



İstanbul Sanayi Odası - İstanbul Teknik Üniversitesi  
Doktora / Yüksek Lisans  
Tezlerine Sanayi Desteği Projesi



# ÜRETİM SİSTEMLERİNİN PERFORMANSININ ARTTIRILMASI



"39. Grup Metal Döküm Sanayii ve  
50. Grup Genel Amaçlı Makine ve Aksam Sanayii"  
adına desteklenmiştir



İSTANBUL  
SANAYİ ODASI

İstanbul Sanayi Odası - İstanbul Teknik Üniversitesi  
Doktora / Yüksek Lisans Tezlerine Sanayi Desteği Projesi

# Üretim Sistemlerinin Performansının Arttırılması



Kısaltılmış Doktora Tezi

Araştırmacı: **Y. Müh. Emre ÇEVİKCAN**

Danışman: **Prof. Dr. M. Bülent DURMUŞOĞLU**

Anabilim Dalı: Endüstri Mühendisliği  
Programı: Endüstri Mühendisliği

**İSO Yayın No:** 2009/12

**ISBN:** 978-9944-60-526-7

**Üretim Sistemlerinin Performansının Arttırılması,**

**İstanbul Sanayi Odası,** İstanbul

Tasarım ve Uygulama: **Mürettebat Reklamcılık**

Tüm Hakları Saklıdır. Bu yayındaki bilgiler ancak kaynak gösterilmek suretiyle kullanılabilir.

## SUNUŞ

Bu çalışma; İstanbul Sanayi Odası ile İstanbul Teknik Üniversitesi arasında, sanayi-üniversite işbirliğinin geliştirilmesi ve akademik çalışmaların ekonomik kalkınmaya katkısının artırılması amacıyla başlatılan "ISO-İTÜ Doktora / Yüksek Lisans Tezlerine Sanayi Desteği" projesi kapsamında yayınlanmıştır.

Üniversitede doktora ve yüksek lisans tezlerini yürüten araştırmacıların desteklendiği proje ile, üniversite ve sanayinin gündemini buluşturarak, ticari ürüne dönüştürülen bilimsel araştırma ve patent sayısının artmasına, küresel rekabet gücümüzün gelişmesine katkıda bulunulması hedeflenmektedir.

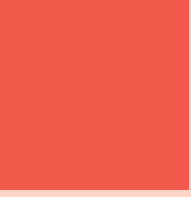
Proje kapsamında, üniversite'de hali hazırda yürütülen doktora/yüksek lisans tez/tezleri arasından uygun bulunanlar ile Meslek Komitelerimizin sektörel ihtiyaçları doğrultusunda belirlediği konulardaki akademik çalışmalara destek verilmektedir.

İstanbul Sanayi Odası 39. Grup Metal Döküm Sanayii ve 50. Grup Genel Amaçlı Makine ve Aksam Sanayii Meslek Komitesi adına desteklenen bu çalışmanın sanayinin ihtiyaçlarına yanıt verecek şekilde hayata geçirilmesine yönelik katkılarından dolayı Tez Değerlendirme Komitesi üyelerimiz olan;

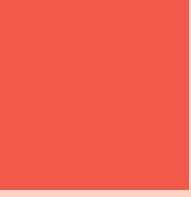
Aynur Ayhan (Ayhan Metal),  
Ender Yılmaz (Yılmaz Redüktör),  
Aydın Dokutan (Ayhan Metal) ve  
Hatice Kara'ya (Dalgakıran Kompresör) teşekkür ediyoruz.

Başta araştırmacı olmak üzere, araştırmacıya danışmanlık yapan öğretim görevlisi ve Değerlendirme Komitesi'nin katkılarıyla oluşturulan ve sanayi-üniversite işbirliğinin işlevsel ve somut bir çıktısı olan bu çalışmanın sektöre fayda sağlamasını ümit ediyoruz.

Saygılarımızla,  
İstanbul Sanayi Odası



<b>1. YALIN ÜRETİM KAVRAMI</b>	<b>11</b>
1.1. Yalın Üretimin Tanımı	11
1.2. Yalın Üretimde Değer ve İsrar	12
1.3. Yalın Üretim Teknikleri	13
1.3.1. 5S	13
1.3.2. Tek Parça Akışı	14
1.3.3. Poka-Yoke	15
1.3.4. Otonomasyon ve Görsel Kontrol	15
1.3.5. Hücresel Üretim ve U Tipi Yerleşim	16
1.3.6. Montaj Hattı Dengeleme	19
1.3.6.1. Yatay Dengeleme	20
1.3.6.2. Dikey Dengeleme	21
1.3.7. Kanban (Çekme Sistemi)	22
1.3.8. Karışık Yükleme ve Üretimin Düzenleştirilmesi	26
1.3.9. Değer Akışı Haritalandırma	27
1.3.10. Kaizen	30
1.3.11. SMED	31
1.3.12. Toplam Üretken Bakım	32
<b>2. YALIN ÜRETİM UYGULAMASI</b>	<b>33</b>
2.1. Uygulamanın Yapıldığı Firmanın Tanıtımı	33
2.2. Busbar Üretim Sisteminde Yapılan Yalın Üretim Faaliyetleri	34
2.2.1. Büyük Kutu Atölyesi'ndeki Yalın Üretim Faaliyetleri	34
2.2.2. Şalter Atölyesi'ndeki Yalın Üretim Faaliyetleri	38
2.2.3. Büyük Kutu ve Şalter Hücreleri Arasında Tasarlanan Çekme Sistemi	41
2.2.4. Küçük Kutu Atölyesi'ndeki Yalın Üretim Faaliyetleri	43
2.2.5. KB Köşe Montaj Sistemi'ndeki Yalın Üretim Faaliyetleri	47
2.2.6. DK Buat Atölyesi'ndeki Yalın Üretim Faaliyetleri	52
2.3. Kablo Kanal ve Askı Üretim Sisteminde Yapılan Yalın Üretim Faaliyetleri	54
<b>3. PERFORMANS ARTTIRMA PROJESİNİN EKONOMİK ANALİZİ</b>	<b>63</b>
<b>4. SONUÇ VE ÖNERİLER</b>	<b>65</b>
<b>KAYNAKLAR</b>	<b>66</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	<b>67</b>



Üretimde rekabet gücü sağlamak öncelikle iyi yapılandırılmış bir üretim sistemi yapısı ile sağlanabilir. Bu amaçla üretim sistemlerinde var olan kaynakları etkin bir şekilde kullanma ve bu kaynakların kullanımındaki katma değeri olmayan faaliyetleri ortadan kaldırma çabasına gidilmiştir. Yalın Üretim Felsefesi, bu gerçekten yola çıkılarak ilk önce Japonya'daki Toyota otomobil fabrikasında benimsenmiş ve sonraları dünyadaki diğer birçok firmada uygulanmıştır.

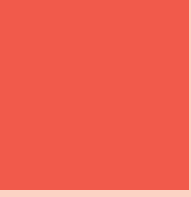
Yalın düşüncenin temel amacı, israflardan arındırılmış süreçlerle maliyetleri azaltmak ve sonuçta müşteri memnuniyeti sağlamaktır. Bu projede, Yalın Üretim Sistemleri'nin tasarımını gerçekleştirmeye yönelik bir sistematik izlenecektir.

Projenin sözleşme ve başlangıç sürecindeki yardım ve katkılarından dolayı İstanbul Sanayi Odası'na, projeye göstermiş oldukları ilgiden dolayı ISO 39. Grup Metal Döküm Sanayii ve 50. Grup Genel Amaçlı Makine ve Aksam Sanayii Meslek Komitesi'ne ve tez danışmanlığımı özenle yürüten, ilgi ve önerilerini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Sayın M. Bülent DURMUŞOĞLU'na, teşekkür ederim.

2009

**Emre ÇEVİKCAN**





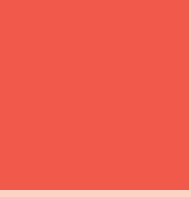
Günümüzde değişen pazar koşulları, artan müşteri beklentileri ve ürün çeşitliliği, düşük temin sürelerine ulaşarak müşterilerin taleplerine zamanında cevap verilmesini gerektirmektedir. Bu bağlamda, üretim sistemlerinde zaman ve kaynak kullanmasına rağmen ürüne katma değer yaratmayan ve bilgi ve malzeme akışını engelleyen faaliyetlerin ortadan kaldırılması kritik başarı faktörü haline gelmiştir. Yalın Üretim, üretime yük getiren tüm israflardan (gereksiz taşıma faaliyetleri ve operasyonlar, operatör beklmeleri, hurdalar, fazla üretim vb.) arınmayı hedef alan bir yaklaşımdır. Israflar, sistemin çalışma maliyetini arttırıp, gereğinden fazla işgücü ve malzeme kullanımına yol açmakla beraber hata yapılmasına uygun bir ortam yaratmaktadır.

Yapılacak projenin amacı, ilgili üretim sisteminin performansını Yalın Üretim teknikleri kullanarak arttırmaktır. Projenin yürütülmesinde etkin bir yerleşim düzeninin sağlanması, üretim sisteminin itme sisteminden, üretim süreçleri arasındaki stok miktarlarını "ihtiyaç anında temin" prensibi ile azaltan çekme sistemine dönüştürülmesi, çalışanların takımlar halinde gruplanması ve üretim sisteminde düzen, temizlik ve çalışma disiplini (5S) sağlanması düşünülmektedir.

Bu rapor kapsamında öncelikle Yalın Üretim Sistemi'nin özellikleri ve projede kullanılacak araçlar açıklanacaktır. Ayrıca, Busbar enerji dağıtım sistemleri ile kablo kanal ve askı sistemleri üreten gerçek üretim ortamında uygulanmaya başlanmış olup gelinen noktaya kadar yapılan faaliyetlerin bildirimini yapılmıştır.

Proje sonunda ortaya çıkacak sistematik, üretim sistemi içinde oluşan hataların radikal bir şekilde düşüşü, çalışanların performansının artışı ve maliyet tasarrufu sağlayacaktır. Bunlara ek olarak, etkin işgücü, makine kullanımı ve temin sürelerinde kısalma, projenin gerçekleşmesi öngörülen diğer çıktılardır.

**Anahtar Kelimeler:** Üretim Sistemleri, Yalın Üretim, Üretim Yönetimi, Performans Arttırma



# 1. YALIN ÜRETİM KAVRAMI

## 1. YALIN ÜRETİM KAVRAMI

### 1.1. Yalın Üretimin Tanımı

Yalın Üretim işlerin Tam Zamanında yapılmasını benimsemiş bir üretim sistemidir. Genellikle sadece gerekli parçaların, gerekli olduğu zaman ve yerde üretilmesi durumunu açıklar. Daha geniş anlamda "israfın (**Japonca: Muda**) önlenmesi yoluyla maliyetlerin azaltılması" şeklinde tanımlanabilir.

*Monden'e göre yalın Üretim, "Kısa dönemde, gerekli zamanda, gerekli miktarda, gerekli ürünleri üretmektir."*

*(Monden, 1993)*

Üretimin tüm aşamalarında israfın (muda) önlenerek maliyetlerin azaltılması hedefleyen bu felsefe, bir işletmede ancak tüm israfın önlendiği noktada hedefine ulaşacak ve tam zamanında üretim gerçekleşecektir. Yalın üretim felsefesi ürünün değerini arttırmayan tüm unsurları israf olarak kabul eder. Bu bağlamda üretimin her aşamasındaki stoklar (hammadde, ara mamul, mal stokları) ile kalitesizlik (satın alınan ve imal edilen parça ve mamullerde hatalar) en temel israf unsurları olarak belirlenmiştir.

Yalın Üretim;

- İhtiyaç duyulanı ihtiyaç duyulduğu zaman üreten
- Entegre bir üretim sistemidir.

Yalın Üretim felsefesini diğer klasik sistemlerden ayıran farklı olan taraf, bu felsefenin, üretim ortamındaki problemleri kapatmak ve olumsuz etkilerini azaltmaya çalışmak yerine, problemlerin temeline inerek çözümlenmek için sürekli çaba harcamayı özendiriyor olmasıdır (Yani, üretim ortamında oluşan bir problem karşısında gerekirse üretim bandının durmasını ve sorunun kaynağının araştırılmasını ön görür). Bilindiği gibi üretim ortamında yer alan pek çok sorunun temelinde "belirsizlik" olgusu yer almaktadır. Belirsizliğin etkisi, ürünün sistem içindeki ilerleyişini aksatmak şeklinde ortaya çıkar. Bugüne kadar yapılan temel hata, belirsizlik kaynaklarını ortadan kaldırmak yerine, yüksek düzeyde envanter ve güvenlik stoku tutarak, belirsizliğin olumsuz etkilerini kapatmaya çalışmak olmuştur. Yalın Üretim Sistemi, belirsizlik kaynaklarını ortadan kaldırmak konusunda odaklaşır ve bu yönüyle yeni bir felsefe ve amaçlar bütünüdür.

**Tablo 1:** Yalın Üretimin, Kitle Üretimiyle Karşılaştırılması

	Kitle Üretimi	Yalın Üretim
<b>Müşteri Tatmini</b>	Mühendislerin istediği; büyük miktarda ve istatistiksel olarak kabul edilebilir bir kalite seviyesinde üretim	Müşterilerin istediği; sıfır hata, zamanında ve sipariş ettikleri miktarda üretim
<b>Liderlik</b>	Yetkililerin komutasında ve baskıyla sağlanan bir liderlik	Geniş vizyon ve geniş bir katılımı sağlanan bir liderlik
<b>Organizasyon</b>	Bireycilik ve askeri-tip bürokrasi	Takım-bazlı operasyonlar ve düz hiyerarşiler
<b>Dış İlişkiler</b>	Ücrete Dayalı	Uzun dönemli ilişkilere dayalı
<b>Bilgi Yönetimi</b>	Müdürler tarafından ve yine kendileri tarafından üretilen soyut raporlara dayalı, zayıf bilgi yönetimi	Tüm Personel tarafından sağlanan görsel kontrol sistemine dayalı, zengin bilgi yönetimi
<b>Kültür</b>	Sadakat kültürü ve itaat; yabancılaşma ve çalışanların çekişmesinin alt kültürü	İnsan kaynaklarının uzun dönemli gelişimine bağlı uyumlu bir kültür
<b>Üretim</b>	Büyük-ölçekli makineler, fonksiyonel çıktı, minimal yetenek, uzun üretim periyotları, büyük envanter	İnsan ölçekli makineler, hücre tipi çıktılar, çoklu yetenek, tek parça akış, düşük envanter
<b>Bakım</b>	Bakım uzmanları tarafından yapılan bakım	Üretim, bakım ve mühendislikte ekipman yönetimi
<b>Mühendislik</b>	Müşterilerden gelen az bir katkı, üretim gerçeklerine çok az uyan izole edilmiş deha	Müşterilerden gelen büyük katkı, ürün ve üretim prosesinin dizaynının sürekli gelişimi, takım bazlı model

Kısacası Yalın Üretim, giderek daha az (emek, ekipman, zaman ve alan) harcayarak daha fazla üretebilmeyi ve müşterilerin asıl beklentilerine daha çok yaklaşmayı sağlayan bir üretim felsefesidir.

## 1.2. Yalın Üretimde Değer ve İsrif

Yalın Üretim'de katma değeri olan ve olmayan faaliyetlerin ayrılması temel prensiptir. Bunun için, değer ve israf kavramlarının tanımlanması gerekir. Değer, müşteriye sunulan fayda olup;

- İhtiyaçları karşılayacak özelliklere sahip
- Tercih edilen zamanda ve yerde bulunabilen
- Müşterinin bedelini ödemeye istekli olduğu
- Ürün veya hizmettir (Womack and Jones, 2003).

İsrif, ürün veya hizmetlere değer katmayan, firmanın ana hedefinde ilerlemesine destek olmayan, ancak gerçekleştirdiğimiz aktivitelerin tümüdür. Üretimde yedi temel israf söz konusudur. Bunlar:

**1-Bekleme:** Değer katan herhangi bir işin yapılmadığı boş zamandır. Söz konusu israf, makinenin beklemesi veya insanın beklemesi olarak da açıklanabilir ve uygulamada, aşağıdaki sebeplerden dolayı karşımıza çıkabilir:

**2-Taşıma:** Malzemenin, ürün ve/veya hizmetlere değer katmayan hareketleridir.

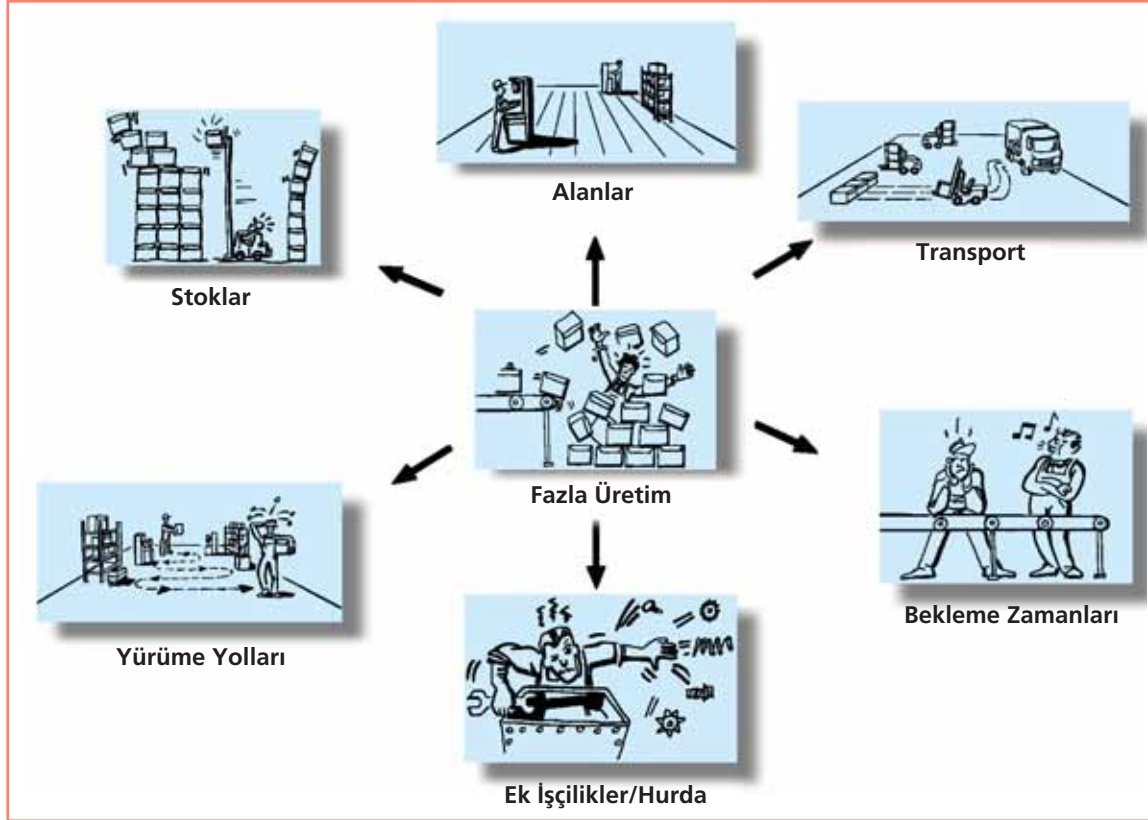
**3-Süreç İsrafı:** Değer katmayan işlemler için çaba harcamaktır. Söz konusu işlemler, müşteriye etkilemeyen iyileştirmeler içerir.

**4-Envanter:** Üretim veya satış için gerekenden fazla malzeme, yarı mamul ve ürünün stoklanmasıdır.

**5-Hareket:** Çalışanların, ürüne ve/veya hizmete değer katmayan herhangi bir amaç için hareket etmesi ile oluşan israf türüdür. Aşağıdaki durumlarda karşımıza çıkar:

**6-Hatalı Üretim:** Bir ürün ve/veya hizmeti müşteri istekleri doğrultusunda onarmak, düzeltmek veya yeniden yapmak, tekrarlamaktır.

**7-Fazla Üretim:** İhtiyaçtan fazla üretmektir.



**Şekil 1:** Yalın Üretim'de İsraflar

### 1.3. Yalın Üretim Teknikleri

Yalın Üretim tüm hedeflerinin hayata geçirilmesini sağlayan son derece rasyonel uygulama yöntemlerine sahiptir. Yalın Üretim en yapıcı ve çarpıcı tarafı, ilkelerinin ve hedeflerinin teori düzeyiyle sınırlı kalmayıp, etkin yöntemlerle desteklenmesidir.

#### 1.3.1. 5S

5S, beş adımdan oluşan, amacı "çalışma ortamının organizasyonu ve israfın yok edilmesine yardımcı olmak" olan, son derece basit ve bütün yalınlaştırma / yeniden yapılandırma çalışmalarının merkezinde yer alan bir yöntemdir. Hedef yaşadığınız ve çalıştığınız ortamın temiz, derli toplu, sağlıklı ve güvenli olmasını temin etmek, bu şartları sürekli kılmaktır (Eckhardt, 2001).

**1. Adım (Sınıflandır (Japonca: Seiri)):** İş ortamındaki aletlerin hangilerinin kullanılıp hangilerinin kullanılmadığının belirlenmesi ve kullanılmayan bütün aletlerin iş ortamından uzaklaştırılması anlamına gelmektedir.

Kullanılmayan parçaların uzaklaştırılmasında kullanılabilir yöntemlerden biri kırmızı kartlardır. Bu uygulamada öncelikle bir kırmızı kart alanı ve bu alana ne tür aletlerin konacağı belirlenir. Bir sonraki aşamada kırmızı kartlar hazırlanır. Bu kartların üstünde ait oldukları parçanın adı, sayısı, kartın takıldığı tarih ve nedeni yazmalıdır. Daha sonra hangi parçaların kırmızı kart alanına koyulacağını belirleyecek, değişik bölümlerden gelen insanlardan oluşan gruplar belirlenir. Bu gruptaki kişiler kendilerine ayrılan bölümde inceleme yaparlar, hangi parçaların gereksiz olduğuna karar verirler ve bu parçalara kırmızı kart takarlar. Daha sonra kart takılan parçalar kırmızı kart alanına götürülür. Bu alanda parçalar bir süre sergilenir. Bu süre içerisinde eğer parçaya ihtiyacı olduğunu düşünen çalışanlar olursa kendi bölümleriyle ilgili kırmızı kart grubundan kişilerle temasa geçer ve onlardan izin alarak parçayı kırmızı kart alanından geri alabilir. Kırmızı kart alanında kalan parçalar ise bir süre sonra uzaklaştırılır.

**2. Adım (Düzenle (Japonca: Seiton)):** İş ortamındaki aletlerin kolay ulaşılır yere konması ve her aletin kendi yerinin olması anlamına gelmektedir. Birinci adımda sadece kullanılacak aletler belirlendikten sonra bu adımda bu aletler kolayca ulaşabilecekleri bir yere yerleştirilir. Böylece bir alet arandığı zaman yeri bilindiğinden ve kolayca erişilebildiğinden üretim süreci de kolaylaşacaktır. İşletmeler bir makine kullanıldığında hangi aletlere ihtiyaç olduğunu belirleyip bu aletleri o makinenin yanında bir bölgeye yerleştirecekler ve bu sayede işlem aksamadan devam edebilecektir.

**3. Adım (Temizle (Japonca: Seiso)):** İş ortamında aletlerin temiz tutulması, yerlerin silinmesi ve her şeyin temiz kalmasının sağlanması anlamına gelmektedir. Bu adımın amacı, ortamı temiz tutarak yapılan işlemin kirlilikten etkilenmesinin engellenmesi ve yine işgücünün sadece yaptığı işleme odaklanmasının sağlanmasıdır. Yine bu şekilde ortam temiz tutulduğunda sorunlar daha iyi görülebilmektedir. Örneğin; bir makine sürekli yağ sızdırıyorsa, kirli ve yağlı bir iş ortamında bu fark edilmeyebilir. Ama temizlik yapıldığında makinenin yağ sızdırdığı fark edileceğinden buna bir önlem alınabilir ve bu şekilde sızan yağ boşa harcanmamış olur. Yine temiz bir ortamda çalışmak işçiler için daha motive edicidir.

**4. Adım (Standartlaştır (Japonca: Seiketsu)):** İlk üç adım sonunda elde edilenlerin korunmasını sağlamak ve yapılacakları bir standart altına koymak anlamına gelmektedir. Bu adımda ilk üç adımda uygulanacaklar için belirli standartlar ve prosedürler belirlenir ve bu şekilde ilk üç adımın en yüksek verimlilikle uygulanması sağlanır.

**5. Adım (Disiplin (Japonca: Shitsuke)):** İş ortamında 5S kapsamında uygulanan ilk dört adımın alışkanlık haline getirilmesi ve sürekli uygulanmasının sağlanması anlamına gelmektedir. İlk dört adımın uygulanması sırasında yapılanların etkileri kısa süreli olursa bu yapılanlar için harcanan emek boşa gitmiş olur. Bu nedenle ilk dört adımda yapılanların sürekli olması gerekmektedir. Bu amaçla ilk dört adım için yapılan uygulamalar kontrol edilmeli ve çalışanlar bu uygulamaları yapmaları konusunda teşvik edilmelidir. Aksi halde, diğer adımlarda yapılanların bir değeri kalmaz.

### 1.3.2. Tek Parça Akışı

Bir parçanın bir işleme aşamasından diğerine beklemeden geçirilmesi, üretim temin süresini büyük ölçüde kısaltır. Yalın Üretim Sistemi'nde, herhangi bir atölye içinde bir parçanın nihai halini alması için gereken tüm makineler, parçaların işleme akışına dayanarak birbiri ardı sıra yerleştirilip, parçanın bir önceki süreç için gereken makineden bir sonraki süreçte kullanılacak makinaya hiç beklemeden geçmesi sağlanmaktadır. Makinaların bu şekilde yerleştirilmelerine "süreç-bazlı yerleşim" ya da "süreç-bazlı hat" (**İngilizce: Process-Based Layout**), ve parçaların

süreçler arasında beklemeden teker teker aktarılmalarına da "tek-parça akışı" (**İngilizce: One-Piece Flow**) denilmektedir. Tek-parça akışını, süreçler/makinalar arası parti miktarının bir adete indirilmesi olarak da tanımlayabiliriz.

### 1.3.3. Poka-Yoke

Poka-Yoke terimi Japonca kelimeler "poka" (elde olmayan hatalar) ve "yoke" (önlemek) den gelmektedir. Poka-Yoke gerçek anlamda kendi sürecini hatalara imkân vermeyecek ya da hataları keşfedecek ve düzelterek şekilde tasarlamaktır. Bir Poka-Yoke aracı, hatanın sürekli oluşmasını önleyecek ve yok edecek şekilde tasarlanmış bir araçtır.

Poka-Yoke hatalar ortaya çıktığında kullanılabilir ve hatalar ortaya çıktığında %100 kontrol gerektirir. Bu kontroller hammaddelerin ve bileşenlerin

- Üretim prosesinin başlangıcı
- Hatanın ortaya çıkabileceği üretim noktalarında yapılır.

Poka-Yoke nin geliştiricisi Shiego Shingo, bu yaklaşımının basitliği ve düşük maliyetli oluşumu göstermek için şu örneği verir:

İzolasyon bandı televizyon kabinleri 10 yerden uygulanmaktaydı. Geçmişte, izolasyon bandının 8 cm şeritleri bir çubuk üzerine dizilirdi ve ihtiyaç olduğunda buradan alınıp televizyon kabinleri uygulanırdı. Ancak bazen şeritler kullanılmıyordu ve böylece aşağıdaki Poka-Yoke yaklaşımını benimsedi.

Bandın şeritler ilk önce 10'lu gruplar halinde çubuğa takıldı. Böylece eğer işçi bir şeridi kabine uygulanmamış ise, çok çabuk bir şekilde çubuğun üzerinde 10'lu gruptan birinin kaldığını fark edecekti. Bu noktadan, işçiler tüm 10 şeridin de uygulanmasını asla ihmal etmediler.

### 1.3.4. Otonomasyon ve Görsel Kontrol

Otonomasyon (**Japonca: Jidoka**);

- hattı durdurma yetkisinin operatörlere verilmesi
- problemlerin kaynağının tespit edilerek giderilmesinin sağlanması
- makinelere ürettiği ürünü kontrol edebilme, bir anormallik gördüğünde otomatik durabilme ve gerekli sinyalleri verebilme yeteneği kazandırılması,
- operatör iş gücü ile makine operasyonlarının birbirinden ayrılması, birden fazla makinenin yönetilmesinin sağlanması,
- bir problemle karşılaşıldığında derhal müdahale edilmesi ve böylece kök nedenin bulunmasının sağlanması

gibi prensipler üzerine kuruludur. Bunun paralelinde, Yalın Üretim'de üretim hattının durumu ve üretimin akışını izlemek amacıyla değişik görsel kontroller kullanılır. Kusursuz sistemlerin birçoğu üretim hattındaki bir anormalliği belirtmek amacıyla genellikle bir ışık ya da görsel bir sinyalden faydalanırlar. Üretim hattında kullanılan diğer görsel kontroller şöyledir:

**i) Andon ve çağırma lambası:** Otonomasyon uygulamasında, tüm montaj ve imalat hatlarının bir andon tahtası ve çağırma lambası vardır. Çağırma lambası genelde bir ustabaşı, bir tamir/bakım işçisi yada bir düz işçinin sorunun belirlendiği yere çağırılması amacıyla kullanılır. Çağırılacak kişiye göre çağırma lambasında farklı renkte bir ışık yanacaktır.



Andon hat üzerinde tezgâhların durumlarını gösteren ışıkların bulunduğu bir tahtadır. TOYOTA uygulamasında her işçinin çalıştığı tezgâhta bir arıza ya da gecikme durumunda üretim hattını durdurmasına yarayan bir düğme mevcuttur. İşçi düğmeye bastığında soruna neden olan süreci gösterecek şekilde andon üzerinde bir kırmızı ışık yanar.

Genellikle andonlar üzerinde üretim hattının değişik durumlarını gösterecek şekilde farklı renkte ışıklar kullanılır. Andonlarda çoğunlukla kullanılan renk kodları ve bunların anlamları aşağıda özetlenmiştir.

- Kırmızı: Tezgâh arızası
- Beyaz: belirlenen üretim miktarına ulaşıldığı için üretimin sonuna gelmesi.
- Yeşil: Malzeme yetersizliği nedeniyle iş durması.
- Mavi: Hatalı parça.
- Sarı: Hazırlık operasyonu bekleniyor (takım- aparat değişimi v.s.).

Bir ustabaşı ya da bakım-onarım işçisinin gecikmeye neden olan tezgâhın başına gitmesiyle andon üzerindeki tüm ışıklar söndürülecektir.

**ii) Standart operasyon formları:** TOYOTA uygulamasında standart operasyon kavramı üç temel öğeden oluşur.

- Çevrim zamanı
- Standart operasyon rotası (kalite ve güvenlik açısından yapılması gereken kontroller dahil olarak)
- Standart süreç içi- envanter düzeyi

Standart operasyon formları, bu üç temel öğeyi içerecek şekilde hazırlanır ve tüm işçilerin görebileceği şekilde hat üzerindeki panoya iliştilir. Eğer bir işçi belirlenen çevrim zamanı içinde standart operasyonları tamamlayamazsa üretim hattını durdurarak, çözümü için yardım isteyecektir. Bu şekilde, standart operasyon formları diğer görsel kontrol cihazları ile birlikte standart operasyonların gerçekleştirilmesinde, israfın azaltılması ve hataların önlenmesinde önemli rol oynarlar.

**iii) Dijital panolar:** Dijital panolarda günlük üretim hedefi ve o zamana kadar gerçekleştirilen üretim miktarı sergilenir. Böylece paneli izleyerek, hatta çalışan herkes üretimin hızını ve o günlük üretim hedefine ulaşıp ulaşılmayacağını belirleyecektir. Panolar olası gecikme ve sorunların anında belirlenmesinde son derece faydalıdır.

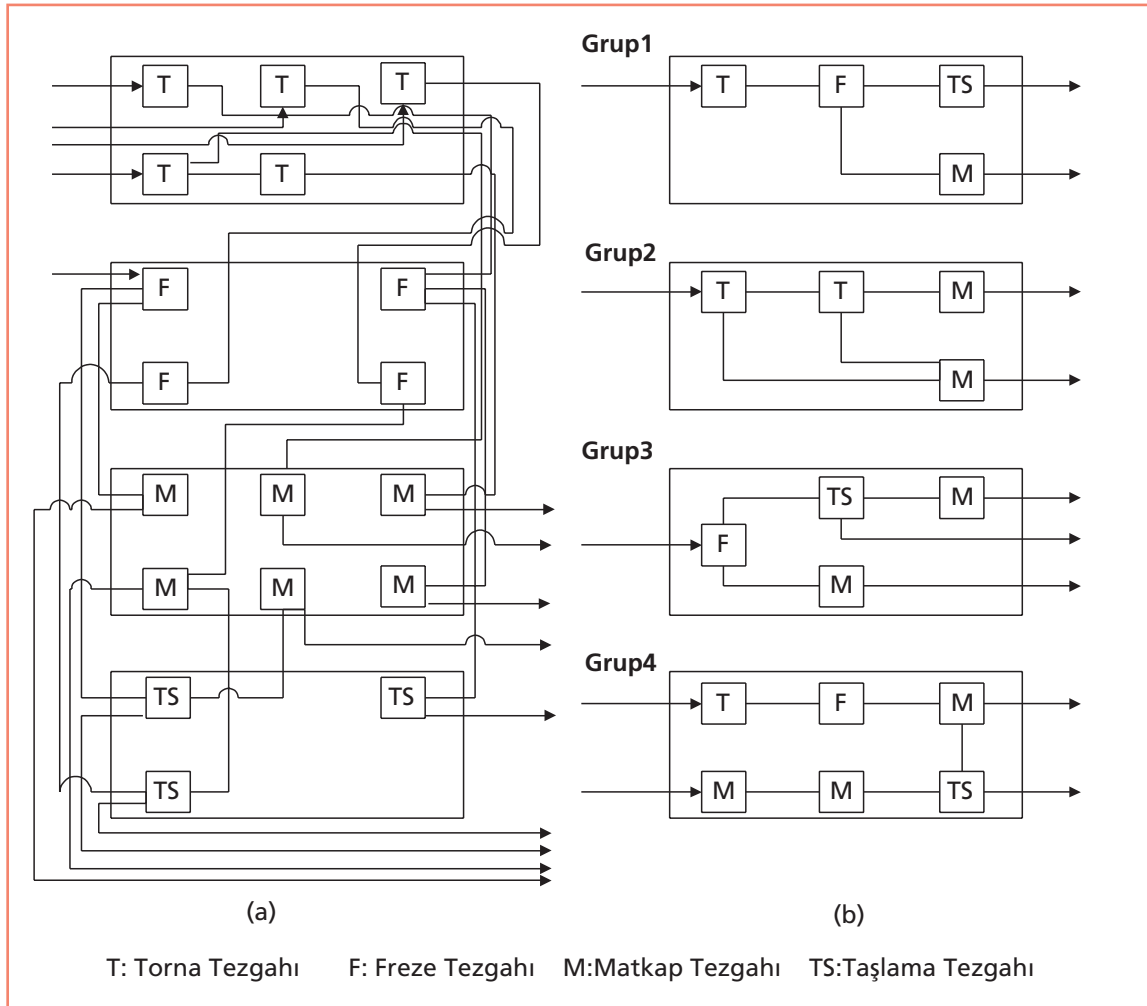
**iv) Stok tabelaları:** Stok sahasındaki her alana bir adres kodu belirlenip, bu kod hem kanban hem de stok alanının üstündeki tabelada belirtildiğinde, envanterlerin kontrolünde önemli bir görsel kontrol aracı elde edilmiş olacaktır. Stok tabelalarında ayrıca standart stok miktarı da belirtildiğinden doğru parçaların, doğru miktarlarda ve doğru yerde stoklanması sağlanacaktır. Görsel kontrol sistemleri otomasyonun sağlanmasında son derece etkili rol oynamakla beraber diğer kalite kontrol yöntemleri gibi sadece anormallik ve sapmaların belirlenmesini sağlayacaklardır.

### 1.3.5. Hücresel Üretim ve U Tipi Yerleşim

Hücresel üretim sistemi, küçük bir sistemin etkin ve kontrol edilebilir olma özelliğini, büyük bir sisteme yansıtmaktadır. Bu yansıma, büyük sistem içinde birbirinden olabildiğince bağımsız küçük sistemler (hücreler) oluşturma şeklinde gerçekleşir. Böylece tüm sistem karmaşıklığı yerine oluşturulan küçük sistemlerin sorunları ile uğraşılır.

Fonksiyonel yerleşim, makinaların/tezgâhların işlevlerine göre gruplandıkları bir yerleşim biçimidir. Buna karşın hücreyel yerleşim, birbirine benzer ürünleri/parçaların imalinde kullanılan makinaların/tezgâhların gruplanması ile gerçekleştirilen yerleşim biçimidir. Fonksiyonel yerleşimin sakıncaları şu şekilde sıralanabilir:

- Koordinasyon ve üretim çizelgeleme zorluğu
- Taşıma israfları
- Proses içi stokların (yarı-mamul stoklarının) birikmesi
- Uzun üretim temin süreleri
- Hatalı ürünlerin nedenlerini tanımlama zorluğu
- Malzeme ve işgörenlerin iş akışlarını standartlaştırma zorluğu
- Standartlaşmanın yokluğu nedeniyle gelişme zorluğu.



Şekil 2: Karmaşık ve Basit İş Akışları, (a) Fonksiyonel Yerleşim, (b) Grup Yerleşim

Hücreyel Üretim (HÜ) sisteminin en önemli ve esas avantajı; fonksiyonel düzenlemeye nazaran iş akışını basitleştirmesidir. Bunun yanı sıra, iş akışını basitleştirirken aynı zamanda akış tipi imalata, makine zaman verimlerinde büyük dengesizlikler olmadan imkân vermesidir. Temelde diğer avantajlar da bu iş akışının basitleşmesine dayanır. HÜ sistemi, operasyon bazında hazırlık zamanlarını da bariz bir şekilde düşürür veya ortadan kaldırır. Çünkü hücre içindeki makineler, bu hücrede imal edilecek parça ailesi için, bir tip parçadan diğerine çok hızlı geçecek şekilde yeniden donatılmışlardır. Böylece küçük parti üretimi mümkün olabilmektedir. Genel felsefede de, mamullerin sistemin içerisinde su gibi akması istenir, hücreyel imalat mantığında bu felsefeye yaklaşım vardır.

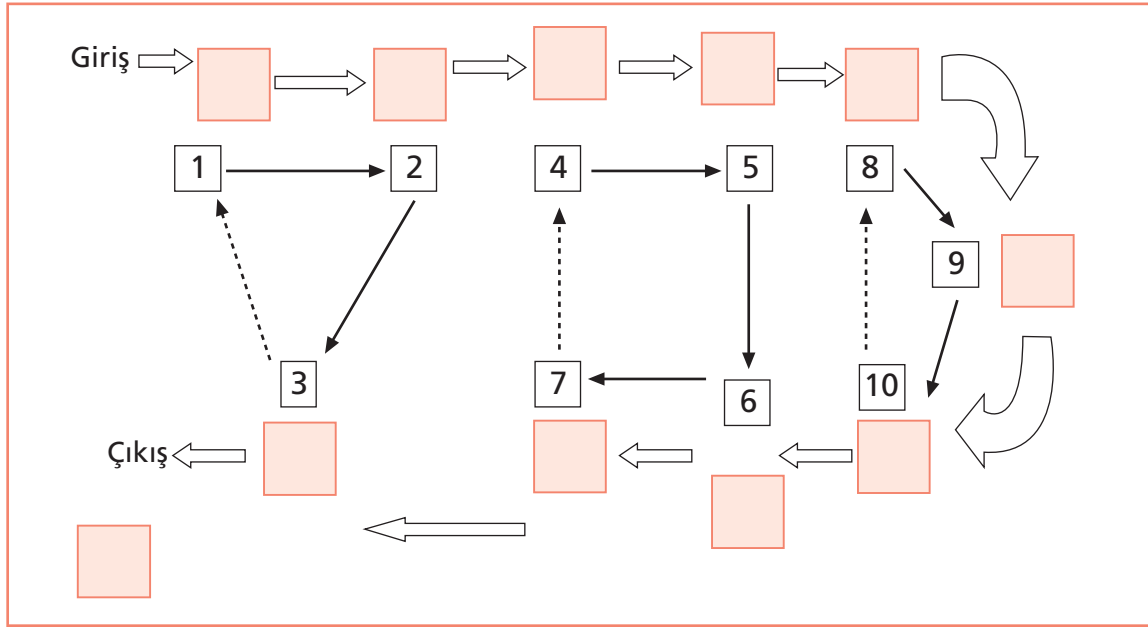
Hücreyel üretim, mamul kalitesinde de bir iyileşmeye sebep olur; çünkü küçük parti üretiminin hücre düzeninde bir işgören, bir parçayı direkt olarak diğer işgörenden alabilir. Böylece, eğer parça kusurlu ise, işlem neyin yanlış gittiğini anlamak için durdurulur. Kalite geri beslemesi derhal gerçekleştirilip yüksek kalite kolaylıkla sağlanabilir. Bundan başka, hücreye giren parçaların tüm işlemleri aynı hücre içerisinde gerçekleştirildiğinden, işgören için parçanın bütünü için kalite sorumluluğu taşımak mümkün olacaktır.

Yalın Üretim yaklaşımına göre, bir fabrika/atölyenin işleyişinde, çalışan insanların bir yerden bir yere gitme, makinaların çalışmasını kontrol etme, ya da makina başında, makinanın devrinin bitmesini bekleme gibi ürüne hiçbir değer katmayan faaliyetler israf niteliğindedir.

Yalın Üretim Sistemi'nin temel mantığı, makinaların doğru çalışıp çalışmadığının kontrolü, makinalara parçayı yerleştirme, işlenmiş parçayı alma gibi faaliyetleri otomatikleştirerek, kazanılan zamanı her işçinin birden fazla makinaları çalıştırması şeklinde değerlendirmektir. Böylece bir yandan aynı işi çok daha az sayıda işçiyle gerçekleştirmek mümkün olmakta, diğer yandan da talep yükselmesi ve düşmesi durumlarında sadece işçi sayısı ile oynanarak üretim verimini talepteki esnekliğe adapte etme olanağı elde edilmektedir.

Bir işçinin birden fazla makinalardan sorumlu olması ilkesi, tek parça akışı anlayışıyla da birleşince ortaya "U-tipi yerleşim düzeni çıkmıştır. Burada, parçayı makinalara otomatik olarak yerleştiren ve işlem bitince yine otomatik olarak makinalardan alıp kızaklara ileten donanım olmasa da (yani bu işleri işçinin kendisi yapsa da), sistem içinde mutlaka makinaların doğru çalışıp çalışmadığını kontrol edici donanımın bulunması (poka-yoke ya da otonomasyon) şarttır. Böylece bir makina çalışırken, işçi o makinaları kontrol etmek zorunda kalmadan bir sonraki/önceki makinalara parçayı yerleştirip makinaları çalıştırabilir.

"U" şeklindeki yerleşimin özelliği, hücreye giriş ve çıkış noktalarının aynı hizada olmalarıdır. Bu yerleşimin sağladığı en önemli avantajlardan biri üretim miktarı (müşteri talebi) değiştikçe gerekli işgören sayısını artırıp, azaltabilmesidir. Bu nedenlerden dolayı, hücreyel üretim sisteminde gruplanan makineler genellikle "U" şeklinde yerleştirilebilir.



Şekil 3: U Biçiminde Yerleşim (Monden, 1993)

Şekil 3'te 1,2 ve 3 no'lu işlemleri bir işgören, 4, 5 ,6 ve 7 no'lu işlemleri bir işgören ve 8,9 ve 10. işlemleri ise başka bir işgören gerçekleştirmektedir (Monden,1993).

İhtiyaç kadar üretimi mümkün kılan çekme sistemi bu yerleşim sayesinde gerçekleştirilebilir. Bir adet ürün sistemi terk ettiğinde yeni bir ürün sisteme girebilir. Hücreye giriş-çıkış işlemlerini bir işgören gerçekleştirdiğinden, hücre içerisindeki yarı-mamul sayısı sabit kalır. Aynı zamanda her makinede/tezgâhta standart bir stok düzeyi tutularak, işgörenler arasındaki dengelenmemiş işlemler kolayca fark edilir.

Günümüzde U tipi hücrelerin dengelenmesi Takt süresine bağlı olarak gerçekleştirilmektedir. **Takt Süresi**, günlük işletim süresinin günlük müşteri ihtiyacına oranlanması ile hesaplanır. Günlük işletim süresi, bir gündeki toplam süreden, donanımın çalışmadığı sürenin (örneğin molalar, ekip toplantıları, temizlik süreleri, hazırlık süreleri vb.) çıkarılması ile elde edilir (Kulak, 2003).

### 1.3.6. Montaj Hattı Dengeleme

Montaj hatları, kitle üretiminin önemli bir alt sistemidir. Bu tip sistemler ayrıntıda farklı olmakla beraber, temelde birbiri ardına dizilmiş iş istasyonlarından oluşur. Hammadde ve yarı ürün parçalar, hat içine, hattın başlangıcından veya ara istasyonlardan girerler. Giren parçalar bir iş istasyonundan diğerine geçerek en son istasyondan hattı tamamlanmış olarak terk ederler (Tanyaş ve Baskak, 2003). Ürün oluşumu sırasında yapılması gereken işlerin, montaj istasyonlarına, kayıp süreleri en aza indirecek şekilde atanması olayına, bir başka tanımla iş öğelerinin iş duraklarına atanmasına, "montaj hattı dengeleme" denir.

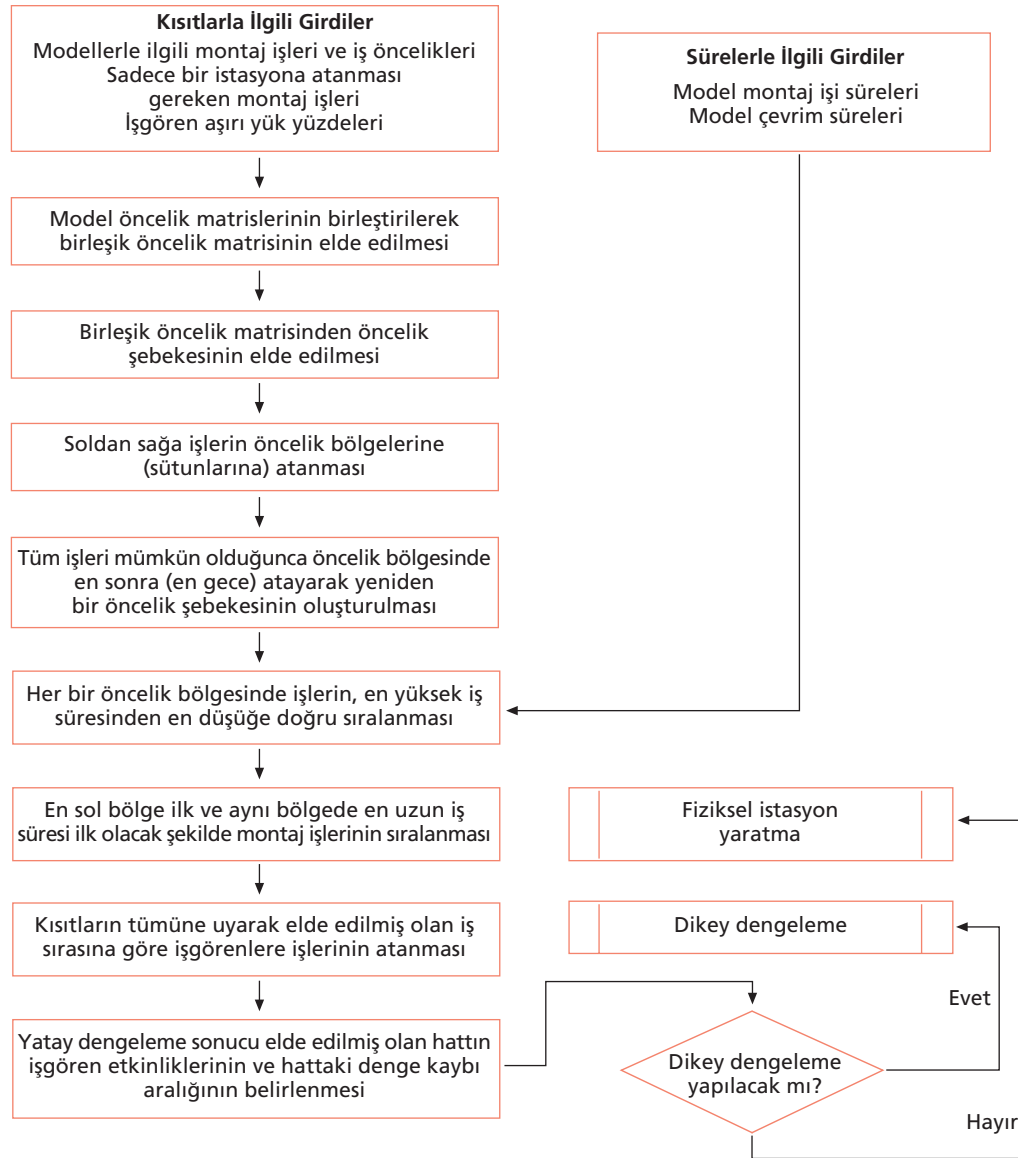
Montaj hattı dengeleme problemlerinde takt süresi yerine çevrim süresi ifadesi kullanılmakta olup, hesaplanma yöntemi takt süresi ile aynıdır (Günlük Çalışma Süresi / Günlük Talep). Montaj hattı dengelenirken, her bir işgörene atanan iş sürelerinin toplamı çevrim süresini geçmemeli ve montaj işleri arasındaki öncelik ilişkilerinin sağlanmasına dikkat edilmelidir.

Proje uygulamasında hat dengeleme oldukça yoğun bir şekilde kullanıldığından montaj hattı dengelemesine yönelik bir sistematik geliştirilmiştir. Sistematik, yatay dengeleme ve dikey dengeleme olmak üzere iki adımdan oluşmaktadır.

### 1.3.6.1. Yatay Dengeleme

Yatay dengelemenin amacı işgören sayısını en küçükmek olup model ailesinde değişiklik olduğu zaman tekrarlanır.

Yatay dengeleme safhasında "Bölge Yaklaşımı" sezgisel yöntemi kullanılmaktadır (Bedworth ve Bailey, 1987). Yöntem pratikte hızlı sonuç vermektedir. Yöntem, pozisyon ağırlıklandırma yöntemi ile Kilbridge ve Wester yaklaşımının fikirlerini kullanır. Şekil 4'te model bazında yatay dengeleme algoritması görülmektedir.



Şekil 4: Model Bazında Yatay Dengeleme

### 1.3.6.2. Dikey Dengeleme

İşgörenler arasında model iş yüklerini düzgün dağıtmak amacı ile yatay dengelemeden sonra yapılır. Dikey dengeleme performansı  $\Delta$  ile ölçülür:

$$\Delta = \sum_{m=1}^M |iYO_m - iY_{km}| \quad (1.1)$$

Burada;

k: İşgören indisi

m: Model indisi

$iY_{km}$ : "m" modelinin k. işgörendeki iş yükü

$iYO_m$ : "m" modelinin her işgörene düşen ortalama iş yükü

$YO_m, iYO_m$

$m=1,2,\dots,M$

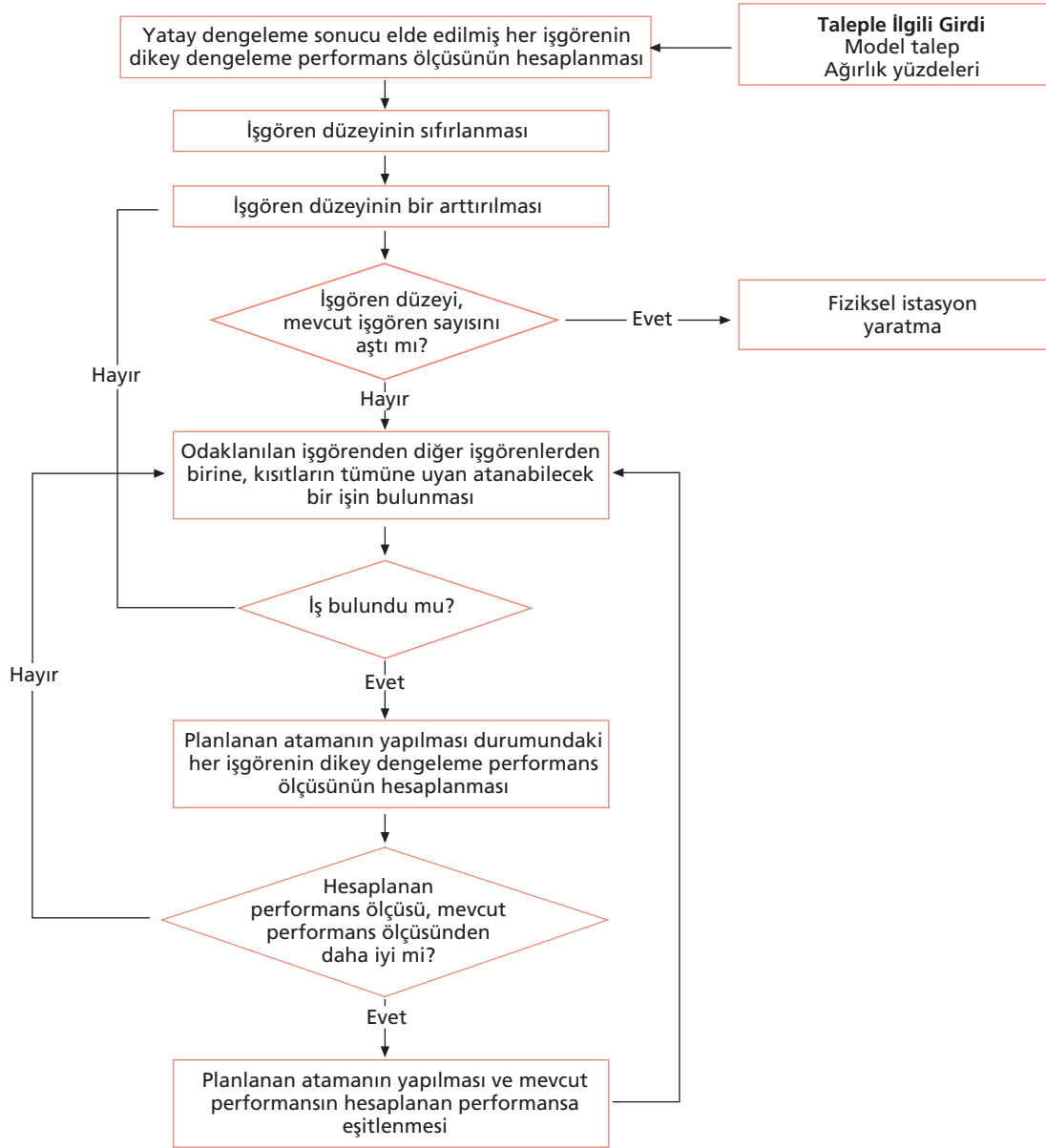
(1.2)

i: Montaj işi indisi

$t_{im}$ : "m" modelindeki "i" montaj işinin süresi

n: İşgören sayısı

N: Toplam montaj işi sayısı



**Şekil 5:** Dikey Dengeleme

Dikey dengeleme, yatay dengeleme sonucu oluşan iş yükü dengesizliklerini azaltarak, işgörenler arası iş yükü düzgünleştirmesi sağlar. Metodolojinin yatay dengeleme adımı olduğu gibi dikey dengeleme adımı da çevrim sürelerinin %1 aşımına izin verilmektedir.

### 1.3.7. Kanban (Çekme Sistemi)

Çekme Sistemi aslında Amerika imalat sistemindeki temel ilkelerin, Japonya ortamında şekillendirilmesi ile gelişmiştir. Sistemin kurucusu Taiichi Ohno "süpermarket" fikrinden etkilenmiş ve süpermarketlerin işletilmesindeki temel ilkeler çekme sisteminin kavramsal yapısını oluşturmuştur.

Bir süpermarkette ara aşamalar yoktur ve müşteriler doğrudan çok sayıda farklı ürünle karşı karşıya gelmektedirler. Bu arada bozuk ya da kalitesiz ürünler ile aranan bir malın bulunmaması ya da değiştirme ve iade gibi sorunlar doğrudan müşterilere yansımaktadır. Genellikle boşalan raflar bir mal için sipariş verme noktasının belirlerken, büyük hacimli ürünler için stok alanları ayrılmıştır.

Yalın üretimin temel ilkelerinden biri olan her şeyi gerektiği an ve miktarda üretmek, sadece müşteri talebine en yakın zamanda ve talebin belirlediği miktar ve çeşitlilikte üretmek demek değildir. Aynı ilke bir fabrikanın kendi iç üretim akışı için de geçerlidir. Amaç, tüm üretim aşamalarının ya da üretim istasyonlarının gereksiz üretim yapmalarını önlemektir, ve bu amaca ulaşmak için de her bir üretim istasyonunun ancak kendisinden bir sonraki istasyonun hemen işleme geçirebileceği miktarda parçayı (fazlasını değil) "tam zamanında" üretmesi ilkesine göre çalışılır.

Taiichi Ohno'nun öncülüğünü yaptığı sistem aslında son derece rasyonel ve basittir. Sistem tümüyle, bir sonraki üretim aşamasındaki bir işçinin, bir önceki aşamaya gidip, kendi üretim istasyonu için o an gerekecek miktarda parçayı "çekmesine" dayanır. Onun bu parçaları "çekmesi", yanı alması, bir yandan bir önceki istasyon için "yeni üretime başla" sinyalidir; öte yandan da "yeni üretimin" ne miktar ve çeşitlilikte olacağını belirtir: bir önceki aşamada, ancak çekilen miktar ve çeşitlilikte parça üretilecektir. Aynı ilişkiler, ikinci istasyonla kendinden önce gelen üçüncü istasyon arasında da gerçekleşir. Dolayısıyla hiçbir aşama, daha önce belirlenmiş miktarda parçanın bir sonraki istasyon tarafından alınmasından önce yeni parça üretime geçmez, ve üretim hiçbir zaman istenilenden fazla ya da değişik olmaz, çekme olayının başladığı yer son montaj hattıdır (final assembly), ve bu hattan başlayarak parçalar atölyeden atölyeye, ya da yan sanayiden ana sanayi fabrikasına çekilirler.

Toyota sisteminde "çekiş" işini senkronize etmek için hem fabrika içi işleyişte, hem de yan sanayilerle çalışmada, tümüyle bir bilgi verme sistemi olan kartlardan (**Japonca: Kanban**) yararlanır. Bu sistemde herhangi bir aşamada üretilecek/işleme geçecek her çeşit parçanın bir kartı (kanban) vardır.

Genelde aşamalı olarak gerçekleştirilecek olan kanban çalışmalarında, öncelikle seçilecek atölyelerde ortaklığı çok-kritikliği az olan parçalar bazında kanban uygulamalarının başlatılması gerekmektedir. Ancak kanban sistemine geçmeden evvel; işletmelerde alt yapının hazırlanması ve çekme sistemi için gerekli çalışmaların tamamlanması çok önemlidir. Bu kapsamda yapılacak en önemli çalışma ise kafiye büyüklüklerinin azaltılması ve bu amaçla hazırlık zamanlarının ve ön sürelerin kısaltılmasıdır.

Üretim ve satın almada küçük partilerle çalışmak, mamul ve yarı mamul stokları ile kafiye üretim süresini azaltacak, bu şekilde hurda oranları azalarak, kalite düzeyi, işçi motivasyonu ve verimlilik artacaktır. Aşağıda ise kanban çeşitleri açıklanmıştır.

**Çekme Kanbanı:** Bir sonraki istasyonun, bir önceki istasyondan çekmek istediği parça cinsi ve miktarını belirleyen ve parça / malzeme çekmek amacıyla kullanılan karttır.



Stok Raf No : 5E215 Parça Arka No: A2.15			Önceki
Parça No : 356 70 S 07			Dövme
Parça Adı : Tahrik Primi			B - 2
Araba Tipi : S*50 BC			Sonraki
Kutu Kapasitesi	Kutu tipi	Sayı	Talaşlı imalat
20	B	4/8	M - 6

Şekil 6: Çekme Kanbanı

**Üretim-Sipariş Kanbanı:** Bir önceki istasyonun üretmesi gereken parça cinsi ve miktarını belirleyen üretim - sipariş kanbanı sadece üretim kanbanı olarak da tanımlanmaktadır.

Stok Raf No : F26 - 18	Parça arka No: A5 - 34	Operasyon
Parça No : 56790 - 321		Talaşlı imalat
Parça Adı : Krank Mili		SB - 8
Araba Tipi : S*50 BC - 150		

Şekil 7: Üretim Kanbanı

**Tedarikçi Kanbanı:** Tedarikçiden parça çekmede kullanılan bu kanban, satıcıya gerekli parçaları göndermesi için talimat vermek amacıyla kullanılır. Genelde, taşıma maliyeti parça fiyatına dâhil edildiğinden teslimatların satıcı tarafından yapılması gerekir.

**Sinyal Kanbanı:** Parti tipi üretim yapan sistemlerde kullanılmaktadır. Sinyal kanbanı genellikle kafiledaki kutulardan birine iliştilmiş olarak bulunur ve bulunduğu yer itibarıyla sipariş verme noktasını (**İngilizce: Recorder Point**) belirler. Üretim sırasında sinyal kanbanının iliştiliği noktaya gelindiğinde, söz konusu kafile için üretim emrinin çıkarılması gerekir. Sinyal kanbanının iki tipi vardır: Birincisi, üçgen kanbandır. İkincisi ise, dikdörtgen şeklinde bir kart olan malzeme - istek kanbanıdır. Bu kart, üretim süreçlerine malzemeyi ne zaman, nereden ve ne miktarda temin edeceklerini belirtir.

Kanban sayısı ise aşağıdaki formülden bulunur:

$$KS = \left[ \frac{OT * (1 + \alpha) * KÇS}{KB} \right]^+ \quad (1.3)$$

KS: Kanban sayısı (çıkan sayı yukarıya yuvarlanır)

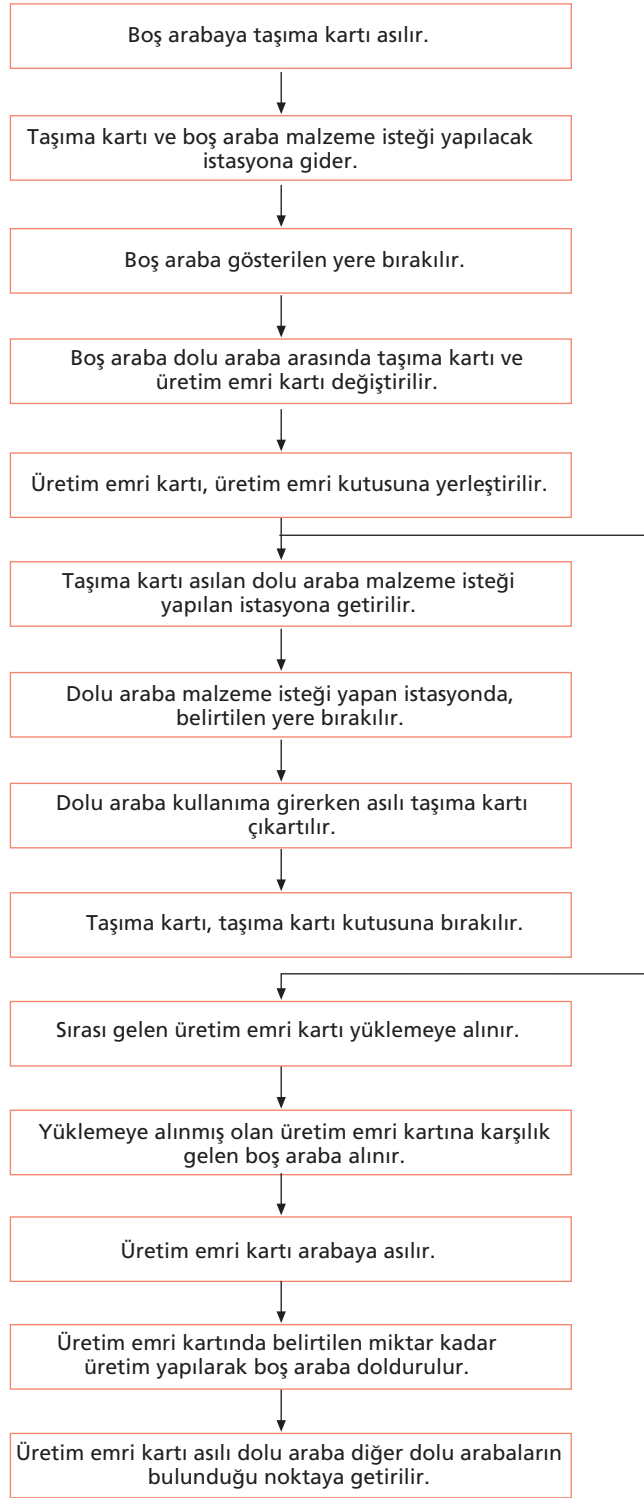
OT: Ortalama talep

$\alpha$  : Güvenilirlik katsayısı

KÇS: Kanban çevrim süresi (Bir tam çevrimi tamamlamak için kanban tarafından harcanan süre)

KB: Kaptaki (arabadaki) parça sayısı

Not: Her kaba (arabaya) ait bir kanban vardır. (Kap (araba) sayısı=kanban sayısı)



Şekil 8: Çekme Sistemine Bir Örnek

Kanbanların tam zamanında üretim amacıyla kullanılabilmesi için aşağıda belirtilen kurallara dikkat edilmesi gerekir:

**Kural 1:** Sonraki üretim süreci, önceki süreçten gerekli parçaları, gerekli miktarlarda ve gereken zamanlarda çekmelidir. Bu kuralın uygulanabilmesi için bazı alt kuralların da birlikte uygulanması gereklidir:

a-Kanban olmadan herhangi bir parçanın çekilmesine izin verilmemelidir.

b-Kanbanların sayısından fazla miktarda parça çekilmesine izin verilmemelidir.

c-Fiziksel üretime daima bir kanban yapıştırılmış olmalıdır.

**Kural 2:** Önceki üretim süreci sonraki süreç tarafından çekilen miktar kadar üretim yapmak zorundadır. Bu kuralın uygulanması için de aşağıdaki kuralların birlikte uygulanması gereklidir:

a-Kanbanların sayısından daha fazla üretim yapılmasına izin verilmemelidir.

b-Önceki süreçte farklı parçaların üretimi söz konusu ise, bunların üretimi kanbanların geliş sırasına uygun olarak yapılmalıdır.

**Kural 3:** Hatalı parçalar hiçbir zaman bir sonraki üretim sistemine geçirilmemelidir. Herhangi bir istasyonda hatalı parça çıkması durumunda, ara stokların minimuma indiği bu ortamda üretim akışı duracak ve hatalı parça bir önceki istasyona geri gönderilecektir. Üretimin kesintiye uğraması çalışanların hoşnutsuzluğuna sebep olacak ve çalışanlar hatalarının tekrarını önlemeye çalışacaklardır.

**Kural 4:** Kanban sayısı en aza indirilmeli ve bu sayı, talepteki değişmelere adapte olmak için kullanılmalıdır. Toplam kanban sayısı sistemdeki proses içinde stok düzeyini gösterdiğine göre amaç bu sayıyı mümkün olan en alt düzeye indirmektir.

**Kural 5:** Kanban, talepteki ufak dalgalanmalar karşısında üretim hızını ayarlamak amacıyla kullanılmalıdır. Kanban sisteminde, talepte bir dalgalanma olduğunda söz konusu olan değişiklikler son prosesten geriye doğru aktarılır.

### 1.3.8. Karışık Yükleme ve Üretimin Düzgünleştirilmesi

Japon üreticiler ve pek çok otomobil firması, aynı son montaj hattında karışık yükleme (**Japonca: Heijunka**), yani değişik modelleri ve ürünleri birbiri ardı sıra monte etme yöntemini kullanmaktadırlar. Karışık yüklemenin birincil ve en önemli işlevi, üretimin talep değişikliklerine, hesapta olmayan bitmiş ya da işlenmekte olan ürün stoku (WIP) ile karşılaşılmaksızın kolayca adapte olabilmelerini sağlamaktır. Ayrıca, aynı hatta birden fazla modelin veya ürünün monte edilmesi, gereken toplam hat sayısını ve dolayısıyla toplam fabrika alanını da azaltır. Karışık yüklemenin bir üçüncü işlevi de, ürünlerin müşterilere istenilen sipariş bileşimine erişildikten hemen sonra sevk edilebilmelerini sağlayarak, üreticileri gereksiz stok alanı bulundurma zorunluluğundan kurtarmaktır. Son montaj hattında karışık yüklemenin her zaman belli bir düzen içinde gerçekleştirilmesi ve ürünlerin hattan mümkün olan en küçük miktarlarda çıkarılması esasına göre çalışılır. Karışık yükleme düzeninin ne olacağını tayin eden ise, bayilerden gelen müşteri talep miktarı ve bileşimidir.

Örneğin, bir firma, aylık sipariş bileşimine göre, bir ay içinde aynı montaj hattından çıkacak A, B, ve C tipi ürünlerinden 6000 palet A, 3000 palet B ve 3000 palet de C ürünü üretmek zorundadır. Ayda ortalama 20 çalışma günü olduğuna göre, söz konusu bileşim, günde 300 A, 150 B, ve 150 C paleti üretilmesi anlamına gelir. Birçok firmada bu bileşim, o da iyimser bir tahminle, günün ilk yarısında sadece A, geriye kalan ilk 1/4'lük kısmında B, ve son 1/4'lük

kısımında da C paletleri üretmek şeklinde değerlendirilir. Yalın üretimde ise, ürünler son montaj hattından A, B, A, C, A, B, A, C palet sıralamasına göre çıkarılır, ve bu sıralama ilke olarak gün boyu korunur. Yani, bir yandan her üç ürünün de talep bileşimindeki paylarını yansıtacak frekansta üretilmeleri sağlanır, öte yandan da her bir üründen mümkün olduğunca birer palet (ya da otomobil gibi karmaşık ürünler söz konusu olduğunda, birer adet) üretilir. Böylesi bir sistem, hem günlük üretim adetlerinin tutturulması zorunluluğuna ters düşmez, hem de bir önceki istasyonları, montaj hattının belli bir düzene dayanmayan çekiş yapması durumunda yedekte bulundurmaya zorunda kalacakları süreç içi stoku tutmalarını önler. İşte üretimin bir süreklilik ve düzen içinde yürütülmesine, ve ürünlerin adet açısından birbirlerine oranlarının olabilecek en küçük birimlere indirgenerek üretilmelerine, yalın üretimde "üretimde düzenlilik" denilmektedir.

Üretimde düzenlilik ilkesinin en önemli avantajlarından biri, üretimin talep değişikliğine stok tehlikesine düşülmeksizin adapte olmasını sağlamaktır. Yukarıdaki örnekte, herhangi bir gün ortasında bayilerden ya da müşterilerden gelen acil talep değişikliğine göre, günlük toplam ürün adedinin düşürülmesi gereği ile karşılaşıldığını varsayalım. Ayrıca, toplam adetteki düşüşe karşın, ürünlerin birbirlerine oranında bir değişikliğin söz konusu olmadığı varsayalım. Bu durumda, son montaj hattında yine A, B, A, C, A, B, A, C düzeni aynen devam eder ancak hat yavaşlatılır, yani, ürünler hattan daha uzun aralıklarla çıkarılmaya başlanır (hat yavaşlatmanın bir yolu, hattaki işçi sayısını düşürmektir).

### 1.3.9. Değer Akışı Haritalandırma

Değer Akışı, her ürün için esas olan ana akışlar boyunca bir ürünü meydana getirmek için ihtiyaç duyulan, katma değer yaratan ve yaratmayan faaliyetlerin bütünüdür. Her ürün için geçerli olan akışlar şunlardır:

- 1-Hammaddeden müşteriye üretim akışı,
- 2-Kavramdan kurulumla tasarım akışı (ürün geliştirme süreci)

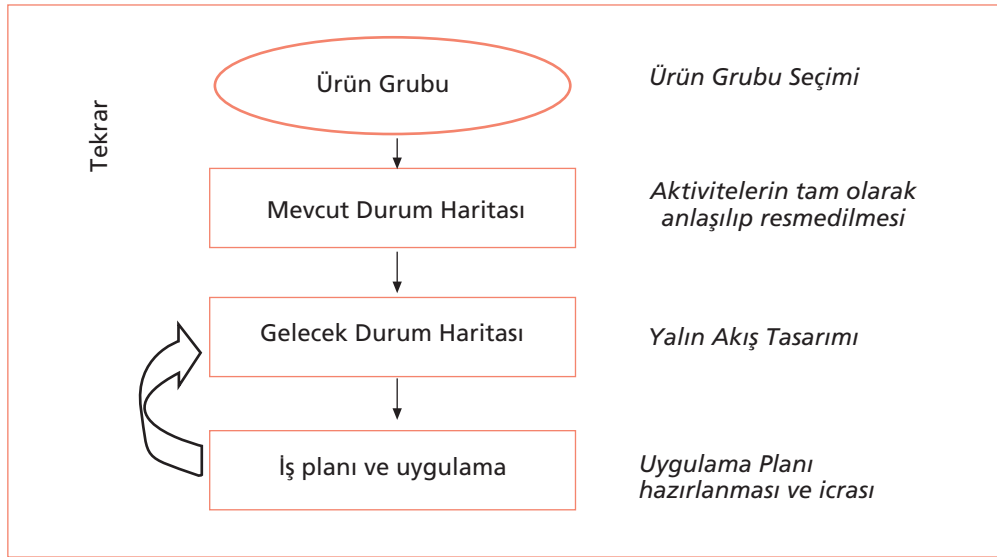
Değer akışı bakış açısı, tek tek prosesler üzerinde değil büyük resim üzerinde çalışmak ve sadece parçaları değil bütünü iyileştirmek demektir.

Değer akışı haritalandırma, ürünün geçtiği değer akışı boyunca oluşan malzeme ve bilgi akışını görmenize ve anlamanıza yardımcı olan bir tekniktir.

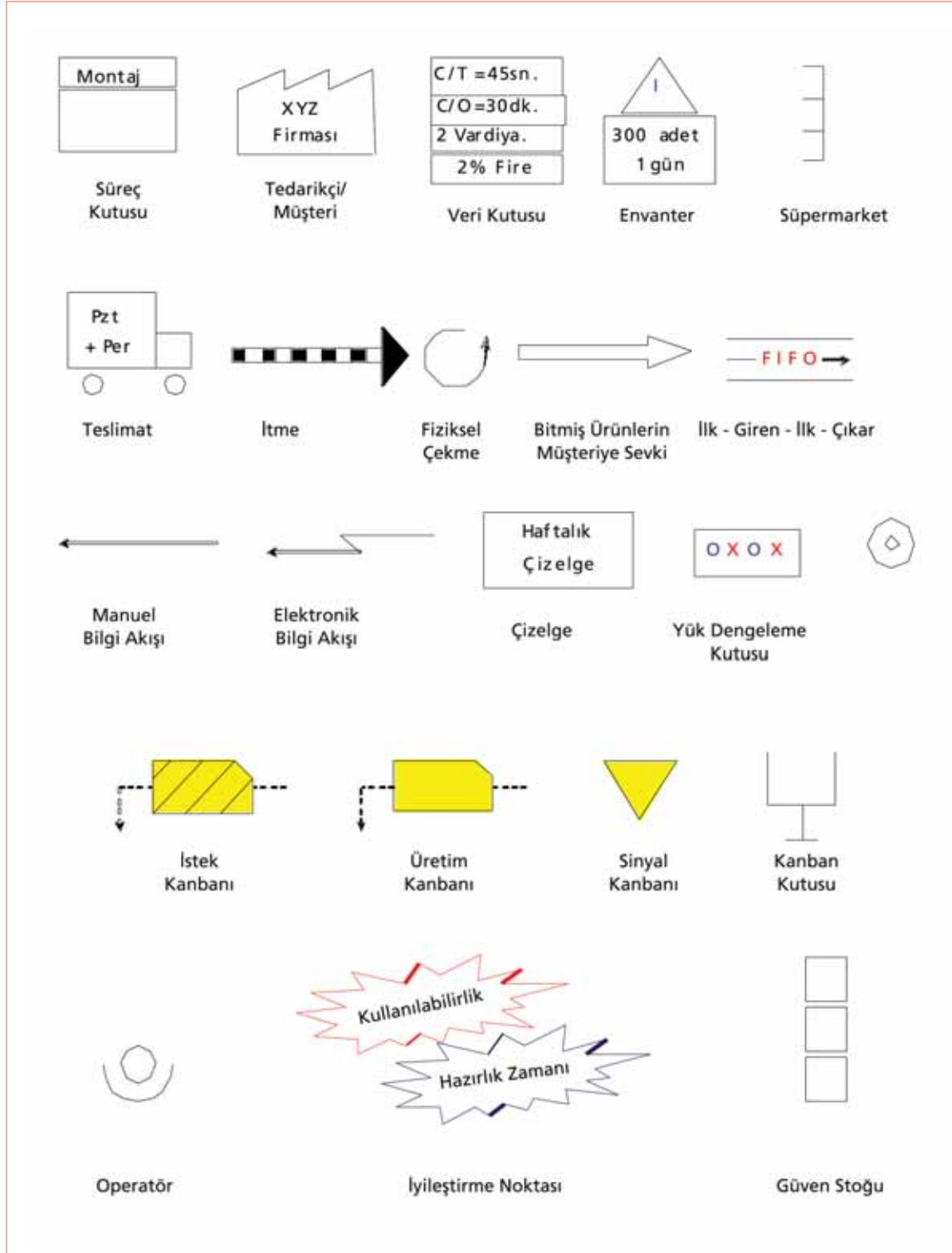
Değer Akışı Haritalandırma tekniğinin sağladığı avantajlar aşağıda belirtilmiştir:

- Üretimdeki tek bir prosesden, montaj, kaynak vb., daha fazlasını görmeye yardımcı eder.
- İsrattan daha fazlasını görmeyi sağlar. Haritalandırma, değer akış yollarındaki israf kaynaklarını görmeye yardımcı olur.
- Üretim süreçleri ile ilgili ortak bir konuşma dilinin oluşmasını sağlar.
  - C/T (Çevrim süresi)
  - C/O (model değiştirme süresi)
  - Operatör sayısı
  - Ambalaj/kasa büyüklüğü
  - Çalışma süreleri (Molalar hariç)
  - Hurda oranı
  - Çalışma süresi gibi bilgileri sağlar.
- Akışla ilgili kararlar görünür olduğu için tartışılabilir. Aksi takdirde, sahada alınan birçok kararlar ve detaylar hatalı olabilir.

- Yalın kavramlar ile teknikleri birbirine bağlar.
- Uygulama planı için temel oluşturur. Değer akışı haritaları, "kapıdan kapıya" bütün akışın nasıl işleyeceğinin tasarlanmasına yardım ederek yalın uygulama için birer plan oluştururlar.
- Bilgi ve malzeme akışları arasındaki ilişkiyi gösterir. Başka hiçbir araç bunu yapamaz.
- Katma değer yaratmayan adımlar, temin süresi, kat edilen mesafe, stok seviyesi gibi sayısal değerler üreten birçok nicel teknikten ve yerleşim planı hazırlamaktan daha faydalıdır. Değer akışı haritalandırma, akışı yaratmak için işletmenizi nasıl çalıştırmanız gerektiğini çok detaylı bir şekilde tanımlamayı sağlayan nitel bir araçtır. Rakamlar aciliyet hissi yaratmak veya önce ya da sonra ölçümleri için iyidir. Değer akışı haritalandırma ise o rakamları değiştirmek için neler yapacağınızı tanımlamak için iyidir.



**Şekil 9.** Değer Akışı Haritalandırma Süreci

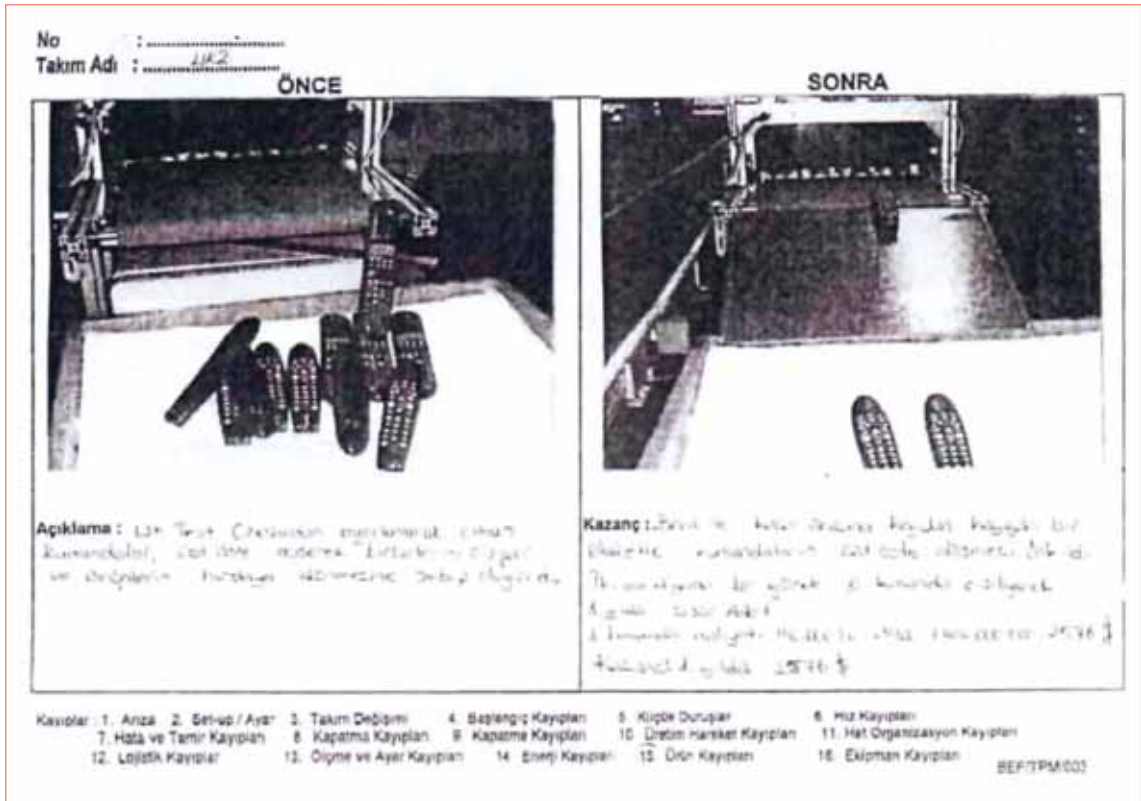


Şekil 10: Değer Akışı Haritalandırma Sembolleri

### 1.3.10. Kaizen

Stokla beslenmeyen, bu anlamda son derece hassas olan yalın üretim bugün ulaştığı konumuna karşın, asla gelinmiş noktaya yetinen durağan bir sistem değildir. Tersine olabilecek tüm zaman kayıplarının ve israfın adım adım saptanıp gerekli önlemlerin alınması sistemin devamı ve hassaslığının azaltılması için ön koşuldur. İşte bu yüzden yalın üretimi bünyesine almış firmalarda her an, her aşamada üretimin daha da iyileştirilmesine yönelik sürekli ve düzenli çalışmalar yapılır, sistemin bütününe yayılmış bu dinamik iyileştirme anlayışına da Japonca'da **KAIZEN** denir.

Shigeo Shingo'nun belirttiği gibi Kaizen, hiçbir işlemin, sürecin nihai halini almadığı, daha da mükemmeline ulaşabileceği, "kuru havludan bile su çıkarılabilir" anlayışının geçerli olduğu bir yaklaşımdır (Kırım,1999).



**Şekil 11:** Örnek Kaizen Uygulaması

Yalın üretimde Kaizen uygulamasına bakıldığında zaman görülen belki de en önemli özellik, ömür boyu iş garantisi altında çalışan tüm sürekli işçilerin Kaizen iyileştirme çalışmalarına bir takım çalışması anlayışı içinde baş aktör olarak katılmalarıdır. Yalın üretim sadece mühendis kadrolarının değil, tüm çalışanların yaratıcı potansiyeline saygı duyan bir sistemdir ve Kaizen'de, bu potansiyelin üretime kanalize edilmesi de, kalite çemberleri kanalıyla gerçekleşir. Atılması gereken ilk adım, çember üyelerine yalın üretimin "problem çözme" yönteminin öğretilmesidir. Bu yöntem aşağıdaki alt başlıklardan oluşmaktadır.

1. Problemin Saptanması
2. Problemin (Mevcut Durumun) İncelenmesi

3. Fikir Üretme
4. Değerlendirme
5. Uygulama Programının Hazırlanması

Uzmanlar son bir nokta olarak, Kaizen'e yönelik kalite çemberlerinden yüksek verimi alınabilmesi için, katılan işçilere mutlaka endüstri mühendisliği esaslarının da öğretilmesi gerektiğini belirtmektedirler. Nitekim Japon ana ve yan sanayi fabrikalarında işçilere yönelik geniş kapsamlı eğitim programları uygulanmakta ve endüstri mühendisliği yaklaşımı bu programlarda ağırlıklı olarak işlenmektedir. Yalın üretim anlayışı içinde kalite çemberlerini teşvik için ödüllendirme uygulamaları da gerçekleştirilir.

### 1.3.11. SMED

Tek dakikalık takım değişmesi genel olarak SMED (Single Minute Exchange of Dies) sistemi olarak bilinir. Bu isminin Tek dakikalık kalıp değişmesini baş harflerinden almıştır. SMED. Bu terim on dakikanın altında olan takım işlemlerine bir teori ve teknik göndermesini yapar bu birkaç dakikanın tek grupta belirlenmesi bu sistemin kazancıdır. Bu birçok durumda sürpriz bir şekilde yoğun karşılaşılabilecek bir süreçtir. SMED tekniği aşağıda belirtilen altı adet ilkeye sahiptir:

- 1) Bir kalıptan diğer bir kalıba geçiş sürecinde, makina durduğu zaman yapılan içsel hazırlık işlerini (internal setup procedures) ve makina çalışırken yapılan dışsal hazırlık işlerini (external setup procedures) saptayıp, mümkün olduğunca çok işi makina çalışırken gerçekleştirmeye yönelmek gerekir. Bunun için:
  - a. İlk olarak halihazırdaki uygulamada hangi işlerin makina durduğunda, hangilerinin makina çalışırken yapıldığı saptanmalıdır.
  - b. Bunlar içinde bazı işler rahatlıkla ve önemli bir değişikliğe gidilmeden makina çalışırken de yapılabilir olmalarına karşın, halihazırda makina durduğu zaman yapılıyorlarsa, bu büyük bir zaman kaybıdır. Bu tür işlemler mutlaka makina çalışırken yapılmalıdır.
  - c. İlk yapılan bu görece basit değişikliklerle de yetinmemek gerekir. Israrla daha ve daha çok işlemin makina çalışırken yapılabilmesi sağlanmalıdır. Bunun için kalıplar ve kullanılan takımlar dâhil donanımda ne gibi modifikasyon yapılabilir araştırılmalı ve çözümler geliştirilerek uygulamaya geçirilmelidir.
- 2) Kalıp değiştirmede hem bir önceki kalıbın çıkarıldıktan sonra üzerine hemen yerleşeceği, hem de aynı anda bir sonraki kalıbı taşıyan ve yerine takılmasını kolaylaştıran rulmanlı sistemler ya da taşıyıcılar (arabalar) kullanılmalıdır. Bu tür "mekanizasyon" bir kalıptan ötekine geçiş süresini kısaltacaktır.
- 3) Kalıp bağlama sırasında makinayı ayarlama (adjustment) gereğini önlemek de zaman tasarrufu sağlayacaktır. Bunun için bağlama sürecinde kullanılan kalıp ve makina bölümlerinde standartlaşmaya gitmek önemlidir. Örneğin, kalıpların makinaya bağlantı kısımları standart hale getirilirse (yani aynı boyut ve şekilde olursa), kalıplar bağlanırken aynı bağlayıcılar (jigs) ve takımlar kullanılabilir. Böylece standartlaşan kalıp değiştirme işi daha az süre tutacaktır.
- 4) Mengene ve bağlayıcıları vida ve civata gerektirmeyecek şekilde tasarlamak da zaman tasarrufu sağlar. Böylece işçiler çok daha kısa sürede sıkıştırma ve gevşetme işlemlerini yapabileceklerdir. Örneğin, bağlamada vida yerine "armut" şeklindeki deliklere oturma yöntemini tercih etmek daha doğrudur.



5) Kalıp değiştirme süresinin %50 kadarı, bir kalıp takıldıktan sonra yapılan ayarlama ve deneme çalışmalarıyla harcanır. Oysa bu zaman kaybı, kalıbın ilk anda tam gerektiği şekilde yerine oturması sağlanırsa, kendiliğinden önlenmiş olacaktır. Burada kullanılabilir yöntemler arasında kalıbın bir dokunuşta (**İngilizce: One-Touch Setup**) yerine oturabileceği "kaset" sistemleri, ya da makineye eklenecek limit anahtarları sayılabilir. Böylece kalıp takıldıktan sonraki ayarlama işlemine gerek kalmaz.

6) Kalıpları, makinalardan uzak depolarda saklamak, taşıma ile vakit kaybedilmesine yol açar. Bunun çaresi sık kullanılan kalıpları makinaların hemen yanlarında tutmaktır.

### 1.3.12. Toplam Üretken Bakım

Toplam Verimli Bakım (**İngilizce: Total Productive Maintenance**), en yalın ifadeyle, bir fabrikada kullanılan ekipmanın etkinliğini artırmak ve olası makina hatalarından kaynaklanacak ıskartaları önlemek amacıyla gerçekteştirilen tüm çalışmaları kapsayan bir terimdir.

Toplam Verimli Bakım'de (TPM) "toplam"ın üç anlamı vardır:

1. Kullanılan ekipmanın verimliliğini/etkinliğini artırıcı çalışmalar, ekipmanın "tüm" ya da "toplam" ömrü boyunca sürdürülmesi ki bu süre ekipmanın ilk alınışından, ıskartaya çıkarılışına dek geçen toplam süreyi kapsar.
2. Ekipmanın çalışmadan beklemesine neden olan, yine "tüm" etkenlerin kontrol altına alınması.
3. Ekipmanın verimini artırma çalışmalarına, firmada görev yapan "tüm" personelin katılması. TPM, firmada üst yönetimden başlayan bir TPM politikası oluşturulmasına ve fabrika zemininde de, oluşturulacak küçük işçi ekipleri kanalıyla hayata geçirilmesine dayanır.

TPM kapsamında makine ve techizata yönelik periyodik bir bakım sistematiği kurulmakta olup, operatörler kullandıkları makine ve techizatın bakım faaliyetlerine dahil olurlar. TPM ekipleri, her şeyden önce birer problem çözüme ekibi olarak algılanmalıdırlar. TPM ekipleri yaptıkları her işte bir problem ararlar, ve saptadıkları zaman da, çözümleri geliştirirler. Ekipmanın temizlenmesi, ya da yağlanması bile bu yaklaşım egemendir. Ekip, temizlenmesi ya da yağlanması zor olan ekipman parçalarının saptayıp, çözümleri getirmek zorundadır. Yalın üretimin "ürüne değer katmayan, sadece zaman harcanmasına yol açan tüm operasyonları/etkenleri elimine et!" ilkesi burada da geçerlidir. Ekibin bu görevi layıkıyla yerine getirebilmesi için de, ekip elemanları önce, uzmanlar tarafından ekipmanın çalışma ilkeleri üzerine eğitimden geçirilirler. Ekibin bir diğer önemli görevi de, ekipmanın ne kadar sıklıkla durduğunu saptayıp, kayda geçirmektir. Akabinde, ekipman durmasının, hangi ekipman parçasının ya da parçalarının bozulması sonucu meydana geldiği keşfedilip, yine çözümleri önerileri getirilir. Önerilerin içinde, gerekirse ekipmanı parçalarının tasarımında değişikliğe gidilmesi de yer alabilir.

TPM, tek parça akışına dayalı üretim hücrelerinin etkin çalışmasında da önemli rol oynayan bir tekniktir. Bu tip sistemlerde işlenmekte olan ürün stoku (WIP) olmadığından, hattaki herhangi bir makinenin bozulup durması, tüm hattı sekteye uğratıp, hattın söz konusu üründen tek bir adedin bile çıkmaması anlamına gelecektir.

## 2.YALIN ÜRETİM UYGULAMASI

### 2. YALIN ÜRETİM UYGULAMASI

Bu bölümde yukarıda anlatılan Yalın Üretim ilke ve tekniklerin bir üretim sistemine uygulanması faaliyetleri aktarılacaktır. Projede anlatılan sistematığın uygulaması **EAE Elektrik A.Ş.**'de yapılmaktadır.

#### 2.1. Uygulamanın Yapıldığı Firmanın Tanıtımı

1973 yılında faaliyetlerine başlayan EAE Grubu, elektrik sektöründe önde gelen imalatçı kuruluşlardan biridir. EAE kuruluşlarının hizmet kapsamı aşağıda özetlenmiştir.

**EAE Elektrik A.Ş.** → Busbar Enerji Dağıtım Sistemleri / Kablo Kanal Sistemleri / Döşeme Altı Kanal Sistemleri / Trolley Busbar Sistemleri

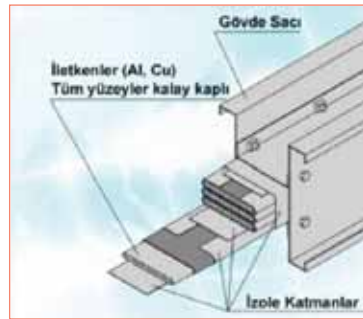
**EAE Elektroteknik A.Ş.** → Modüler Elektrik Panosu Kabinleri / Elektrik Kutuları

**EAE Makine A.Ş.** → Yassı Çelik Pres Otomasyon Sistemleri

EAE kuruluşları üretim ve pazarlama faaliyetlerini, İstanbul'da, 25.000 m<sup>2</sup> kapalı alanda hizmet sunan şirketler merkezinde sürdürmektedir. Grubun İzmir, Ankara ve Bursa 'da şube ve temsilcilikleri bulunmaktadır. EAE üretimini ISO 9001 standartlarında yapmaktadır.

Uygulama **EAE Elektrik A. Ş.**'de yapılmakta olduğundan bu üretim sistemindeki ürünler kısaca değinmek faydalı olacaktır.

**Busbar Enerji Dağıtım Sistemi:** Busbar, elektrik enerjisinin dağıtım ve taşınması için tasarlanmış prefabrik ve modüler bir sistemdir. Genel yapısı metal bir gövde içerisinde, standartlara uygun olarak, alüminyum yada bakır iletkenlerin izolasyon malzemeleri ve ortamları ile birleşmesinden oluşur.



Şekil 12: Busbar Modülü

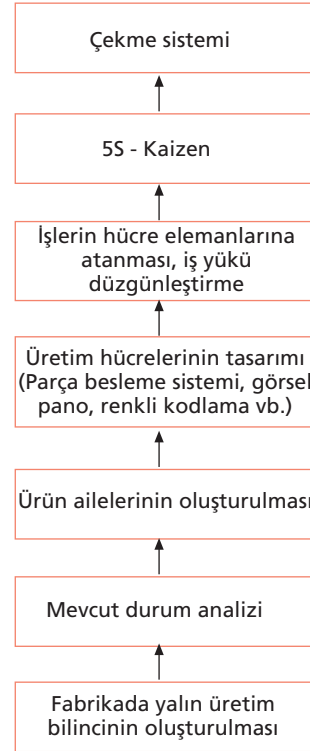
**Kablo Kanal Sistemleri:** EAE Kablo Taşıma Sistemleri aşağıdaki ürün gruplarını kapsamaktadır:

- CTG Gemici Tip & CTN Normal Tip
- UKS Üniversal
- CTH Hafif & CTA Ağır Tip Kablo Tavası
- CTK Kapaklar
- KMH Hafif Tip Kablo Merdiveni
- KMA Ağır Tip Kablo Merdiveni
- KMU Katlanır Kablo Merdiveni



**Şekil 13:** Kablo Kanalı

Proje kapsamında yapılmakta Yalın Üretim faaliyetleri, Busbar üretim sistemi ve Kablo Kanal ve Askı üretim sistemi olmak üzere iki alt sistemde yürütüldüğünden bu alt üretim sistemlerdeki Yalın Üretim faaliyetleri iki ayrı başlık altında belirtilecektir. Ayrıca projenin uygulama safhasında aşağıdaki yol haritası izlenecektir.



**Şekil 14:** Performans Arttırma Projesi Yol Haritası

## 2.2. Busbar Üretim Sisteminde Yapılan Yalın Üretim Faaliyetleri

Şu ana kadar Busbar üretim sisteminde yapılmakta olan Yalın Üretim faaliyetleri, Büyük Kutu Atölyesi ve Şalter Atölyesi'ni kapsamaktadır.

### 2.2.1. Büyük Kutu Atölyesi'ndeki Yalın Üretim Faaliyetleri

Öncelikle Büyük Kutu Atölyesi'nde mevcut durum analizi yapmak amacı ile KOP ürün ailesi mevcut durum değer akışı haritası hazırlanmıştır.

**Tablo 2:** Büyük Kutu Üretiminde Oluşturulan Ürün-Makine Matrisi

Ürün	Parça	İstasyon										Montaj
		Punch	CNC Abkant	EP 60	HP 100	EP 20	EP 30	Kaynak	Conta Atölyesi	Kıraç 2	Boya - Kaynak - Kaplama	
KOP SYK	KOP 160 - 250 Gövde	4	5	2	3			6		1	7	8
	KOP 400 Gövde	1	2					3			4	5
	Kapak		4	1	2	3		5	7		6	8
	Sol Tava			1			2	3				4
	Sağ Tava			1	2			3				4
	Köprü Sacı	1	2					3				
KOP KOMPAKT 160-250-400	Gövde	1	2					3			4	5
	Kapak	1	2					3			4	5
	Sol Tava	1	2					3				4
	Sağ Tava	1	2					3				4
	Köprü	1	2					3				4
KBB SYK	Gövde	1	2					3			4	5
	Kapak	1	4		2	3		5	7		6	8
	Sol Tava			1			2	3				4
	Sağ Tava			1	2			3				4
	Köprü Sacı	1	2					3				4
KBB KOMPAKT 160-250-630	Gövde	1	2					3			4	5
	Kapak		4	1	2	3		5	7		6	8
	Sol Tava			1			2	3				4
	Sağ Tava			1	2			3				4
	Köprü Sacı	1	2					3				4
KBP 160-250-400-630	Gövde	1	2					3			4	5
	Kapak		4	1	2	3		5	7		6	8
	Sol Tava			1			2	3				4
	Sağ Tava			1	2			3				4
	Köprü Sacı	1	2					3				4
KBP SYK 160-250-400-500	Gövde	1	2					3			4	5
	Kapak		4	1	2	3		5	7		6	8
	Sol Tava			1			2	3				4
	Sağ Tava			1	2			3				4
	Köprü Sacı	1	2					3				4
AKSESUAR	Mekanizma Saçı 1 Üst	1	2									3
	Mekanizma Saçı 2 Alt	1	2									3
	Handle Saçı	1	2									3
	U Kulak (Sağ)	1	2									3
	U Kulak (Sol)	1	2									3
	L Kulak	1	2									3
	Koruma Plastiği 1	1										2
	Koruma Plastiği 2	1										2
	Köprü Saçı 2	1	2									3
	Pim Sacı (Sağ)	1									2	3
	Pim Sacı (Sol)	1									2	3
	Kanal Kilitleme Sacı (Sağ)	1									2	3
	Kanal Kilitleme Sacı (Sol)	1									2	3
	Yataklama Sacı (Sağ)	1	2									3
	Yataklama Sacı (Sol)	1	2									3
	Toprak Bakır	1	2								3	4
	Nötr Bakır	1	2								3	4
Nötr Köprüsü	1	2					3			4	5	

Büyük kutu atölyesinin, büyük kutu yalın montaj sistemi haline getirilebilmesi için, U-biçimli üç hücre oluşturulması yeterli olmuştur. Oluşturulan hücrelerin isimleri ve görsellik için besleme sistemlerinde kullanılan renk kodlamaları aşağıda belirtilmiştir.

Hücre 1 (Sarı) → (U biçimli) → KBP 160 SYK  
Hücre 2 (Turuncu) → (L biçimli) → KBP 250 SYK  
Hücre 3 (Kırmızı) → (U biçimli) → KOP 160 SYK

Hücrelerde üretilecek ürün aileleri belirlendikten sonra montaj işi süreleri ve öncelikleri belirlenmiş ve hücrelerde hat dengeleme çalışmaları yapılmıştır. Birinci bölümde de bahsedildiği üzere hat dengeleme problemi için projede MATLAB kodlu bir yazılım kullanılmıştır. KBP 160 SYK ürünü için yapılan hat dengeleme çalışmasında çevrim süresi şu şekilde hesaplanmıştır:

KBP 160 SYK ürünü için Çevrim Süresi = Günlük Net Çalışma Süresi / Günlük Talep

$$= \frac{28,800}{80} = 360 \text{ saniye}$$

**Tablo 3:** KBP 160 SYK Ürünü (Hücre 1) için Hat Dengeleme

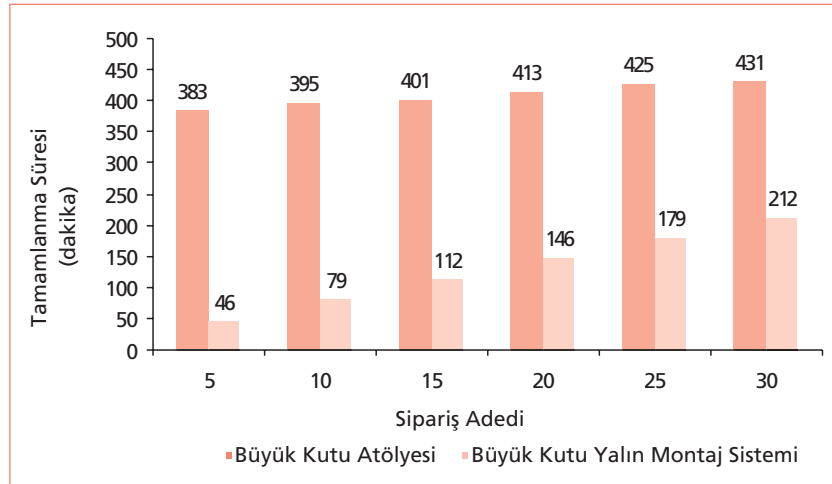
KBP 160 SYK (Çevrim Süresi=360 saniye)					
Çalışan No	İş Kodu	İş adı	İş süresi	Birikimli iş süresi	Kalan iş süresi
1	15	Kontak grubunun hazırlanması ve gövdeye koyulması	20	20	340
1	20	Yataklama saclarının gövdeye montajı	62	82	278
1	30	Şalterin gövdeye montajı	50	132	228
1	35	Şalterle kontak arasındaki faz bağlantılarının yapılması	62	194	166
1	45	Nötr barası hazırlanması	18	212	148
1	40	Gövdeye izolatör montajı	6	218	142
1	50	Nötr barası montajı	17	235	125
1	55	Faz bakırı, şalter ve nötr bara civatalarının sıkılması	26	261	99
1	75	Örtü plastiğinin hazırlanması	40	301	59
1	31	Şalter ön bağlantı civatalarının bağlanması	40	341	19
1	70	Kilitiyuva sacının gövdeye montajı	8	349	11
2	65	Şaltere kol mili montajı	30	30	330
2	60	Sıkılan Civataların tork kontrolü	30	60	300
2	25	Menteşelerin gövdeye montajı	24	84	276
2	80	Örtü plastiğinin gövdeye montajı	14	98	262
2	115	Kilidin kapağa montajı	7	105	255
2	120	Plastik kulpun kapağa montajı	16	121	239
2	85	Gövde içerisine toprak barası hazırlama	40	161	199
2	125	Toprak kablosunun kapağa montajı	14	175	185
2	90	Gövdeyi ters çevirerek kanal kilitleme mekanizmasının yapılması	35	210	150
2	130	Bere takımının kapağa montajı	34	244	116
2	100	Toprak koruma saclarının sökülmesi	26	270	90
2	135	Kapağın gövdeye montajı	21	291	69
2	105	Manevela sac montajı	16	307	53
2	140	Toprak kablosunun gövdeye montajı	15	322	38
2	110	Kanal kilitleme üstsacı	17	339	21
3	95	Kontak kontrolü	20	20	340
3	145	Etiketleme	20	40	320
3	150	Kutunun fonksiyonellik testinin yapılması	50	90	270
3	10	Rakor plakalarının gövdeye montajı	82	172	188
3	155	Kanal kilitleme altsacı montajı	35	207	153
3	160	Ambalaj	40	247	113

- Büyük kutu montajında kullanılan besleme parçalarının ve avadanlıkların çok olması nedeniyle montaj masasının karmaşık hale geldiği ve rahat bir montaj ortamından uzaklaşıldığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle masalara avadanlıklar için besleme rafları yapılması önerilmiştir ve öneri faaliyete geçmiştir. Bu şekilde, yılda **63,710 metre** [ 5.54 metre (merkezi raf ile montaj masaları arası) \* 2 (Gidiş-Geliş) \* 23 kez (Günde) \* 250 Gün/Yıl ] taşıma israfı (mudası) önlenmiştir.



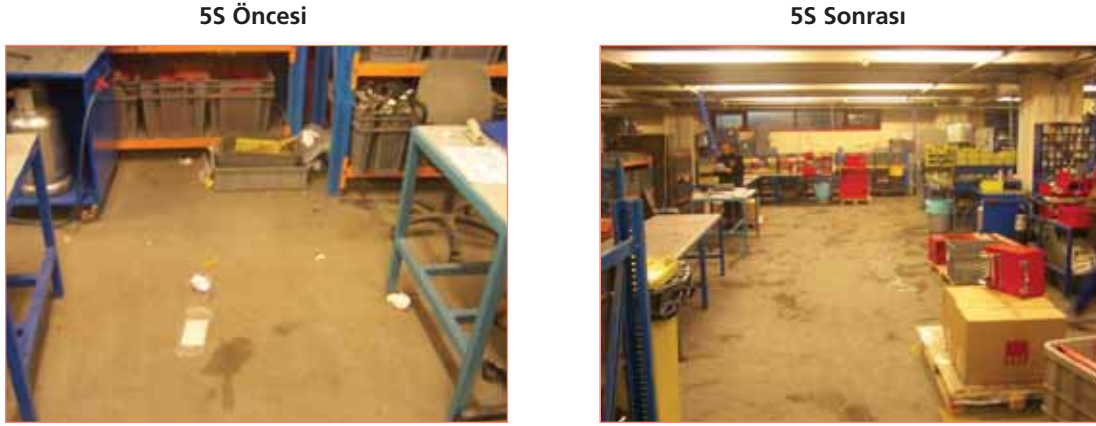
Şekil 15: KOP 160 SYK Hücresi

- Finansal açıdan işletmeye likidite sağlaması nedeniyle önem arz eden düşük hacimli perakende satışlarda Büyük Kutu Yalın Montaj Sistemi, eski sisteme kıyasla “Hızlı Yanıt” özelliği taşımaktadır. Bu durum Şekil 16’da değişen sipariş miktarları için belirtilmiştir.



Şekil 16: Büyük Kutu Üretiminde Değişen Sipariş Adetlerine Göre Tamamlanma Zamanları

- Büyük Kutu yalın montaj sistemi panosu düzenlenmiş olup, “planlanan-gerçekleşen” üretim miktarı takibinin, panoda yapılması planlanmıştır.
- Büyük kutu hücrelerinin sonuna test istasyonu yerleştirildi. Böylece kutu veya işgörenin dolaşma israfı (mudası) yapmadan % 100 ürün denetimi sağlanmış oldu. Ayrıca, yılda **45,500 metre** [ 7 metre \* 2 (Gidiş-Geliş) \* 13 kez (Günde) \* 250 Gün/Yıl ] dolaşma israfı (mudası) önlenmiştir.
- Tüm yalın montaj hücrelerindeki, parça akışında her işgörenin hangi montaj işlerini yapacağı tamamiyle saptanmış olup, bu işler hücre yanlarında bulunan görsel evraka işlenmiştir.
- Büyük Kutu Atölyesi'nde 5S faaliyetleri yürütülmeye başlanmıştır. Gereksiz olmayan teçhizat, malzeme atölye ortamından uzaklaştırılmış, düzenleme ve temizlik konusunda ilerleme kaydedilmiştir.



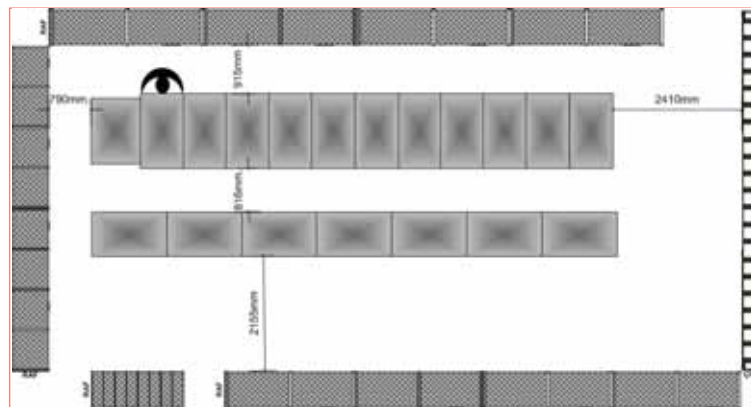
Şekil 17: Büyük Kutu Atölyesi'nde 5S

Tablo 4: Büyük Kutu Atölyesi ve Büyük Kutu Yalın Üretim Sistemi Performans Karşılaştırma Tablosu

	Büyük kutu atölyesi	Büyük kutu yalın montaj sistemi	Değişim yüzdesi
Günlük üretim adedi (9 işgören ile)	65	100	54%
Ortalama montaj temin (ürünün montaj hücrelerinde geçirdiği süre) süresi (saniye)	22138	1159	-95%
Ortalama çevrim (ardışık iki ürün çıkış zamanları arasındaki fark) süresi (saniye)	1159	399	-66%
Ürün bazında katma değeri olmayan süre yüzdesi	0.95	0.01	-99%
Alan (m)	187	100	-47%
Yan mamul miktarı (adet ürün eşdeğeri)	65	5	-92%
Kalite kontrolü yapılan ürün oranı	0,2 (13 ürün/65 ürün)	1 (100 ürün/100 ürün)	400%
İşgücü kullanım oranı	1	0.97	-3%
Üretim planlama uyum oranı	0.59	0.76	29%

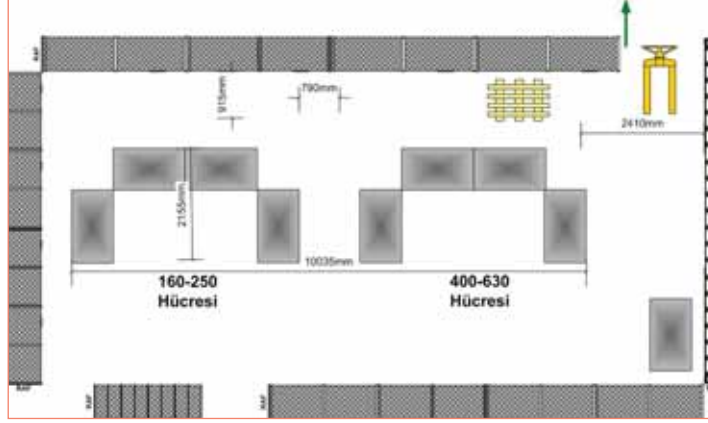
### 2.2.2. Şalter Atölyesi'ndeki Yalın Üretim Faaliyetleri

Şalter atölyesi ile ilgili yalınlaştırma çalışmaları yürütülmüştür. Mevcut durumda atölyedeki elemanların, hücre (takım) çalışmasından uzak, birbirlerinden bağımsız çalıştıkları gözlemlenmiştir. Ayrıca şalter atölyesi yanındaki deponun da çok düzensiz bulunmuştur.



Şekil 18: Şalter Atölyesi Mevcut Durum Yerleşimi

Şalter atölyesinde iki U-biçimli hücre tasarlandı. Birinci hücre 160-250, diğeri ise, 400-630 şalterlerinin yapılması için planlandı. Böylece şalter atölyesinde bulunan 18 masadan 6-7 masanın atölyede fazla olduğu belirlenmiştir.



Şekil 19: Şalter Atölyesi Hücresel Yerleşim

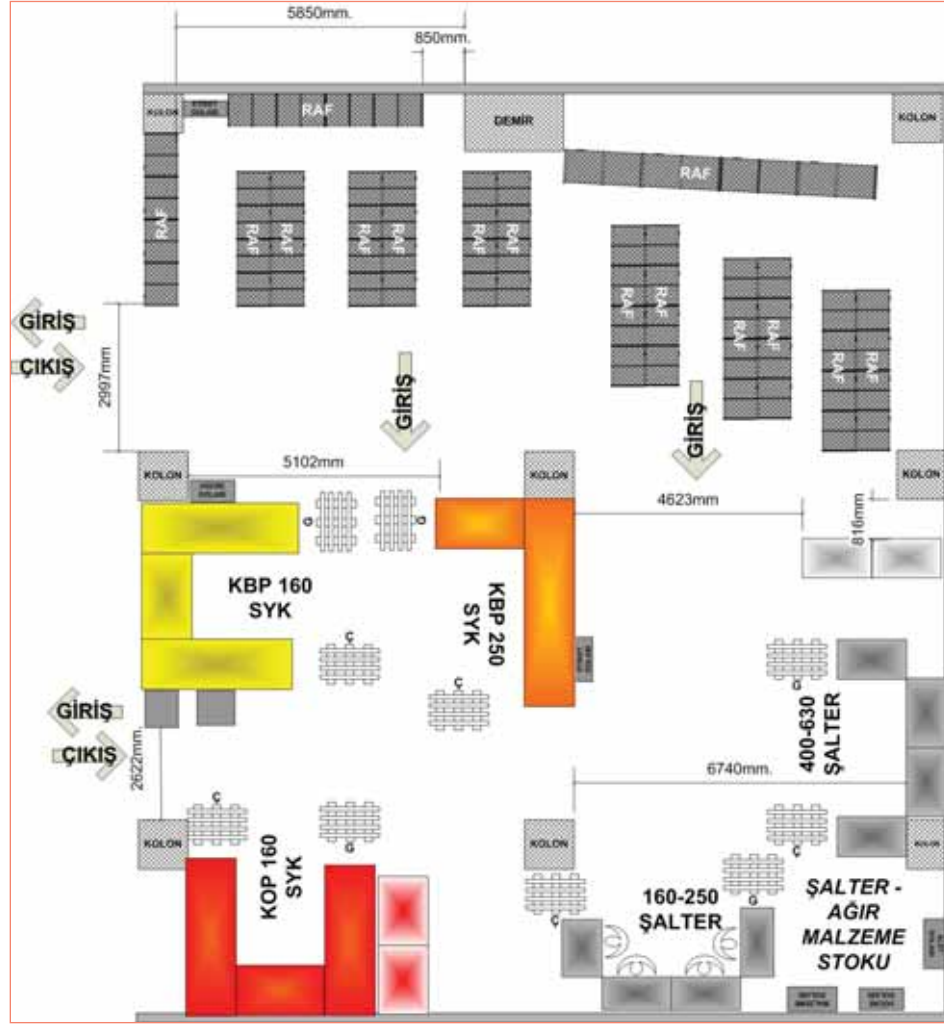
Şalter hücrelerinde üretilecek ürün aileleri belirlendikten sonra büyük kutu atölyesinde olduğu gibi montaj işi süreleri ve öncelikleri belirlenmiş ve hücrelerde hat dengeleme çalışmaları yapılmıştır. Hat dengeleme çalışması neticesinde her hücrenin 3'er elemandan oluşmasının yeterli olacağı saptanmıştır.

Tablo 5: SYK 160 Ürünü (Hücre 1) için Hat Dengeleme

Çalışan No	İş Kodu	İş Adı	SYK 160 Şalter		
			İş Süreleri	Birikimli İş Süreleri	Kalan İş Süresi
1	5	Buş on bakırına yay montajı	40	40	290
1	10	G övdelere buş on bakır tutturma	240	280	50
1	20	Perçinli kontak kaplamaya bakır perçinleme	50	330	0
2	15	G övdelere ayak çakma	45	45	285
2	25	İç kontak bakırlarının montajı	99	144	186
2	30	G övdeye mafsal sürücü montajı	125	269	61
2	40	Kapak yağlama	6	275	55
2	65	E etiketleme	7	282	48
3	35	Saplamlara tırtıllı somun takılması	25	25	305
3	45	Modülleri şaselere birleştirme	65	90	240
3	50	Broş sisteminin montajı	50	140	190
3	55	Mekanizma yayının yerleştirilmesi	18	158	172
3	60	Şase üstü montaj	30	188	142
3	70	Mekanik alıştırma	15	203	127
3	75	Son Kontrol	23	226	104
3	80	İç kontakların mesafe ayarının yapılması (NH çekme)	10	236	94

- Şalter atölyesinin müşterisi, Büyük Kutu Yalın Montaj Hücreleri olduğundan, kurulacak şalter hücrelerinin, Büyük Kutu üretiminin içine taşınmasının çok faydası olacağı saptandı. Şalter hücrelerinin büyük kutu alanına sığıp sığmadığını değerlendirmek için, büyük ve küçük kutu montaj sistemlerinde ölçümlene yapıldı. Sonuç olarak ancak Küçük Kutu Atölyesi'nin üst kata taşınması ile planlanan çalışmanın yapılabileceği saptandı. Bu bilgiler ışığında, Küçük Kutu Atölyesi'ni üst kata taşınarak, Şalter Hücrelerinin Büyük Kutu Hücreleri ile bitişik olması sağlandı. Şalter ile kutu hücreleri arasındaki şalter taşınmasının, servis arabası ile yapılması uygun görüldü. Bu yerleşimde, yılda **138,600 metre** [ 39.60 metre (Büyük Kutu Atölyesi ile Şalter atölyesi arası) \* 2 (Gidiş-Geliş) \* 7 kez (Şalter Hücrelerinden Büyük Kutu Hücrelerine bir günde yapılan şalter tedariki) \* 250 Gün/Yıl ] taşıma israfı (mudası) önlenmiştir.





**Şekil 20:** Büyük Kutu ve Şalter Atöyeleri İçin İyileştirilmiş Yerleşim Planı

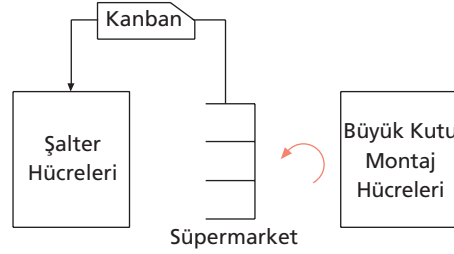
Şalter Atölyesi ile Şalter Yalın Montaj Sistemi'nin performans karşılaştırması aşağıdaki tablodaki gibidir.

**Tablo 6:** Şalter Atölyesi ve Şalter Yalın Üretim Sistemi Performans Karşılaştırma Tablosu


	Şalter Atölyesi	Şalter Yalın Montaj sistemi	Değişim Yüzdesi
Günlük üretim adedi (3 işgören ile)	50	80	60%
Ortalama montaj temin (ürünün montaj hücrelerinde geçirdiği süre) süresi (saniye)	21753	848	-96%
Ortalama çevrim (ardışık iki ürün çıkış zamanları arasındaki fark) süresi (saniye)	842	330	-62%
Ürün bazında katma değeri olmayan süre yüzdesi	0.96	0.01	-99%
Alan (m <sup>2</sup> )	103	57	-45%
Yarı mamül miktarı (adet ürün eşdeğeri)	50	5	-92%
İşgücü kullanım oranı	1	0.96	-4%

### 2.2.3. Büyük Kutu ve Şalter Hücreleri Arasında Tasarlanan Çekme Sistemi

Büyük Kutu Yalın Montaj Sistemi'ne şalter tedariki sağlayan Şalter Yalın Montaj sistemi arasında fazla üretim israfını önlemek amacı ile çekme sistemi tasarımı yapılmıştır. İki birimin yerleşimde birbirine yakın olması sistemin uygulanmasını kolaylaştıracaktır. Şekil 26'da görüldüğü gibi Büyük Kutu hücreleri ihtiyaç duydukları şalterleri aradaki süpermarketten temin edecek olup, şalter üretimini kanbanlar (kartlar) tetikleyecektir.



Şekil 21: Çekme Sistemi Yapısı

	<b>Üretim Kanbanı</b>			
	Ürün Kodu	99391		
	Ürün İsmi	160 Amper Şalter SYK		
Kanban No	2/2	Taşıma Birimi	Sepet	
Süpermarket Adresi	Ş 160-01	Taşıma Miktarı	8	
Tedarikçi Hücre	Şalter	Müşteri Hücre	Büyük Kutu	

Şekil 22: SYK 160 Şalter için Tasarlanmış Üretim Kanbanı

Tasarlanan üretim kanbanı çalışma ilkeleri aşağıda belirtilmiştir:

- Üretim Kanbanı olmadan kesinlikle üretim yapılmaz.
- Nadiren üretilen 84033, 84047 ve 89504 kodlu 630 A şalter üretimi için üretim kanbanı kullanılmaz.
- Aynı ürün ailesi ile ilgili birden fazla üretim kanbanı varsa, en kısa terminli iş emrine öncelik verilir.
- Süpermarketten ürün almadan önce mutlaka üzerindeki üretim kanbanının alınıp ilgili hücrenin askısına asılması gerekir.
- Üretim Kanbanları yalnızca tanımlanan yerlerde (süpermarket, askı) bulunmalıdır.
- Her hafta başında hücre takım liderleri kanban sayılarını kontrol eder.
- Kodlanan süpermarket yerlerine tanımı dışında ürün koyulamaz.

Kanban sisteminin çalışma sistematığı şu şekildedir:

1. Büyük kutu hücrelerinden herhangi biri, herhangi bir şaltere ihtiyaç duyduğu zaman, lojistik elemanı şalter süpermarketine gider.
2. Süpermarketten alacağı şalter sepetinin üzerindeki üretim kanbanını üretileceği şalter hücrenin askısına asar.
3. Süpermarketteki şalter sepetini ise büyük kutuya montaj hücrelerine götürür.
4. Eğer üretim kanbanı ilgili hücre alanında kırmızı bölgeye asılır ise üretime hemen başlanır. Örneğin, aşağıdaki şekilde gösterilen panoya göre, kırmızı bölgeye de Kanban konmuş olan SYK 250 şalteri için şalter hücrelerinde üretim başlamaktadır.



**Şekil 23:** Şalter Üretim Kanbanlarının Asıldığı Pano

5. Kanbana göre üretilen şalterler, hücrede tamamlanır tamamlanmaz askıdaki üretim kanbanı ile birlikte süpermarketteki adresine götürülür.



**Şekil 24:** Büyük Kutu ve Şalter Hücreleri Arasındaki Süpermarket

**SYK 160 Şalter** için Kanban sayısı ise aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır;  
Ortalama Talep = (32 adet/gün) / (540 dakika /gün) = 0,059 adet/dakika

Kanban Çevrim Süresi = 10 (Bekleme Süresi) + 72 (Montaj) + 810 (Dışarıda Yaptırılan Ara İşlemler) = 892 dakika

Güvenirlilik Katsayısı ( $\alpha$ ) = 0,30

Kasaya Konulacak miktar (KB) = 8

$$\text{Kanban Sayısı} = \text{KS} = \left[ \frac{\text{OT} * (1 + \alpha) * \text{KÇS}}{\text{KB}} \right]^+ = \left[ \frac{0,059 * (1 + 0,30) * 892}{8} \right] = 9$$

**SYK 250 Şalter** için ise kanban sayısı 6 olarak hesaplanmıştır.

İtme sisteminde Büyük Kutu ve Şalter Atölyeleri arasında ortalama;

180 Adet [6 kasa\*30 adet/kasa] SYK 160 Şalter + 216 Adet [12 kasa\*18 adet/kasa] SYK 250 Şalter = 396 Adet şalter varken,

Çekme sisteminde Büyük Kutu ve 160-250 SYK Şalter Yalın Montaj Hücreleri arasında 72 Adet [9 kasa\*8 adet/kasa] SYK 160 Şalter + 18 Adet [6 kasa\*3 adet/kasa] SYK 250 Şalter = 90 Adet şalter bulundurulacaktır.

Bu durumda, tasarlanan çekme sistemi ile Büyük Kutu-Şalter üretimi arasındaki stok miktarının % 77 [(396-90)/396] oranında azaltılması sağlanmıştır.

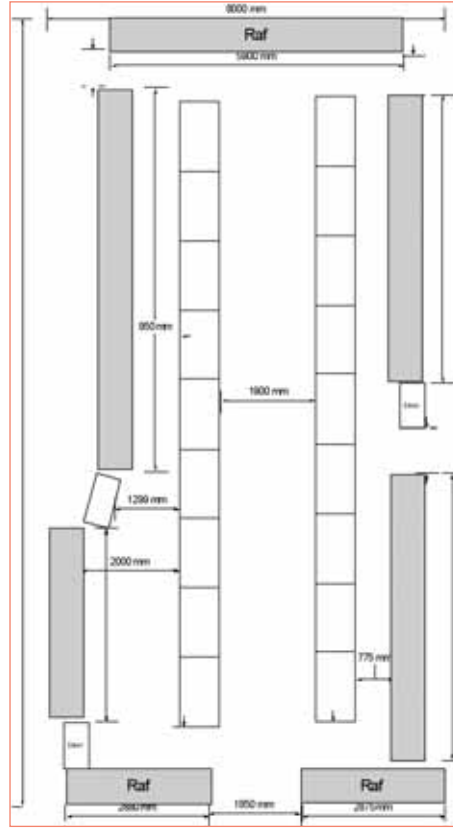
#### 2.2.4. Küçük Kutu Atölyesi'ndeki Yalın Üretim Faaliyetleri

Yapılan incelemelerde Küçük Kutu üretiminde “biriktir-beklet” tarzında bir üretim olduğu saptanmıştır. Bu nedenle derhal veri toplanarak yalınlaştırma çalışmalarına başlanılmıştır.



**Şekil 25:** Küçük Kutuların “Biriktir-Beklet” Biçimli Montajı

Küçük Kutu Atölye Şefi ile Küçük Kutu Atölyesi analizine başlanarak atölyede monte edilen ürünler ve örgüt yapısı hakkında bilgi alındı. Çalışmanın amacının atölyeyi yalın montaj hücresi haline dönüştürülmesi olarak saptanılmıştır. Öncelikle Küçük Kutu Atölyesi'nin mevcut yerleşimi incelenmiştir.



**Şekil 26:** Küçük Kutu Atölyesi Mevcut Durum Yerleşimi

Küçük kutu atölyesi, U-biçimli üç hücre oluşturularak küçük kutu yalın montaj sistemi haline getirilmiştir. Oluşturulan hücreler ilgili ürün aileleri üretimi için düzenlenmiştir. Oluşturulan hücrelerin isimleri ve ilgili ürün aileleri aşağıda belirtilmiştir.

Hücre 1 → KAP 32, DAP 32, KM 25, MKP 16 (Kırmızı Hücre)

Hücre 2 → KOP 40, KOP 80 (Turuncu Hücre)

Hücre 3 → MKP 40, MKP 80 (Mavi Hücre)

Hücrelerde üretilecek ürün aileleri belirlendikten sonra montaj işi süreleri ve öncelikleri belirlenmiş ve hücrelerde hat dengeleme çalışmaları yapılmıştır.

**Tablo 7:** KAP 32 Ürünü (Hücre 1) için Hat Dengeleme

		KAP 32 Çevrim Süresi: 108 Saniye						
		Fişek Sigortasız			Fişek Sigortalı			
Çalışan No	İş Kodu	İş Adı	İş Süresi	Birikimli İş Süresi	Kalan İş Süresi	İş Süresi	Birikimli İş Süresi	Kalan İş Süresi
1	5	Puntalama	30	30	78	30	30	78
1	10	Kabloya yay takılması	73,8	103,8	4,2	73,8	103,8	4,2
2	15	Gövde plastigine kablo kelepçesini takma	12	12	96	12	12	96
2	20	Kilit mekanizması ve otomat rayını perçinlemesi	21	33	75	21	33	75
2	25	Kabloların gövdeye montajı	30	63	45	30	63	45
2	30	Örtü plastiği montajı (pim başlarının ezilmesi)	24	87	21	24	87	21
2	35	Kulak tutamaklarının (sağ ve sol) montajı	4,8	91,8	16,2	4,8	91,8	16,2
3	40	Nötr ve toprak klemenslerinin montajı	39	39	69	39	39	69
3	51	Fişek sigorta takılması	0	39	69	54,6	93,6	14,4
3	45	Kilit mekanizma yayı montajı	39,6	78,6	29,4	0	93,6	14,4
3	55	Etiketleme	22,8	101,4	6,6	0	93,6	14,4
4	45	Kilit mekanizma yayı montajı	0	0	108	39,6	39,6	68,4
4	55	Etiketleme	0	0	108	22,8	62,4	45,6
4	60	Kapak contası takılması ve şeffaf camın sabitlenmesi	18	18	90	18	80,4	27,6
4	65	Kutu içine bir adet kablo rakoru ve bir adet sıra klemensi konulması	1,8	19,8	88,2	1,8	82,2	25,8
4	70	Kapağın gövdeye menteşe tarafından sabitlenmesi ve vidalanması	34,8	54,6	53,4	0	82,2	25,8
4	50	Kontak contasının yapıştırılması	16,8	71,4	36,6	16,8	99	9
4	75	Kanalda kutu fonksiyon testi	16,8	88,2	19,8	0	99	9
5	70	Kapağın gövdeye menteşe tarafından sabitlenmesi ve vidalanması	0	0	108	34,8	34,8	73,2
5	75	Kanalda kutu fonksiyon testi	0	0	108	16,8	51,6	56,4
5	80	Küçük kutunun ambalajlanması ve büyük ambalaja yerleştirilmesi	0	0	108	19,8	71,4	36,6
5	80	Küçük kutunun ambalajlanması ve büyük ambalaja yerleştirilmesi	19,8	19,8	88,2	0	71,4	36,6

- Özellikle Punta ve Ultrason makinasının kutu atölyesinde bulunmaması nedeniyle atölyede bir hayli israf (muda) olduğu gözlemlenmiştir. Bu gözlem neticesinde Punta ve Ultrason makinesinin Küçük Kutu Atölyesi alanının içerisine alınmıştır. Bu faaliyet neticesinde, yılda **74,220 metre** [ 74.22 metre (eski yerleşimde Punta ve Ultrason makinesi ile Küçük Kutu Atölyesi arası uzaklık) \* 2 (Gidiş-Geliş) \* 2 kez (Günde) \* 250 Gün/Yıl ] taşıma israfı (mudası) önlenmiştir.
- Hücrede çalışanların isimleri, fotoğrafları, becerileri, yapacakları işler ve planlanan ve gerçekleşen üretim miktarlarını gösteren bir görsel pano düzenlenmiştir. Görsel panoda aşağıda belirtilen belgeler mevcuttur:
  - i. Hücre lideri
  - ii. Küçük Kutu Yalın Montaj Sistemi bünyesinde kurulan hücreler ve hücrelerde çalışan elemanlar
  - iii. Üretim takip (Planlanan/Gerçekleşen üretim miktarı) formu
  - iv. Ürünler için hat dengeleme sonuçları
  - v. Satır bazında işlerin, sütun bazında işgörenlerin bulunduğu ve işgörenlerin ilgili işlere yönelik yetkinlik derecelerini dört derecede değerlendiren Kızaran Elma Diyagramı
  - vi. Küçük Kutu Yalın Montaj Sistemi'nde gerçekleşen iyileştirme faaliyetleri ile ilgili bilgi ve resimler
  - vii.Ödül ve teşvikler

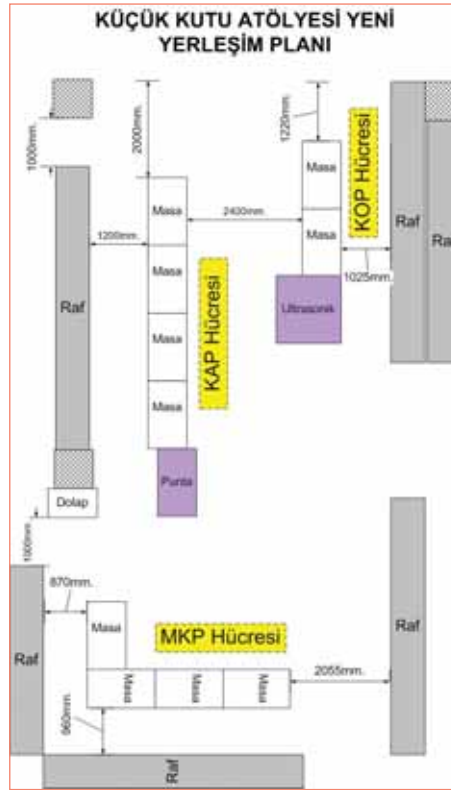


**Şekil 27:** Küçük Kutu Yalın Montaj Sistemi Görsel Panosu

- Hücrelerde kullanılan avadanlıklar da, hücre renklerinden seçilip, kullanılmaya başlanmıştır. Mavi ve turuncu avadanlıkların, içlerine hangi parçaların konulacağına tanıtımının yapılmasına karar verilmiştir.
- Talep durumlarına göre, küçük ve büyük kutu işgören transferinin yapılmasının uygun olacağı belirlenmiştir.



**Şekil 28:** Kırmızı Hücrenin 5 İşgörenle Akan Bant Sistemine Göre Çalışması



**Şekil 29:** Küçük Kutu Yalın Montaj Sistemi Yerleşimi

Küçük Kutu Yalın Montaj sisteminin uygulanması ile üretim adedi olarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.



**Tablo 8:** Küçük Kutu Yalın Montaj Sisteminin İlk Aşamadaki Üretim Adetleri ve Eski Durumla Karşılaştırması

KAP 32		
Sistem	"Biriktir Beklet" Yaklaşımı	Yalın Montaj Hücresi
İşgören Sayısı	5	5
Üretim Sayısı (adet/gün)	270	320
MKP 40-80		
Sistem	"Biriktir Beklet" Yaklaşımı	Yalın Montaj Hücresi
İşgören Sayısı	5	4
Üretim Sayısı (adet/gün)	150	180
KOP 40		
Sistem	"Biriktir Beklet" Yaklaşımı	Yalın Montaj Hücresi
İşgören Sayısı	2	3
Üretim Sayısı (adet/gün)	60	110

**Tablo 9:** Küçük Kutu Atölyesi ve Küçük Kutu Yalın Üretim Sistemi Performans Karşılaştırma Tablosu

	Küçük Kutu Atölyesi	Küçük Kutu Yalın Montaj Sistemi	Değişim Yüzdesi
Üretim Planına Uyum Oranı (112 Günde)	0,62	0,91	47%
Ürün Bazında Katma Değeri Olmayan Süre Yüzdesi	0,98	0,01	-99%
Üretim Alanı (m <sup>2</sup> )	45	22	-51%
Yarı Mamül Miktarı (adet ürün eşdeğeri)	300	7	-98%
Kalite Kontrolü Yapılan Ürün Oranı	0,7	1	43%
Ortalama Montaj Temin (Ürünün montaj hücresinde geçirdiği süre ) Süresi (saniye)	18684	461	-98%
Ortalama Çevrim (Ardışık iki ürün çıkış zamanları arasındaki fark) Süresi (saniye)	1894	104	-95%
İşgücü Kullanım Oranı	1	0,88	-12%

### 2.2.5. KB Köşe Montaj Sistemi'ndeki Yalın Üretim Faaliyetleri

KB Köşe Montaj sistemi için üretim sahasında yapılan incelemede, KB Köşe Montaj sisteminde her modülün, genellikle bir işgören tarafından ele alındığı ve tamamının montajının yine bir işgören tarafından yapıldığı tespit edilmiştir. Böyle bir sistemin, ya prototip ürün veya çok küçük seri ürün montajlarında, ya da hareketlendirilmesi zor büyük ürünlerde uygun olduğu belirtilmiştir. Tek işgörenli montajın yapıldığı sistemde, malzeme arama-bulma ve getir-götür gibi katma değeri olmayan faaliyetlerin çokluğu, ayrıca en önemlisi sistem içinde bir kargaşanın (kaosun) yaşandığı göze çarpmış olup ve yalınlaştırma faaliyetleri ile sistemin geliştirilmesi düşünülmüştür. Bu nedenle hareketli bant ve yalın parça besleme sistemlerine geçilmesine karar verilmiştir. KB, montaj işlerinin benzerliğine göre dört modül ailesine ayrılmıştır. Birinci aile pilot aile olarak seçilmiştir.



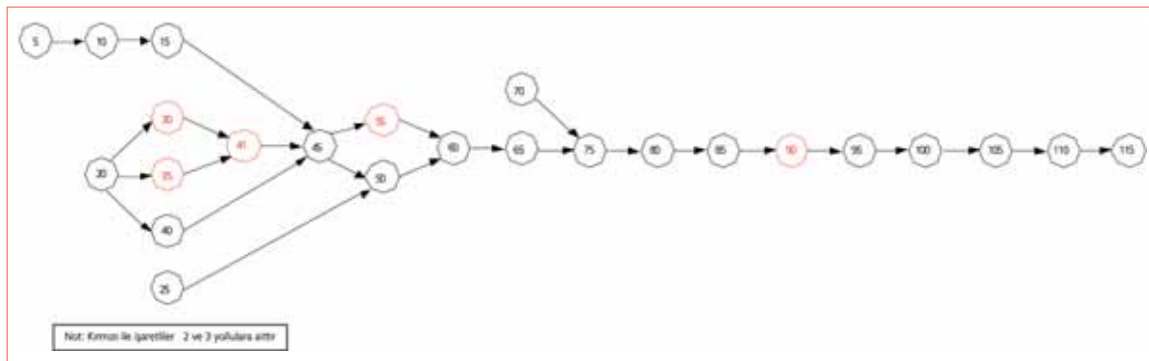
Tablo 10: KB Ürün Aileleri

1. Aile	2. Aile	3. Aile	4. Aile
U-Yukarı Dönüş	L-Sola Dönüş	KUL-Yukarı Sola Komb. Ofset	P40-Pano Giriş
D- Aşağı Dönüş	R-Sağa Dönüş	KUR-Yukarı Sağa Komb. Ofset	P41-Pano Çıkış
UV-Yukarı Dikey Ofset	TYR-Sağa T Elemanı	KDL-Aşağı Sola Komb. Ofset	TR31-Trafo Üstü
DV-Aşağı Dikey Ofset	TYL-Sola T Elemanı	KDR-Aşağı Sağa Komb. Ofset	TR41-Trafo Üstü
S10-Sonlandırma	TO-Ortadan T Elemanı	KLU-Sola Yukarı Komb. Ofset	TR61-Trafo Üstü
S11-Sonlandırma	PR30-Sağa Pano Giriş	KRU-Sağa Yukarı Komb. Ofset	YDT-Yatay Dilatasyon
DDT-Genleşme	PR31-Sağa Pano Çıkış	KLD-Sola Aşağı Komb. Ofset	RD-Redüksiyon
P10-Pano Giriş	PL30-Sola Pano Giriş	KRD-Sağa Aşağı Komb. Ofset	
P11-Pano Çıkış	PL31-Sola Pano Çıkış	LH-Sola Yatay Ofset	
PU20-Pano Giriş	TR51-Sağa Trafo Modülü	LR-Sağa Yatay Ofset	
PU21-Pano Çıkış	TL51- Sola Trafo Modülü		
PD20-Pano Giriş			
PD21-Pano Çıkış			
TR11-Trafo Üstü			
TU21-Yukarı Trafo			
TD21-Aşağı Trafo			

Birinci aile için akan bant sistemine dayalı Yalın Montaj Hücresi kurulmuştur. Yalın Montaj Hücresi temel ilkeleri aşağıdaki şekilde saptanmıştır.

1. Akan bant sistemine göre montaj işlerinin gerçekleştirilmesi ve işgörenlerin farklı KB yol sayısına ve takt süresine göre daha önceden tanımlı montaj işlerini yapması
2. Yalın montaj hücresine sadece tanımlı modül ailelerinin monte edilmek üzere gelmesi
3. Lojistik faaliyetleri yapan işgörenlerle montaj işini yapanların ayrılması
4. Yalın montaj hücresine parça beslemelerinin birçoğunun set arabası yardımıyla yapılması
5. Havalı sıkma aparatlarının kullanılması
6. Hücrede 5S faaliyetlerine önem verilmesi ve özen gösterilmesi
7. Hücre panosu düzenlemesi ve kullanılması, başka bir deyişle pano yardımıyla konuşan bir hücre dokusuna sahip olunması

1. modül ailesi için, montaj işi tanımları ve öncelikleri takım halinde tartışmalı olarak belirlenmiştir. Ayrıca öncelikli işler için "Birleşik Öncelik Diyagramı" çizilmiştir. Buradaki birleşik kelimesinin, gerek köşe modül ailesini ve gerekse her modül ailesindeki yol sayısını (Bir yöllu, iki yöllu ve üç yöllu modüller) kapsaması nedeniyle verilmiştir.

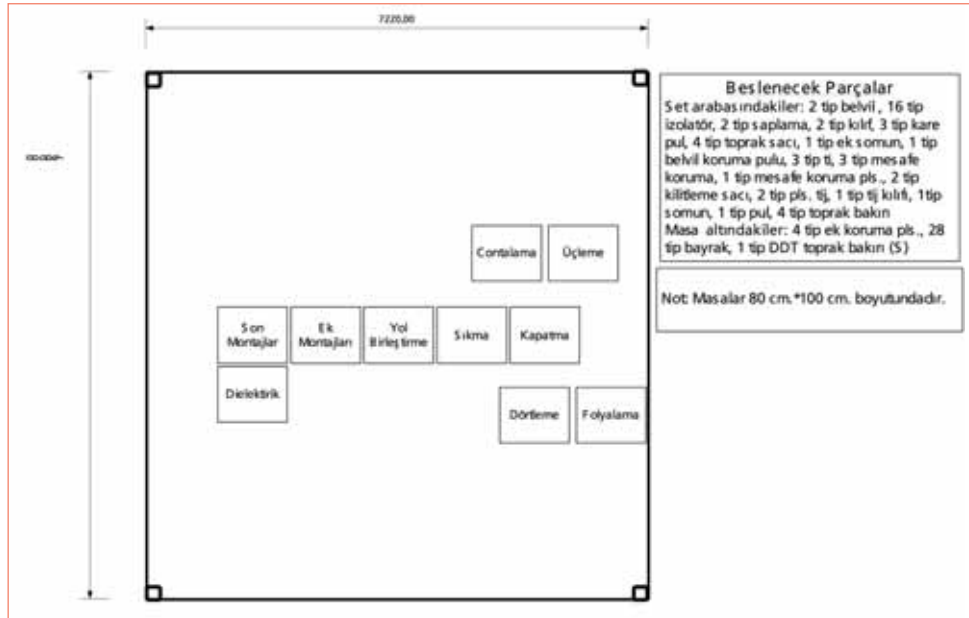


Şekil 30: Ürün Ailesi Birleşik Öncelik Diyagramı

İstenen çevrim süresi 4 dakikaya göre, daha önceden geliştirilmiş olan "Hat Dengeleme" yazılımı yardımıyla dengeleme sonuçları elde edilmiş ve elde edilen hat dengeleme sonuçlarına göre, montaj hücresi yerleşim düzenlemesi yapılmıştır.

**Tablo 11:** 1. Modül Ailesi için Hat Dengeleme (Çevrim Süresi: 240 saniye)

Çalışan No	İş Kodu	İşin Adı	1 Yollu		
			İş Süreleri	Birikimli İş Süreleri	Kalan İş Süresi
1	5	Folyolama yapılması (4)	87	87	153
1	10	Dörtleme yapılması	126	213	27
1	35	Ara birleştirme sacına conta yapıştırılması (2 ve 3 yollular)	0	213	27
1	30	Ara sacına conta yapıştırılması (2 ve 3 yollular)	0	213	27
1	41	1 adet ara sacına 2 baskı sacı tutturulması (3 yollular)	0	213	27
1	55	Ara ve ara birleştirme sacının montajının yapılması (2 ve 3 yollular)	0	213	27
1	90	Ara mesafe koruma plastiklerini yerleştirilmesi (2 ve 3 yollular)	0	213	27
2	20	1. Gövde sacına conta yapıştırılması	36	36	204
2	40	Gövde saclarına takoz ve baskı sacları tutturulması	124,8	160,8	79,2
2	11	İlerkenlerin omega kısımlarına conta çekilmesi	54	214,8	25,2
3	42	1.gövde saclarını ara gövde sacı ile birleştirme	65,4	65,4	174,6
3	15	Kafa contası yapıştırılması	30	95,4	144,6
3	45	İlerkenlerin yerleştirilmesi ve eksenlenmesi	45	140,4	99,6
3	25	2. Gövde sacına conta yapıştırılması	36	176,4	63,6
3	26	Üstkapaja conta çekilmesi	30	206,4	33,6
3	27	Altkapaja conta çekilmesi	30	236,4	3,6
4-9	50	Diğer geri kalan gövde sacının montajının yapılması ve eksenleme	240	240	0
5	56	Toprak ilerkeni(omega tarafına 2 ad 5)	168	168	72
5	57	Üstkapak montajı	54	222	18
6	58	Altkapak montajı	60	60	180
6	60	Yuvarlak taraftaki izolatörlerinin takılması (2 ve 3 yollulara 4 takılması)	9	69	171
6	65	Ay ek toprak saclarının takılması	60	129	111
6	70	Yuvarlak toprak ek takımının hazırlanması	30	159	81
6	75	Yuvarlak toprak ek takımının montajının yapılması	60	219	21
7	80	Üstkare pul ve belleklerin (çanak pul) tutturulması	84	84	156
7	85	Mesafe koruma izolatörlerinin takılması	12	96	144
7	95	Ek koruma plastiklerinin takılması	30	126	114
7	100	Eksaplamanın takılması	9,6	135,6	104,4
8	105	Takozlara sırtı conta takılması	132	132	108
8	110	Tanımlama etiketlerinin yapıştırılması	72	180	60
8	115	Dielektrik testinin yapılması	24	228	12



**Şekil 31:** 1. Modül Ailesi Yalın Montaj Hücresi Yerleşim Düzeni



**Şekil 32:** Akan Bant Sistemine Geçiş

- Yalın montaj besleme sistemlerinden set arabası tasarımı tartışıldı. İçinde 35-100-130 eninde izolatörlerin de bulunduğu 24 avadanlık alacak olan bir set arabası ihtiyacı çıkarılmış ve üretim lojistiğinde set arabası uygulamasına geçilmiştir. **Eski durumda** yılda **1,550,000 metre** [ 31 metre (KB Atölyesi ile Parça deposu arası mesafe) \* 2 (Gidiş-Geliş) \* 5 kez (Günde) \* 20 işgören\* 250 Gün/Yıl ] taşıma mesafesi katedilirken; **set arabası** uygulaması ile yılda **22,000 metre** [ 31 metre (KB Atölyesi ile Parça deposu arası mesafe) \* 2 (Gidiş-Geliş) \* 1 kez (Günde) \* 1 işgören\* 250 Gün/Yıl + 13 metre (KB Dikey Köşe Hücresi ile Parça deposu arası mesafe) \* 2 (Gidiş-Geliş) \* 1 kez (Günde) \* 1 işgören\* 250 Gün/Yıl] taşıma mesafesi katedilmektedir. Bu duruma göre set arabası uygulaması ile yılda **1,528,000 metre** taşıma israfı (mudası) önlenmiştir.
- KB Köşe Modül Hücresindeki set arabası ile beslemesi sağlanan parçalarda "Çift Kutu Kanban" sistemi kurulmuştur. Bu sistemde, bir malzeme ile ilgili birinci kutu boşaldığında, ikinci kutu devreye girmekte, bu arada birinci kutu dolacak şekilde malzeme tedariki yapılmaktadır.



**Şekil 33:** 1. KB Köşe Modül Hücresinde Kurulan "Çift Kutu Kanban" Sistemi

- Hücre panosu yardımıyla hücrede planlanan ve gerçekleşen modül montajlarının zaman ve miktar analizlerinin yapılmasına karar verildi ve bunun için bir çizelge tasarlanmıştır. Planlanan bilgilerin hazır geleceği çizelgeye, parti tamamlandıktan sonra takım lideri, gerçekleşen güncel süre ve miktarı, kurşun kalem ile çizelgeye girmesine karar verildi.

**Tablo 12:** 1. Modül Hücresinde Kullanılacak Planlama Tablosu

Modül İsmi	Parti Miktarı		8:00-9:00	9:00-10:00	10:10-11:00	11:00-12:00
	Plan. 10	Plan.				
	Gerç. 10	Gerç.				
	Plan.	Plan.				
	Gerç.	Gerç.				
	Plan.	Plan.				
	Gerç.	Gerç.				
	Plan.	Plan.				
	Gerç.	Gerç.				
	Plan.	Plan.				
	Gerç.	Gerç.				
Yorum						

Ambalajlı ve ambalajları yırtılarak raftan kullanılan malzemelerin oluşturduğu çirkin görüntüden ve düzensiz olarak depolanmasından doğan arama israflarından kurtulmak için sepet kullanımına başlanmasına geçilmiştir.

Etiketlerin düzensiz depolanmasının önüne geçilerek etiketler düzenli hale getirildi.

**Öncesi****Sonrası****Şekil 34:** KB Modül Hücresinde 5S Uygulamaları

KB Köşe modül hücresinde, hücresel üretime geçtikten sonra elde edilen kazançlar irdelenmiştir. Somut kazançlardan biri olarak hücresel üretim öncesi, 8 işgören ile günlük ortalama 60 modül yapılırken, hücresel sistem uygulandıktan sonra, ortalama 90 modüle çıkıldığı görülmüştür.

Yatay köşe ve ofset parça satışlarının %80'ini oluşturan "L-sola dönüş" ve "R-sağa dönüş" parçalarının, montaj işleri tanımlarının, işler arasında öncelik ilişkilerinin ve montaj işi sürelerinin elde edilmiş ve hat dengeleme sonuçları elde edilmiştir. KB Yatay Köşe (tek yönlü) hattı, üç işgörene göre kurgulanıp, hat dengeleme çalışması yapılmıştır. Böylece iki vardiyada 130 adet yatay köşe yapılabileceği görüldü.

**Tablo 13:** KB Yatay Köşe Hat Dengeleme (Çevrim Süresi: 500 saniye)

KB Yatay Köşe					
Çalışan No	İş Kodu	İş Adı	İş Süresi	Birikimli İş Süresi	Kalan İş Süresi
1	10	Baskı sacına toprak sacı montajı	52	52	448
1	5	Bara birleştirme	56	108	392
1	15	1. Baskı saclarını gövdeye tutturma	32	140	360
1	20	İletkenleri gövdeye yerleştirme	12	152	348
1	25	2. Baskı saclarını gövdeye tutturma	47	199	301
1	30	Gövdeyi Kapatma	73	272	228
1	35	Civataların sıkılması	48	320	180
1	40	Takoz montajı	180	500	0
2	45	İç saplama sıkılması	30	30	470
2	50	Ayak toprak saclarının takılması	123	153	347
2	55	1. conta çekme işlemi	80	233	267
2	60	1. kapak montajı	120	353	147
2	65	2. conta çekme işlemi	80	433	67
3	70	2. kapak montajı	120	120	380
3	75	Yuvarlak taraftaki ek izolatörlerin takılması (2 ve 3 yollara takılması)	11	131	369
3	80	Yuvarlak toprak ek takımının montajının yapılması	30	161	339
3	85	Üst kare pul ve bellevillerin (çanak pul) tutturulması	42	203	297
3	90	Mesafe koruma izolatörlerinin takılması	20	223	277
3	95	Ek koruma plastiklerinin takılması	26	249	251
3	100	Ek saplama sıkılması	12	261	239
3	105	Takozlara sıvı conta sıkılması	125	386	114
3	110	Tanımlama etiketlerinin yapıştırılması	45	431	69
3	115	Dielektrik testinin yapılması	30	461	39

KB Köşe Atölyesi için üretim adedi ve işgören sayısı açısından aşağıdaki tablo ortaya çıkmıştır

**Tablo 14:** Eski ve Mevcut Durum İşgören Sayıları ve Üretim Adetleri

	Eski Durum	Mevcut Durum
Toplam İşgören Sayısı	40	33
Folyocu	5	7
Üçlemeci	2	2
Montaj İşgöreni	33	24
Üretim Adedi (adet/hafta)	1000	1000
Montaj İşgöreni Başına Üretim (adet/hafta)	30.30	41.67
Değişim	37.50 %	

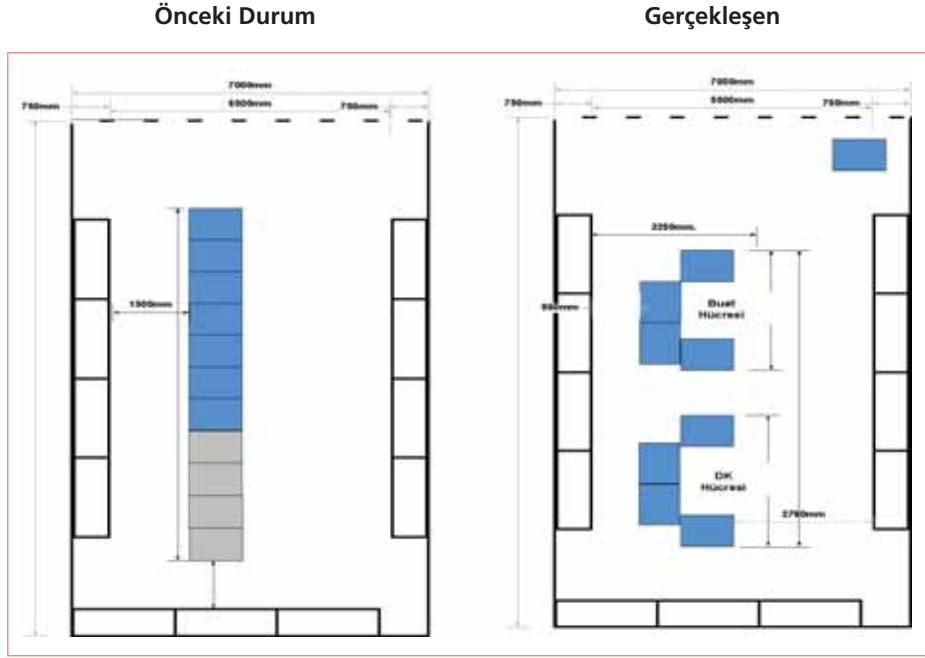
Tablo 14'ten de görüleceği gibi mevcut durumda montaj işgöreni başına üretim adedi açısından 37,50%'lik bir gelişme olmuştur.

### 2.2.6. DK Buat Atölyesi'ndeki Yalın Üretim Faaliyetleri

Döşeme Kanalı (DK) Buat atölyesi analiz edilmiş ve "biriktir beklet" biçiminde çalıştığı saptanmıştır. Bu nedenle atölyeyi hücresel üretime geçirme çalışmalarına başlanmıştır.

**Şekil 35:** DK Atölyesinde "Biriktir-Beklet" Biçimli Montaj

DK Buat atölyesi mevcut yerleşim düzeni çizilmiş ve alternatif bir düzen olarak U-biçimli montaj hücreleri tasarlanmıştır.



Şekil 36: DK Buat Atölyesi Mevcut ve Gerçekleşen Yerleşimler

Oluşturulan DK ve Buat montaj hücrelerinde Montaj hücrelerinde yapılacak ürünler ve ürünlerin montajı için gerekli montaj işleri tespit edilmiş ve hat dengeleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Tablo 15: DKC Buat 1 için Hat Dengeleme

İş kodu	DKC 1 BUAT (Çevrim Süresi: 60 saniye)			Süre (sn)
	İş Adı			
5	Ek parça hazırlama			37
10	taban cacına takoz tutturma			17
15	profil takma			60
20	yan kapak montajı			20
25	etiket-ambalaj			20
DENGELEME ŞEKLİ				154 sn
1.op	5-10	54sn	Toplam	2,56 dak
2.op	15	60sn		
3.op	20-25	40sn		





**Şekil 37:** Buat Yalın Montaj Hücresi

Önceden 6 işgören ile günde bir çeşit (DK Çıkış Buatı N) 500 adet ortalama ürün yapıldığı bilinirken, ilk hücre üretimleri sonucu, dört çeşit ürünün toplam günde 747 adet yapıldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca eski sistemle DK Çıkış Buatı N ürünü için yukarıda da belirtildiği gibi 6 işgörenle günde 500 adet üretim sağlanırken yalın montaj hücresi ile aynı üretim adedine (500) adet 3 işgörenle ulaşılmıştır.

**Tablo 16:** DK Buat Atölyesi ve DK Buat Yalın Üretim Sistemi Performans Karşılaştırma Tablosu

	DK Buat Atölyesi	DK Buat Yalın Montaj sistemi	Değişim Yüzdesi
Üretim Planına Uyum Oranı (108 Günde)	0.66	0.81	23%
Ürün Bazında Katma Değeri Olmayan Süre Yüzdesi	0.99	0.01	-99%
Üretim Alanı (m <sup>2</sup> )	48	22.5	-53%
Yarı Mamül Miktarı (adet ürün eşdeğeri)	300	4	-99%
Ortalama Montaj Temin (Ürünün montaj hücresinde geçirdiği süre) Süresi (saniye)	21771	152	-99%
Ortalama Çevrim (Ardışık iki ürün çıkış zamanları arasındaki fark) Süresi (saniye)	152	57	-63%
İşgücü Kullanım oranı	1	0.89	-11%

- Planlanan DK Buat Yalın Montaj Sistemi Kırış 2'ye taşınması sağlanmıştır. Böylece Kırış 2'den işlenerek Kırış 1' e gelen Buat parçalarının uzun mesafeli taşınma, taşınmaya ilişkin diğer israflar ve Buat üretiminin bulunduğu asma kata çıkarma ve indirme israfları ortadan kaldırılmış bulunmaktadır. Bu faaliyet ile; yılda **270.4 kilometre** [ 1,3 km. (Kırış1 ile Kırış 2 arası uzaklık) \* 4 kez (Haftada) \* 52 Hafta/Yıl ] dolaşma israfı (mudası) önlenmiştir.

### 2.3. Kablo Kanal ve Askı Üretim Sisteminde Yapılan Yalın Üretim Faaliyetleri

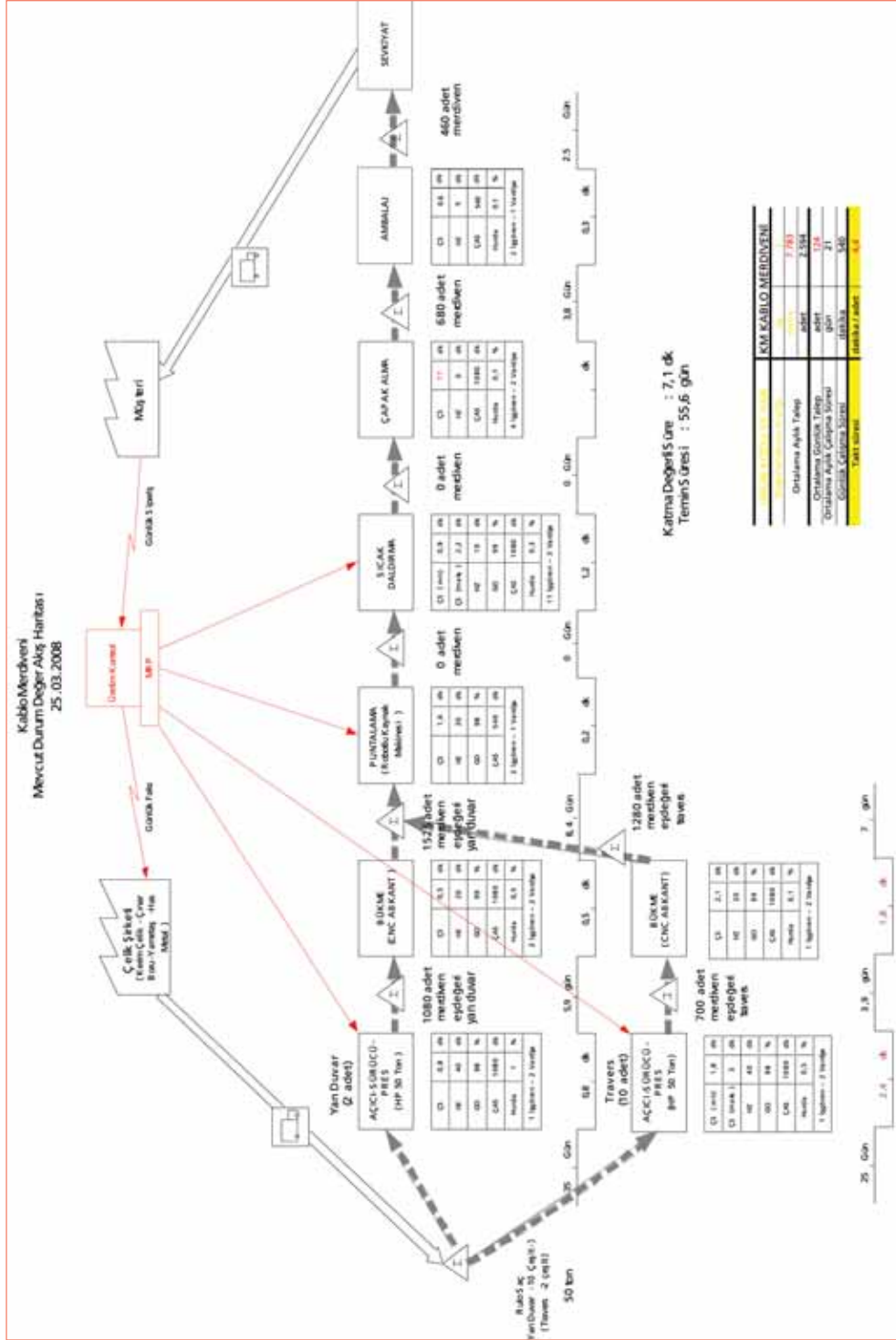
- Mevcut Durumun görsel bir şekilde belirlenmesi amacı ile Kablo Merdiveni için 1, Kablo Kanalları için 2, Askı Sistemleri için 30 ve Köşe Bucak Aksesuar ürünler için 10 adet mevcut durum değer akış haritası hazırlanmış olup, her türlü parametre değeri hesaplandı ve haritaya yerleştirilmiştir.

- Hücresel Üretime Dönüşüm Stratejisi belirlendi. Bir üretim sisteminde hücresel üretime dönüşüm, iki strateji ile gerçekleştirilebilir:
  - 1) Mevcut üretim sisteminde bir pilot alan seçilir. Bu alanın hücre haline dönüştürülmesi için çalışmalar başlatılır. Faydası, hızlı bir şekilde sonuca ulaştırmasıdır. Sakıncalı yönü ise, mevcut sistem içinde iyi bir hücre kurulmasına karşın, diğer kurulacak hücrelerde etkinliğin düşebilme riskidir. Çünkü en iyi olarak kurulan hücre, diğer kurulacak hücrelerin kullanabileceği tesis ve imkânları da içine alabilir.
  - 2) Tüm sistem üzerinde hücresel üretim analizlerin yapılmasıdır. Faydası tüm sistemin performans artışında etkili olunabilir. Sakıncalı yönü ise, birinci strateji gibi hızlı olarak gerçekleştirilememesidir.

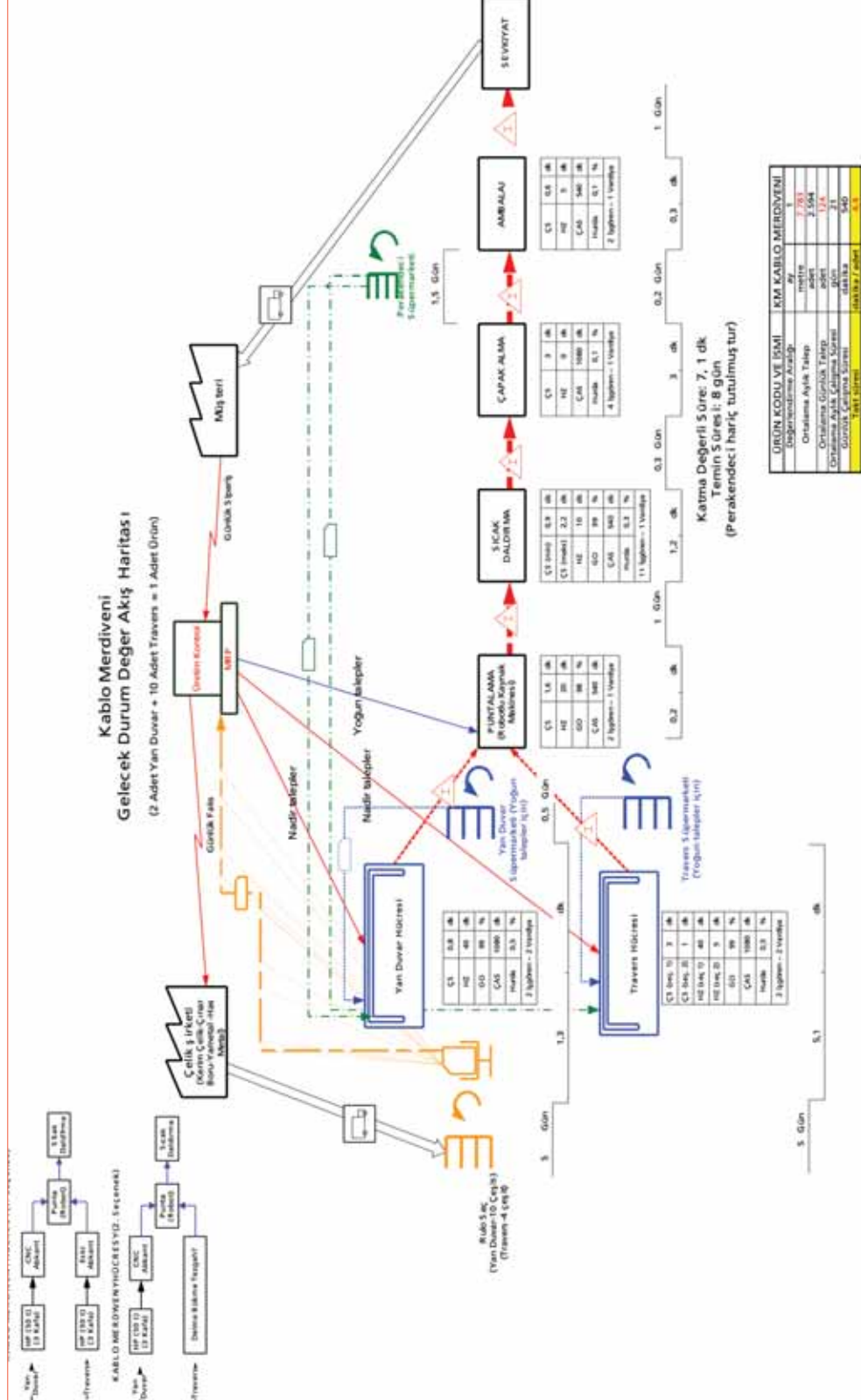
Kablo Kanal ve Askı Üretim Sisteminde için ikinci strateji tercih edilmiştir. Planlama, tüm sistem üzerinde yapılmaktadır. Hücre uygulamasına geçiş ise, ilk aşamada sadece pilot hücre üzerinde de gerçekleştirilebilir.







Şekil 39: Kablo Merdiveni Mevcut Durum Değer Akışı Haritası



Şekil 40: Kablo Merdiveni Gelecek Durum Değer Akışı Haritası

- Kablo merdiveni gelecek durum haritasından görüldüğü gibi, kablo merdiveni malzeme olarak üretim sisteminde ortalama 55 gün kalırken (temin süresi 55 gün), gelecek durumda 8 gün kalması planlandı. Başka bir deyişle yapılan hücre ve çekme sistemi tasarımının, bunu sağlayacağı hesaplanmıştır.
- Mevcut durum değer akış haritalarından hareketle Ürün-Makine ilişki matrisi hazırlanmış olup, hücrelerdeki parça aileleri ayrıntılı bir şekilde saptanmıştır.

Tablo 17: Parça Aileleri

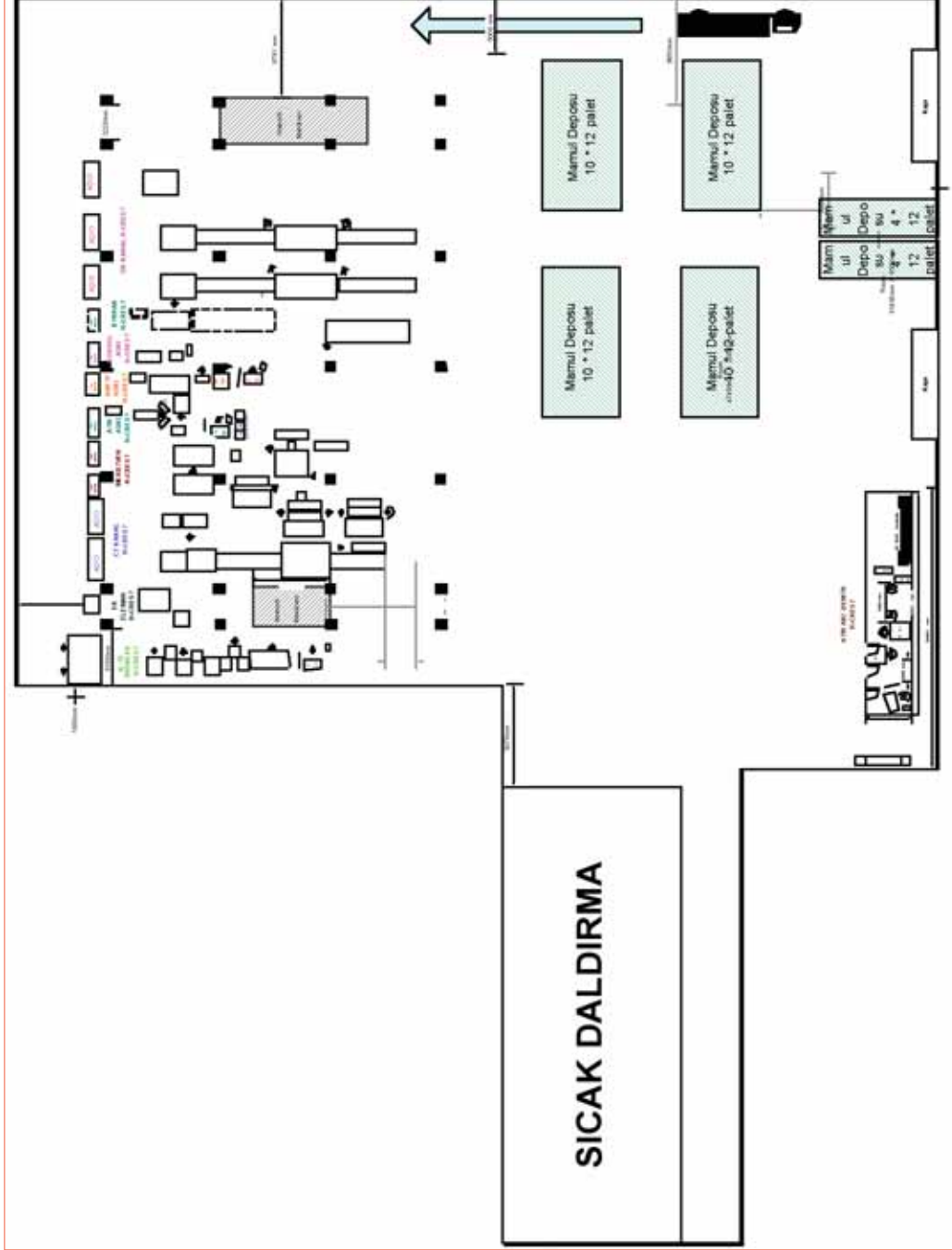
Hücre 1 UK Kablo Kanal	Hücre 2 CT Kablo Kanal	Hücre 3 Kablo Merdiveni	Hücre 4 1. Askı	Hücre 5 2. Askı	Hücre 6 Ağır Askı- Demir	Hücre 7 Köşe Ürünler	Hücre 8 Ek Eleman
50 - 500	50 - 600 lük	Kablo Merdiveni KM-YD-YT Duvar Sacı	STK STS STSD KT TS	TMP 6 ASU 1A ASU 2A AT2-AT3-AT4 US-RD-BR4 Duvara Tespit BRA 2/7 UNIVERSAL KONSOL SDE CT-UK-KM Separatör TMP 7 PDD-PDDB Konsol TMP 4 TMP 41-42-43-44-45 TMP 8-9 AT 1	UDY UDD UDYB IDY IDD Köşebent	CT-KM-UK-YD KAPAK CT-KM-UK-YT KAPAK CT-UK-YD CT-UK-YT CT-UK-TD CT-UK-TO D. Kanal Alt-Üst Sac CT-UK Taban Sacı CT-KM-UK Kanal Kapak CT-UK-AD Kenar TO-TD CT-KM-UK-AD KAPAK ID-DD Taban Sacı TO-TD Taban Sacı	STK-ST5-STSD Kaynak Başlığı- U65-180 ek- IDT-IDK-TP-TMP5-Taban Sacı TMP Kaynak Başlığı CT-KM-UK ek- Ek elemanı L- BRA5

Tablo 18: a. Kablo Kanal ve Askı Üretim Sistemi Ürün-Makine Matrisi

Makinalar	Ürünler																			
	CTA- CTH kablo kanalı	UKS kablo kanalı	Kablo merdi veni	ASU 1A - 4 (Askı)	ASU 2A 1 S (Askı)	ASU 2A Birt. Parça sı	AT1 (Askı)	AT 2- AT4(N (Askı)	AT 3 (Askı)	Binra k 201 401 (Askı)	IDD (Askı)	IDT- IDK (Askı)	IDY	PDD Rulo	PDDB	STK ASKI	STS ASKI	STS-D	TMP.1	TMP.5
SK 1											1b	1ab		1b	1b	1b-1c	1b	1b	1c	1a
TESTERE											1a			1a						
HP 150	1a																			
HP 300	1b																			
UK EP 80		1b																		
UK HP 150		1a - 2a																		
HP 50 3 kafa			1a 1b	1ab			1ab	1a-1b	1a											1a - 1b
HP 50 2 kafa				1ab					1a					1a	1a	1a	1a	1a		
EP 80 (sürücü)					1ab															
SK 2																	2a	2a	2a	
EP 20																				
EP 30																				
EP 60											2a-2b	2b-3a	3a	2b	2b	2b-2c	2b-3b	2b		
EP 80																3c				2c
EP 100																				2a
HP 40			2a				2b	2a												
HP 50				2a			2a	2b	2a							3b				2a
HP 10							3a	3a												
HP 250																				
ESKİ ABKANT	2a									2a - 3a						3a	3a	3a		
CNC ABKANT	3a - 2b		2a - 2b	2b	2b									2a - 3a	2a - 3a	4a	4a	4a	4a	2b
KÜÇÜK ABKANT																				
PUNTA (ROBOT)			3a - 3b																	
UK PUNTA																				
KAYNAK MAK.							4a - 3b				3ab			4ab	4ab	5ac	5ab	5ab	5ac-3bc	3ac-3bc
SİCAK DALDIRMA	4a - 3b		4ab	3ab	3ab	2b	5ab	3a - 3b	4a		4ab	4a - 4b	3a	5ab	5ab	6ac - 3b	6ab	6ab	6ac-4b	4a
																				a; U
																				120- 240- 480 b; U
																				1000 c;
																				kayna k
																				kayna k
																				kayna k
																				kayna k







Şekil 41: Kablo Kanal ve Askı Hücresel Üretim Sistemi

Kablo Kanal ve Askı Üretim Sistemi'nde ürün ailelerine göre hücrelerin oluşturulması ile;

- 1769 m<sup>2</sup> (61 metre\*29 metre) alanda sağlanan üretim 1457 m<sup>2</sup> (47 metre\*31 metre) alanda gerçekleştirilmektedir. Dolayısı ile 312 m<sup>2</sup>'lik (%18) bir tasarruf söz konusudur.
- Görsellik artmıştır.
- Takım çalışmasına müsait bir ortam oluşturulmuştur.
- Malzeme taşıma faaliyetleri azaltılmıştır.

Depodaki kasaların düzensiz depolanması nedeniyle depo çevresinde gereksiz dolaşmaların olduğu saptandı. Bu dolaşmaları azaltmak için, U-biçimli depo yerleşim düzeni önerildi ve uygulamaya alındı. Sağlanan kazançlar aşağıda belirtilmiştir.

- Eski depo alanı  $\approx 308$  ( 14 \*22) m<sup>2</sup>  
U-biçimli depo alanı  $\approx 176$  ( 9 \*19,5) m<sup>2</sup>  
Alan tasarrufu  $\approx 132$  m<sup>2</sup> (43%)
- Malzeme deposundaki görsellik artmıştır.



**Şekil 42:** Depoda Kasaların Düzensiz Depolanmasından U-Biçimli Depo Düzenine Geçiş

### 3. PERFORMANS ARTTIRMA PROJESİNİN EKONOMİK ANALİZİ

#### 3. PERFORMANS ARTTIRMA PROJESİNİN EKONOMİK ANALİZİ

EAE Elektrik A.Ş.'deki Yalın Üretim uygulaması esnasında ortaya çıkan maliyetler aşağıda belirtilmiştir:

- Yalın Montaj Hücreleri'ne yerleştirilen malzeme avadanlıklarının maliyeti: 2,016 TL
- Montaj tabancaları ve sıkma aparatları maliyeti: 12,700 TL
- Montaj masaları ve set arabası maliyeti: 3,500 TL
- Yerleşim düzenlemesi sırasında gerçekleşen nakliye maliyeti: 10,240 TL
- Montaj malzemelerinin tutulduğu kayar rafların maliyeti: 2,000 TL

Bu bağlamda üretim sistemindeki performans arttırma faaliyetlerinin toplam maliyeti, 30,456 TL olarak hesaplanmıştır.

Yapılan Yalın Üretim uygulamasında parasal olarak ölçülebilen kazançlar aşağıda belirtilmiştir:

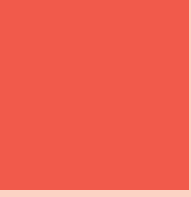
- Sağlanan toplam 531 m2 alan tasarrufunun işletmeye getirdiği kazanç 230,985 YTL olmuştur.
- Yerleşimde yapılan düzenlemelerle israf niteliğindeki toplam 1,850,030 metre işgören hareketi önlenerek yıllık 2,548 TL tasarruf sağlanmıştır.

Bu bağlamda EAE A.Ş.'de yürütülen Performans Arttırma Projesi birinci yılında 203,077 TL kazanç sağlamıştır.

Projenin isminden de anlaşılacağı üzere ana ölçüt sayılabilecek olan işgören başına üretim adedi açısından hesaplanan performans artış oranları ise aşağıdaki tabloda mevcuttur.

Atölye Adı	Performans Artış Oranı (%)
Büyük Kutu Atölyesi	54
Şalter Atölyesi	60
Küçük Kutu Atölyesi	29
KB Modül Atölyesi	38
DK Buat Atölyesi	50





## 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde işletmelerin müşteri istek ve beklentileri doğrultusunda faaliyetlerini sürdürmeleri gerekmektedir. Müşteriler tarafından yönlendirilme ilkesi olarak yaygın kabul gören bu anlayış işletmelerin rekabet güçlerini korumaları ve geliştirmeleri için kaçınılmaz olmaktadır. Yoğun iletişimin etkisi altında kalan müşteriler artık işletmelerin sundukları mal ve hizmetleri rakipleri ile karşılaştırmakta ve kalitesi, fiyatı, satış sonrası hizmeti vb. daha iyi olan işletmeleri tercih etmektedir. Bu gelişmelere rekabetin yoğunlaşmasının etkisi ile ürün yaşam süresinin hızla kısalması, sürekli yeni teknolojilerin uygulamaya konması gibi pazar parametreleri de eklendiğinde artık kitle üretimi yaparak faaliyette bulunmak giderek imkânsız hale gelmektedir.

Bu gelişmeler doğrultusunda işletmeler yalın üretim felsefesini benimseyerek daha verimli üretim süreçlerinde daha ucuz, daha kaliteli ürünleri daha kısa sürede üretebilmektedir. Böylece işletmeler müşteri memnuniyetlerini ve rekabet güçlerini arttırabilmektedirler. Yalın üretim, kitle üretim anlayışına radikal savaş açmış; kaliteli, ihtiyaç olan kadar üretimin yapılabilmesi, yalın üretim teknikleri sayesinde mümkün olmuştur. Yalın üretim sanıldığı kadar uygulaması zor bir yöntem değildir. Ancak, bu sistemi yerleştirmek ilk aşamada zor ve zaman alıcı olabilir. Bu yüzden işletmenin tümünün katılımı, kararlı bir yönetim ve yeterli finansman desteğinin sağlanması başarıya ulaşmak için şarttır.

Yapılan çalışmada, öncelikle Yalın Üretim teknikleri hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca, uygulamada kullanılmak üzere montaj hattı dengeleme yöntemi geliştirilmiştir. Daha sonra, sözü edilen kısımda açıklanan Yalın Üretim Teknikleri, bir Busbar Üretim Sistemi'nde uygulanmıştır. Uygulama neticesinde, 5S sistemi ile düzen sağlanmış, görsellik artmıştır. Ayrıca çalışma esnasında birbirine yakın iki birim arasında üretim kontrolü sağlamak amacı ile kanban (çekme) sistemi tasarlanmıştır. Hücresel Üretim'e geçilmesi ile alan tasarrufu sağlanmış ve taşıma faaliyetleri azaltılmıştır. Biriktir-Beklet üretiminden montaj sistemine geçilen atölyelerde temin süresinde kısalma ve yarı mamul miktarında azalma tespit edilmiştir.

Klasik üretim sistemlerinden Yalın Üretim'e geçiş doğal olarak bir bütün halinde olamaz. Ana öğeler ve alt öğeler birbirine basamak teşkil edecek şekilde her kuruluşun özel yapısı dikkate alınarak yerleştirilmelidir. Örneğin, ele alınan üretim sistemindeki darboğaz kendini insan odaklı montaj atölyelerinde gösterdiği için yukarıda bahsedilen Yalın Üretim teknikleri kullanılmıştır. İyileştirme faaliyetlerinin gerçekleştirileceği sistemlerin makina odaklı olması durumunda (örneğin pres atölyesi), Toplam Verimli Bakım, SMED gibi tekniklerin uygulanması gereği ortaya çıkar. Yapılması gereken, bir altyapı hazırlanarak Yalın Üretime geçişin planlı ve kontrollü bir şekilde olması ve yapılan iyileştirme faaliyetlerinin devamlılığının sağlanmasıdır.

Yalın üretim konusu dünyada olduğu gibi ülkemizde de yaygınlık kazanmaktadır. Müşteriler tarafından yeterli baskıya maruz kalmayan firma ve tedarikçiler, süreçlerini yeniden tasarlama noktasında isteksiz davranmaktadır. Ayrıca çoğu firma yapılacak çalışmaların kendilerine ek bir maliyet getireceği düşüncesiyle de, bu değişime soğuk bakmaktadır. Ama yapılacak değişikliklerle israflar önleneceğinden şirketlere ek maliyet değil kazanç getireceği bir gerçek olup, proje neticesinde yapılan ekonomik analizde de bu gerçek görülmüştür.

### KAYNAKLAR

**Acar, N.**, 1993. Tam Zamanında Üretim, MPM Yayınları No:542, Ankara.

**Bedworth, D. D., Bailey, J. E.**, 1987. Integrated Production Control Systems, Management, Analysis, Design, John Wiley & Sons, New York, 370-374.

**Eckhardt, B.**, 2001. The 5-S Housekeeping Program Aids Production. Concrete Products. 104(11): 56-57.

**Kırım, A.**, 1999. Yeni Dünyada Strateji ve Yönetim, Sistem Yayıncılık.

**Kulak, O.**, 2003. Hücreli Üretim Sistemleri Tasarımı İçin Aksiyomlarla Tasarım Prensiplerine Dayalı Bütünsel Bir Yöntem, Doktora Tezi, İTÜ Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

**Monden, Y.**, 1993. Toyota Production System-An Integrated Approach to Just-in-Time, Engineering Management Press, USA.

**Tanyaş, M., Baskak, M.**, 2003. Üretim Planlama ve Kontrol, İrfan Yayıncılık, İstanbul.

**Womack, J. P., Jones, D. T.**, 2003. Lean Thinking, Çeviren: Oygur Yamak, Optimist Yayıncılık.

### ÖZGEÇMİŞ

Emre ÇEVİKCAN, 9 Haziran 1981 tarihinde İstanbul'da doğdu. Vefa Anadolu Lisesi'nden 1999 yılında mezun oldu. 2004 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünden mezun olduktan sonra aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi'nde Endüstri Mühendisliği Yüksek Lisans Programı'ndan 2006 yılında mezun oldu. İstanbul Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Doktora Programı'na devam etmekte olup, aynı bölümde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır.





**İSTANBUL  
SANAYİ ODASI**

Meşrutiyet Caddesi No:62 Tepebaşı 34430 - İstanbul Tel: (0212) 252 29 00 Faks: (0212) 249 50 07 e-posta: [kobi@iso.org.tr](mailto:kobi@iso.org.tr)  
**İSO Yayın No: 2009/12 ISBN: 978-9944-60-526-7**