontrol süreleri.

Koltuk Modeli	Süre Tipi	Çevrim Sayısı	SN	DK	Adet
Ori	Ort. Hazırlık Süresi		-	-	-
Ori 3 -7	Çevrim Süresi	1Ç	44	0,73	1
Ori 3 -7	Çevrim Süresi	2Ç	42	0,70	1
Ori 3 -7	Çevrim Süresi	3Ç	60	1,00	1
Ori 3 -7	Çevrim Süresi	4Ç	48	0,80	1
Ori 3 -7	Çevrim Süresi	5Ç	51	0,85	1
Ori 9	Çevrim Süresi	1Ç	33	0,55	1
Ori	Ort. Çevrim Süresi		46	0,77	1
	Toplam		46	0,77	1

File koltuk modeli için final kontrol süreleri Çizelge 3.21 de yer almaktadır.

Çizelge 3. 21 : File koltuk modeline ait final kontrol süreleri.

Koltuk Modeli	Süre Tipi	Çevrim Sayısı	SN	DK	Adet
File	Ort. Hazırlık Süresi		-	-	-
File 3 -7	Çevrim Süresi	1Ç	39	0,65	1
File 3 -7	Çevrim Süresi	2Ç	36	0,60	1
File 3 -7	Çevrim Süresi	3Ç	50	0,83	1
File 3 -7	Çevrim Süresi	4Ç	46	0,77	1
File 9	Çevrim Süresi	1Ç	45	0,75	1
File 9	Çevrim Süresi	2Ç	45	0,75	1
File	Ort. Çevrim Süresi		44	0,73	1
	Toplam		44	0,73	1

3.2.8 Ürün bileşenlerinin eklenmesi

Ürüne ait parçaların (ayak, amortisör, tekerlek) eklenmesi ve ürüne şeffaf koruyucu geçirilmesi işlemidir.

Ori koltuk modeli için ürün bileşenlerinin eklenmesi süreleri Çizelge 3.22 de yer almaktadır.

Çizelge 3. 22 : Ori koltuk modeline ait ürün bileşenlerinin eklenme süreleri.

Koltuk Modeli	Süre Tipi	Çevrim Sayısı	SN	DK	Adet
Ori	Ort. Hazırlık Süresi		-	-	-
Ori 3 -7	Çevrim Süresi	1Ç	37	0,62	1
Ori 9	Çevrim Süresi	1Ç	47	0,78	1
Ori	Ort. Çevrim Süresi		42	0,70	1
	Toplam		42	0,70	1

File koltuk modeli için ürün bileşenlerinin eklenmesi süreleri Çizelge 3.23 de yer almaktadır.

Çizelge 3. 23 : File koltuk modeline ait ürün bileşenlerinin eklenme süreleri.

Koltuk Modeli	Süre Tipi	Çevrim Sayısı	SN	DK	Adet
File	Ort. Hazırlık Süresi		-	-	-
File 3 -7	Çevrim Süresi	1Ç	41	0,68	1
File 3 -7	Çevrim Süresi	2Ç	50	0,83	1
File 9	Çevrim Süresi	1Ç	35	0,58	1
File 9	Çevrim Süresi	2Ç	34	0,57	1
File	Ort. Çevrim Süresi		40	0,67	1
	Toplam		40	0,67	1

3.2.9 Ambalajlama

Ürün ölçülerine uygun kolilerin hazırlanması ve ürünün koli içerisine yerleştirilerek kolinin sevkiyata hazır hale getirilmesi işlemidir.

Ori koltuk modeli için ambalajlama süreleri Çizelge 3.24 de yer almaktadır.

Çizelge 3. 24 : Ori koltuk modeline ait ambalajlama süreleri.

Koltuk Modeli	Süre Tipi	Çevrim Sayısı	SN	DK	Adet
Ori	Ort. Hazırlık Süresi		-	-	-
Ori 3 -7	Çevrim Süresi	1Ç	100	1,67	1
Ori 9	Çevrim Süresi	1Ç	61	1,02	1
Ori	Ort. Çevrim Süresi		81	1,35	1
	Toplam		81	1,35	1

File koltuk modeli için ambalajlama süreleri Çizelge 3.25 de yer almaktadır.

Çizelge 3. 25 : File koltuk modeline ait ambalajlama süreleri.

Koltuk Modeli	Süre Tipi	Çevrim Sayısı	SN	DK	Adet
File	Ort. Hazırlık Süresi		-	-	-
File 3 -7	Çevrim Süresi	1Ç	61	1,02	1
File 3 -7	Çevrim Süresi	2Ç	55	0,92	1
File 3 -7	Çevrim Süresi	3Ç	45	0,75	1
File 3 -7	Çevrim Süresi	4Ç	37	0,62	1
File 9	Çevrim Süresi	1Ç	54	0,90	1
File 9	Çevrim Süresi	2Ç	54	0,90	1
File	Ort. Çevrim Süresi		51	0,85	1
	Toplam		51	0,85	1

3.2.10 Barkod Okutma

Ürüne tanımlı barkodun sisteme okutularak, ürün için kullanılan malzeme adetlerini mevcut stoktan düşme ve stok seviyesini güncelleme işlemidir.

Ori koltuk modeli için barkod okutma süreleri Çizelge 3.26 da yer almaktadır.

Çizelge 3. 26 : Ori koltuk modeline ait barkod okutma süreleri.

Koltuk Modeli	Süre Tipi	Çevrim Sayısı	SN	DK	Adet
Ori	Ort. Hazırlık Süresi		-	-	-
Ori 3 -7	Çevrim Süresi	1Ç	31	0,52	1
Ori 9	Çevrim Süresi	1Ç	36	0,60	1
Ori	Ort. Çevrim Süresi		34	0,56	1
	Toplam		34	0,56	1

File koltuk modeli için barkod okutma süreleri Çizelge 3.27 de yer almaktadır.

Çizelge 3. 27 : File koltuk modeline ait barkod okutma süreleri.

Koltuk Modeli	Süre Tipi	Çevrim Sayısı	SN	DK	Adet
File	Ort. Hazırlık Süresi		-	-	-
File 3 -7	Çevrim Süresi	1Ç	34	0,57	1
File 9	Çevrim Süresi	1Ç	35	0,58	1
File 9	Çevrim Süresi	2Ç	44	0,73	1
File 9	Çevrim Süresi	3Ç	44	0,73	1
File 9	Çevrim Süresi	4Ç	48	0,80	1
File	Ort. Çevrim Süresi		41	0,68	1
	Toplam		41	0,68	1

4. DEĞER AKIŞ YÖNETİMİ

4.1 Değer Akış Yönetimi Tanımı ve Tarihçesi

Değer akışı, bir mamul veya hizmet ailesini elde etmek için gerekli tüm faaliyetleri (katma değeri olan ve olmayan) içermektedir. En düşük maliyetle gerekli kaynakları sağlayarak mamul, hizmet ya da projenin değerini arttırmayı hedefleyen ve araştıran sistematik bir yaklaşımdır (Valuefoundation.org, 2016) .

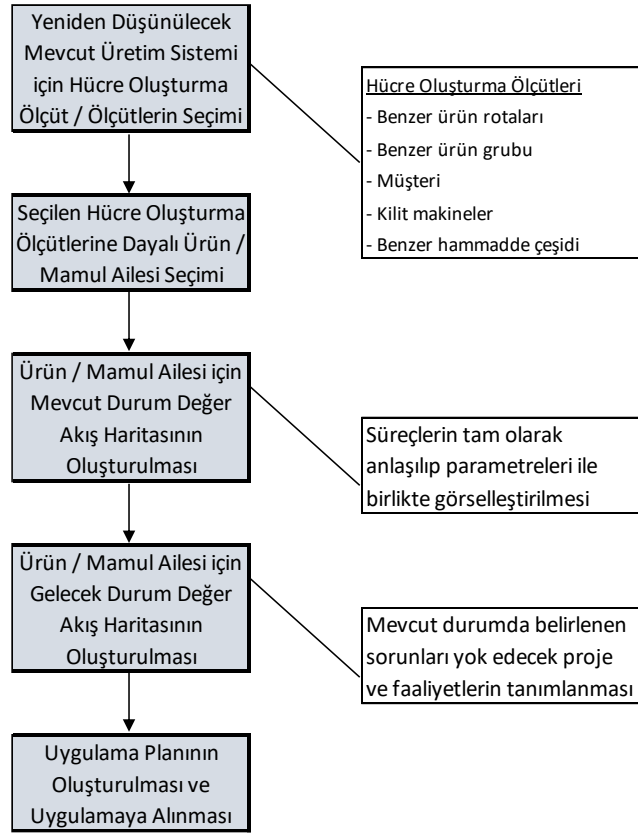
Değer akışı çeşitli şekillerde karşımıza çıkmaktadır:

- Malzemenin hammadden mamul haline gelmesi,
- Bir bilginin hizmet haline gelmesi,
- Bir bilginin proje haline gelmesi.

Değer analizi General Electric şirketinde mühendis olarak çalışan Lawrence Miles tarafından keşfedilmiştir. Amerikalı bilim adamları savaş sırasında talep edilen kaynaklar üzerine çalışma yaparken, Miles 'in görevi uçak motorlarını maliyet etkinliği sağlayarak tedarik etmektir. II. Dünya Savaşı döneminde paranın değer yaklaşımı olarak adlandırılan bu yöntem, Lawrence Miles tarafından yaratıcı ve sistematik bir bakış açısı kazandırılarak değer analizi modeline geliştirilmiştir (Duran, 2007).

1950 yıllarında Amerikan Ordusu ve Donanması bu modeli uygularken, pek çok Amerikan şirketi de General Electric 'i takip etmişlerdir. 1950 – 1960 yıllarında ise Avrupa ülkeleri ve günümüzde bu alanda lider olan Japonya tarafından izlenmiştir.

Değer akış yönetimine ait akış diyagramı Şekil. 4.1 de yer almaktadır.



Şekil 4. 1 : Değer akış yönetiminin akış haritası (Durmuşoğlu, 2014).

4.2 Değer Akış Yönetiminde Araçlar

Bu çalışma kapsamında gelecek durum değer akış haritaları oluşturulurken faydalanılan değer akış yönetimi araçları aşağıdaki gibidir;

Hücreyel Üretim Sistemi: parçaların, parça aileleri biçiminde ve makinelerin, makine hücreleri biçiminde gruplandığı bir üretim sistemidir. Parça tasarımı ve üretim özelliği benzerliği kümelemeyi başarabilmek için kullanılmaktadır (Shanker & Vrat, 1998). Hücre yapısı;

- hazırlık sürelerinin düşürülmesi,
- süreç içi envanterlerin düşürülmesi,
- malzeme taşımalarının azaltılması,
- iletişimin gelişmesi,
- kaliteden direkt takımın sorumlu olması nedeniyle kusurlu üretim miktarının azalması,
- kapasitenin bilinmesi ve planlanabilmesi,

- malzeme planlama ve kontrollerin basitleştirilmesi gibi avantajlar sağlamaktadır (Atalay ve diğ, 1998).

SMED (Single Minute of Exchange Dies): Hızlı Kalıp Değişimi olarak da bilinen SMED, Shigeo Shingo tarafından geliştirilmiştir. Shingo, stoksuz üretim için hazırlık sürelerinin kısaltılması gerektiğini savunmuş ve geliştirdiği model ile yaklaşık bir dakikada makinelerin bir parçadan başka bir parçada işlem yapmasına imkân sağlamıştır. Bu sayede makineler esneklik kazanmıştır (Ersoy, 2007).

TPM (Total Productive Maintenance): Toplam Üretken Bakım (TPM), işgörenin kendisi ile ürün ya da girdiler ile çıktılar ilişkisini kurarak, bütünü kavrayabilme becerisi kazanarak kendini geliştirmesi ve işine yansıtmasıdır. Kullanılan ekipmanların verimliliği arttırmayı ve olası makine hatalarından kaynaklanacak ıskartaları önlemeyi hedeflemektedir.

Standart İş: İşgörenin yaptığı işin iş güvenliği, kalite, maliyet, süre hedeflerini sürekli olarak gerçekleştirmesini sağlayan, tanımlı, anlaşılır, tüm çalışanlar tarafından aynı şekilde bilinen ve uygulanan iş yapış yöntemidir (ozce.weebly.com, 2012).

Set yapma: Üretim bölümünde ürün modeline göre önceden belirlenen miktarlarda ürün bileşeninin bir arada bulunduğu paketlere set adı verilmektedir. Örneğin; işgörenin ürün bileşenlerini (vida, cıvata, somun) ayrı ayrı bölümlerden alması yerine, ilgili ürün için önceden belirlenmiş miktarda bileşen (vida, cıvata, somun) içeren setleri kullanmasıdır. Bu yöntem ile zamandan tasarruf edilmesi hedeflenmektedir (Bozer & McGinnis, 1992).

Poka Yoke: Japonca 'da dikkatsizce yapılan hata anlamına gelen Poka ve önlemek anlamına gelen Yoke kelimelerinin bir araya gelmesiyle oluşan Poka Yoke herkesin hata yapabileceğini varsayan hata önleme mekanizmalarıdır (Durmuşoğlu, 2014).

Ergonomi: Yunanca 'da iş anlamına gelen Ergos ve yasa anlamına gelen Nomos kelimelerinden oluşmaktadır. İnsanların anatomik ve antropometrik özelliklerini, fiziksel kapasitelerini ve toleranslarını, endüstriyel iş ortamındaki faktörlerin etkilerini göz önünde bulundurarak sistem verimliliği ve insan – makine – çevre uyumunun temel yasalarını ortaya koymayı hedefleyen bir disiplindir. Tüm şekil ve çizelgeler ile bunların açıklamaları yazı bloğuna göre ortalı olarak yerleştirilmelidir

5. DEĞER AKIŞ HARİTALAMA İLE YALIN MONTAJ SİSTEMLERİ TASARIMI VE BİR ÖRNEK

5.1 Takt Süresinin Hesaplanması

Ofis koltukları üretim tesislerinde monoblok üretim hattında;

- Ori 3, Ori 7 ve Ori 9,
- File 3, File 7 ve File 9 modellerinde olmak üzere 6 tip koltuk üretilmektedir.

Monoblok hücrelerinde üretimi gerçekleştirilen koltuk modelleri için 10 aylık müşteri talepleri Çizelge 5.1 de yer almaktadır.

Çizelge 5. 1 : Ofis koltukları üretim tesisine ait müşteri talepleri.

Koltuk Modeli	Talep miktarı (10 aylık)	Ort. talep miktarı (1 aylık)	Ort. talep miktarı (1 günlük)
Ori 3	1.415	141,5	6
Ori 7	5.905	590,5	27
Ori 9	1.705	170,5	8
Ori Toplam	9.025	902,5	41
File 3	392	39,2	2
File 7	2.768	276,8	13
File 9	1.366	136,6	6
File Toplam	4.526	452,6	21
Toplam	13.551	1.355,1	62

Bir haftada 5 iş günü faaliyet gösteren üretim tesisi için 1 ay 22 iş güne denk olacak şekilde ortalama günlük talep miktarı hesaplanmıştır. Standart bir iş günü 08:00 de başlayıp 18:00 da bitmektedir.

Çalışma süresi;

Toplam süre: 600 dk

Yemek molası: 60 dk

1. Çay molası: 8 dk

2. Çay molası: 8 dk

Mesai: 524 dk – 8,7 saat

$\text{ÇAS} = (600 - (60 + 8 + 8)) \times 60 = 31440$ saniye olarak hesaplanmıştır.

Takt Süresi = Mevcut Çalışma Süresi / Müşteri Talebi formülü kullanılarak;

Takt Süresi = $31440 / 62 = 510,43$ saniye = 8,51 dakika olarak elde edilmiştir.

5.2 Gelecek Durum için Hücre Yapısının Araştırılması ve Alternatif Hücre Yapılarının Değerlendirilmesi

Bu çalışma kapsamında yalın montaj sistemlerinin tasarımı gerçekleştirilecek ve değer akış haritalama metodolojisinden faydalananarak 3 alternatif hücre yapısı değerlendirilecektir.

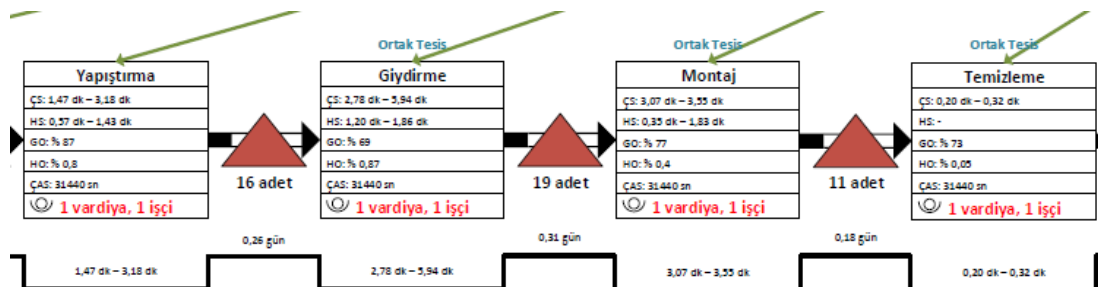
Hücre Yapısı 1: Yapıştırma, giydirme, montaj ve temizleme süreçlerinin hücre yapısı ile birleştirilmesidir.

Hücre Yapısı 2: Dikim, yapıştırma, giydirme, montaj ve temizleme süreçlerinin hücre yapısı ile birleştirilmesidir.

Hücre Yapısı 3: Final Kontrol, Ürün Bileşenlerinin Eklenmesi, Ambalajlama ve Barkod Okutma süreçlerinin hücre yapısı ile birleştirilmesidir.

5.2.1 Hücre yapısı 1 alternatifinin değerlendirilmesi

Hücre yapısında birleştirilmesi hedeflenen yapıştırma, giydirme, montaj ve temizleme süreçlerinin mevcut durumuna ait değer akış haritası kesiti Şekil 5.1 de yer almaktadır.



Şekil 5. 1 : Yapıştırma, giydirm, montaj ve temizleme süreçlerine ait mevcut durum değer akış kesiti.

Mevcut durumda;

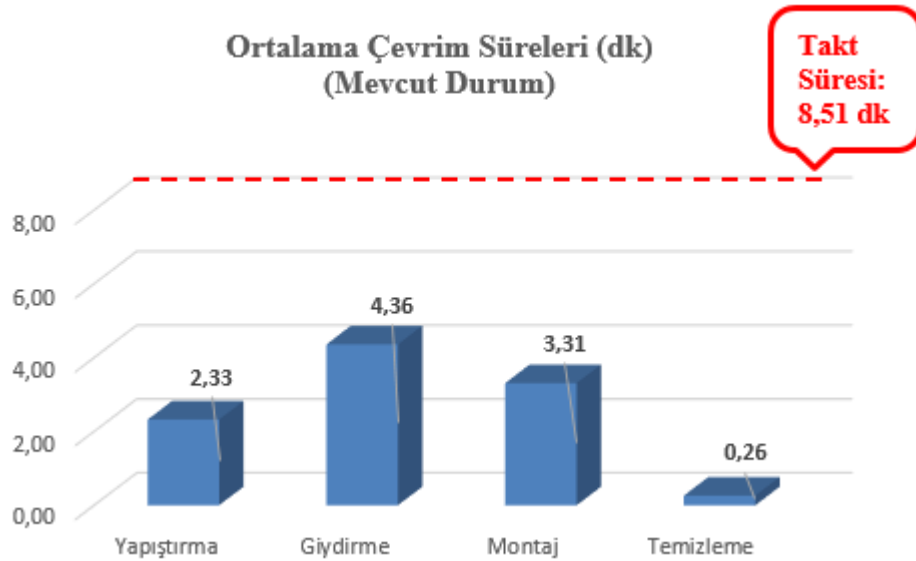
- Süreçler arası ara stok oluşumu gözlenmektedir.
- 4 işgören görev yapmaktadır.

Süreçlerin çevrim süreleri üretimi gerçekleştirilen koltuk modellerine göre farklılık gösterebilmektedir, çalışma kapsamında ortalama çevrim süreleri kullanılarak ilgili hesaplamalar gerçekleştirilecektir. Yapıştırma, giydirme, montaj ve temizleme süreçlerine ait zaman ölçümleri Çizelge 5.2 de yer almaktadır.

Çizelge 5. 2 : Yapıştırma, giydirme, montaj ve temizleme süreçlerine ait çevrim süreleri.

Süreç Adı	Min. Çevrim Süresi (dk)	Max. Çevrim Süresi (dk)	Ort. Çevrim Süresi (dk)
Yapıştırma	1,47	3,18	2,33
Giydirme	2,78	5,94	4,36
Montaj	3,07	3,55	3,31
Temizleme	0,20	0,32	0,26

Çizelge 5.2 de yer alan süreç ve çevrim sürelerine göre mevcut durum işgören görev dağılımı Şekil 5.2 de yer almaktadır.



Şekil 5. 2 : Yapıştırma, giydirme, montaj ve temizleme süreçleri için mevcut duruma ait işgören görev dağılımı.

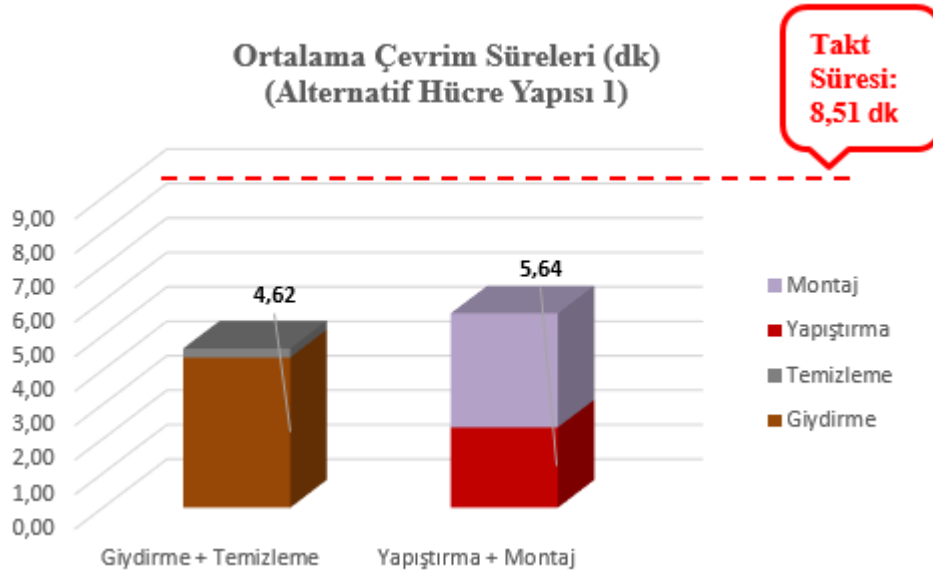
Gelecek durum haritasında yapıştırma, giydirme, montaj ve temizleme süreçleri bir hücreye alınacaktır.

Süreç sürelerinin toplamı:

$2,33 + 4,36 + 3,31 + 0,26 = 10,26$ dk ‘dır. Hücre yapısı kurulduğunda;

$10,26 / 8,51 = 1,2 \sim 2$ işgören ile bu süreçler gerçekleşecektir ve maliyet avantajı sağlanacaktır. Ayrıca süreç içi stokların önemli oranda düşürülmesi sağlanacaktır.

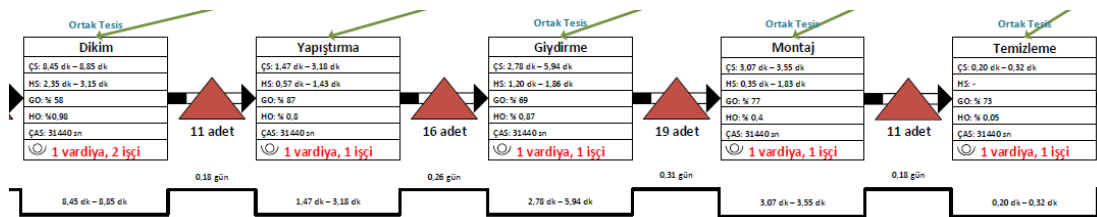
Gelecek duruma ait işgören görev dağılımı Şekil 5.3 de yer almaktadır.



Şekil 5. 3 : Yapıştırma, giydirmeye, montaj ve temizleme süreçleri için gelecek duruma ait işgören görev dağılımı.

5.2.2 Hücre yapısı 2 alternatifinin değerlendirilmesi

Hücre yapısında birleştirilmesi hedeflenen dikim, yapıştırma, giydirmeye, montaj ve temizleme süreçlerinin mevcut durumuna ait değer akış haritası kesiti Şekil 5.4 de yer almaktadır.



Şekil 5. 4 : Dikim, yapıştırma, giydirmeye, montaj ve temizleme süreçlerine ait mevcut durum değer akış kesiti.

Mevcut durumda;

- Süreçler arası ara stok oluşumu gözlenmektedir.
- Dikim süreçlerinde dar boğaz oluşmaktadır.

- 6 işgören görev yapmaktadır.

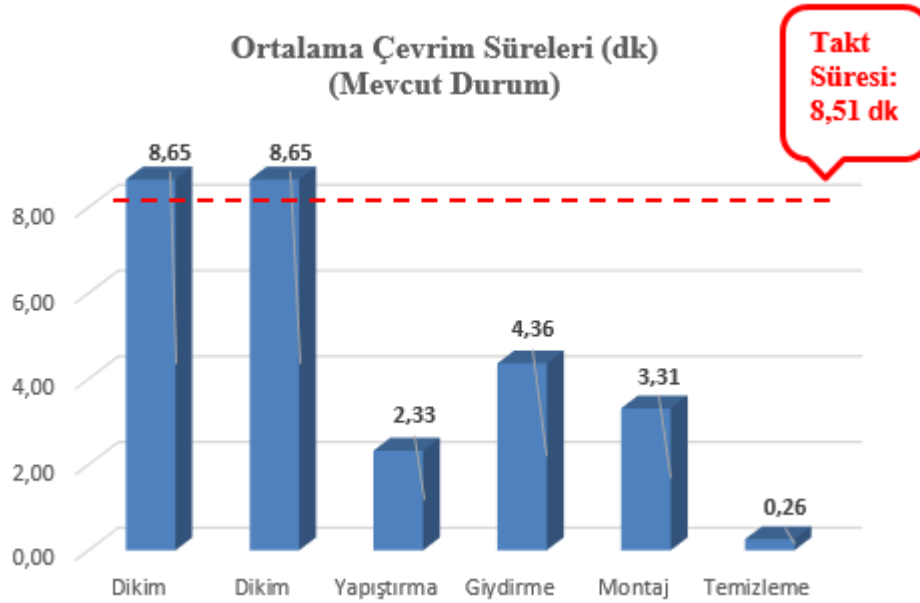
Dikim, yapıştırma, giydirme, montaj ve temizleme süreçlerine ait zaman ölçümleri Çizelge 5.3 de yer almaktadır.

Çizelge 5. 3 : Dikim, yapıştırma, giydirme, montaj ve temizleme süreçlerine ait çevrim süreleri.

Süreç Adı	Min. Çevrim Süresi (dk)	Max. Çevrim Süresi (dk)	Ort. Çevrim Süresi (dk)
Dikim*	8,45	8,85	8,65
Yapıştırma	1,47	3,18	2,33
Giydirme	2,78	5,94	4,36
Montaj	3,07	3,55	3,31
Temizleme	0,20	0,32	0,26

* Dikim sürecinde 2 işgören görev almaktadır.

Çizelge 5.3 de yer alan süreç ve çevrim sürelerine göre mevcut durum işgören görev dağılımı Şekil 5.5 de yer almaktadır.



Şekil 5. 5 : Dikim, yapıştırma, giydirme, montaj ve temizleme süreçleri için mevcut duruma ait işgören görev dağılımı.

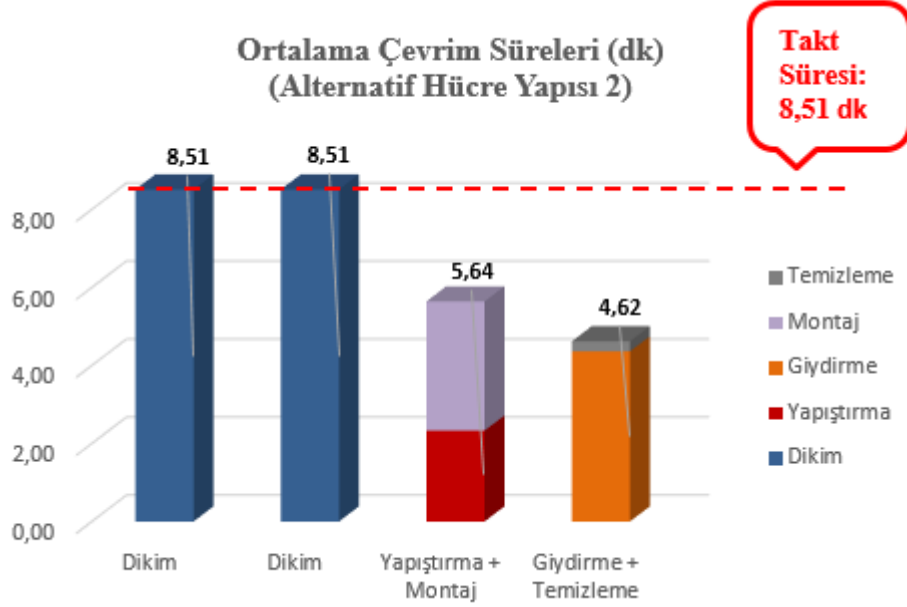
Gelecek durum haritasında dikim, yapıştırma, giydirme, montaj ve temizleme süreçleri bir hücreye alınacaktır.

Süreç sürelerinin toplamı:

$8,65 + 8,65 + 2,33 + 4,36 + 3,31 + 0,26 = 27,56$ dk 'dır. Hücre yapısı kurulduğunda;

$27,56 / 8,51 = 3,2 \sim 4$ işgören ile bu süreçler gerçekleşecektir ve maliyet avantajı sağlanacaktır. Ayrıca süreç içi stokların önemli oranda düşürülmesi sağlanacaktır.

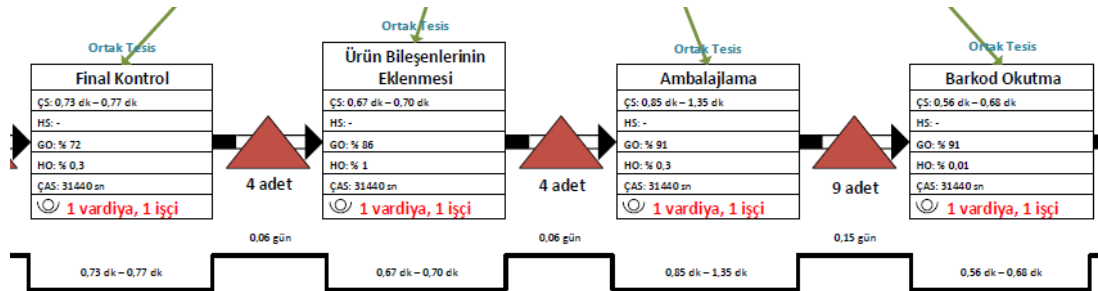
Gelecek duruma ait işgören görev dağılımı Şekil 5.6 da yer almaktadır.



Şekil 5. 6 : Dikim, yapıştırma, giydirmeye, montaj ve temizleme süreçleri için gelecek duruma ait işgören görev dağılımı.

5.2.3 Hücre yapısı 3 alternatifinin değerlendirilmesi

Hücre yapısında birleştirilmesi hedeflenen final kontrol, ürün bileşenlerinin eklenmesi, ambalajlama ve barkod okutma süreçlerinin mevcut durumuna ait değer akış haritası kesiti Şekil 5.7 de yer almaktadır.



Şekil 5. 7 : Final kontrol, ürün bileşenlerinin eklenmesi, ambalajlama ve barkod okutma süreçlerine ait mevcut durum değer akış kesiti.

Mevcut durumda;

- Süreçler arası ara stok oluşumu gözlenmektedir.
- İşgörenlerin düşük kapasite ile çalıştıkları gözlenmektedir.

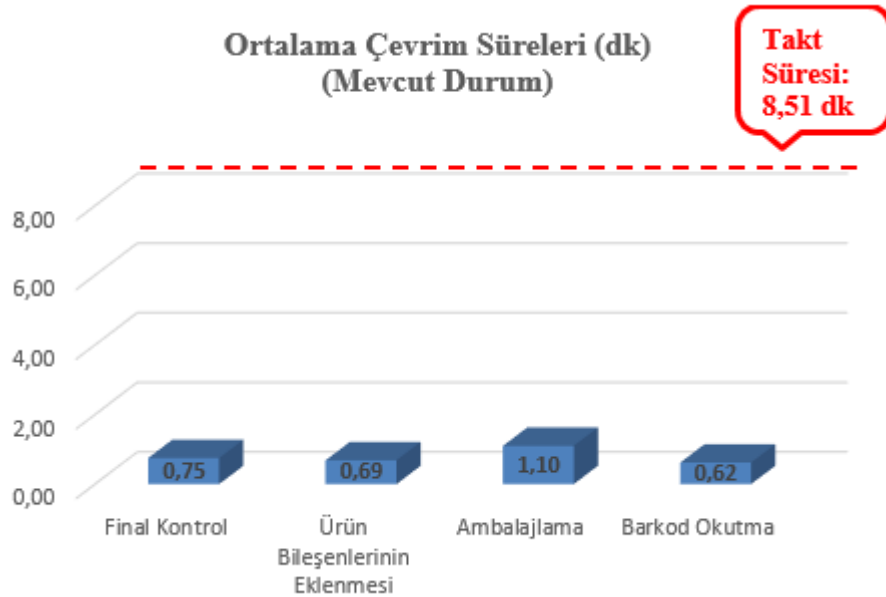
- 4 işgören görev yapmaktadır.

Final kontrol, ürün bileşenlerinin eklenmesi, ambalajlama ve barkod okutma süreçlerine ait zaman ölçümleri Çizelge 5.4 de yer almaktadır.

Çizelge 5. 4 : Final kontrol, ürün bileşenlerinin eklenmesi, ambalajlama ve barkod okutma süreçlerine ait çevrim süreleri.

Süreç Adı	Min. Çevrim Süresi (dk)	Max. Çevrim Süresi (dk)	Ort. Çevrim Süresi (dk)
Final Kontrol	0,73	0,77	0,75
Ürün Bileşenlerinin Eklenmesi	0,67	0,70	0,69
Ambalajlama	0,85	1,35	1,10
Barkod Okutma	0,56	0,68	0,62

Çizelge 5.4 de yer alan süreç ve çevrim sürelerine göre mevcut durum işgören görev dağılımı Şekil 5.8 de yer almaktadır.



Şekil 5. 8 : Final kontrol, ürün bileşenlerinin eklenmesi, ambalajlama ve barkod okutma süreçleri için mevcut duruma ait işgören görev dağılımı.

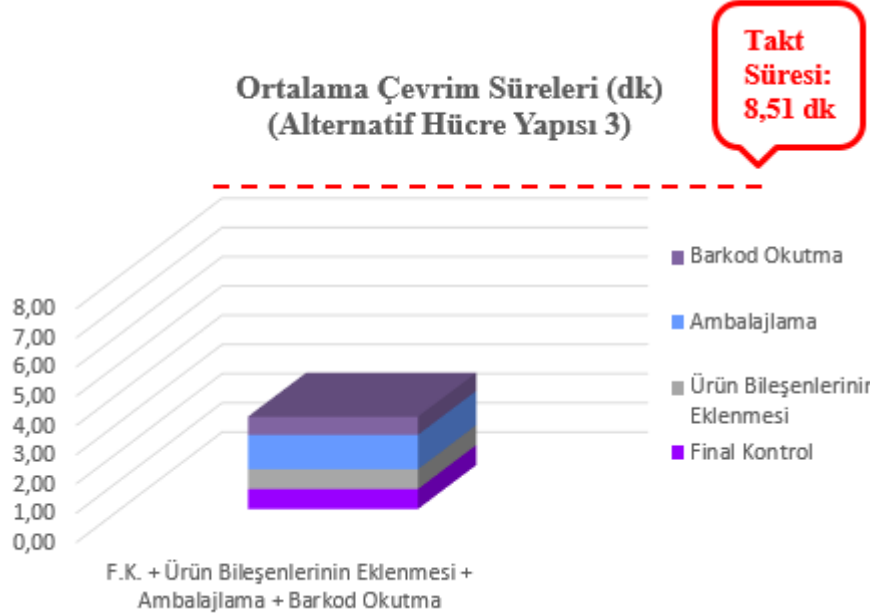
Gelecek durum haritasında final kontrol, ürün bileşenlerinin eklenmesi ve ambalajlama süreçleri bir hücreye alınacaktır.

Süreç sürelerinin toplamı:

$0,75 + 0,69 + 1,10 + 0,62 = 3,16$ dk ‘dır. Hücre yapısı kurulduğunda;

$3,16 / 8,51 = 0,37 \sim 1$ işgören ile bu süreçler gerçekleşecektir ve maliyet avantajı sağlanacaktır. Ayrıca süreç içi stokların önemli oranda düşürülmesi sağlanacaktır.

Gelecek duruma ait işgören görev dağılımı Şekil 5.9 da yer almaktadır.



Şekil 5. 9 : Final kontrol, ürün bileşenlerinin eklenmesi, ambalajlama ve barkod okutma süreçleri için gelecek duruma ait işgören görev dağılımı.

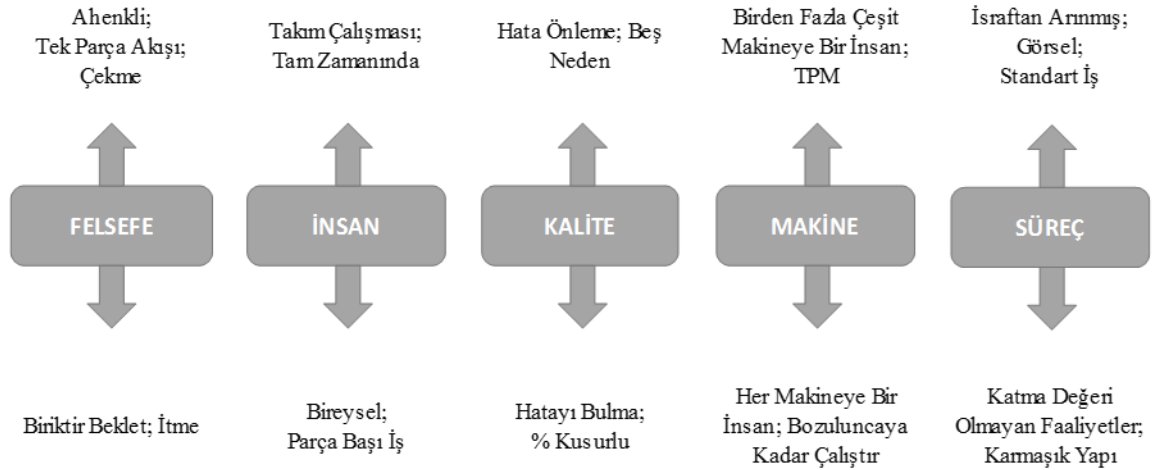
6. KÖK NEDEN ANALİZİ VE BİR ÖRNEK

6.1 Kök Neden Analizi Tanımı

Kök neden analizi yaşanan problemlerin görünen nedenlerini ortadan kaldırmak yerine kalıcı bir şekilde ortadan kaldırmaya odaklanan süreç uygulamasıdır.

Kök neden analizi yalın felsefe ve yalın üretimde genellikle kaliteye yönelik hataların önlenmesi ve hataya ait çekirdek sebebin tespit edilmesi amacıyla kullanılmaktadır.

Yalın felsefe içerisinde kök neden analizinin önemi Şekil 6.1 de yer almaktadır.



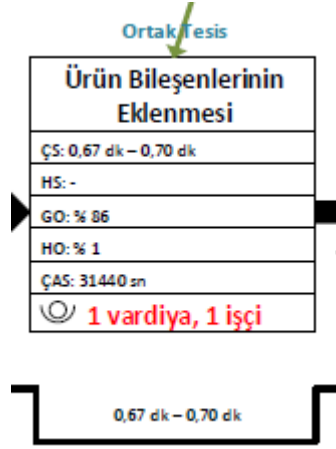
Şekil 6. 1 : Yalın felsefe ve kök neden analizinin ilişkilendirilmesi
(Durmuşoğlu, 2014).

Sorunun çözümüne ulaşabilmek için tekrarlı olarak “Neden?” sorusu sorulmaktadır.

6.2 Kök Neden Analizi Uygulamasına Bir Örnek

Ofis koltukları üretim tesisine ait mevcut durum değer akış haritası yeniden göz önünde bulundurulduğunda en yüksek hata oranına (%1) sahip süreç Ürün bileşenlerinin eklenmesi olarak belirtilmiştir.

Ürün bileşenlerinin eklenmesi sürecine ait mevcut durum değer akış haritası kesiti
Şekil 6.2 de yer almaktadır.



Şekil 6. 2 : Ürün bileşenlerinin eklenmesi sürecine ait mevcut durum değer akış kesiti.

Ürün bileşenlerinin eklenmesi sürecinde yapılan işin kalitesi yükseltmek ve % kusurlu hata oranını en düşük seviyeye indirgeyebilmek için sorunun çekirdek sebebi tespit edilmelidir.

Ürün bileşenlerinin eklenmesi sürecine yönelik kök neden analizi Şekil 6.3 de yer almaktadır.

Sorun: Ürün bileşenlerinin eklenmesi sürecinde yüksek oranda hata gözlenmesi olarak tespit edilmiştir.

Çözüm: İşgörenin iş yükünü dengelemek ve süreç içi işlem karmaşıklığının önüne geçmek için set yapma yönteminin uygulanması önerilmiştir.

Kök Neden Analizi

Sorun: Ürün bileşenlerinin eklenmesi sürecinde yüksek oranda hata gözlenmesi

Neden 1		Neden 2		Neden 3		Neden 4		Neden 5	Kök neden	Karşı Önlem
Müşterilere yanlış bileşen gönderilmesi	→	Müşteri taleplerinin yer aldığı etiketlere yeterince dikkat edilememesi	→	İş yükünün yoğun olması	→	Süreç içi işlem yoğunluğu ve karmaşıklığı	→	Bileşenlerin farklı kasalarda yer alması ve işgörenin uygun kasayı bularak doğru bileşeni seçmesi işlem karmaşıklığına sebep olmaktadır.	Çok sayıda ve farklı bileşen olmasından kaynaklanan işlem karmaşıklığı	İşgörenin iş yükünü dengelemek ve süreç içi işlem karmaşıklığının önüne geçmek için set yapma yönteminin uygulanması

Şekil 6. 3 : Ürün bileşenlerinin eklenmesi sürecine ait kök neden analizi.

7. SET YAPMA METODU VE BİR ÖRNEK

7.1 Set Yapma Metodunun Tanımlanması

Set yapma ingilizce adıyla kitting yöntemi; montaj hattında yer alan ilgili ürün modeline ait bileşenlerin önceden belirlenmiş miktarlarda birlikte konumlandırılmasıdır.

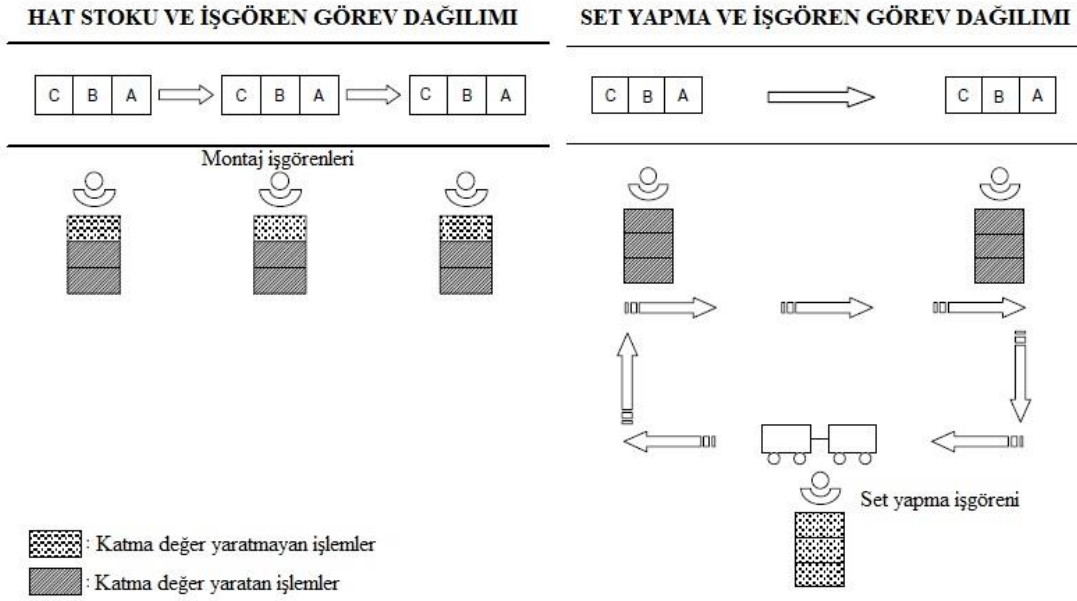
Set yapma yöntemine ait yapıda her kit tipi için uygun bileşen ve alt bileşenler belirlenmelidir ve uygun bir ambalaja fiziki olarak yerleştirilmelidir. (Bozer & Ginnis, 1992)

Set yapma yöntemi yalın üretim sistemlerinde ilk seferde uygun bileşenleri %100 doğru olarak sunmayı ve hatalı bileşenlerden kaynaklanan atıkların en aza indirgenmesini hedeflenmektedir. Süreçte yer alacak işgörenlerin iyi eğitim almış olmaları gerekmektedir.

Yöntemin kullanım amaçları;

- Sisteme ait çok sayıda ve farklı modellerde bileşen tipi varsa alan tasarrufu sağlamak,
- Yanlış bileşenin kullanılması riskini en aza indirmek.

Hat stoku ve set yapma metodunun sistem performansına etkisi şeklindeki Şekil 7.1 de yer almaktadır.



Şekil 7. 1 : Hat stoku ve set yapma yönteminin karşılaştırılması (Kılıç & Durmuşoğlu, 2012).

7.2 Sistemin Tanımlanması ve Set Yapma Uygulamasına Bir Örnek

Bu çalışma kapsamında ofis koltukları üretim tesisinde monoblok üretim hattında üretilen Ori ve File koltuk modelleri için set yapma yöntemi ele alınacaktır. Ürün bileşenlerinin eklenmesi sürecinde yaşanan %1 hata oranının en düşük seviyeye indirilmesi ve alan tasarrufu hedeflenmektedir.

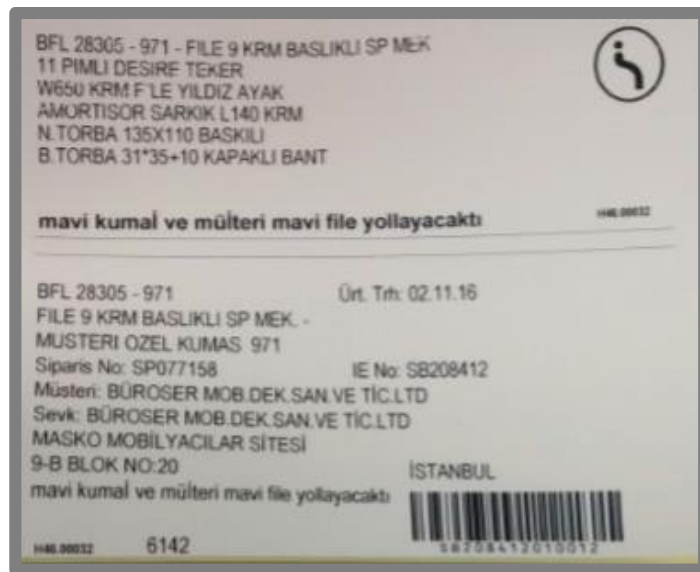
Ürün bileşenlerinin eklenmesi sürecinde müşteri talepleri doğrultusunda hazırlanan ürün etiketlerine uygun olarak ilgili modele ait ayak, tekerlek / stopper ve amortisör parçalarının üretim bandına yerleştirilmesi gerçekleştirilmektedir.

Ori ve File koltuk modellerine ait bileşen grupları ve alt bileşenleri Çizelge 7.1 de yer almaktadır.

Çizelge 7. 1 : Ori ve File koltuk modellerine ait bileşen grupları.

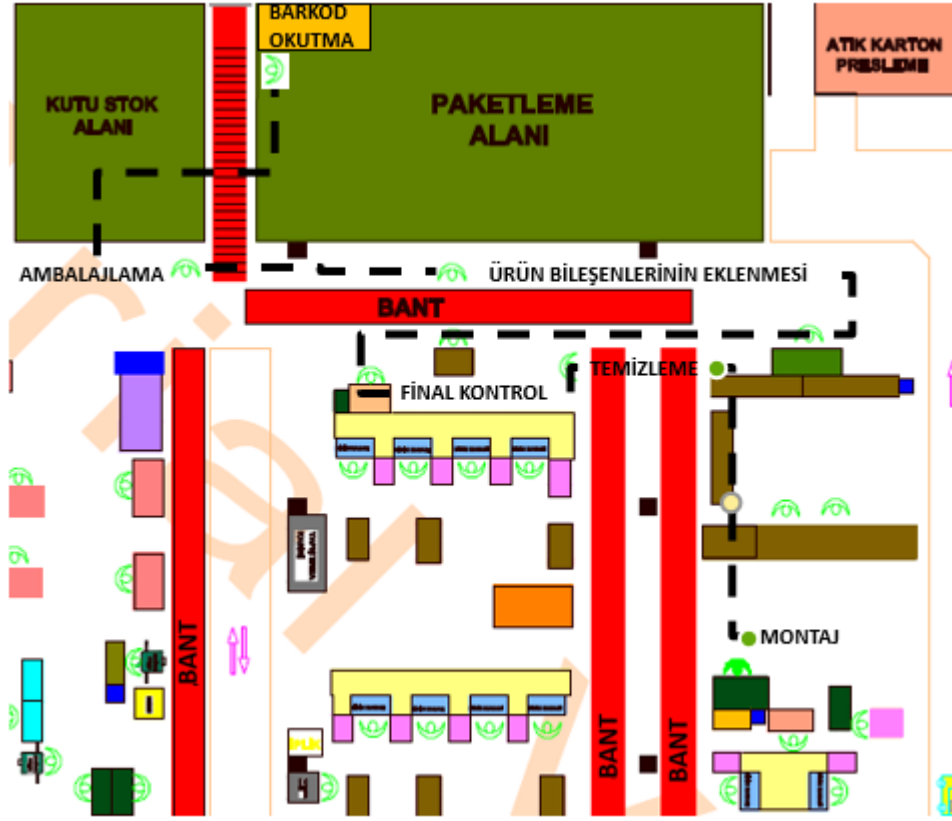
Bileşen Tipi	Bileşen Kodu	Bileşen Açıklaması	Ağırlık (KG)
Ayak	H40.04204	F 100 Cofemo Yıldız Ayak - Alüminyum	1,98
Ayak	H41.00033	Ø630 BD Plastik Yıldız Ayak - Siyah	1,72
Ayak	H40.04203	W650 Krom File Yıldız Ayak	1,69
Ayak	H40.04252	Ø660 Yerli Alüminyum Ayak	1,67
Ayak	H41.00032	Ø660 Donati Presto Plastik Ayak	1,51
Ayak	H41.00029	Ø680 Bock 0359 Plastik Yıldız Ayak	1,72
Ayak	H40.04634 Ve H40.04634/0115	Ø455 Vezne Ayak Çemberi ve Vezne ayak Çember Tutamağı	1,13
	Toplam	7 Farklı Ayak Modeli Bulunmaktadır.	
Tekerlek	H43.02002	Ø11 Pimli Desire Teker	0,63
Tekerlek	H43.02000	Ø11 Pimli Plastik Ayak Teker	0,43
Tekerlek	H43.02513	Ø11 İnç Üçlü Yıldız Ayak Stopper	0,27
Tekerlek	H43.02033	Ø65 Emilsider Sert Zemin Frenli Teker	0,60
	Toplam	4 Farklı Tekerlek Modeli Bulunmaktadır.	
Amortisör	H43.00015	Banzai 2 Samhongsa Amotisör	1,00
Amortisör	H43.00011	Sarkık L140 Amortisör - Krom	1,07
Amortisör	H43.00013	Sarkık L140 Amortisör - Siyah	1,09
Amortisör	H43.00010	Sarkık L120 Amortisör - Krom	0,97
Amortisör	H43.01001	Yonbulur L245 Amortisör - Kısa	0,85
Amortisör	H43.00004	L200 Amortisör	1,51
Amortisör	H43.00002	L100 Amortisör	0,93
	Toplam	7 Farklı Amortisör Modeli Bulunmaktadır.	
	Toplam	18 Farklı Bileşen Modeli Bulunmaktadır.	

Müşteri talepleri göz önünde bulundurularak hazırlanmış etiket örneği Şekil 7.2 de yer almaktadır.



Şekil 7. 2 : Ürüne ait etiket örneği.

Mevcut durumda montaj aşamasından sevkiyat aşamasına kadar gerçekleşen süreçlere ait yerleşim planı ve malzeme dolaşımı Şekil 7.3 de yer almaktadır.



Şekil 7.3 : Montaj aşamasından sevkiyat aşamasına kadar mevcut durum malzeme dolaşımı.

Süreç içerisinde yer alan işlemler, Bölüm 3.2 Zaman Etütleri kısmında ayrıntılı olarak tanımlanmıştır.

Set yapma yöntemi ile yeni önerilecek sistemde işgörenlerin görev tanımlamalarında değişiklikler meydana gelecektir. Mevcut yapıda;

- Montaj süreci – 1 işgören,
- Temizleme süreci – 1 işgören,
- Final Kontrol süreci – 1 işgören,
- Ürün Bileşenlerinin Eklenmesi süreci – 1 işgören,
- Ambalajlama süreci – 1 işgören ve
- Barkod Okutma süreci – 1 işgören olmak üzere 6 işgören görev almaktadır.

1 iş gününde üretilecek ürünlere ait setlerin üretimden 1 gün önce hazırlanmasından sorumlu 1 işgören atanacaktır. Aynı işgören lazer kesim sürecine benzer çalışma prensibi ile ertesi güne hazırlamış olduğu kitlerin ilgili set depolama alanına taşınmasından da sorumlu olacaktır.

Yeni durumda işgörenlerin görev dağılımları;

Montaj ve temizleme süreçleri – 1 işgören,

Final kontrol süreci – 1 işgören,

Set hazırlama süreci – 1 işgören,

Ürüne ait kitin yerleştirilmesi, ambalajlama ve barkod okutma süreçleri – 1 işgören olmak üzere görev dağılımı gerçekleştirilecektir.

Mevcut durum ve gelecek durum görev dağılımlarını içeren işgören matrisi Şekil 7.4 de yer almaktadır.

ÖNCE	Montaj	Temizleme	Final Kontrol	Ürün Bileşenlerinin Ekleneşi	Ambalajlama	Barkod Okutma
1. işgören	X					
2. işgören		X				
3. işgören			X			
4. işgören				X		
5. işgören					X	
6. işgören						X

SONRA	Montaj	Temizleme	Final Kontrol	Set Hazırlama	Ürün Setlerinin Ekleneşi	Ambalajlama	Barkod Okutma
1. işgören	X	X					
2. işgören			X				
3. işgören				X			
4. işgören					X	X	X
5. işgören							
6. işgören							

Şekil 7. 4 : Mevcut durum ve gelecek durum görev dağılımlarına ait işgören matrisi.

Bu sayede 6 işgören ile yürütülen süreçler hata oranı en aza indirgenerek 4 işgören tarafından yürütülecektir ve 2 işgören kadar iş gücü tasarrufu sağlanacaktır. Set yapma yöntemi yalın üretim sistemlerinde ilk seferde uygun bileşenleri %100 doğru olarak sunmayı ve hatalı bileşenlerden kaynaklanan atıkların en aza indirgenmesini hedeflenmektedir. Süreçte yer alacak işgörenlerin iyi eğitim almış olmaları gerekmektedir.

Set yapma yöntemine uygun olarak tasarlanan yerleşim planında ise yaklaşık 25 metrekare büyüklüğünde alan tasarrufu hedeflenmektedir.

Gelecek durumda montaj aşamasından sevkiyat aşamasına kadar gerçekleşen süreçlere ait yerleşim planı ve malzeme dolaşımı Şekil 7.5 de yer almaktadır.



Şekil 7. 5 : Montaj aşamasından sevkiyat aşamasına kadar gelecek durum malzeme dolaşımı.

8. UYGULAMA SONUÇLARI

Çalışma kapsamında değer akış haritalama metodundan faydalanarak mevcut durumda ofis koltukları üretim tesisine ait iş akış sırası, hazırlık süreleri, çevrim süreleri, güvenilirlik oranları ve hata oranları tespit edilmiştir. Yalın felsefenin ışığında yalın montaj sistemleri tasarlanırken yapılacak kaizen önerileri hazırlanmış ve alternatif hücre yapıları önerilmiştir.

Önerilen hücre yapıları personel maliyeti, ara stokların eliminasyonu, katma değerli süre ve teslim zamanının düşürülmesi gibi pek çok avantaj sağlamayı hedeflemektedir.

1 numaralı hücre alternatifinde 4 işgören ile gerçekleştirilen yapıştırma, giydirme, montaj ve temizleme süreçlerinin hücresel üretim ile birleştirilerek 2 işgören ile gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. FIFO uygulamaları ile süreçler arası oluşan ara stoklar düşürülmüştür. Hücresel üretim dışında kalan süreçlerde de SMED, TPM, standart iş, set yapma ve ergonomi kaizenleri gerçekleştirilerek teslim süresinin 3,31 günden 1 gün 1,05 dk ya düşmesi beklenmektedir.

2 numaralı hücre alternatifinde 6 işgören ile gerçekleştirilen dikim, yapıştırma, giydirme, montaj ve temizleme süreçlerinin hücresel üretim ile birleştirilerek 4 işgören ile gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. FIFO uygulamaları ile süreçler arası oluşan ara stoklar düşürülmüştür. Hücresel üretim dışında kalan süreçlerde de SMED, TPM, set yapma ve ergonomi kaizenleri gerçekleştirilerek teslim süresinin 3,31 günden 1 gün 0,55 dk ya düşmesi beklenmektedir.

3 numaralı hücre alternatifinde 4 işgören ile gerçekleştirilen final kontrol, ürün bileşenlerinin eklenmesi, ambalajlama ve barkod okutma süreçlerinin hücresel üretim ile birleştirilerek 1 işgören ile gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. FIFO uygulamaları ile süreçler arası oluşan ara stoklar düşürülmüştür. Hücresel üretim dışında kalan süreçlerde de SMED, TPM, standart iş, poka – yoke ve süreç kaizenleri gerçekleştirilerek teslim süresinin 3,31 günden 1 gün 3,3 dk ya düşmesi beklenmektedir.

Uygulama sonuçlarının karşılaştırılması Çizelge 8.1 de yer almaktadır.

Çizelge 8. 1 : Uygulama sonuçlarının karşılaştırılması.

	Mevcut	Alternatif Hücre Yapısı 1	Alternatif Hücre Yapısı 2	Alternatif Hücre Yapısı 3
Birleştirilen Süreçler	-	Yapıştırma Giydirme Montaj Temizleme	Dikim Yapıştırma Giydirme Montaj Temizleme	Final Kontrol Ürün Bileşenlerinin Eklenmesi Ambalajlama Barkod Okutma
Temin Süresi	3,31 gün	1 gün 1,05 dk	1 gün 0,55 dk	1 gün 3,3 dk
Toplam İşgören Sayısı	11 işgören	9 işgören	9 işgören	8 işgören
Hücre Yapısı ile Sağlanan İş Gücü Tasarrufu	-	2 işgören	2 işgören	3 işgören

Üretim tesisine ait performans değerlendirme ölçütlerinden bir tanesi de işletme tarafından hata oranının düşürülmesi olarak belirlenmiştir. Mevcut duruma ait değer akış haritasında da görüldüğü üzere en yüksek hata oranı %1 ile ürün bileşenlerinin eklenmesi sürecine aittir. Kök neden analizi ile hataya sebebiyet veren çekirdek neden tespit edilmiş ve karşı önlem geliştirilmiştir. Çok sayıda bileşen modelinin yer aldığı ofis koltukları üretim tesisinde; bileşenlerin farklı kasalarda yer alması, işgörenin takt süresinde doğru kasayı bulup doğru bileşeni alması işlem karmaşıklığına neden olmakta ve hatayı arttırmaktadır. Karşı önlem olarak; işgörenin iş yükünü dengelemek ve süreç içi işlem karmaşıklığının önüne geçmek için kitting yönteminin uygulanması önerilmiştir.

Set yapma (kitting) yöntemi ile malzeme taşımaların azaltılması hem de hata oranının düşürülmesi hedeflenmiştir. Ayrıca mevcut ve tasarlanan yerleşim planları karşılaştırıldığında yaklaşık 25 m2 alan tasarrufu sağlanmaktadır. Mevcut durumda montaj sürecinden barkod okutma sürecine yani sevkiyat aşamasına kadar 6 işgören yer almaktayken tasarlanan yeni düzende işgörenlerin görev dağılımları da yeniden revize edilerek 4 işgören ile çalışma hedeflenmektedir.

9. SONUÇ

Hızla değişen müşteri taleplerine en kısa sürede yanıt vermede montaj hatları oldukça önemli bir yere sahiptir. Bu çalışma, yalın bakış açısıyla montaj hatlarının performansını arttırmayı amaçlamaktadır. Malzeme besleme sistemleri ele alınmış, montaj hatları performansı üzerinde etkisi ölçümlenmiştir. Sistem performansını en iyilemek amacıyla alternatif hücre yapıları ile hat tasarımları gerçekleştirilmiştir.

Tesiste kusur oranı en yüksek olan süreç tespit edilmiş ve kök neden analizinden faydalanarak karşı önlem geliştirilmiştir. Önlem olarak uygulanması planlanan set yapma yöntemi derinlemesine incelenmiştir. Sistem performansı üzerinde, alan tasarrufu, ara stokların ve kusur oranının düşürülmesi gibi olumlu etkileri ölçümlenmiştir.

Literatürde set yapma yöntemine ait çok sayıda çalışmanın yer almaması ile birlikte gerçekleştirilen çalışma farklı bir bakış açısı sunmakla birlikte gelecekteki araştırmalara referans olacaktır. Bu çalışma pilot uygulama olarak ofis koltukları üretim tesisinde gerçekleştirilmiştir. Ancak gelecekte daha fazla test ve kaizen desteği ile set uygulaması yapmayı isteyen ve hedefleyen her alana genişletilebilir.

Gelecek çalışmalarda;

- Hareketli set uygulamaları,
- Kısa tren uygulamaları,
- Deterministik matematiksel model aracılığı ile sistem çıktılarının ölçülmesi,
- Simülasyon tekniğinden faydalanarak uygulanması planlanan kaizen ve diğer iyileştirme çalışmalarının sistem performansına etkisinin ölçülmesi araştırılabilir.

KAYNAKLAR

- Atalay, N., Birbil, D., Demir, N., & Yıldırım, Ş.** (1998). *Kobilerin Esnek İmalat Sistemleri Açısından İrdelenmesi ve Bir Uygulama* (1st ed.). Ankara: MGM Yayınları.
- Battini, D., Faccio, M., Persona, A., & Sgarbossa, F.** (2008). Balancing–sequencing procedure for a mixed model assembly system in case of finite buffer capacity. *The International Journal Of Advanced Manufacturing Technology*, 44(3-4), 345-359.
- Battini, D., Faccio, M., Persona, A., & Sgarbossa, F.** (2011). New methodological framework to improve productivity and ergonomics in assembly system design. *International Journal Of Industrial Ergonomics*, 41(1), 30-42.
- Bozer, Y. & McGinnis, L.** (1992). Kitting versus line stocking: A conceptual framework and a descriptive model. *International Journal Of Production Economics*, 28(1), 1-19.
- Brynzér, H. & Johansson, M.** (1995). Design and performance of kitting and order picking systems. *International Journal Of Production Economics*, 41(1-3), 115-125.
- Carlson, J. & Yao, A.** (1992). Mixed model assembly simulation. *International Journal Of Production Economics*, 26(1-3), 161-167.
- Celano, G., Costa, A., Fichera, S., & Perrone, G.** (2004). Human factor policy testing in the sequencing of manual mixed model assembly lines. *Computers & Operations Research*, 31(1), 39-59.
- Çorakçı, A.** (2008). An Evaluation of Kitting Systems in Lean Production. *Industrial Management Department, University Of Boras*.
- Duran, C.** (2007). Değer Analizinin Uygulama Süreci. *Kamu İş*, 3(9).
- Durmuşoğlu, M. B.** (2014). *Yalın Üretim ve Yönetim*. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Durmuşoğlu, M. B., Kulak, O., & Balcı, H.** (2007). Türkiye’de Hücreli Üretim Uygulamalarının Analizi Ve Değerlendirilmesi. *Department of Industrial & Systems Engineering, Auburn University*.
- Eklund, J.** (1997). Ergonomics, quality and continuous improvement conceptual and empirical relationships in an industrial context. *Ergonomics*, 40(10), 982-1001.
- Ersoy, A.** (2007). Yalın Üretim Tekniklerinden Hızlı Kalıp Değişimi ve Bir İmalat İşletmesi Uygulaması. *Üretim Yönetimi ve Endüstri İşletmeciliği Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi*.

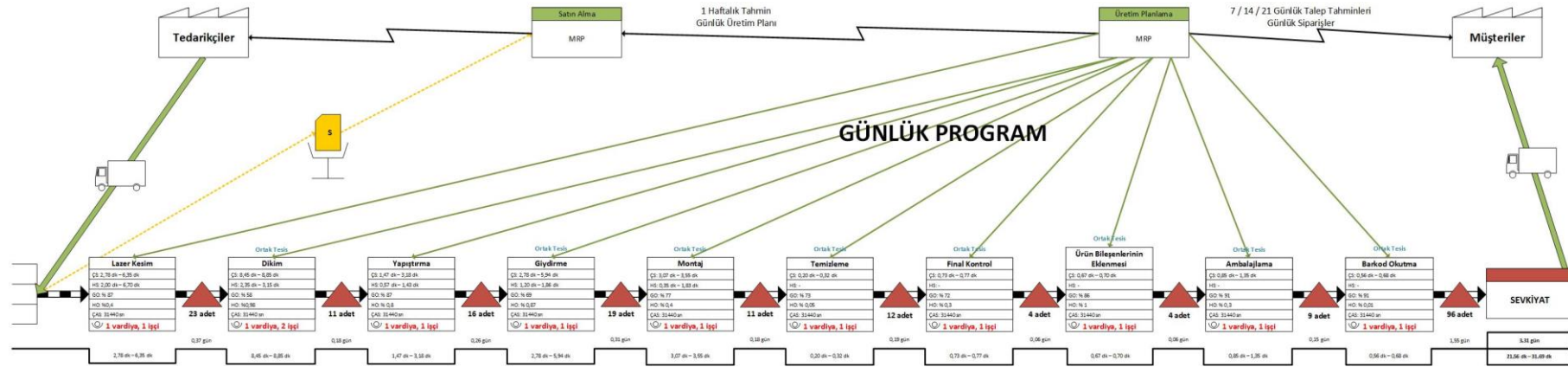
- Ho, D., Cheng, E., & Fong, P.** (2000). Integration of value analysis and total quality management: The way ahead in the next millennium. *Total Quality Management*, 11(2), 179-186.
- Jainury, S., Ramli, R., Ab Rahman, M., & Omar, A.** (2014). Integrated Set Parts Supply system in a mixed-model assembly line. *Computers & Industrial Engineering*, 75, 266-273.
- Kılıç, H. S. & Durmuşoğlu, M. B.** (2012). Design of kitting system in lean-based assembly lines. *Assembly Automation*, 32(3), 226-234.
- Limère, V., Landeghem, H., Goetschalckx, M., Aghezzaf, E., & McGinnis, L.** (2012). Optimising part feeding in the automotive assembly industry: deciding between kitting and line stocking. *International Journal Of Production Research*, 50(15), 4046-4060.
- Lin, D. & Chu, Y.** (2013). The mixed-product assembly line sequencing problem of a door-lock company in Taiwan. *Computers & Industrial Engineering*, 64(1), 492-499.
- Little, J.** (1961). A Proof for the Queueing Formula: $L = \lambda W$. *Operations Research*, 9(3), 383-387.
- Medbo, L.** (2003). Assembly work execution and materials kit functionality in parallel flow assembly systems. *International Journal Of Industrial Ergonomics*, 31(4), 263-281.
- Nas, E.** (2001). Toplam Verimli Bakım Yönetimi, Verimlilik ve Rekabet Gücü Yaratmak. *T.M.M.O.B. Metalurji Mühendisleri Odası*.
- Nazarian, E., Ko, J., & Wang, H.** (2010). Design of multi-product manufacturing lines with the consideration of product change dependent inter-task times, reduced changeover and machine flexibility. *Journal Of Manufacturing Systems*, 29(1), 35-46.
- Nicholas, J. & Soni, A.** (2006). *The portal to lean production: Principles and Practices Doing More with Less* (1st ed.). Boca Raton, FL: Taylor & Francis.
- Noguchi, H.** (2005). A New Mixed Flow Production Line for Multiple Automotive Models at Tsutsumi Plant. *Factory Management*, 51(1), 16-33.
- Otto, A. & Otto, C.** (2014). How to design effective priority rules: Example of simple assembly line balancing. *Computers & Industrial Engineering*, 69, 43-52.
- Öjmertz, B.** (1998). Materials Handling From A Value-Adding Perspective. *Department Of Transportation And Logistics, Chalmers University Of Technology*.
- Panwalkar, S. & Iskander, W.** (1977). A Survey of Scheduling Rules. *Operations Research*, 25(1), 45-61.
- Ronen, B.** (1992). The complete kit concept. *International Journal Of Production Research*, 30(10), 2457-2466.
- Shanker, R. & Vrat, P.** (1998). Post Design Modelling for Cellular Manufacturing System with Cost Uncertainty. *International Journal Of Production Economics*, 55(1), 97-109.

- Shingo, S.** (1985). A Revolution in Manufacturing: The SMED System. *Productivity Press*.
- Standart İş.** (2016). <http://ozce.weebly.com/>; alındığı tarih: 12 Ekim 2016
- Tamura, T., Long, H., & Ohno, K.** (1999). A sequencing problem to level part usage rates and work loads for a mixed-model assembly line with a bypass subline. *International Journal Of Production Economics*, 60-61, 557-564.
- Tjahjono, B. & Fernandez, R.** (2008). Pratical Approach to Experimentation in a Simulation Study. *Proceedings Of The Winter Simulation Conference*.
- Value Engineering | Value Analysis | Value Methodology | Value Management.** (2016). <http://www.valuefoundation.org/>; alındığı tarih: 3 Ekim 2016
- Wang, J., Chang, Q., Xiao, G., Wang, N., & Li, S.** (2011). Data driven production modeling and simulation of complex automobile general assembly plant. *Computers In Industry*, 62(7), 765-775.

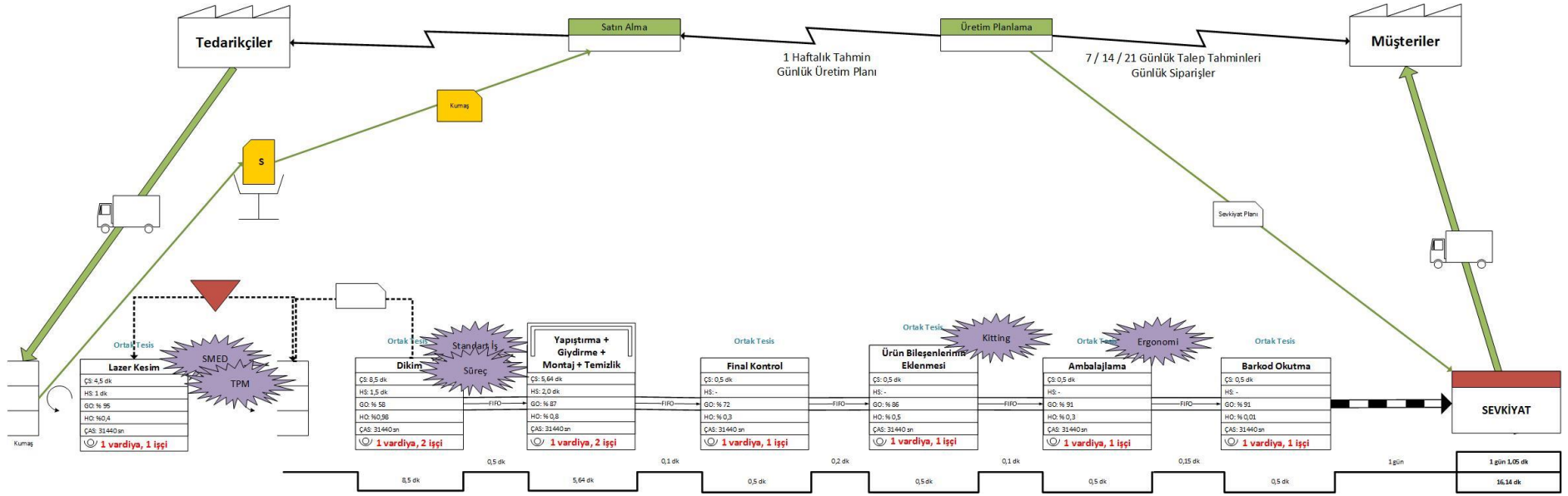
EKLER

EK A: Değer Akış Haritaları

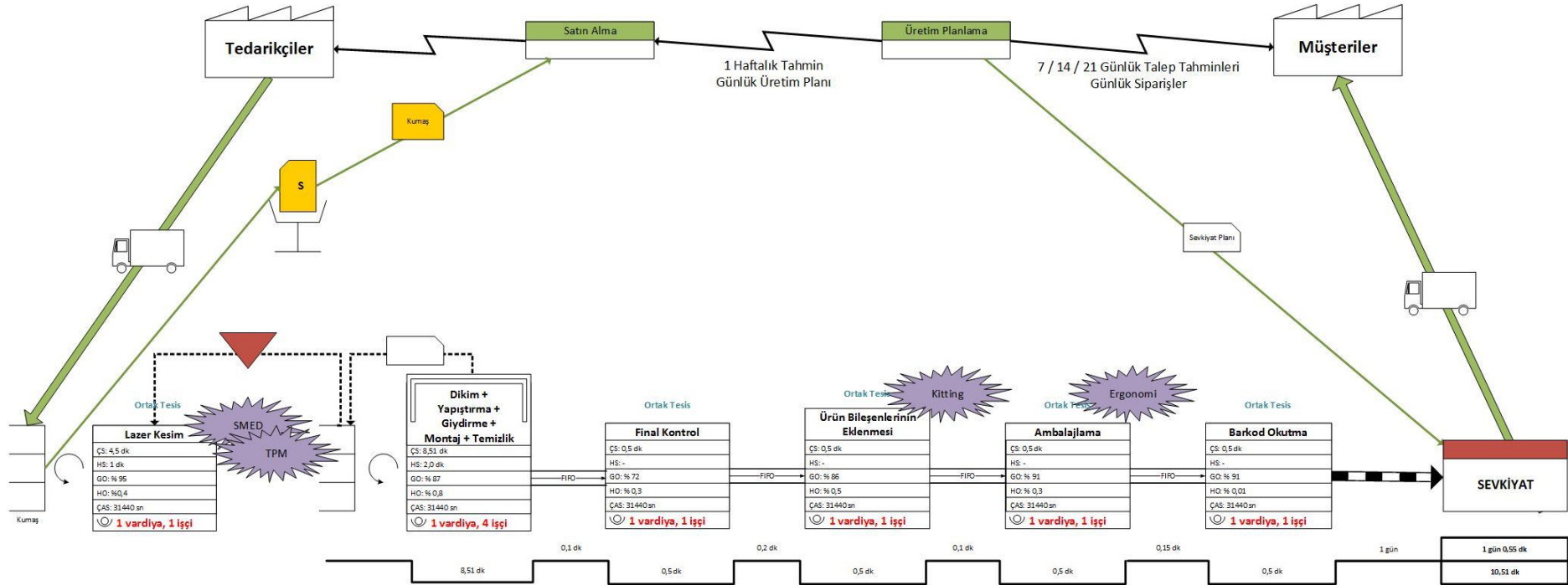
EK A



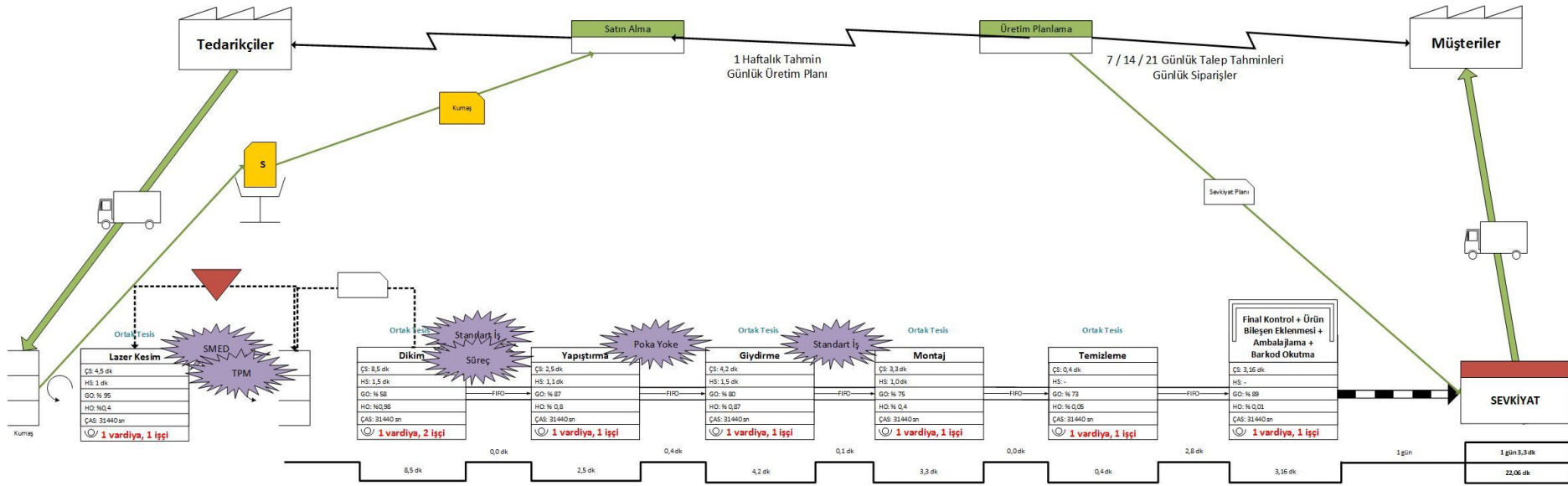
Şekil A. 1 : Ofis koltukları üretim tesisi mevcut durum değer akış haritası.



Şekil A. 2 : Ofis koltukları üretim tesisi alternatif hücre yapısı 1' e ait gelecek durum değer akış haritası.



Şekil A. 3 : Ofis koltukları üretim tesisi alternatif hücre yapısı 2' ye ait gelecek durum değer akış haritası.



Şekil A. 4 : Ofis koltukları üretim tesisi alternatif hücre yapısı 3' e ait gelecek durum değer akış haritası.

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Ezgi BORA
Doğum Tarihi ve Yeri : 21.12.1991 - Bursa
E-posta : ezgbora@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2014, Yalova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği
- **Lisans** : 2015, Anadolu Üniversitesi, Açıköğretim Fakültesi, Uluslararası İlişkiler

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2013 yılında Yalova Üniversitesi' nde düzenlenen 1. Vaka Analizi yarışmasında Birincilik Ödülü aldı.
- 2014 yılında Yalova Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Lisans Programı' nda Endüstri Mühendisliği Bölüm Birincisi olarak mezun oldu.
- 02.2015-01.2016 dönemleri arasında Robert Bosch A.Ş. Elektrikli El Aletleri Departmanı' nda yarı zamanlı mühendis olarak çalıştı.
- 01.2016 tarihinden itibaren Metro Cash & Carry Müşteri Odaklı Kategori Yönetimi Departmanı'nda çalışmaktadır.