

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ÜRETİM SİSTEMLERİNDE ÇEKME TİPİ ESASLI İÇ LOJİSTİK SİSTEMİ  
TASARIMINA YÖNELİK BÜTÜNLEŞİK BİR METODOLOJİ ÖNERİSİ:  
BEYAZ EŞYA SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tuba TOPUZ**

**Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Endüstri Mühendisliği Programı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Emre ÇEVİKCAN**

**ŞUBAT 2021**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ÜRETİM SİSTEMLERİNDE ÇEKME TİPİ ESASLI İÇ LOJİSTİK SİSTEMİ  
TASARIMINA YÖNELİK BÜTÜNLEŞİK BİR METODOLOJİ ÖNERİSİ:  
BEYAZ EŞYA SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tuba TOPUZ  
(507161145)**

**Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Endüstri Mühendisliği Programı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Emre ÇEVİKCAN**

**ŞUBAT 2021**



İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 507161145 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Tuba Topuz, hazırladığı “ÜRETİM SİSTEMLERİNDE ÇEKME TİPİ ESASLI İÇ LOJİSTİK SİSTEMİ TASARIMINA YÖNELİK BÜTÜNLEŞİK BİR METODOLOJİ ÖNERİSİ: BEYAZ EŞYA SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :** **Prof. Dr. Emre ÇEVİKCAN** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :** **Prof. Dr. Mehmet Bülent DURMUŞOĞLU** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Doç. Dr. Hüseyin Selçuk KILIÇ** .....  
Marmara Üniversitesi

**Teslim Tarihi** : 22 Ocak 2021  
**Savunma Tarihi** : 15 Şubat 2021





*Ailem ve sevdiklerime,*



## ÖNSÖZ

Gün geçtikçe artan rekabet ortamında, kurumların bir adım öne geçmeleri için aynı ya da daha düşük maliyetle ürün ve hizmetlerine daha yüksek değer kazandırmaları gerekmektedir. Toyota'nın öncülük ettiği Yalın Üretim Sistemi, barındırdığı temel yalın üretim ve yönetim teknikleri ile şirketlerin bu yolda kendilerine bir kültür ve felsefe oluşturmalarını destekleyen önemli bir yaklaşımdır.

Yalın teknikler ve prensipleri kapsamında öğrendikçe ve araştırdıkça bu ilkelerin her aşamada farklı şekillerde kullanılabileceği ve uygulandığı noktada önemli faydalar sağladığını gördüm. Öncelikle ilk teşekkürümü yüksek lisans dönemimde önce dersine keyifle katıldığım, sonrasında da her aklıma takılan konuda kapısını çaldığım değerli hocam Prof. Dr. Bülent Durmuşoğlu'na ve tezimin her aşamasında desteğini eksik etmeyen, görüş ve önerileri ile çalışmama önemli katkılar sağlayan değerli danışman hocam Prof. Dr. Emre Çevikcan'a iletmek isterim.

Kendimi geliştirmekte heyecan duyduğum bu konuda, işletmede böyle bir projenin başlatılması ve benim de içinde önemli sorumluluklar alarak katkı sağlamama imkan veren değerli yöneticim, değerli direktörümüz ve ekip arkadaşlarıma da teşekkürlerimi sunarım.

Farklı konularda zorluklar yaşadığım bir dönemdi benim için. Süreç boyunca manevi desteklerini eksik etmeyen sevgili arkadaşlarım Buket, Nil, Büşra, Eray ve Enes, iyi ki hep varsınız. Ayşegül ve Burcu, manevi desteğinizin yanı sıra meslektaşlarım olarak tezime verdiğiniz destek çok kıymetli, teşekkür ederim. Akın, yüksek lisans tez tecrübelerinizle yoluma ışık tuttunuz, çok teşekkürler. İşletme içinde tez kapsamında beraber çalışmalar yürüttüğüm ve çalışmaktan büyük keyif aldığım değerli arkadaşlarım Çiğdem Yalçın, Aysu Egeli, Hakan Parçalar, Gökhan Kuluptakan, Arif Temiz, Cansu Bozkurt ve Kerem İlter, desteğiniz için teşekkür ederim.

Son olarak canım annem, babam ve kardeşim, iyi ki ailenizin bir parçasıyım. En büyük teşekkürüm daima size.

Şubat 2021

Tuba Topuz  
Endüstri Mühendisi



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|                                                   |       |
|---------------------------------------------------|-------|
| ÖNSÖZ.....                                        | vii   |
| İÇİNDEKİLER .....                                 | ix    |
| KISALTMALAR .....                                 | xiii  |
| SEMBOLLER .....                                   | xv    |
| ÇİZELGE LİSTESİ.....                              | xvii  |
| ŞEKİL LİSTESİ.....                                | xix   |
| ÖZET.....                                         | xxiii |
| SUMMARY .....                                     | xxvii |
| 1. GİRİŞ .....                                    | 1     |
| 1.1 Tezin Amacı .....                             | 1     |
| 2. YALIN ÜRETİM .....                             | 3     |
| 2.1 Yalın Üretim Nedir.....                       | 3     |
| 2.2 Yalın Üretim Kavramları .....                 | 4     |
| 2.2.1 Değer.....                                  | 4     |
| 2.2.2 İsraf .....                                 | 5     |
| 2.2.3 Üç tehlikeli M .....                        | 7     |
| 2.2.4 Takt süresi .....                           | 8     |
| 2.3 Yalın Üretim Teknikleri .....                 | 9     |
| 2.3.1 Tam zamanında üretim (TZÜ) .....            | 10    |
| 2.3.2 Çekme sistemi .....                         | 11    |
| 2.3.3 Kaizen .....                                | 12    |
| 2.3.4 Hücreli üretim (HÜ).....                    | 12    |
| 2.3.5 Poka-yoke (Hata önleyici teknikler) .....   | 13    |
| 2.3.6 5S ve problemleri yok etme .....            | 14    |
| 2.3.7 Değer akış haritalandırma .....             | 16    |
| 2.3.8 Spagetti diyagramı .....                    | 18    |
| 2.3.9 Tek parça akışı ve hat dengeleme .....      | 20    |
| 3. KANBAN SİSTEMİ.....                            | 25    |
| 3.1 Kanban Sistemi Nedir .....                    | 25    |
| 3.2 Kanban Kart Sistemi Çeşitleri.....            | 27    |
| 3.2.1 Çift kart sistemi .....                     | 28    |
| 3.2.2 Tek kart sistemi .....                      | 28    |
| 3.3 Kanban Çeşitleri .....                        | 29    |
| 3.4 Kanban Kullanımı .....                        | 32    |
| 3.4.1 Kanban sayısı hesaplama .....               | 33    |
| 3.4.2 Kanban tasarımı ve basımı .....             | 34    |
| 3.4.3 Kanban toplama kutuları .....               | 35    |
| 3.5 E-Kanban Sistemi.....                         | 35    |
| 3.6 Kanban Sistemi Avantaj ve Dezavantajları..... | 39    |
| 4. YALIN İÇ LOJİSTİK .....                        | 41    |

|                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.1 Lojistik Sisteminde Yalın Yaklaşım.....                                 | 41        |
| 4.2 Geleneksel Lojistik ile Yalın Lojistik Arasındaki Farklar .....         | 42        |
| 4.3 Yalın İç Lojistik.....                                                  | 44        |
| 4.3.1 Fabrika içi taşıma .....                                              | 44        |
| 4.3.2 Fabrika içi depolama .....                                            | 53        |
| 4.3.3 Hat besleme yöntemleri.....                                           | 56        |
| 4.3.3.1 Sürekli tedarik .....                                               | 57        |
| 4.3.3.2 Parti tipi besleme .....                                            | 58        |
| 4.3.3.3 Set şeklinde teslimat.....                                          | 59        |
| 4.3.3.4 Sıralı teslimat.....                                                | 59        |
| 4.3.3.5 Yeniden paketlemeli besleme.....                                    | 60        |
| 4.3.4 Çekme sistemi yaklaşımları .....                                      | 60        |
| 4.3.5 Tesis içi yerleşim çalışmaları .....                                  | 62        |
| 4.3.6 Malzeme taşıma tisteminde performans göstergeleri.....                | 62        |
| <b>5. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....</b>                                        | <b>65</b> |
| 5.1 Yalın Üretim ile İlgili Literatür Araştırması .....                     | 65        |
| 5.2 Kanban Sistemi ile ilgili Literatür Araştırması .....                   | 72        |
| 5.3 Yalın İç Lojistik ile İlgili Literatür Araştırması .....                | 79        |
| <b>6. GELİŞTİRİLEN METODOLOJİ .....</b>                                     | <b>91</b> |
| 6.1 Değer Akış Haritası (DAH).....                                          | 93        |
| 6.1.1 Mevcut durum DAH.....                                                 | 94        |
| 6.1.2 Gelecek durum DAH.....                                                | 97        |
| 6.1.3 Spagetti diyagramı.....                                               | 101       |
| 6.2 İş Süreç Haritası .....                                                 | 103       |
| 6.3 Proje Planı .....                                                       | 104       |
| 6.4 Hat Dengeleme .....                                                     | 105       |
| 6.5 Proje Kapsamına Giren Malzemelerin Belirlenmesi .....                   | 107       |
| 6.6 Her Parça için Plan Dosyasının Oluşturulması .....                      | 107       |
| 6.7 Ambalaj & Malzeme Çalışmaları .....                                     | 108       |
| 6.7.1 Kullanılan kasaların standartlaştırılması .....                       | 108       |
| 6.7.2 Malzeme iyileştirme & ortaklaştırma çalışmaları .....                 | 111       |
| 6.8 Stok Alanların Belirlenmesi & Layout Değişikliği .....                  | 111       |
| 6.8.1 Süpermarket ve ara malzeme elleçleme depo alanları .....              | 111       |
| 6.8.2 Malzeme indirme alanları.....                                         | 117       |
| 6.9 Milkrun Sistemi-İç Lojistik Trenleri .....                              | 119       |
| 6.9.1 Milkrun kabulleri.....                                                | 119       |
| 6.9.2 Malzeme dağıtım araç sayısı hesaplama .....                           | 120       |
| 6.9.3 İç lojistik kadrosunun belirlenmesi .....                             | 124       |
| 6.10 Hat Yanı ve Ara Malzeme Elleçleme Depo & Süpermarket Tasarımları ..... | 125       |
| 6.10.1 Dinamik raflar .....                                                 | 126       |
| 6.10.2 Özel taşıma araçları.....                                            | 128       |
| 6.10.3 İç lojistik treni (milkrun).....                                     | 129       |
| 6.10.4 Kanban toplama cepleri.....                                          | 130       |
| 6.10.5 Ara malzeme elleçleme depo rafları.....                              | 131       |
| 6.11 Kartlı Kanban Sistemi .....                                            | 133       |
| 6.11.1 Kart sayısı hesaplama.....                                           | 133       |
| 6.11.2 Kanban kuralları .....                                               | 134       |
| 6.11.3 Kanban tasarımı ve basımı .....                                      | 134       |
| 6.11.4 Kartlı kanban sistemini devreye alma .....                           | 134       |
| 6.12 E-Kanban Sistemi.....                                                  | 135       |

|                                                                             |            |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.12.1 Süreç haritasının çıkarılması .....                                  | 135        |
| 6.12.2 Barkod tasarımı .....                                                | 135        |
| 6.12.3 Donanım ihtiyaçlarının çıkarılması .....                             | 136        |
| 6.12.4 Yazılım süreci .....                                                 | 136        |
| 6.12.5 Testler ve devreye alma .....                                        | 136        |
| 6.13 Projeyi Destekleyen Çalışmalar .....                                   | 137        |
| 6.13.1 Üretim planının sabitlenmesi .....                                   | 137        |
| 6.13.2 Tedarikçide kalite kontrol .....                                     | 138        |
| 6.13.3 JIT ile saatlik malzeme temini .....                                 | 138        |
| <b>7. BEYAZ EŞYA SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA .....</b>                          | <b>139</b> |
| 7.1 Değer Akış Haritası (DAH).....                                          | 139        |
| 7.1.1 Mevcut durum DAH .....                                                | 139        |
| 7.1.2 Gelecek durum DAH .....                                               | 140        |
| 7.1.3 Spagetti diyagramı .....                                              | 141        |
| 7.2 İş Süreç Haritası .....                                                 | 143        |
| 7.3 Proje Planı .....                                                       | 146        |
| 7.4 Hat Dengeleme .....                                                     | 146        |
| 7.5 Proje Kapsamına Giren Malzemelerin Belirlenmesi.....                    | 151        |
| 7.6 Her Parça İçin Plan Dosyasının Oluşturulması .....                      | 151        |
| 7.7 Ambalaj & Malzeme Çalışmaları.....                                      | 153        |
| 7.8 Stok Alanlarının Belirlenmesi &Layout Değişikliği.....                  | 156        |
| 7.9 Milkrun Sistemi-İç Lojistik Trenleri .....                              | 160        |
| 7.9.1 Malzeme dağıtım araç sayısı hesaplama .....                           | 161        |
| 7.9.2 İç lojistik kadrosunun belirlenmesi .....                             | 169        |
| 7.10 Hat Yanı ve Ara Malzeme Elleçleme Alanı & Süpermarket Tasarımları..... | 172        |
| 7.10.1 Dinamik raflar .....                                                 | 172        |
| 7.10.2 Özel taşıma araçları.....                                            | 175        |
| 7.10.3 İç lojistik treni (Milkrun) .....                                    | 177        |
| 7.10.4 Kanban toplama cepleri .....                                         | 177        |
| 7.10.5 Ara malzeme elleçleme depo rafları .....                             | 178        |
| 7.11 Kartlı Kanban Sistemi .....                                            | 178        |
| 7.11.1 Kart sayısı hesaplama.....                                           | 178        |
| 7.11.2 Kanban kuralları.....                                                | 179        |
| 7.11.3 Kanban tasarımı ve basımı .....                                      | 179        |
| 7.11.4 Kartlı kanban sistemini devreye alma .....                           | 180        |
| 7.12 E- Kanban Sistemi.....                                                 | 182        |
| 7.12.1 E-Kanban süreç haritasının çıkarılması .....                         | 182        |
| 7.12.2 Barkod tasarımı .....                                                | 184        |
| 7.12.3 Donanım ihtiyaçların çıkarılması .....                               | 185        |
| 7.12.4 Yazılım süreci .....                                                 | 186        |
| 7.12.5 Testler ve devreye alma .....                                        | 190        |
| 7.13 Projeyi Destekleyen Çalışmalar .....                                   | 190        |
| 7.13.1 Üretim planının sabitlenmesi .....                                   | 191        |
| 7.13.2 Tedarikçide kalite kontrol .....                                     | 192        |
| 7.13.3 JIT ile saatlik malzeme temini .....                                 | 193        |
| <b>8. UYGULAMA SONUÇLARI.....</b>                                           | <b>195</b> |
| 8.1 Uygulamanın Geliştirmeye Açık Yönleri.....                              | 196        |
| 8.2 Gelecekte Planlanan Çalışmalar .....                                    | 197        |
| <b>9. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>                                            | <b>199</b> |
| <b>KAYNAKLAR .....</b>                                                      | <b>201</b> |

|                      |            |
|----------------------|------------|
| <b>EKLER.....</b>    | <b>213</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ.....</b> | <b>221</b> |



## KISALTMALAR

|                 |                                                             |
|-----------------|-------------------------------------------------------------|
| <b>AGV</b>      | : Automated Guided Vehicle (Otomatik Yönlendirmeli Araç)    |
| <b>AR-GE</b>    | : Araştırma Geliştirme                                      |
| <b>ARP</b>      | : Araç Rotalama Problemi                                    |
| <b>AS/RS</b>    | : Automated Storage & Retrieval                             |
| <b>BOM</b>      | : Bill of Material (Ürün Reçetesi)                          |
| <b>BT</b>       | : Bilgi Teknolojileri                                       |
| <b>DAH</b>      | : Değer Akış Haritası                                       |
| <b>dk</b>       | : Dakika                                                    |
| <b>E</b>        | : Evet                                                      |
| <b>EDI</b>      | : Electronic Data Interchange                               |
| <b>e-Kanban</b> | : Elektronik Kanban                                         |
| <b>ERP</b>      | : Enterprise Resource Planning (Kurumsal Kaynak Planlaması) |
| <b>FIFO</b>     | : First In First Out (İlk Giren İlk Çıkar)                  |
| <b>H</b>        | : Hayır                                                     |
| <b>HÜ</b>       | : Hücresel Üretim                                           |
| <b>ICT</b>      | : Bilişim ve İletişim Teknolojileri                         |
| <b>İSG</b>      | : İş Sağlığı Güvenliği                                      |
| <b>JIT</b>      | : Just In Time                                              |
| <b>KARP</b>     | : Kompartmanlı Araç Rotalama Problemi                       |
| <b>max</b>      | : Maksimum                                                  |
| <b>min</b>      | : Minimum                                                   |
| <b>MRP</b>      | : Material Resource Planning (Malzeme İhtiyaç Planlaması)   |
| <b>MTS</b>      | : Malzeme Talep Sistemi                                     |
| <b>NCM</b>      | : Ağ Merkezli Üretim                                        |
| <b>OEE</b>      | : Overall Equipment Efficiency (Ekipman Etkinlik Oranı)     |
| <b>OHS</b>      | : Occupational Safety and Health                            |
| <b>PC</b>       | : Bilgisayar                                                |
| <b>PFEP</b>     | : Plan for Every Part/Her Parça için Plan                   |

|              |                                                                |
|--------------|----------------------------------------------------------------|
| <b>PHP</b>   | : Hypertext Preprocessor                                       |
| <b>POLCA</b> | : Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization    |
| <b>PUKÖ</b>  | : Planla-Uygula-Kontrol Et-Önlem Al                            |
| <b>RFID</b>  | : Radyo Frekansı ile Tanımlama Teknolojisi                     |
| <b>SAP</b>   | : Systems Analysis and Program Development                     |
| <b>sn</b>    | : Saniye                                                       |
| <b>TYM</b>   | : Toplam Yapı Matrisi                                          |
| <b>TZÜ</b>   | : Tam Zamanında Üretim                                         |
| <b>WCM</b>   | : World Class Manufacturing (Dünya Seviyesinde Üretim Sistemi) |
| <b>WIP</b>   | : Work In Progress                                             |
| <b>YTÜ</b>   | : Yıldız Teknik Üniversitesi                                   |



## SEMBOLLER

|                          |                                                                |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------|
| <b>Ç</b>                 | : Çevrim Stoğu                                                 |
| <b>c</b>                 | : Malzemenin Her Bir Üründe Tüketim Miktarı                    |
| <b>Çc</b>                | : Çekici Çevrim Süresi                                         |
| <b>Çc<sub>max</sub></b>  | : En Uzak İstasyondaki Malzeme Grubu İçin Çekici Çevrim Süresi |
| <b>Çk</b>                | : Kanban Çevrim Süresi                                         |
| <b>D</b>                 | : Günlük Müşteri/Üretim Talebi                                 |
| <b>d</b>                 | : Talep Değişim Faktörü                                        |
| <b>Di</b>                | : i tipi Araç ile Depoya Gelen veya Depodan Çıkan Ürün Miktarı |
| <b>e</b>                 | : Emniyet Faktörü                                              |
| <b>E</b>                 | : Emniyet Stoğu                                                |
| <b>Gi</b>                | : İşletme Stok Gün Sayısı                                      |
| <b>Gt</b>                | : Tedarikçi Stok Gün Sayısı                                    |
| <b>Hi</b>                | : Hat Yanı Stok Kasa Sayısı                                    |
| <b>K</b>                 | : Kadro İhtiyacı                                               |
| <b>k</b>                 | : Kanban Sayısı                                                |
| <b>Ki</b>                | : Depo-Montaj Hattı Arası Kasa İhtiyacı                        |
| <b>Kt</b>                | : Tedarikçi Döngülü Kasa İhtiyacı                              |
| <b>M</b>                 | : Market Stoğu                                                 |
| <b>M</b>                 | : Toplam Taşıma Mesafesi (Gidiş+Dönüş)                         |
| <b>n</b>                 | : Kapı/Rampa Sayısı                                            |
| <b>N</b>                 | : Montaj Hattındaki Toplam İş Öğesi Sayısı                     |
| <b>NS</b>                | : Normal Süre                                                  |
| <b>O</b>                 | : Minimum Montaj Operatörü Sayısı                              |
| <b>p</b>                 | : Parti İşlem Süresi                                           |
| <b>Pi</b>                | : Taşımadaki Dolu ve Boş Kasa Sayısı                           |
| <b>Q<sub>kutu</sub></b>  | : Malzeme Grubu Bazında Vardiyada Taşınan Toplam Kutu Sayısı   |
| <b>Q<sub>palet</sub></b> | : Malzeme Grubu Bazında Vardiyada Taşınan Toplam Palet Sayısı  |
| <b>Q<sub>t</sub></b>     | : Malzeme Grubu Bazında Tek Seferde Taşınabilecek Kutu Sayısı  |
| <b>q</b>                 | : Kutu İçi Miktar                                              |
| <b>Qi</b>                | : i tipi Araç Kapasitesi                                       |

|                      |                                                       |
|----------------------|-------------------------------------------------------|
| <b>Qp</b>            | : Palet/Taşıma Arabası/Kasa İçi Miktar                |
| <b>Qr</b>            | : Raf Gözü İhtiyacı                                   |
| <b>Qv</b>            | : Vagon miktarı                                       |
| <b>Sa</b>            | : Planlanan Stok Süresi                               |
| <b>Si</b>            | : Süpermarket Stok Kasa Sayısı                        |
| <b>SS</b>            | : Standart Süre                                       |
| <b>T</b>             | : Takt Süresi                                         |
| <b>Ta</b>            | : Günlük Kullanılabilir Üretim Süresi                 |
| <b>t<sub>i</sub></b> | : i nolu İş Ögesinin İşlem Süresi                     |
| <b>Ti</b>            | : Tüm Öğelerin Standart İş Süreleri Toplamı           |
| <b>T<sub>p</sub></b> | : Vardiyada Taşınacak Toplam Palet Sayısı             |
| <b>Ts</b>            | : Tampon Stok                                         |
| <b>T<sub>s</sub></b> | : Vardiyada Toplam Döngü Sayısı                       |
| <b>Vç</b>            | : Çekici Hızı                                         |
| <b>w</b>             | : Kanbanların Bekleme Süresi                          |
| <b>W</b>             | : Tüketim Süresi                                      |
| <b>Y</b>             | : Dönemde Kullanılabilir Yükleme/Boşaltma Süresi      |
| <b>y</b>             | : Yenileme Akış Süresi                                |
| <b>Z</b>             | : i tipi Aracın Manevra, Yükleme veya Boşaltma Süresi |
| <b>z</b>             | : Tolerans                                            |
| <b>α</b>             | : Güvenlik katsayısı                                  |

## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Çizelge 4.1 : Lojistikte geleneksel ve yalın yaklaşım farkları-1 (Özden,2004). ....            | 43  |
| Çizelge 4.2 : Lojistikte geleneksel ve yalın yaklaşım farkları-2 (Özden,2004). ....            | 43  |
| Çizelge 6.1 : Dış ayna prosesi malzeme çevrimi için iş akışı ve süreler<br>(Smalley,2004)..... | 114 |
| Çizelge 6.2 : Fırın işletmesi süpermarket raf hazırlama iş ölçümü. ....                        | 125 |
| Çizelge 7.1 : E-KANBAN devreye alımı için gerekli donanım ihtiyacı. ....                       | 186 |
| Çizelge A.1 : AviX'te standart sınıflar. ....                                                  | 217 |



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1 : Yalın üretim sistemine dönüşüm evreleri (Türkan, 2010). ....                             | 4  |
| Şekil 2.2 : Değer Akışı Haritası (DAH) oluşturma adımları. ....                                      | 5  |
| Şekil 2.3 : Yalın üretim sisteminde ortaya çıkan yedi ölümcül israf.....                             | 6  |
| Şekil 2.4 : Performans ölçüm döngüsü (Türkan,2010).....                                              | 10 |
| Şekil 2.5 : Kaizen sistemleri. ....                                                                  | 12 |
| Şekil 2.6 : Poka-yoke prensipleri.....                                                               | 14 |
| Şekil 2.7 : 5S problem yok etme döngüsü basamakları.....                                             | 15 |
| Şekil 2.8 : Mevcut Durum DAH örneği (Kiraz ve diğ., 2017). ....                                      | 18 |
| Şekil 2.9 : Gelecek Durum DAH örneği (Kiraz ve diğ., 2017). ....                                     | 19 |
| Şekil 2.10 : Metod etüdü öncesi spaghetti diyagramı (Yalçın ve diğ.,2020).....                       | 20 |
| Şekil 2.11 : Yeni çalışmaya göre metod etüdü sonrası spaghetti diyagramı (Yalçın ve diğ.,2020). .... | 20 |
| Şekil 2.12 : Montaj hatlarının sınıflandırılması (Hıdımoğlu,2019).....                               | 22 |
| Şekil 3.1 : Ofislerde kanban uygulaması örneği. ....                                                 | 27 |
| Şekil 3.2 : Çekme kanbanı hareketi (Ahmetoğlu,2007). ....                                            | 28 |
| Şekil 3.3 : Kanban çeşitleri (Şahin,2011). ....                                                      | 29 |
| Şekil 3.4 : Sinyal kanban türleri (Şahin,2011).....                                                  | 31 |
| Şekil 3.5 : Fiziksel kanban örneği (Url-3). ....                                                     | 32 |
| Şekil 3.6 : Kanban toplama kutuları örneği. ....                                                     | 35 |
| Şekil 4.1 : Farklı ürünleri ve kasaları içeren palet örnekleri.....                                  | 45 |
| Şekil 4.2 : Konveyör çeşitleri (Kılıç, 2016).....                                                    | 46 |
| Şekil 4.3 : Palet taşıyıcı örneği-forklift.....                                                      | 47 |
| Şekil 4.4 : Mobil robot örneği.....                                                                  | 48 |
| Şekil 4.5 : Lojistikte milkrun döngüsü (Yıldız,2008).....                                            | 50 |
| Şekil 4.6 : Genel milkrun sistemi döngüsü.....                                                       | 51 |
| Şekil 4.7 : İç lojistik tren sistemi örneği. ....                                                    | 52 |
| Şekil 4.8 : İç lojistik treni(milkrun) faydaları. ....                                               | 53 |
| Şekil 4.9 : Farklı malzemeleri ve kasaları içeren dinamik raf örneği. ....                           | 54 |
| Şekil 4.10 : Süpermarket adresleme örneği. ....                                                      | 56 |
| Şekil 4.11 : Besleme sistemleri (Battini,2009). ....                                                 | 57 |
| Şekil 4.12 : Sürekli tedarik hat besleme yöntemi. ....                                               | 58 |
| Şekil 4.13 : Set şeklinde teslimat yöntemi.....                                                      | 59 |
| Şekil 4.14 : Sıralı teslimat yöntemi. ....                                                           | 60 |
| Şekil 4.15 : Yeniden paketlemeli besleme.....                                                        | 60 |
| Şekil 4.16 : Süpermarket çekme sistemi.....                                                          | 61 |
| Şekil 4.17 : Sıralı çekme sistemi.....                                                               | 61 |
| Şekil 4.18 : Sıralı ve süpermaket çekme karma sistemi. ....                                          | 62 |
| Şekil 5.1 : Yalın üretim ile ilgili literatür matrisi. ....                                          | 71 |
| Şekil 5.2 : Kanban ile ilgili literatür matrisi. ....                                                | 80 |
| Şekil 5.3 : Yalın iç lojistik ile ilgili literatür matrisi.....                                      | 89 |

|                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 6.1 : Geliştirilen metodoloji.....                                                                      | 92  |
| Şekil 6.2 : Değer akışı haritalama adımları (Shook ve Rother,1999). ....                                      | 94  |
| Şekil 6.3 : Mevcut durum DAH sembolleri (Kiraz ve diğ.,2017). ....                                            | 95  |
| Şekil 6.4 : Çelik gösterge paneli tutucu braketi mevcut durum DAH örneği (Shook ve Rother,1999). ....         | 97  |
| Şekil 6.5 : Gelecek durum DAH sembolleri (Kiraz ve diğ., 2017).....                                           | 97  |
| Şekil 6.6 : Sürekli akış örneği (Url-6).....                                                                  | 98  |
| Şekil 6.7 : Süpermarket çekme sistemi (Shook ve Rother,1999). ....                                            | 98  |
| Şekil 6.8 : Süpermarket çekme sistemi (Shook ve Rother,1999). ....                                            | 99  |
| Şekil 6.9 : Yük seviyeleme kutusu örneği. ....                                                                | 100 |
| Şekil 6.10 : Tempolu çekiş örneği (Shook ve Rother,1999).....                                                 | 100 |
| Şekil 6.11 : Çelik gösterge paneli tutucu braketi gelecek durum DAH örneği (Shook ve Rother,1999). ....       | 101 |
| Şekil 6.12 : Laboratuvar mevcut durum spagetti diyagramı (Yıldız ve diğ.,2018).102                            |     |
| Şekil 6.13 : Yeniden düzenlenen laboratuvar spagetti diyagramı (Yıldız ve diğ.,2018).....                     | 102 |
| Şekil 6.14 : İkinci kaizen iyileştirmesinden sonra laboratuvar spagetti diyagramı (Yıldız ve diğ.,2018). .... | 103 |
| Şekil 6.15 : Temel akış sembolleri.....                                                                       | 104 |
| Şekil 6.16 : Süreç haritası örneği: müşteri talebinin karşılanması (Url-9). ....                              | 104 |
| Şekil 6.17 : Montaj hattı dengeleme örneği (Şahin, 2011). ....                                                | 106 |
| Şekil 6.18 : Her parça için plan dosyası örneği (Şahin,2011).....                                             | 108 |
| Şekil 6.19 : Her parça için plan malzeme detay sayfası örneği (Şahin,2011). ....                              | 108 |
| Şekil 6.20 : Üretim sahasında doğru malzeme elleçleme örneği. ....                                            | 109 |
| Şekil 6.21 : Standart kutu tipleri örneği (Şahin,2011). ....                                                  | 110 |
| Şekil 6.22 : Hat yanı malzeme stoğu örnekleri. ....                                                           | 113 |
| Şekil 6.23 : Apogee firması malzeme taşıma çevrimi (Smalley,2004). ....                                       | 114 |
| Şekil 6.24 : Süpermarket ve ara malzeme elleçleme deposu örneği.....                                          | 119 |
| Şekil 6.25 : TV İşletmesi iç milkrun rotaları (Şahin,2011). ....                                              | 121 |
| Şekil 6.26 : Panel çeşidi ve bilgileri (Şahin,2011).....                                                      | 121 |
| Şekil 6.27 : Milkrun rotaları, duruş/servis noktaları (Şahin, 2011). ....                                     | 122 |
| Şekil 6.28 : K1 ve K2 süreleri (Şahin, 2011).....                                                             | 122 |
| Şekil 6.29 : Dinamik raf tasarım örneği.....                                                                  | 127 |
| Şekil 6.30 : K550 trolley tasarımı. ....                                                                      | 128 |
| Şekil 6.31 : Malzeme taşıma araçları örneği.....                                                              | 129 |
| Şekil 6.32 : Çekici ve vagon örnekleri.....                                                                   | 130 |
| Şekil 6.33 : İç lojistik treni (işletme içi milkrun).....                                                     | 130 |
| Şekil 6.34 : Kanban toplama cebi örneği (Url-11).....                                                         | 131 |
| Şekil 6.35 : Ağır yük depo rafları. ....                                                                      | 132 |
| Şekil 6.36 : Ara malzeme depo-süpermarket-montaj malzeme akışı. ....                                          | 133 |
| Şekil 7.1 : Mevcut durum DAH.....                                                                             | 140 |
| Şekil 7.2 : Gelecek durum DAH.....                                                                            | 141 |
| Şekil 7.3 : Montaj hattı mevcut durum spagetti diyagramı.....                                                 | 142 |
| Şekil 7.4 : Montaj hattı gelecek durum spagetti diyagramı. ....                                               | 143 |
| Şekil 7.5 : Mevcut durum iş süreç haritası.....                                                               | 145 |
| Şekil 7.6 : Malzeme grubu örneği.....                                                                         | 147 |
| Şekil 7.7 : Ürün montaj varyant örneği.....                                                                   | 148 |
| Şekil 7.8 : AviX'te dengeleme adımları. ....                                                                  | 149 |
| Şekil 7.9 : AviX üzerinden alınan dengeleme raporu örneği.....                                                | 150 |
| Şekil 7.10 : Operasyon planı örneği.....                                                                      | 150 |

|                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 7.11 : Her parça için plan dosyası. ....                                     | 154 |
| Şekil 7.12 : Kurutucu işletmesi standart ambalajları. ....                         | 155 |
| Şekil 7.13 : Şebeke kablolarında soket sayısının azaltılması. ....                 | 155 |
| Şekil 7.14 : İşletme içi yerleşimin yeniden düzenlenmesi. ....                     | 156 |
| Şekil 7.15 : Çay istasyonu ve pano gruplama alanın taşınması. ....                 | 157 |
| Şekil 7.16 : Süpermarket kurulumu. ....                                            | 157 |
| Şekil 7.17 : C-Parti malzeme süpermarketi. ....                                    | 157 |
| Şekil 7.18 : Malzeme grubu bazında hat yanı stok hesabı. ....                      | 158 |
| Şekil 7.19 : Ara malzeme elleçleme depo alanı. ....                                | 160 |
| Şekil 7.20 : Malzeme indirme alanlarının düzenlenmesi. ....                        | 160 |
| Şekil 7.21 : Malzeme gruplarına ait çekici ve vagon ihtiyaç dosyası. ....          | 162 |
| Şekil 7.22 : Factory Flow trafik yoğunluğu haritası. ....                          | 164 |
| Şekil 7.23 : Factory Flow taşıma aracı(çekici) kullanım oranı raporu. ....         | 164 |
| Şekil 7.24 : Factory Flow sefer ve malzeme bazlı taşınan kutu sayısı raporu. ....  | 165 |
| Şekil 7.25 : Factory Flow mesafe-yoğunluk dağılım raporu. ....                     | 165 |
| Şekil 7.26 : Factory Flow programından alınmış uygulama çıktısı raporu. ....       | 166 |
| Şekil 7.27 : Ambalaj tipi bazında kutu adetleri ve palet hacmi. ....               | 166 |
| Şekil 7.28 : Palet boyutu dönüşüm sayfası. ....                                    | 167 |
| Şekil 7.29 : Program çıktısına eklenen uygulama raposu örnekleri. ....             | 167 |
| Şekil 7.30 : “Delivered” adetleri giriş sayfası. ....                              | 167 |
| Şekil 7.31 : Her tura ait bilgilerin toplandığı sayfa. ....                        | 168 |
| Şekil 7.32 : Taşınan palet adetleri grafiği. ....                                  | 168 |
| Şekil 7.33 : NX Programı üzerinde çekici dönüş simülasyonu. ....                   | 169 |
| Şekil 7.34 : Yeni iç lojistik sisteminde genel işleyiş. ....                       | 169 |
| Şekil 7.35 : Hat yanında bulunan dinamik raflardaki kullanım ve iade rafları. .... | 170 |
| Şekil 7.36 : Tek katlı dinamik raf tasarımı. ....                                  | 173 |
| Şekil 7.37 : Hat yanı dinamik raf ihtiyaç listesi. ....                            | 173 |
| Şekil 7.38 : Dinamik raf tasarımları. ....                                         | 173 |
| Şekil 7.39 : Hat yanı dinamik raf örneği. ....                                     | 174 |
| Şekil 7.40 : Süpermarket tasarım ve yerleşim krokisi. ....                         | 174 |
| Şekil 7.41 : HAT A ve HAT B için süpermarket rafları. ....                         | 174 |
| Şekil 7.42 : K550 Kasalı malzemelerin aktarım sistemi. ....                        | 175 |
| Şekil 7.43 : K550 Kasa süpermarketi. ....                                          | 175 |
| Şekil 7.44 : Dinamik raf vagonu tasarımı. ....                                     | 175 |
| Şekil 7.45 : Özel tasarım trolleyler. ....                                         | 176 |
| Şekil 7.46 : Strafor taşıma aracı. ....                                            | 176 |
| Şekil 7.47 : Kapak ve terminal malzemesi taşıma araçları. ....                     | 177 |
| Şekil 7.48 : İç lojistik treni/ milkrun. ....                                      | 177 |
| Şekil 7.49 : Dinamik raflardaki kanban cepleri. ....                               | 178 |
| Şekil 7.50 : Kanban tasarımı. ....                                                 | 180 |
| Şekil 7.51 : Çekici operatörü görev kartı. ....                                    | 181 |
| Şekil 7.52 : Kartlı kanban sistemi işleyişi. ....                                  | 182 |
| Şekil 7.53 : E-kanban sistemi işleyişi. ....                                       | 183 |
| Şekil 7.54 : E-kanban iş akışı. ....                                               | 184 |
| Şekil 7.55 : Depo raf adreslemesi. ....                                            | 185 |
| Şekil 7.56 : Kutu barkodu örneği. ....                                             | 185 |
| Şekil 7.57 : Süpermarket raf barkodu. ....                                         | 185 |
| Şekil 7.58 : E-KANBAN yazılımı temel girdileri. ....                               | 187 |
| Şekil 7.59 : E-KANBAN yazılımı temel girdileri-2. ....                             | 187 |
| Şekil 7.60 : E-KANBAN malzeme hareket takip ekranı. ....                           | 188 |

|                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Şekil 7.61</b> : E-KANBAN üretim-malzeme takip ekranı. ....                      | 189 |
| <b>Şekil 7.62</b> : E-KANBAN ara malzeme elleçleme (backlog)depo takip ekranı. .... | 189 |
| <b>Şekil 7.63</b> : E-KANBAN malzeme talebi takip ekranı. ....                      | 189 |
| <b>Şekil 7.64</b> : Devreye alınan E-KANBAN donanımları. ....                       | 190 |
| <b>Şekil 7.65</b> : Duruş süresi kuralları. ....                                    | 191 |
| <b>Şekil 7.66</b> : JIT yazılımının tedarikçi sevk planı gönderim arayüzü. ....     | 193 |
| <b>Şekil 8.1</b> : Proje öncesi ve sonrası montaj sahası-1 .....                    | 196 |
| <b>Şekil 8.2</b> : Proje öncesi ve sonrası montaj sahası-2 .....                    | 197 |
| <b>Şekil A.1</b> : Proje planı.....                                                 | 214 |
| <b>Şekil B.1</b> : AviX'te aktivite tanımları. ....                                 | 219 |



# **ÜRETİM SİSTEMLERİNDE ÇEKME TİPİ ESASLI İÇ LOJİSTİK SİSTEMİ TASARIMINA YÖNELİK BÜTÜNLEŞİK BİR METODOLOJİ ÖNERİSİ: BEYAZ EŞYA SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA**

## **ÖZET**

Toyota'nın 1930'lu yıllardan bu yana geliştirdiği ve Toyota Üretim Sistemi olarak adlandırdığı üretim yol haritası, 1990'lı yıllarda Womack, Jones ve Roos tarafından “Dünyayı Değiştiren Makine” kitabı ile, “Yalın Üretim” adıyla tüm dünyaya duyuruldu. Kitapta 1800'lü yıllardaki atölye tipi otomobil üretiminden, kitle üretimine geçişi ve devamında artan talep farklılığının minimum kaynakla yönetildiği Toyota'nın yalın üretimini aktarıldı.

Aradan geçen otuz yılda, yalın üretim gittikçe iyileşen, otomotiv sektörünün yanı sıra farklı üretim ve hizmet sektörlerinde verimlilik artırma amacıyla başvurulmuş bir kaynak oldu.

Yapılan tez çalışmasında üretim tesislerinde çekme tipi esaslı iç lojistik tasarımına yönelik bütünleşik bir metodoloji önerisi paylaşılacak ve yalın üretim tekniklerinin ağırlıklı kullanılmadığı, alan kısıtı olan bir kurutma makinesi üretim tesisinde yapılan uygulama sunulacaktır.

Yapılan çalışma, “Giriş” ile “Sonuç ve Öneriler” bölümleri dahil olmak üzere dokuz bölümden oluşmaktadır. “Giriş”, “Yalın Üretim”, “Kanban Sistemi”, “Yalın İç Lojistik” bölümlerinde tanımlar ve genel bilgiler aktarılmıştır. “Literatür Araştırması” bölümünde yalın üretim, kanban sistemi ve yalın iç lojistikle ilgili özellikle son yirmi yılda yapılan çalışmalar üç başlık altında sunulmuştur.

Altıncı bölüm olan “Geliştirilen Metodoloji”de çekme tipi esaslı iç lojistik tasarımının yeniden düzenlenmesine yönelik kanban sistemi, süpermarket kurulumu ve iç milkrun ile malzeme beslemesi sistematiğini içeren uygulama yol haritası paylaşılmaktadır.

Çıkarılan yol haritasına göre ilk olarak işletmenin mevcut durum ve iyileştirme noktaları ile gelecek durum değer akış haritası çıkarılmaktadır. Malzeme hareketi özelinde toplam taşımalara yönelik mevcut durum ve iyileştirmelerle planlanan yeni durum spagetti diyagramı çizilmektedir.

İkinci adımda üretim planı doğrultusunda hatta malzeme tedarikinin mevcut süreç haritası çıkarılmıştır. Bu harita ile iç lojistik düzeninde tespit edilen iyileştirmeler kanban sisteminin kurgusunda kullanılacaktır. Ardından üçüncü adımda proje planı çıkarılır.

İç lojistik tasarımının planlanmasının ardında dördüncü adım olarak hat dengeleme çalışması ile projeye başlanır. Beşinci adımda dengeleme sonucunda proje kapsamına alınması gereken malzemeler belirlenmektedir ve altıncı adım olarak kapsama giren bu malzemelerin tedarikçi bilgisi, depolardan montaj istasyonlarına taşınmasına kadar kullanılan ambalaj tipi, kutu içi miktarı, ürün modeli bazında tüketim miktarı ve kullanılan istasyon bilgisi gibi malzeme ile ilgili bilgilerin yer aldığı “Her Parça için

Plan”dosyası hazırlanır.Proje devamında bu dosyaya kanban kart basım bilgileri, süpermarket, ara malzeme elleçleme depo ve hat yanı stok miktarları dahil edilecektir.

Yedinci adımda malzeme taşımalarının yalın bir sistemde sağlanması için tedarik edilen ve/ya montaj hattına beslenen ambalajların stadartlaştırılması sağlanmıştır. Sekizinci ve dokuzuncu adımlar olarak hat dengeleme sonuçlarına göre operasyonu iyileştirebilecek malzemelerde çalışma yapılması ve stok çeşitliliğinin yönetimi için malzeme gruplarında ortaklaştırma çalışmaları yapılması planlanmaktadır.

Ardından onuncu adım olarak süpermarket ve ara malzeme elleçleme depo alanlarının tespit edilmesi gelmektedir. Bu alanların belirlenmesi ardından malzeme indirme alanlarının tespit edilmesi ve ihtiyaçların çıkarılması on birinci adım olarak devam etmektedir.

On ikinci adımda işletme içinde planlanan milkrun döngüsünün işlemesine yönelik kabuller belirlenir. On üç ve on dördüncü adımlarda ise işletme içinde taşıma yapacak milkrun sayısı, rotası ve gerekli iç lojistik ekibi kadrosu hesaplanmaktadır. Sonraki süreçte ara malzeme elleçleme depo, hat yanı ve süpermarkete kurulacak dinamik raflar, özel taşıma araçları ve milkrun tasarımları yapılır, ihtiyaç doğrultusunda kanban cepleri tasarlanır (Adım 15-16-17-18-19).

Yirminci adımda kartlı kanban sistemi için malzeme grubu bazında kanban sayısı çıkarılır, yirmi birinci adımda oluşturulacak kanban sisteminin sağlıklı şekilde işlemesi için kabuller ve kurallar oluşturulur. Yirmi ikinci adımda sayısı hesaplanan kanbanların tasarımı yapılmaktadır. Yirmi üçüncü adımda tüm hazırlıklar tamamlanmakta ve kartlı kanban sistemi devreye alınmaktadır.

Yirmi dördüncü adımla beraber elektronik kanban sistemine geçiş için süreç haritaları hazırlanmaktadır. Yirmi beşinci adımda okutmaların yapılması ve sinyal oluşturulması için raflar ve depo alanları için barkodlar tasarlanır, devamında yirmi altıncı adımda e-kanban sistemi için gerekli donanım ihtiyaçları belirlenir.

Yirmi yedinci adımda kurgulanan e-kanban sistemine yönelik yazılım süreci tamamlanır ve son adımda sistem testleri yapılarak devreye alınır.

Tezin yedinci bölümü “Beyaz Eşya Sektöründe Bir Uygulama”da uygulama yapılan işletmede yardımcı sanayi ve depolardan montaj hatlarına malzeme besleme yönteminin alanda çalışan kişilere bağımlılığını kaldıracak, kurallı ve sistematik ilerleyen bir hale getirilerek işletmede devamlılığı olan bir sistem kurulması amaçlanmıştır. Bu çalışma ilk etapta işletmedeki montaj hatlarının temposunu arttırmak için düzenli malzeme hareketinin sağlanamaması, uzun süreli duruşların yaşanması, stok ve üretim alanı yetersizliği, bant başı operatörlerinin montaj dışında malzeme elleçleme işçiliğinin fazla olması, malzeme kayıplarının yaşanması nedenleriyle tetiklenmiş olsa da çıktılarıyla daha yalın ve sistemli bir işletmeye kavuşulması, üretim temposunun artışıyla beraber İş Sağlığı Güvenliği (İSG) risklerinin azaltılması, hurda-iade süreçlerinin iyileştirilmesi, paketleme ve taşıma/elleçleme yöntemlerinin standardize edilmesi de hedeflenmiştir.

Bu kapsamda, klasik kartlı kanban sisteminin devreye alınması ve ardından E-Kanban sistemi ile ilgili yapılan çalışmalarla malzeme tüketimine bağlı bir çekme sistemi yapılandırılması, montaj çalışanlarının malzeme elleçleme işlerinden ayrılması sağlanarak, bant başında malzeme bittikçe sipariş verildiği, milkrun çevrimleri ile

malzeme besleme işleminin üretim programına ayak uydurabilecek sistematik alt yapıya ulaştırılması planlanmıştır.

Çekme tipi malzeme akışının ve işletmedeki iç lojistik sisteminin iyileştirilmesine yönelik yapılan bu çalışmayı işletmedeki 48 Saat Üretim Planı Duruşu, Tedarikçide Kalite Kontrol ve Just-In-Time (JIT) kapsamında Tedarikçiden Saatlik Malzeme Aktarımı gibi projeler de desteklemiş ve ilerletilmesine katkıda bulunmuştur.

Sekizinci bölüm olan “Uygulama Sonuçları” kısmında uygulamanın sonuçları, gelişime açık noktaları ve gelecekte yapılması planlanan çalışmalardan bahsedilmektedir.

Son olarak dokuzuncu bölüm olan “Sonuçlar ve Öneriler” kısmında ise yalın iç lojistik yöntemlerinin çalışmaya katkılarından çıkarılan sonuçlar paylaşılmaktadır.

Bu tezle, literatürde yalın üretim tekniklerinden kanban, milkrun ve süpermarket ile ilgili olarak, sanayide uygulama yapma noktasında, nereden başlamak gerektiği, hangi araçlarla ve hangi yollarla ilerleneceğine yönelik bütünselik bir metodoloji oluşturularak katkı sağlanması amaçlanmıştır.



# **AN INTEGRATED METHODOLOGY PROPOSAL FOR TOWING TYPE BASED INTERNAL LOGISTICS SYSTEM DESIGN: AN APPLICATION IN THE HOUSEHOLD APPLIANCES SECTOR**

## **SUMMARY**

High production and profitability are among the most important goals of all sectors and investors. The most important of some production systems created to achieve these goals is lean production. Although this system is primarily used in the production sector, it is applied in every field today.

The Kanban system is a system of methods that has been used for about half a century, primarily in car manufacturer Toyota and then in supermarkets in the USA and used to control the stages of the production process. The Kanban system was created by synthesizing Just-In-Time (JIT) and lean manufacturing systems.

Along with lean thinking, lean transformation and lean production techniques, studies are carried out and implemented in order to simplify the internal logistics and establish a more agile material handling system in enterprises. The production roadmap, which Toyota has developed since the 1930s and called the Toyota Production System, was announced to the world in the 1990s by Womack, Jones and Roos with the book "The Machine That Changed the World" under the name "Lean Manufacturing". He cited the lean production of Toyota, in which the transition from workshop type automobile production to mass production and the subsequent increasing demand difference was managed with minimum resources.

In the intervening thirty years, lean manufacturing has become a resource that has been increasingly improved and used to increase productivity in different production and service sectors as well as the automotive sector.

In the thesis study, an integrated methodology proposal for pull-type-based interior logistics design in production facilities will be shared and an application made in a production facility with space constraints, where Drying Machine is produced and where lean production techniques are not mainly used will be presented.

The study consists of nine chapters including "Introduction" and "Conclusion and Suggestions". Definitions and general information are given in "Introduction", "Lean Manufacturing", "Kanban System", "Lean Internal Logistics" sections. Studies on lean production, kanban system and lean intralogistics, especially in the last two decades, are presented under three headings in the "Literature Research" section.

In the sixth chapter, "Developed Methodology", the application roadmap, which includes the kanban system for the rearrangement of the pull-type based internal logistics design, the establishment of a supermarket and the systematic of material feeding with internal milkrun, is shared.

First of all, it was aimed to create supermarkets between the warehouses and assembly lines in the enterprise, to feed the materials to the relevant workstations cyclically with the internal logistics train, to create a systematic to trigger the need with the card-

kanban pulling system by keeping the stocks next to the line constant. Then, in the second step of the study, it was planned to digitize the kanban system as an electronic kanban system, to transmit the material demand triggers through signals and to monitor every stage of the system instantly.

After determining the general problems of the company, the studies on lean production, pull systems, kanban applications and lean intralogistics transformations were examined and in this direction, a road map for lean internal logistics transformation based on pull type was created and the project was implemented.

According to the road map, first the current situation and improvement points of the enterprise and the future situation value flow map are drawn. A new situation spaghetti diagram is drawn, which is planned with the current situation and improvements for the total transportation, specific to the material movement.

In the second step, the current process map of the material supply has been drawn in line with the production plan. With this map, the improvements identified in the internal logistics scheme will be used in the setup of the kanban system. Then, the project plan is drawn up in the third step.

As the fourth step after the planning of the internal logistics design, the project starts with the line balancing study. In the fifth step, the materials to be taken within the scope of the project are determined and the sixth step is the supplier information of these materials, the type of packaging used, the amount of the box, the product "Plan for Each Part" containing information about the material such as consumption amount and station information on a model basis is prepared. Kanban card printing information, supermarket, intermediate material handling warehouse and line stock quantities will be included in this file.

In the seventh step, it was ensured that the packages supplied and / or fed to the assembly line were standardized in order to ensure material transportation in a lean system. As the eighth and ninth steps, it is planned to work on materials that can improve the operation according to the line balancing results and to carry out collective work on material groups to manage stock diversity.

Then, as the tenth step, the determination of the supermarket and intermediate material handling storage areas comes as the eleventh step.

In the twelfth step, the acceptances for the processing of the milkrun cycle planned within the enterprise are determined. In the thirteenth and fourteenth steps, the number of milkruns to be transported within the enterprise, its route and the necessary internal logistics team staff are calculated. Special transportation vehicles and milkrun designs are made, kanban pockets are designed according to the needs (Step 15-16-17-18-19).

In the twentieth step, the kanban number for the card kanban system is removed on the basis of the material group, the acceptances and rules are created for the healthy functioning of the kanban system to be created in the twenty-first step. In the twenty-second step, the calculated kanban numbers are designed.

With the twenty-fourth step, process maps are prepared for the transition to the electronic kanban system. In the twenty-fifth step, barcodes for the shelves and storage areas are designed to make readings and signal creation, and in the twenty-sixth step, the necessary hardware requirements for the e-kanban system are determined.

The software process for the e-kanban system, which was set up in the twenty-seventh step, is completed and the system tests are performed in the last step and commissioned.

In the seventh chapter of the thesis, "An Application in the White Goods Sector", it is aimed to establish a system that has a continuity in the business by making the method of material feeding from auxiliary industry and warehouses to assembly lines in the enterprise, which will remove the dependence of the people working in the field, and to develop a systematic and systematic progress. Although this study was initially triggered by the inability to provide regular material movement to increase the pace of the assembly lines in the enterprise, the long-term stoppages, the shortage of stock and production area, the excessive material handling workmanship of the belt head operators outside of assembly, the material losses, it was a simpler and systematic With the increase in production pace, it is also aimed to reduce Occupational Health and Safety (OHS) risks, improve scrap-return processes, standardize packaging and transportation / handling methods.

In this context, the classical card kanban system was commissioned and then a pulling system based on material consumption was configured with the work done on the E-Kanban system, the assembly employees were separated from the material handling work, the order was placed at the beginning of the belt as the material was finished, and the material feeding process was included in the production program It is planned to have a systematic infrastructure that can keep up.

This work aimed at improving the pull-type material flow and the internal logistics system in the enterprise has also supported and contributed to the advancement of projects such as 48 Hour Production Plan Stance, Supplier Quality Control and Hourly Material Transfer from the Supplier within the scope of Just-In-Time (JIT).

In the eighth section, "Implementation Results", the results of the application, its open points for improvement and future studies are mentioned.

Finally, in the ninth section, "Results and Recommendations", the results derived from the contribution of close intralogistics methods to the study are shared.

With this thesis, it is aimed to contribute to the literature by creating an integrated methodology about where to start, which tools and ways to proceed at the point of applying in the industry regarding kanban, milkrun and supermarket, which are the lean production techniques.

With this thesis, along with the kanban pulling system and in-house mixing applications, which are implemented based on research, comparison and applications that include many general principles and techniques in the literature and optimization methods such as advanced modeling, simulation, lean internal logistics transformation in a production facility. An integrated methodology proposal, which gives detailed information about where to start, where to pay attention, with which tools, which methods and in what order to proceed, is presented for those who target.



## 1. GİRİŞ

Yüksek üretim ve karlılık, tüm sektörlerin ve yatırımcıların en önemli amaçlarındandır. Bu amaçlara ulaşmak için oluşturulan üretim sistemlerinden en önemlisi yalın üretimdir. Bu sistem başta üretim sektöründe kullanılsa da günümüzde her alana uygulanmaktadır.

Kanban sistemi, yaklaşık olarak yarım yüzyıldır öncelikle araba üreticisi Toyota ve sonrasında ABD’de bulunan süpermarketlerde kullanılmaya başlayan ve üretim sürecinin aşamalarını kontrol etmek için kullanılan yöntemler sistemidir. Kanban sistemi, Just-In-Time (JIT) ve yalın üretim sistemlerinin sentezlenmesi sonucu oluşturulmuştur (Ward ve Shah, 2003).

Yalın düşünce, yalın dönüşüm ve yalın üretim teknikleri ile beraber, işletmelerde iç lojistiğin yalınlaştırılması ve daha çevik bir malzeme taşıma sistemi kurulması doğrultusunda çalışmalar yapılmakta ve uygulanmaktadır.

### 1.1 Tezin Amacı

ABC Kurutma Makinesi İşletmesi’nde yardımcı sanayi ve merkez depolardan gelen malzemelerin montaj hatlarındaki istasyonlara üretim hızına ve tempo artış hedefine uygun, iş güvenliği riski barındırmayacak, manuel malzeme takiplerinin olmadığı, montaj hatları yanında itme sisteminin getirdiği yığın malzemelerin olmadığı ve karton/kutu elleçlemelerinin saha içinde yapılmadığı, sistemin işleyişinin çalışan bilgi ve tecrübesine bağlı ilerlemediği, işletme stoklarının yönetilebilir seviyede olduğu çekme tipi esaslı kurallı ve sistematik yeni bir iç lojistik tasarımı oluşturulması amaçlanmıştır.

İlk olarak işletmede depolar ve montaj hatları arasında süpermarketler oluşturulması ve kullanıma hazır malzemelerin iç lojistik treni ile döngüsel olarak malzemeleri ilgili iş istasyonlarına beslemesi, hat yanındaki stokları sabit tutarak kartlı kanban çekme sistemi ile ihtiyacın tetiklenmesi sistematığının oluşturulması hedeflenmiştir. Ardından çalışmanın ikinci adımında kanban sisteminin elektronik kanban sistemi

olarak dijitalleştirilmesi, malzeme talep tetiklerinin sinyaller aracılığıyla aktarılması ve anlık olarak sistemin her aşamasının takip edilmesi planlanmıştır.

İşletmenin genel sorunları tespit edildikten sonra yalın üretim, çekme sistemleri, kanban uygulamaları ve yalın iç lojistik dönüşümlere yönelik yapılan çalışmalar incelenmiş ve bu doğrultuda çekme tipi esaslı yalın iç lojistik dönüşümüne yönelik yol haritası oluşturularak proje hayata geçirilmiştir.

Bu tez ile, literatürde geçen çok sayıdaki genel prensip ve teknikler ile ileri seviye modelleme, simülasyon gibi optimizasyon yöntemlerini de içeren araştırma, karşılaştırma ve uygulamalardan yola çıkarak hayata geçirilen kanban çekme sistemi ve işletme içi mikrun uygulamaları ile beraber, bir üretim tesisinde yalın iç lojistik dönüşümünü hedefleyenler için uygulama aşamasında nereden başlamak gerektiği, nerelere dikkat edileceği, hangi araçlarla, hangi methodlarla ve hangi sırayla ilerleneceği konularında detaylı olarak bilgi veren bütünlük bir metodoloji önerisi sunulmuştur.

## 2. YALIN ÜRETİM

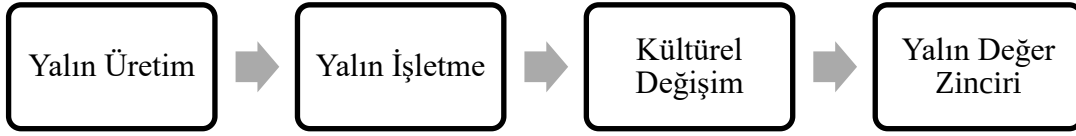
### 2.1 Yalın Üretim Nedir

21.yüzyılın başlarında durgunluğun ortaya çıkışı dünya üzerinde birçok üretim yapan firmanın maliyeti düşürme ve müşteri taleplerine daha duyarlı olmasını sağlamıştır (Sangwan ve Bhamu, 2014). Yalın üretim kavramı 1950’li yıllarda öncelikle Toyota otomobil şirketi tarafından uygulanan, sonrasında ise bütün dünyada üretim yapan firmalarının uyguladığı bir çeşit maksimum üretim sistemidir (Sundar ve diğ., 2014). Yalın üretim sistemi 1980’li yıllara kadar “Toyota Üretim Sistemi” olarak bilinmekteydi (Türkan, 2010). Sistem, üretim sürecinde oluşan kaybın önüne geçmek ve bu sayede verimliliği ve ürünlerden elde edilen geliri artırma amacı taşımaktadır (Jain ve Gupta, 2013).

İlk defa Eiji Toyoda ve Taiichi Ohno tarafından geliştirilen yalın üretim organizasyon yöntemi imalat tekniklerini bir bütün olarak ele alır ve literatürde ilk defa John Krafcick tarafından tanımlanmıştır (Türkan, 2010). Yalın üretim, Ford tarafından 1900 başlarında ortaya atılan üretim sisteminin yeterli olmadığını ve daha gelişmiş yöntemlerin uygulanmasını savunmaktadır.

Yalın üretim kavramının temelleri sunulan ürün veya hizmet değerlerinin müşteriler tarafından nasıl algılandığını ölçer (Sundar ve diğ.,2014). Buna ilaveten, katma değer yaratanları değersiz olanlardan ayırarak üretim sisteminin optimum seviyede çalışmasını sağlar. Bu bağlamda, üretim aşamalarında ulaşım, taşıma, envanter, aşırı üretim ve kusurlar, katma değeri yüksek olmayan ve ayıklanması gereken unsurların bulunduğu alanlardır.

İşletmeler, müşterilerin sürekli iyileştirme kapsamında indirim istemesi sonucunda neyi, nasıl iyileştirmeleri gerektiğini bilmek ve hayata geçirmek zorundadırlar. Bu yüzden yalın dönüşüm çalışmalarının başarılı sonuç elde etmesi için doğru bir yol haritası izlenmesi gerekmektedir (Türkan,2010). Şekil 2.1, yalın dönüşümün önemli yol haritasını göstermektedir.



**Şekil 2.1 :** Yalın üretim sistemine dönüşüm evreleri (Türkan, 2010).

İlk evrede yalın dönüşümü amaçlayan firmalar, üretim organizasyonlarını yeniden yapılandırarak yalınlaştırmalıdır. İlk olarak mevcut durum ortaya konmalı ve eğitimler ile çalışanlara yalın üretimin temelleri aşılanmalıdır. Değer analizleri ile süreçleri israftan arındırmayı hedeflemek de bu evreye aittir. İkinci evrede yalın dönüşüm yönetim ve organizasyonun tüm seviyelerinde yayılmalı ve yalınlaştırma sağlanmalıdır. Ekip çalışmaları üzerinde durularak, süreç geliştirme faaliyetleri gerçekleştirilir. Bu aşamada çeşitli yalın araçlar ve toplam kalite yönetimine yönelik sorun belirleme ve çözme tekniklerinden yararlanılır. Üçüncü aşama, ilk iki aşamadan toplanan kazanımların korunması ve geliştirilmesini içerir. Bu aşamada personelin eğitim ihtiyaçları belirlenmeli ve periyodik eğitimlerle yeni bir işletme kültürü yaratacak değişimler tamamlanmalıdır. Son evre ise yalın dönüşümün yalın değer zincirinde tamamlandığı andır. Yalın düşüncenin tüm işletmedeki süreçlerde ve paydaşların yaygınlaştırılmasıyla yalın dönüşüm tamamlanır (Türkan, 2010).

## **2.2 Yalın Üretim Kavramları**

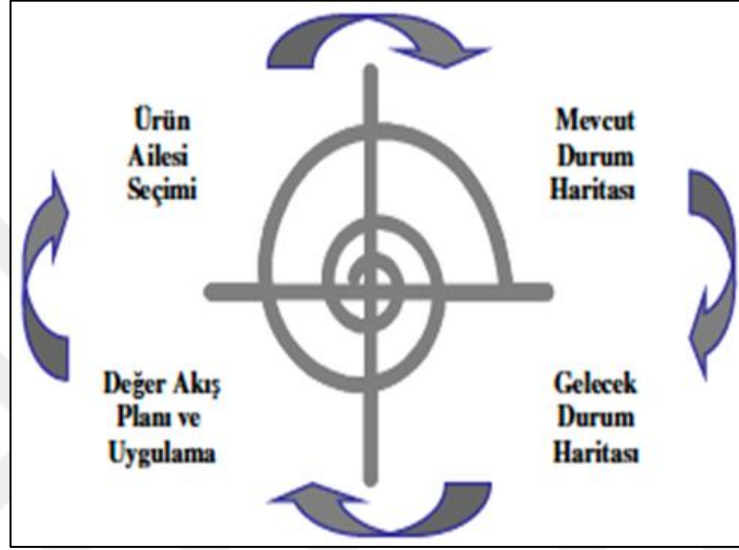
Bu bölümde yalın üretim sistemi aşamalarından çok yaygın kullanılan en önemli kavramlar kısaca açıklanacaktır. Bu kavramlar sırasıyla ‘Değer, İsraf, Üç Tehlikeli M, Takt Süreci’ olacaktır.

### **2.2.1 Değer**

Yalın üretim yaklaşımı değer ile başlar. Değer, bir hizmet veya üretilen mal için biçilen karşılıktır. Değer yönetimi yalın üretim sürecinde firmalar tarafından karşılaşılan en önemli kavramlardan birisidir. Bu süreç değer tanımlama, değer akışını betimlemek, sürekli akışı sağlamak, çekme sisteminin oluşturmak ve mükemmelliğe ulaşmak gibi beş temel prensip üzerine kuruludur (Türkan, 2010).

Değer kavramı yalın üretim sistemlerinde çoğunlukla Değer Akışı Haritası (DAH) kavramı olarak karşımıza çıkmaktadır. Yalın üretim uygulamasının ilk basamağı değer akışı haritası oluşturulmasıdır (Kodali ve Gurumurthy, 2011).

Şekil 2.2’de gösterildiği gibi DAH dört farklı basamaktan oluşan bir dögüdür. Bu döngünün ilk basamağı firmada veya fabrikadaki mevcut durum haritasının oluşturulmasıdır. İkinci basamakta ise mevcut durum incelenerek gelecek durum haritasının bir taslağı oluşturulur. Bu taslakta mevcut duruma göre ihtiyaçlar belirlenir ve buna göre gelecek durum haritası oluşturulur. Sonrasında ortaya çıkan değer akış planı uygulanır ve son basamakta ise hangi ürünlerin seçileceğine kadar verilir. Döngü mevcut durum haritasının oluşturulması ile tekrar devam eder.



**Şekil 2.2 : Değer Akışı Haritası (DAH) oluşturma adımları.**

Yukarıda bulunan değer akış haritasının (DAH) uygulanması için bazı şartların oluşması gerekmektedir. Bunları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz (Keskin,2010):

- Stokların kontrol altında olması gerekir.
- Az sayıda hizmet bölümü, makine ve çalışan sayısı olmalıdır.
- Raporlama değer akışına göre planlanmalıdır.
- Üretim süreçleri kontrol altında olmalıdır.

### 2.2.2 İsrar

Yalın üretim sisteminde dikkat edilmesi gereken en önemli unsurlardan birisi de israftır. ‘Yedi Ölümcül İsrar’ yalın üretim sisteminin kurucularından Taiichi Ohno tarafından 1988 yılında ortaya atılmıştır (Hicks, 2007). Bunlar “fazla üretim, hatalı üretim, fazla bekleme, stok, gereksiz taşıma, gereksiz hareketler ve gereksiz işlerdir (Şekil 2.3).

Fazla üretim yeterli mal veya hizmet üretimi sağladıktan sonra operasyonlara devam edilmesidir. Bu şekilde fazla yapılan üretim ortaya çıkan ürünlerin çok erken yapılmasına ve envanter artışına sebep olmaktadır. Fazla üretim firmanın gelir kaybı yaşayacağı bir israftır.



**Şekil 2.3 :** Yalın üretim sisteminde ortaya çıkan yedi ölümcül israf.

Hatalı üretim, firma ile müşteri arasındaki şartnameye veya müşterinin beklentisinin aksine ürün oluşturmaktır. Eğer firma hatalı üretime devam ederse bu durum müşteri memnuniyetsizliğine sebep olur. Bu durumda satışlar azalır, firmanın algısı bozulur, üretim miktarı azalır ve gelir kaybı yaşar.

Üçüncü ölümcül israf firmanın yaptığı üretimin fazla olması neticesinde ortaya çıkan fazla stoktur. Fazla stok mevcut müşteri siparişlerini yerine getirmek için doğrudan gerekli olmayan bütün stok olarak tanımlanır. Stok özellikle devam eden işler, bitmiş ürünler ve hammaddeleri içerir. Stoklarda bulunan bütün ürünler ek taşıma ve alan gerektirir. Gereksiz üretim sonucunda ortaya çıkan fazla stok ekstra işlemeyi önemli ölçüde arttırabilir.

Dördüncü ölümcül israf beklemedir. Bekleme bazen kuyrukta bekleme ve hareketsizlik dönemleri olduğu zaman ortaya çıkar. Bazen de değer katmayan veya aşırı üretimle sonuçlanan faaliyetlerin sonucu olarak ortaya çıkar.

Gereksiz işlerin bir diğer ismi ekstra işlemler olarak bilinir. Üretim aşamalarında oluşan kusurlar, fazla üretim veya aşırı stok nedeniyle oluşan yeniden işleme veya depolama gibi ekstra işlemler israf içeriğinde bulunur.

Gereksiz taşıma veya nakliye bir diğer ölümcül israf olarak tanımlanmaktadır. Devam eden işler (Work in Progress, WIP) bir işlemten diğerine taşınan malzemeler ve hammaddelerin gereksiz yere nakledilmesidir. Bu israf hiçbir katma değer eklenmediği ve elleçleme hasarının meydana gelebileceği sürece zaman eklendiğinden taşıma işlemleri en aza indirilmelidir.

Yukarıda kısaca açıklanan yedi ölümcül israfın ortaya çıkmaması için firmaların bazı önlemler alması gerekmektedir. Örneğin, çalışanlarına yeteri kadar eğitim verilmeli, uygun ve verimli planlamalar yapılmalı, hammadde kalitesinin yeterli olmasına dikkat edilmeli, ayar ve tamir süreçleri uygun şekilde tasarlanmalı, müşteri ilişkileri etkin şekilde ele alınmalı ve çözülmelidir.

### **2.2.3 Üç tehlikeli M**

Yalın üretimde önceki bölümde bahsedilen üretim süreçlerinde ortaya çıkabilen israfların firma tarafından belirlenmesi ve ölçülmesi gerekir. Bu da “Muda, Muri, Mura” olarak tanımlanan ve 3M olarak bilinen süreçler ile gerçekleştirilebilir. İsrafın tanımlanması, miktarların belirlenmesi ve görselleştirilmesi için 3M kullanımı önemlidir (Pieńkowski, 2014). 3M Toyota veya yalın üretim sistemindeki üç temel israf kaynağını temsil eder (Pieńkowski, 2014).

Muda, bir ürünün üretim sürecinde ortaya çıkan ve süreci artıran bütün faaliyetler ve durumlar olarak tanımlanır. Muda kelime anlamı olarak israf veya yararsızlıktır. Özellikle gereksiz faaliyetlerin israflarına verilen ortak isimdir. Bu israflar kaynak, hammadde, finansal yatırım ve zaman ile ilgili ve müşterinin zararına olan durumlardır. Yedi farklı geleneksel Muda çeşidi aşağıdaki gibidir (Pieńkowski, 2014):

- Fazla üretim – Firmanın sonraki ay veya dönemde oluşan müşteri ihtiyaçlarından daha fazla üretim yapmasıdır.
- Bekleme – Makine arızası, parça bekleme gibi sorunları içerir.
- Nakil – Üretilen parça, hammadde veya ürünleri gereksiz bir şekilde farklı bir lokasyona taşımaktır
- Aşırı İşleme – Bozuk makine veya tasarlanan ürünlerin özensiz olmasından kaynaklanan fazla üretilimdir. Az sayıda hizmet bölümü, makine ve çalışan sayısı olmalıdır.
- Envanter – Üretilen malların sevkiyatının gecikmesi veya gereksiz yere fazla işlenmesi neticesinde stokların gerekenden fazla büyümesidir.
- Arama-Üretim sürecinde gerekli olan bilgi, belge, makine veya parça gibi önemli parçaların aranmasıdır.

- Düzeltme – Üretimde ortaya çıkan kusurlu ürünlerin kontrol edilmesi veya kusurlu malzemelerin tekrar üretilmesi neticesinde ortaya çıkan gereksiz durumlardır.

Muri, kelime anlamı olarak fazla yükleme veya mantıksız durumlardır (Pieńkowski, 2014). Makinelere aşırı yüklenme veya çalışanların ve ekipmanların gereğinden fazla temin edilmesidir. Bu durum çalışanları ve makineleri daha büyük bir yük altına sokarak yalın üretim süreçlerini sekteye uğratar. Aşırı yüklenme üretim hattında kazalara da sebep olabilir. Muri, bununla beraber ekipman ve çalışanlara yeteri kadar yüklenmeyip boş durmaları durumunda da ortaya çıkar. Muri'nin sebepleri arasında 'kötü organize edilmiş iş planları ve görev dağılımları, standart üretim sürecinin olmaması, çalışanların ve makinelerde oluşan aşırı stres ve yüklenme' sayılabilir.

Mura, kelime anlamı olarak eşitsizlik veya çeşitlilik anlamında kullanılır. Üretim sırasında oluşan eşit olmayan veya düzensiz ürün miktarıdır. Sorunların ortaya çıkmasındaki en büyük ve yaygın hata şirkette oluşmuş olan toplu yaklaşımdır. Bu mura durumunun ortaya çıkması üretim programlarındaki farklılıklar veya değişimler ile çalışanlar arasında dengesiz dağıtılmış işgücü temposu sebep olabilir.

#### **2.2.4 Takt süresi**

Üretim sektöründe ve firmaların satış süreçlerinde son zamanlarda artan dalgalanma, satış krizi ve küresel rekabet gücü firmaları zor durumlarda ekonomik başarıyı yakalamak için uygulanan ve benimsenen yalın üretim sistemini uygulamaya yöneltmiştir (Deif ve Ali, 2014). Yalın üretim yaklaşımının önemli gerekliliklerinden birisi yalın üretim aşamalarında uygulamasının ölçülmesidir. Çünkü ölçülmeyen bir şeyin iyileştirilmesi mümkün değildir.

Takt kelimesinin kökeni 'dokunma, hissetme' anlamına gelen 'dokunuş' kavramından gelmektedir (Haghsheno ve diğ.,2016). Terimin bir diğer anlamı ritim veya düzenlilik. Takt süreçleri sanayi devriminden önce üretim sektöründe çok önemli rol oynamıştır. İkinci dünya savaşından sonra gelişen yalın üretim sisteminde kullanılmak için entegre edilmiş ve kullanımına devam edilmiştir.

Takt süresini açıklayacak olursak; kullanılabilir üretim süresinin müşteri talebine bölünmesi ile hesaplanır. Terim Almanca "takt" kelimesinden gelir, vuruş ya da darbe anlamına gelmektedir.1930 yıllarında ilk olarak Almanya'da uçak yapımında bir ölçü

olarak kullanılırken sonraki 20 yıl boyunca Toyota'nın yükselişine önemli katkılarda bulunmuştur.

Ahenkli bir süreçte bir takt süresi saptandığı zaman, tüm iş merkezleri üretim kapasiteleri bu takt süresine uymak için ayarlanmalıdır. Ayarlama aşağıdaki şekillerde olabilir (Durmuşoğlu, 2018):

- Darboğaz işlemlerdeki kapasiteyi arttırma
- Darboğaz olmayan işlemlerde kapasiteyi düşürme
- İş istasyonlarındaki işlerin yeniden dağıtılması

$$T = \frac{Ta}{D} \quad (2.1)$$

Burada;

T: Takt süresi (dakika-saniye/adet)

Ta: Günlük kullanılabilir üretim süresi (dakika-saniye)

D: Günlük müşteri talebi (adet)

Takt süresi hesaplamak için yukarıdaki formül kullanılır. Takt süresi müşterilerin üretilen herhangi bir ürünü talep etme hızı olarak tanımlanır (Özçelik, 2013). Günlük kullanılabilir üretim süresinin müşteri talebine oranı olarak hesaplanır. Örneğin, eğer günde 200 birim müşteri talebi olan bir ayakkabı firması her biri 8 saatten 2 vardiya çalışırsa takt süresi 288 saniye olarak hesaplanır. Diğer bir ifade ile fabrikanın her 288 saniyede bir ayakkabı üretmesi gerekir. Diğer bir örnek ise, klima üreten bir tesis günde 440 dakika çalışıyor ve müşteriler günde 110 klima talep ediyorsa takt süresi dört dakikadır.

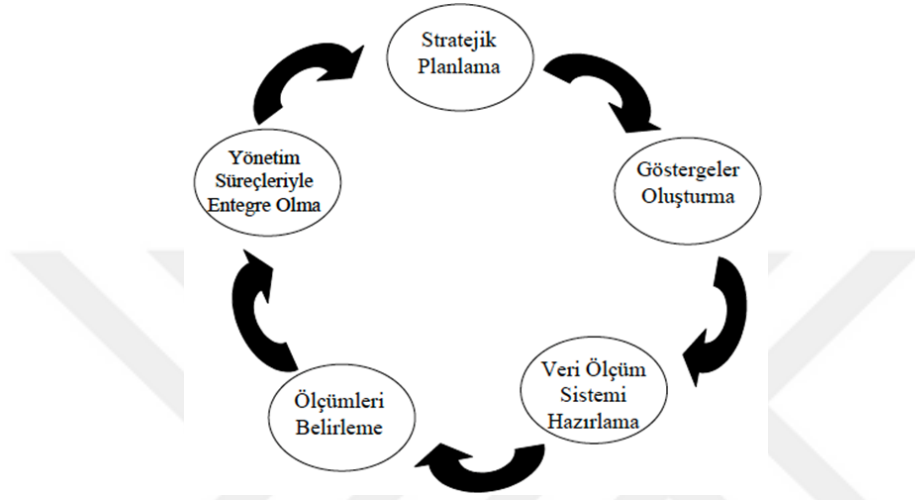
Takt süresi bir diğer anlamı ile performans ölçümü olarak da bilinir. Performans ölçümü bir şirketin ortaya koyduğu hizmet veya üretim miktarının nasıl oluştuğunu ve ne miktarda planlanan hedeflere ulaştığının ölçüldüğü yöntemleri içerir. Performans ölçüm çevirimi (döngüsü) aşamaları Şekil 2.4'deki gibi tanımlanmıştır (Türkan, 2010).

### 2.3 Yalın Üretim Teknikleri

Yalın üretim faaliyetleri çerçevesinde yalın üretim teknikleri önemli iyileştirmeler sağlar. Bu kapsamda yalın üretimde yer alan önemli yöntemler kısaca anlatılacaktır:

### 2.3.1 Tam zamanında üretim (TZÜ)

İmalat veya hizmet sektöründe çalışan bir firmanın ürettiği mal veya hizmetleri pazara sunma hızı ve üretim maliyetleri onu daha güçlü hale getirebilir veya zayıflatabilir. Tam Zamanında Üretim (TZÜ) veya Just-in-time üretim (JIT), üretim sistemlerindeki akış süreçlerinin yanı sıra tedarikçilerin ve müşterilerin tepki sürelerinin azaltılması ve düşürülmesini amaçlayan bir iş akışı yöntemidir (Gyampah ve diğ., 2001).



Şekil 2.4 : Performans ölçüm döngüsü (Türkan,2010).

TZÜ, tam olarak ne zaman kullanılmaya başlandığı bilinmemekle beraber ikinci dünya savaşından sonra üretim sektöründe uygulamaya sokulmuştur ve özellikle son çeyrek asırda dünya genelinde büyük ilgi gören üretim yöntemlerinden birisidir. Özellikle gelişmiş ülkelerde üretim sektöründe yer alan firmalar bu sistemi benimseyerek uygulamaktadır.

Bu üretim yöntemini benimsemek ve desteklemek disiplin, yapı ve açık süreçler gerektirir. Envanterin kesin olarak sınırlandırılması gerekir. Ayrıca, bu üretim yöntemine ‘kusurların giderilmesi, küçük üretim miktarlarının oluşturulması, tasarım süreçleri, kanban sistemi, çekme sistemi, dengeli akış sistemi, hücresel imalat ve görsel kontrol gibi yöntemler’ dahil edilebilir.

TZÜ firma tarafından iyi uygulandığında firmanın üretkenliği, risk yönetimi ve işletme maliyetleri üzerinde ciddi etkiye sahiptir. Tam zamanında üretimin yararları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Wagner ve diğ., 2017):

- Envanterde azalma,
- İşçilik maliyetlerinde azalma,

- Üretim alanında gerekli alanda küçülme,
- Üretimde ve ürün kalitesinde artış,
- Standart çalışma saatlerinde azalma,
- Lojistik ve kargo sayısında azalma.

### 2.3.2 Çekme sistemi

Çekme sistemi günümüzde modern üretim teknikleri açısından en önemli yapılardan biridir (Spearman ve Hope, 2004). Çekme sisteminin temel amacı yalın üretim süreçlerinde ortaya çıkan israfların azaltılmasını sağlamaktır. Çekme yöntemi müşterilerin önceki yıllarda ortaya koydukları gerçek talepleri değerlendirerek üretim yapılmasını savunur.

Çekme sistemi stratejisinde yalın üretim süreçlerinde kullanılan parçalar/ürünler kullanılıp tüketildikten sonra yenilenir. Bu şekilde yalın üretim yöntemini kullanan firmalar ve üreticiler müşterilerinin taleplerini karşılamak için üretim yaparlar. Bu sayede üretici firma ürettiği ve sattığı materyallerden gelir elde eder de stok maliyetini azaltır.

Öte yandan, itme sistemi tekniği çekme stratejisine ters olarak çalışır. İtme sisteminde çekme sisteminin tersine üretim, müşteri talebi alınmadan yapılır (Toscano ve Lyonnet, 2014). İtme sistemini kullanan üretici firmalar müşterilerin satın almayı düşünecekleri, satışların öngörülmesinin imkânsız olduğu ve taleplerin önceki yıllardan daha farklı olabileceği fikrini savunur.

Çekme sisteminde üretilmesi planlanan hizmet veya diğer üretilen miktar daha önceki yıllara göre planlandığı için müşterilerin taleplerini karşılamak için yeterli miktarda üretilir (Toscano ve Lyonnet, 2014). Ancak, itme stratejisinde üretilenler önceki yıllara göre değil gelecekte müşterilerin üretilenlere karşı taleplerine yönelik ortaya çıkar. Bu sebepten dolayı eğer müşteri talebi yeterli olmaz ise envanter artar ve üretilen ürünler satılana kadar beklemek zorunda kalır. Bu süreç günler, aylar, yıllar alabilir veya ürünler hiç satılmayabilir.

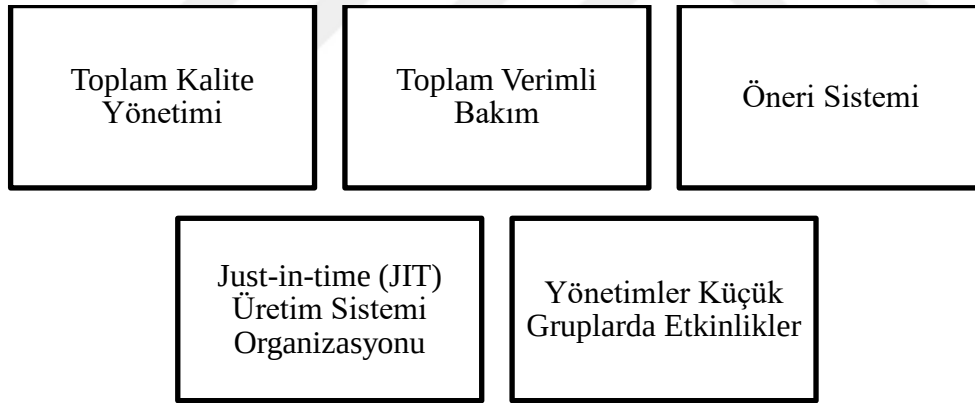
Çekme sistemi itme sistemine göre avantajlarının başında üretici firma itme sisteminde olduğu gibi müşteri talebinden önce üretim yapmadığı için envanter veya depolama gibi israflar olmamasıdır. Ayrıca, çekme sistemini kullanan firmaların müşterileri ürünler az miktarlarda üretildiği, kalite sorunlarının daha düşük olduğu ve daha az

kusurlu ürünlerin üretildiği için daha yüksek memnuniyete sahiptir. Çekme sistemi sayesinde müşteri talebini karşılamak ve satılması mümkün olmayan malların üretimi için harcanacak zaman ve paradan tasarruf edilir. Üretim tesisi müşteri taleplerini hızlı şekilde karşılayabildiği için daha esnektir. Sonuç olarak çekme sistemini kullanma firmanın işletme maliyetlerini azaltarak gelirlerin artmasını sağlar.

### 2.3.3 Kaizen

Kaizen tekniği üretim süreçlerinde kalite, üretkenlik, ve verimlilik gibi göstergelerini iyileştirerek firmanın finansal gelişimine ve gelirine pozitif olarak etki etme esasına dayanır (Boca, 2011). Ayrıca, yalın üretim süreçlerinde temel basamaklara uygulanan revize ve iyileştirmelerdir. Şirket geliri ve karını artırmada müşteri sadakati ve müşteri memnuniyetinin önemi kaizen yönteminin en önemli amaçlarındandır.

Kaizen yöntemi ve sistemi rekabet avantajını elde etmek, firmanın üretkenliğini artırmak ve rekabetçi pazarlarda firmanın performansını yükseltmek için kullanılabilecek değerli bir yoldur. Kaizen sistemini oluşturan ögeler Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



Şekil 2.5 : Kaizen sistemleri.

Kaizen sisteminde çalışanların süreçlere dahil olması önemlidir. Bunun gerçekleşmesi için küçük gruplar olarak çalışmaları sağlanır. Bu sayede çalışanlardan yenilikçi ve yaratıcı fikirler ortaya atmalarına olanak sağlanır. Çalışanlar her biri kaizen sisteminden sorumludur.

### 2.3.4 Hücresel üretim (HÜ)

Hücresel Üretim (HÜ) yalın üretim sektöründe grup teknolojisi üretiminin bir parçasıdır. Grup teknolojisi kullanılarak üretim sektöründe makinelerin gruplanması

ve ilişkili parçaların bir arada çalışan makine gruplarıyla beraber üretim süreçlerine katkıda bulunması sağlanır (Kulak ve Durmuşoğlu, 2010).

Hücreselel üretimin en temel amacı müşteri taleplerin düşmesine yönelik ürün çeşitliliğini artırmak ve yüksek verimi sağlamaktır. Bununla beraber ürünlerin çeşitlerinin artırılması neticesinde verimlilik artmaktadır.

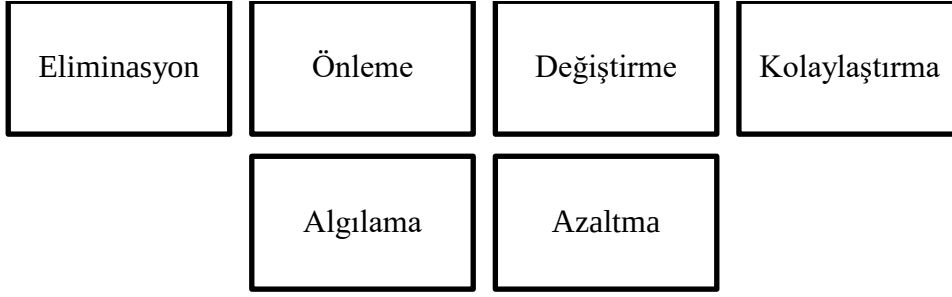
Hücreselel üretimin firmalar için birçok avantajı vardır. Öncelikle, üretim maliyetlerinin minimize edilmesini sağlar. İşgücü, zaman, ekipman, alanda üretim ve malzeme kullanımının optimum şekilde minimize edilerek kullanılmasını sağlar. Bütün bu avantajlar sonuç olarak üretim maliyetini azaltır. Öte yandan, bazı dezavantajları da vardır. Çoğu zaman esneklik sağlanamayabilir. Oluşturulan hücrelerin devam etmesi için müşterilerin talepleri ve farklı şekildeki değişimlere bağlıdır. Bu da üretim süreçlerinin uygun şekilde devam etmesine engel olabilir. Ayrıca, eğer oluşturulan hücrelerin değiştirilmesi gerekirse bu değişim zamansal, finansal, ve donanımsal olarak kayıptır.

### **2.3.5 Poka-yoke (Hata önleyici teknikler)**

Poka-Yoke “hata önleme” anlamına gelen Japonca bir terimdir. Poka-Yoke üretim süreçlerinde makine kullanıcılarının veya ekipman operatörlerinin oluşabilecek hataların azaltılmasını amaçlayan önemli bir mekanizmadır. Bir diğer ismi hata önleyici tekniklerdir.

Bu sistemin çalışmasında üç farklı araçtan yararlanılır (Cebeci,2009). Bunlar ‘kaynakta kontrol, %100 denetim, önleyici faaliyetler’ olarak sıralanır. Öncelikle, üretilen hizmet veya mallar üreticiye ulaşmadan fark edilip düzeltilmeli veya geri alınmalıdır. Hata olma ihtimalleri olan her konu üretim süreçlerinde kontrol altına alınmalıdır. Eğer üretim süreçlerinde hata tespit edilirse daha sonraki zamanlarda bunun önüne geçilmesi gerekir. Poka-yoke sisteminin kurulmasında çalışan hataları, kasıtlı yapılan çalışan hataları, farkında olunan veya olunmayan makine veya çalışan hataları, sürpriz hatalar, problemlerde tanımlama ve teşhis etmede yapılan hatalar, standart olmamasından kaynaklanan hatalar gereklilik oluşturmaktadır.

Poka-yoke altı adet prensipten oluşmaktadır. Prensipler Şekil 2.6’da gösterilmiştir.



**Şekil 2.6 : Poka-yoke prensipleri.**

Yukarıdaki şekilde yer alan ilk prensip eliminasyon prensibidir. Bu basitçe yapılan hatanın tekrar edilmemesi ve üretim süreçlerinden çıkarılmasıdır. Bu durumda ürün ve üretim süreçleri yeniden oluşturulur ve görev veya parçanın artık gerekli olmayacağı şekilde hata yapma olasılığı en aza indirilir. Önleme, üreticinin yanlış yapmamaya çalışmasıdır. Ürün ve üretim süreçlerini tasarlamak ve böylece hata yapmayı azaltmak veya tamamen yok etmektir.

Üretim süreçlerinde ortaya çıkan sorunların veya parçaların değiştirilmesi ve tutarlılığını arttırmak için daha güvenilir yeni bir yöntemin uygulanması bir diğer prensiptir. Uygun ve gerekli teknikler kullanmak ve üretim süreçlerini daha kolay gerçekleştirmek için adımların birleştirilmesi ve sürecin kolaylaştırılması gerekir.

Üretim süreçlerinde dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta ise yapılan hataların farkında olmak ve onları algılamaktır. Çalışanın sorunu düzeltebilmesi için hata veya problem hızlıca teşhis edilmeli ve çözülmelidir. Poka-yoke sisteminin son prensibi ise azaltma yani durumun daha kötülemesine izin vermemektir ve hataların etkisinin en aza indirilmesidir.

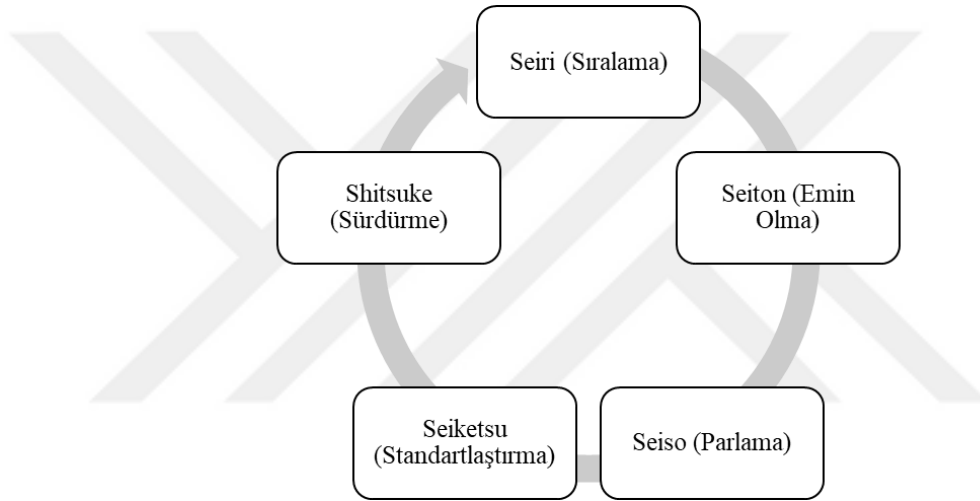
### **2.3.6 5S ve problemleri yok etme**

5S veya işyeri organizasyonu ile standardizasyonu, yalın üretim bağlamında kullanılan bir yöntem olup çalışanların işyeri güvenliğini sağlayarak yalın üretim sisteminin uygun şekilde kurulmasını sağlamaktadır (Sivaslı, 2006).

5S metodolojisi konusunda yapılan uygulamalar (Lopes ve diğ., 2011) bu yöntemin hata önleme mekanizması, standart prosedürler, üretim faaliyeti kontrol sistemi ve düzeni yeniden yapılandırılması amaçları ile ilgili olduğunu belirtmişlerdir. Bu yalın üretim tekniği sayesinde teslim süresinin, devam eden işin, nakliye ve teslimat gecikmesinin önlenmesi, montaj ve üretimdeki hataların azaltılmasına olanak sağlamaktadır.

5S, üretim zemininden satılan malların kullanım kılavuzuna kadar bütün üretim boyunca gerçekleştirilen basamakların hepsi ile ilişkilidir. Bir çeşit görsel yönetim şeklidir. Bu yöntem sadece üretimdeki temizlik ve bakım değil aynı zamanda verimlilik ve kar oranını en yüksek seviyeye çıkarmak için kullanılır. Verimlilik ve değer yaratmak için belirli bir zihniyet ve üretim ile ilgili araçların kullanımını vurgulayan bir çerçevedir. Atıkların kontrol edilmesini, analiz edilmesini, ortak çalışmayı ve araştırmayı içerir ve ayrıca atıkların giderilmesi konusunda da uygulamalar içerir.

5S sistemi problemleri yok etme amacıyla geliştirilmiş ve Japonca kelimelerden oluşmuştur. Bu döngü Şekil 2.7’de gösterilmiştir.



**Şekil 2.7 : 5S problem yok etme döngüsü basamakları.**

Şekil 2.7’de belirtilen ilk basamak ‘Seiri’ kelime anlamı olarak ‘sıralamak’ demektir. Sıralama işlemi görevleri tamamlamak için gerekli olan temel öğeleri tutarak materyallerin sıralanmasını içerir. Bu sayede çalışma alanında sadece ihtiyaç bulunan araç ve gereçler olmalıdır. Bunun dışında her şey çalışma alanından uzaklaştırılmalıdır.

İkinci basamak (Seiton) terim olarak ‘emin olma’ anlamına gelmektedir. Çalışma alanında ihtiyaç duyulan bütün öğelerin organize olduğundan ve her birinin belirlenmiş bir yere sahip olduğundan emin olunmalıdır. Bir diğer ifadeyle işyerinde bulunan bütün öğeler mantıklı bir şekilde düzenlenmelidir. Böylece işçilerin işleri kolaylaşır. Öğeler ergonomik koşullarda yerleştirilmelidir.

Üçüncü basamak ise (Seiso, parlamak) yani amaca uygun çalışmayı sağlamak ve çalışma alanlarını temiz ve düzeyli tutmak için gerekli olan proaktif bir işlemdir.

Organize edilmiş çalışma alanının temizlenmesi ve bakımına yönelik çalışmalar yapılır. Genel temizlik yanında makine ve araçların bakımları ve temizlikleri yapılır. Sonraki basamakta (Seiketsu, standartlaştırmak) hem süreçler hem de organizasyon basamakları için standartlar oluşturmaktır. Bundan önceki basamakların nasıl ve ne zaman yapılacağına karar verildiği yerdir. Genellikle randevu tarihleri, çizelgeler, listeler gibi görsel materyaller içerir.

Son basamakta (Shitsuke, sürdürmek) ise bu yöntemde ortaya çıkan disiplin sürdürmek için yeni uygulamalar yapılır ve verimlilik ve oluşturulan sistemin devamı için takip yapılır. Önceki dört basamağın devam etmesi sağlanır, Bu sayede çalışanlarda öz disiplin duygusu gelişmesi sağlanır.

### **2.3.7 Değer akış haritalandırma**

Değer akışı, bir ürün ya da hizmet ailesini elde etmek için gerekli tüm katma değeri olan ve olmayan faaliyetleri içeren bir kavramdır. Değer akış bakış açısı, sadece prosesler yerine bütünü ele almayı ve iyileştirmeyi kapsar. Değer akışı çeşitleri:

- Malzemenin hammaddeden mamül oluşturulması
- Bilginin hizmet haline dönüştürülmesi
- Bilginin proje haline dönüştürülmesi

Yalın üretim sisteminin temel ilkelerinden birisi olan Değer Akış Haritalandırma (DAH) hizmet veya üretim sektöründe hizmete ve üretime değer katan faaliyetlerin bütünüdür (Adalı ve diğ., 2017). Ürünlerin üretim sürecinde hammaddeden son üretim basamağına kadar bütün üretim basamaklarını kapsayan temel akışlar değer akışı olarak isimlendirilir.

İşlem görme aşamaları izlenerek ürün, hizmet ya da proje ailesinin üretim sistemi içinde değer akış haritası hazırlanır. Değer akış haritalama, ürünün geçtiği değer akışı boyunca oluşan malzeme ve bilgi akışının görülmesi ve anlamasına yardımcı olan bir tekniktir. Bu tekniği uygulamak, israf kaynaklarının nasıl görüleceğinin en iyi yoludur. (Shook ve Rother,1999).

Üretim prosesi içinde, öncelikli olarak fabrika içindeki malzeme hareketi akla gelir. Fakat, her prosese daha sonra ne yapacağını söyleyen başka bir akış daha vardır: bilgi akışı (Shook ve Rother,1999).

Değer akış haritası, tüm üretim sürecinin görselleşmesi, israflarla beraber akış üzerindeki israf kaynaklarının da görselleşmesi, üretim süreci ile ilgili ortak bir dilin oluşması ve yalın üretim yaklaşımlarının nerede kullanılacağını belirlenmesinde fayda sağlar.

Değer akışı haritalama aşağıdaki nedenlerden dolayı gerekli bir araçtır (Shook ve Rother,1999):

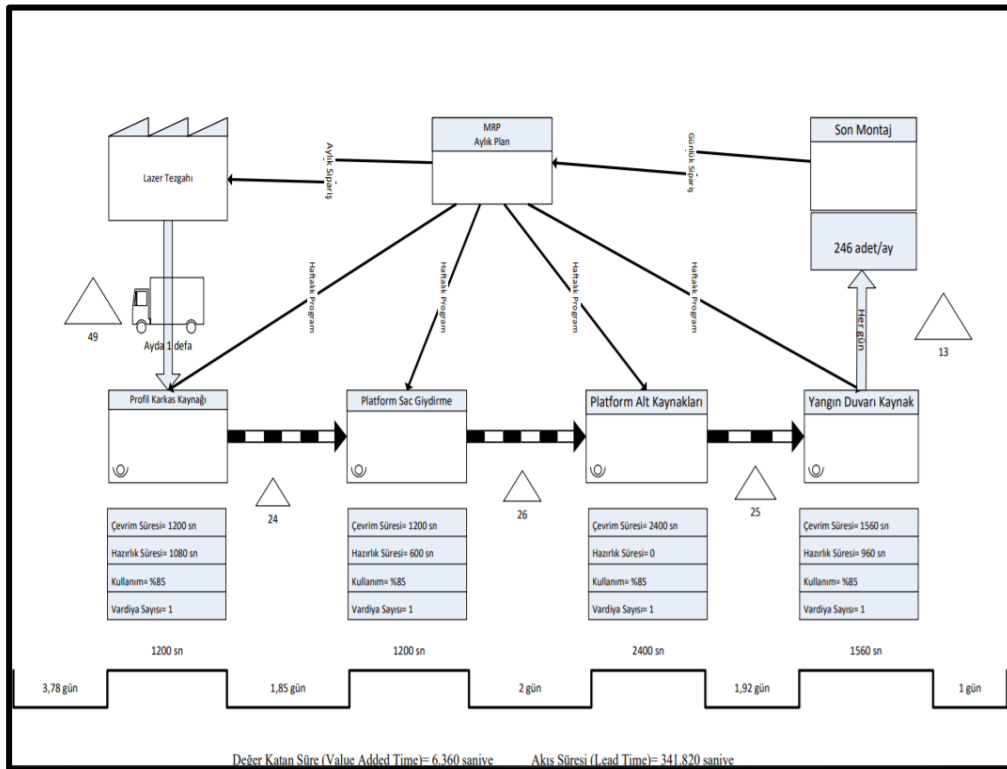
- Üretimdeki tek bir prosten, montaj, kaynak vb daha fazlasının görülmesine yardım eder.
- İsraf ile birlikte israf kaynaklarının da görülmesine yardımcı olur.
- Üretim prosesleri ile ilgili ortak bir dilin oluşmasını sağlar.
- Akışla ilgili kararlar görünür olduğu için tartışılabilir, aksi taktirde, sahada alınan bir çok karar hatalı olabilir.
- Yalın kavramlar ile teknikleri birbirine bağlar.
- Bilgi akışları ve malzeme akışları arasındaki ilişkiyi gösterir.
- Uygulama planı için temel oluşturur. DAH, bütün akışın nasıl işleneceğinin tasarlanmasına yardım ederek yalın uygulama için birer plan oluşturur.
- Katma değer yaratmaya adımlar, katedilen mesafe, stok seviyesi, termin süresi gibi sayısal değerler üreten bir çok nicel teknikten daha kullanışlı bir tekniktir. DAH, akışı yaratmak için işletmenin nasıl çalıştırılması gerektiğini

tanımlamayı sağlayan nitel bir araçtır. DAH, nicel sonuçları değiştirmek için neler yapılması gerektiğini tanımlamak için iyi bir yöntemdir.

Değer akış haritası yapmak, mevcut durumdaki bilgi ve malzeme akışlarını gözlemlemek, bunları görsele katarmak ve daha iyi bir performansı hedefleyen bir gelecek durum oluşturma süreci olarak tanımlanabilir. DAH halihazırda üretimde olan ürünler için çizilebileceği gibi, gelecek için planlanan ürünler için de çıkarılabilir (Womack ve Jones,2002).

Mevcut durumda müşteriden tedarikçiye kadar belirlenen ürün ailesinin değer akışını yansıtan haritalardır. Herangi bir iyileşme çalışmasına başlamadan önce kritik olarak ürünün müşteri tarafından algılanan değerinin açık bir şekilde yansıtılmasını ve buna

göre iyileştirme noktalarının belirlenmesi hedefiyle çıkarılır. Şekil 2.8’de mevcut durum DAH örneği gösterilmiştir.



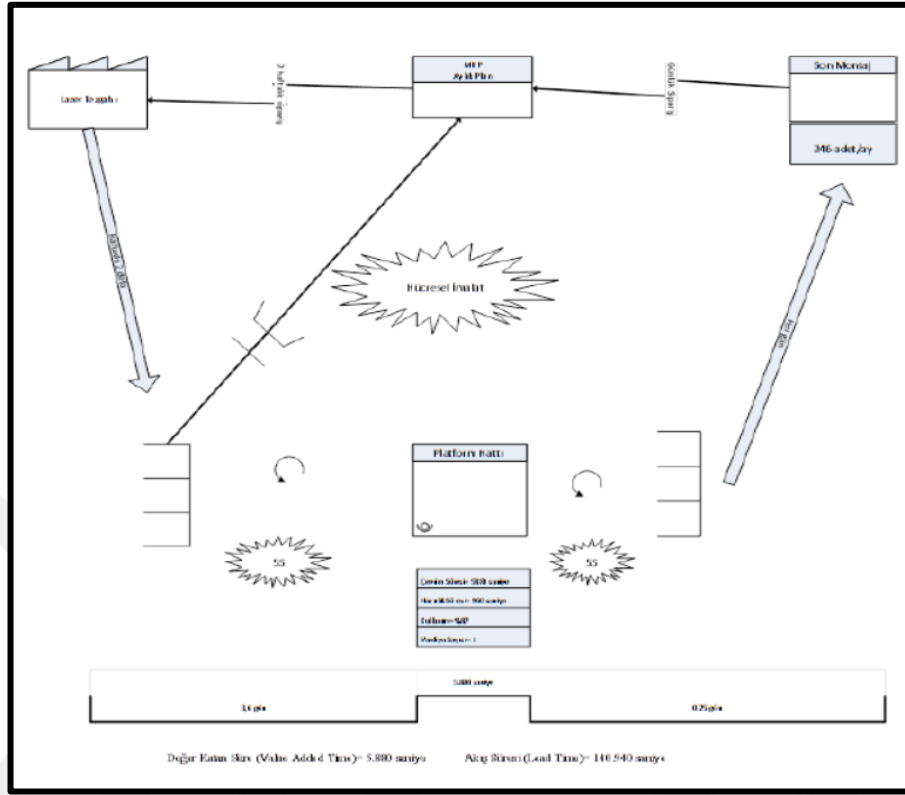
**Şekil 2.8 : Mevcut Durum DAH örneği (Kiraz ve diğ., 2017).**

Mevcut durum DAH ile israf ve israf kaynaklarının tespit edilmesi sonrası, her prosesin müşterisine sürekli akış ya da çekme sistemi ile bağlandığı bir üretim zinciri yaratmak hedeflenir ve gelecek durum değer akışı olarak çıkarılır. Yalın üretim sistemi oluşturulması hedeflenen yeni durumda amaç, bir prosesin sadece bir sonraki prosesin ihtiyacı olan ürünü, onun ihtiyacı olduğu zaman üretmesini sağlamaktır. Prosesler en kısa akış süresini, en yüksek kaliteyi ve en düşük maliyeti sağlayan düzgün bir akış ile bağlamaya çalışılır (Shook ve Rother, 1999). Şekil 2.9’da gelecek durum DAH örneği gösterilmiştir.

### 2.3.8 Spagetti diyagramı

Değer akışı süresince ürünün sistem içerisindeki durumunu izlemeyi sağlayan diyagramdır. Spagetti diyagramı süreçler arasında akan değer (yani ürün veya hizmetin) izlediği yolu gözleyerek israf (muda) noktalarını ortaya çıkarır. Spagetti diyagramı yürüme mudasını görebilmenin en kolay yoludur (Url-1).

Süreç içinde katedilen mesafeler ölçülendirilerek yerleşim/layout üzerinde gösterilir. Her bir iş için farklı renklerde çizgilerin çizilmesi toplam katedilen mesafe içinde katma değeri olmayan hareketlerin görülmesini de sağlar.

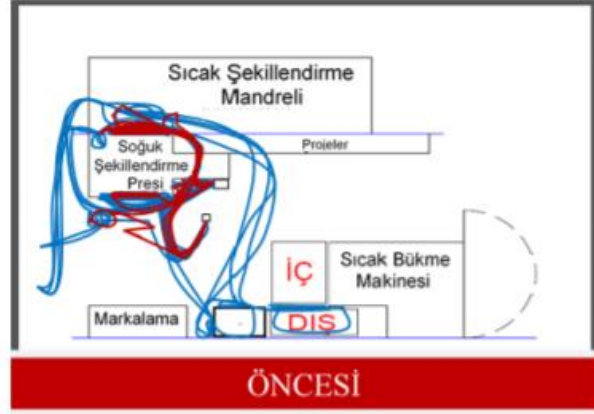


**Şekil 2.9 : Gelecek Durum DAH örneği (Kiraz ve diğ., 2017).**

Bu diyagramı yapmanın amacı bu iş için yürünmesi gereken mesafeyi azaltmak, işi yalınlaştırmaktır. Gereksiz çalışan hareketleri; çalışanların ürüne ya da hizmete değer katmayan herhangi bir gaye için uğraşmasıyla meydana gelen israftır. Bu durum şu şekillerde karşımıza çıkabilir: Ekipman ve malzeme aramak, malzemelerin üretim alanından uzakta bulunması, ulaşım zorluğu, fazla harekete sebep olan yerleşim düzeni, bölümler arasında hareket etmeye sebep olan talimatlar ve fiziksel zorlanmaya neden olan iş alanı ve ekipmanlardır (Yıldız ve diğ.,2018).

Mevcut durum spagetti diyagramı ile beraber, katma değeri olmayan/israf hareketlerin ve bu israfların kaynaklarının ortadan kaldırılmasına yönelik çalışmalar planlanarak gelecek durum spagetti diyagramı da oluşturularak sonuçlar karşılaştırılır. Uygulama öncesi plan sürecinin görselleştirilmesindeki katkısına ek olarak, yapılan çalışmaların projeye katkısını görselleştirmek için de kullanılan ve yalın üretime destek veren akış gösterimlerinden biridir.

Spagetti diyagramı kullanımına örnek olarak, çelik boru imalatında hazırlık sürelerinin iyileştirilmesine yönelik yapılan çalışmada, kalıp değişimi sırasında mevcut çalışma prosedürüne uygun şekilde çalışan iki çalışanın kırmızı ve mavi çizgilerle belirtilen hareketlerine ait yerleşimde çıkarılan mevcut durum spagetti diyagramı örneği Şekil 2.10'daki gibidir (Yalçın ve diğ.,2020).



**Şekil 2.10 :** Metod etüdü öncesi spagetti diyagramı (Yalçın ve diğ.,2020).

Şekil 2.11'de ise yapılan yerleşim değişikliği ve güncel çalışma prosedürü sonucunda kalıp operatörlerinin yeni hareketleri spagetti diyagramı ile tekrar gösterilmiştir. Operatörlere iş ataması yapılarak öncesine göre elde edilen doluluk oranları 1. çalışanda %27 'lik 2.çalışanda %92 'lik bir artış meydana gelmiştir (Yalçın ve diğ.,2020).



**Şekil 2.11 :** Yeni çalışmaya göre metod etüdü sonrası spagetti diyagramı (Yalçın ve diğ.,2020).

### 2.3.9 Tek parça akışı ve hat dengeleme

Bir atölye içinde parçanın final şekline gelmesi için gereken parça vve makinaların, işlenme akışına dayanarak arka arkaya konmaları ve parçanın bir önceki aşama için

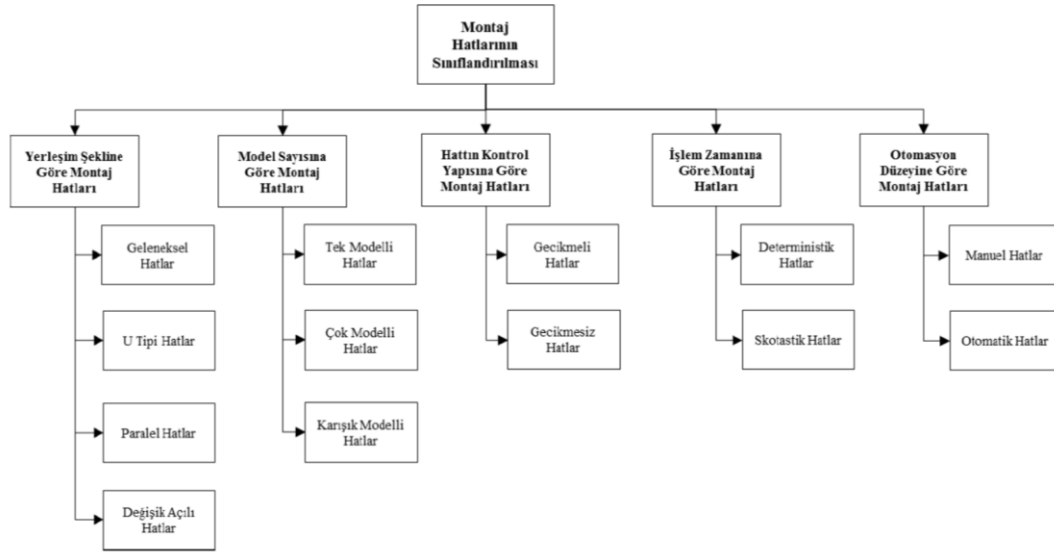
gereken makinadan sonraki aşamada kullanılacak makineye hiç beklemeden geçmesi, yalın üretimin zaman israfına karşı sunduğu çözümlerdendir (Aslantaş, 2014). Bu yaklaşım üretimde kullanılan makinelerin her zaman çalışabilir şekilde yerleştirilmesi “süreç bazlı yerleşim” ve makine parçalarının bekletilmeden teker teker aktarılması süreçlerini içerir. Elde var olan stoğun sıfırlanması olarak da tanımlanan tek parça akışı sisteminin en önemli özelliğidir (Aslantaş, 2014).

Tek parça akışı üretim ve hizmet sektöründe yer alan işçilerin veya makinelerin hiç durmaksızın ve zaman kaybetmeksizin çalışması neticesinde üretim miktarının artırılması yaklaşımına dayanır. Bu sistem sayesinde süreçte ortaya çıkan problemler ve sorunlar hızla belirlenir, düzeltilir ve israfın önüne geçilir. Bütün operatörler ve makineler en üst üretim faaliyeti ile çalışır.

Tek parça akışının bir diğer önemli tarafı önceki bölümlerde incelediğimiz 7 israfın azaltılması veya tamamen elimine edilmesini sağlamasıdır. Buna ilaveten bu sistem ile birlikte taşıma sürecinde iyileşmeler sağlar. Çünkü taşımacılık işlemleri bütün halinde yapılmasının yerine küçük parçaların ihtiyaç halinde yapılmasına dayandığında, stok israfını ortadan kaldıracaktır. Bu sayede depo sayısı azaltılabilir.

Tek parça akışı sisteminin birçok faydası bulunmaktadır (Url-2). Öncelikle müşteri bekleme sürelerini azaltır. Bu şekilde özellikle sonraki müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamak için stokların yeterli sayıda ürün bulunmasını sağlar. Üretim sürecinde bulunan istasyonlar arasındaki bekleme süresini azaltır ve toplam verimlilik artar. Ürünlerin geç teslim edilmesinin önüne geçilebilir ve sebeplerin neler olduğu ortaya çıkarılabilir. Ürünlerin miktarının belirlenmesi, stoklanması ve işlerin dengelenmesini kolaylaştırır. Milkrun gibi diğer kanban sistemi parçalarının ortaya çıkarılması ve gerçekleştirilmesinde yardımcı olmaktadır.

Ürünler genellikle birden fazla malzemenin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Çoğu zaman da birçok alt malzemelerinin birleştirilmesiyle ürün oluştuğu durumlar olabilir. Malzemelerin, iş akış hattı boyunca iş gücü ya da donanımdan yararlanarak taşındığı ve parça üzerindeki işlemlerin; aralarındaki kısıtlar dikkate alınarak bir araya getirilmesiyle oluşturulan istasyonların, yine bir hat boyunca sıralanmasıyla oluşan sisteme montaj hattı denir (Hıdımoğlu, 2019). Montaj hatları; yerleşim şekli, model sayısı, hattın kontrol yapısı, işlem zamanına ve otomasyon düzeyine göre Şekil 2.12’deki gibi sınıflandırılmıştır (Hıdımoğlu, 2019).



**Şekil 2.12 :** Montaj hatlarının sınıflandırılması (Hıdımoğlu,2019).

Yerleşim şekline göre montaj hatlarından geleneksel hatlar, birbiri ardına seri olarak sıralanmış iş istasyonlarından oluşan hatlardır. Düz hat ya da I tipi hatlar olarak da bilinir. U Tipi hatlar, U şeklinde tasarlanan montaj hatlarıdır. Talepte meydana gelecek değişikliklere uyum sağlamak ve iş istasyonlarında çalışan operatör kişisini azaltmak için; hat boyunca, farklı özelliklere sahip aynı türden ürünler üretildiği ve her ürün için değişkenlik gösterdiği durumlarda U tipi hat yerleşimi ortaya çıkmıştır. Paralel hatlar, ürün talebinin montaj hattı kurmak için yeterli olmaması durumunda ya da tek bir hattın kapasitesinin yetmediği durumda, özdeş hattın, ana hatta paralel olarak kurulduğu montaj hatlarıdır. Bahsedilen üç hat tipi dışında ürünün üretim şekline göre sıralanan diğer montaj hatları değişik açılı hatlar sınıfına girer (Hıdımoğlu,2019).

Model çeşidine göre montaj hatları; tek modelli montaj hatları, çok modelli montaj hatları ve karışık modelli montaj hatları olarak sınıflandırılır. Tek modelli hatlar, tek tip model ya da tek tip ürünün üretiminde kullanılırlar. Çok modelli hatlarda, Bir ürünün farklı modelleri ya da çeşitli ürünlerin partiler halinde ve değişik zamanlarda üretilir. Bir ürünün üretimi tamamen bittikten sonra başka bir modelin üretimine geçilir. Karışık modelli hatlar, aynı anda benzer tipteki modellerin üretildiği hatlardır (Hıdımoğlu,2019).

Hattın kontrol yapısına göre montaj hatlarından gecikmeli montaj hatlarında, iş istasyonuna, işler, bir önceki istasyonda iş tamamlandıktan sonra gelmektedir. İş istasyonlarındaki çevrim süresi birbirinden bağımsızdır. Gecikmesiz montaj hatları her iş istasyonunda, ürün üretmek için çevrim zamanları eşit olduğu hatlardır. Çevrim

süresi sonunda, sistem otomatik olarak bir sonraki iş istasyonuna geçer (Hıdımoğlu, 2019).

İşlem zamanına göre montaj hatlarından deterministik montaj hatları, ürünün tüm hat boyunca iş istasyonlarında geçireceği sürenin belirli olduğu ve bu sürenin herhangi bir değişim göstermediğinin varsayıldığı durumlarda kullanıldığı hatlardır. Stokastik montaj hatları ise ürünün tüm hat boyunca iş istasyonlarında geçireceği sürenin belirsiz olduğu durumlarda kullanıldığı hatlardır (Hıdımoğlu, 2019).

Otomasyon düzeyine göre ise, otomatik montaj hatları; istasyondaki işlerin ve istasyonlar arasındaki geçişlerin otomatik olarak gerçekleştiği hatlardır. Manuel montaj hatları ise insan yoğun iş gücünün fazlaca kullanıldığı hatlardır (Hıdımoğlu,2019).

Hat üzerindeki iş istasyonlarında bulunan işçiler, ürün durumuna getirilecek yarı ürün önlerinden geçerken, kendilerine ait iş öğeleriyle ilgili bir veya birkaç işlemi yaparlar. İlgili işlem neticesinde, montaj hattına giren parça, malzeme ve yarı ürünler, gereken bütün işlemler yapıldıktan sonra hattın nihai ürün olarak çıkarlar (Hıdımoğlu,2019).

Montaj hattının verimli olarak çalışması için; mevcut kısıtlar altında, işlem sayısının fazla ve üretim hızının yüksek olması sebebiyle iş istasyonları arasındaki süre farkı en aza indirgenmelidir. İstasyonlara dağıtılan ve süre olarak en aza indirgenmek istenen bu işlemlerin, istasyonlardaki makineler başındaki montaj personeline hiç süre bırakmayacak şekilde montaj hattının düzenlenmesi gerekmektedir. Bu şekilde, montaj hattının iş istasyonlarındaki süreleri en aza indirgeyecek şekilde düzenlenmesine montaj hattı dengeleme denir (Hıdımoğlu,2019).

Hat dengeleme, işleri istasyonlara her aşamadaki çevrim sürelerinin eşit olduğu şekilde atamaktır. Yapılan üretim veya verilen hizmetin hızını müşteri talebi ile ilişkilendiren takt süresine mümkün olduğu kadar uymak için, iş birimlerindeki süreleri ayarlama prosedürüdür.

Montaj hattı dengelenmesindeki asıl amaçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Hıdımoğlu, 2019):

- Hattaki iş istasyonu sayısını minimuma indirgenmesi.
- İş istasyonlarındaki insan gücü sayısını en aza indirgenmesi.

- Var olan tüm kısıtları sınırları iş istasyonu arasında en düzgün şekilde dağıtılması.
- İşlemleri en kısa zamanda tamamlaması.
- Düzenli bir malzeme akışının sağlanması.
- Atıl sürelerin en aza indirgenmesi.
- Maliyetin minimumda tutulması.



### 3. KANBAN SİSTEMİ

#### 3.1 Kanban Sistemi Nedir

Kanban, kelime anlamı olarak ‘işaret, kart’ anlamlarına gelir (Wilson, 2009). Kanban sisteminin temel amacı üretim akışını kolaylaştırmak, çekmeyi sağlamak ve envanteri uygun şekilde planlamaktır. Yalın üretim bir tesise iletişim sistemi ve sürekli iyileştirme aracı olarak yararlı olur.

İlk kez ikinci dünya savaşından hemen sonra Japonya’da ortaya çıkan ve savaş sonrası ülkenin içinde bulunduğu ekonomik koşulların bir sonucudur (Kanar ve Güner, 2006). Kanban sistemi Tam Zamanlı Üretim (TZÜ) felsefesine dayanmaktadır. Kanban yöntemi sistemi bir üretim hattında yer alan bütün basamaklarda yapılacak üretimin zamanı ve miktarı ile ilgili bir sistem kurulmasını kapsar.

Yalın üretimde kanban, bilginin kontrol edilmesi ve prosesler arası malzeme taşımının düzenlenmesi için kullanılan özel bir araçtır. Kanban, değer akışında tam-zamanında üretimin gerçekleşmesini mümkün kılan takt süresi, akış üretimi, çekme tipi üretim ve seviyelendirilmiş çizelgeleme ile tamamlanır. Tipik olarak kanban, ürün akışta daha sonra bulunan proses tarafından kullanıldığı zaman bunu bildirmek için kullanılır. En basit durumda, bu olay akışta daha önce bulunan prosese ürünü yenilemesi için sinyal verir (Smalley,2004).

Kanban, geleneksel üretim kontrol yöntemlerinden birçok önemli açıdan farklıdır. Geleneksel üretimde, üretim çizelgesi her bir proses için oluşturulur ve her proses o çizelgeye uyumlu olarak üretim yapar. Buna karşılık kanban, fiziksel bir çizelgeleme aracı olarak çalışır ve önceki ve sonraki prosesler arası üretim faaliyetlerini ilişkilendirip senkronize eder. Ayrıca geleneksel üretimde prosesler arası malzeme akışı, önceki proses ürünü tamamladığı zaman gerçekleşir. Bu, sonraki prosesin gerçek ihtiyaçlarından bağımsız olarak malzemenin bir sonraki istasyona itilmesine yol açar. Kanban ise, daha sonraki prosten gelen sinyale bağlı olarak zaman ve miktarı gözönüne alarak malzeme akışını kontrol eder. Böylece kanban, değer akışındaki üretimin kontrolünü, malzeme ve bilgi akışını kontrol ederek sağlar (Smalley,2004).

Kanban, üretim sürecindeki envanter seviyelerini, bileşenlerin üretimi, tedariki ve bazı özel durumlarda ise hammaddeyi kontrol etmek için Toyota şirketi tarafından geliştirilen Toyota Üretim Sisteminin (TÜS) bir alt çeşidi olarak tanımlanır (Junior ve diğ., 2010). Kanban ayrıca bir malzeme akış kontrol mekanizması olarak da bilinir ve gerekli olan ürünlerin veya parçaların üretiminin uygun miktarını ve uygun zamanını kontrol eder. Kanban sisteminde üretim sürecinin en yüksek verimle çalışması amacıyla uygulanması kartlar ile yapılmaktadır ve bu yüzden kart sistemi olarak isimlendirilir.

Kanban, Yalın Üretim ve Just in Time (JIT) sistemlerinin bir parçası olarak üretim hattını kontrol etmek için oluşturulmuş bir yöntemdir. Bu yöntemin ilk profesyonel olarak uygulanması Toyota üretim hattında yapılmıştır. Tam Zamanlı Üretim (TZÜ) sisteminde kanban sistemi, üretim ile ilgili süreçler ve grup yaklaşımında uygulanmaktadır.

1. Kanban sisteminin kuralları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Shook ve Rother, 1999):
2. Üretim sisteminde önceki üretim süreçlerinde oluşan ilgili parçalar sonraki süreçlerde kullanılmak üzere çekilmelidir.
3. Çekilen gerekli malzeme ve parçaların kapasitesi kadar üretim yapılmalıdır.
4. Eğer üretim sürecinde hatalı parçalar ortaya çıkarsa sonraki üretim sürecinde kullanılmamalıdır.
5. Kanban sayısı mümkün olduğu kadar minimum seviyede olmalıdır.
6. Kanban sistemine ancak üretimi artırmak için gerekli görülen haller dışında müdahale edilmemelidir.

Kanban sistemi imalat ve üretim yapan her sektörde kullanılabilir. Ancak, kullanım şekilleri ve basamakları sektörel olarak bazı farklılıklar gösterebilir. Örneğin bazı sektörlerde üretim, depolama ve müşteriye satmak için 'itme' sistemi kullanılırken, diğerlerinde ise müşteri taleplerine göre 'çekme' sistemi kullanılır. Ofislerde kullanılan kanban sistemi tahtasında ise fikirler, yapılacaklar, yapılmakta olanlar, test edilenler ve bitirilenler olarak sıralı basamaklardan oluşan Şekil 3.1'deki gibi iş takibi düzenlenebilir.



**Şekil 3.1 :** Ofislerde kanban uygulaması örneği.

Kanban sisteminin dört ana amacı vardır (Smalley,2004):

- Üretim prosesleri arasında malzemenin fazla üretilmesini ve transferini önlemek
- Yenileme prensiplerine dayanarak prosesler arası spesifik üretim emirleri oluşturmak (Kanban bunu malzeme hareketinin zamanlamasını ve taşınan malzemenin miktarını yöneterek gerçekleştirir)
- Üretim süpervizörlerinin, üretimin çizelgeye göre ileride mi geride mi olduğunu anlamaları için görsel kontrol aracı olarak çalışmak
- Sürekli geliştirme için bir araç oluşturmak

Kanban sisteminin kurulmasında kanban sayısı çok önem arz etmektedir. İsrafların önlenmesi açısından, eğer kart sayısı fazla olursa üretim ve dağıtım sürecinde yüksek düzeyde depolama maliyeti ortaya çıkabilir. Kanban sistemi belirlenirken bütün süreç boyunca sabit kalan ‘statik’ veya süreçte sayısı değişken olan ‘dinamik’ sistemler kullanılmaktadır.

### 3.2 Kanban Kart Sistemi Çeşitleri

Kanban sistemi uygulamalarının kart açısından iki temel çeşidi vardır. Daha kolay olanı üretimi yetkilendiren tek bir kanbana dayanır (tek kart kanban). Öte yandan üretimden sonra yapılan ve hareket eden malzemeleri kontrol etme prensibine dayanan kanban çeşidi ise “çift kart sistemi” dir.

Tek kart kanban üretim sektöründe sadece üretim kanbanı yaklaşımlarını kullanır. Çift kart kanban aynı anda hem çekme hem de üretim kanban sistemlerini kullanır. Çoğunlukla çalışma merkezleri birbirinden uzak olduğu veya ağırlıklarından dolayı özellikle malzemelerin taşınması zor olduğunda kullanılmaktadır.

Kanban kart sistemi, kabaca iki ana gruba ayrılır. Bunların ikisi de Toyota şirketi tarafından geliştirilmiştir (Ahmetoğlu,2007).

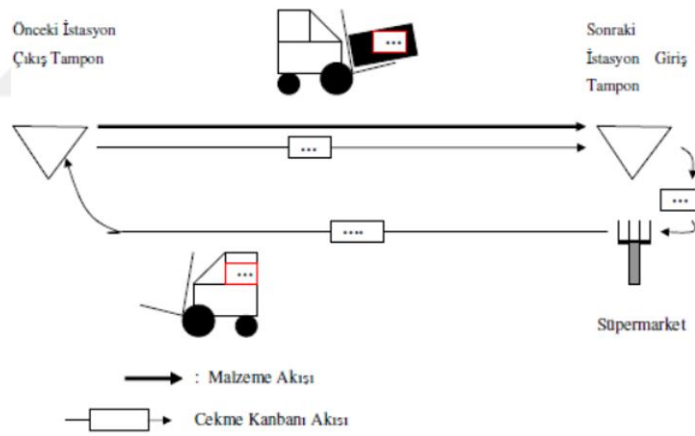
### 3.2.1 Çift kart sistemi

Çift kart sisteminde iki ayrı kart tipi kullanılır:

#### *Çekme Kanbanı*

Çekme kanbanları, sonraki sürecin önceki iş merkezinden çekmesi gereken miktarı tanımlarlar. Her kart yalnızca iki iş merkezi arasında dolaşır. Proses halinde malzeme taleplerini iletir. Bir önceki istasyondan çekmek istenilen parça cinsi ve miktarını belirleyen ve parça / malzeme çekmek amacıyla kullanılır (Ahmetoğlu,2007).

Çekme kanbanı, daha önceden belirlenen adet in önceki istasyonun tampon alanından sonraki istasyonun giriş alanına taşınması için kullanılır. Çekme kanbanı olmadan bir ürün önceki istasyonu terk edemez. Çekme kanbanı önceki istasyondan sonraki ürün için kullanılacaksa ayrılabilir. Çekme kanbanı akışı Şekil 3.2’de yansıtılmıştır (Ahmetoğlu,2007).



Şekil 3.2 : Çekme kanbanı hareketi (Ahmetoğlu,2007).

#### *Üretim Kanbanı*

Belirli bir parçanın kullanılan kısmı için üretici iş merkezlerinin üretmeleri gereken miktarı tanımlar.

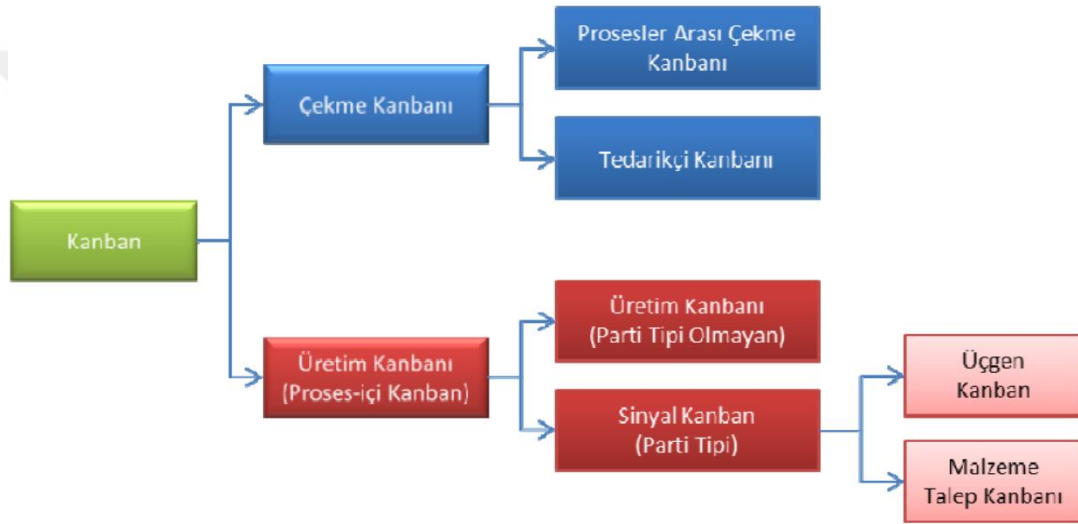
### 3.2.2 Tek kart sistemi

Tek kartlı sistemdeki prosedürler çift kartlı sistemdekilere nispeten basittir. Her üretim merkezi, nihai montaj çizelgesinden belirlenen bir günlük çizelgeye göre parça üretir. Üretim merkezleri bileşen parçalara ihtiyaç duyduklarında, diğer iş merkezlerinden bu

parçaları edinmek için çekme kanbanları kullanırlar. Bu durumda, tek kart sistemi, üretim kontrolü için bir itme sistemi ve malzeme teslimatı için bir çekme sistemi olarak karakterize edilebilir, çünkü kartlar yalnızca iş merkezleri arasında parça çekmek için kullanılmaktadır (Ahmetoğlu,2007).

### 3.3 Kanban Çeşitleri

Temel seviyede iki kanban mevcuttur: Çekme Kanbanı ve Üretim Kanbanı. Bu iki kanban türü uygulamaya özel koşullara ve fonksiyonelliğe göre Şekil 3.3’de gösterildiği şekilde çeşitlendirilebilir (Şahin,2011).



**Şekil 3.3 :** Kanban çeşitleri (Şahin,2011).

Prosesler arası çekme kanbanı, süpermarketlerden veya malzemenin tedarik edildiği merkezi malzeme depo alanından malzeme çekmeyi yönetmek amacıyla tercih edilir (Şahin,2011). Prosesler arası kanban, işletme içinde parçaların depo alanlarından çekilmesi ve daha sonraki prosese taşınması için gerekli sinyali vermek için kullanılır. Kanbanın bu çeşidi, normalde iç ve dış kaynaklardan çok fazla sayıda komponent kullanan sürekli akış montaj hücreleri ile birlikte uygulanır. Çekme kanbanı kullanılmasının ön koşulu bir malzeme süpermarketi kurulması ve bant kenarında depolanacak miktarın belirlenmesidir. Bu kanbanın amacı, üretim için kullanılabilir alan arttırmak için son montaj alanında malzemelerin küçük miktarlarda depolanmasına imkan vermektedir. Bu da, üretim montaj hücresinin küçük miktarda malzemeyle sık ve düzenli beslenmesini gerektirir. Bu sistemin çalışması için,

malzeme hareketinin kolaylığı açısından, her yer belirlenmiş pozisyonlara ve adresleme mekanizmalarına sahip olmalıdır (Smalley,2004).

Çekme kanban sistemi tüketim amacıyla yapılır ve bu özelliği ile tüketim tarafından şekillendirilen tedarik amaçlı kullanılır (Kusiak ve Huang, 1996). Çekme kanban, birincil kanban olarak bilinir. Ana üretim hücreleri veya üretim hazırlama alanları arasında bir üretim aşamasından diğerine doğru hareket ederek çalışır.

Ana üretim hücreleri veya hazırlama şekilleri ve bölgeleri arasında aşamalar arasında hareket ederler. Çekme kanban sistemi üretim aşamalarının alt istasyonlarında yer alan alanlarda kullanılır. Aşağı istasyonun yüksek (yukarı) istasyondan alınmasını istediği parçaların miktarı ve tipi açısından gerekli açıklama ve bilgileri içerir. Böylece, aşağı üretim istasyonundaki aşamalarında çalışılacak durumlara yönlendirme işlemini gerçekleştirebilir.

Çekme kanban üretim sisteminin oluşturulmasında kullanılabilecek yedi basamaktan oluşan ilkelerden faydalanılır (Kabadurmuş ve Durmuşoğlu, 2005). Buna göre iyi bir çekme kanban sistemi oluşturmak için gerekli ilk basamak üretilen ürünlere talep gösteren müşterilerin isteklerine odaklanmaktır. Üretim aşamalarında yapılması planlanan değişimlere başlanmadan önce müşterilerin istekleri araştırılmalıdır. Alışkanlıkları ve iş yapma şekilleri bu basamakta önemli olan konulardır.

İkinci aşamada fonksiyonel amaçların detaylıca belirlenmesidir. Müşteri ihtiyaçlarına karşılık gelen hiyerarşik fonksiyonlar listelenmelidir. Üst düzey hiyerarşik başlıklar özellikle dikkat edilmelidir. Bu sayede müşterilerin istek ve taleplerine uygun üretim sağlamanın başlatılabilir. Sonrasında belirlenen fonksiyonel ihtiyaçlar görsel tasarım yöntemi olan haritalandırma ile üretim tasarımlarının parametreleri oluşturulur.

Sonraki aşamalarda fonksiyonel bilgilerden oluşturulan haritalar kullanılarak ayrıntılı analiz yapılır ve her bir fonksiyon tarafından belirlenen ihtiyaçların karşılanabildiği tasarım parametreleri bulunur.

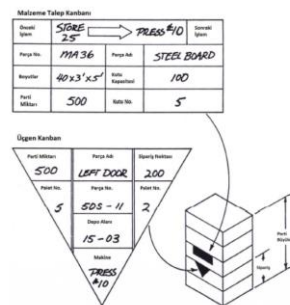
Altıncı aşamada müşteri talebine dayalı üretim parametreleri kullanılarak tasarım ile ilgili matrisler oluşturulur. Son aşamada ise kanban bilincinin çalışanlar tarafından anlaması ve etkin bilgi akışının sağlanması neticesinde fonksiyonel bilgi sahası ve fiziksel bilgi sahası arasındaki ilişkilendirme ve ileri seviye ayrıştırılması gerçekleştirilir. Bu işlem tasarım parametrelerinin net olarak ifade edilmesine kadar devam edilir ve süreç böylece biter.

Diğer çekme kanbanı uygulaması olan tedarikçi kanbanı, parçaların satın alınan parçalar deposuna veya akışta daha sonra yer alan müşteri prodesteki merkezi markete konulması için tedarikçi firmadan çekilmesini işaret etmek için kullanılır. Tedarikçi kanbanı, dış tedarikçilerle kullanıldığı için prosesler arası kanbandan farklıdır. Gelişmiş uygulamalarda tedarikçi kanbanı, kanban çevrimi olarak bilinen bilgileri de içerir. Kanban çevriminin bir örneği 1:4:2 gösterimidir; belirli bir parça numarası için tedarikçi parçayı bir günde teslim edecek, kanbanları dört sefer toplayacak ve herhangi bir çevrimde toplanan kanban istenen parçalarla beraber iki tur sonra geri getirilecektir. Tedarikçinin üretim prosesinin yapısına, tedarikçi bitmiş ürün stoğunun büyüklüğüne ve müşteriye uzaklığına bağlı olarak farklı kanban çevrimleri yaratılabilir (Smalley, 2004).

Üretim kanbanı çeşitlerinden olan normal tip üretim kanbanına aynı zamanda proses içi kanban da denir ve bu kanban, küçük miktarlarda üretim emirlerini daha önceki prosese taşımak için kullanılır. Tipik kullanımı, marketten stok çekişine veya müşteriden doğrudan gelen yenileme sinyaline göre son üretim alanının çizelgelenmesini içerir (Smalley, 2004).

Üretim kanbanı fabrika veya üretim alanında yapılan üretilen parçaların tamamlanması süreçleri için gereken her aşamanın kapsamlı bir listesini sunar. Bunlar gerekli malzemeler, gerekli parçalar ve çekme kanbanında ihtiyaç duyulan parçaları içerir. Kısacası, üretim kanbanı üretim sisteminde üretim hattının faaliyete geçmesi ve nelerin üretilmesi gerektiğini açıklayan sistemdir.

Sinyal kanbanıysa, enjeksiyon, döküm ve pres gibi alanlardaki partili üretimde kullanılır. Üçgen kanban, sinyal kanbanın bir çeşididir ve parça stoklama bölgelerinde önceden hesaplanmış aşamaya (yeniden sipariş seviyesi) yerleştirilerek, yine önden hesaplanan üretim adeti kadar üretim siparişi oluşturur (Şahin, 2011).



**Şekil 3.4 :** Sinyal kanban türleri (Şahin, 2011).

Sinyal kanbanının en yaygın kullanılan şekli üçgen kanban olarak bilinir. İsmi kartın üçgen şeklinde olmasından alır. Üçgen kanban, önemli ölçüde model değiştirme sürelerine ve takt süresinden çok daha hızlı makine çevrim süresine sahip yığın prosesi çizelgelemek için kullanılır. Bu kanban, stoğu yenilemede tetik noktasına bağlı olarak, üretim için parti büyüklüğünü kullanır. En büyük faydası, her parça numarası için bir kart yaratılmasıdır ve yönetilecek çok fazla sayıda karta ihtiyaç yoktur (Smalley,2004).

Şekil 3.4’deki üçgen kanbanda, malzeme adeti 200’e düşmüş, bu durum 10 numaralı preste 500 adetlik parti halinde malzeme basılmasına ihtiyaç olduğunu belirtmektedir. İkinci şekilde sinyal kanban tipi olan malzeme talep kanbanı gösterilmiştir. Malzeme tükenip bu kanban açığa çıktığında, kart 25 numaralı bölgeye aktarılır ve buradan 10 numaralı prese 500 adetlik malzeme göndermesi gerektiği bilgisi taşınır (Şahin,2011).

### 3.4 Kanban Kullanımı

Kanban, Japonca’da kart anlamına gelmektedir. Kanban genellikle üretim süreçlerini göstermesi, üretim etkinliklerini listelenmesi ve bütün süreçlerin görselleştirilmesi için kullanılan plastik bir karttır. Bu kartın üstünde kanban sistemi ile ilgili temel bilgiler ve özellikler bulunur.

Kanban ilk kanban sisteminin ortaya çıktığı 1940lı yıllarda “kanban tahtası” ismi verilen fiziksel bir tahtaya iliştirilen kağıtlar biçiminde oluşturulurdu. Bu sayede çalışanlar fabrikanın üretim ve tedarik süreçleri hakkında bilgilere sahip olurlar ve üretim israfı engellenir, bununla birlikte şeffaf iş süreçleri oluşturmaya imkân sağlanırdı.

|                                                                           |           |      |                       |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------|------|-----------------------|
| Stok Raf No: 5E215 Parça Arka No:A2.15                                    |           |      | Önceki Operasyon      |
| Parça No : 356 70 S 07<br>Parça Adı : Tahrik Pimi<br>Araba Tipi : Sx50 BC |           |      | Dövme<br>B-2          |
|                                                                           |           |      | Sonraki Operasyon     |
|                                                                           |           |      | Talaşlı İmalat<br>M-6 |
| Kutu Kapasitesi                                                           | Kutu Tipi | Sayı |                       |
| 20                                                                        | B         | 4/8  |                       |

**Şekil 3.5 : Fiziksel kanban örneği (Url-3).**

Japonca kan (görsel) – ban (yasak) anlamına gelmektedir. Kanban talep edilen veya hâlihazırda devam etmekte olan üretim hattını temsil ettiği için kanban sisteminin

fiziksel olarak en temel ögesi olduğunu söyleyebiliriz. Kanban her ne kadar çeşitlerine göre farklılık gösterse de özetle üretim görevi ve görevin özeti, tarihler, parçanın kullanıldığı yer, parça adı, ilgili kişi, parçanın tanımı, kanban numarası, parça numarası, teslim istasyonu ve parça sayısı gibi önemli bilgileri içerir.

Kanban oluşturulmasındaki temel amaç bir çalışana verilen işlerin görev olarak verildiği andan itibaren sonuçlanmasına kadar geçen bütün süreçleri içerir. Kartlar bilgi merkezleri olarak bilinir. Ayrıca, fiziksel olarak gerçek yapılması gereken toplantıların elimine edilmesini sağlar. Çalışma sürecinde yönetici ve çalışanların şeffaflığını artırır. Kanban kartlarının sayısı genelde sabit tutularak üretim sorunlarının önüne geçilebilir.

Kanban sisteminde kullanılan kart çoğunlukla 10 cm eninde ve 20 cm boyunda olmaktadır. Yapımında kullanılan materyaller genelde kalın karton veya sert plastiktir.

Son olarak, kanban kullanımı işletme içindeki taşıma güzergahları ile birlikte ele alınmalıdır. Eğer üretim akışını kontrol etmek için kartlar kullanılıyorsa, standart bir taşıma mekanizması devreye alınmalıdır. Yalın üretimdeki taşıma prensibi, karışık yüklü ürünlerin istenen zaman ve sıklıkta ilgili proseslere dağıtılmasıdır. Ürünleri kanban ile birlikte dağıtmak için, işletme içinde veya işletmeler arasında normal olarak sabit zamanlı değişken miktarlı taşıma sistemi kullanılır. Bu, taşıma güzergahının çok hassas bir şekilde zamanlarının belirli olmasını ve tekrarlayan standart bir paterne sahip olmasını gerektirir. Prosesler arası bazı durumlarda, özellikle daha seyrek kullanılan malzemelerin sinyalini vermek için sabit miktarlı değişken zamanlı yöntem de kullanılabilir. Bu durumda kritik konu, operasyonların malzemesiz kalmasını önlemek için istenen malzemelerin sinyalinin ne zaman ve nasıl verileceğinin belirlenmesidir (Smalley,2004).

#### **3.4.1 Kanban sayısı hesaplama**

Bir kanban sistemi tasarlanırken en zor ve önemli aşamalardan birisi kanban sayısının belirlenmesidir. Bu bağlamda iki farklı yaklaşım bulunmaktadır. İlk olarak bir kanban formülü ile kanban sayısı hesaplanabilir. İkincil yaklaşım olarak kanban sayısı tahmin edebilir ve sistem çalışırken sayılar değiştirilebilir.

Kanban sayısı bir çekme sisteminin performansını tanımlar. Eğer kanban sayısı çok az olursa kesintiler ve yapılamayan siparişler veya çalışanların zaman kaybı ile süreçlerle ilgili sorunlar ortaya çıkacaktır. Kaçırılan teslimatlar, çalışanların zaman kaybı veya

üretim hattındaki parçalar arasında seçim yapılması gerekirse ek kanbanlar tüketim sürecine eklenir. Geleneksel yaklaşımlar ile hata yapmak ve şüphe durumunda daha fazla kanban kullanılır.

Bir sistemdeki kanban sayısını belirlenmesini etkileyen farklı faktörler vardır: Müşterilerin normal talep süresi en birincil faktördür. Müşterilerin zamansal boyutunda kaç parçaya veya ürüne ihtiyacı olması kanban sayısını etkiler.

Normal yenileme sistemi süresi ise bir diğer faktördür. Üretim veya tedarik süreçlerinde bir parçanın veya ürünün yenilenme süresidir. Yenileme sisteminde sorunlar varsa bunlar neleri kapsadığı belirlenir.

Müşteri dalgalanmaları müşterilerin daha fazla miktarda parça talep etmeleri veya daha az sıklıkla aynı miktarda ürün talep etmeleri durumunda alınacak kararlar bütünüdür. Kanban sayısını etkileyen son faktör güvenlik marjıdır. Çalışan personellerin daha rahat hissetmeleri ve üretimde daha üretken olmaları için ek kanbanlar eklenebilir.

### **3.4.2 Kanban tasarımı ve basımı**

Kanban kelime anlamı olarak parçaları çoğaltmak veya yeniden sıralamak için kullanılan bilgiler topluluğuna verilen isimdir. Bu sebepten dolayı kanban kartları üretimde herhangi bir basamağında kullanılır. Bunun yanında daha karmaşık kanban sistemleri bulunmasından dolayı kanban tasarımları amacına ve kullanıldığı alana göre değişiklik gösterip ek bilgiler içerebilir.

Kanbanlar birçok şekilde dijital veya fiziksel olarak oluşturulabilir. Örneğin “kâğıt kartlar, koruyucu bir klasördeki kâğıt kart, dijital kart, kutu kart, veya metal parçası kart” olarak isimlendirilen pek çok farklı şekillerde oluşturulabilir (Sato ve diğ., 2012). Metal gibi daha sağlam kartlar fiziksel açıdan tercih sebebi olabilir.

Dijital veya fiziksel, dikdörtgen veya üçgen; şekli veya çalışma sistemi ne olursa olsun bir kanban kartında bulunması gereken bilgiler aşağıdaki gibi sıralanır (Sato ve diğ., 2012):

- Parça numarası (Harf ve kelimeleri içeren özel numaralar)
- Parça ismi
- Parça sayısı (Bu kanban kartı ile numaralandırılmış parça sayısını gösterir)

- Birim (Adet, kg, m vb. fiziksel birimler)
- Resim (Parçayı temsil eden resim önemlidir)
- Özel bilgiler (Kartın üzerindeki parça için önemli bilgiler ve teknik ayrıntı)

### 3.4.3 Kanban toplama kutuları

Kanban toplama kutuları özellikle çekme kanban sistemlerinde kullanılan ve bir sonraki aşamalar için gerekli parça ve malzemeleri temin etmek için kanbanların toplandığı ve stoklandığı kutulardır.



**Şekil 3.6 :** Kanban toplama kutuları örneği.

Kutular çoğunlukla plastik kutulardan oluşmaktadır. Kutular belirli sıralarda ve düzenlerde toplu olarak bulunurlar. Üretim hattına entegre edilerek ihtiyaç duyulan parçaların tedarik edilmesine ve üretim hattının sorunsuz çalışmasına yardımcı olur. Şekil 3.6’da örnek bir kanban kutu sistemi verilmiştir.

### 3.5 E-Kanban Sistemi

Her ne kadar kartlı kanban yöntemini kullanmak, üretim yapan herhangi bir işletmenin organizasyonu ve malzeme akışını önemli derecede iyileştirse de bu yöntemin de bazı kısıtlamaları mevcuttur.

Kapsamlı bilgisayar sistemlerine sahip birçok işletme, kanban kullanımıyla ilgili aşağıda aktarılan başlıca sorunları çözmek için e-Kanbana (Elektronik Kanban) yönelirler (Ahmetoğlu,2007):

- Kartlı kanban sisteminde kanbanlar yanlış bir yere konabilir ya da kaybolabilir, bulmak zor ve zaman alıcı olabilir. Yeni kanbanların basılması ve kaybolanların da sistemde bir şekilde dönüyor olması da fazla envantere neden olur.
- Sistemin işletme içinde yaygınlaştırılması aşamasında kanban sayıları artarak yönetilmek hale gelebilir.
- Kullanılan her tür kanban için bir miktar bekleme zamanı gerekir. Sistemin işletme dışında tedarikçi tarafında da kullanılması, bekleme sürelerinin uzamasına ve kanban dönüşümünün yönetilmemesine neden olur. Aynı zamanda işletme içinde stoklar artar. Kanbanları manuel taşımak yerine elektronik kanban kullanılırsa bekleme zamanı tamamen ortadan kaldırılabilir.
- Tedarikçi, depolar ve iş istasyonları arasındaki mesafelerin uzun olduğu durumlarda, elektronik kanban, ilgili malzeme operatörlerine, daha boş kutu ve kanbanı teslim almadan önce erken bir uyarı yapar.

E-Kanban'da kartlar fiziksel olarak sahada bulunmaz, yazılımın sahadan aldığı bilgiler ile güncellenir ve çekme işlemini yazılım aracılığıyla bilgi iletileri ile sağlar.

Günümüz uygulamalarında kanban yaklaşımı genelde, kurumsal kaynak planlama yazılımlarına (enterprise resource planning, ERP) gömülü olarak kullanılmaktadır. Elektronik ortamın sunduğu ilave avantajları da dikkate alarak kanban sistemleri gerçek zamanlı talep gönderimine imkan sağlamaktadır. Bundan dolayı, örnek olarak fabrikaya gelen herhangi bir sipariş için fabrikadaki üretim sistemlerinin tamamı, üretim planlaması, fabrika sahası ve hatta tedarikçilere kadar uzanan tedarik zincirinin anlık olarak uyarılması ve geleceğe dönük planlar ve hedefler çıkarılması mümkündür (Şeker,2016).

Klasik kanban depo seviyelerini takip edemez ve ancak bir depodaki ürünün bitmesi halinde daha üst depoya gelen tetiklemeler ile bilgi sahibi olur. Elektronik kanban yaklaşımındaysa, fabrikanın her aşamasındaki depolarda bulunan ürünlerin stokları çıkarılabilmekte ve toplam stok durumu/maliyeti anlık olarak görülebilmektedir (Şeker,2016).

Elektronik kanbanın katkıları aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Ahmetoğlu,2007):

- Tedarikçilerle malzemelerin temininde rutin bir iletişim kurma aracı haline gelir.
- Kanbanların manuel gönderimine göre iş yapma zamanları kısılır
- Bilgilerin iletimi ile ilgili hatalar azalır, insana bağlı yönetimden uzaklaşılır.
- Taleplerdeki değişikliklere daha hızlı yanıt verilir.
- Malzeme operatörleri geleneksel yöntemde malzeme hareketlerini her çıkış noktasında manuel olarak takip ederler, buna karşın elektronik kanban, süreci ekranlardan yansıtarak işletme içinde manuel malzeme takibini ortadan kaldırır.
- Elektronik kanbanın yarattığı izlenebilirlik sayesinde anında transfer ve stokta/üretimdeki malzeme görülür, üretimde yapılan bir değişiklik sistemde anında güncellenir.
- Süreç gecikmelerinin ortadan kaldırılması, daha doğru bir dengeleme yapılması ve parçaların küçük miktarda üretilmesi yoluyla üretim çevrimini önemli ölçüde kısaltmaya yardımcı olur. Boş kutuların taşınması ile tetiklenen manuel sistemde, taşınmalardan kaynaklanan gecikmeleri ortadan kaldırır.

Tedarikçiler alıcının elektronik kanbanına bağlandıklarında, iki taraf açısından önemli yararlar ortaya çıkar (Ahmetoğlu,2007):

- Elektronik kanban ara yüzü, tedarikçilerin, malzeme hareketleri gibi alıcı kayıtlarını güncelleştirmelerine yardımcı olur. Bu sistem aynı zamanda tedarikçilerin zamanında teslimlerinin incelenmesi için gereken bilgi çekme kapasitesini sağlar.
- Etkin ve titiz bir ödeme yöntemi oluşturur. Nakliye miktarları görüşüldüğü için, alıcılar her nakliye işleminin ne kadara mal olduğunu ne ner kadar alındığını tam olarak bilirler.
- E-Kanban, sipariş işleme ve takibi ile ilgili kağıt işlerini büyük ölçüde azaltır.

Barkodlar elektronik kanban uygulamalarında sık kullanılan yapılardır. Ürünlerin tümüne konan ve bir okuyucu sayesinde kısa sürede okunabilen bu etiketler yardımıyla ürünlerin bekleme süreleri, ürün sevkiyatı anlık depo durumu gibi birçok veri anlık olarak raporlanabilmektedir. Barkod uygulamalarına alternatif olarak gösterilen RFID

ismi verilen ve barkod okuyucusuna ihtiyaç duymadan belirli bir mesafeden okunabilen çözümler de bulunmaktadır. Bunlarla ürün bilgilerinin sırayla okunması ihtiyacı da ortadan kalkmakta, okuma yapılması istenen alanlara yerleştirilen okuyucular ile bütün bilgilere ulaşılabilir (Şeker,2016).

Müşteri dalgalanmaları müşterilerin daha fazla miktarda parça talep etmeleri veya daha az sıklıkla aynı miktarda ürün talep etmeleri durumunda alınacak kararlar bütünüdür. Kanban sayısını etkileyen son faktör güvenlik marjıdır. Çalışan personellerin daha rahat hissetmeleri ve üretimde daha üretken olmaları için ek kanbanlar eklenebilir. Kanban sistemi fiziksel veya dijital olarak kurulabilir. Fiziksel olan kanban sistemi daha çok post-it gibi kısa notların yer aldığı hatırlatma ve takip notları ile gerçekleştirilmektedir. Kanban sistemi ayrıca Trello, Kanbanize ve Jira gibi farklı yazılım türleri bu bağlamda kullanılır.

E-Kanban sistemi tek bir farklılık ile beraber bir çeşit kanban çeşidi ve modifikasyonudur (Vinasve Vernyi, 2005). Tek farkı standart kanban sisteminde mevcut olan fiziksel sinyalin yerine elektronik sinyal bulunur.

Bu sistemin en önemli avantajları kanban sistemlerinin fiziksel olarak şirket dışında kullanılması durumunda, tedarikçi ile iletişimlerde, tedarikçinin miktarlarını anında öğrenme ve iletme doğrultusunda tedarikçi performansını ölçme olanakları sağlamasıdır (Modarress ve Ansari, 1995). Üretim sürecinde operasyon merkezlerinin arasındaki uzaklık ne kadar olursa olsun E-Kanban sistemi sayesinde üretim siparişi ve çekme kanbanın ihtiyaç duyduğu pek çok işlem yapılabilir.

Fiziksel kanban sistemi kullanıldığında imalat açısından başarılı olduğu gibi fiziksel kartlarda kullanılan geleneksel sistemlerde ortaya çıkan insan hataları ve takip kabiliyetleri ile ilgili bilgi akisinin zayıf hale gelmesi ile beraber e-kanban sistemi ortaya çıkmıştır. E-kanban sistemi ilaveten web tabanlı olabilmektedir (Wan ve Chen, 2007). Bu şekilde bilgisayarlaştırılan kanban sistemi daha faydalı olabilir.

Web tabanlı teknolojiler hızla ilerledikçe tamamen Web tabanlı bir kanban sistemi geliştirmek uygulanabilir. PHP ve MySQL gibi popüler bir Web program platformu temel alınarak deneysel bir program geliştirilebilir. Sunucu ile beraber yürütülen program platformlar arasında uyumluluk, gerçek zamanlı izleme ve performans izleme ve fiziksel kanban ile karşılaştırıldığında daha iyi durumdadır. Böylece insan hataları otomatik işlemlerle en aza indirilir (Wan ve Chen, 2007).

### 3.6 Kanban Sistemi Avantaj ve Dezavantajları

Kanban sistemi son bir yüzyıla yakın bir tarihi olup günümüze kadar farklı şekillerde modifiye edilmiştir. Sistemin bazı avantajları ve faydaları bulunmaktadır. Bunları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Kanban sistemi bir firma veya şirketin bu sistemi etkili bir şekilde uygulamasını çok basit ve anlaşılması kolay bir sistemdir.
- Kanban, şirketin maliyetlerinde ve israflarını büyük oranda azaltır.
- Kanban, şirket veya firmanın üretim sistemlerinde sürekli ve sürdürülebilir iyileştirme adımlarını desteklemektedir. Bu şekilde potansiyel ortaya çıkması muhtemel problemlerin önüne geçilebilir.
- Kanban çok duyarlı bir sistemdir ve herhangi bir gecikme durumunu desteklemez. Kaynaklar ve kullanılan yöntemler esnek olduğu için ortaya çıkan sorunların çözümü daha hızlı yapılabilir.
- Kanban sistemi bir firmanın veya şirketin insan kaynaklarının etkinliğini artırır. Çalışanların yetkinlik seviyelerine göre sürekli eğitim, öğrenme ve iyileştirme gerektirir ve bu da şirketin kârlılığını artırır. Bununla beraber çalışanların ortak sorumluluk ve uyum sahibi olacak ekipler oluşturulabilir. Ayrıca, çalışanların karar alma becerileri ve inovasyonlar beklentilerini artırır.

Yukarıda sayılan Kanban sisteminin faydalarının yanında şirketler ve firmalar için bazı dezavantajları bulunmaktadır:

- Kanban sistemi bağımsız şekilde bir araç olarak kullanılamaz. Bu sebepten dolayı sadece uygulanabilecek bir yöntem değil, ancak sipariş verme gibi bir firmanın diğer süreçleri ve sistemleri ile birleştirilerek uygulanabilir.
- Görevliler devamlı olarak kanban panosunun sütunları arasında yer değiştirdikçe görevlerin veya faaliyetlerin tamamlanması için belirli zaman çizelgelerinin tahmin edilmesi zorlaşır.
- Kanban sistemi dinamik olan doğal ortamlar için uygun değildir.
- Eğer bir sistemde çok fazla etkinlik veya görevler birbirleri ile ilişkilendirilirse kanban sistemi uygulanması zorlaşır.

- Sistemin uygulanması bazen kalitesiz çıktılar veya ürünler ortaya koyabilir. Kanban bazen görev akışlarını daha pürüzsüz hale getirilebilecek izleme yapısıdır.



#### **4. YALIN İÇ LOJİSTİK**

Yalın iç lojistik sistemleri üretim yapılan işletmenin çeşitleri ve ortaya çıkan ürünlerin şekillerine göre değişiklik göstermektedir. Yalın iç lojistik sistemlerindeki temel amaç israfların azaltılması ve üretim hattının yüksek performansta çalışmasının sağlanmasıdır.

##### **4.1 Lojistik Sisteminde Yalın Yaklaşım**

Yalın yönetim işletmelerin lojistik sistemine de yeni bir bakış açısı getirmiştir. Bu sistemde tedarik zincirindeki israf ve savurgan faaliyetleri tanımanın ve onları engellemenin veya ortadan kaldırmanın yolları vardır. Yalın Lojistik, Yalın Üretim Sistemi'nin lojistik boyutu olarak tanımlanabilir.

Toyota yöneticisi Taiichi Ohno'ya göre; fiyat ile değer birbirinden ayrı olarak değerlendirilmelidir. Müşteri tarafından ürün satın alındığında, kendisi için değer taşıdığı anlamına gelir. Maliyetler yükseldiğinde, ürünün fiyatını arttırmak kolayla kaçmaktır ve tercih edilmemelidir. Bu durum müşterilerini kısa süre içerisinde kaybedeceği olarak öngörülebilir. Buradan yola çıkarak, fiyat artışlarını gerçekleştirmenin mümkün olmadığı ve tercih edilmediği günümüz koşullarında, maliyetleri düşürmek bir hayli önem taşımaktadır. Bunun için üretim maliyetleriyle beraber, tedarik zincirindeki israfları da azaltmak gerekir (Öztürk,2008).

Yalın lojistik ilkeleri bir işletmenin vizyon ve misyonunun bütün çalışanlar tarafından benimsenmesi ve paylaşılması ile ilişkilidir (Yangınlar ve Bal, 2019). Bu sebeple organizasyonun bütün amaçları, hedefleri ve geleceğe yönelik planları çalışanlar ile paylaşılmalıdır. Bilgiler çalışanlar ile veri tabanları aracılığıyla paylaşılabilir ve bu sayede kanban üretim sisteminin işletmenin geneline yayılması ve uygulanması sağlanır.

Yalın üretim metodolojisi Toyota Üretim Sistemi (TÜS) tarafından yaygınlaştırıldığından beri, dünyanın dört bir yanındaki üreticiler maliyetleri düşürmek, teslim süresini azaltmak, kaliteyi artırmak ve üretkenliği artırmak için

süreçlerinde yalın yöntemler uyguladılar. Yalın yöntemlerin odaklandığı noktalardan biri de malzeme stoğu ve hareketi kaynaklı israf kaynaklarını ortadan kaldırmaktır. Malzemeler düzensiz olarak temin edildiğinde veya fazla stok tutulduğu durumlarda kurulan yalın üretim sistemi zarar görmektedir. Bunun sonuçları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- İdeal bir süreç sürekli ve esnek olan iken işletme kaynaklarını malzeme taşıma hareketini için gereğinden fazla ayırmak bitmiş ürünlerin değer akışına zarar verir.
- Yalın üretimin büyük bir kısmı sürekli akış ile oluştuğundan, akıştaki herhangi bir tıkanıklık tüm sürece zarar verir.
- Malzeme stoğunun fazla bulunması işletme alanlarının israf edilmesi anlamına gelir. İşçilik ve depolama maliyetleri artar.
- Parçaların düzensiz akışı, yalın kavramlarından olan 5S hedeflerini sabote eder. Parçaların düzensiz temin edilmesi kaybolmalara ve farklı zamandalar alan tahsisi ihtiyacına neden olur. Kayıp parçaların aranması işçilik ve zaman kayıplarına neden olur.

Fazla malzeme hareketi ve stoklamanın bir değer yaratmadığı görülmektedir. Buna rağmen üreticilerin bu yöntem ile çalışmaları satın alınan tüm parçalar için kapsamlı bir kapıdan kapıya malzeme akışlarının olmamasından kaynaklanır. Malzeme akışını optimize etmek önemli ve büyük katkı sağlamaktadır, çünkü tipik bir işletmede malzeme maliyeti toplam operasyon maliyetinin %50 ila %80'i arasındayken; işçilik maliyeti %7 ila %17'si arasındadır (Url-4).

#### **4.2 Geleneksel Lojistik ile Yalın Lojistik Arasındaki Farklar**

Yalın lojistik yaklaşımının ortaya çıkması ile beraber ürünlerin tedarik edilmesi ve müşterilere teslim edilmesi açısından çok önemli değişimler olmuştur. Bu kapsamda yeni geliştirilen tedarik sisteminde sıfır kalite hatası, ürünlerin en az sayıda kontrol edilmesi, tedarikçiler ile iletim süreçleri ve teslimat planları, tedarik ağında karlılık ve etkinliğin artırılması ve tedarik ağının uygun şekilde çalışması için depolamanın en düşük seviyede tutulması bu kapsamda en önemli noktalardan bazılarıdır (Çelepçıkay, 2014). Geleneksel lojistik ve yalın lojistik yaklaşımları birbirleri ile karşılaştırıldığında aşağıdaki farklılıklar ortaya çıkmaktadır:

**Çizelge 4.1 : Lojistikte geleneksel ve yalın yaklaşım farkları-1 (Özden,2004).**

| <b>Değişken</b>                       | <b>Geleneksel Anlayış</b> | <b>Yalın Anlayış</b>              |
|---------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| Tedarikçi Sayısı                      | Çok                       | Az                                |
| Satınalmacı Sayısı                    | Çok                       | Az                                |
| Tedarikçi ile Olan İlişkinin Odağı    | İş Odaklı                 | Karşılıklı Fayda Odaklı           |
| Tedarikçi ile İlişki Uzunluğu         | Kısa Dönemli              | Uzun Dönemi                       |
| Kalite                                | Kontrol Edilerek Alınır   | Tedarikçi Tasarımına Dahil Edilir |
| Teslimatlar                           | Büyük Partiler Halinde    | Küçük Partiler Halinde            |
| Stok Seviyesi                         | Yüksek                    | Düşük                             |
| İletişim                              | Az                        | Çok                               |
| Üretim Esnekliği                      | Az                        | Çok                               |
| Teknoloji Paylaşımı                   | Çok Sınırlı               | Fazla                             |
| Tedarikçi İçin Gelecek Garantisi      | Yok Gibi                  | Oldukça Fazla                     |
| Tedarikçi İçin Seçim Kriteri          | Fiyat                     | Performans                        |
| Tedarikçi Fiyat Uygulamaları          | Rekabetçi İhaleler        | Hedef Maliyeti                    |
| Tedarikçinin Ürün Geliştirmedeki Rolü | Çok Sınırlı               | Oldukça                           |

Yalın lojistiğin temel hedefi, doğru ambalajlarda, doğru parçaları, doğru yerde, doğru zamanda, doğru kalite ve miktarda teslim ederek malzeme stoklarını ve lojistik maliyetlerini azaltmaktır. Yalın lojistikle beraber, tahminlerden gereksiz envanter maliyetleri, kaynaklanan riskler, parçaların eskime ve hasar görme tehlikeleri ortadan kaldırılır ve yüksek envanter çevrimleri, yüksek kalite, daha fazla güvenilirlik, daha az israflar, düşük maliyetler ve daha kısa işlem süreleri yaratılır (Öztürk,2008). Yalın lojistiğin kazandırdığı diğer sonuçlar Çizelge 4.2’de paylaşılmıştır.

**Çizelge 4.2 : Lojistikte geleneksel ve yalın yaklaşım farkları-2 (Özden,2004).**

| <b>Artma</b>                 | <b>Azaltma</b>              |
|------------------------------|-----------------------------|
| Ekipman kullanımı            | Kutu hacmi                  |
| Alan verimliliği             | Toplam lojistik maliyetleri |
| Tedarik zincirinin etkinliği | Bekleme süresi              |
| Sevkiyat sıklığı             | Malzeme taşıma              |
| Kalite                       | İşlem süresi                |
| Yükleme hızı                 | Çevrim süresi               |
| Doğruluk                     | Stok alan ihtiyacı          |
| Standardizasyon              | Araç trafiği                |

### 4.3 Yalın İç Lojistik

Fabrika içinde yalın lojistik yaklaşımı üretilen ürünlerin az maliyetle ve kısa sürede işletme içerisinde bir noktadan başka bir noktaya taşınmasıdır (Kılıç, 2011). Depolama ve özellikle iç lojistik bu anlamda en önemli konulardan birisidir.

Bu bağlamda fabrika içerisinde gerekli bazı sistem ve araçlar bulunmaktadır. Bunlardan ilki insan kaynaklarının oluşturulmasıdır. Bu sistemin uzmanı kişilerin bulunması gerekir. İkincil olarak ihtiyaç duyulan lojistik aracın seçilmesidir.

Bunlara ilaveten, lojistik araçların kullanım ve işletilmesi için gerekli sistem ve programlar oluşturulmalıdır. Gerekli üretim ve dağıtım sistemi birbirine entegre edilerek israflar azaltılmalıdır. Klasik iç lojistik sisteminin yalınlaşması için aşağıdaki adımların oluşturulması gerekir (Kılıç,2011):

- Üretim hattında lojistik ihtiyaç duyan her parça için planlama yapma,
- Satın alınan ürünler için pazar planı oluşturma,
- Çekme sinyallerinin planlanması,
- Fabrika içinde veya dışarısında dağıtım hattının oluşturulması,
- Sistemin her zaman geliştirmeye açık olacak şekilde tasarlanması.

#### 4.3.1 Fabrika içi taşıma

Yalın üretim sisteminin en önemli parçalarından birisi lojistik faaliyetlerdir. Milkrun gibi farklı lojistik yaklaşımlar yalın üretim sisteminde çok yaygın olarak kullanılmaktadır.

Yalın lojistiğin fabrika içi taşıma araçlarına bakışı, doğru aracın gerektiği yerde kullanılması olarak düşünülebilir. Çoğu işletmede sadece forkliftler veya sadece konveyörler kullanılmakta, bu maliyeti arttırmakta, esnek üretim yapılmasını zorlaştırmaktadır. Palet krikoları, taşıma arabaları, konveyör ağları, konvoylu çekici araçları, forkliftler ve otomatik rehberli araçlar (AGV – Automatic Guided Vehicles) verimli oldukları yerlere göre kullanılmalıdır. Fabrika içi yalın lojistikte forkliftler yüksek maliyetleri, özel eğitilmiş sürücüleri, güvenlik ve sadece büyük hacimli paletleri taşıyabilmesi açısından taşıdığı dezavantajlar nedeniyle genellikle depolarda malzemelerin depolanması ve raflardan alınmasında kullanılır, üretimin gerçekleştirildiği hatların yanına ve bu hat üzerinde yer alan tüketim noktalarına sevkiyatta kullanılmaz. Manuel ve motorlu palet krikoları forkliftlere göre daha ucuz ve esnek olabilmektedir; fakat hattın yanına yapılacak sevkiyatlarda genellikle itme

arabaları veya konvoylu çekici araçlar kullanılır. Özellikle konvoylu araçlar oluşturulmasındaki neden, fabrika içindeki iç lojistik treni seferlerine uygun olması ve birden fazla tüketim noktasına farklı çeşitlilikte malzemeyi taşıyabilmesidir (Artıışık,2008).

Fabrika içindeki taşıma sisteminin oluşturulmasında iki temel değişken taşınan yük ve frekansdır. Bu değerlerin hesaplanması sonucunda uygun taşıma araçları belirlenebilir (Artıışık,2008)

Taşıma yollarının belirlenmesi, forkliftlerin sadece bu yollarda kullanılması kısıtının getirilmesi, raflarda daha sık kullanılan malzemelerin alt sırada bulundurulması ve böylece forklift yerine daha sık palet krikolarından faydalanılması, kayar rafların hatta çalışan operatörün yanındaki malzemeler için kullanılması, fabrika içi milkrun döngüleri ile birden fazla hücrenin ve tüketim noktasının beslenmesi ve taşınan birimlerin paletlerden daha küçük hacimli sert plastikten yapılmış iade edilebilen standart kasalara geçilmesi temel fabrika içi taşıma konularıdır (Baudin, 2004).

#### *Kasa ve Palet:*

Kasa ve palet, çok sektörde fazla ağırlığı olmayan yüklerin taşınmasında kullanılmaktadır. Kutu şeklinde ve çoğunlukla plastikten ve bazen ahşaptan imal edilmektedir (Sevim ve Ediz,2016).



Şekil 4.1 : Farklı ürünleri ve kasaları içeren palet örnekleri.

Kasa ve palet taşıma sistemi ürünlerin nemden veya rutubetten etkilenmemeleri için bazen hava alacak şekilde delikli yapılır. Ayrıca depolama ve kolay taşıma amacıyla tasarlanır. Malzeme geri dönüşümlü üretilir.

Kasa ve palet sisteminin önemli avantajı fazla ağır olmayan nesneler veya araçların birlikte kolaylıkla taşımaya imkân verebilir. Kutu ve paletlere uygun ambalajlar ile

paletlerde çok fazla boşluk kalmayacak şekilde yüklenen malzemeler taşıma maliyetleri azaltılabilir.

#### *Konveyörler:*

Konveyörler veya konveyör sistemi kanban lojistik sistemlerinden birisidir. Trenler gibi sabit noktalar arasında belirli bir güzergâhı takip eden ve her seferinde gerekli parçaları işletme içerisinde taşıyan sistemdir. Bu sistemler ‘sürekli akış sistemleri’ olarak tanımlanır (Kılıç, 2016).

Pek çok farklı konveyör çeşitleri işletmelerde kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları şunlardır: Çekicili, vidalı, zincirli, bantlı, rulolu, yük arabalı, kovalı, el arabalı ve tekerlekli konveyörler. Konveyör sistemler yeterli akış hızının sağlandığı ve taşınan malzemenin biçimi ve özelliğine göre değişen şekillerde oluşturulur.

Hat üzerindeki konveyörlerin konumları zemin altı, zemin üzeri ve baş üstü şeklinde oluşturulabilir. Çok çeşitli konveyör örnekleri bulunmaktadır. Sektörel bazda taşınan yüklerin çeşitlerine göre özel olarak tasarlanabilirler. Aşağıdaki şekilde bazı konveyör çeşitleri sunulmuştur:



Şekil 4.2 : Konveyör çeşitleri (Kılıç, 2016).

#### *Palet Taşıyıcılar:*

Palet taşıyıcılar küçük ve orta ebatta olabileceğinden dolayı her çeşit ve her büyüklükte işletmelerde kullanılabilir. Palet taşıyıcılarının temel amacı benzer ürünlerin aynı veya farklı müşterilere ulaştırılması için gereken yükleme faaliyetlerinin yapılmasıdır. Paletler çoğunlukla tahtadan yapılır. Şekil 4.3’de palet, yük ve forklift bulunan palet taşıyıcının gösterilmiştir.



Şekil 4.3 : Palet taşıyıcı örneği-forklift

Palet taşıyıcılar veya yük taşıyıcıların forklift, şarjlı transpalet veya palet krikosu gibi çeşitleri vardır ve taşınan malları destekleyen taşıma sistemleridir. Birden fazla malzemenin düzenli şekilde yüklenmesi ve taşınmasını sağlar. Nakliye açısından kolay olduğu için malların taşınması, yüklenmesi ve boşaltılması işlemlerinde uygun maliyetli ve yüksek verimli olduğundan çoğunlukla tercih edilen bir yöntemdir.

Palet ile malları taşıma işleminde öncelikle mallar palete yüklenir, gerekli lokasyonlarda ulaşıldıktan sonra boşaltılır. Taşıma sistemleri çoğunlukla bir çalışan tarafından yönetilir. Paletler genellikle yaklaşık 1 tonluk malı kolaylıkla taşıyabilir. Palet taşıma sistemleri depolama amacıyla da kullanılır.

Palet sistemleri her ne kadar ticari amaçla kullanılsa da ticari olmayan ve fazla sayıda yük içermeyen amaçlar için de kullanılabilir. Örneğin, evde bulunan ve farklı bir yere taşınması gereken bir eşya küçük bir palet taşıyıcısı kullanılarak taşınabilir.

#### *Yük Vagonları ve Vinçler:*

Yük vagonları ve vinçler otomatik depolama ve geri getirme sistemleri ile beraber sabit alanda çalışan sistemlerdendir. Bu sistemde malzeme taşıma araçları belirli ve kapalı bir alanda 3D olarak gerekli yükleri belirli bir noktadan farklı bir noktaya taşıyacak şekilde tasarlanır (Kılıç, 2016).

Yük vagonları çoğunlukla trenler tarafından demir yolunda taşınır. Yük vagonları sadece yük lokomotifleri ile taşınabildiği gibi farklı şekillerde ve farklı yüklerin bir arada ve birçok vagonun beraber taşınması şeklinde de uygulanabilir.

Yük vagonları yük taşımacılığında kullanılan demiryolu taşımacılığı araçları olarak farklı mal çeşitlerinin işlenmesi veya taşınması için kullanılır. Bölgesel veya ulusal olarak kullanılan yük trenleri veya yük vagonları üretilen ürünlerin veya

hammaddelerin taşınmasında kullanılan ve özellikle demir çelik gibi ağır yüklerin taşınmasında en fazla tercih edilen taşımacılık yöntemidir.

Vinçler ise çoğunlukla ihracat ve ithalat işlemlerinde ve limanlarda kullanılır. Farklı destinasyonlardan gelen veya farklı limanlara giden gemilerin yükleri vinçler yardımıyla yüklenir veya boşaltılır. Bunun yanında inşaat malzemelerinin yüksek binalara taşınmasında da kullanılır.

Vinçler temel olarak vinç halatı, tel halatlar ve makaralardan meydana gelen ve yükleri indirmek, yüklemek veya yatay olarak başka bir yere aktarmak için kullanılır. Yük vagonları gibi çoğunlukla çok ağır olan malları taşımak için kullanılır.

#### *Robotlar ve Otomatik Yönlendirilmiş Araçlar (AGV):*

Robotlar ve otomatik yönlendirilmiş araçlar (AGV) son yıllarda teknolojinin gelişmesi ile beraber yalın üretim sistemlerine entegre edilerek kullanılmaya başlanmıştır (Gosavi ve Grasman, 2009). Bu çeşit iç lojistik yöntemleri özellikle üretim maliyetlerini düşürmek amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca, elektronik ürünlerin üretimine ve çok hassas yapılması gereken süreçlerin işletilmesinde çok önemli rol oynamaktadırlar.

Bu sistemleri konveyörlere göre daha hızlı ve hata payı daha düşük olabilmektedir. Ayrıca konveyör sistemlerinde ihtiyaç duyulan geniş alan robotlar ve AGV'ler için gerekli değildir.

Şekil 4.4'deki gibi gösterilen robot sistemleri birçok üretim ve lojistik operasyonu hala manuel ve kâğıt ile toplama tekniklerine dayanan üretim sistemlerinde birçok gereksiz yürüyüşü ortadan kaldırabilir. Sensörler, yapay zekâ ve hareket kabiliyetlerindeki gelişmeler bu robotların neredeyse her çeşit üretim hattına monte edilebileceğini göstermektedir.



Şekil 4.4 : Mobil robot örneği.

Bir AGV sistemi en temel şekilde üretilen ürünleri veya hammaddeleri bir noktadan başka bir noktaya taşımak için kullanılır. Bu sistemde gerekli olduğunda gerekli düzenlemeler hızlı bir şekilde yapılabilir. Konveyörler gibi çok fazla altyapı ihtiyacı yoktur.

AGV'ler özellikle beyaz eşya üreticileri ve büyük otomobil üreticileri ile diğer imalat endüstrisinde lojistik amaçla kullanılan sistemlerdendir (Gosavi ve Grasman, 2009). İşçilik maliyetlerinin artması AGV kullanımının yaygınlaşmasında çok önemli bir rol oynamaktadır.

İlk kurulumda çok pahalı oldukları için bazı işletmeler tarafından başlangıçta fazla ilgi görmemektedir. Ancak kurulum sonrası ve orta ve uzun vadede taşıma süresini ve maliyetini önemli ölçüde azaltabilir ve kapasitesi zamanla artırılabilir.

#### *Malzemeye Özel Taşıma Araçları:*

Ürünlerin/malzemelerin fabrika içerisinde veya sevkiyatta bazı özel koşullara ihtiyaç duyması nedeniyle sadece taşınan ürünler veya hammaddeler için özel taşıma arabaları bulunmaktadır.

Örneğin, dondurulmuş gıdalar veya her zaman soğuk ortamlarda saklanması gereken dondurma, dondurulmuş gıda vb. ürünler için özel depolar olduğu gibi bunların lojistik işlemleri için içlerinde soğuk hava sistemlerinin kurulu olduğu taşıma araçlardan yararlanılır.

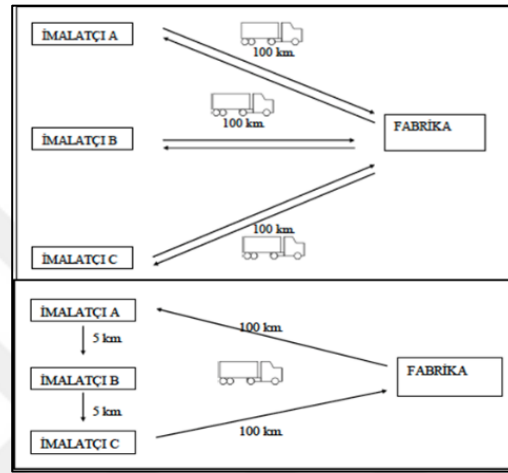
Ayrıca, malzemeye veya ürünlere özel taşıma araçları taşınan yüklerin ebatları ve ağırlığı ile ilgilidir. Örneğin, askeri araçlar için kullanılan özel taşıma araçları ve ekipmanları bu kapsamda değerlendirilebilir. Bazı özel taşıma sistemleri gerektiren meyve ve sebzeler de bu kapsama dahil edilir. Süpermarketlerde kullanılan ve TV, beyaz eşya, yatak, kasalar ve benzeri ebatlara sahip büyük ürünleri taşımak için kullanılan yatay alışveriş arabaları ise sadece bazı malzemelerin taşınması için tasarlanmıştır.

#### *Milkrun-İç Lojistik Treni:*

Milkrun kavramı ilk defa ikinci dünya savaşında ABD ordusu tarafından askeri operasyonlar için kullanılmıştır. Temel felsefe en kısa mesafe ve zamanda birçok dağıtım merkezine malzeme veya asker sevkiyatı yapmak için oluşturulmuştur. Ancak,

bunun öncesinde 1917 yılında sütçülerin tedarik ve sevkiyat durumlarında ilk kez uygulanmıştır.

Milkrun sistemi firmaların iç lojistik faaliyetlerinde kullandığı bir yaklaşımdır. İşletmelerde bu sistem, farklı satıcılar veya farklı tedarikçilerden gelen teslimatları maksimum kapasite ve minimum maliyetler ile kullanmayı sağlayan bir dağıtım yöntemidir (Saini ve Brar, 2011). Milkrun sistemi ile ilgili lojistikte ortaya çıkan değişiklikleri aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi açıklanabilir (Yıldız,2008):

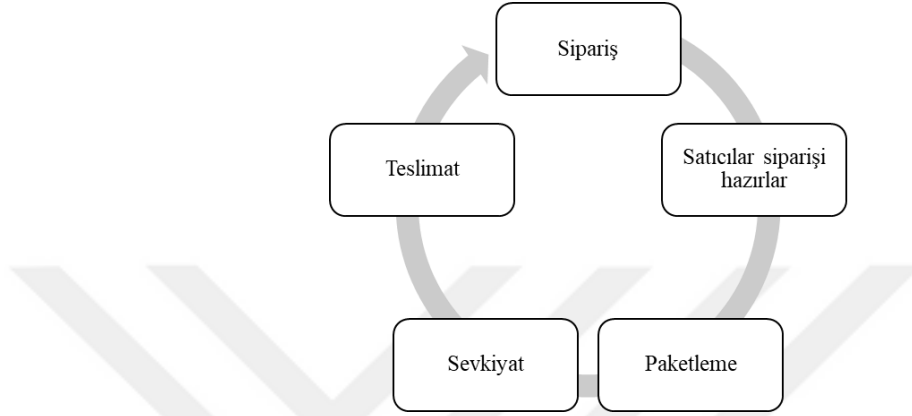


Şekil 4.5 : Lojistikte milkrun döngüsü (Yıldız,2008).

Milkrun kelimesi veya kavramı ilk olarak süt kooperatiflerinin ihtiyaçları olan sütleri karşılamak için tedarikçiler firmalar tarafından uygulanan yöntemlerden türetilmiştir (Meyer, 2017). Milkrun hem müşterilerin talep gereksinimini hem de etkili ve düşük maliyetli nakliye sisteminin karşılanması için kamyon ve tır benzeri taşıma ve dağıtım araçlarının minimum mesafe ile seyahat etmeleri ve maksimum müşteri taleplerinin karşılanmasının sağlayacak şekilde düzenlenir.

Milkrun sistemi genellikle işletme için gerekli malzemelerin birçok farklı yere veya daha küçük birimlere dağıtılması durumları için uygundur. Bu sistemin uygulanma sebeplerinden en önemlisi her merkezden ayrı ayrı taşınan durumlarda taşıma maliyetlerinin çok pahalı olmasıdır. Bu sebepten dolayı firmanın ihtiyacı duyduğu malzemeler ve yükler gerekli şekilde birleştirilir ve buna göre farklı birimler oluşturularak nakledilir. Operasyon süreçleri içinde kullanılan milkrun sistemleri daha yüksek verimlilik ve minimum maliyet tekniklerini desteklemektedir. Bu sistemde merkezi bir toplama noktasına birden fazla teslimat gönderen her tedarikçi yerine tek bir dağıtım veya toplama aracı farklı satıcılara gider ve malların sadece tek bir taşıma aracı ile taşınmasını sağlar.

Milkrun sistemi döngüsü beş aşamalı bir sistemden oluşmaktadır. İlk basamakta müşteri online satış sistemine kayıt olur ve sipariş verir. Sonraki aşamada satıcı veya tedarikçiler siparişi hazırlar ve sonrasında sevkiyat için milkrun kutularına yerleştirirler. Dördüncü adımda sipariş edilen mallar sevk edilir. Son basamakta ise sipariş alıcıya teslim edilir ve süreç bu şekilde son bulur. Tipik bir milkrun sistemi bu şekilde çalışır. Sistemin aşamaları Şekil 4.6'daki döngüde gösterilmiştir:



Şekil 4.6 : Genel milkrun sistemi döngüsü.

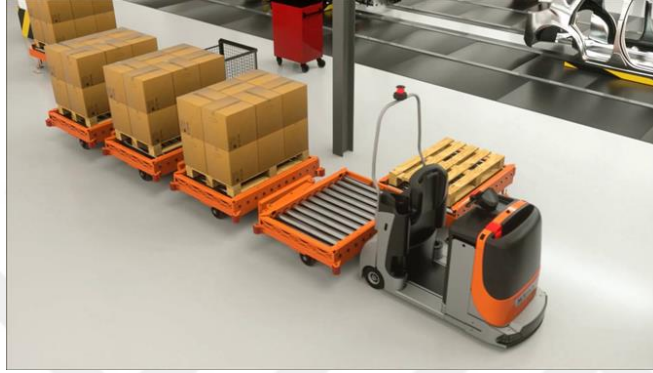
Milkrun sisteminin faydaları ise aşağıdaki gibi sıralanabilir (Yıldız,2008):

- Nakliye masrafinin azaltılması,
- Zamandan tasarruf edilmesi,
- Düşük stok maliyetleri,
- Büyük araçların nakliyede kullanılması,
- Sevkiyat zamanlarının daha kolay izlenebilmesi,
- Depolardaki fazla birikmenin önüne geçilmesi,
- Yüksek hacimli depolar ve araçlar kullanılması,
- Farklı tedarikçilerden hizmet alma ile çeşitliliğin ve verimliliğin artırılması.

Milkrun sistemi birçok sektörde çok yaygın olarak kullanılmaktadır. İç lojistik treni iç lojistik sistemlerinde bulunan ve belirli bir hatta hareket eden sevkiyat veya mal taşınmasında önemli bir işlevi olan yalın üretimde israfı önlemeye çalışan bir yöntemdir (Vujanac ve diğ.,2017). Geleneksel olarak raylı hatlar üzerinde hareket eden lojistik treni günümüzde ise sensörler ile donatılmış ve belirli bir çizgi üzerinde

hareket etmektedir. Örnek bir iç lojistik treni aşağıdaki şekilde verilmiştir. İç lojistik veya tugger tren sistemi JIT üretim süreçlerini desteklemek için tasarlanmıştır.

İç lojistik tren sistemi otomatik olarak belirli bir hat üzerinde çalışabilir. Bunların birlikte Şekil 4.7’de olduğu gibi bazı işletmeler ürettikleri malların büyüklüğü ve üretim alanına bağlı olarak bu trenlerden çalışanlar tarafından kontrol edilmesi şeklinde yararlanabilirler. Bu seçim işletmenin tercihinine bağlıdır. Bu sistem ayrıca forkliftler gibi farklı araçlar ile de gerçekleştirilebilir.



Şekil 4.7 : İç lojistik tren sistemi örneği.

İç lojistik tren sisteminin avantajlarından ilki kesikli üretime bağlı olarak arz miktarının artırılmasına olanak sağlar. Kesikli üretim sistemleri genelde hassas üretim süreçlerinde kullanılan bir yöntemdir. Bu sebepten dolayı üretilen mallar veya malzemeler zamanında tedarik edilmeli ve lojistik olarak hazır hale getirilmelidir. Firmalar arz talep oranına bakarak bu sistemin etkinliğini azaltıp artırabilirler. Sistem ayrıca malların teslimat hızını artırırken malzeme elleçleme konusunu da dikkate alınacak şekilde tasarlanır.

Bu sistemin bir diğer avantajı ise fabrika içerisindeki tıkanıklığı azaltır ve malların belirli bölgelerde toplanmasını sağlar. Üretim alanı genelde birçok üretim tesislerinin ana merkezi haline gelmesinden dolayı üretim tesisinin en sıkışık yeri olmuştur. Uygun şekilde yapılan iç lojistik sistemi sayesinde tıkanıklık büyük ölçüde azaltılabilir. Bu sistemdeki treni yüklemek veya boşaltmak için sadece bir veya iki çalışan yeterlidir.

İç lojistik sistemi ayrıca değişkenlik sağlar ve değişen zamanlarda esnek olarak çalışma imkânı verir. İç lojistik sisteminin bir diğer avantajı ise ergonomik ve ekonomik olmasıdır. Bu sistemlerin tasarımı statik olmadığından dolayı çalışanlar için yükleme ve boşaltma işlemini basitleştiren en iyi taşıma sistemi şeklinde uygulanabilir ve farklı şekil, boyut ve malzeme taşıma amacıyla özelleştirilebilir. Bu şekilde gerekli

mal ve malzemeler atölye içinde bir hat boyunca taşınma maliyetini önemli derecede azaltır. Son olarak iç lojistik treni işletme içerisindeki güvenlik sorununu azaltır. İç lojistik sisteminin üretimdeki temel avantajları Şekil 4.8'deki gibi sıralanabilir:



Şekil 4.8 : İç lojistik treni(milkrun) faydaları.

#### 4.3.2 Fabrika içi depolama

Yalın üretim öncesinde de olduğu gibi yalın üretim sistemlerinden sonra da fabrika içi depolamanın önemi daha da artmıştır. Hammadde ve üretilen ürünlerin müşteriye teslim edilmeden önce fabrika içerisinde veya dışarısında uygun şekilde depolanmalıdır.

Fabrika içinde oluşturulan depoların en önemli özelliği hammadde ve üretim hattından çıkan ürünlerin uygun ortamda ve uygun şekilde gerekli sürelerde saklanması sağlamasıdır. Bazı ürünler soğuk hava depolarında beklemesi gerekirken diğerleri oda sıcaklığında ancak kapalı ortamda ve güneş görmeyen yerlerde saklanması gerekmektedir.

Depolama sistemlerinin en fazla etkilediği üretim basamağı 'kapasite' olarak bilinmektedir (Duggan, 1998). Kapasite bir üretim merkezinin veya fabrikanın belirli bir zamanda karşılayabileceği maksimum talep miktarıdır.

Fabrikanın kapasitesi hiçbir zaman sabit olamaz çünkü işletme tarafından üretilen ürünlerin sayısı ve ürünlerin çeşitleri zamanla değişebilir. Bu kapsamda depolama ve depoların önemi ortaya çıkmaktadır. Çünkü depo boşluğunun azaltılması daha fazla üretim alanı için yer açabilir ve bu durumda kapasitenin artırılmasını sağlar.

Müşteriler için depo alanı çok fazla önemli değildir. Müşteriler, üretici işletmenin büyük bir depoya sahip olup olmaması ve anında teslimat için binlerce ürünlerin stoklanması veya ihtiyaç duyulan ürünlerin mevcut şartlarda üretilip üretilmediği konusu ile onlar için önemli değildir (Duggan, 1998). Ama müşteri taleplerini eksiksiz tamamlarken bir yandan depo alanlarını azaltmak işletmeler için ciddi kazanç sağlar.

Depolama süreçlerinde farklı bölgelerde değişik türde depolama ekipmanı ve yolu izlenmelidir. Bunun için parçaların frekansı, tüketim miktarı, çıkış ve varış noktaları bilinmelidir. Yalın fabrikalarda kayar raflar kullanılmaktadır. Böylece İlk Giren İlk

Çıkar (FIFO – First-In-First-Out) prensibi de sıkı bir şekilde işlenmiş olur. Tek kapasiteli palet rafları düşük hacimlerde veya seyrek kullanılan dinamik yerleşimlerde sıklıkla kullanılır. Çift kapasiteli palet rafları, AS/RS (Automated Storage/Retrieval System - Otomatik Depolama ve Çekme Sistemi) gibi otomatik sistemler ve döner mekanizmalı taşıyıcı sistemler (carousel) seyrek kullanılır (Altıışık,2008).

#### *Dinamik Raflar:*

Dinamik raf sistemleri statik veya sabit raf sistemlerinden sonra geliştirilmiş ve üreticiler ve işletmeler için daha az maliyet ve zaman gerektiren avantajlı ve kullanıcı dostu uygulamalardır. Statik sistemlere göre çeşitleri ve teknik bileşenleri nedeniyle depolama kapasitelerinde artış sağlayabilen ve böylece sipariş toplama süreçlerini hızlandırabilen modüler raf sistemidir.



Şekil 4.9 : Farklı malzemeleri ve kasaları içeren dinamik raf örneği.

Dinamik raf sistemler sayesinde rafların hareket etmesi gerekmez. Ürünler kaydırılarak veya hareket eden bir hat boyunca kolaylıkla ilerleyebilir. Bu sayede hem depolama hem de taşıma faaliyetleri sağlanır. Sistem çoğunlukla süpermarket gibi daha çok sayıda ve fazla ürünün çok hızlıca yer değiştirmesi gereken sektörler için çok yararlı bir taşıma ve depolama sistemidir.

#### *Süpermarket:*

Marketlerdeki kullanımından esinlenerek işletmelerde de iç lojistikte malzeme dağıtımı için süpermarketler kullanılmaya başlanmıştır. Merkezi depolar ile üretim hatları arasında ara stok bulunduran ve hatta gönderilecek malzemeleri önceden kısa süreli stoklayarak ulaştırılabilirliği kolaylaştıran süpermarket yapısı çekme sistemiyle kullanılan önemli bir yalın üretim ve malzeme stok aracıdır.

Günümüzde pek çok üretici üretim sistemlerindeki bileşenleri tedarik etmek için süpermarket stratejisi kullanılır (Faccio ve diğ., 2013). Süpermarketler üretim sisteminin gerektirdiği ve genelde montaj hatları parçaları için ara depolar olarak kullanılan merkezi sistemi olmayan bir yaklaşımdır. Hat besleme sistemi çok sayıda karma model montaj hattındaki montaj istasyonlarının kanban sistemleri tarafından oluşturulan sistematik bir parça ikmali ile doldurulmuştur. Bu sistem yaygınlıkla otomotiv üretiminde kullanılmaktadır.

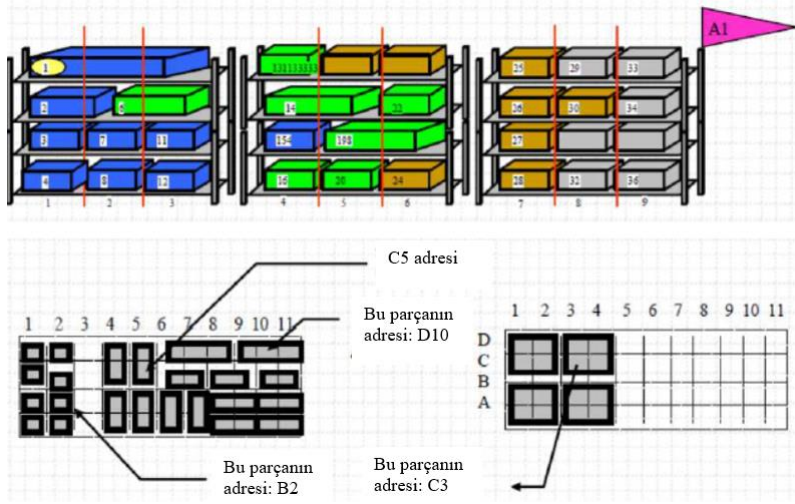
Bir süpermarkette, parçalar hangi sırayla alınacağı bilinmeden çeşitli parçalar stoklanabilir. Bu, bir iç müşterinin süpermarketten rastgele bir parça alacağı ve ardından iç tedarikçinin alınan parçaları süpermarkete belirli bir aralıkta yenileyeceği anlamına gelir. İdeal yöntem genellikle kanbanın iç tedarikçiyi yenilenmesi gereken parçalar hakkında bilgilendirmesidir.

Bir süpermarketin amacı, proses veya teslimat değişikliklerine karşı koruma sağlamak için bir tampon stok alanı (satın alınan malzeme, yarı mamül veya bitmiş ürün için) oluşturmaktır. Proses değişkenlikleri büyük lotlu üretim adetleri, çalışma saatlerindeki değişiklik ya da hatta oluşan arızalardan kaynaklanabilir. Teslimat ise hava şartları, tedarik çizelgesinde meydana gelen değişiklik, mesafe ve taşıma maliyeti ve tedarikçi kaynaklı gecikmelerden etkilenir.

Süpermarket, işletmelerdeki yalın dönüşümün final basamağı değildir, yalın dönüşümde hatta malzeme temin sorunu, ihtiyaçtan fazla stok tutulmalarını önlemek ve müşteriye zamanında gönderim yapmak için destek vermek için kurulurlar.

Süpermarket tasarımında temel prensipler aşağıdaki gibidir:

- Tüm malzemeler, süpermarket adı verilen merkezi depo yerlerine teslim edilmeli ve depolanmalıdır.
- Malzemeler, süpermarkette kendilerine özel adreslenen alanda stoklanmalıdır. Tüm parçalar, malzemeler ve bileşenler bir tür mantıksal şekilde gruplandırılmalıdır: Aile türüne, kullanım sıklığına, varış noktasına veya tedarikçilere göre. Şekil 4.10'da örnek bir süpermarket yerleşim ve adreslemesi gösterilmektedir.



Şekil 4.10 : Süpermarket adresleme örneği.

- Süpermarket alanına konmadan önce farklı ambalaj ile gelen malzeme varsa iç müşteriye gönderim şekline göre elleçleme/yeniden paketleme yapılarak süpermarkete alınmalıdır.
- Tüm malzemeler kalite kontrolü yapılmış, uygun ambalajda montaj hattına/iç müşteriye gönderilmeye hazır olmalıdır.
- FIFO (first in first out-ilk giren ilk çıkar) prensibine göre yerleşim yapılmalıdır.
- Süpermarkette malzemeler uygun şekilde etiketlenmiş olmalıdır.
- Süpermarket içinde gereksiz yaya yolları kaldırılmalıdır.

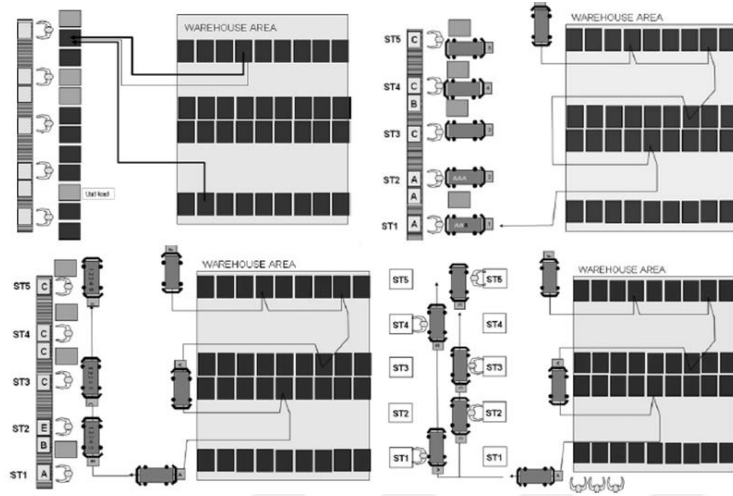
#### 4.3.3 Hat besleme yöntemleri

Hat yanı stok, malzemelerin taşınma büyüklüğü, malzeme dağıtım şekli ve malzeme ambalajlarının elleçleme gerekliliklerine göre hattın beslenmesi değişiklik gösterir. Gerekli parçaları merkezi bir depodan farklı noktalara ulaştırmak için bazı besleme örnekleri aşağıdaki gibidir (Battini,2009):

- Grup A: Paletten iş istasyonuna
- Grup B: Taşıyıcıdan (araba) iş istasyonuna
- Grup C: Kitten montaj hattına

olarak sıralanabilir. Şekil 4.11’de gösterildiği gibi her üç sistemde fabrikada farklı şekillerde uygulanır. Grup A ‘da gerekli parçalar ve mallar depodan farklı montaj hatlarına doğru paletler ile iletilir. Eğer bir parçaya montaj hattında ihtiyaç kalmadığı zaman işletme içinde kurulu iç lojistik sistem parçayı tekrar depoya götürür. Eğer

montaj hattı için gerekli parçaya ihtiyaç olmaz ise veya depo boşalırsa lojistik sistemde kullanılan araç depoya konulur.



Şekil 4.11 : Besleme sistemleri (Battini,2009).

Yukarıda görüldüğü gibi Grup B ise öte yandan her bir çalışma alanı için gerekli olan parçalar veya mallar listesi yapılır. Bu liste depo yöneticileri tarafından gözden geçirilir ve gerekli parçalar depolardan toplanır ve taşıyıcıya yüklenir. Bu yöntem çok fazla parça veya çok sık parça taşınma olmaması gibi durumlarda idealdir.

Son besleme sistemi olan grup C’de ise her ürün için parçalardan oluşan bir kit sistemi montaj hattında oluşturulur. Her bir kit bir ürünün ana parçalarını oluşturur ve montajının yapılacağı üretim hattına taşınır. Ürün programı sorumlusu hangi depodan kaç tane kit alınacağına ve hangi periyotlarla alınacağına karar verir.

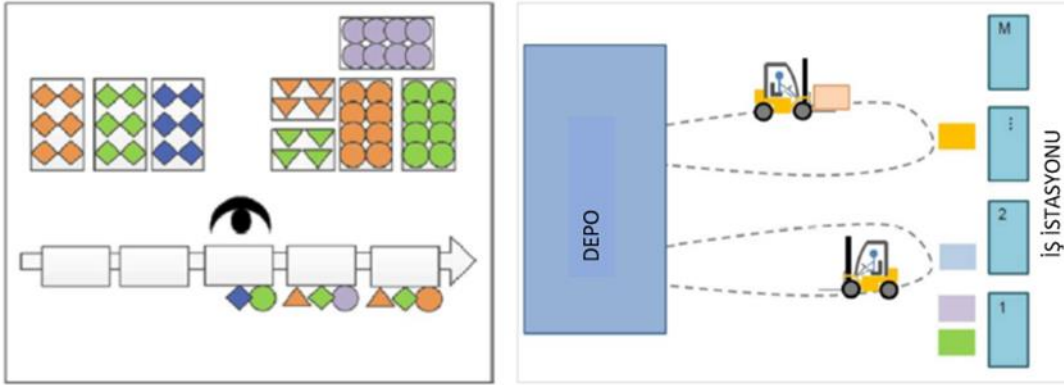
Hat besleme tiplerinden sürekli tedarik, parti tipi tedarik, set şeklinde tedarik, sıralı üretim ve yeniden paketlemeli gibi farklı yaklaşımları aşağıda kısaca inceleyeceğiz:

#### 4.3.3.1 Sürekli tedarik

Sürekli tedarik sistemi, malzemenin montaj istasyonlarına elleçlemeye uygun boyutlarda dağıtıldığı ve boşaldığında yeniden tedarik edilerek parça kaplarının doldurulduğu hat besleme şeklidir (Sol,2011).

Tüm parçaların kendi kutularında ve hat kenarında sürekli olarak bulundurulduğu sistem sürekli besleme türüdür. Sürekli besleme şeklinde parçalar o anda kullanılmasa bile hat kenarında stoklanır. Bu nedenle parça çeşidinin az olduğu sistemler için uygundur (Sol,2011).

Şekil 4.12’de görüldüğü gibi malzemeler elleçlemeye gerek olmadan iş istasyonlarına taşınır ve hat yanında stok yapılır.



Şekil 4.12 : Sürekli tedarik hat besleme yöntemi.

Sürekli tedarik sistemi yönetiminde yapılacak planlama sayesinde üretilen ürünlerin fazla sürelerde depolanmadan tüketicilere teslim edilmeli ve depolama maliyetlerinden kurulanmalıdır. Takt sürelerinin karşılanması ile müşteri talebinin gereken üretim hızında yapılmalıdır.

İmalat sektöründeki parça sayısı eğer fazla ise sürekli tedarik yöntemi kullanılırsa parçaların birikmesine sebep olabilir ve bu durum depolama ve stok maliyetini artırarak stok miktarında yığılmaya yol açar (Sol, 2011). Ayrıca, çalışanların fazla parçaların yığılmasından dolayı depoda ihtiyaç olan parçaları bulması zorlaşır ve bu durum zaman kaybına sebep olur.

#### 4.3.3.2 Parti tipi besleme

Parti tipi beslemede, parçalar hat kenarına plandaki kısıtlı ürünler için sağlanır. Diğer bir deyişle o partide üretilecek ürünlerin parçaları hat kenarına verilir ve partideki tüm ürünlerin üretimi tamamlandığında bu parça kasaları depoya geri taşınır. Bir sonraki partinin ürünlerinin parçaları hat kenarına teslim edilir (Sol,2011).

Parti tipi besleme veya kesikli besleme aynı çeşit veya benzer özellikler taşıyan malzemelerin müşterilerin talebini veya belirli bir siparişleri karşılamak için gruplar halinde üretilmesidir.

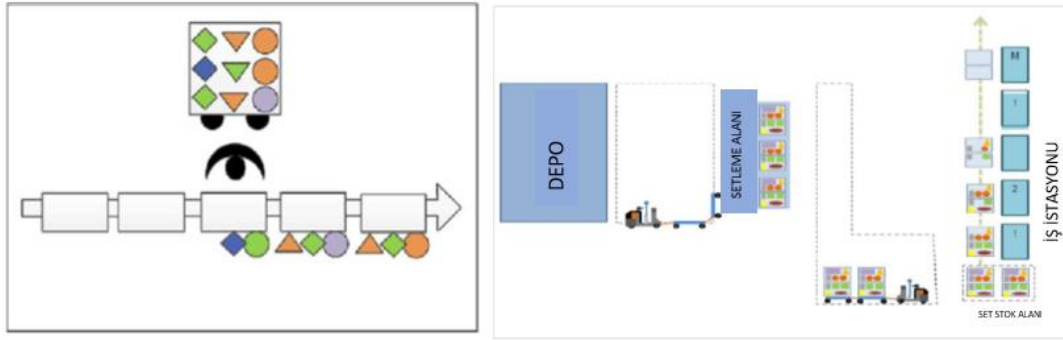
Parti tip besleme sisteminde iki önemli değişken bulunmaktadır. Bunlar kullanılabilir zaman ve müşteri talebi. Kullanılabilir süre toplam vardiya süresinin yemek ve planlama sürelerinden çıkarılması ile bulunur.

Parti tipi veya kesikli üretimde üretim süreçleri her zaman dinamik şekilde hareket halinde olmalıdır. En önemli özellik ise müşteri talebinin karşılanması ile üretim süreçleri son bulur ve sonraki müşteri talebi beklenir. Bu sistemdeki en büyük sorunlar her partinin büyüklüğü ve partide yer alan ürünlerin miktarıdır.

Ayrıca partilerin sayısı bir diğer önemli konudur ve yöneticiler tarafından dikkatlice karar verilerek yapılmalıdır. Yöntem ile ilgili parti büyüklüğü ve parti sayısı arttıkça imalatçının deneyimi artar ve bu durumda belirsizliği azalttığı için çok önemlidir.

#### 4.3.3.3 Set şeklinde teslimat

Set şeklinde teslimat üretilen ürünlerin bir kutuda veya bir taşıma aracında toplu olarak belirlenen miktarlarda müşterilere sunulmasıdır (Sol, 2011). Setler sadece tek çeşit ürünler ile doldurulabileceği gibi benzer ürünler ile de teslim edilebilir.



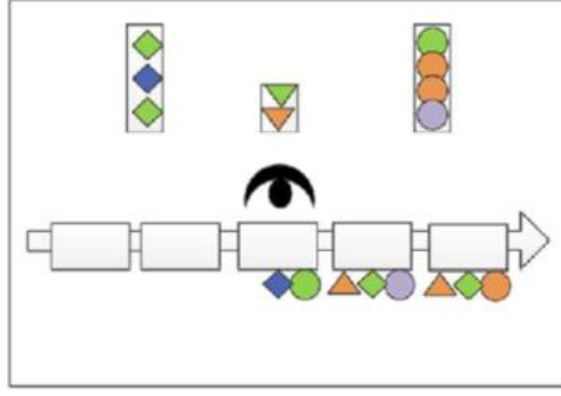
Şekil 4.13 : Set şeklinde teslimat yöntemi.

#### 4.3.3.4 Sıralı teslimat

Sıralı üretim sistemi ilk kez 1920 yıllarında Henry Ford tarafından tanıtılmıştır (Ford, 2011). Ford kendi kurduğu otomobil fabrikasında üretim kontrol sistemleri ve tedarik yöntemlerinde uygulamıştır.

Sıralı üretimde stok kontrol çok fazla yapılmaz. Ürünün seri bir hatta montaj gördüğü ve her istasyonda sadece birkaç parçanın monta edildiği sistemlerde set şeklinde teslimat kullanım zorluğu yaşatabilir. Çünkü gereğinden fazla malzeme elleçlemeye neden olur (Sol,2011). Bu aşamada sıralı teslimat tercih edilmesi gerekir.

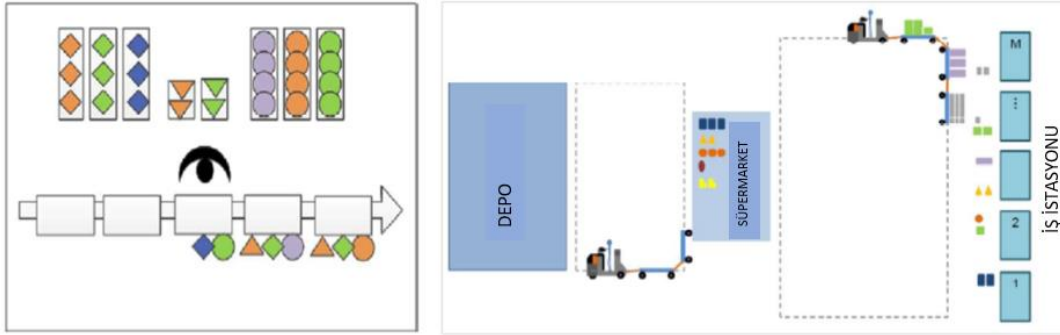
Azaltılmış lot boyutları ve kurulum süreleri, önleyici bakım, işyeri bütünlüğü, görsel zamanlama, çalışan esnekliği ile döngü sürelerinin azaltılması amaçlanır. Sıralı üretim araçları ve yöntemleri, işlem yetenekleri, azaltılmış işlem değişkenlikleri, temel neden belirleme ile nedensel analizler ve ilgili düzenleyici eylemleri içermektedir.



Şekil 4.14 : Sıralı teslimat yöntemi.

#### 4.3.3.5 Yeniden paketlemeli besleme

İngilizcesi “repacking” ya da “downsizing” olarak geçen bu besleme yönteminde hat yanında stok miktarını azaltmak için hatta gönderilecek malzemeler elleçlenerek daha küçük boyutta malzeme ambalajlarına konur. Malzeme elleçleme için bu yöntemin kullanıldığı işletmelerde süpermarket yapısı da kurulur. Şekil 4.15’te gösterildiği gibi merkez depo ya da tedarikçilerden gelen malzemeler süpermarket alanında elleçlenerek daha küçük, hat yanına uygun ambalajlara konur ve çekiciler yardımıyla uygun ambalajlı malzemeler hatta beslenir.



Şekil 4.15 : Yeniden paketlemeli besleme.

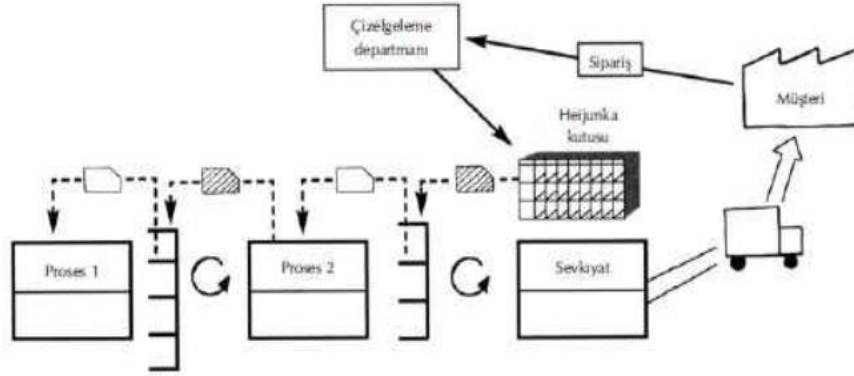
#### 4.3.4 Çekme sistemi yaklaşımları

Çekme sistemi kanbanlar ve süpermarket vasıtasıyla kurgulanacağı gibi; müşteri taleplerinin çizelgelenmesi ve FIFO sistemleri ile de şekillendirilebilir. İşletmelerde iç lojistik yönetiminde temel olarak çekme sistemleri üçe ayrılır:

##### *Süpermarket Çekme Sistemi*

Üstünü tamamlama/yenileme veya a-tipi çekme sistemi olarak da bilinen temel çekme sistemidir. Bir süpermarket çekme sisteminde, her prosesin, ürettiği her üründen bir

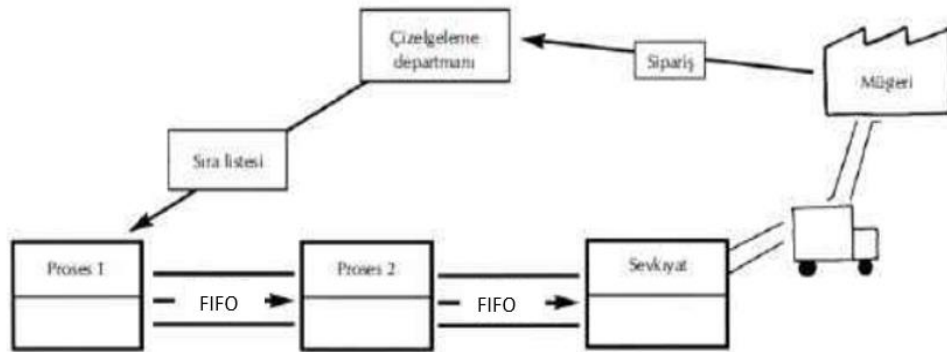
miktarını stokladığı bir süpermarketi bulunur. Her proses temel olarak süpermarketinden ne çekildiyse sadece çekilenin üstünü tekrar tamamlamak için üretim yapar. Şekil 4.16’da süpermarket çekme sistemi akışı gösterilmiştir (Url-5).



**Şekil 4.16 :** Süpermarket çekme sistemi.

#### *Sıralı Çekme Sistemi*

Bir sıralı çekme sistemi (b tipi çekme sistemi) bir süpermarkette her biri için stok tutulacak çok fazla sayıda parça çeşidi olduğunda kullanılabilir. Ürünler genellikle “siparişe göre üretilir” ve bu sayede toplam sistem stokları en aza düşürülür (Url-5).



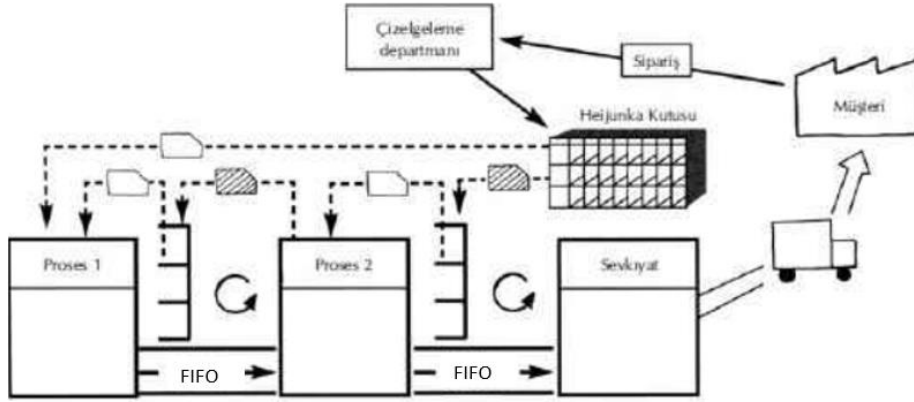
**Şekil 4.17 :** Sıralı çekme sistemi.

#### *Süpermarket ve Sıralı Çekme Karma Sistemi*

Bir karma sistemde (c tipi çekme sistemi) süpermarket ve sıralı çekme sistemi birlikte kullanılabilir. Karma sistem 80/20 kuralının geçerli olduğu zaman, yani günlük üretim hacminin çoğunu (belki %80'ini) parça çeşitlerinin küçük bir yüzdesi (belki %20'si) oluşturduğunda faydalı olabilir. Çoğunlukla parça çeşitlerini üretim hacmine göre (A) yüksek, (B) orta, (C) düşük ve (D) seyrek siparişler olarak gruplamak için bir analiz yapılır. Tip (D) özel sipariş veya yedek parçaları gösterir. Bu düşük sayıda giden

kalemleri yönetmek için, özel bir parça çeşidi değil, fakat onun yerine bir kapasite miktarını temsil eden özel bir D tipi kanban yaratılabilir (Url-5).

D tipi ürünler için üretim sırası, üretim planlama bölümünün sıralı çekme sistemi parçaları için kullandığı metodla belirlenir.



Şekil 4.18 : Sıralı ve süpermarket çekme karma sistemi.

#### 4.3.5 Tesis içi yerleşim çalışmaları

İç lojistik düzenlemesi yapılırken planlanan çalışma doğrultusunda işletme üretim sahası ve depolarında yerleşim düzenlemeleri yapılır. Amaç, yeni yerleşim düzeni beraberinde hatlarda takt süresine uygun şekilde yapılacak üretimin malzeme tedarikini hızlı ve yalın bir şekilde karşılamaktır.

#### 4.3.6 Malzeme taşıma sisteminde performans göstergeleri

Performans göstergesi bir sistemin işleyişinin ne kadar başarılı olup olmadığının tespit edilmesi ve değerlendirilmesidir. Malzeme taşıma sistemleri için performans değerlendirme göstergeleri aşağıdaki gibi belirtilebilir (Kılıç,2011):

- Üretim döngü verimliliği
- Malzeme taşıma işçilik oranı
- Depolama alanı kullanım oranı
- Malzeme taşıma aracı kullanım oranı
- Koridor alanı koruma oranı
- Hareket/Operasyon oranı
- Hasarlı yük oranı

- Enerji oranı

Üretimde harcanan süreler imalatçılar için önemli olduğu için malzeme taşıma sisteminde veya depolamadan kaynaklanan zaman kaybı performansı düşürür. Malzeme taşıma işine atanan personel ile toplam çalışan personel oranı performans başarısı için %30 oranından küçük olması beklenir. Benzer şekilde depolama oranı, malzeme taşıma aracı kullanım oranı, koridor alanı kullanım oranı, hareket oranı, hasarlı yük oranı, ve enerji oranı performans değerlendirme açısından önemli diğer faktörlerdendir.





## 5. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Çekme tipi esaslı iç lojistik tasarımlarının yeniden düzenlenmesine yönelik yalın üretim, kanban ve yalın iş lojistik araştırmaları ve uygulamaları ile ilgili özellikle son yirmi yılda yapılan çalışmalar üç ana başlık altında sunulacaktır:

### 5.1 Yalın Üretim ile İlgili Literatür Araştırması

Kulak ve diğ. (2003), hücreli üretim uygulamaları analizi ve değerlendirmesi ile ilgili yaptıkları çalışmada Türkiye’de faaliyet gösteren 44 firma ve bu firmalardaki 207 hücreyi incelemişlerdir. Firmalar binek araçları üretimi, makine sanayi, elektrik ve elektronik sanayii ve tarım makineleri sanayii sektörlerinde üretim yapmaktadır. İncelenen firmalar hücreli üretim süreçlerinin oluşturulması ile ilgili iki temel yaklaşımdan yararlandıklarını belirtmişlerdir. Bunlardan ilki öncelikle ürün/parça ailelerinin oluşturulmasıdır. Sonrasında ise ürünler veya parçaların üretimi için gerekli olan makine ve donanım ile konu alanı uzman çalışanların atanmasıdır. Diğer yaklaşımda birinci yaklaşıma göre ters yönde ilerlenir. Öncelikle üretim yapmak için gerekli makine, donanım, çalışanlar ve parçalar belirlenir. Sonrasında ilgili donanım ve makineler ana makinenin yanına yerleştirilir ve üretim yapılır. Çalışmaya dahil olan firmaların %94 oranında birinci stratejiyi benimsemiştir.

Özparlak (2003), bir firmanın enerji iletim ve dağıtım bölümüne yönelik olarak çevik üretim ve yönetime geçişin yönetilmesi için bir model önermiştir. Modelde sayısal verilerin şirket çalışanları, yöneticileri ve müşteriler tarafından yorumlanmış halleri baz alınarak incelenmiştir.

Ahmetoğlu (2007), değer akışı haritalandırma ve geleneksel kanban sisteminin kurulması konulu bir çalışma yapmıştır. Türkiye’de bir traktör üretim firmasında maliyetleri düşürmek amacıyla yapılan uygulama çalışmasında fabrikanın mevcut durum haritası çizilmiş ve gelecek durum için getirilen önerilerle birlikte kanban sistemi tasarlanmıştır.

Durmuşoğlu (2011), optimizasyon yaklaşımı ve yalın üretimi satın alma kararları, yerleşim düzenlemesi, üretim parti miktarlarının bulunması ve üretim çizelgelemesi

açısından karşılaştırmıştır. Her iki yaklaşım karşılaşılan zorluklar ve uygulanabilirlik yönünden değerlendirilmiştir.

Kaya (2011), yalın üretimde bilgi yönetim sisteminin modellenmesi konusunda yaptığı çalışmada aksiyomlarla tasarım modelini kullanmıştır. Önerilen yol haritasına göre, hücrel veya melez üretim sistemi yaklaşımı ile üretim ortamının düzenlenmesinde yalın düşünce temelli yatırım planlama stratejisi için bir algoritma çıkarılmıştır. Uygulama çalışması genç odası mobilya ve aksesuarları üreten bir firmada yapılmıştır.

Meriç (2011), kurumsal kaynak planlamasının ve yalın üretim birbirine entegre edilmesi konusunda bir anket çalışması yapmıştır. Anket ve uzmanlarla yapılan görüşmeler doğrultusunda kurumsal kaynak planlama yazılımları için yalın üretim modüllerinin hangi özellik ve içeriklere olması gerektiği çıkarılmıştır. Bu özellikler içinde e-kanban üzerinde yoğunlaşmış, yazılımında nasıl tasarlanması ve kurgulanması konusunda model önerileri yapılmıştır.

Bulut (2012), beyaz eşya yan sanayi sektöründe ERP sistemleri ve yalın üretim uygulamalarını inceleyerek Yalın üretim ve ERP işleyişi arasında bir ilişki olup olmadığını araştırmıştır. Çalışma sonucuna göre hücrel imalat uygulamalarının işletmelerde yalın üretim uygulamaları arasında en çok kullanıldığı görülmüştür.

Küçükuysal (2012), bir otomotiv ana sanayi firmasının Marmara bölgesindeki tedarikçileri üzerinde yapılan anket çalışması ile ERP ve yalın üretim uygulamalarının kullanım oranlarını karşılaştırmıştır. Anket sonuçlarında işletmelerin en çok kullandığı yalın üretim tekniğinin 5S olduğu görülmüştür.

Özveri ve Çakır (2012), çalışmalarında Yalın Altı Sigma yöntemini temel olarak anlatmış, sonrasında çalışmanın son bölümünde jant üretim firmasında yapılan bir Yalın Altı Sigma uygulamasını anlatmıştır. Uygulamada kasnak bölümünde meydana gelen sorunlarla ilgili müşterinin sesi analizi de değerlendirilerek, çözüm yolları araştırılmıştır. Uygulamanın sonunda, kasnak üretim sürecinde meydana gelen hurda sayılarında azalma sağlanırken, aynı zamanda yalın uygulamalar ile israfında önüne geçilmiştir.

Yılmaz (2012), yalın üretimin ve tekniklerinin siparişe göre üretim sistemlerinde uygulanabilirliğini araştırmış, bir firmada uygulama çalışması yapmıştır. POLCA uygulanarak itme sistemine nazaran temin süresi, bekleme süresi, WIP, kuyruk uzunlukları gibi konularda çok ciddi iyileştirmeler sağlamıştır.

Aktaş (2013), doğru maliyet bilgisi sunan değer akış maliyetlemenin yalın üretim ortamında yalın işletmelerdeki önemi, yeri ve işleyişi ile ilgili yöneticilere ve tüm çalışanlara örnekler sunmuştur.

Özçelik (2013), çalışmasında değer akış maliyetleme sistemini tanıtarak, yalın üretim ortamlarına uygun bir maliyet sisteminin seçimini sağlamıştır.

Kılıç (2014), yalın üretim sisteminin tanımı ve amacı ile yalın üretim yaklaşımının nasıl ortaya çıktığını açıklamıştır. Yalın üretim sistemi yaklaşımıyla işletmelerdeki israfların türleri ve oluşum nedenleri ile sisteminin uygulanması için işletmenin sahip olması gereken ilkeleri belirtmiştir. Tek kanbanlı sistem uygulamıştır. Yapılan uygulama sonucunda ek alan ve maliyete gereksinim duyulmadan, malzeme tedariki, malzeme kontrolü ve üretim talebi kontrolünde %51 ile %100 arasında değişen iyileşmeler meydana gelmiştir.

Uçan (2014), bakır boru üretim tesisinde yarı mamullerin firma içerisindeki akışını yalın üretim felsefesi doğrultusunda incelemiştir. Bu çalışmada kanban sistemleri ve kit halinde teslimat bütünleştirilerek sürecin daha yalın hale getirilmesi hedeflenmiştir. Yalın üretim sistemini benimsemiş bir firmada öncelikle mevcut üretim sistemi değer akış haritası, kanban ve POLCA ile ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Üretim planlama süreci ve buna göre malzeme tedarik sistemi açıklanmıştır.

Durmuşoğlu ve diğ. (2015), çalışmaları kapsamında Oobeya, DAH, TYM ve çekme sistemini incelemişlerdir. Çalışmada, bu katma değer oluşmasında kullanılabilecek literatürün mevcut durumu ve araştırma fırsat alanları sunulmuştur.

Fırat ve Ceyhan (2015), yalın üretim sistemini uygulayan bir tekstil firmasında yalın üretim sistematüğini teorik olarak açıkladıktan sonra uygulama kısmında yalın üretim ile birlikte elde ettiği başarı performansının ölçülmesini açıklamışlardır.

Tokat (2015) çalışmasında, Türk yapım şantiyelerinde yalın inşaat uygulamalarıyla israf türleri ve nedenlerini analiz etmeyi amaçlamıştır. Bu analizler doğrultusunda 11 sene önce Türk yapım şantiyelerindeki israf türlerinin ve nedenlerinin araştırıldığı çalışmanın sonuçları ile bu çalışmanın sonuçları karşılaştırılmıştır.

Turan ve Turan (2015), yalın uygulaması yapan hastaneleri raporlamayı amaçlamışlardır. Bu çalışmada, yalın üretimi uygulamayan firmalar için de bir bakış açısı kazandırmak amaçlanmaktadır. Böylece yalın üretimin hastanelere sağladığı katkılar görülmektedir.

Bulut ve Altunay (2016) alışmalarında, israfı en aza indirerek süreç verimliliğini arttırmak amacıyla değer akışı haritalandırma tekniğı kullanılarak mobilya sektöründe lider konumda olan bir firmada örnek bir uygulama gerçekleştirmişlerdir.Çalışma sonucunda, üretim sistemini yeniden değerlendirmek, israf kaynaklarını görebilmek, israfların kök sebeplerini belirlemek, mevcut durumu bir bütün olarak inceleyebilmek ve yalın uygulamaları planlayabilmek için DAH oluşturulmuş ve kazancı hesaplayarak bir yol haritası elde etmişlerdir.

Gök (2016) alışmasında çevre yönetimi ile yalın üretim sistemleri arasındaki ilişkiyi ve bunların firma performansı üzerindeki etkilerini ampirik olarak analiz etmiştir. Çevre yönetimi ile firma performansı arasındaki teknolojik yönelimin ılımlılaştırıcı etkisi de incelenmiştir. Sunulan model, uygulamada hem deneysel araştırma hem de şirket yönetimi için çıkarımlar sağlamıştır. Beklenen bulgular, genel istatistiksel korelasyonlardan daha çok çevre yönetimi, yalın üretim ve firma performansının nedensel ilişkilerine odaklanmaktadır.

Öztürk (2016) Altı Sigma, Yalın Yönetim ve bunların birleşiminden meydana gelen Yalın Altı Sigma metodolojisini özetleyerek tarımsal işletmelerde neden ve nasıl kullanılabildiğini araştırmıştır. Ayrıca Yalın Altı Sigma projelerinde hedef ulaşabilmek için neler yapılacağına yönelik teknikler ortaya koymuştur.

Sünbül (2016), işletmelerde yalın üretim stratejilerinin faaliyet performanslarına etkilerini ortaya koymayı amaçlamıştır.

Turan (2016), yalın üretim ve çevik üretimin karşılaştırılmasını yapmış, her iki yöntemin kitle üretime göre avantajları ve dezavantajlarını ele almıştır. Bugüne kadar yapılmış çalışmalara ilişkin genel bir literatür taraması sunmuştur.

Çoruh (2017), hazır giyim sektöründe yaşanan değişimle ortaya çıkan üretim yaklaşımlarının benzerliklerinin ve farklılıklarının ortaya konulmasını amaçlamıştır.

Erdem ve Adalı (2017) alışmalarının materyalini, zaman ölçümü, standart iş, standart iş kombinasyonu ve kaizen çalışmasının yapıldığı fabrikanın sahip olduğu ürünler ve üretim süreçleri oluşturmaktadır. Yapılan kaizen Calışması sonrası finlerin stoklandığı alandan alınması süreci ve fin dizim sürecinden toplam 6 sn bir kazanç sağlanmıştır.

Gören (2017) mobilya sektörüne yönelik DAH ve simülasyonu birleştiren bir endüstriyel uygulama örneğı çıkarmıştır. Seçilen bir ürün grubuna ait iyileştirme

önerileri ile birlikte mevcut ve gelecek durum haritaları açıklanmıştır. Simülasyon ile bir modeli oluşturularak “önce” ve “sonra” senaryoları ayrıntılı olarak sorgulanmış ve analiz sonuçları paylaşılmıştır.

Öztürk (2017) madencilik sektöründe yapılan yalın yönetim çalışmalarını inceleyerek, yalın yönetimin madencilik sektöründeki katkılarını irdelemiştir.

Kaldırım ve Kaldırım (2018) yalın muhasebe, yalın üretim sistemi ve değer akış maliyet yöntemine odaklanarak, değer akış maliyet yönteminin yalın üretim sistemi açısından önemini ortaya koymuştur.

Sağbaş ve diğ. (2018) inşaat sektörüne ısı yalıtım malzemesi üreten bir üretim işletmesi için, maliyetleri azaltmak ve müşteri beklentilerini karşılamak için bir uygulama gerçekleştirmişlerdir. Sunulan çalışmada, yalın üretime geçiş sürecinde, kapasite planlama, malzeme akışı optimizasyonu, tesis planlama iş etüdü, 5S-endüstriyel temizlik ve düzen, 8D tekniği, Kaizen ve PUKÖ (Planla-Uygula- Kontrol Et- Önlem Al) döngüsü, değer akış haritalama gibi verimlilik artırma teknikleri kullanılmıştır. İşletmenin ileride uygulayacağı ve sürdürülebilir bir süreç iyileştirme ve geliştirme model tasarımı yapılmıştır.

Sarı (2018) yaptığı çalışma ile bağlantı elemanları üreten bir firmada uygulanan yalın üretim tekniklerini ve elde edilen iyileştirmeleri ele almıştır. Yalın üretim çalışmaları kapsamında işletmede değer katmayan faaliyetlerin azaltılmasıyla elde edilen kazanç hesaplanmıştır.

Şirin ve diğ. (2018), bir tekstil firmasında değer akışı haritalamasını kullanarak üretim hattını geliştirmişlerdir. Üretimdeki hazırlık süresini azaltmak ve verimliliği artırmak için 5S ilkeleri uygulanmıştır.

Uçar (2018) çalışmasında, seçilen ürün ve ürün ağacının üretim prosesini yalın üretim prensiplerine bağlı kalarak iyileştirmeyi hedeflemiştir. Çalışma kapsamındaki amaçlardan başlıcaları akışı düzgünleştirmek, süreç içi stokları ve israfları azaltmak, müşteri taleplerindeki değişiklikleri karşılayabilmek olarak sıralanabilir. Bu amaçlara ulaşmak adına üretimin mevcut durumunun haritasının çıkarılması ve gerekli iyileştirmelerin planlanması şeklinde bir yol izlemiştir.

Demirdak (2019), yalın üretime tam uyumluluğun incelenmesi, tüm tekniklerin kullanımının analiz edilmesi, adaptasyon sürecinin incelenmesi ve yalın üretimin uygulamalarının benimsenmesine yönelik anket çalışması yapmıştır. Sonuçlarına göre

incelenen firmaların yalın üretim tekniklerini aktif bir şekilde kullandıkları ve çoğunu birlikte kullanmaları gerektiği görülmüştür.

Gerger (2019) tüm yönleriyle Heijunka tekniğini ele alarak, endüstride ve akademide tanınması ve kullanımının artmasını hedeflemiştir.

Kefe ve Berikol (2019), yalın muhasebe bilgilerinin yalın yönetimde karar verme sürecinde etkili olup olmadığını açıklamıştır. İnceleme sonucunda, değer akış maliyet sistemine göre hesaplanan maliyetlere göre sipariş alınmasının işletme lehine kârlı bir karar olduğu görülmüştür.

Uygun ve diğ. (2019), bir üretim prosesine değer akışı haritalandırma yöntemini uygulayarak israfların ortadan kaldırılmasını ve iyileştirmelerle sağlanan verimlilik artışını incelemiştir. Otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir üretim firmasında yapılan uygulama çalışmasında özellikle çevrim zamanı ve makineler konusunda verimlilik artışlarının sağlandığı görülmüştür. Bir parçayı kapsayan üretim prosesi için ne kadar tasarruf yapılabileceği hesaplanmıştır.

Şekil 5.1'deki literatür matrisiyle beraber son yirmi yılda yapılan araştırma ve çalışmalar ele alındığında, yalın üretim kısmında literatür araştırması ve anket değerlendirmelerini de kapsayan çeşitli çalışmalar yapılmış; hat dengeleme, kanban, jit, değer akış haritası, kaizen, altı sigma ve 5S gibi bir çok tekniğin kullanıldığı görülmüştür. Kullanılan tekniklerden en çok tercih edileni üretim ve hizmet sektörlerindeki çalışma kapsamına giren alanların mevcut/gelecek durum değer akışlarının çıkarılması olmuştur. Bunu kanban, kaizen ve 5S çalışmaları takip etmektedir. Aynı zamanda çalışmalarda birden fazla yalın üretim tekniğinin bir arada kullanıldığı yaygın olarak görülmektedir.

Toyota'nın önderliğinde şekillenen yalın üretim çalışmaları otomotiv sektöründe daha yaygın olmakla beraber inşaat, tekstil, mobilya, beyaz eşya, ısıtma & soğutma, enerji, muhasebe ve maden gibi farklı sektörlerde de kullanılmaya başlamıştır. İncelenen çalışmalara bakıldığında pek çoğunda gerçek veriler ile hizmet ya da üretim sektörlerinde uygulamalar yapıldığı görülmektedir.

| YALIN ÜRETİM                | Kullanılan Teknik |                       |        |       |               |                 |                      |                  |           |    |          |                         |                       |              | Amaç   |             |                                   |                                                               |                                 |             |                      |              |                             |                            | Uygulama             |     | Gerekçeli Kullanımı |     | Sektör |        |         |                   |                  |               |       |        |         |            |                   |          |        |       |    |   |   |  |
|-----------------------------|-------------------|-----------------------|--------|-------|---------------|-----------------|----------------------|------------------|-----------|----|----------|-------------------------|-----------------------|--------------|--------|-------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------|----------------------|--------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------|-----|---------------------|-----|--------|--------|---------|-------------------|------------------|---------------|-------|--------|---------|------------|-------------------|----------|--------|-------|----|---|---|--|
| Makaleler                   | Anket             | Literatür Araştırması | Kaizen | POLCA | Hat Dengileme | Hücresel İmalat | Değer Akış Modelleme | Yalın Akış Simga | Poke-Yoke | 5S | Heijunka | DAH/Değer Akış Haritası | Modelleme& Simülasyon | Just in Time | Kanban | Maliyet Min | Hat Besleme Literatür Araştırması | ERP/Yalın/Çevik Üretim/Altı Sigma Uygulamalarının İncelenmesi | Makineye Uyg. Basitleştirilmesi | Alan Optim. | Hazırlık Süresi Min. | Hata Azaltma | Malzeme Tedariği Süresi Min | Sipariş Sayısında İyileşme | Akış/Tur Süresi Min. | Var | Yok                 | Var | Yok    | İnsaat | Tekstil | Tırmal İşletmeler | Isınma & Soğutma | Hidrolik Valf | Maden | Sağlık | Mobilya | Beyaz Eşya | Ayaklı& Üreticisi | Otomotiv | Enerji | Diğer |    |   |   |  |
| Kulak ve diğ. (2003)        | X                 |                       |        |       |               | X               |                      |                  |           |    |          |                         |                       |              |        |             |                                   |                                                               |                                 |             |                      |              |                             |                            |                      | X   | X                   | X   |        |        |         |                   |                  |               |       |        |         |            |                   |          |        |       |    |   | X |  |
| Özparlak (2003)             |                   |                       |        |       |               |                 |                      |                  |           |    |          |                         | X                     | X            |        |             |                                   |                                                               |                                 |             |                      |              |                             |                            |                      |     | X                   | X   | X      |        |         |                   |                  |               |       |        |         |            |                   |          |        |       |    | X |   |  |
| Ahmetoğlu (2007)            |                   |                       |        |       |               |                 |                      |                  |           |    |          | X                       |                       |              | X      | X           |                                   |                                                               |                                 | X           |                      |              |                             |                            |                      |     | X                   | X   | X      |        |         |                   |                  |               |       |        |         |            |                   |          | X      |       |    |   |   |  |
| Durmuşoğlu (2011)           |                   |                       | X      |       |               |                 |                      |                  |           |    |          |                         |                       | X            |        |             |                                   |                                                               |                                 |             |                      |              | X                           |                            |                      |     |                     | X   | X      | X      |         |                   |                  |               |       |        |         |            |                   |          |        |       |    |   | X |  |
| Kaya (2011)                 |                   |                       | X      |       | X             |                 |                      |                  |           |    |          | X                       |                       |              | X      | X           |                                   |                                                               |                                 |             |                      |              |                             |                            |                      |     | X                   | X   | X      |        |         |                   |                  |               |       |        |         |            |                   | X        |        |       |    |   |   |  |
| Meriç (2011)                | X                 |                       | X      |       |               |                 |                      |                  |           |    |          |                         |                       |              | X      | X           |                                   |                                                               |                                 |             |                      |              |                             |                            |                      |     |                     | X   | X      | X      |         |                   |                  |               |       |        |         |            |                   |          |        |       |    |   | X |  |
| Bulut (2012)                | X                 |                       |        |       |               | X               |                      |                  |           |    | X        | X                       |                       |              |        |             |                                   | X                                                             |                                 |             |                      |              |                             |                            |                      |     |                     | X   | X      | X      |         |                   |                  |               |       |        |         |            |                   |          | X      |       | X  |   |   |  |
| Kılıçkuyusu (2012)          | X                 |                       |        |       |               | X               |                      |                  |           |    | X        | X                       | X                     |              |        |             |                                   | X                                                             |                                 |             |                      |              |                             |                            |                      |     |                     | X   | X      |        |         |                   |                  |               |       |        |         |            |                   |          |        | X     |    |   |   |  |
| Özveri ve Çakır (2012)      |                   |                       |        |       |               |                 |                      | X                |           |    |          | X                       |                       |              |        | X           |                                   |                                                               |                                 |             |                      |              | X                           |                            |                      |     |                     | X   | X      |        |         |                   |                  |               |       |        |         |            |                   |          |        | X     |    |   |   |  |
| Yılmaz (2012)               |                   |                       |        |       |               |                 |                      |                  |           |    |          |                         |                       |              |        |             |                                   |                                                               |                                 |             |                      |              |                             |                            |                      | X   | X                   | X   |        |        |         |                   |                  |               |       | X      |         |            |                   |          |        |       |    |   |   |  |
| Aktaş (2013)                |                   |                       |        |       |               |                 | X                    |                  |           |    |          |                         |                       |              |        | X           |                                   |                                                               | X                               |             |                      |              |                             |                            |                      |     | X                   | X   | X      |        |         |                   |                  |               |       |        |         |            |                   |          |        |       |    |   | X |  |
| Özçelik (2013)              |                   |                       |        |       |               |                 | X                    |                  |           |    |          |                         |                       |              |        | X           |                                   |                                                               | X                               |             |                      |              |                             |                            |                      |     |                     | X   | X      | X      |         |                   |                  |               |       |        |         |            |                   |          |        |       |    |   | X |  |
| Kılıç (2014)                |                   |                       |        | X     |               |                 |                      |                  |           |    |          |                         |                       |              | X      |             |                                   |                                                               |                                 |             |                      |              |                             | X                          |                      |     |                     | X   | X      | X      |         |                   |                  |               |       |        |         |            |                   |          |        |       | X  |   |   |  |
| Uçan (2014)                 |                   |                       |        | X     |               |                 |                      |                  |           |    |          |                         | X                     |              | X      |             |                                   |                                                               |                                 |             |                      | X            | X                           |                            |                      |     |                     | X   | X      | X      |         |                   |                  |               |       |        |         |            |                   |          |        |       |    |   |   |  |
| Durmuşoğlu ve diğ. (2015)   |                   | X                     |        |       |               |                 |                      |                  |           |    |          | X                       |                       |              |        |             |                                   | X                                                             |                                 |             |                      |              |                             |                            |                      |     |                     | X   | X      | X      |         |                   |                  |               |       |        |         |            |                   |          |        |       |    |   | X |  |
| Fırat & Ceyhan (2015)       |                   |                       |        |       |               |                 |                      |                  |           | X  | X        |                         |                       |              |        |             |                                   |                                                               |                                 | X           | X                    | X            |                             |                            |                      |     |                     | X   | X      | X      |         |                   | X                |               |       |        |         |            |                   |          |        |       |    |   |   |  |
| Tokat (2015)                | X                 |                       |        |       |               |                 |                      |                  |           |    |          |                         |                       |              |        | X           |                                   |                                                               |                                 |             |                      |              |                             |                            |                      |     | X                   | X   | X      |        |         |                   |                  |               |       |        |         |            |                   |          |        |       |    |   |   |  |
| Turan ve Turan (2015)       |                   | X                     |        |       |               |                 |                      |                  |           |    |          |                         |                       |              |        |             |                                   |                                                               | X                               |             |                      |              |                             |                            |                      |     |                     | X   | X      | X      |         |                   |                  |               |       |        |         |            | X                 |          |        |       |    |   |   |  |
| Bulut ve Altunay (2016)     |                   |                       |        |       |               |                 |                      |                  |           |    |          | X                       |                       |              |        |             | X                                 |                                                               |                                 |             |                      |              |                             |                            |                      |     |                     | X   | X      | X      |         |                   |                  |               |       |        |         |            |                   |          | X      |       |    |   |   |  |
| Gök (2016)                  | X                 |                       |        |       |               |                 |                      |                  |           |    |          |                         |                       |              |        |             |                                   |                                                               | X                               |             |                      |              |                             |                            |                      |     |                     | X   | X      | X      |         |                   |                  |               |       |        |         |            |                   |          |        |       |    |   | X |  |
| Öztürk (2016)               |                   |                       |        |       |               |                 |                      | X                |           |    |          |                         |                       |              |        |             |                                   |                                                               | X                               |             |                      |              |                             |                            |                      |     |                     | X   | X      | X      |         |                   |                  | X             |       |        |         |            |                   |          |        |       |    |   |   |  |
| Sünbül (2016)               | X                 |                       |        |       |               |                 |                      |                  |           |    |          |                         |                       |              |        |             |                                   |                                                               | X                               |             |                      |              |                             |                            |                      |     | X                   | X   | X      |        |         |                   | X                |               |       |        |         |            |                   |          |        |       |    |   |   |  |
| Turan (2016)                |                   | X                     |        |       |               |                 |                      |                  |           |    |          |                         |                       |              |        |             |                                   |                                                               | X                               |             |                      |              |                             |                            |                      |     |                     | X   | X      | X      |         |                   |                  |               |       |        |         |            |                   |          |        |       |    |   | X |  |
| Çoruh (2017)                |                   | X                     |        |       |               |                 |                      |                  |           |    |          |                         |                       |              |        |             |                                   |                                                               | X                               |             |                      |              |                             |                            |                      |     |                     | X   | X      | X      |         |                   |                  |               |       |        |         |            |                   |          |        |       |    |   | X |  |
| Erdem ve Adalı (2017)       |                   |                       | X      |       |               |                 |                      |                  |           |    |          |                         |                       |              |        |             |                                   |                                                               |                                 |             |                      |              |                             |                            |                      |     | X                   | X   | X      |        |         |                   |                  | X             |       |        |         |            |                   |          |        |       |    |   |   |  |
| Gören (2017)                |                   |                       |        |       |               |                 |                      |                  |           |    |          | X                       |                       |              |        |             |                                   |                                                               |                                 |             |                      |              |                             |                            |                      |     | X                   | X   | X      |        |         |                   |                  |               |       |        |         |            |                   |          |        |       |    |   |   |  |
| Öztürk (2017)               |                   | X                     |        |       |               |                 |                      |                  |           |    |          |                         |                       |              |        |             |                                   |                                                               | X                               |             |                      |              |                             |                            |                      |     |                     | X   | X      | X      |         |                   |                  |               |       |        |         |            |                   | X        |        |       |    |   |   |  |
| Kaldırım ve Kaldırım (2018) |                   |                       |        |       |               |                 |                      |                  |           |    |          | X                       |                       |              |        |             | X                                 |                                                               |                                 |             |                      |              |                             |                            |                      |     |                     | X   | X      | X      |         |                   |                  |               |       |        |         |            |                   |          |        |       |    |   | X |  |
| Sağbaş ve diğ. (2018)       |                   |                       |        |       |               |                 |                      |                  |           |    |          | X                       |                       |              |        |             | X                                 |                                                               |                                 |             |                      |              |                             |                            |                      |     | X                   | X   | X      | X      |         |                   |                  |               |       |        |         |            |                   |          |        |       |    |   |   |  |
| Sarı (2018)                 |                   |                       | X      |       |               |                 |                      |                  |           |    | X        |                         |                       |              |        |             | X                                 |                                                               |                                 |             |                      | X            |                             |                            |                      |     |                     | X   | X      | X      |         |                   |                  |               |       |        |         |            |                   |          |        |       | X  |   |   |  |
| Sirin ve diğ. (2018)        |                   |                       |        |       |               |                 |                      |                  |           |    | X        | X                       |                       | X            |        |             |                                   |                                                               |                                 |             | X                    | X            | X                           |                            |                      |     |                     | X   | X      | X      |         |                   | X                |               |       |        |         |            |                   |          |        |       |    |   |   |  |
| Uçar (2018)                 |                   |                       | X      |       | X             | X               |                      |                  |           |    |          | X                       |                       |              | X      | X           |                                   |                                                               |                                 |             | X                    |              |                             |                            |                      |     |                     | X   | X      |        |         |                   |                  |               |       |        |         |            |                   |          |        | X     |    |   |   |  |
| Demirdak (2019)             |                   | X                     |        |       |               |                 |                      |                  |           |    |          |                         |                       |              |        |             |                                   |                                                               | X                               |             |                      |              |                             |                            |                      |     |                     | X   |        | X      |         |                   |                  |               |       |        |         |            |                   |          |        |       |    |   |   |  |
| Gerger (2019)               |                   |                       |        |       |               |                 |                      |                  |           |    | X        |                         |                       |              |        |             | X                                 |                                                               |                                 |             | X                    |              |                             |                            |                      |     |                     | X   | X      |        |         |                   |                  |               |       |        |         |            |                   |          |        |       |    |   | X |  |
| Kefe ve Berikol (2019)      |                   |                       |        |       |               |                 | X                    |                  |           |    |          |                         |                       |              |        | X           |                                   |                                                               | X                               |             |                      |              |                             |                            |                      |     |                     | X   | X      |        |         |                   |                  |               |       |        |         |            |                   |          |        | X     |    |   |   |  |
| Uygun ve diğ. (2019)        |                   |                       |        |       |               |                 |                      |                  |           |    |          | X                       |                       |              |        |             | X                                 |                                                               |                                 |             |                      |              |                             |                            |                      |     |                     | X   | X      |        |         |                   |                  |               |       |        |         |            |                   |          |        |       | X  |   |   |  |
| TOPLAM :36                  | 7                 | 6                     | 6      | 3     | 2             | 4               | 3                    | 2                | 1         | 5  | 3        | 13                      | 1                     | 2            | 8      | 16          | 1                                 | 10                                                            | 3                               | 4           | 4                    | 5            | 3                           | 2                          | 5                    | 24  | 12                  | 21  | 15     | 2      | 3       | 1                 | 1                | 1             | 1     | 1      | 1       | 3          | 1                 | 1        | 10     | 1     | 11 |   |   |  |

Şekil 5.1 : Yalın üretim ile ilgili literatür matrisi.

Çeşitli tekniklerinin olması, yalın üretimin bir çok amaçla kullanılmasına yol açmıştır. Çalışmalarda ağırlıklı olarak maliyetlerin minimize edilmesi hedefiyle yola çıkılmış olsa da, ERP ile yalın/çevik üretimlerin entegrasyonu, tesislerde alanların minimize edilmesi, hazırlık süresi ve hata azaltma çalışmalarının başlatılması, malzeme tedarik süresinin ve hattı besleyecek malzeme tur süresinin minimize edilmesine kadar geniş bir yaklaşımla araştırma ve uygulamalar yapılmıştır.

## **5.2 Kanban Sistemi ile ilgili Literatür Araştırması**

Woodruuf ve diğ. (1990), CONWIP (süreç içi sabit stok) olarak adlandırılan yeni bir çekme tabanlı üretim sistemi tanımlamışlardır. CONWIP sisteminin çok fazla parça sayısı veya önemli hazırlıklar nedeniyle kanbana kıyasla daha uygulanabilir oluşu belirgin avantajlarından biri olmuştur.

Doğan ve Aytuğ (1999), müşteri siparişleri ve üretim kanban sıralama gibi dinamik operasyonel kararların ortalama sipariş çevrim süresi ve gecikme gibi performans ölçüleri üzerindeki etkilerini analiz etmişlerdir. Simülasyon modeli sonuçları en kısa işlem süresi ilk ve en küçük sipariş miktarı kombinasyonunun en iyi sonucu verdiğini göstermiştir.

Herdika ve Budiardjo (2002), çevik yöntemler arasındaki değişkenlik ve benzerlik uygulamalarını haritalamayı amaçlamıştır. Bu çalışmada çevik yöntemde dahil edilen mühendislik uygulamalarının gereksinimlerine ilişkin güncel bir kavrayış sağlamak amacıyla sistematik bir literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Çeşitli ve standart Agile RE uygulamaları, gereksinim spesifikasyonu geliştirme sürecinde önemli uygulamaları göstermiştir.

Takahashi (2003) çalışmasında kontrol diyagramı ve envanter tabanlı olup talepteki dengesizlikleri tespit edebilen reaktif kanban sistemlerinin performanslarının analiz edilmesi ve karşılaştırılmasını amaçlamıştır. Sistem performanslarının karşılaştırılması için yeni bir envanter tabanlı sistem önermiştir.

Kabadurmuş ve Durmuşoğlu (2005), aksiyomlarla tasarım ilkelerini uygulayarak çekme üretim sistemlerinin tasarımında bütünsel bir yaklaşım oluşturmuşlardır. Tasarım sonucu elde edilen yol haritası gerçek üretim sistemlerinde denenmiştir.

Orbak ve Bilgin (2005) otomotiv yan sanayi firmasında kanban sisteminin bir uygulamasını yapmışlardır. Kanban sisteminin uygulanabilmesi için öncelikle değer

akışı analizi yapılmış ve ardından yeterli kart miktarı hesaplanmıştır. Ayrıca yerleşim planında süpermarket alanları belirlenmiş ve üretim hattı yeni duruma göre tasarlanmıştır. İncelenen firmada Tam Zamanlı Üretim yöntemi uygulanmaktadır. Çalışmada ortaya atılan yaklaşım sayesinde lot miktarı azaltılmış ve sistemden hattının durması engellenmiştir. Sistem içerisinde akan bilgi akışı %30 azaltılmıştır. Bu sistem sayesinde firmada basit ve anlaşılabilir süreç sağlanmış; kapasite fazlası elde edilmiş; problem ve sorunların hemen fark edilmesi sağlanmış; üretim şeffaf hale getirilmiş ve çalışanlara yetki ve sorumluluk verilmiştir.

Shanker ve Mukhopadhyay (2005), lastik üretim fabrikasında sürekli üretim hattı için kanban sisteminin uygulanmasına yönelik bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada kanban kartları ve kanban tahtası tasarımı, konteyner boyutlandırma, kanban sayısı, işletim kuralları ve makinelerin günlük çizelgelemesi sağlanmıştır.

Udomsawat ve Gupta (2005), beyaz eşya sektöründe sökme sürecinde kullanılan çoklu kanban sistemi örneğini incelemiştir. Bu bağlamda, mikrodalga fırın, çamaşır makinesi, buzdolabı, bulaşık makinesi, elektrikli süpürge ve su ısıtıcısı gibi mutfakta kullanılan beyaz eşyaların parçalanması ve bazı malzemelerin yeniden kullanılması süreçlerini incelemiştir. Sonuç olarak bir sökme hattındaki ciddi komplikasyonlara rağmen, bir çekme sisteminin (çoklu kanban) cihaz sökümü için iyi performans gösterebilecek şekilde uygulanabilirliği gösterilmiştir. Bu sayede müşterilerin talepleri sağlayarak envanter seviyelerindeki dalgalanmalar kontrol altına alınabildiği çıkarılmıştır. Bunu başarıyla gerçekleştirmek için üretim süreçlerindeki mekanizma çoklu kanban sistemi olarak belirtilmiştir.

Vakvak ve diğ. (2005) çalışmalarında gerçek cep telefonu üretiminden esinlenerek oluşturulan düşünsel bir tam zamanında üretim sistemi için, en iyi kanban kombinasyonunun bulunması amacıyla, genel amaçlı sezgisel teknikler sınıfında yer alan Tabu Arama, Genetik Algoritma ve Tavlama Benzetimi algoritmalarını sistemin benzetim modeli ile birlikte kullanmışlardır. Algoritmaların performansı rassal arama tekniği de dikkate alınarak çözüm zamanı ve çözüm kalitesi açısından karşılaştırılmıştır.

Şenyılmaz (2006) yalın üretim sistemi ile deneysel tasarım tekniklerini bir arada kullanmayı amaçlamıştır. Uygulama çalışması çelik boru sektöründe faaliyet gösteren bir firmada yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar kanban sayısı ve kanban büyüklüğünün

sistemin performansını eş zamanlı olarak etkilediğini göstermiştir. Kanban sayısı ve kanban büyüklüğünün artması da ortalama WIP (süreç içi stok) seviyelerini arttırmıştır.

Kotani (2007) e-kanban sistemi kullanarak kanban sayısının değişimi için optimal bir metot önermiştir. Önerilen yeni kanban sisteminin orijinal kanban sistemine göre daha etkili ve verimli olduğu görülmüştür.

Pannerselvam ve Kumar (2007) JIT (Just-In-Time) ve kanban literatür araştırması yapmışlardır. JIT felsefesi ve itme ve çekme sistemiyle ilgili kavramlar ve kanban sistemindeki engelleme mekanizmaları da ayrıntılı olarak tartışılmıştır. Ayrıca performans ölçümünün önemi ve JIT-KANBAN açısından bunların uygulanması sunulmuştur.

Kabadurmuş (2008) çalışmasında aksiyomlarla tasarım ilkelerini kullanarak ürüne tahsisli olmayan CONWIP (süreç içi sabit stok) sistemini tasarlamıştır. Ürüne tahsisli olmayan CONWIP sistemlerinin etkin yönetimi için hiyerarşik bir iş yükleme ve sıralama modeli ortaya konmuştur. Kurulan model gerçek bir üretim sisteminde uygulanarak sonuçlar incelenmiştir.

Koçak (2008) MRP (malzeme ihtiyaç planlaması) ve kanban sistemlerinin bütünleştirilmesine yönelik olarak bir literatür çalışması yapmıştır. 1990'lı yıllardan itibaren bu sistemlerin bütünleştirilerek daha verimli imalat sistemleri oluşturulabileceğinin fark edilmesiyle birlikte yapılan birçok çalışma incelenmiştir.

Lee-Mortimer (2008) Birleşik Krallık merkezli elektronik üretim firmasında kanban sisteminin benimsenme sürecini incelemiştir. Bu çalışmayla kültürel faktörler, elektronik kanban sisteminin benimsenmesinde altta yatan nedenler ve elde edilen faydalar detaylı olarak açıklanmıştır.

Ramnath ve diğ. (2009) üretim endüstrisinde kanban sistemini kullanarak envanter optimizasyonu konulu bir çalışma yapmışlardır. Önceki kullanılan metotta işin belirtilen zaman içinde tedarikçilere sipariş notu kullanılarak yaptırılmasından kaynaklanan problem için tam zamanında üretim sistemi kullanılmıştır. Bu konsept ile malzeme akışının düzenlenerek stoğun azaltılması amaçlanmıştır.

Romano ve diğ. (2009) bir kanban panosundaki kanban sayısının optimizasyonu yoluyla süpermarketin (iki iş istasyonu arasında) optimal boyutunu belirlemek için bir metodoloji tanımlamışlardır. Ayrıca, bir kanban panosunun optimum boyutunu büyük

ölçüde etkileyen bazı üretim parametreleri tanımlanmıştır. Seçilen yaklaşım, Arena ile tek aşamalı çok ürünlü bir sistemin simülasyon modelinin oluşturulması iken, bir sonraki optimizasyon aşaması için OptQuest kullanılmıştır.

Sivakumar ve Shahabudeen (2009) çok aşamalı uyarlanabilir bir kanban sistemi geliştirmişlerdir. Sistemin parametrelerinin belirlenmesi için genetik ve benzetimli tavlama algoritmaları kullanılmıştır. Stok ve geri dönen siparişlerle ilişkili toplam maliyetin minimize edilmesi amaçlanmıştır.

Junior ve Filho (2010) kanban sisteminin varyasyonları ile ilgili literatürü gözden geçirerek, sadece modifiye edilmiş kanban sistemlerini incelemiştir. Bu çalışmada otuz iki farklı sistem incelenmiş ve altı kategoriye göre sınıflandırılmıştır.

Zhong ve diğ. (2011) küçük parti siparişlerde geleneksel Tam Zamanında Üretim problemlerinin çözümü için geliştirilmiş bir e-kanban tekniği sunmuşlardır. Geleneksel kanban ile kıyaslandığında görselleştirilmiş kanban performansının etkili ve küçük parti üretiminde daha uygulanabilir olduğu görülmüştür.

Shin ve Oh (2012) anlamsal bir ağ geçidinin, iş ortakları arasındaki heterojen mesajların sorunsuz bir şekilde değiş tokuş edilmesini sağlamak için bir eşleme merkezi görevi gördüğü şematik bir e-Kanban envanter sistemi önermişlerdir. Anlamsal ağ geçidi, iş ortaklarının özel veri şemalarını eşlemek için muhakeme kurallarını kullanır ve ağ merkezli üretim için gerekli olan birlikte çalışabilirliği sağlar. Önerilen sistemin ağ dinamiklerini gözlemlemek için ayrık zamanlı bir dinamik model oluşturulmuş ve önerilen sistemi ekonomik açıdan analiz etmek için ise analitik ve sayısal çalışmalar yürütülmüştür.

MacKerron ve diğ. (2014) çalışmalarıyla sekiz adımlı bir uygulama çerçevesi biçiminde bir elektronik tedarikçi kanbanı için genel uygulama kılavuzu sağlamışlardır. Bu adımlar, mevcut durumun haritalanması ve analiz edilmesinden, karşılık gelen kriterlerle potansiyel tedarikçilerin analizinden ve satın alınan ürünlerin ve bunların organizasyon içinde kullanımında ortaya çıkan darboğazların analizinden net bir süreç sağlamıştır. Bu çalışma kanban türlerinin bir incelemesini, kanban döngüsünü, tedarikçinin sistemi kullanmak için hazırlığını ve ardından kullanımında başarıyı sağlamak için süreçlerin entegrasyonunu içermektedir.

Takeno ve Sugawara (2014), kanban kartları kullanarak kayıp tespit modeli önermişlerdir. Bu çalışmada kayıp türlerinin tanımlanmasında yeni bir ayrık zamanlı

Markov Chain modeli sunularak model performansı nümerik deneylerle ortaya konmuştur. Sonuçlar geçiş olasılıklarının aynı olması durumunda tespit edilmemiş kayıp riskinin maksimum olduğunu göstermiştir.

Eski ve diğ. (2016), kart sayılarının dinamik belirlenebilmesi için bir yöntem geliştirmeyi amaçlamışlardır. Önerilen yöntemde temel olarak kullanılan, üretim sisteminin anlık veri ile izlenmesi ve durum değişkenlerinde çıkan farklılıkların takip edilerek kanbanların yeniden düzenlenmesidir. Bu kapsamda yapay sinir ağları, benzetim ve Mamdani tipi bulanık çıkarsama sistemleri bütünleştirilerek bir dinamik kanban sayıları belirleme yöntemi oluşturulmuştur.

Mitka (2017), genel bir hastanenin eczanesi için kanban sisteminin prensiplerine, görüşlerine ve yöntemlerine üzerinde araştırma yapmıştır. Yapılan çalışmada temel amaç eczane tarafından yönetilen mağazaların azaltılması ve çalışma şeklinin iyileştirilmesidir. Elde edilen veriler yetersiz depolama alanı, hastalara hizmette gecikme ve uzun süre saklanan ilaç solüsyonları gibi sorunların çözülmesi için önemli sonuçlar sunduğunu belirtilmiştir.

Tanhaie ve diğ. (2017), tamponda kalan envantere bağlı olarak kanban kartlarındaki bilgileri değiştiren dinamik bir kanban sistemi uygulamışlardır. Önerilen yaklaşımda dinamik bilgilerle olan kanban kartının etkinliğini statik bilgilerle olan kanban kartıyla karşılaştırmak için bir Markov zincir analizi kullanılmıştır. Bu çalışmada, iki iş istasyonu ve iki envanter tamponunun üretim hattı modellenmiştir.

Takakuwa ve diğ. (2017), bir teslimat döngüsüyle çift kart kanban sistemini benimseyen bir üretim sistemini uygun bir şekilde temsil edebilen modül tabanlı modelleme şeması tasarlamış ve geliştirmişlerdir. Modül tabanlı modelleme şeması tam zamanında üretimin karakteristiklerini anlamada ve karar vericilerin modül tabanlı simülasyon modeli inşa etmesinde faydalı olmuştur. Bu çalışmada odak nokta montaj hattı ve parça taşıyıcı Mizusumashi'nin (proses için envanteri en aza indirmede çalışma istasyonlarında küçük miktarlardaki ham madde gibi bileşenlerin tüm lojistik işlerini yöneten kişi) modülerleştirilmesidir.

Rao G. ve diğ. (2019) Hindistan'da bulunan çok uluslu bir otomobil aksesuarları imalat şirketinde bir e-kanban uygulaması yapmışlardır. Bu çalışmada şirketin üretim, ürün kalitesi ve gelirinin artmasına katkıda bulunan malzeme, envanter ve insan kaynağı tahsisinin ihraç ve teslim süresini azaltmak için mevcut sürecin iyileştirilmesi

amaçlanmıştır. Uygulamada manuel işlem yerini SAP ve Otomatik Lojistik ve Üretim Yürütme tarayıcısı ile entegre olan ve atölyede kanban kartlarını taramak için kullanılan barkod taramaya bırakmıştır.

Singla ve Sharma (2019) otomotiv yedek parça üretim firmasında kanban sisteminin uygulanmasına yönelik bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada kanban sayıları üretim sürecinde aynı sıralamayı kullanarak üç farklı ürün için hesaplanmıştır. Sonuçlar günlük üretim miktarı, yarı mamül seviyesi ve proses teslim süresinde önemli bir düşüş olduğunu göstermiştir.

Tuesta ve diğ. (2019) elektrostatik kaplama prosesinin verimliliğini arttırmak için Kanban-CONWIP hibrit model geliştirmişlerdir. Hibrit Kanban-CONWIP sistemi problemleri çözmek için bir iyileştirme olarak bir ürünün mükemmel şekilde bitirilmesi önerilinceye kadar her bir faaliyeti en iyi şekilde kontrol edebilen ve yönetebilen bir hat sinyalizasyon süreci gibi araçlara odaklanılmıştır. Önerilen iyileştirme, işletme maliyetini %9 düşürmüş ve şirketin karını %10-15.4 arttırmıştır.

Yılmaz ve Ayabakan (2019) kanban sisteminin dijitalleştirilmesi konusunda bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada Türkiye’de birinci ve ikinci kademe otomotiv tedarikçilerinde üretimin dijitalleştirilmesi veya Endüstri 4.0’ın potansiyel etkileri ve bu yeni e-kanban üretim yönetim metodunun detayları paylaşılmıştır. Bu sistem sayesinde işgücü ve üretim verimliliği yükselmiş, işletme maliyetleri düşmüş ve müşteri hizmetleri geliştirilmiştir.

Klankamsorn (2020) otomotiv aks karışık model üretim hattı için çekme sistemindeki kanban sayısını belirlemeyi amaçlamıştır. Kanban sayısı döngü stok kanbanı, tampon stok kanbanı ve emniyet stoğu kanbanından oluşur. Sonuçlar, kanban sayısını etkileyen parametrelerin müşteri talebini karşılamak için kontrol edilmesi gerektiğini göstermiştir.

Prakash ve Idris (2020), Hibrit e-Kanban Üretim Sistemlerini kullanarak şirketler arası üretim planlama ve çizelgelemede bilgi ve veri aktarımını hızlandırmak amacıyla e-kanban için bir konsept geliştirmişlerdir. Geleneksel kart yöntemine kıyasla e-kanban, üretim veri tabanının gerçek zamanlı olarak gerekli üretim detaylarıyla kaydedilmesini ve belgelenmesini sağlamıştır. Ayrıca, bir e-kanban bulut veri tabanı tasarımı uygulanması üretim verimliliğini artırmış, malzeme maliyeti ve işçilik kullanımını azaltmıştır.

Ricky ve Kadono (2020), Endonezya'daki otomotiv üretiminde e-kanban sistemini incemişlerdir. Örnek olay metodolojisi kullanılarak, sistemin uygulaması, geçmişi, zorlukları ve geleneksel kanbandan farklılıkları açıklanmıştır. Odak şirket perspektifinden elde edilen sonuçlar iç ve dış tedarik zincirleri için daha iyi entegrasyon sağlandığını göstermiştir.

Stadnicka ve diğ. (2020) küçük ve orta ölçekli işletmeler için simbiyotik siber fiziksel kanban konulu bir çalışma yapmışlardır. Karmaşık bir üretim sürecinde iş istasyonlarında malzemenin durumu ve teslimi üzerinde esnek ve yaygın kontrol sağlamak için kanbanları artıran bir ICT (Bilişim ve iletişim teknolojileri) çözüm sunulmuştur. Önemli faktörler ve kısıtlamaların düşük maliyetler, düşük araçlar ve yüksek esneklik olduğu varsayılmıştır.

Trebuna ve diğ. (2020) çalışmalarında, üretim-montaj sürecinin bir simülasyon modelini oluşturmayı amaçlamışlardır. Ayrıca kanban mantığının malzeme akış kontrolüne uygulanması önerilmiştir. Kanban sisteminin uygulanması ve Tecnomatix Plant Simulation simülasyon yazılımı kullanılarak varyant çözümlerin test edilmesi optimum çözümün bulunmasına imkan vermiştir.

Thürer ve diğ. (2020) ilk aşamada parçaların üretildiği ve ikinci aşamada son ürünlere birleştirildiği iki aşamalı bir üretim sisteminde POLCA performansını değerlendirmek için simülasyon kullanmışlardır. Sonuçlar hem üretim aşamalarını, hem de üretimi ve montajı kontrol etmek için POLCA kullanımının, yalnızca montaj aşamasında POLCA kullanımına kıyasla önemli ölçüde daha iyi performans gösterdiğini ve siparişlerin toplam üretim süresinde ve gecikme siparişlerinin yüzdesinde önemli azalmalara yol açtığı gösterilmiştir.

Zegordi ve diğ. (2020) kanban'ın tam zamanında stratejisini uygulamak için bir araç olarak kullanıldığı bir dağıtım ağındaki envanter rotalama problemini ele almışlardır. Bu ağda bir montaj fabrikası için parçalar sağlayan bir dizi parça tedarikçisi ve çapraz bağlantı istasyonu bulunmaktadır. Envanter ve taşıma maliyeti dikkate alınarak optimum kanban sayısının belirlendiği problem için yeni bir karışık tamsayılı doğrusal olmayan programlama formülasyonu geliştirilmiştir.

Kanban ile ilgili son yirmi yıla ait incelenen çalışmaları Çizelge 5.2'deki şekilde özetleyecek olursak, yalın üretim tekniklerinden biri olan kanban sisteminin farklı kanban türleri ile yaygın olarak uygulandığı görülmektedir. Uygulamaların yanı sıra

literatürü taramaya ve özetlemeye yönelik çalışmalara da oldukça sık rastlanmıştır. Kanban sistemi ile ilgili modelleme ve simülasyon çalışmalarına sıklıkla başvurulduğu görülmektedir. Maliyet minimizasyonu, alan optimizasyonunu, envanter optimizasyonu, kanban sayısının optimize edilmesi ve kayıpların önlenmesi, malzeme akışının iyileştirilmesi ve talep dengesizliklerinin kaldırılması gibi iyileştirmeleri sağlamak amacıyla bir çok çalışma literatüre kazandırılmıştır. Kartlı kanbanın yerini son on yılda daha çok fiziksel kart kullanımı yerine talepleri elektronik sinyalle sağlayan elektronik kanbanın aldığı görülmektedir.

Kanban çeşitleri ağırlık olarak otomotiv sektöründe uygulansa da diğer sektörlerde de uygulamaları yayılmıştır. Üretim tesislerinde tesis içindeki işleyişi düzenlemenin yanı sıra tedarikçiler ve tesis arasındaki sürecin iyileştirilmesi için de yaygın olarak kullanılmaktadır.

### **5.3 Yalın İç Lojistik ile İlgili Literatür Araştırması**

Karaesmen ve Dallery (2000), çok aşamalı üretim için çekme tipi kontrol mekanizmalarının performanslarını karşılaştırmışlardır. Bu kapsamda iki aşamalı bir model ve optimal bir kontrol yaklaşımı kullanılmıştır. Kanban, temel stok ve hatta onların tek aşamalı varyantları gibi basit mekanizmaların dikkate alınan model için çok etkili olduğu görülmüştür.

Akıllıoğlu ve diğ. (2006), dizel enjektör üretimi yapan bir firma için yarı mamüllerin taşınması için fabrika içi çekme esasına dayanan tekrarlı bir dağıtım sistemi tasarlamışlardır. Önerilen çözüm yaklaşımında ilk olarak bir matematiksel model ile rotalar belirlenmiştir. İkinci aşamada simülasyon ile modelden çıkan sonuç ve alternatifler değerlendirilmiştir. Önerilen dağıtım sistemiyle toplam taşıma ve yarı mamül tutma maliyetleri %66 oranında azaltılmış ve daha az araç kullanılması sağlanmıştır.

Wang ve diğ. (2007) milkrunları birleştirmek için gerçek zamanlı bir araç sevk etme sistemi araştırmışlardır. Sistemi uygulamak için yedi modül kullanılmıştır ve parametreler kapsamlı bir deney tasarımı yöntemiyle belirlenmiştir. Sonuçlar sistemin hem başlangıç araç sevk etme modülüne hem de rota arası gelişim modülüne sahip olması gerektiğini göstermiştir.

| KANBAN                          | Kullanılan Yöntem     |           |                    |        | Amaç                       |                                                  |                                      |               |                       |                    |                            |                        | Kullanılan Kanban Türü    |        |       |      |          | Fiziksel Kart Kullanım |               | Uygulama |       | Gerçek Veri Kullanımı |     | Sektör |     |            | Çalışma Kapsamı |       |           |                       |   |
|---------------------------------|-----------------------|-----------|--------------------|--------|----------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------|-----------------------|--------------------|----------------------------|------------------------|---------------------------|--------|-------|------|----------|------------------------|---------------|----------|-------|-----------------------|-----|--------|-----|------------|-----------------|-------|-----------|-----------------------|---|
| Makaleler                       | Literatür Araştırması | Modelleme | Simülasyon/ Analiz | Kanban | Maliyet Min./İsraf Ölçleme | Ort Sipariş Çevrim ve Geçikme Opt./ Kayıp Tespit | Sistemlerin Katkılarının İncelenmesi | Envanter Opt. | Literatür Araştırması | Kanban Sayısı Opt. | Talep Dengesizlikleri Opt. | Alan/Malzeme Akış Opt. | İşlerin Bitiş Zamanı Opt. | Conwip | Diğer | Poka | e-Kanban | Reaktif                | Uyarlanabilir | Evet     | Hayır | Var                   | Yok | Var    | Yok | Bayaz esya | Otomotiv        | Diğer | Tesis İçi | Tedarikçi-Tesis Arası |   |
| Woodruff +A3/AE40ve diğ. (1990) |                       |           | X                  |        |                            |                                                  | X                                    |               |                       |                    |                            | X                      |                           | X      |       |      |          |                        |               |          | X     |                       | X   |        | X   |            |                 |       |           | X                     |   |
| Doğan ve Aytaç (1999)           |                       | X         | X                  |        |                            | X                                                | X                                    |               |                       |                    |                            |                        |                           |        | X     |      |          |                        |               |          | X     |                       | X   |        | X   |            |                 |       |           |                       |   |
| Herdika ve Budiarjo (2002)      | X                     |           |                    |        |                            |                                                  |                                      |               | X                     |                    |                            |                        |                           |        |       |      |          |                        |               |          |       |                       |     |        |     |            |                 |       |           |                       |   |
| Takahashi (2003)                |                       | X         | X                  |        |                            |                                                  |                                      |               |                       |                    | X                          |                        |                           |        |       |      |          | X                      |               |          | X     |                       | X   |        | X   |            |                 |       |           | X                     |   |
| Kabadurmuş ve Darmasöğüt (2005) |                       |           |                    | X      |                            |                                                  |                                      |               |                       |                    |                            |                        |                           |        | X     | X    |          |                        |               | X        |       |                       | X   |        | X   |            |                 | X     | X         | X                     |   |
| Ortak ve Bığın (2005)           |                       | X         |                    |        |                            |                                                  |                                      |               |                       |                    |                            | X                      |                           |        |       |      |          |                        |               | X        |       | X                     |     | X      |     |            |                 | X     |           |                       | X |
| Shanker ve Mukhopadhyay (2005)  |                       |           |                    | X      |                            |                                                  |                                      |               |                       | X                  |                            |                        |                           |        | X     |      |          |                        |               | X        |       | X                     |     | X      |     |            | X               |       |           | X                     |   |
| Udomsawat ve Gupta (2005)       |                       | X         | X                  |        |                            |                                                  |                                      | X             |                       |                    |                            |                        |                           |        | X     |      |          |                        |               | X        | X     |                       | X   |        | X   |            | X               |       |           |                       | X |
| Vakvak ve diğ. (2005)           |                       | X         |                    |        |                            |                                                  |                                      |               |                       | X                  |                            |                        |                           |        |       |      |          |                        |               | X        |       | X                     |     | X      |     | X          |                 |       |           |                       |   |
| Senyılmaz (2006)                |                       | X         | X                  |        |                            |                                                  |                                      |               |                       | X                  |                            |                        |                           |        | X     |      |          |                        |               | X        |       | X                     |     | X      |     | X          |                 |       | X         | X                     |   |
| Kotani (2007)                   |                       | X         |                    |        |                            |                                                  |                                      |               |                       |                    |                            | X                      |                           |        |       |      | X        |                        |               | X        | X     |                       |     |        | X   |            |                 |       |           | X                     |   |
| Pannerselvan ve Kumar (2007)    | X                     |           |                    |        |                            |                                                  |                                      |               | X                     |                    |                            |                        |                           |        |       |      |          |                        |               |          |       |                       |     |        |     |            |                 |       |           |                       |   |
| Kabadurmuş (2008)               |                       | X         | X                  |        |                            |                                                  |                                      |               |                       |                    |                            |                        | X                         |        |       | X    |          |                        |               | X        |       | X                     |     | X      |     | X          |                 |       | X         | X                     |   |
| Koçak (2008)                    | X                     |           |                    |        |                            |                                                  |                                      |               | X                     |                    |                            |                        |                           |        |       |      |          |                        |               |          |       |                       |     |        |     |            |                 |       |           |                       |   |
| Lee-Mortimer (2008)             |                       |           | X                  |        | X                          |                                                  | X                                    |               |                       |                    |                            |                        |                           |        |       |      | X        |                        |               |          | X     | X                     |     | X      |     |            |                 | X     |           |                       | X |
| Ramath ve diğ. (2009)           |                       |           |                    | X      |                            |                                                  |                                      | X             |                       |                    |                            | X                      |                           |        | X     |      |          |                        |               | X        |       | X                     |     | X      |     |            |                 |       |           |                       | X |
| Romano ve diğ.(2009)            |                       | X         | X                  | X      |                            |                                                  |                                      |               |                       | X                  |                            |                        |                           |        |       |      |          |                        |               | X        | X     |                       | X   |        | X   |            |                 |       |           | X                     |   |
| Sivakumar ve Shahabudeen (2009) |                       | X         |                    |        | X                          |                                                  |                                      |               |                       |                    |                            |                        |                           |        |       |      |          |                        | X             | X        |       |                       | X   |        | X   |            |                 |       |           | X                     |   |
| Junior ve Filho (2010)          | X                     |           |                    |        |                            |                                                  |                                      |               | X                     |                    |                            |                        |                           |        |       |      |          |                        |               |          |       | X                     |     |        |     |            |                 |       |           |                       |   |
| Zhong ve diğ. (2011)            |                       |           | X                  |        | X                          |                                                  |                                      |               |                       |                    |                            |                        |                           |        |       |      | X        |                        |               |          | X     |                       | X   |        | X   |            |                 |       |           |                       | X |
| Shin ve Oh (2012)               |                       | X         | X                  |        |                            |                                                  |                                      | X             |                       |                    |                            |                        |                           |        |       |      | X        |                        |               |          | X     |                       | X   |        | X   |            |                 |       |           |                       | X |
| MacKeron ve diğ. (2014)         |                       |           |                    | X      | X                          | X                                                |                                      |               |                       |                    |                            |                        |                           |        |       |      | X        |                        |               |          | X     |                       | X   |        | X   |            |                 |       |           |                       | X |
| Takano ve Sugawara (2014)       |                       | X         |                    |        |                            | X                                                |                                      |               |                       |                    |                            |                        |                           |        |       |      | X        |                        |               |          | X     |                       | X   |        | X   |            |                 |       |           |                       |   |
| Eski ve diğ. (2016)             |                       | X         | X                  |        |                            |                                                  |                                      |               |                       | X                  |                            |                        |                           |        | X     |      |          |                        |               |          | X     |                       | X   |        | X   |            |                 |       |           |                       | X |
| Mitka (2017)                    |                       |           |                    | X      |                            |                                                  |                                      |               |                       |                    |                            | X                      |                           |        | X     |      |          |                        |               |          | X     | X                     |     | X      |     |            |                 | X     |           |                       | X |
| Tanhaie ve diğ. (2017)          |                       | X         |                    |        |                            |                                                  |                                      |               |                       | X                  |                            |                        |                           |        |       |      | X        |                        |               |          | X     |                       | X   |        | X   |            |                 |       |           | X                     |   |
| Takakuwa ve diğ. (2017)         |                       | X         |                    |        |                            |                                                  |                                      |               |                       | X                  |                            |                        |                           |        |       |      | X        |                        |               |          | X     |                       | X   |        | X   |            |                 |       |           | X                     |   |
| Rao G. ve diğ. (2019)           |                       |           |                    | X      | X                          |                                                  |                                      |               |                       |                    |                            | X                      |                           |        |       |      | X        |                        |               |          | X     | X                     |     | X      |     |            |                 | X     |           |                       | X |
| Singla ve Sharma (2019)         |                       |           |                    | X      |                            |                                                  |                                      |               |                       | X                  |                            |                        |                           |        | X     |      |          |                        |               | X        |       | X                     |     | X      |     |            |                 | X     |           |                       | X |
| Tuesta ve diğ. (2019)           |                       | X         |                    |        | X                          |                                                  |                                      |               |                       |                    |                            |                        |                           | X      |       |      |          |                        |               |          | X     | X                     |     | X      |     |            |                 |       | X         |                       | X |
| Yılmaz ve Aybakan (2019)        |                       |           |                    | X      | X                          |                                                  |                                      |               |                       |                    |                            |                        |                           |        |       |      | X        |                        |               |          | X     | X                     |     | X      |     |            | X               |       |           | X                     | X |
| Klankamsorn (2020)              |                       | X         |                    |        |                            |                                                  |                                      |               |                       | X                  |                            |                        |                           |        | X     |      |          |                        |               |          | X     | X                     |     | X      |     |            | X               |       |           | X                     |   |
| Prakash ve Idris (2020)         |                       | X         |                    |        | X                          |                                                  |                                      |               |                       |                    |                            |                        |                           |        |       |      | X        |                        |               |          | X     | X                     |     | X      |     |            | X               |       |           |                       | X |
| Bicky ve Kadano (2020)          |                       |           |                    | X      | X                          |                                                  |                                      |               |                       |                    |                            |                        |                           |        |       |      | X        |                        |               |          | X     | X                     |     | X      |     |            | X               |       |           |                       | X |
| Stadnicka ve diğ. (2020)        |                       | X         |                    |        | X                          |                                                  |                                      |               |                       |                    |                            |                        |                           |        |       |      | X        |                        |               |          | X     |                       |     |        |     |            |                 |       |           | X                     |   |
| Trebnava ve diğ. (2020)         |                       | X         | X                  |        |                            |                                                  |                                      |               |                       |                    |                            | X                      |                           |        |       |      | X        |                        |               |          | X     |                       | X   |        | X   |            |                 |       |           |                       | X |
| Thieler ve diğ. (2020)          |                       | X         | X                  |        |                            | X                                                |                                      |               |                       |                    |                            |                        |                           |        |       | X    |          |                        |               | X        |       | X                     |     | X      |     |            |                 |       |           | X                     |   |
| Zegordi ve diğ. (2020)          |                       | X         |                    |        |                            |                                                  |                                      | X             |                       |                    |                            |                        |                           |        |       |      | X        |                        |               |          | X     |                       | X   |        | X   |            |                 |       |           |                       | X |
| TOPLAM: 38                      | 4                     | 22        | 13                 | 10     | 10                         | 4                                                | 3                                    | 4             | 4                     | 9                  | 1                          | 7                      | 1                         | 2      | 10    | 3    | 15       | 1                      | 1             | 9        | 25    | 17                    | 18  | 16     | 18  | 1          | 9               | 6     | 18        | 14                    |   |

Şekil 5.2 : Kanban ile ilgili literatür matrisi.

Pena ve diğ. (2007) yaptığı çalışmada İspanya’da kurulu olan Bosch beyaz eşya fabrikasında uygulanan bir montaj hattını analiz etmişlerdir. Buna ilaveten depolarda biriken ara parçaların stokları ile ilgili oluşan sorunların çözümüne yönelik milkrun taşıma sistemi geliştirilmiştir. Yalın parametrelere sahip ilerlemeler doğrulanırken milkrun taşıma sistemini benimseyen bir iyileştirme önerilmiştir. Yapılan bu vaka çalışması değer akışı eşleşmesinden verileri tanımlar ve bağlantı süresi gibi yalın ölçümler kullanılmıştır. Ayrıca yöntemsel olarak materyal akışını iyileştirmek için bir zaman çizelgesi ve yönlendirme analizi geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Artışik (2008), DAH methodundan çıkarılan Çapraz Fonksiyonel Değer Akışı Haritalama ile bir 3PL şirketinin lojistik operasyonlarını incelemiştir. Ayrıca montaj hattına tam zamanında sevkiyat yapacak olan bir konsolidasyon merkezinin operasyonları tanımlanmış ve yerleşiminin tasarımını yapmıştır.

Gecü (2008), otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir firmada iç lojistik sistemlerinin yalın üretim bakış açısıyla yeniden tasarlanması konulu bir çalışma yapmıştır. Bu kapsamda ana montaj ve trim hatlarında kit halinde teslimat uygulaması yapılmıştır. Parçaların depolanması, montaj hattına teslim edilmesi gibi iç lojistik sistemlerle ilgili ve montaj hattı çevrim zamanını düşürmek, “FIFO”yu tam anlamıyla uygulamak için gerekli lojistik yapılanma sisremi için öneriler sunulmuştur.

Shen ve Hao (2008) montaj hattında karmaşık malzeme elleçleme süreçlerini modellemek için hibrit simülasyon yaklaşımı önermişlerdir. Bu modelde ayrık olay ve ajan tabanlı teknolojilerin ikisi de kullanılmıştır. Tam zamanında üretim prensipleri hem üretim hem de malzeme elleçleme süreçlerinde uygulanmıştır.

Yıldız (2008) otomotiv sektöründe tedarik süreçlerinde malzeme tedarik ve malzeme toplama sistemlerini karşılaştırmış ve zincirin bir sonraki aşaması olan depolama konusunda iki farklı yaklaşım, klasik depo yönetimi ve çapraz sevkiyat uygulamalarını karşılaştırmış ve değerlendirmiştir.

Sadjadi ve diğ. (2009) tedarik zinciri problemini karışık tam sayılı problem olarak formüle ederek yeni bir milkrun metodu önermişlerdir. Optimale yakın bir çözüm bulmak için genetik algoritma yaklaşımı kullanılmıştır. İran’da bir otomobil üreticisinden alınan gerçek veriler kullanılarak bir uygulama çalışması yapılmıştır. Çalışmasında matematiksel modellemesini, bir otomobil endüstrisinin özel bir durumu için o özelleştirilmiştirlerdir. Bazı gerçek verileri kullanarak matematiksel

formülasyonu ve meta-sezgiselliği uygulanmış ve sonuçları mevcut strateji ile karşılaştırılmıştır. İlk sonuçlar incelendiğinde, önerilen yöntemin lojistik maliyetini önemli ölçüde düşürülmesini sağladığını görülmüştür.

Nemoto ve diğ. (2010) Tayland'da Japon otomobil üreticileri tarafından yapılan milkrun lojistik uygulamasını açıklamışlardır. Çalışma sonucunda sevk edilen kamyon sayısında azalma ve kentsel alanlardaki trafik yoğunluğunda iyileşmeler görülmüştür.

Tansel ve diğ. (2010) çalışmanın kapsamı içerisinde, malzemelerin rampalardan montaj hattına taşınması süresinde oluşan iç lojistik aktivitelerinin optimize edilmesi amaçlamıştır. Matematiksel model, sezgisel model ve benzetim modellerini bütünleşmiş bir şekilde kullanan SYMECA sistemini geliştirmiştir.

Yurdugül (2010) yalın üretim uygulama araçlarından biri olan değer akışı haritalandırma yöntemini kullanarak bir ambalaj firmasında uygulama çalışması yapmıştır. Değer akışı haritalandırma yöntemi sayesinde büyük resme odaklanarak önceden fark edilmeyen israf kaynakları da ortaya çıkarılmıştır. Üretim düzgünleştirme yöntemi ile üretim çizelgesi oluşturularak gelecek durum için çekme sistemi ve kanban sistemlerini de içeren bir tasarım yapmıştır.

Kovacs (2011) çok komutlu toplama ile karakterize edilen ve milkrun lojistiği tarafından hizmet verilen bir depo ataması problemini ele almıştır. Bu çalışmada milkrun sisteminin matematiksel bir programlama modelinde kullanılabilecek öğelerin talep olasılıkları arasında bir korelasyona yol açtığı gösterilmiştir. Sipariş döngü süresini, ortalama toplama girişimini veya bu iki kriterin doğrusal bir kombinasyonunu minimize eden sınıf tabanlı bir depolama politikası bulmak için karışık tam sayılı bir programlama modeli önerilmiştir.

Kılıç (2011) yalın üretimin temel alındığı bir üretim ortamında katma değerli süreyi arttıran, süreç içi stok ve taşıma maliyetlerini düşüren, kolay yönetilebilir, standardize edilmiş taşıma araçlarından kurulu bir iç lojistik yapısı oluşturmayı amaçlamıştır ve uygulama yapmıştır.

Kılıç ve diğ. (2011) fabrika içi milkrun sistemlerini sınıflandırarak açıklamışlardır. Ayrıca kullanılan araç sayısının ve taşıma mesafesinin minimizasyonunu sağlayan bir matematiksel modelleme önermişlerdir. Bu şekilde belirli bir zaman periyodunda gerekli araç sayısı ve bu araçlara ait rotalar belirlenmiştir. Üretim ortamının gerektirdiği belirli bir zaman periyodu altında bir kısa trene birden fazla rotanın atanabildiği karma

tamsayılı doğrusal bir model önerilmiştir. Modelin uygulanabilirliğinin gösterilmesi için sayısal bir örnek üzerinde çeşitli senaryolara göre modellemelerde bulunulmuş ve çözümler elde edilmiştir. Elde edilen çözümlerde her bir zaman periyodu için kaç aracın gerekli olduğu, hangi rotalar izlemesi gerektiği ortaya konulmuştur. Ele alınan sayısal örnek küçük boyutta olduğu için en iyi değerlere ulaşlabilmektedir. Sayısal örnek basit bir yapıdadır ve üretim ortamlarında çok fazla çeşitlilik bulunmaktadr. Bu çeşitlilikleri içeren bir çalışmaya ihtiyaç vardır. Özellikle de sayısal örneğin büyümesiyle en iyi değerlerin elde edilmesi zorlaşacaktır. Bu noktada sezgisellerin geliştirilmesi önem kazanmaktadır.

Sol (2011) set şeklinde sevkiyat ile hat kenarı besleme yöntemlerini değer akışı tekniği kullanarak karşılaştırmayı ve set şeklinde sevkiyat sisteminin tüm süreçlerini içine alan bir set süreç yönetim metodu geliştirmeyi amaçlamıştır. Set şeklinde sevkiyat ile hat kenarına besleme yönteminin karşılaştırılması için dört farklı durum senaryosu oluşturulmuş ve aralarındaki farklar değer akışı haritalandırma metodu kullanılarak ortaya konmuştur. Geliştirilen set süreç tasarımı bir aydınlatma firmasında uygulanmıştır. Çalışmasında set şeklinde sevkiyat ile hat kenarı besleme yöntemlerinin değer akışı tekniği kullanılarak karşılaştırılması ve set şeklinde sevkiyat sisteminin tüm süreçlerini içine alan bir set süreç yönetim metodu geliştirmektir.

Şahin (2011) yalın üretim uygulanmayan televizyon üretim firmasında yeni bir malzeme besleme sistemi kurma çalışması yapmıştır. Bu çalışma kapsamında mevcut durum değer akış haritasından yola çıkılarak ambarlar ile son montaj arasında milkrun döngülü çekme kanbanı uygulanmıştır.

Emde ve Boysen (2012), tek bir montaj hattı boyunca istasyonlara parça tedariki sağlayan süpermarketlerin yerleştirilmesi için optimal bir algoritma sunmuşlardır. Yeni bir süpermarket eklemenin yaratacağı sabit maliyet ile istasyon talepleri ile ağırlıklandırılmış taşıma mesafelerinin azalması arasındaki farkı hesaplayan ve ortaya çıkan problemi polinom zamanda çözen bir dinamik programlama algoritması modellemişlerdir. Süpermarket konseptinin artılarını ve eksilerini değerlendirerek üretim bölümünde süpermarket ataması ve optimal sayının belirlenmesi için bir karar problemi açıklanmıştır.

Kılıç ve diğ. (2012) fabrika içi milkrun dağıtım sistemlerinin sınıflandırılması ve modellenmesi konulu bir çalışma yapmışlardır. Bu kapsamda çekme tabanlı bir

malzeme elleçleme sistemi problemini analiz etmişlerdir. Geliştirilen modelde araç sayısı ve katedilen mesafe minimize edilmiştir.

Kılıç ve Durmuşoğlu (2012) montaj hatlarında set yapma sistem tasarımı için matematiksel bir model geliştirmişlerdir. Yalın üretim çevresinde iş istasyonlarına set halinde teslimat için periyodik turları esas alan modelde yarı mamül maliyetleri ve işçi sayıları minimize edilmiştir.

Yürek (2012) otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir firmada hammaddeleri tedarikçilerden toplama faaliyetlerini düzenleyerek tedarik ve üretimin birbirleri ile uyumlu bir şekilde çalışmasını sağlamayı, en iyi rotayı belirlemeyi ve böylece lojistik ve stok maliyetlerini düşürmeyi amaçlamıştır. Bu kapsamda milkrun uygulaması problemi ele alınmış ve problem çözümü için karışık tam sayılı matematiksel model verilmiştir. Bir işletmede toplama faaliyetlerini düzenleyerek tedarik ve üretimin birbirleri ile uyumlu bir şekilde çalışmasını sağlamak, en iyi rotayı belirlemek ve bu sayede lojistik ve stok maliyetlerini düşürmektir. Bunun için döngüsel sefer uygulaması problemi ele alınmış ve problemi çözmek için karma tam sayılı matematiksel model verilmiştir. GAMS, CPLEX çözücüsünden alınan sonuca göre, lojistik maliyetlerinde, işgücünde ve tesellüm sürelerinde önemli iyileşmeler elde etmişlerdir.

Gyulai ve diğ. (2013), fabrika içi milk-run sistemine ait rotaları belirlemek için bir sezgisel yaklaşım önermişlerdir.

Persona ve diğ. (2013), merkezi olmayan depo (süpermarket) konseptini ele almışlardır ve süpermarket konseptinde ortaya çıkan temel problemleri tanımlamışlardır. Bununla birlikte konu ile ilgili detaylı bir literatür araştırması sunmuşlardır. Süpermarket, kanban ve çekici tren kullanarak çoklu model montaj hattı besleme sistemlerini tasarlamayı amaçlamışlardır. Bu yapı hem uzun dönem (statik) hem de kısa dönem (dinamik) problemler için bütünleşik bir yaklaşım sunmuştur. Önerilen metodoloji bir İtalyan otomotiv firmasında uygulanmıştır.

Şatoğlu ve Şahin (2013) tam zamanında üretim ortamındaki milkrun sistemi için rota oluşturulması ve servis periyodunun belirlenmesi amacıyla bir matematiksel model ve sezgisel yaklaşım önermişlerdir. Toplam malzeme taşıma ve envanter tutma maliyetini minimizasyonu amacıyla gerçekleştirilen modeller bir gerçek üretim ortamında uygulanmıştır.

Çelepçıkay (2014) bir lojistik şirketinin çapraz sevkiyat tesisi incelemiştir. A3 yöntemiyle şirketin mevcut durumu incelenerek gözlem ve analiz yapmıştır. Bu gözlem ve analizler sonucu tespit edilen problemlerden ortalama stokta kalma süresini azaltmak için Öneri A3'ü geliştirilmiştir. Bir diğer problem ise mal kabul sürelerinin fazlalığıdır. Bu problemin kaynağını ortaya koyması ve çözüm üretebilmek için Sorun A3'ü geliştirilmiştir. A3 çalışması ile ortaya konan plan ayrıntısı hayata geçirildiği takdirde iyileşmenin yaşanabileceği öngörülmüştür.

Kauderer ve diğ. (2015) otomotiv endüstrisindeki parça lojistiğinin temel süreçlerini siparişlerin alınmasından boş parça konteynırlarının geri dönüşüne kadar ele almışlar ve konu ile ilgili detaylı bir literatür araştırması sunmuşlardır. Karşılaşılan karar problemlerini açıklamışlar ve süpermarket konseptinin avantajlarından bahsetmişlerdir.

Klenk ve diğ. (2015) fabrika içi milkrun sistemlerinde değişken talep ile başa çıkabilmek için kullanılabilecek stratejileri önermişlerdir. Bu stratejileri gerçek hayat verileri kullanarak dağıtım maliyeti, teslim süresi ve servis düzeyi açısından değerlendirmişlerdir. Milkrun sistemlerinde dağıtım piklerinin elleçlenmesi için farklı stratejiler geliştirmişlerdir. Otomotiv sektöründe iki büyük firmadan aldıkları gerçek malzeme tüketimi verilerini kullanarak bu stratejileri dağıtım maliyeti, teslim süresi ve hizmet seviyesine göre değerlendirmişlerdir.

Kılıç ve Durmuşoğlu (2015) parça besleme politikaları üzerine bir literatür araştırması ortaya koymayı ve bir sınıflandırma yapısı yardımıyla parça besleme sistem bileşenlerini bulmayı amaçlamışlardır. Bu sınıflandırma yapısı; parçaların depolanması, taşınması ve besleme politikası olmak üzere üç bileşenden oluşmaktadır.

Ridvan ve diğ. (2015) ise aynı problemi tam sayılı programlama modeli ve genetik algoritma kullanarak çözmeye çalışmışlardır.

Uçar ve Bayrak (2015) kesikli bir üretim tesisinde milkrun ve süpermarket yaklaşımlarını kullanarak fabrika içi lojistiğin geliştirilmesi için bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada iki ayrı uygulama senaryosu önerilmiştir. İlki ergonomi açısından lojistik aktivitelerinin geliştirilmesi ve ikincisi de işçilerin harcadığı zaman ve kat edilen mesafenin minimize edilmesiyle belirlenen iç lojistik aktivite problemlerinin çözümlenmesine yönelik olmuştur. Çalışmada, yalın üretim / lojistik ilkeleri kullanılarak ayrı bir üretim tesisinde fabrika içi lojistiğin iyileştirilmesi üzerine

bir vaka çalışması sunmaktadır. İki bağımsız uygulama senaryosu sunulmuştur. İlk uygulamada, (1) bel seviyesindeki raflara ağır kutular yerleştirerek ve (2) fiziksel yükü serbest bırakmak için tekerlekli raflar / arabaları uygulayarak bir süpermarketin (küçük dahili depo) işleyişini işçiler üzerinde ergonomi açısından iyileştirilmiştir. İkinci uygulamada, yeni bir süpermarket ile ilgili lojistik süreçler temelde yeniden tasarlanmıştır.

Bora (2016) yalın bakış açısıyla montaj hatlarının performansını artırmayı amaçlamıştır. Sistem performansının maksimize edilmesi için alternatif hücre yapıları ve hat tasarımları gerçekleştirilmiştir. Ofis koltukları üretim tesisinde karşı önlem olarak set yapma metodu önerilmiştir.

Nguyen ve Do (2016) Alman elektronik firmasında montaj hattının yeniden yapılandırılmasında yalın tekniklerin uygulanmasına ilişkin bir çalışma yapmışlardır. Geleneksel üretim modelinin yalın modele dönüştürülmesi konusunda yaptıkları bu çalışmada odak noktaları atıkların azaltılması, işlerin standartlaştırılması, iç lojistik, işyeri tasarımı ve yerleşim planı değişimi olmuştur.

Staab ve diğ. (2016) fabrika içi milkrun sisteminde trafik faktörünü dikkate alarak bunun sistem etkinliği üzerindeki etkilerini analiz etmişlerdir. Bu amaçla bir simülasyon modeli geliştirmişlerdir.

Yılmaz ve diğ. (2016), planlaması yapılamadığından kullanılamayan üç vagonlu tren sistemi için malzemelerin hat başlarına ne miktarda, nasıl ve hangi rotada taşınmasına karar veren kapsamlı bir milkrun sistemi ve matematiksel model geliştirmişlerdir. Programın makul bir sürede sonuç verememesinden dolayı sezgisel metotlara başvurulmuştur. İnşa sezgiseliyle başlangıç çözümü alınmış, sonrasında, benzetilmiş tavlama meta sezgisel algoritması kullanılarak elde edilen çözüm iyileştirilmiştir.

Kuvvetli ve Erol (2017) ağaç ürünleri üreten bir işletmede üretim alanındaki iş merkezleri arasındaki malzeme taşıma sistemi ele alınmış ve taşıma alternatifleri kesikli olay simülasyonu yaklaşımıyla incelenmiştir.

Yıldız ve diğ. (2018) makinelere malzeme tedariği yaparken hat yanı stok miktarını ve taşıma maliyetlerini en küçükleyerek katma değersiz işleri azaltmak istemişlerdir. Firmaya ait malzeme tedariği problemi için iki farklı senaryo dikkate alınmış ve her senaryo iki aşamalı olarak değerlendirilmiştir. Her senaryonun birinci aşamasında, malzeme tedariği yapacak araç için toplam dolaşım mesafesini en aza indirecek araç

rotası oluşturulmuştur. İkinci aşamada ise, birinci aşamada elde edilen rota kullanılarak hat yanı stok miktarları ve araç kapasite kısıtı dikkate alınarak malzeme tedarik planlaması gerçekleştirilmiştir. Her bir aşamanın çözümü için karışık tamsayılı doğrusal programlama modeli geliştirilmiştir. Yapılan sayısal çalışmalar sonucunda, geliştirilen çözüm yaklaşımının firmada kullanılması durumunda taşıma aracının etkinliğindeki artış ile stok maliyeti, taşıma maliyeti ve katma değersiz işlerden doğan maliyetlerdeki azalmalar ortaya konmuştur.

Sol ve diğ. (2018) set halinde teslimat yaklaşımını esas alan bütünsel bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Bu çalışmayla fabrika içi lojistik süreçlerinin etkin bir şekilde planlanması ve yönetilmesi amaçlanmıştır. Geliştirilen metodoloji aydınlatma ürünleri üreten bir firmada uygulanmıştır. Montaj hatlarına set esaslı malzeme beslemeye yönelik bir metodoloji geliştirilmesi ve böylece fabrika içi lojistik süreçlerinin etkin bir şekilde planlanmasını ve yönetilmesini sağlamak amaçlanmıştır.

Uygun ve diğ (2018) Vaka Çalışması Yaklaşımı esas alınarak DAH Tekniğinin bir üretim prosesine uygulanması ile israfların nasıl ortadan kaldırılabileceğini ve iyileştirmelerle verimlilik artışı sağlanabileceğini incelemişlerdir.

Kulaç ve Çağl (2019) üretim tesisi içindeki yarı mamül dağıtma işlemi Araç Rotalama Problemi (ARP) olarak değerlendirmiş ve bu problemin çözüm yöntemlerinden olan Clarke ve Wright Tasarruf Algoritması ve Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi (KARP) matematiksel modeli kullanılarak yarı mamül dağıtım operatörünün minimum sürede çevrimini tamamlayacağı dağıtım rotaları önermişlerdir.

Otacıoğlu ve diğ. (2019) tarafından yapılan araştırmalar sonucunda çalışmanın amacı “Üretimdeki duruşları azaltacak, süpermarketteki süreç ve akış verimliliğini artıracak şekilde otomatik stoklama ve çekme sistemi (ASRS) ve montaj hatları arasındaki malzeme akışının tasarlanması” olarak belirlenmiştir. Üç aşamalı sezgisel yaklaşım geliştirilerek, (i) belirli stok miktarları için olası en az otomatik yönlendirmeli araç (AGV) sayısının ve (ii) belirli AGV sayısı kısıtı altında olası en az stok miktarlarının belirlendiği iki alternatif çözüm oluşturulmuştur.

Sipahioğlu A. & Altın İ. (2019) fabrika içi rotalarının ve periyodunun belirlenmesinin önemi vurgulamıştır. AGV’ların milk run rotalarını ve periyotlarını eş zamanlı olarak belirlemek için bir karma matematiksel model önermiştir. Önerilen model GAMS

yazılımı kullanılarak kodlanmış ve modelin başarısı rassal olarak türetilen test problemleri üzerinde gösterilmiştir.

Uysal ve Özcan (2019) işletme zeminine kurulacak süpermarketlerin sayısının ve yerlerinin belirlenmesi problemi ele almışlardır. Komşuluk yapısı içeren algoritmaların problemin çözümünde etkili olabileceği düşünülerek, çalışmamızda bir tavlama benzetimi algoritması geliştirilmiş ve algoritma bir dizi test problemi üzerinde test edilmiştir.

Usuk ve Selvi (2019) tam zamanında üretim felsefesine sahip bir otomotiv işletmesinde montaj istasyonlarının acil parça isteklerini karşılamak üzere olan “Kablosuz Acil Parça İstek Sistemi” geliştirilmiştir.

Çizelge 5.3’te son yirmi yıla ait incelenen literatürlerin matrisini yorumluyor olursak, sektörlerde yalın iç lojistik sistemlerinin kurulması, iyileştirilmesi ve malzeme taşıma optimizasyonu amacıyla beraber yapılan çalışmalarda maliyetin minimizasyonu, alan optimizasyonu, stokların minimize edilmesi, malzeme araç sayısının azaltılması çevrim sürelerinin minimize edilmesi ve malzeme akışının optimizasyonunun önemli hedefler arasında olduğu görülmektedir.

Yaratılacak yeni iç lojistik düzeninde hedef doğrultusunda özellikle matematiksel model ve algoritmalar kurulduğu yaygındır, bununla beraber sistemin test edilmesi ve iyileştirilmesi için simülasyon çalışmaları da yapılmıştır. Gerçek veri ile uygulamanın ağırlıkta olduğu 2000’li yıllarda literatür araştırmaları da görülmüştür. Bu durum, yapılan çalışmaların kolay şekilde şirketlerde ve üretim tesislerinde uygulanabilir olduğunu göstermektedir. Uygulamaların bir kısmında malzeme akışını düzenlemek için depolar ve istasyonlar arasında süpermarket kurulumu yapılmıştır. Çalışmaların bir kısmında öncelikli olarak değer akışı haritasının çıkarılması ve gelecek durumun harita üzerinden oluşturulması da sağlanır.

Farklı araç tipleri olsa da, yalın iç lojistik kapsamında yapılan uygulamaların çok büyük kısmında işletme içi milkrun, iç lojistik treni aracın tercih edildiği ve belirlenen rotada bu araçlar ile malzeme beslemesi yapıldığı görülmektedir.

| YALIN İÇ LOJİSTİK           | Kullanılan Yöntem     |           |               |            |            |             | Amaç                         |             |             |                              |                       |                    |                    | Süpermarket Uygulaması |       | Uygulama |     | DAH  |       | Gerçek Veri Kullanımı |     | Kullanılan İç Lojistik Aracı |               |          |               |          |     |  |
|-----------------------------|-----------------------|-----------|---------------|------------|------------|-------------|------------------------------|-------------|-------------|------------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|------------------------|-------|----------|-----|------|-------|-----------------------|-----|------------------------------|---------------|----------|---------------|----------|-----|--|
| Makaleler                   | Literatür Araştırması | Modelleme | Metodoloji/A3 | Kanban/JIT | Simülasyon | Kit Dağıtım | Malzeme Taşıma Optimizasyonu | Maliyet Min | Alan Optim. | Üretim Hattı Yeniden Tasarım | Araç Sayısını Azaltma | Çevrim Süresi Min. | Stok Minimizasyonu | Evet                   | Hayır | Var      | Yok | Evet | Hayır | Var                   | Yok | Kamyon/Tr                    | Mikrun/Çekici | Konveyör | Manuel Taşıma | Forklift | AGV |  |
| Karaesmen ve Dallery (2000) |                       | X         |               |            |            |             | X                            | X           |             |                              |                       |                    |                    |                        | X     |          | X   |      | X     |                       | X   |                              |               |          | X             |          |     |  |
| Akilloğlu ve diğ. (2006)    |                       | X         |               |            | X          |             | X                            | X           |             |                              |                       |                    |                    |                        | X     | X        |     |      | X     | X                     |     |                              | X             |          |               |          |     |  |
| Pena ve diğ. (2007)         |                       | X         |               |            |            |             | X                            |             |             |                              |                       | X                  | X                  |                        | X     | X        |     | X    |       | X                     |     |                              | X             |          |               |          |     |  |
| Wang ve diğ. (2007)         |                       |           |               |            | X          |             |                              |             |             |                              |                       | X                  |                    |                        | X     | X        |     |      | X     |                       | X   |                              |               | X        |               |          |     |  |
| Artuşık (2008)              |                       |           |               |            | X          |             |                              | X           |             |                              |                       |                    | X                  |                        | X     | X        |     | X    |       | X                     |     |                              | X             |          |               |          | X   |  |
| Gecü (2008)                 |                       |           |               |            |            | X           | X                            | X           | X           |                              |                       | X                  | X                  |                        | X     | X        |     | X    |       | X                     |     |                              | X             |          |               |          |     |  |
| Shen ve Hao (2008)          |                       | X         |               |            | X          |             | X                            |             | X           |                              |                       |                    |                    |                        | X     |          | X   |      | X     |                       | X   |                              | X             |          |               |          | X   |  |
| Yıldız (2008)               |                       | X         |               |            |            |             |                              | X           | X           |                              |                       |                    | X                  |                        | X     | X        |     |      | X     | X                     |     |                              | X             |          |               |          |     |  |
| Sadjadi ve diğ. (2009)      |                       | X         |               |            |            |             |                              | X           |             |                              |                       |                    |                    |                        | X     | X        |     |      | X     | X                     |     |                              | X             |          |               |          |     |  |
| Nemoto ve diğ. (2010)       |                       |           |               |            |            |             |                              |             |             |                              | X                     |                    |                    |                        | X     | X        |     |      | X     | X                     |     |                              | X             |          |               |          |     |  |
| Tansel ve diğ. (2010)       |                       | X         |               |            |            |             | X                            |             |             |                              | X                     |                    |                    |                        | X     | X        |     |      | X     | X                     |     | X                            | X             |          |               |          |     |  |
| Yurdugül (2010)             |                       |           |               |            |            |             | X                            | X           |             |                              |                       |                    |                    | X                      |       | X        |     | X    |       | X                     |     |                              |               |          |               |          |     |  |
| Kılıç (2011)                |                       | X         |               |            | X          | X           | X                            | X           | X           |                              | X                     |                    |                    | X                      |       | X        |     |      | X     | X                     |     |                              | X             |          |               |          |     |  |
| Kılıç ve diğ. (2011)        |                       | X         |               |            |            |             | X                            |             |             |                              | X                     |                    |                    |                        | X     | X        |     |      | X     |                       | X   |                              | X             |          |               |          |     |  |
| Kovacs (2011)               |                       | X         |               |            |            |             |                              |             |             |                              |                       | X                  |                    |                        | x     | X        |     |      | X     |                       | X   |                              | X             |          |               |          |     |  |
| Sol E. (2011)               |                       |           |               |            |            | X           | X                            |             |             |                              |                       | X                  | X                  |                        | X     | X        |     | X    |       | X                     |     |                              |               |          |               |          | X   |  |
| Şahin (2011)                |                       |           |               | X          |            |             | X                            |             | X           |                              |                       |                    | X                  |                        | X     | X        |     | X    |       | X                     |     |                              | X             |          |               |          |     |  |
| Emde ve Boysen (2012)       |                       | X         |               |            |            |             | X                            | X           |             |                              | X                     |                    | X                  | X                      |       | X        |     |      | X     |                       | X   |                              | X             |          |               |          |     |  |
| Kılıç ve diğ. (2012)        |                       | X         |               |            |            |             | X                            |             |             |                              | X                     |                    |                    |                        | X     |          |     |      | X     |                       |     |                              | X             |          |               |          |     |  |
| Kılıç ve Durmuşoğlu (2012)  |                       | X         |               |            |            |             |                              | X           |             |                              |                       | X                  | X                  |                        | X     | X        |     |      | X     | X                     |     |                              | X             |          |               |          |     |  |
| Yürek (2012)                |                       | X         |               |            |            |             | X                            | X           | X           |                              |                       |                    |                    |                        | X     | X        |     |      | X     | X                     |     |                              | X             |          |               |          |     |  |
| Gyulai ve diğ. (2013)       |                       | X         |               |            |            |             | X                            |             |             |                              |                       | X                  |                    |                        | X     | X        |     |      | X     | X                     |     |                              | X             |          |               |          |     |  |
| Persona ve diğ. (2013)      |                       | X         |               |            |            |             |                              | X           |             |                              |                       |                    |                    | X                      |       | X        |     |      | X     | X                     |     |                              | X             |          |               |          |     |  |
| Satoğlu ve Şahin (2013)     |                       | X         |               |            |            |             |                              | X           | X           |                              |                       |                    | X                  |                        | X     | X        |     |      | X     | X                     |     |                              | X             |          |               |          |     |  |
| Celepçıkay (2014)           |                       |           | X             |            |            |             |                              |             | X           |                              |                       |                    |                    |                        | X     | X        |     |      | X     | X                     |     | X                            |               |          |               |          |     |  |
| Kauderer ve diğ. (2015)     | X                     |           |               |            |            |             |                              |             |             |                              |                       |                    |                    |                        |       | X        |     |      |       |                       |     |                              |               |          |               |          |     |  |
| Klenk ve diğ. (2015)        |                       | X         |               |            |            |             |                              |             |             |                              |                       | X                  |                    | X                      |       |          | X   |      | X     | X                     |     |                              | X             |          |               |          |     |  |
| Kılıç ve Durmuşoğlu (2015)  | X                     |           |               |            |            |             |                              |             |             |                              |                       |                    |                    |                        |       |          | X   |      |       |                       |     |                              |               |          |               |          |     |  |
| Ridwan ve diğ. (2015)       | X                     |           |               |            |            |             |                              | X           |             |                              |                       |                    |                    |                        |       |          | X   |      | X     |                       |     |                              |               |          |               |          |     |  |
| Uçar Ç. & Bayrak T. (2015)  |                       |           |               | X          |            |             |                              | X           |             |                              |                       | X                  | X                  | X                      |       |          | X   |      |       | X                     | X   |                              | X             |          |               |          |     |  |
| Bora (2016)                 |                       | X         |               |            |            |             |                              |             | X           | X                            |                       | X                  | X                  | X                      |       | X        |     | X    |       | X                     |     |                              |               |          |               |          |     |  |
| Nguyen ve Do (2016)         |                       |           | X             |            |            |             |                              |             | X           | X                            |                       | X                  |                    |                        | X     | X        |     | X    |       | X                     |     |                              |               |          | X             |          |     |  |
| Staab ve diğ.(2016)         |                       |           |               |            | X          |             | X                            |             |             |                              |                       | X                  |                    |                        |       | X        |     |      | X     | X                     |     |                              | X             |          |               |          |     |  |
| Yılmaz ve diğ. ( 2016 )     |                       | X         |               |            |            |             | X                            | X           | X           |                              |                       |                    | X                  | X                      |       | X        |     |      | X     | X                     |     |                              | X             |          |               |          |     |  |
| Kuvvetli ve Erol (2017)     |                       |           |               |            | X          |             |                              | X           | X           |                              |                       |                    |                    |                        | X     | X        |     |      | X     | X                     |     |                              |               | X        |               |          |     |  |
| Yıldız ve diğ. (2018)       |                       | X         |               |            |            |             | X                            | X           |             |                              | X                     | X                  | X                  |                        | X     | X        |     |      | X     | X                     |     |                              |               |          |               |          |     |  |
| Sol ve diğ. (2018)          |                       |           | X             |            |            | X           |                              |             |             |                              |                       | X                  | X                  | X                      |       | X        |     |      | X     | X                     |     |                              |               |          | X             |          |     |  |
| Uygun ve diğ. (2018)        |                       |           |               | X          |            |             |                              | X           |             |                              |                       |                    | X                  |                        | X     | X        |     | X    |       | X                     |     |                              |               |          |               | X        |     |  |
| Kulaç ve Çağlı (2019)       |                       | X         |               |            |            |             |                              |             |             |                              |                       | X                  |                    |                        | X     | X        |     |      | X     | X                     |     |                              |               |          |               |          |     |  |
| Otaçioğlu ve diğ.(2019)     |                       | X         |               |            |            |             | X                            |             |             |                              | X                     |                    | X                  | X                      |       | X        |     |      | X     | X                     |     |                              |               |          |               |          | X   |  |
| Siparhioglu ve Altın (2019) |                       | X         |               |            | X          |             |                              | X           | X           |                              |                       |                    |                    |                        | X     | X        |     |      | X     | X                     |     |                              |               |          |               |          | X   |  |
| Usuk ve Selvi (2019)        |                       | X         |               | X          |            |             |                              | X           | X           |                              |                       | X                  | X                  |                        | X     | X        |     |      | X     | X                     |     |                              |               |          |               | X        |     |  |
| Uysal ve Özcan(2019)        |                       | X         |               |            |            |             | X                            |             |             |                              |                       | X                  | X                  | X                      |       | X        |     |      | X     |                       | X   |                              | X             |          |               |          |     |  |
| TOPLAM: 43                  | 3                     | 26        | 3             | 4          | 8          | 4           | 20                           | 21          | 14          | 2                            | 8                     | 17                 | 18                 | 11                     | 28    | 36       | 4   | 9    | 32    | 32                    | 7   | 2                            | 26            | 1        | 3             | 5        | 2   |  |

Şekil 5.3 : Yalın iç lojistik ile ilgili literatür matrisi.



## 6. GELİŞTİRİLEN METODOLOJİ

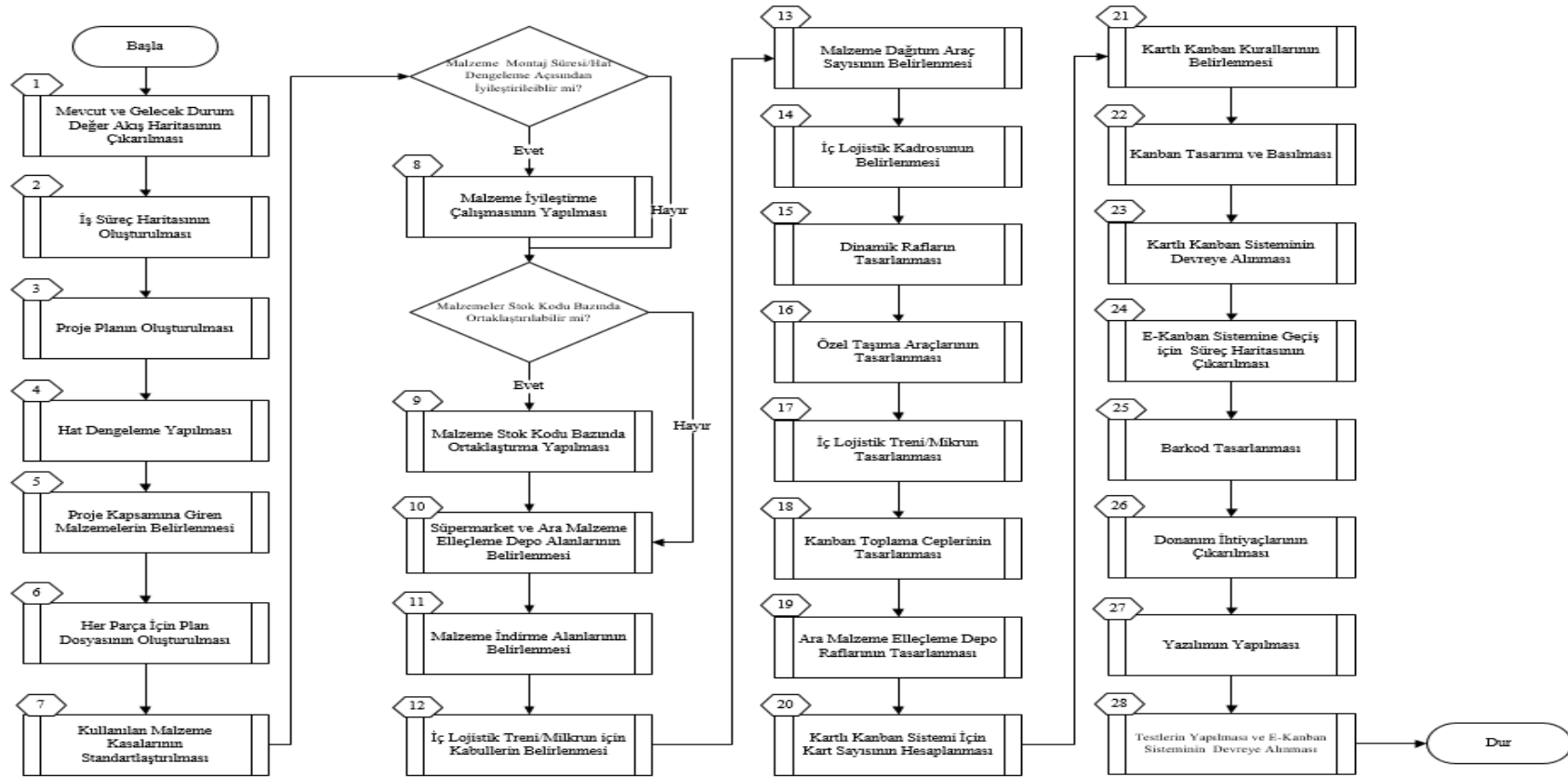
Metodoloji kapsamında takip edilecek yol haritası Şekil 6.1’de paylaşılmaktadır. Haritada gösterilen temel adımların üzerinde altıgen içinde kodları belirtilmiştir. Çıkarılan yol haritasına göre ilk olarak işletmenin mevcut durum ve iyileştirme noktaları ile gelecek durum değer akış haritası çıkarılmaktadır. Malzeme hareketi özelinde toplam taşımalara yönelik mevcut durum ve iyileştirmelerle planlanan yeni durum spagetti diyagramı çizilmektedir.

İkinci adımda üretim planı doğrultusunda hatta malzeme tedarikçisinin mevcut süreç haritası çıkarılmıştır. Bu harita ile iç lojistik düzeninde tespit edilen iyileştirmeler kanban sisteminin kurgusunda kullanılacaktır. Ardından üçüncü adımda proje planı çıkarılır.

İç lojistik tasarımının planlanmasının ardında dördüncü adım olarak hat dengeleme çalışması ile projeye başlanır. Beşinci adımda dengeleme sonucunda proje kapsamında alınması gereken malzemeler belirlenmektedir ve altıncı adım olarak kapsama giren bu malzemelerin tedarikçi bilgisi, depolardan montaj istasyonlarına taşınmasına kadar kullanılan ambalaj tipi, kutu içi miktarı, ürün modeli bazında tüketim miktarı ve kullanılan istasyon bilgisi gibi malzeme ile ilgili bilgilerin yer aldığı “Her Parça için Plan” dosyası hazırlanır. Proje devamında bu dosyaya kanban kart basım bilgileri, süpermarket, ara malzeme elleçleme depo ve hat yanı stok miktarları dahil edilecektir.

Yedinci adımda malzeme taşımalarının yalın bir sistemde sağlanması için tedarik edilen ve/ya montaj hattına beslenen ambalajların standartlaştırılması sağlanmıştır. Sekizinci ve dokuzuncu adımlar olarak hat dengeleme sonuçlarına göre operasyonu iyileştirebilecek malzemelerde çalışma yapılması ve stok çeşitliliğinin yönetimi için malzeme gruplarında ortaklaştırma çalışmaları yapılması planlanmaktadır.

Ardından onuncu adım olarak süpermarket ve ara malzeme elleçleme depo alanlarının tespit edilmesi gelmektedir. Bu alanların belirlenmesi ardından malzeme indirme alanlarının tespit edilmesi ve ihtiyaçların çıkarılması on birinci adım olarak gelmektedir.



Şekil 6.1 : Geliştirilen metodoloji.

On ikinci adımda işletme içinde planlanan milkrun döngüsünün işlemlerine yönelik kabuller belirlenir. On üç ve on dördüncü adımlarda ise işletme içinde taşıma yapacak milkrun sayısı, rotası ve gerekli iç lojistik ekibi kadrosu hesaplanmaktadır. Sonraki süreçte ara malzeme elleçleme depo, hat yanı ve süpermarkete kurulacak dinamik raflar, özel taşıma araçları ve milkrun tasarımları yapılır, ihtiyaç doğrultusunda kanban cepleri tasarlanır (Adım 15-16-17-18-19).

Yirminci adımda kartlı kanban sistemi için malzeme grubu bazında kanban sayısı çıkarılır, yirmi birinci adımda oluşturulacak kanban sisteminin sağlıklı şekilde işlemesi için kabuller ve kurallar oluşturulur. Yirmi ikinci adımda sayısı hesaplanan kanbanların tasarımı yapılmaktadır. Yirmi üçüncü adımda tüm hazırlıklar tamamlanmış ve kartlı kanban sistemi devreye alınmaktadır.

Yirmi dördüncü adımla beraber elektronik kanban sistemine geçiş için süreç haritaları hazırlanmaktadır. Yirmi beşinci adımda okutmaların yapılması ve sinyal oluşturulması için raflar ve depo alanları için barkodlar tasarlanır, devamında yirmi altıncı adımda e-kanban sistemi için gerekli donanım ihtiyaçları belirlenir.

Yirmi yedinci adımda kurgulanan e-kanban sistemine yönelik yazılım süreci tamamlanır ve son adımda sistem testleri yapılarak devreye alınır.

Metodolojinin sonunda projenin sağlıklı şekilde devreye alınması ve yürütülmesine destek veren üç önemli çalışmaya da yer verilmiştir. Bu çalışmaların projeye planlanan katkıları aktarılacaktır.

### **6.1 Değer Akış Haritası (DAH)**

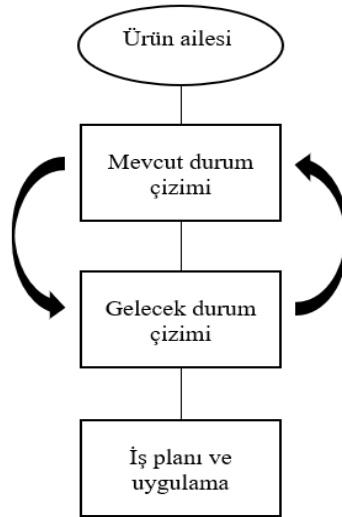
Bu tezde müşteri talebinden malzemenin ürün haline dönüştürülmesi akışını kapsayan “kapıdan kapıya” üretim akışı ele alınacaktır. Bu akış müşteriye teslimatı ve yan sanayilerden malzemelerin teminini de içerir.

DAH (Şekil 6.1- ) , aşağıda Şekil 6.2’de gösterilen adımları takip eder. İlk adım ürün ailesi seçimi yapmakla başlar. Bir ürün ailesi, benzer proses adımlarından (malzeme ve bilgi akışı) geçen ve özellikle üretimin son aşamalarındaki proseslerde ortak ekipman kullanılan ürünlerdir.

Küçük ve tek ürünli bir fabrika olmadıkça, bütün ürün akışlarını göstermek karmaşıklığa sebep olacaktır. DAH, tek bir ürün ailesi için, fabrika içinde kapıdan-kapıya, proses adımları boyunca yürümek ve onları çizmek demektir (Shook ve Rother, 1999).

İkinci adım sahadan bilgi toplayarak mevcut durumun çizilmesidir. Bu gelecek durumu tasarlamak için gerekli olan bilgiyi sağlar. Şekildeki mevcut durum ile gelecek durumlardaki gelişmelerin birbirini etkileyen çalışmalar olduğu çift yönlü oklarla gösterilmektedir. Ardından üçüncü adım olarak gelecek durumun çıkarılması yer alır (Shook ve Rother, 1999).

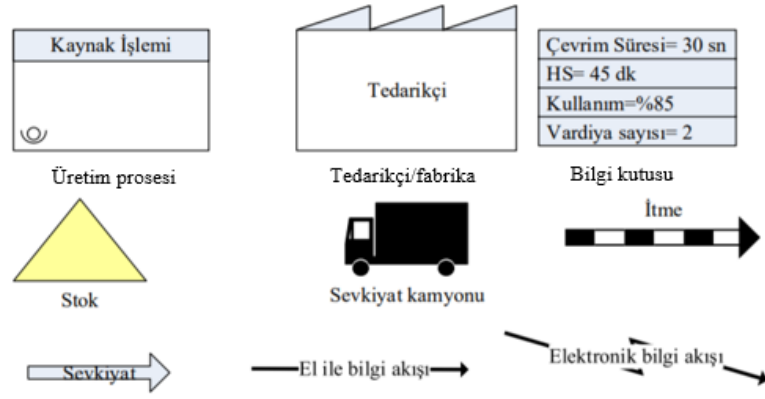
Son adım ise bir uygulama planının çıkarılması ve aktif olarak kullanılmaya başlanmasıdır. Bu plan gelecek duruma nasıl ulaşılacağını tanımlar (Shook ve Rother, 1999).



**Şekil 6.2 :** Değer akışı haritalama adımları (Shook ve Rother,1999).

### 6.1.1 Mevcut durum DAH

Mevcut durum değer akış haritası çizilirken kapsama alınan ürün ailesinin müşteriden hammadde teminine kadar olan süreci gözden geçirilir. Harita müşteri istekleri ile başlar. Kurşun kalem ile sahada gezilerek notlar alınması ve çizilmeye başlanması mevcut durumun yansıtılmasında fayda sağlar. Temel olarak Şekil 6.3'deki semboller kullanılır.



**Şekil 6.3 :** Mevcut durum DAH sembolleri (Kiraz ve diğ.,2017).

Müşteri talepleri kısmından başlandığı için ilk olarak haritanın çıkarıldığı sayfanın sağ üst köşesine müşteri için fabrika sembolü çizilir, ve altına isteklerin yer aldığı bilgi kutusu iliştilir. Haritalamanın diğer adımında talebi karşılamaya yönelik yapılan prosesler adımlanır, haritaya üretim proses kutuları eklenir. Proses ile ilgili başlamaya yardımcı olacak genel bilgiler aşağıdaki gibidir (Shook ve Rother,1999):

- C/T Çevrim süresi (bir proseste üretilen ardışık iki parça arasında geçen süre)
- C/O Model değiştirme süresi-setup (bir ürün tipinden diğerine geçebilmek için gerekli süre)
- Uptime-Makine kullanım oranı
- EPE-Üretim parti büyüklüğü (every part ever, üretim parti büyüklüğü)
- Operatör sayısı (proses kutuları içinde operatör sembolleri ile gösterilebilir)
- Ürün çeşitliliği sayısı
- Ambalaj/kasa büyüklüğü
- Çalışma süresi-molalar hariç (proseste vardiya başında mola/toplantı/temizlik vb hariç kullanılabilir çalışma süresi)
- Hurda oranı

Proses adımlarının altındaki bilgi kutularına çevrim süresi, model değiştirme süresi, operatör sayısı, kullanılabilir çalışma süresi, makine kullanım oranı ve üretim parti büyüklükleri eklenir. Değer akış haritalarında çevrim, takt ve kullanılabilir çalışma süresi için zaman birimi saniye olarak kullanılır (Shook ve Rother,1999).

Ürünün malzeme akışı boyunca yürürken, prosesler arası stokların biriktirildiği yerlerde stoğun yeri ve miktarını göstermek için uyarı üçgeni sembolü kullanılır (Shook ve Rother,1999).

Ardından günlük sevkiyat çizelgesine göre sevkiyat alanında bekletilen ürünler belirlenen sıklıkla müşteriye gönderilir. Haritanın sağ bölümünde kalın ok ve kamyon sembolü ile bitmiş ürünün müşteriye hareketi gösterilir (Shook ve Rother,1999).

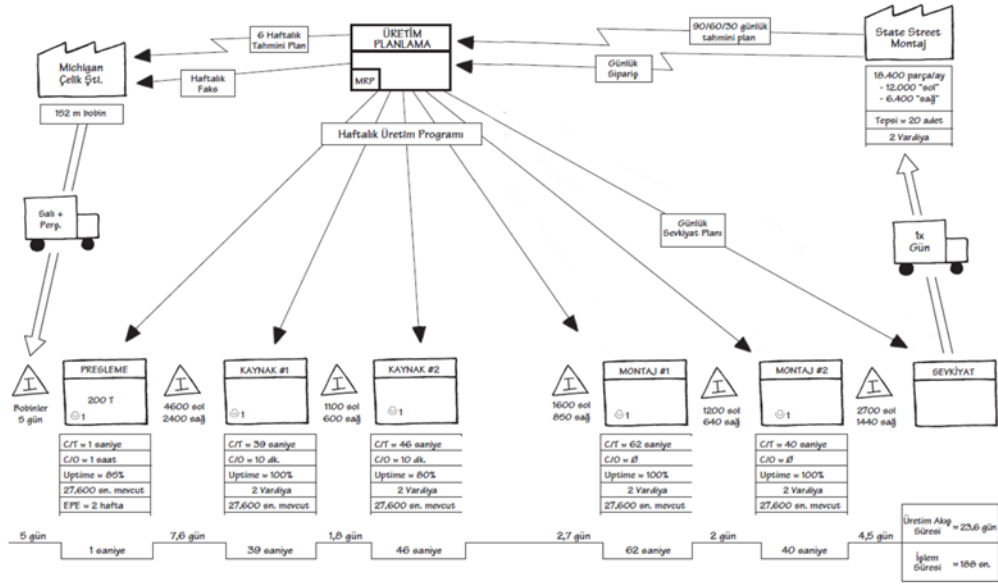
Haritanın diğer ucunda, başka bir fabrika ikonu ile tedarikçiye hareket gösterilir. Altına bilgi kutusu eklenir ve sipariş parti büyüklüğü yazılır. Hammadde stoğu ile tedarikçi arasında kamyon ve kalın ok ile sevkiyat hareketleri de eklenir.

Ürün ailesinde tedarikçiden alınan her bir parça haritaya dahil edilmemeli, sadece bir ya da iki malzemenin akışı çizilmelidir. Proses seviyesinde bir akış haritasında tüm malzemelere yer verilebilir (Shook ve Rother,1999).

Prosesler ve tedarikçilerin ne zaman ve ne kadar üretim yapacaklarını göstermek için değer akışına ikinci boyut olan bilgi akışı eklenir. Kağıt ile bilgi akışında ince ok, elektronik ortamda olan bilgi aktarımında (EDI-Electronic Data Interchange) şimşek şekline ok kullanılır. Bilgi akışı haritanın üst yarısındaki boşluğa sağdan sola doğru çizilir (Shook ve Rother,1999).

Üretim kontrol departmanı için proses kutusu eklenir. Oradan da üretim planı bilgi akışları yansıtılır. Her bir prosesin müşterisi için neyi, ne zaman üreteceğini ortaya koyunca haritalamanın önemli bir kısmı tamamlanmış olur. Üretimde iki tip hareket vardır: İtme ve çekme hareketi. İtme, bir prosesin müşteri prosesin ihtiyacını göz ardı ederek bir şeyler üretip ileriye doğru itmesi demektir. İtme sistemi kalın çizgili ok ile gösterilir (Shook ve Rother,1999). Çekme sisteminde ise bir sonraki prosesin ihtiyaçları kadar üretim yapıp gönderilir.

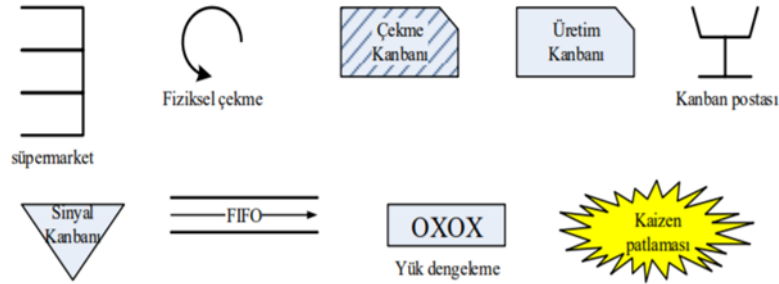
Son adım olarak üretim akış süresini hesaplamak için proses kutuları ve stok üçgenlerinin altına zaman ekseni çizilir. Üretim akış süresi, bir parçanın hammadde olarak ulaşımından müşteriye sevkiyata kadar geçen zamandır. Her stok için akış süresi stok miktarının günlük müşteri talebine bölünmesi ile hesaplanır (Shook ve Rother,1999). Stoklarla beraber gün cinsinden beklemleri zaman çizelgesinin üst kısmı gösterir, alt tarafta ise saniye / dakika bazında katma değerli işçilik miktarı mevcuttur (Şahin,2011). Anlatılan mevcut durum DAH adımları uygulandığında tamamlanan değer akış haritası Şekil 6.4'deki gibi olmaktadır:



**Şekil 6.4 :** Çelik gösterge paneli tutucu braketi mevcut durum DAH örneği (Shook ve Rother,1999).

### 6.1.2 Gelecek durum DAH

Mevcut durum değer akış haritası çizildikten sonra amaç kısa sürede israf kaynaklarını ortaya çıkarmak ve onları ortada kaldırmak için gelecek durum değer akış haritasını çıkarmaktır. Temel olarak mevcut durumda kullanılanlara ek olarak Şekil 6.5'deki semboller kullanılır:



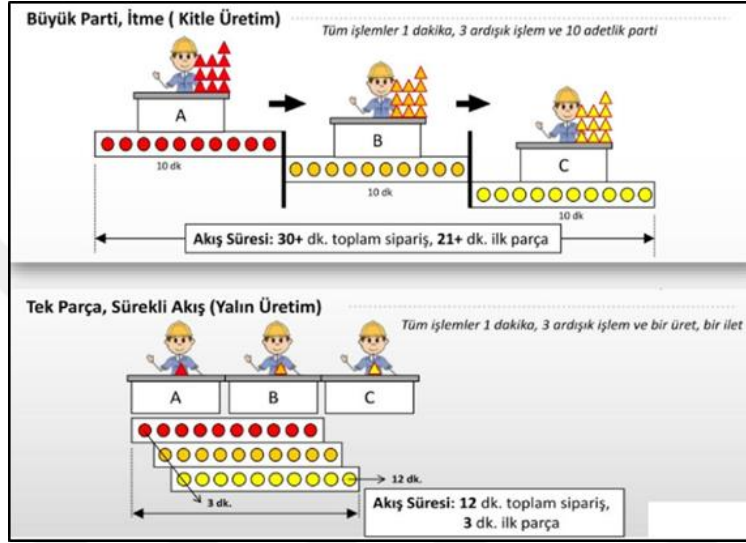
**Şekil 6.5 :** Gelecek durum DAH sembolleri (Kiraz ve diğ., 2017).

Gelecek durum DAH yaratılırken öncelikle aşağıdaki adımların izlenmesi gerekir (Rother ve Shook,1999):

- Takt süresine göre üretim yapın: Takt süresi, müşterinin talebine göre bir parça ya da ürünün hangi sıklıkta üretilmesi gerektiğidir. Satış hızı ve üretim hızının senkronizasyonu için kullanılır ve gelecek durum değer akışı haritasından bilgi

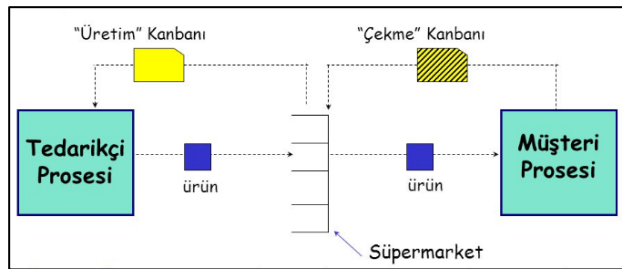
kutularına yazılır. Takt süresi hesaplama Bölüm 2’de formül 2.1 ile paylaşılmıştır.

- Uygun olan yerlerde sürekli akış sistemi kurun: Sürekli akış malzeme, hammadde ve parçaların arka arkaya yapılan işlemlerinde beklemeden ürüne dönüştürülebilmesi ve bu yolla teslim süresi, maliyet, üretkenlik, talep değişimlerine uyum, ilk seferde doğru üretim, stok seviyesi gibi temel performans göstergelerinde iyileşme sağlar.



Şekil 6.6 : Sürekli akış örneği (Url-6).

- Sürekli akışın uygulanmadığı yerlerde süpermarketler kurun: Değer akışı içinde sürekli akışın her zaman mümkün olmaz ve yığın üretimin gerektiği zamanlarda süpermarket ile müşteri prosesine bağlı çekme sistemi kurulmalıdır.



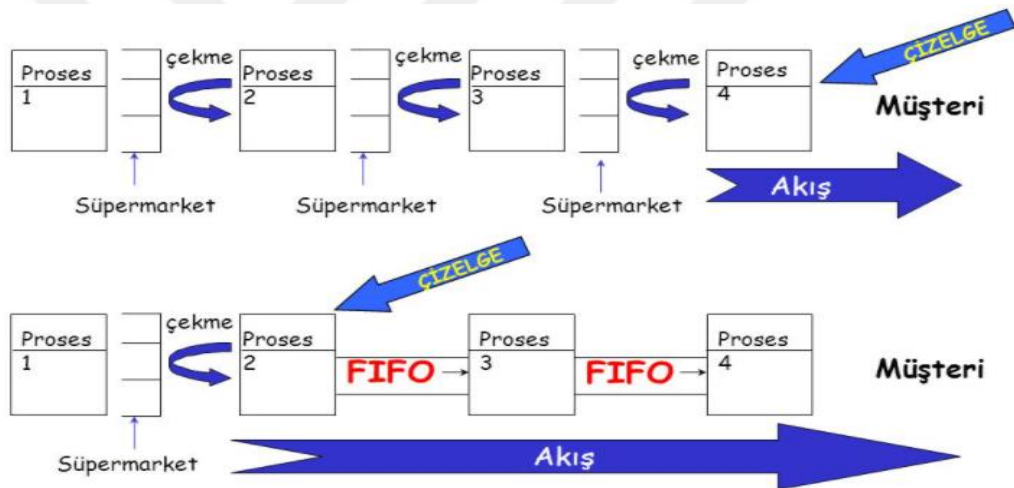
Şekil 6.7 : Süpermarket çekme sistemi (Shook ve Rother,1999).

Şekil 6.7’de gösterildiği gibi, süpermarket çekme sisteminde müşteri prosesi süpermarketten ihtiyacı olan ürünü ihtiyacı olduğu zamanda çeker. Tedarikçi proses ise süpermarketten çekilen ürünlerin yerine koymak için yeni bir üretim yapar. Çekme

kanbanı parçaların taşınması için, malzemeciyi yönlendirir, üretim kanbanı ise parçaların üretimini tetikler.

Bazen süpermarkette olası tüm parça çeşitleri için stok tutmak mümkün olmayabilir, böyle durumda iki proses arasına akışı sağlayacak FIFO (first in first out-ilk giren ilk çıkar) hattı kurulabilir (Rother ve Shook,1999).

- Üretim çizelgesini sadece bir üretim prosesine göndermeye çalışın: Süpermarket çekme sistemleri kullanıldığında, değer akışında yalnızca bir noktayı çizelgelemek gerekir, bu noktaya Pacemaker Proses (Tetik Proses) adı verilir, çünkü bu prodesteki üretimin nasıl kontrol edildiği daha önceki proseslerin temposunu belirler, genellikle değer akışı içinde en sondaki prodestir. Gelecek durum haritasında pacemaker, müşteri siparişleri ile kontrol edilen üretim prosesidir (Shook ve Rother,1999).

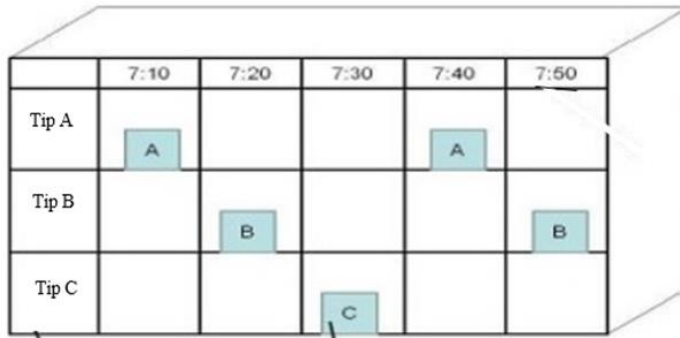


**Şekil 6.8 :** Süpermarket çekme sistemi (Shook ve Rother,1999).

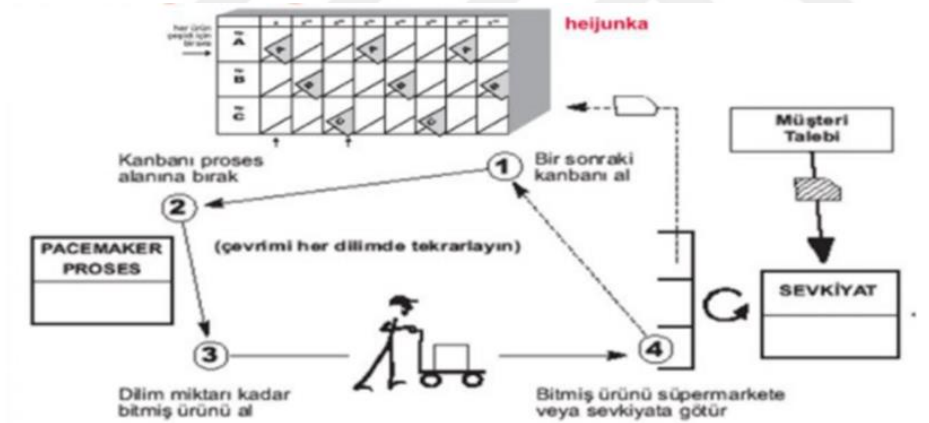
- Tetik prodeste farklı ürünlerin üretimini zamana düzgün yayın: Bir çok montaj hattında, uzun süre tek bir ürün tipini çizelgelemek ve aynı ürünleri gruplandırıp tek seferde üretmek tercih edilebilir; fakat bu durum çevik üretim yaklaşımından uzaklaşır, aynı anda farklı bir ürün talep eden müşterinin talebini karşılamayı zorlaştırır. Elde daha fazla stok ve alan ihtiyacı olur. Ürün ailesini seviyelendirip, farklı ürünlerden arka arkaya küçük partilerle üretim yapmak değer akışında büyük israfların ortadan kaldırılmasını sağlar.
- Üretim hacmini seviyelendirin: Tutarlı veya seviyeli üretim temposu sağlanmasına pacekamaker prosese düzenli olarak küçük, tutarlı miktarda üretim emri göndermek ve eş zamanlı olarak eşit miktarda bitmiş ürün

çekmekle başlanır. Bu uygulamaya “tempolu çekiş” adı verilir (Shook ve Rother, 1999).

- Düzgün yapıdaki iş miktarlarına dilim denir ve genelde bir kutunun taşıdığı miktara veya bu miktarın bir çarpanı veya oranına göre hesaplanır. Örneğin; takt süresi 30 sn, kasa içi adeti 20 parça ise dilim 10 dk olur. Yani her 10 dakikada bir tetik prosese 1 kutu içi adeti kadar üretim yapma emri verilir ve dilim miktarı kadar bitmiş ürün talep edilir (Shook ve Rother, 1999).



Şekil 6.9 : Yük seviyeleme kutusu örneği.



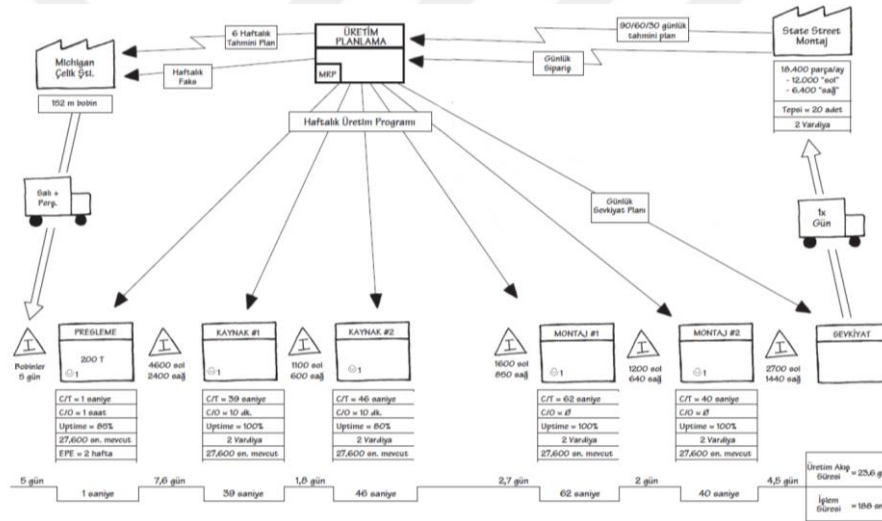
Şekil 6.10 : Tempolu çekiş örneği (Shook ve Rother, 1999).

Gelecek durum değer akışı haritalandırması sırasında sorulması gereken anahtar sorular aşağıdaki gibidir (Shook ve Rother, 1999):

- Takt süresi nedir?
- Süpermarket mi kurulacak, yoksa doğrudan sevkiyata mı üretim yapılacaktır?
- Sürekli akış sistemi nerelerde kullanılabilir?
- Sürekli akıştan önceki proseslerdeki üretimleri kontrol etmek için süpermarket çekme sistemlere nerelere kurulabilir?

- Üretim zinciri üzerinde hangi noktada (pacemaker proses) üretim çizelgeleme yapılacak?
- Pacemaker proseste üretim seviyelendirilmesi nasıl yapılacak?
- Pacemaker prosese hangi miktarda iş gönderip, çekilecek?
- Değer akışının gelecek durum haritasında belirtildiği gibi akması için ne tür iyileştirmelere ihtiyaç var? (Burası ihtiyaç duyulan ekipman ve prosedürel iyileştirmelerin, setup süresinin azaltılması veya makine kullanım oranlarının iyileştirilmesi gibi, belirlendiği yerdir. Proses içinde bu iyileştirmeleri göstermek için Şekil 6.5'deki kaizen sembolü kullanılır.

Bu belirtilen adımlara göre anlatılan gelecek durum DAH adımları uygulandığında tamamlanan değer akış haritası Şekil 6.11'deki gibi olmaktadır.



**Şekil 6.11 :** Çelik gösterge paneli tutucu braketleri gelecek durum DAH örneği (Shook ve Rother,1999).

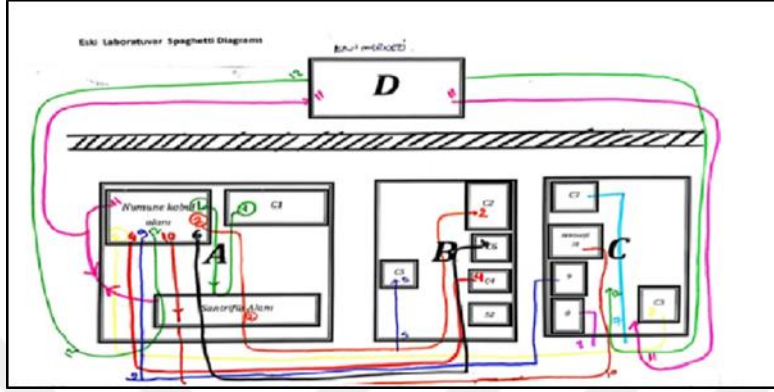
### 6.1.3 Spagetti diyagramı

Değer akış haritasının oluşturulması ile beraber çalışma kapsamına giren alan için mevcut ve gelecek durum spagetti diyagramları çizilir. Toplam taşıma mesafeleri ve parça akışı kontrol edilir. Aşağıda spagetti diyagramının kullanılmasına yönelik örnek verilmiştir:

#### Örnek 6.1

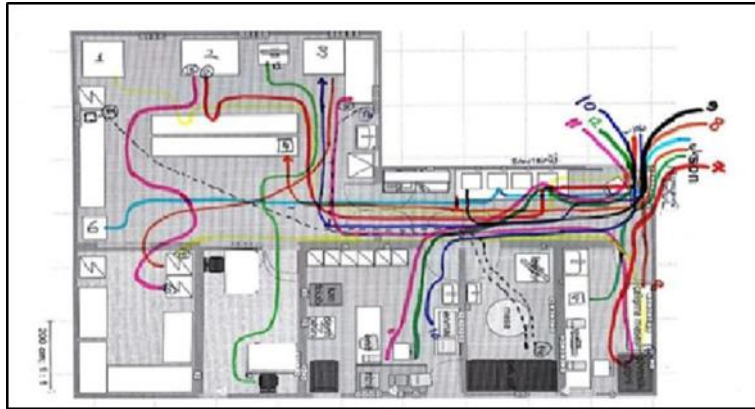
Bir hastanede Şubat- ve Eylül 2015 tarihleri arasında yapılan çalışmada iş yapma süresini (setup süresi) kısaltmada kullanılan yalın araçlardan olan spagetti diyagramı, setup sürelerini kısaltmak ve laboratuvar ortamını daha ergonomik hale getirebilmek için kullanılmak istenmiştir (Yıldız ve diğ.,2018).

Laboratuvarın kuşbakışı çizimi Microsoft Office programıyla çıkarıldıktan sonra 13 süreç ve 37 iş aşamasında atılan adımlar metre ve timer ile ölçüldü. Şekil 6.12’de mevcut duruma ait spagetti diyagramı gösterilmiştir. A odasında numune kabul ve santrifuj işlemi yapılmakta A, B ve C odalarındaki cihazlara dağıtım yapılmaktadır (Yıldız ve diğ.,2018).



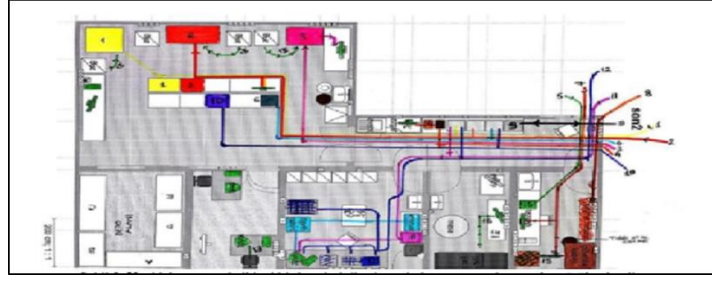
**Şekil 6.12 :** Laboratuvar mevcut durum spagetti diyagramı (Yıldız ve diğ.,2018).

Şekil 6.13’de, yeniden düzenlenen laboratuvar ve spagetti diyagramı görülmektedir. Numune kabul, santrifuj işlemi ve cihazların kullanımı (1,2,3) doğru bir akışla ilerlemektedir. Ancak akışın düzelmesine rağmen adımların azalmadığı gözlemlenmektedir (Yıldız ve diğ.,2018).



**Şekil 6.13 :** Yeniden düzenlenen laboratuvar spagetti diyagramı (Yıldız ve diğ.,2018).

Şekil 6.14’te yeni laboratuvarda ikinci bir kazein iyileştirmesinden sonra azalan stepler görülmektedir. Başlangıçta 283 metre olarak hesaplanan toplam süreç adımları 165 metreye düşürüldü. Toplamda %41.5 bir azalma kaydedildi (Yıldız ve diğ.,2018).



**Şekil 6.14 :** İkinci kaizen iyileştirmesinden sonra laboratuvar spagetti diyagramı (Yıldız ve diğ.,2018).

## 6.2 İş Süreç Haritası

Proje kapsamının belirlenmesi ile beraber, daha detaylı olarak o fazdaki mevcut durumu ortaya koymak ve incelemek için detaylı mevcut durum süreç akış şeması (Şekil 6.1-  ) çıkarılır.

Süreç haritaları, süreçte yapılan işlerin daha kolay ve net şekilde anlaşılmasını sağlayan, sorunları ve iyileşme noktalarının kolayca görülebileceği diyagramlardır.

İş Süreç Haritası yapılan işi tüm ayrıntılarıyla işi görsel olarak göstermek için kullanılır. Bir sürecin gerçekleşmesi için gerekli olan adımları, verilmesi gereken kararları sıralı bir biçimde uygun şekillerle görsel olarak ifade etme yöntemidir (Url-7).

Bir süreç haritasında her bir işlem ve eylem adımları, aşamaların girdi ver çıktıları, her bir aşadama alınacak kararlar, eylem ve işleri gerçekleştirecek bireyler/fonksiyonlar yer alır.

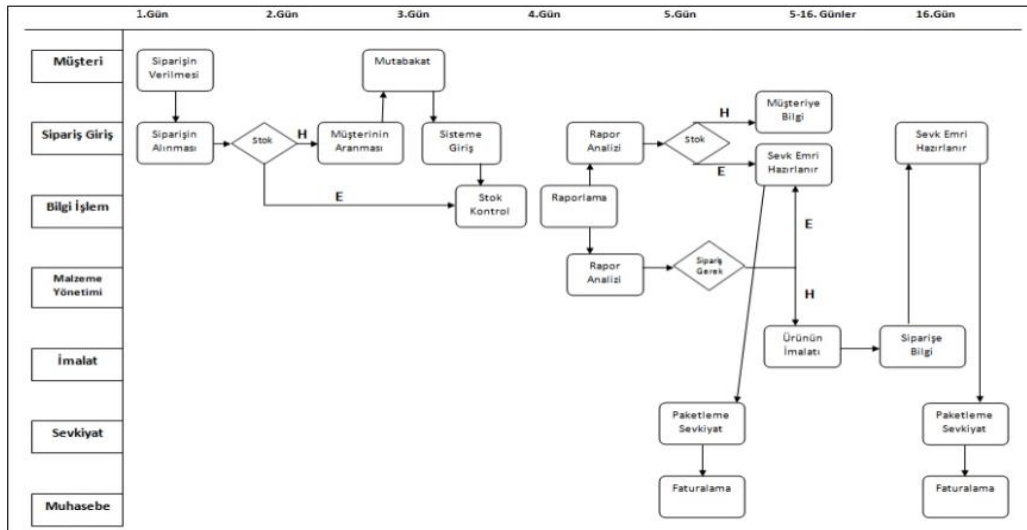
Süreç haritası “kullanarak bir sonuca ulaşmak mümkün değildir, fakat incelenen süreç hakkında var olan bilgileri daha açık ve net olarak gözlemlemek mümkündür” (Url-8).

- Tek bir döküman üzerinden tüm süreç anlaşılır haldedir.
- Ekip üyelerinin hangi sürece katkı sağlayabileceği doğrudan görülebilir.
- İşleri önem derecesine göre yönetmek konusunda ekibe destek sağlar.
- Sorulan doğru soruların cevaplanması ile süreçteki sorunlu notların tespit edilmesi ve çözüme kavuşturulması kolaylaşır.
- Süreç içindeki ayrıntılar gözle görülür hale gelir.
- Yapılması gerekli analizleri görmek kolaylaşır.

Süreç haritasında kullanılan temel iş akış sembolleri Şekil 6.15’de gösterilmiştir.

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>Sınır (Başlangıç/Bitiş) :</b> Bir prosesin başlangıç veya Bitişini tanımlar.                                                                                                                                                                   |
|  | <b>Operasyon/Proses Adımı :</b> Bir girdiyi değiştiren prostesteki faaliyet veya görevi tanımlar.                                                                                                                                                 |
|  | <b>Karar Noktası :</b> Prostesteki bir karar veya ayrılma noktasını tanımlar. Evet, hayır veya tamam, tamam değil gibi opsiyon ile karar bloklarından her bir yolu işaretler.                                                                     |
|  | <b>İlişkilendirici :</b> Bu akış şemasından bir çıktının diğer bir akış şemasının girdisi olacağını gösterir ya da aynı sayfaya sığmayan akışları ilişkilendirmek için kullanılır. Çıktı/girdiyi temsil etmek için şeklin içine bir harf yazılır. |
|  | <b>Önceden Tanımlanmış Proses :</b> Akış şeması üzerinde detaylandırılmayan ama başka bir yerde tanımlanmış prosesleri ifade etmek için kullanılır.                                                                                               |
|  | <b>Oklar (girdilerin veya çıktıların akışı) :</b> Sürecin akış yönünü gösterir. Hareketi göstermek için bir sembolden diğerine okları kullanılır.                                                                                                 |
|  | <b>Veri Girişi:</b> Sürece belge gibi veri girişinde kullanılır.                                                                                                                                                                                  |
|  | <b>Veri Çıkışı:</b> Süreçten belge gibi kullanıcıya yansıtılacak verileri göstermek için kullanılır.                                                                                                                                              |

**Şekil 6.15 : Temel akış sembolleri.**



**Şekil 6.16 : Süreç haritası örneği: müşteri talebinin karşılanması (Url-9).**

### 6.3 Proje Planı

Proje kapsamı belirlendikten sonra uygulama adımlarının netleştirilmesi ile projenin sağlıklı takip edilmesi ve ilerletilmesi için proje devreye alma planı (Şekil 6.1- ) oluşturulur.

## 6.4 Hat Dengeleme

Proje kapsamına olan montaj hatlarında uygulamaya öncelikle hat dengelemesi (Şekil 6.1- ) ile başlanır. Hat dengelemesi ile amaçlanan, takt süresine uyumlu şekilde işlerin hat mekanik kısıtları, montaj operasyon kısıtları ve ergonomik kısıtlar çerçevesinde istenilen tempoda üretim yapan seri montaj hattı oluşturmak ve malzeme hareketini de bu hatta göre kurgulamaktır.

Hat dengelmesinde toplam işin kaç aşamada tamamlanacağı, bu aşamaların hangi birimler olacağını önceden belirlemek için toplam işin mantıksal bölünmüş her parçası olan iş ögeleri oluşturulur. Bir iş ögesinin gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan süreye işlem süresi denir. “ $t_i$ ” ile gösterilir (Hıdımoğlu,2019).

Operatörün işlem için çalıştığı alana iş istasyonu denir. Her iş istasyonunda, ürün, bir öncekinden farklı işlem görerek değer kazanmakta ve bir sonraki iş istasyonuna hazırlanmaktadır. Üretimi yapılacak ürünün montajı için gerekli olan sürenin toplamına toplam iş süresi denir. İşi oluşturan tüm ögelerin standart sürelerinin toplamı olarak hesaplanabilir (Hıdımoğlu,2019).

$N$  : Montaj hattındaki toplam iş ögesi sayısı

$t_i$  :  $i$  no’lu iş ögesinin işlem süresi

$T_i$ : Tüm ögelerin standart iş süreleri toplamı

$$T_i = \sum_{i=1}^N t_i \quad (6.1)$$

Bir montaj hattı sisteminde, iş istasyonuna gelen parçanın, istasyona geliş anından, işlemi tamamlanıp istasyondan çıkış anına kadar geçen süre farkına iş istasyonu süresi denir. İstasyondaki iş ögelerinin standart süreleri toplamı olarak da hesaplanabilir (Hıdımoğlu,2019).

Bir montaj hattı sisteminde, iş istasyonunda yapılması gereken işlerin tamamlaması için gerekli olan süreye çevrim süresi denir. Çevrim süresinin her zaman müşteri talebine göre belirlenen takt süresinden düşük olması beklenir.

Formül 2.1 ile hesaplanan takt süresinden hareketle, montaj hattında çalışacak montaj operatörü sayısı da formül 6.2 ile hesaplanır.

T: Takt süresi (dakika-saniye/adet)

Ta: Günlük kullanılabilir üretim süresi (dakika-saniye)

O: Minimum montaj operatörü sayısı (adet)

$$O = \frac{Ti}{T} \quad (6.2)$$

Dengeleme yapılırken montaj hattı mekanik kısıtları ve iç lojistik sistemi kuralları da dikkate alınması gerekir. Örneğin, belirlenmiş sabit tork değerinde kullanılan vida sıkıcıların sayısını minimize etmek, saha içinde aparat kullanımını düşük sayıda tutmak, sahadaki otomasyon sistemlerinin yerini değiştirmemek, farklı modellerde de aynı malzeme grubunu aynı iş istasyonlarında montaj yapmak daha yalın bir üretim ve iç lojistik sistemi için gereklidir.

Varyant bazında oluşturulan dengeleme ile beraber kurulması planlanan iç lojistik sistemi için iş istasyonu yerleri ve kullanılacak malzeme gruplarının adresleri belirlenmiş olur. Proje netleşen bu çalışma üzerinden ilerletilir.

#### Örnek 6.2

Bir TV işletmesinin toplamda dört vardiyada üreteceği üretim adeti 3.700 adettir. Vardiyalık talep ise 925 adet olur. Vardiyalık net çalışma süresi de %90 OEE öngörüsü ile 391,5 dakika alınmıştır, takt süresi formül 2.1'den 25,4 saniye olarak hesaplanmıştır (Şahin,2011).

Referans ürünün toplam işçiliği 5.289 dakika olduğundan, formül 6.2'den toplam montaj işgöreni sayısı 13 olarak hesaplanmıştır. Takt süresine ve ürünün tasarımından gelen montaj kısıtlarına göre hat dengelemesi Şekil 6.17'deki gibi yapılmıştır. (Şahin,2011).



Şekil 6.17 : Montaj hattı dengeleme örneği (Şahin, 2011).

### 6.5 Proje Kapsamına Giren Malzemelerin Belirlenmesi

Hattın hedeflenen üretim temposuna göre belirlenen takt süresine uygun olarak dengeleme yapıldıktan sonra çalışma kapsamına alınan bölgeye beslenen malzemeler (Şekil 6.1-) gelecek durum değer akış haritasında çıkarılan iyileştirme planı doğrultusunda proje kapsamına dahil edilir.

Kapsama alınan malzemeler, yapılacak iç lojistik sistemi düzenlemesine göre ayrılır: Takt süresi proses çevrim süresine uygun olan sürekli akış ve çekme sisteminin uygulanacağı bölgelerde kullanılan malzemeler kanban sistemine ve direkt montaj hattı beslemesine dahil edilir, üretim akış süresinin takt süresinin üstünde olduğu ve ana procesten önce stok yapılan malzemeler için ise ayrı bir iç lojistik düzenlemesi çalışılır. Montaj yanı gruplamalar bu kapsamda değerlendirilebilir. Bu bölgelerde de malzeme tüketimine göre çekme sistemi oluşturulur.

### 6.6 Her Parça için Plan Dosyasının Oluşturulması

Her Parça için Plan olarak Türkçeleştirilen; orijinal adı ile Plan for Every Part (PFEP) (Şekil 6.1-) , değer akışında sağlıklı bir malzeme hareketi oluşturulması için her parçaya özel, standart şekilde oluşturulmuş bir bilgi kümesidir. Her parça için plan, ilgili malzemenin depolama bilgileri, kullanım bilgileri, adres bilgileri gibi temel standart bilgileri kapsar (Url-10). Her parça için plan dosyalarının içeriği ve kapsamı yapılan çalışmaya göre detaylandırılabilir.

Aşağıdaki Şekil 6.18 ve 6.19’da kanbana dahil edilmesi düşünülen malzemelere ait hat dengeleme adreslerinin, stoklama bilgisinin, tüketim miktarlarının bulunduğu ve kanban ihtiyaçlarının hesaplanarak güncel tutulduğu ve dinamik raf miktarları hakkında da veri içeren her parça için plan dosyasına ait örnek verilmiştir (Şahin,2011).

| PEEP (PLAN FOR EVERY PART) LİSTESİ |         |          |             |           |         |    |                       |                         |                |                        |                     |                        |                     |                      |                        |                     |                      |                        |                     |
|------------------------------------|---------|----------|-------------|-----------|---------|----|-----------------------|-------------------------|----------------|------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|----------------------|------------------------|---------------------|----------------------|------------------------|---------------------|
| Sıra No                            | Malzeme | Tanım    | Parça No    | Parça Adı | ÖLÇÜ    | OB | Üretim Miktarı (adet) | Kullanım Miktarı (adet) | İmal. Etapları | Kutu içi miktar (adet) | Tük. Miktarı (adet) | Kutu içi miktar (adet) | Tük. Miktarı (adet) | Tanım Miktarı (adet) | Kutu içi miktar (adet) | Tük. Miktarı (adet) | Tanım Miktarı (adet) | Kutu içi miktar (adet) | Tük. Miktarı (adet) |
| 1                                  | HRD000  | 18254900 | K1391104R1  | SM 120    | 0.140 m |    | 925                   | 140                     | L1M3-08        | K1                     | 1.090 m             | 58.8                   | 108 m               | 9.9                  | 108 m                  | 9.9                 | 2                    | 0.09                   | 1 R44LT-4342        |
| 2                                  | HRD000  | 18254900 | K201316     | BANO      | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 3.000 adet          | 25.1                   | 2.000 adet          | 25.1                 | 2.000 adet             | 25.1                | 2                    | 0.12                   | 1 R44LT-4542        |
| 3                                  | HRD000  | 18254900 | K302116     | BANO      | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-07        | K1                     | 3.200 adet          | 25.1                   | 2.000 adet          | 25.1                 | 2.000 adet             | 25.1                | 2                    | 0.12                   | 1 R44LT-4542        |
| 4                                  | HRD000  | 18254900 | K302280-1   | BANO      | 5.0 ADT |    | 925                   | 4.625                   | L1M3-08        | K1                     | 5.000 adet          | 7.8                    | 2.000 adet          | 3.1                  | 5.000 adet             | 7.8                 | 3                    | 0.37                   | 1 R44LT-4342        |
| 5                                  | HRD000  | 18254900 | KVC3212000F | DUGMA     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-01        | K1                     | 5.000 adet          | 54.8                   | 400 adet            | 3.1                  | 5.000 adet             | 54.8                | 3                    | 0.20                   | 1 R44LT-4230        |
| 6                                  | HRD000  | 18254900 | KVC18028    | KAB PA    | 2.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 1.050 adet          | 8.2                    | 400 adet            | 2.1                  | 1.050 adet             | 8.2                 | 2                    | 0.26                   | 1 R44LT-4230        |
| 7                                  | HRD000  | 18254900 | KVC45150    | KON KAP   | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-04        | K1                     | 2.000 adet          | 25.7                   | 500 adet            | 3.9                  | 2.000 adet             | 25.7                | 3                    | 0.19                   | 1 D44LT-4230        |
| 8                                  | HRD000  | 18254900 | K0501540-1  | LED       | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K2                     | 72 adet             | 0.6                    | 72 adet             | 0.6                  | 72 adet                | 0.6                 | 3                    | 0.34                   | 4 Euro Pallet       |
| 9                                  | HRD000  | 18254900 | KVC3250000F | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-01        | K1                     | 800 adet            | 3.9                    | 800 adet            | 3.9                  | 800 adet               | 3.9                 | 2                    | 0.74                   | 1 R44LT-3242        |
| 10                                 | HRD000  | 18254900 | KVC70901-1  | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-04        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-4230        |
| 11                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-1  | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 12                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-2  | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 13                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-3  | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 14                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-4  | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 15                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-5  | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 16                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-6  | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 17                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-7  | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 18                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-8  | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 19                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-9  | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 20                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-10 | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 21                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-11 | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 22                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-12 | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 23                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-13 | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 24                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-14 | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 25                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-15 | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 26                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-16 | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 27                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-17 | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 28                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-18 | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 29                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-19 | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 30                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-20 | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 31                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-21 | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 32                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-22 | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 33                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-23 | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 34                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-24 | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 35                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-25 | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 36                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-26 | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 37                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-27 | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 38                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-28 | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 39                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-29 | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 40                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-30 | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 41                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-31 | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 42                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-32 | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 43                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-33 | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 44                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-34 | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 45                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-35 | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 46                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-36 | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 47                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-37 | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 48                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-38 | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 49                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-39 | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |
| 50                                 | HRD000  | 18254900 | KVC43100-40 | METAL     | 3.0 ADT |    | 925                   | 925                     | L1M3-02        | K1                     | 250 adet            | 2.0                    | 250 adet            | 2.0                  | 250 adet               | 2.0                 | 2                    | 1.48                   | 2 R44LT-3242        |

Şekil 6.18 : Her parça için plan dosyası örneği (Şahin,2011).

| MALZEME TANIMLAMA EKRANI |             |                                                                                   |           |       |                 |                 |                  |                                             |                       |                  |                    |       |                                                 |                                               |                             |   |
|--------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------|-----------------|-----------------|------------------|---------------------------------------------|-----------------------|------------------|--------------------|-------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------|---|
| #                        | Malzeme No. | Malzeme Adı                                                                       | Tedarikçi | Menge | Ünvan<br>uk (m) | Geni<br>lik (m) | Yükse<br>lik (m) | Ambarla<br>r<br>Tipi<br>(Kutu,<br>Koli vb.) | Depo Yeri<br>(Mevcut) | Depo Yeri (Yeni) | Kutu içi<br>miktar | OB    | KLT<br>KUTU<br>tipi<br>(Mevcut<br>Ambarla<br>r) | KLT<br>KUTU<br>tipi<br>(Yeni<br>Ambarla<br>r) | Hedef<br>İçerik<br>(Miktar) | Ü |
| 1                        | VIDA        |  | Türkiye   | 0.10  | 0.10            | 0.14            | Koli             | 1002 - Daifuku                              | 1002 - Daifuku        | 8.000            | adet               | 3     | 1                                               | 2.000                                         | adet                        |   |
| 2                        | VIDA        |                                                                                   | Türkiye   | 0.10  | 0.10            | 0.14            | Koli             | 1002 - Daifuku                              | 1002 - Daifuku        | 12.500           | adet               | 3     | 1                                               | 2.000                                         | adet                        |   |
| 3                        | VIDA        |                                                                                   | Türkiye   | 0.10  | 0.10            | 0.14            | Koli             | 1002 - Daifuku                              | 1002 - Daifuku        | 15.000           | adet               | 3     | 1                                               | 2.000                                         | adet                        |   |
| 4                        | VIDA        |                                                                                   | Türkiye   | 0.10  | 0.10            | 0.14            | Koli             | 1002 - Daifuku                              | 1002 - Daifuku        | 15.000           | adet               | 3     | 1                                               | 2.000                                         | adet                        |   |
| 5                        | VIDA        |                                                                                   | Türkiye   | 0.10  | 0.10            | 0.14            | Koli             | 1002 - Daifuku                              | 1002 - Daifuku        | 15.000           | adet               | 3     | 1                                               | 2.000                                         | adet                        |   |
| 6                        | VIDA        |                                                                                   | Türkiye   | 0.10  | 0.10            | 0.14            | Koli             | 1002 - Daifuku                              | 1002 - Daifuku        | 17.000           | adet               | 3     | 1                                               | 2.000                                         | adet                        |   |
| 7                        | VIDA        |                                                                                   | Türkiye   | 0.10  | 0.10            | 0.14            | Koli             | 1002 - Daifuku                              | 1002 - Daifuku        | 17.000           | adet               | 3     | 1                                               | 2.000                                         | adet                        |   |
| 8                        | VIDA        |                                                                                   | Türkiye   | 0.10  | 0.10            | 0.14            | Koli             | 1002 - Daifuku                              | 1002 - Daifuku        | 20.000           | adet               | 3     | 1                                               | 2.000                                         | adet                        |   |
| 9                        | VIDA        |                                                                                   | Türkiye   | 0.10  | 0.10            | 0.16            | Koli             | 1002 - Daifuku                              | 1002 - Daifuku        | 30.000           | adet               | 3     | 1                                               | 2.000                                         | adet                        |   |
| 10                       | LCO         | G KORE                                                                            | 1.15      | 0.57  | 0.62            | Palet           | Panet Ambar      | Panet Ambar                                 | 72                    | adet             | palet              | palet | 72                                              | adet                                          |                             |   |
| 11                       | LCO         | G KORE                                                                            | 1.15      | 0.57  | 1.00            | Palet           | Panet Ambar      | Panet Ambar                                 | 72                    | adet             | palet              | palet | 72                                              | adet                                          |                             |   |
| 12                       | BANİ        | Türkiye                                                                           | 0.20      | 0.20  | 0.11            | Paket           | 1002 - Daifuku   | 1002 - Daifuku                              | 5.000                 | adet             | 2                  | 1     | 2.000                                           | adet                                          |                             |   |
| 13                       | SUNİ        | Türkiye                                                                           | 0.29      | 0.29  | 0.13            | Koli            | 1002 - Daifuku   | 1002 - Daifuku                              | 1.250                 | adet             | 4                  | 2     | 500                                             | adet                                          |                             |   |
| 14                       | BANİ        | Türkiye                                                                           | 0.20      | 0.20  | 0.11            | Paket           | 1002 - Daifuku   | 1002 - Daifuku                              | 3.200                 | adet             | 2                  | 1     | 2.000                                           | adet                                          |                             |   |
| 15                       | KAB         | CHN                                                                               | 0.30      | 0.27  | 0.14            | Koli            | L2M1 Koltukaltı  | 1002 - Daifuku                              | 3.000                 | adet             | 3                  | 2     | 500                                             | adet                                          |                             |   |
| 16                       | TTIR        | Türkiye                                                                           | 0.30      | 0.60  | 0.30            | Plastik K       | 1002 - Daifuku   | 1002 - Daifuku                              | 0.16                  | adet             | 5                  | 5     | 140                                             | adet                                          |                             |   |
| 17                       | STANİ       | Türkiye                                                                           | 0.07      | 0.42  | 0.40            | Koli            | Küçük Plastik    | KART - Fk Kart                              | 354                   | adet             | palet              | 3     | 300                                             | adet                                          |                             |   |
| 18                       | META        | Türkiye                                                                           | 0.44      | 0.32  | 0.24            | Koli            | 1002 - Daifuku   | 1002 - Daifuku                              | 250                   | adet             | 4                  | 1     | 250                                             | adet                                          |                             |   |
| 19                       | META        | Türkiye                                                                           | 0.44      | 0.32  | 0.24            | Koli            | 1002 - Daifuku   | 1002 - Daifuku                              | 250                   | adet             | 4                  | 1     | 250                                             | adet                                          |                             |   |
| 20                       | VİÇİLİ      | Slovakya                                                                          | 0.40      | 0.53  | 0.61            | Paket           | Plastik Ambar    | 1002 - Daifuku                              | 0.000                 | adet             | 3                  | 1     | 500                                             | adet                                          |                             |   |

geçiş yapılırken kasa ölçüleri de birkaç boyutta standart hale getirilmelidir. Bu ölçü standartlaştırılması raf sistemlerinin bu ölçülere uygun şekilde tasarlanmasını ve kullanılmasını kolaylaştırır.



**Şekil 6.20 :** Üretim sahasında doğru malzeme elleçleme örneği.

Taşıma arabası ile gelen malzemeler doğrudan üretime o şekilde verilebilir, stok alanları ve montaj yanı stok alanı buna göre düzenlenir.

Bu noktada ambalaj tipi ve ölçüsünün standartlaştırılmasında malzemenin ergonomik olarak kullanımı, hacmi, kasa/taşıma arabası içi adetleri ve banda malzeme taşıma sıklığı dikkate alınır, ardından yatırım planlanır.

Malzeme grubu bazında kasa ihtiyacı aşağıdaki şekilde belirlenir:

Tedarikçi den standart kasa ile geliyorsa kasa ihtiyacı;

$K_t$  : Tedarikçi döngülü kasa ihtiyacı (adet)

$G_t$  : Tedarikçi stok gün sayısı (gün)

$G_i$  : İşletme stok gün sayısı (gün)

$D$  : Günlük üretim talebi (adet)

$q$  : Kutu içi miktar (adet)

$$K_t = \frac{(G_t + G_i) \times D}{q} \quad (6.3)$$

**Örnek 6.3**

Günlük 8.000 adet üretim yapan işletmede yan sanayiden 300 mmx200 mm standart ölçülü, iç adeti 160 olan dönüşümlü kasa ile getirilen ve tedarikçide 3 gün, işletmede

1 gün stokla yönetilen motor braketi için yatırım yapılması gereken kasa miktarı formül 6.3 ile hesaplanarak 200 adet bulunur.

$$Kt = \frac{(Gt + Gi) \times D}{q} = \frac{(3 + 1) \times 8.000}{160} = 200 \text{ adet}$$

Gelen malzeme hatta beslenirken standart kasaya aktarılıyorsa malzeme grubu bazında kasa ihtiyacı;

Ki : Depo-montaj hattı arası kasa ihtiyacı (adet)

Hi : Hat yanı stok kasa sayısı (adet)

Si : Süpermarket stok kasa sayısı (adet)

Pi : Taşımadaki dolu ve boş kasa sayısı (adet)

$$Ki = Hi + Si + Pi \quad (6.4)$$

Malzeme çalışması sırasında, taşıma çevrim sürelerine uygun sayıda parçanın sığıdığı en küçük kutu tercih edilmelidir. Bu şekilde, hat yanı dinamik raf ihtiyaçları da minimize edilir (Şahin,2011).

Dönüşümlü kasaların standart ölçülerinin belirlenmesinde işletmelerde ve yan sanayide sıklıkla kullanılan, raf ölçülerinin de buna göre ayarlandığı euro palet (1200 mmx800 mm) ölçüleri referans alınır. Bir europalete farklı sayılarda sığabilecek ölçülerde kasalar oluşturmak malzemelerin raflanması kolaylık sağlar.

Şekil 6.21’de bir işletmede yalın iç lojistik faaliyetleri kapsamında standart hale getirilen kasa ölçüleri örneği gösterilmiştir.

| Sıra No. | Kutu Tipi   | Resim                                                                               | Dış Boyutlar      |                    |                     | İç Boyutlar       |                    |                     |
|----------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|
|          |             |                                                                                     | Kutu uzunluğu (m) | Kutu genişliği (m) | Kutu yüksekliği (m) | Kutu uzunluğu (m) | Kutu genişliği (m) | Kutu yüksekliği (m) |
| 1        | RL-KLT-3147 |  | 0,300             | 0,200              | 0,147               | 0,250             | 0,170              | 0,130               |
| 2        | RL-KLT-4147 |  | 0,400             | 0,300              | 0,147               | 0,345             | 0,265              | 0,130               |
| 3        | RL-KLT-4280 |  | 0,400             | 0,300              | 0,280               | 0,345             | 0,265              | 0,260               |
| 4        | RL-KLT-6280 |  | 0,600             | 0,400              | 0,280               | 0,560             | 0,360              | 0,260               |
| 5        | Daifuku     |  | 0,800             | 0,600              | 0,310               | 0,750             | 0,560              | 0,290               |

Şekil 6.21 : Standart kutu tipleri örneği (Şahin,2011).

### 6.7.2 Malzeme iyileştirme & ortaklaştırma çalışmaları

(Şekil 6.1-) Ambalaj iyileştirmeleri beraberinde takip edilen malzeme çeşitliliğini azaltmak ve hat dengelemesine göre operasyon süresinde iyileştirilmesi gereken malzemeler için Ar-ge ekibi ile beraber çalışma yapılır.

### 6.8 Stok Alanların Belirlenmesi & Layout Değişikliği

Çekme prensibine göre kurulacak yeni yalın iç lojistik düzeni için malzemelerin tedarikçilerden ve depolardan işletmeye gelişi ile hatta verilışı arasındaki malzeme akış doğrultusu, iç lojistik için ayırlabilecek alan miktarı, hat besleme yöntemi, kullanılacak malzeme dağıtım araçları, uygulanacak kanban çeşidi, stoklanacak parça çeşidi ve tipi, parçaların ön gruplama ve elleçleme gereklilikleri dikkate alınarak stok alanları, teslim alma noktaları belirlenir, işletme layoutu buna göre yeniden şekillendirilir.

Tez kapsamında prosesler arası kanban uygulanan, çekme sistemi yenilemeli süpermarket çekme sistemi olan, montaj hattı besleme yöntemi olarak da sıralı ve yeniden paketlemeli döngüsel sefer ile yapılan iç lojistik sistemi metodolojisi üzerine bilgi verilecektir.

#### 6.8.1 Süpermarket ve ara malzeme elleçleme depo alanları

Hat dengelemesi ve ambalaj standartlaştırılması çalışmalarıyla beraber parçaların işletme içinde hangi bölgelerde stoklanacağı ve hatta besleneceği belirlenir (Şekil 6.1-



Prosesler arası kanban çekme sistemi boş kutunun alınması/ barkodunun okutulması ile tetiklendiği için ilk olarak hattaki iş istasyonlarından yola çıkalım:

Merkezi depolar ile iş istasyonları arasındaki mesafe fazla ise, montaj hattının yakınına ihtiyaç duyulan farklı büyüklükteki parçaları ara stokta tutmak için süpermarketler kurulur. Tedarikçiden ve merkezi depolardan gelen parçalar buralarda gerekliyse standart ambalaja aktararak montaj hattına iç lojistik treni/milkrunu ile gönderilir. Böylelikle malzeme hareketi artan üretim temposunda daha esnek şekilde yönetilebilir, kısa sürede tüm malzeme gruplarından istasyona malzeme beslenebilir.

Yenilemeli süpermarket çekme sistemi adı verilen bu sistemde, her malzeme grubu çeşidinden stok bulundurulur ve iş istasyonunda yeni malzeme talebi ile tetiklenir.

Süpermarketin bir dezavantajı, işletme alanın çok değerli olduğu zamanlarda, her malzeme grubu çeşidi için stok tutulması gerektiğidir. Çok fazla sayıda süpermarket alanı yaratmak yalın iş lojistik yaklaşımından uzaklaştırabileceği gibi fazla maliyete neden olacaktır. Öte yandan, az sayıda ve kötü adreslenmiş süpermarketler yaratmak da içerideki malzeme akışını olumsuz etkileyebilir.

Süpermarket yerlerinin belirlenmeside, geleneksel Toyota uygulaması, marketleri doğrudan üretici prosesin sonuna yerleştirmek şeklindedir. Bu uygulama, prosesin tam olarak hangi parçadan ne kadar üretmesi gerektiğine yardım eder. Müşteri proseslerin marketlere belirli bir düzene göre (sabit zaman veya sabit miktar) gelmeleri ve neye ihtiyaç varsa çekmeleri beklenir. Üretici proses sadece çekilen parça ne ise onu yeniler (Smalley,2004).

İçeride üretilen çok fazla parçası olan veya tedarikçi prosesin hemen sonunda bütün malzemelerden stok tutmaya uygun yerleşimleri olmayan işletmeler merkezi yerleştirilmiş marketleri deneyebilir. Burada ideal olarak bütün malzemeler tedarikçi ve müşteri prosesin yakınına yerleştirilir. Bu seçenek toplam malzeme taşıma verimliliğini artırır ve çekme döngülerindeki parçaların dolaştığı mesafeyi azaltır (Smalley,2004).

Alternatif olarak, sadece montaj yapan ve birçok malzemeyi tedarikçilerden büyük paletlerle getiren işletmelerde market için en iyi konum, gelen malzeme alanına yakın bir yerdir. Bu market alanı, boşaltmayı ve malzemeyi market içinde depolamayı kolaylaştıracak ve iç lojistik ekibinin transfer mesafesini kısıltacaktır. Fakat diğer taraftan montaj hattına taşıma mesafesi artabilir (Smalley,2004).

Bu noktada süpermarket noktalarını elleçleme gereksinimi ve toplam taşıma mesafelerine göre malzeme bazında uygun alanlara kurmak gerekir.

Montaj iş istasyonlarından süpermarkete çekmeyi tetiklemek ve döngüyü sağlıklı şekilde tamamlamak için aşağıdaki üç faaliyetin tamamlanması gerekir:

- Her malzeme grubu için bant yanı stok miktarını, transfer güzergahına ve sıklığına göre belirlemek
- İş istasyonları ve süpermarket arası döngüde olan kasalar için çekme kanbanı yaratmak

- Süpermarkette tutulacak stok miktarlarını belirlemek ve raf adreslemelerini yapmak



**Şekil 6.22 :** Hat yanı malzeme stoğu örnekleri.

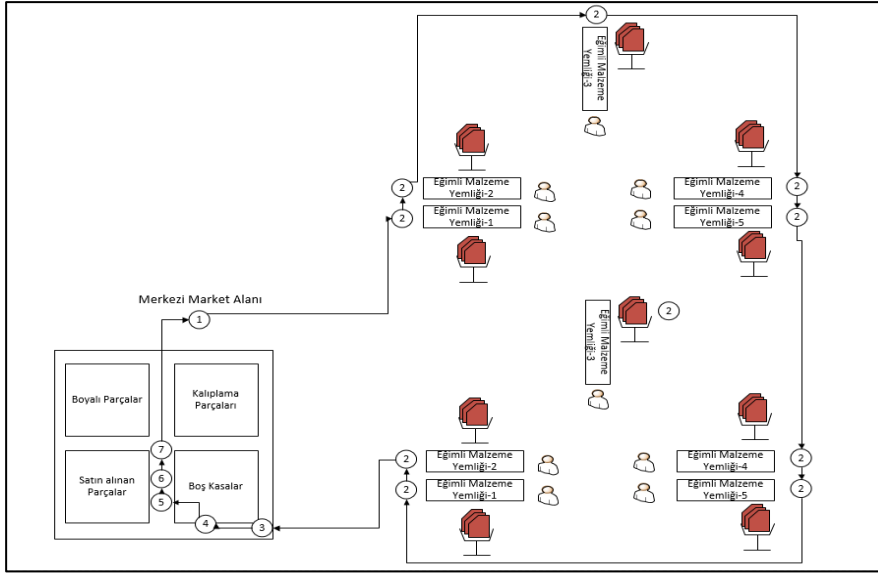
Bant yanı stoğun hangi sıklıkta yenileneceğine, parçalar için en küçük kasa büyüklüğüne ve teslimat güzergahının işleyişine bağlıdır. Örneğin, eğer malzeme vardiyada bir sefer teslim ediliyorsa bant yanında en az bir vardiyalık stok tutulmalıdır. Fakat, bant kenarında 8 saat ve daha uzun süreli tutulan stok ile istasyonlar, üretim alanında ziyade depolama alanı gibi görünür. Ayrıca doğru malzemeyi bulmak zorlaşır, üretim alanı malzemelerle işgal edilmiş olur ve her istasyon için istenen geniş alan transfer güzergahını uzatacaktır (Smalley,2004).

Bunun yerine malzemeler küçük kasalarda daha hızlı dağıtılmalıdır ama; çok fazla farklı parça ve her kasada az miktarda parça ile döngüyü gerçekleştirmek aşırı malzeme hareketine yol açabilir. Dengeli bir sistem kurmak önemli olacaktır.

Aşağıdaki örneklerle beraber süpermarkette çekmeti tetiklemek için gerekli analitik model aktarılacaktır:

#### Örnek 6.4

Apogee firması ekibi dış ayna prosesinde süpermarket ve montaj hücreleri arası rotayı, montaj hücrelerinde stok miktarını ve transfer sıklığını belirlemek istemiştir (Smalley,2004):



**Şekil 6.23 :** Apogee firması malzeme taşıma çevrimi (Smalley,2004).

Deneme ve öğrenme amacıyla, Apogee öncelikle bant kenarına her parça için 4 kasa koydu (Boyalı parça, satın alınan parça, kalıplama parçası için 4'er kasa, her hücre için yaklaşık 120 kasa). Ardından her parça kasası için çekme kanbanları çıkarıldı ve kutulara yerleştirildi. Montaj hücrelerinin başına da Şekil 6.23'deki gibi kanban toplama kutuları yerleştirdiler. Bant operatörlerine malzeme kasalarını kullanmaya başladıklarında kartları da toplama kutularına koymaları söylendi. Birkaç denemeden sonra montaj hücreleri ve süpermarket arasındaki zaman ve iş standartları Çizelge 6.1'deki gibi çıkarıldı:

**Çizelge 6.1 :** Dış ayna prosesi malzeme çevrimi için iş akışı ve süreler (Smalley,2004).

| Adım | Standart İş Elemanları                                                                                                                                       | Tahmini Tranfer Süresi |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
|      | Hücre operatörü kasadaki ilk malzemeyi alında kasadan kanban kartını ayırır                                                                                  | N/A                    |
|      | Çekme kanbanı kartları her hücre iş istasyonunda bulunan kanban kutularında toplanır.                                                                        |                        |
| 1    | Malzemeci merkezi marketten ayrılır ve montaj hücrelerine gider                                                                                              | 2 dk                   |
| 2    | Malzemeci her montaj hücresindeki her istasyonda bulunan çekme kanbanlarını ve boş kasaları toplar parçaları hücrelere dağıtır ve merkezi markete geri döner | 4 dk                   |
| 3    | Malzemeci markete dönünce, kartları en iyi toplama sırası için sıralar                                                                                       | 15 sn                  |
| 4    | Yol üzerinde toplanan boş kasalar market içinde özel bir yere bırakılır                                                                                      | 1 dk                   |
| 5    | Vida, somun, cıvata gibi küçük malzemeler için gerekli kutular temin edilir                                                                                  | 1 dk                   |
| 6    | Parçalar marketten toplanır ve malzeme taşıma arabasına yerleştirilir (20 saniyede bir ortalama 10 çekme malzemesi)                                          | 3 dk 20 sn             |
| 7    | Çekme kanbanları ilgili kasalara yerleştirilir                                                                                                               | 15 sn                  |
|      | <b>Toplam güzergah süresi</b>                                                                                                                                | <b>11 dk 10 sn</b>     |

Apogee dış aynaların iki montaj hücresi tarafından saatte ortalama 40 çekme kanbanı kartının tetikleneceğini hesapladı. (Bu hesaplama saatte toplamda kaç kutu malzemenin tükeneceğini çıkarılmasından yapılır-Formül 6.10). Market ile hücreler arası gerçek yol süresi sadece 4 dakikaydı. Yeni sistemde tecrübe kazanmak için çekme sisteminin malzeme taşıma çevriminin 15 dakikalık aralıklarla başlamasına karar verdiler.

Saatte ortalama 40 çekişten, 15 dakikada iki hücre tarafından 10 kasaya ihtiyaç duyulacağı hesaplandı ve bunun 4 dakikalık yol süresine ek olarak 7 dakika 10 saniyelik iş getireceğini belirlediler. Bu her çevrimde 11 dakika 10 saniyelik iş demekti. Deneme çalışmaları 15 dakika içinde her iki hücreye de rahatlıkla malzeme teslimatı yapılabileceğini gösterdi. Hücreden çekme kanbanları toplandığı zaman (yaklaşık 10 kanban) malzeme bir sonraki teslimat çevriminde yenilenir. 15 dakikalık yol ile Apogee montaj hücrelerinde 30 dakikalık stok depolayabilir. Bu sonuç önceki duruma göre oldukça azdır. Fakat ekip çekme sistemini kurulurken ve geliştirilirken montaj hücrelerinin durmaması için bant başı stoğunu 1 saat aldı, zamanla azaltmayı seçti. Son olarak bir saatlik malzemenin hücrede her parça için neye karşılık geldiği belirlendi ve malzeme yemliklerinin uzunluğu ve hat yanında bulunacak kasa sayısı bu karara göre kesinleştirildi.

İkinci adım olarak döngü içindeki her bir kasaya çekme kanbanı çıkarılır ve kasalara yapıştırılır.

#### Örnek 6.5

Örnek 6.4'ün devamı olarak, Apogee ekibi sistem içinde olan her parça için prosesler arası çekme kanbanı oluşturmaya hazırdı. Parçanın merkezi markette depolanacağı noktanın adres bilgisi ve üretim alanında görtürüleceği yerin adres bilgisini içermesi gerekir (Smalley,2004).

Buna göre kanban düzenlemeleri yapıldı. Apogee için çekme döngüsü içinde bant kenarında parça başına bir saatlik stoğu gösteren ve her birinden 1-6 kasa bulunan 30 farklı parça vardı, kart sayısı 110'du. Bu bilgiler kontrol ve yönetim amacıyla her parça için plan dosyasına dahil edildi.

Son adım olarak bant yanı stokların devamında süpermarket alanında bulundurulması gereken stok miktarı aşağıdaki şekilde hesaplanır. Öncelikle market stoğu hesabında kullanılan üç temel stoğu kısaca açıklayalım:

Çevrim stoğu, belirli çevrimde yenilenen, belirli bir tüketim hızı olan stoktur. Bilgi ve malzemenin yenilenme sıklığına bağlı olarak artar ya da azalır. Emniyet stoğu, prosesin sonraki proses için yeterli hız ve miktarda ürün üretilmediği durumlarda gecikmemek için tutulur. Tampon stoğu ise, talepte sapmalar ve dalgalanmaları sönmölemek için tutulur. Market stoğunda gerekliliklere göre bu üç stok tipi dikkate alınır ve hesaplamalara dahil edilir.

Ç : Çevrim stoğu (adet)

M : Market stoğu (adet)

Ts : Tampon stok (adet)

E : Emniyet stoğu (adet)

D : Günlük üretim talebi (adet)

d : Talep değişim faktörü (%)

e : Emniyet faktörü (%)

y : Yenileme akış süresi-parçayı yenilemek için gerekli prosesin akış süresi (gün)

$$\text{Ç} = D \times y \quad (6.5)$$

$$Ts = \text{Ç} \times d \quad (6.6)$$

$$E = (\text{Ç} + Ts) \times e \quad (6.7)$$

$$M = \text{Ç} + Ts + E \quad (6.8)$$

#### Örnek 6.6

Örnek 6.2 Apogee firması dış ayna montajı örneğinden devam edersek; döngüdeki Parça no 14117 olan Boyalı Braket malzemesi için market stoğu hesaplayacak olursak;

$$\text{Ç} = D \times y = 100 \times 5 = 500$$

\*Bir parçayı yenilemek için gerekli boya prosesin akış süresi

$$Ts = \text{Ç} \times d = 500 \times \%10 = 50$$

$$E = (\text{Ç} + Ts) \times e = (500 + 50) \times \%10 *** = 55$$

$$M = \text{Ç} + Ts + E = 500 + 50 + 55 = 605 \text{ bulunur.}$$

\*\*Bu parça için, dahili değişkenliğin iki standart sapması

\*\*\* Bu parça için ortalama hurda ve duruş oranı

Apogee merkezi marketteki tüm parçalar için bu hesaplamayı kullanmış ve bir hafta boyunca uygulanan döngü sonucunda montajın zamanında beslenme performansı %75'den %91'e çıkmıştır (Smalley,2004).

Stok miktarlarının belirlenmesinin ardından süpermarket rafların malzeme adreslemeleri de yapılır.

İş istasyonlarından süpermarket alanlarına ve depolara doğru giderken, diğer adım ama malzeme elleçleme depo alanlarının belirlenmesidir. Ara malzeme elleçleme alanı işletmede özellikle süpermarketle merkezi depolar arasında mesafenin fazla olduğu durumlarda tercih edilir. Yan sanayiden ve merkezi depodan büyük kasa ve paletlerle gelen malzemeler belirli zaman diliminde orada stoklanır, süpermarketten gelen talep çekme kanbanı ile buradan iç lojistik ekibi tarafından malzemeler süpermarkete verilir. Süpermarket raf hazırlama operatörleri tarafından palet içinden ihtiyaç duyulan adette kasa alınıp boşalan raf doldurulur. Palette kalan kasalar tekrar ara malzeme depo elleçleme operatörüne rafa koyması için iade edilir. Bu ara stok alanları süpermarketler ile merkezi depolar arasında bulunmalı ve süpermarketin yakınında olmalıdır.

### 6.8.2 Malzeme indirme alanları

Merkezi depolar ve yan sanayiden gelen araçlardan iç lojistik yaklaşımına ve üretim temposuna bağlı olarak oluşan çekme sistemine uygun şekilde ara malzeme elleçleme depo alanında malzemeler indirilmeli ve raflara yerleştirilmelidir.

(Şekil 6.12-  ).JIT kapsamında saatlik gelen ve birebir hatta beslenen malzemeler de olacağı için malzeme indirme noktalarının/rampaların sayısının yeterli olması gerekir. İhtiyaç duyulan rampa/araç indirme noktası sayısı aşağıdaki formül 6.9 ile hesaplanır.

$$n = \sum_{i=1}^N \left\lceil \frac{\left(\frac{D_i}{Q_i}\right) \times t_i}{Y} \right\rceil \quad (6.9)$$

n : Kapı/Rampa sayısı

$D_i$  : i tipi araç ile depoya gelen veya depodan çıkan ürün miktarı (palet, koli, vb.)

t : i tipi aracın manevra, yükleme veya boşaltma süresi (kapı/rampa işgal süresi)

$Q_i$  : i tipi araç kapasitesi

Y : Dönemde kullanılabilir yükleme boşaltma süresi(vardiyada kullanılabilir süre alınabilir).

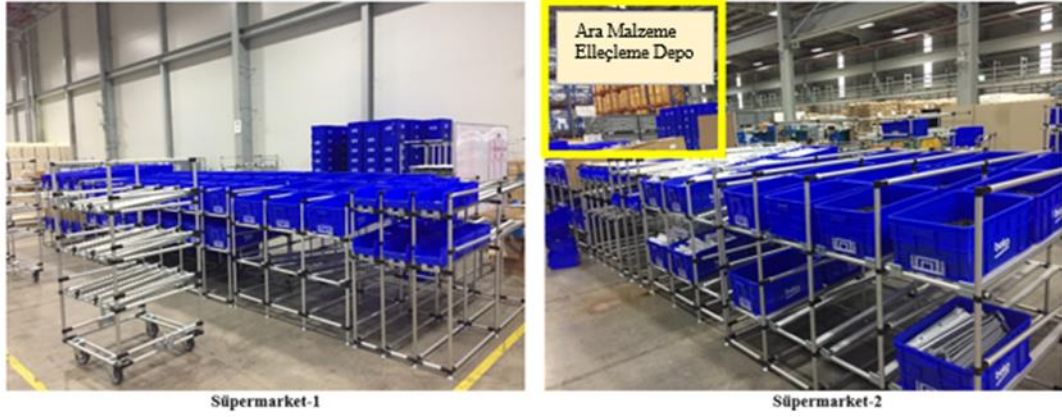
#### Örnek 6.7

ABC işletmesi üst kat ara malzeme elleçleme deposunda yüksek sezonda saatlik depoya gelen/çıkan ortalama 540 malzeme paleti için araçların her birinin kapasitesi 90 palettir. Buradan saatlik 6 malzeme aracına ihtiyaç duyulacağı hesaplanır. Vardiyalık çalışma süresi 7 saat alındığında toplam vardiyalık araç sayısı 42 adet olur. Yan cephesi açılan malzeme araçlarını ortalama boşaltma süresi 15 dakikadır. Buna göre gerekli olan araç indirme noktası sayısı 2 adet bulunur.

$$n = \sum_{i=1}^N \left\lceil \frac{\left(\frac{D_i}{Q_i}\right) \times t_i}{Y} \right\rceil = \sum_{i=1}^6 \left\lceil \frac{\left(\frac{540 \times 7}{90}\right) \times 0,25}{7} \right\rceil = 1.5 = \sim 2 \text{ adet}$$

Araç indirme noktası ihtiyacının belirlenmesinin ardından bölgedeki malzeme indirme alanlarının yeri, iç lojistik ekibinin kullandığı malzeme dağıtım araçlarının hareket rotası, boş kasaların, karton atıkların bölgeden uzaklaştırılma şekli, hurda/iade edilen malzemelerin alandan nasıl çıkarılacağı gibi bölgede hareketliliğe neden olacak operasyonlar İSG ekibinin olduğu toplantılarla netleştirilir ve yerleşim değişikliği buna uygun olarak yapılır.

Mevcut yerleşim, işletme içinde belirlenen malzeme rotalarına göre de kontrol edilmelidir. Örneğin, 2 çekicinin karşılıklı geçtiği malzeme taşıma güzergahları varsa, çift şeritli yolun olması gereken genişliğine göre yerleşim revize edilir.



**Şekil 6.24 :** Süpermarket ve ara malzeme elleçleme deposu örneği.

## 6.9 Milkrun Sistemi-İç Lojistik Trenleri

Milkrun sistemi başlarda yan sanayi, merkezi depolar ile işletme arasında dış lojistik hareketleri için kullanılsa da sonraki dönemlerde işletme içinde depolar-üretim hatları arasında iç lojistik hareketleri için de kullanılan malzeme dağıtım aracı haline gelmiştir.

Bu bölümde süpermarket alanları ile montaj hatları arasındaki malzeme transferinde kullanılması için kurgulanan işletme içi milkrun, diğer adıyla iç lojistik tren sisteminin analitik ve matematiksel detayları aktarılacaktır:

### 6.9.1 Milkrun kabulleri

İşletme içi milkrun çevrimlerinin rotaları, zamanlamaları ve işleyişi tasarlanırken işletmenin dinamiği ve kurulacak sisteme göre kabuller ve öngörüler belirlenir.

(Şekil 6.1-  ).

Taşıma güzergahı için temelde iki yöntem vardır: Sabit zaman-değişken miktar ve sabit miktar- değişken zaman. Sabit zaman-değişken miktarda, yolun süresi sabittir, fakat verilen çekme dilimi içinde taşınan malzeme miktarı, bir önceki kullanıma göre değişkenlik gösterir. Bu yöntemde taşıma operatörü, zamanı belli standartlaşmış bir dizi adımı takip eder (Smalley, 2004).

Sabit miktar-değişken zamanda ise, taşıma sistemi birimler arası malzeme hareketi ihtiyacını bildirmek için miktat tabanlı bir tetik kullanılır. Miktarların teslim zamanı, dolaşan rotanın ihtiyacına göre değişir (Smalley, 2004).

Yalın uygulamalar iki çeşit taşımayı da gerektirir. Amaç, malzemeleri dilim aralığında uygun şekilde üretim alanına taşımak olduğu zaman, sabit zaman taşıma sistemi en iyisidir. Aralıklar çok sık değilse ve parçalar ağır ya da havaleli ise sabit miktar taşıma sistemi daha iyidir (Smalley,2004).

### 6.9.2 Malzeme dağıtım araç sayısı hesaplama

İşletme içi mikrun kabulleri dikkate alınarak çekici başına döngünün ne kadar sıklıkta tekrarlanacağı aşağıdaki analitik model ile çıkarılır (Şekil 6.1-).

Her malzeme grubu bazında kutu/kasanın tüketim süresi hesaplanır.

W : Tüketim süresi (saat-dakika-saniye, aynı birim kullanıldığı sürece hepsi ile hesaplanabilir)

q : Kutu içi miktar (adet)

Ta: Kullanılabilir üretim süresi (dakika-saniye)

D: Üretim talebi (adet)

T: Takt süresi (saniye)

$$W = \frac{q \times Ta}{D} = q \times T \quad (6.10)$$

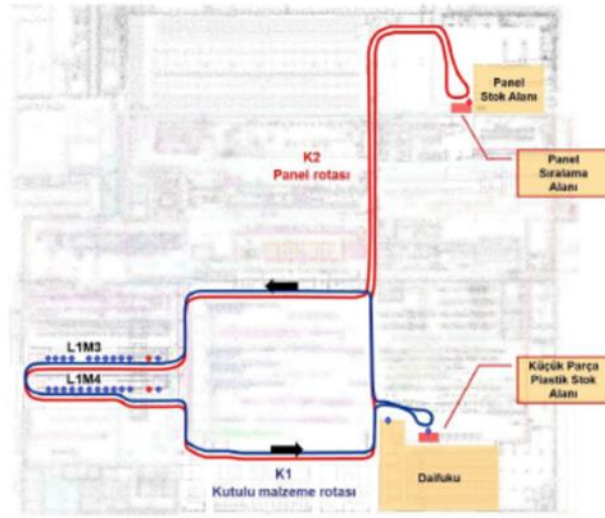
Planlanan mikrun rotalarında planlanan çekiciler için duruş/servis noktaları çizelgelenir ve her çekicinin uğradığı istasyonlar gözden geçirilir.

İndirme/servis noktası sayısına ek olarak rotanın toplam uzunluğu ve taşınan malzeme sayısına göre çekicilerin her bir rotada geçirdiği zaman birbirinden çok farklı olabilir. Her bir çekici için toplam malzeme dağıtım süreleri de çıkarılarak gözden geçirilir, gerekirse rotalarda ve taşınacak malzeme gruplarında değişiklikler yapıp süreler daha yakın hale getirilir.

Örnek 6.8:

Vardiyada 925 adet TV üreten bir firmada planlanan iki rota için malzeme tüketimi ve dağıtım sıklığını hesaplayalım (Şahin,2011):

Stok alanları ve uygulanan çekme sistemine göre kutulu ve panelli malzeme rotası olarak Şekil 6.25' de gösterildiği gibi iki ayrı dağıtım rotası oluşturulmuştur.



**Şekil 6.25 :** TV İşletmesi iç milkrun rotaları (Şahin,2011).

Kutu/palet içi miktarına göre malzemeler için tüketim süreleri hesaplanmıştır. Örneğin, Şekil 6.26’da toplamda 6 çeşit panelin en düşük kapasiteli palet olan S1 ve S2 marka panellerde, 72 adetlik panel stoğunun, formül 6.10 ile hesaplandığı gibi, yaklaşık 34 dakikada tüketildiği tespit edilmiştir.

$$W_{panel} = \frac{q \times T_a}{D} = q \times T = \frac{72 \times 7,25 \times 60}{925} = 33,86 \text{ dk}$$

| Panel Marka | Ekran | A (cm) | B (cm) | H (cm) | Hacim (m³) | Kutu/ Palet | Panel/ Kutu | Panel/ Palet |
|-------------|-------|--------|--------|--------|------------|-------------|-------------|--------------|
| S1          | 19"   | 115    | 97     | 82     | 0,91       | 12          | 6           | 72           |
| S2          | 22"   | 115    | 97     | 100    | 1,12       | 12          | 6           | 72           |
| L1          | 19"   | 115    | 100    | 110    | 1,27       | 18          | 12          | 216          |
| L2          | 22"   | 115    | 100    | 93     | 1,07       | 12          | 7           | 84           |
| A1          | 19"   | 115    | 106    | 110    | 1,34       | 24          | 8           | 192          |
| A2          | 22"   | 115    | 90     | 97     | 1,00       | 12          | 9           | 108          |

**Şekil 6.26 :** Panel çeşidi ve bilgileri (Şahin,2011).

Formül 6.10 sonucundan, yaklaşık her yarım saatte bir kez bir montaj bandına bir palet panel getirilmesi gerektiği ortaya çıkmış olur. süresinin ne olacağına karar verebilmek için her iki rotanın tek başlarına yaklaşık kaç dakikada tamamlanabildiği çıkarılmıştır. Şekil 6.27’de, her iki montaj hattında ve rotada hangi malzeme alanlarına ve montaj istasyonlarına uğradığının listesi verilmiştir.

| Montaj Bandı >>                       |         | L1M3 |    | L1M4 |    |
|---------------------------------------|---------|------|----|------|----|
| Rota Durak Yeri                       | Rota >> | K1   | K2 | K1   | K2 |
| Panel ambarı, panel sıralama alanı    |         | -    | ✓  | -    | ✓  |
| Daifuku ambarı, malzeme çıkış alanı   |         | ✓    | -  | ✓    | -  |
| Küçük parça plastik stok alanı        |         | ✓    | -  | ✓    | -  |
| 1. istasyon (Ön çerçeve)              |         | ✓    | -  | ✓    | -  |
| 2. istasyon (Panel)                   |         | ✓    | ✓  | ✓    | ✓  |
| 3. istasyon (Hoparlör)                |         | ✓    | -  | ✓    | -  |
| 4. istasyon (Tuş Takımı)              |         | ✓    | -  | ✓    | -  |
| 5. istasyon (Şasi, LIPS)              |         | ✓    | -  | ✓    | -  |
| 6. istasyon (Şasi, LIPS vidalama)     |         | ✓    | -  | ✓    | -  |
| 7. istasyon (Kablo Konfigürasyon)     |         | ✓    | -  | ✓    | -  |
| 8. istasyon (Kablo Konfigürasyon)     |         | ✓    | -  | ✓    | -  |
| 9. istasyon (İlave İst. - DVD)        |         | -    | -  | ✓    | -  |
| 10. istasyon (Arka Kapak)             |         | ✓    | -  | ✓    | -  |
| 11. istasyon (Arka Kapak vidalama)    |         | ✓    | -  | ✓    | -  |
| 12. istasyon (Ayak)                   |         | ✓    | -  | ✓    | -  |
| 13. istasyon (Ayar hazırlık, T-0)     |         | -    | -  | -    | -  |
| PC Terminali, Barkod okutma istasyonu |         | ✓    | ✓  | ✓    | ✓  |
| Bir Çevrimde Uğranılan Nokta Sayısı   |         | 14   | 3  | 15   | 3  |

**Şekil 6.27 :** Milkrun rotaları, duruş/servis noktaları (Şahin, 2011).

Tam bir K1 rotası yaklaşık 450 metre ve K2 rotası yaklaşık 700 metredir; buna karşılık K1 rotasında taşınan malzeme sayısının fazlalığı nedeniyle, toplamda K2 rotasının süresinin iki katı sürede tamamlanabilmesine neden olmuştur. Yolda karşılaşılabilecek araç ve insan trafiğine göre ilave sürelerle beraber tek montaj bandı için K1 ve K2 rotalarının toplamı, yaklaşık 45 dakikadır. Birbirine komşu iki montaj bandına tek çekici atandığı için 90 dakikalık çevrimler ile malzeme beslemesi yapılmasına karar verilmiştir (Şahin,2011).

| No. | İşlem                                           | Ort. Süre (dk) |
|-----|-------------------------------------------------|----------------|
| 1   | Kart topla, boş kutu topla, dolu kutu bırak     | 8,9            |
| 2   | SAP ekranında kartları barkod okuyucu ile okut. | 2,1            |
| 3   | Daifuku depo önüne git.                         | 1,8            |
| 4   | Daifuku depo yazılımına siparişi aktar.         | 0,9            |
| 5   | (Malzemenin gelmeye başlaması)                  | 1,1            |
| 6   | Boş kutuları bırak, dolu kutuları al            | 9,5            |
| 7   | Montaj hattına git.                             | 2,0            |
| 8   | (Yolda karşılaşılan trafik)                     | 2,0            |
|     | <b>Toplam</b>                                   | <b>28,3</b>    |

K1 Rotası

| No. | İşlem                                   | Ort. Süre (dk) |
|-----|-----------------------------------------|----------------|
| 1   | Dolu arabaları bırak, boş arabaları al. | 2,4            |
| 2   | Panel ambarına git.                     | 3,7            |
| 3   | Boş arabaları bırak, dolu arabaları al. | 2,2            |
| 4   | Montaj hattına git.                     | 3,4            |
| 5   | (Yolda karşılaşılan trafik)             | 2,5            |
|     | <b>Toplam</b>                           | <b>14,2</b>    |

K2 Rotası

**Şekil 6.28 :** K1 ve K2 süreleri (Şahin, 2011).

Dağıtım rotalarına göre planlanan dağıtım araçların-çekici ve arkasına bağlanan vagon araçları sayısını hesaplamak için ise aşağıdaki yöntem kullanılır:

Her parça için plan dosyasındaki parçalara ait konum, miktar, ambalaj ve taşıma bilgileri aynı klasör içinde ayrı bir sayfada tablo haline getirilir. Hesaplama için excel dosyası kullanılabilir. Hesaplama adımları aşağıdaki şekildedir:

$Q_{kutu}$  : Malzeme grubu bazında vardiyada taşınan toplam kutu sayısı (adet)

$Q_{palet}$  : Malzeme grubu bazında vardiyada taşınan toplam palet sayısı (adet)

$Q_t$  : Malzeme grubu bazında tek seferde taşınabilecek kutu sayısı sayısı (adet) ( Palet ile taşınan malzemelerde 1 alınırken, raf vagonu ile taşınan kutulu malzemeler için tek seferde taşınabilecek adet belirlenir)

$T_p$ : Vardiyada taşınacak toplam palet sayısı (adet)

$T_s$ : Vardiyada toplam döngü sayısı (adet)

$q$  : Kutu içi miktar (adet)

$D$ : Vardiyalık ürün talebi (adet)

$c$ : Malzemenin her bir üründe tüketim miktarı (adet)

$\zeta_c$ : Çekici çevrim süresi (dakika)

$\zeta_{c_{max}}$ : En uzak istasyondaki malzeme grubu için çekici çevrim süresi (dakika)

$M$ : Toplam taşıma mesafesi (gidiş+dönüş)

$T_a$  : Günlük kullanılabilir üretim süresi (dk)

$V_\zeta$ : Çekici hızı (m/dk)

$Q_v$ : Vagon miktarı (adet)

$$\zeta_c = M/V_\zeta \quad (6.11)$$

$$Q_{kutu} = (D \times c)/q \quad (6.12)$$

$$Q_{palet} = Q_{kutu}/Q_t \quad (6.13)$$

$$T_p = \sum_{i=1}^N Q_{palet} \quad (6.14)$$

$$\zeta_{c_{max}} = M/V_\zeta \quad (6.15)$$

Her malzeme grubu için hesaplanan çekici miktarları dağıtım noktası ve dağıtım araçlarına göre ayrı ayrı toplanır. En uzak noktadaki malzeme grubunu taşımak için gerekli olan çekici çevrim süresi hesaplanır. En uzak noktadaki malzemeyi götürürken çekici diğer malzemeleri de istasyonlara bırakabilecektir. Bu yüzden ardından formül 6.16 ile vardiyalık çalışma süresi içinde toplamda kaç döngü yapılacağı hesaplanır.

$$T_s = Ta / \zeta c_{max} \quad (6.16)$$

Vardiyadaki toplam taşınacak palet sayısı da formül 6.17'deki gibi toplam sefer sayısına bölünerek her bir çekici için gerekli olan vagon sayısı bulunmuş olur. Belirlenen malzeme dağıtım rotası, toplam döngü süresi ve seferde taşınması gereken vagon sayısına göre de sistem içinde bulunması gereken çekici miktarına karar verilir. Örnek 6.8'de dağıtım rotası ve süresine göre çıkarılan çekici sayısına ait bir örnek tekrar incelenebilir.

$$Qv = T_p / T_s \quad (6.17)$$

### 6.9.3 İç lojistik kadrosunun belirlenmesi

Proje kapsamında çalışma bölgeleri, iş detayına göre kadro ihtiyaçları belirlenir (Şekil 6.1-  ) Kadro hesaplaması için iş ölçümü (zaman etüdü) yapılır. İş ölçümünü “nitelikli bir işçinin, tanımlanmış bir işi, belirlenmiş bir çalışma hızı ile yapması gereken zamanı” saptamak olarak açıklayabiliriz. İş ölçümünde genel olarak aşağıdaki adımlar izlenir:

- Yapılacak işler ve yapacak kişilerde olması gereken niteliklere göre hakkında bilgi toplanır.
- Yapılacak işler öğeler olarak ayrıştırılır ve her birinin ayrı ayrı gerekli normal iş zamanı çıkarılır. Burada çalışan için bir kaç kez kronometraj alınıp ortalaması değerlendirilebilir.
- Normal iş zamanına ek olarak, çalışanın fiziksel ihtiyaçları ve süre içinde yorgunluğu da dikkate alınarak standart zaman hesaplanır.

NS: Normal süre (saniye)

SS: Standart süre (saniye)

z: Tolerans (%)

K: Kadro ihtiyacı (adet)

Ta: Kullanılabilir üretim/çalışma süresi (saniye)

$$SS = NS \times (1 + z) \quad (6.18)$$

- Her bir iş ögesi için ayrılması gereken toplam iş yükü ve standart zaman değerlendirilir ve kadrolar atanır.

$$K = SS/Ta \quad (6.19)$$

#### Örnek 6.9

Fırın üreten bir işletmede malzeme elleçleme deposu ile süpermarket arasında çalışan süpermarket rafı hazırlama operatörünün bir kutunun aktarılması için yaptığı işin süreleri Çizelge 6.2'deki gibidir:

**Çizelge 6.2 : Fırın işletmesi süpermarket raf hazırlama iş ölçümü.**

| # | İş Adımı                                                              | Ölçüm-1    | Ölçüm-2    | Ölçüm-3    | Ölçüm-4    | Ölçüm-5    | Ortalama süre(sn) |
|---|-----------------------------------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------------|
| 1 | Palet streci ve köşebentleri açılır.                                  | 60         | 65         | 58         | 62         | 70         | 63                |
| 2 | Malzeme kutusu ilgili süpermarket rafına konur.                       | 10         | 11         | 10         | 13         | 9          | 10,6              |
| 3 | Palet streçle sarılıp ara malzeme elleçleme operatörüne geri verilir. | 50         | 52         | 56         | 51         | 53         | 52,4              |
|   | <b>Toplam Süre(sn)</b>                                                | <b>120</b> | <b>128</b> | <b>124</b> | <b>126</b> | <b>132</b> | <b>126</b>        |

Bir kutu için normal zaman 126 sn bulunmuştur. Vardiyalık 800 adet üretimde, toplamda 1336 kutunun aktarıldığı gözlemlenmiş ve hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam Normal Zaman} = 1336 \text{ kutu} \times 126 \text{ sn} = 168.336 \text{ sn}$$

İş adımlarına göre iş yeri hekimi ile alınan karar sonrası çalışan yorgunluk payı % 6 olarak eklenmiştir, buna göre formül 6.18'den toplam standart zaman;

$$SS = NS + (1 + z) = 168.336 (1 + 0,06) = 178.436 \text{ sn bulunur.}$$

Vardiyalık çalışma süresi 430 dk, yani 25.800 sn olduğu için formül 6.19'dan gerekli kadro ihtiyacı;

$$K = \frac{SS}{Ta} = 178.436 \div 25.800 = 6,91 \text{ kişi} = \sim 7 \text{ kişi}$$

bulunmuştur.

#### 6.10 Hat Yanı ve Ara Malzeme Elleçleme Depo & Süpermarket Tasarımları

Yalın iç lojistik sistem kurulumu için belirlenen süpermarket alanlarına ve hat yanlarına, malzemeleri tanımlı ambalajları ile çekme sistemi ve FIFO yapısına uygun

olarak getirip, kullanıldığı istasyonda her parça için alan ve adres yaratmak amacıyla raf sistemleri tasarlanır, malzeme hareketi için e-kanban devreye girene kadarki süreç için kanban toplama cepleri yaratılır

### 6.10.1 Dinamik raflar

Dinamik tanımı, raf katlarında bulunan çoklu kaydırıcı rulolardan gelmektedir. Eğimli yerleştirilen bu rulolar sayesinde arka taraftan bırakılan malzeme kutusu ön taraftaki malzeme sorumlusu/operatör efor sarfetmeksizin ulaşır. Ergonomik açıdan çalışanın vardiyada toplam kutu elleçleme yükünü azaltır.

Mevcut istasyonlara hat dengelemesiyle atanan malzemeler için, malzeme kasa boyutu, stok miktarı, kasa içi adet, hat yanı alanı ve ergonomik gerekliliklere göre farklı özelliklerde hat yanı dinamik rafları tasarlanır (Şekil 6.1- ). Tasarımda ilk dikkate alınan kriter hat yanında rafı koyabilecek alandır. Malzeme taşıma ve yaya yoluna taşmayacak şekilde raflar yerleştirilmelidir.

Hat yanı dinamik rafların tasarımı ve ihtiyacın belirlenmesinde aşağıdaki adımlar izlenir:

- Raflara konulacak standart kasalar belirlenir (Bölüm 6.7.1’de detaylı anlatılmıştır)
- Hat dengelemesine, hat kenarındaki kullanılabilir alana, malzemenin hacmi ve kasa içi adetlere göre hangi malzemenin hangi kasada taşınacağı ve hat kenarında ne kadar stoklanacağı belirlenir (Malzeme taşıma analizi Bölüm 6.9’da detaylı anlatılmıştır).
- Aynı istasyonda operasyon için farklı malzeme kullanılıp kullanılmadığı kontrol edilir. Örneğin, montaj sırasında farklı iki malzeme kullanılıyorsa iki katlı dinamik raf konmalıdır.
- Ergonomik gereklilikler kontrol edilir, boş ağır malzeme kutularının alt rafa aktarımı için dinamik raf “aktarma kolu” olacak şekilde tasarlanır. İstasyonda işgörenin çalışma yüksekliğine göre de dinamik raf katlarının yüksekliği çıkarılır. Montaj şekline göre eğimli durması gereken malzeme kutuları ve kasaları için de açılı raflar oluşturulur.

- Vida, pul, somun gibi montaj sırasında sürekli kullanılan ve çeşitlilik göstermeyen, havalesiz malzemeler için hat kenarına “askılı kutu raflar” tasarlanır.
- Bunlar dışında, standarda uygun olmayan, özel şartları nedeniyle farklı tasarım gerektiren ihtiyaçlar belirlenir ve bunlara göre tasarımlar oluşturulur.
- İstasyon adresine göre ihtiyaç duyulan tasarımlar ve adetleri bir liste halinde toparlanır.
- Son adımda ihtiyaçlar üzerinden firma ile görüşülür ve sipariş verilir, profillerin ve bağlantı elemanlarının paslanmaz çelikten olması, işletmede taşınan max. ağırlıktaki malzeme için uygun yapıda olması, tekerlekli taşınabilir ve gerektiğinde sabitlenebilir olması önemlidir.



**Şekil 6.29 :** Dinamik raf tasarım örneği.

Süpermarket dinamik rafların tasarımı ve ihtiyacın belirlenmesinde de benzer adımlar izlenir:

- Süpermarkette bulundurulacak malzeme grupları belirlenir.
- Dengeleme ve Malzeme taşıma analizi Bölüm 6.9’da anlatılan analize göre süpermarket raflarında da tutulması gereken stok miktarları/malzeme grubu bazında kutu adetleri belirlenir. Buradan kutu tipine göre ihtiyaç duyulan raf göz sayısı belirlenir.
- Çıkarılan ihtiyaç listesine göre, ergonomik koşulları ve max taşıma kapasitesi gerekliliklerini sağlayan bir tasarım firma ile çalışılır, ardından siparişler oluşturulur.

- Bir süreç haritasında her bir işlem ve eylem adımları, aşamaların girdi ver çıktıları, her bir aşamada alınacak kararlar, eylem ve işleri gerçekleştirecek bireyler/fonksiyonlar yer alır.

### 6.10.2 Özel taşıma araçları

Süpermarket ve hat yanında raf üzerinde stoklanacak kasalardan daha büyük kasalar ile tedarik edilen iç adeti düşük, hatta taşıma sıklığı yüksek havaleli malzemeler için özel tekerlekli trolleyler (taşıma araçları) tasarlanır (Şekil 6.1- 16 ).

Tekerlekli, iç lojistik trenine takılıp ilgili istasyona gönderilecek yapıda tasarlanan özel trolleyler için de taşınan kasa ölçüleri, kasa ağırlığı, parça kullanılan istasyonun yüksekliği, malzemenin alımı için ergonomik olarak gerekli diğer özellikler dikkate alınır.

Şekil 6.30'da 800x1200 mm (enxboy) ölçüsündeki K550 kasa için tasarlanan, kasanın üstüne konarak iç lojistik çekicisi ile hatta gönderdirildiği, keskin dönüşlerde savrulma veya rotadan çıkma durumlarının önüne geçebilmek adına "iz takip edebilme" özelliği olan, 1.000 kg taşıma kapasiteli özel tasarım gösterilmektedir. Bu araçlar ile aynı zamanda ilgili malzeme operatörünün K550 kasasını itmek/çekmek yerine tekerlek sistemi ile rahatça yönlendirmesi sağlanmıştır.



**Şekil 6.30 : K550 trolley tasarımı.**

Büyük kasa ile tedarik edilen bazı havaleli malzemelerin ise kasa ve özel trolley ile banda gönderilmesi mümkün olmaz, taşıma sıklığı ve bant yanı stok alanı göz önünde bulundurularak depo alanında iç adeti kasaya göre daha fazla olan taşıma araçlarına aktarım yapılır.Öncelikle bu tip malzemelerin yan sanayiden geliş ambalajlarında da iyileştirme yapmak gerekir; fakat işletmede ve yan sanayide uzun süreli stoklanan parçalar ise özel taşıma araçları maliyetli olmakta, geri dönüşüm süresi çok uzun bir yatırım olmaktadır.Böyle durumlarda depo alanına ilave malzeme sorumlusu atanarak malzeme aktarımı yaptırılır.

Malzeme havaleli kasa ile işletmeye geliyorsa ve özel trolley ya da taşıma arabasına aktarılarak banda taşınıyorsa ihtiyaç duyulan trolley/taşıma arabası sayısı Bölüm 6.9'da detaylı anlatılan iç lojistik malzeme taşıma analizi sonucunda belirlenir. Bir malzeme grubu bazında ihtiyaç; bant başında planlanan araç sayısı, süpermarket alanında planlanan araç sayısı ve taşıma halinde olması planlanan araç sayısının toplamı kadardır. Her malzeme grubu için bu sayılar ve tasarımlar toplanır.



**Şekil 6.31 :** Malzeme taşıma araçları örneği.

Parça tedarikçiden özel taşıma arabası ile temin ediliyorsa, parça özelinde taşıma arabası ihtiyacı kasadaki ile aynı hesaplama yöntemi ile formül 6.3 ve formül 6.4 kullanılarak belirlenir.

### 6.10.3 İç lojistik treni (milkrun)

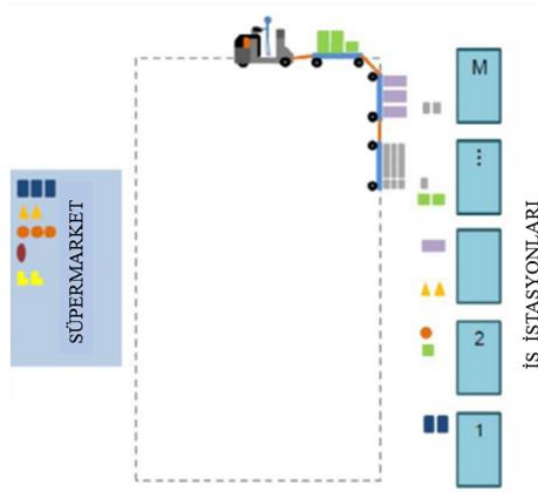
İç lojistik hareketlerinin yalınlaştırılması ve kanban çekme sisteminin devreye alınmasıyla beraber süpermarket alanları ile montaj sahasındaki istasyonlar arasında hedeflenen üretim adetini karşılayacak uygun sıklıkta ve tek seferde birden fazla malzemeyi banda besleyip toplam taşıma hareketini azaltacak şekilde iç lojistik trenleri tasarlanır (Şekil 6.1-  ).

İç lojistik treni bir çekiciye bağlı olarak hareket eden arkasında her biri malzeme vagonu olarak adlandırılabilen tekerlekli takılıp çıkarılabilen dinamik raf vagonu, özel trolley ve taşıma arabalarından oluşan yalın bir malzeme dağıtım aracıdır.



**Şekil 6.32 :** Çekici ve vagon örnekleri.

Şekil 6.33’de görüldüğü gibi süpermarket önünden çekiciye takılan malzeme vagonları, montaj hattında dağıtım çıkarılır ve ilgili istasyonlara gerekli malzeme kutuları bırakılır, bir yandan da iş istasyonlarındaki dinamik raflara bırakılan boş kutu, özel trolley ve taşıma arabaları da toplanarak süpermarketlere doldurulması için geri getirilir.



**Şekil 6.33 :** İç lojistik treni (işletme içi milkrun).

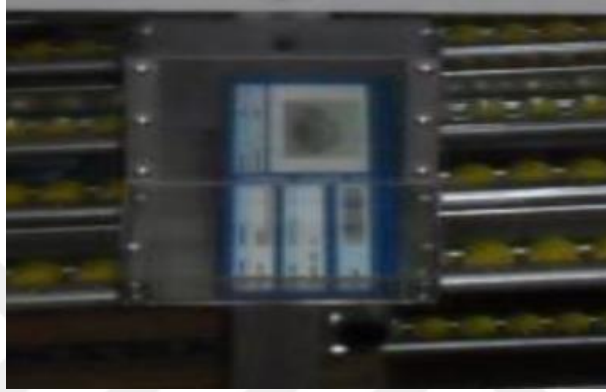
İşletmede ihtiyaç duyulan çekici ve vagon sayısı, süpermarketler ile istasyonlar arasındaki mesafeye, günlük üretim adeti, malzeme gruplarının kasa içi adetleri ve gerekli taşıma sıklıkları, hat yanı stok miktarı, ergonomik ihtiyaçlar ve çekme sisteminde kurulan rotaya göre belirlenmektedir.

#### 6.10.4 Kanban toplama cepleri

İlk aşamada kartlı kanban işleyişi uygulanacağı için sistemin önemli bir parçası olan, kutudan malzeme kullanımıyla, ilgili kanbanın kutudan ayrılması ve bir sonraki

döngüde kartları toplayacak olan malzeme operatörüne iletilmesi amacıyla her dinamik raf üzerine, Şekil 6.34’de görülen kanban toplama cepleri (Şekil 6.1- 18) tasarlanıp temin edilir. Kanban toplama cepleri istasyonlardaki tüm dinamik raf , trolley ve taşıma araçlarının olduğu noktaları ile süpermarket alanlarına konur.

Genel prensip olarak, montaj operatörü rafında bekleyen malzeme kutusu boşaldığında boş kutuyu dinamik rafın boş/yarım kutu iade katına koyar ve kanban kartı de toplama cebine ilişitirir.



**Şekil 6.34 :** Kanban toplama cebi örneği (Url-11).

#### **6.10.5 Ara malzeme elleçleme depo rafları**

Kanban çekme sistemiyle beraber ara malzeme elleçleme depo işletme içindeki süpermarkete uzak noktalardan ve yan sanayiden gelen malzemelerin ara stok alanı olarak kullanılır. Böylelikle hattın talep ettiği stok belirli zaman öncesinde kontrol edilmiş ve hazırlanmış olur. Bu uygulama ile uzak noktalardan gönderimde yaşanabilecek malzeme kaybı ve temin problemlerini ara stokla yönetip, montaj bandına yansıtmamış olunur.

İşletmenin ayırabileceği alan doğrultusunda planlanan bölüme Şekilde 6.35’de örnek verildiği gibi ağır yük depo rafları kurulur (Şekil 6.1- 19) Malzemelerin depolara ve ara malzeme elleçleme alanına geliş süresi, devam eden kalite problemleri ve palet/kasa içi adet dikkate alınarak depo raflarına malzemeler adreslenir.



**Şekil 6.35 :** Ağır yük depo rafları.

Süpermarket alanına gönderilmeden önce merkez depolardan ve tedarikçilerden gelen malzemelerin kısa süreli depolandığı bu ara elleçleme alanında, frekansı düşük ve sıklıkla süpermarkete beslenen, havaleli malzemeler alt raflara konmalıdır. Böylelikle malzeme indirme/rafa koyma aracı ve operatörünün iş gücünde verimlilik artırılmış olur.

Ara malzeme elleçleme alanında malzeme bazında kullanılacak raf sayısı formül 6.20 ile hesaplanır:

$Q_r$ : Raf gözü ihtiyacı (adet)

$Q_p$ : Palet/Taşıma Arabası/Kasa içi miktar (adet)

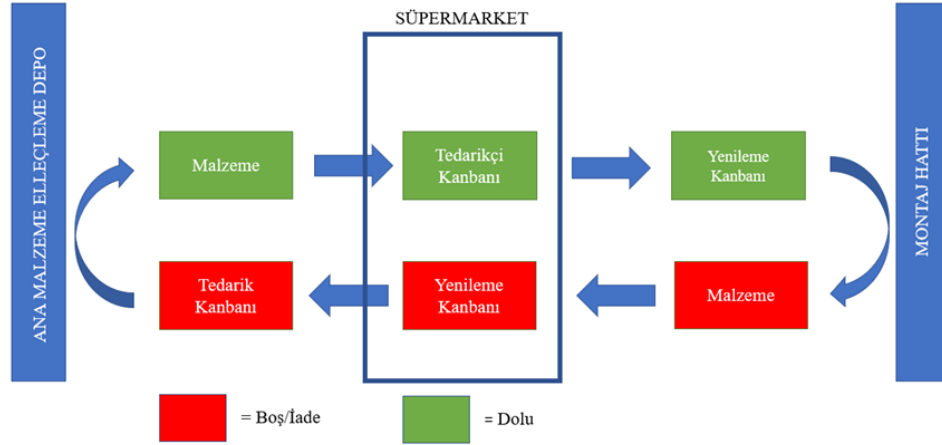
$S_a$ : Planlanan stok süresi (saat)

$T$ : Takt süresi (saat)

$c$ : Malzemenin her bir üründe tüketim miktarı (adet)

$$Q_r = \frac{S_a \times c}{T \times Q_p} \quad (6.20)$$

Süpermarketten montaj hattına gönderilen bir malzemenin yerini doldurmak için ara malzeme elleçleme alanına tedarik kanbanı ile talep oluşturulur. Buradaki stoklardan bir sonraki üretim için gerekli olan parça da süpermarket alanına verilerek boşluk tamamlanır. Bu akış Şekil 6.36'da gösterilmektedir. Süpermarkete gelen boş ve iade kasalar da ara malzeme elleçleme alanına gönderilir.



**Şekil 6.36 :** Ara malzeme depo-süpermarket-montaj malzeme akışı.

## 6.11 Kartlı Kanban Sistemi

Bu bölümde “prosesler arası tek kanban” ve süpermarket çekme sistemi”ne göre kullanılan analitik model ve metodoloji aktarılacaktır.

### 6.11.1 Kart sayısı hesaplama

Sistem içinde iş istasyonlarıyla süpermarket alanları arasındaki malzeme kutuları/araçları ve trolleylerin takibi için kartlar kullanılır. Kanban “kart” anlamına geldiği için bundan sonrasında sadece “kanban” kullanılacaktır. Kanban sayısı (Şekil 6.1- ) “Toyota’nın Kanban Formülü” adı da verilen formül 6.20 ile hesaplanır:

$$k = (D(p + w) \times (1 + \sigma))/q \quad (6.21)$$

k: Kanban sayısı

q :Taşıyıcı (konteynır veya kutu) kapasitesi, kutu içi adet

D : Bir ürün için günlük veya saatlik talep (birim: adet/gün veya adet/saat). Bazı uygulamalarda maksimum müşteri talebi olarak kullanılabilir.

p :Parti işlem süresi (içsel hazırlık süresi+işleme süresi+hücre içi bekleme süresi)

w : Kanbanların bekleme süresi (örneğin kartların taşınma, toplanma ve bekleme süreleri)

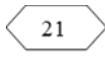
e : Emniyet süresi

$\alpha$  : Güvenlik katsayısı (sistemdeki kayıpların oranını gösterir).

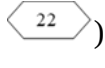
Çk: Kanban çevrim süresi

$$\text{Çk} = p + w + e \quad (6.22)$$

### 6.11.2 Kanban kuralları

Üretim tesisinin genel durumu, sisteme yönelik varsa kısıtları, kullanılması düşünülen kanban türüne göre sistemin sağlıklı işlemesi için belirli kurallar tanımlanması gerekebilir(Şekil 6.1- ).Örneğin, malzeme taşıma yollarının dar olduğu bir işletmede tek yönlü bir malzeme akışı sağlanması faydalı olur ya da kanbanların sistem içinde kaybolmalarını önlemeye yönelik “Kanbanlar sadece kanban kutularında bulunmalıdır” şeklinde kural tanımlamak düzen içinde kanbanın kaybolması nedenli malzeme temin duruşlarının önüne geçer. “Kanbanları sadece vardiya sorumluları basabilir” şeklinde bir kural konması ise gereksiz kanbanların çıkarılmasına engel olacaktır, stok yönetimi istenilen şekilde sağlanabilecektir.

### 6.11.3 Kanban tasarımı ve basımı

Süpermarket-iş istasyonları arası çekme kanbanları, stok alanlarının ve iş istasyonlarının birbirine yakın olması, malzeme grubu sayısının yönetilebilir olması ve çekme sisteminin boş kutu üzerinden tetiklenerek malzeme grubu bazında talep göndermesi (malzemelerin stok kodu yerine malzeme grubu tanımlamasıyla taşınması) nedeniyle kanban tasarımı ve basımı yapılır (Şekil 6.1- ).

### 6.11.4 Kartlı kanban sistemini devreye alma

Şekil 6.1-  kapsamında öncelikle malzemeler kararlaştırılan standart ölçülerinde tedarik edilmeye başlanır, dengeleme ve malzeme hareketi için kısıt oluşturan malzemelerin ortaklaştırılması/iyileştirilmesi de tamamlanır.

Süpermarket alanları ve dış araç indirme alanları ile ilgili layout düzenlemeleri tamamlanır. Hesaplanan sayıda dinamik raf, özel trolley ve taşıma araçları temin edildiğinde sahada yerleşimleri yapılır.

Sistem ile ilgili talimatlar hazırlanır ve iç lojistik ekibine görev ve sorumlulukları ile ilgili eğitimler düzenlenir.

Hat yanındaki dinamik raflar ve süpermarket ile ara malzeme elleçleme depo alanları, yeni devreye giriş nedeniyle tamamen boş olduğundan, ilk malzeme taşıma seferine

özel tüm malzemeler ve kanbanları ile birlikte hatlara taşınırlar, depo raf alanları adreslerine uygun şekilde doldurulur ve kanbanlar kutu ve raf ceplerine konur.

Sonrasında, çekme sistemine göre kurgulanan yeni iç lojistik işleyişi, malzeme operatörlerinin görev paylaşımına uygun şekilde ve rota güzergahlarına uyarak, kanban toplama, boş kutu toplama ve malzeme besleme çevrimleri ile başlatılmış olur.

## **6.12 E-Kanban Sistemi**

Bu kısımda proje kapsamında ilk etapta kartlı kanban sistemi ile başlatılan depo/süpermarketler ile iş istasyonları arasındaki çekme sisteminin elektronik hale getirilmesi anlatılacaktır.

### **6.12.1 Süreç haritasının çıkarılması**

İşletmedeki depo alanları, kurulacak süpermarket ve malzeme elleçleme alanlarının yeri, elektronik sinyal verilerinin hangi noktalardan ne şekilde alınacağı ve nasıl yönlendireceği planına göre sürecin haritası çıkarılır (Şekil 6.1- ).

### **6.12.2 Barkod tasarımı**

Kurulacak E-Kanban sistemine göre malzeme hareketlerini takip etmek, dağıtımını doğru şekilde sağlamak, istenilen noktalarda elektronik sinyal ile çekme talebini oluşturmak için barkodlar tasarlanır (Şekil 6.1- ).

#### *Depo Raf Barkodu:*

Merkez depolar ve ara malzeme elleçleme alanlarında bulunan ağır yük raflarında hangi malzeme paletinin nerede hangi miktarda olduğunun bilinmesi gereklidir. Bu yüzden öncelikle raflarda adresleme yapılır ve buna göre raf adresleri raf barkoduna entegre edilir. Kare barkod olarak çıkarılıp ilgili noktalara yapıştırılır

#### *Palet Barkodu:*

Paletlerin takibi için palete bir kez verilen seri numaralı barkoddur.

#### *Kutu Barkodu:*

Standart ölçülere getirilen malzeme kutularının takibi için kutunun adreslenmesine yönelik oluşturulan barkoddur.

#### *Süpermarket Raf Barkodu:*

Süpermarket alanındaki dinamik raf ve bölgelerdeki malzemelerin takibi ve adreslenmesi için kullanılır. Kare barkod olarak ilgili noktalara yapıştırılır. Süpermarket raf alanı üzerindeki raf sayısına göre bölüm-kolon-kat ve sırayı belirten barkod tasarımı yapılır.

#### *İstasyon Barkodu:*

Malzeme raflarının ve malzeme gruplarının ait olduğu istasyonu içeren barkodur. İstasyon üzerinde ilgili noktalara yapıştırılır. Süpermarketten talep edilen malzemenin hangi noktaya gönderileceğinin sinyalini vermede kullanılır. Hat numarası-istasyon numarası- istasyonda takılan malzeme grubu bilgisini içerir.

### **6.12.3 Donanım ihtiyaçlarının çıkarılması**

Kurulması planlanan e-kanban sistematiğine gerekli donanım ihtiyaçları ve sayıları belirlenerek sipariş edilir (Şekil 6.1-  ). İhtiyaca göre üretim tesisinden diğerine ihtiyaçlarda değişiklik olabilir. Genel olarak elektronik sinyallerin barkod okutulması ile verilmesi tercih edildiyse el terminalleri kullanılacaktır. Malzeme akışının sahada takibi için ekranlar konması ve istenilen verilerin ekranlardan takip edilmesi de sistemi ve süreci oldukça yalınlaştıracaktır.

### **6.12.4 Yazılım süreci**

Genel E-Kanban iş akışının çıkarılmasının ardından BT ekibi ile beraber çalıştaylar düzenleyerek sistemden üretim planın kontrolü, rafların doldurulması ve çekme sistemi sinyalleri ile ilgili detaylı malzeme çekme ve dağıtım algoritmaları yaratılır (Şekil 6.1-  ). Web tabanlı yazılacak uygulamanın da arayüzleri kullanıcı ihtiyaçları doğrultusunda şekillendirilir.

### **6.12.5 Testler ve devreye alma**

Kartlı kanban uygulaması devam ederken, belirli aşamalarda yapılan yazılım saha üzerinde test edilir ve alınması gereken aksiyonlar proje ekibi ile birlikte çıkarılarak düzeltmeler bir sonraki aşamaya kadar tamamlanır (Şekil 6.1-  ).

Sistemin genel işleyişi, arayüz üzerinden barkod ve kritik malzeme listesi gibi çıktıların nasıl alınacağı, el terminallerinin nasıl kullanılacağı ile ilgili iş talimatları

hazırlanır ve eğitimler düzenlenir. Ardından el terminallerine yazılımlar da yapılarak iç lojistik ekibine teslim edilir.

Yazılımın tamamlanmasının ardından sistem devreye alınır, elektronik kanban ile beraber çekme sistemi ve bilgi akışı elektronik olarak yapıldığı için kartlar sahadan toplanır.

JIT ile Saatlik Malzeme Temini çalışmasıyla beraber kurulan ABC JIT yazılı da sisteme entegre edildiğinden belirlenen tedarikçiler için otomatik malzeme siparişi yaratılmaya başlanır.

### **6.13 Projeyi Destekleyen Çalışmalar**

Üretim sistemlerinde çekme tipi esaslı yeni bir iç lojistik sistemi kurgularken, sistemin daha sağlıklı şekilde işlemesi ve yalın bir akış yaratmaya yönelik projeye destek veren üç çalışmadan bahsedilecektir:

#### **6.13.1 Üretim planının sabitlenmesi**

İşletmelerde üretim planı yayımlandıktan sonra, üretim süreci içinde çeşitli sebeplerle model değişikliği ve planın güncellenmesine gidilmektedir. Başlıca sonraki üretimin malzemesinin eksik olması/depoda bulunamaması, kalite problemleri kaynaklı üretim yapılamaması, tedarikçi kaynaklı eksik/geç gönderimler sayılabilir. Bu durumlarda üretimin devamlılığını sağlamak için planlama ekibi bir toplantı düzenleyerek planı revize eder ve ilgililere duyurur; fakat bu durum yönetsel olarak kolay yönetilmediği ve kısa sürede aksiyon alınmasında sorunlar yaşatığı için daha büyük sorunlar da oluşturabilir. Değişikliğin tedarikçilere yansımaları da zaman alacağından malzeme teminlerinde daha büyük kaoslar yaşatmaktadır.

Yan sanayi ve müşteri tarafında üretim planına karşı güvenilirliği arttırmak, ani model dönüşlerinden kaynaklanan verimsizlikleri ortadan kaldırmak, mevcut işletme işgücünü ve yan sanayi kapasitesini daha etkin kullanmak, tedarikçilerden düzenli ve beklenen kalite seviyesinde malzeme akışı sağlamak ve kanban çekme sistemine destek vermek için değişikliklerin en çok yapıldığı zaman periyodu incelenerek o aralıkta üretim planının dondurulmasına geçilir. Bu uygulama ile beraber aynı zamanda yalın üretim yolunda üstü örtülü değişiklik sebeplerinin ortaya çıkması ve kök sorunların çözülmesi hedeflenir. Böylelikle kanban çekme sistemi tarafında depolar, süpermarket de hat yanı raflar plana göre doluyken ani bir değişikliğe göre akışta sorun

yaratılmamış olur. Üretim planında sorun olan ve üretilmeyecek olan ürünün üretim zamanı aralığında montaj bantlarına duruş verilir. Belirlenen sürelerde duruş yapılarak, sıradan gelen üründen devam edilir.

Üretim planının dondurulması için bir sabit süre belirlenmesi ile beraber üretim duruşu yaşanacak ve plan değişikliği olmayacak durumlar için kurallar belirlenir, işletme ve yan sanayilere bilgi verilir ve devreye alınır.

### **6.13.2 Tedarikçide kalite kontrol**

Giriş kalite kontrolünde gelen parçalarda kontrol karakteristiklerine göre görsel, boyutsal, fonksiyonel kontroller yapılarak gelen partinin üretimde kullanıma uygunluğu kontrol edilir.

İşletmede stok miktarlarını azaltmak, daha yalın bir depo yönetimi ve malzeme akışı sağlamak, giriş kalite kontrol sürecinde malzeme bekletmemek ve aynı zamanda kalite problemi olan parçaların geri gönderimi ve buna göre kanban sistemindeki planda revizeler yapmamak için tedarikçide yapılacak kalite kontrol çalışması yalın iç lojistik sistemine önemli destek verir. Bu çalışmanın hayata geçirilmesi ile beraber yakın bölgedeki saatlik periyotlarla doğrudan hatta malzeme temini uygulanabilir duruma gelir.

### **6.13.3 JIT ile saatlik malzeme temini**

JIT ya da Türkçe adıyla Tam Zamanında Üretim, minimum kaynak kullanımı ile minimum zamanda, müşteri taleplerine en doğru şekilde cevap verecek, israflardan arındırılmış, üretim prosesinin esnek bir şekilde kullanılması ile potansiyelleri en yüksek düzeye çıkarmayı ve sıfır stoğu hedefleyen” üretim şeklidir. Kanban çekme sistemi de bu üretim sisteminde kullanılan tekniklerden biridir.

JIT ile işletmede istenilen zamanda ve miktarda saatlik üretim planı çıkarılması, stok devrinin, stokların, üretken olmayan zamanın, çalışma alanının azaltılması; ekipman kullanım veriminin, iş gücü etkinliğinin ve kalite iyileştirmelerinin artması hedeflenir.

## **7. BEYAZ EŞYA SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA**

Uygulama beyaz eşya sektöründe önemli bir yere sahip ABC Kurutma Makinesi İşletmesi'nin depolar ile montaj hattı istasyonları arasında iş lojistik sisteminin iyileştirilmesine yönelik yapılmıştır.

### **7.1 Değer Akış Haritası (DAH)**

İşletmenin öncelikli olarak mevcut durumunu göz önüne çıkarıp iyileştirme noktalarını planlamak ve projeyi fazlandırmak için değer akış haritaları çıkarıldı. İlk olarak proje ekibi ile saha turunda kalemle alınan notlar, ardından Microsoft Visio programına aktarıldı.

#### **7.1.1 Mevcut durum DAH**

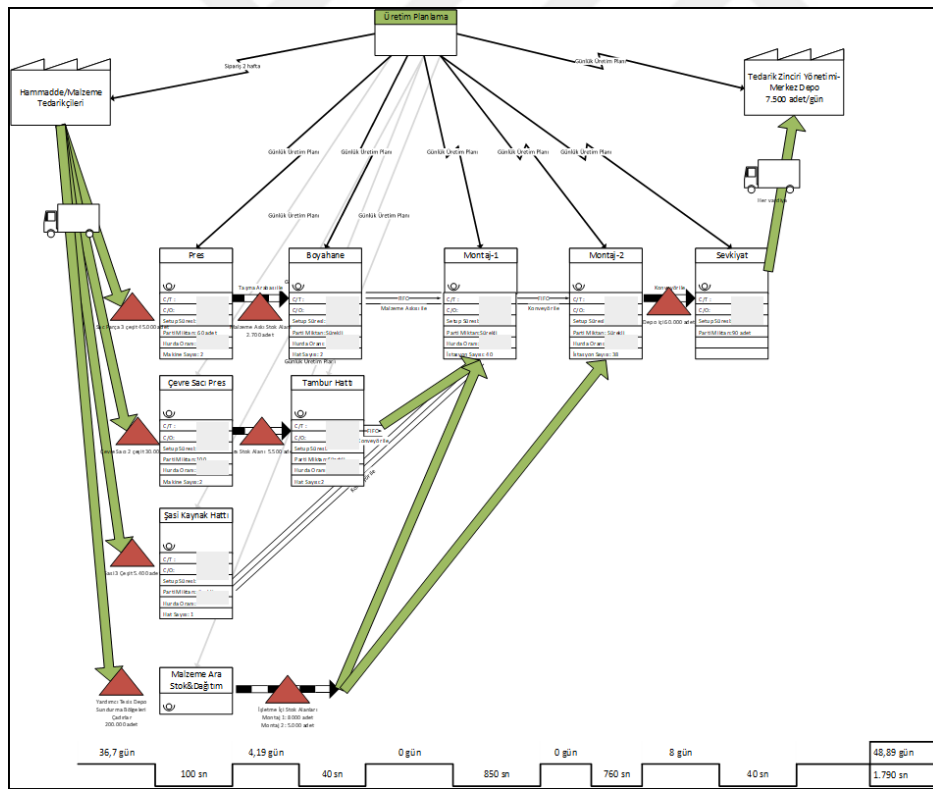
Değer akış haritası çıkarılması için en çok üretimi yapılan ve tezgah/hat kullanılan ürün gamı olan ısı pompalı ürün seçildi. Üretiminde ilk olarak Pres ile başlanan model için tedarikçiden temel olarak sac hammadde parça alınır. 3 farklı yüzey çeşidi vardır sac hammaddede. Burada basılan parçalar Boyahane'ye gönderilmek için ara stok alanına alınır ve boyahane askılarına parçalar takılarak boyama işlemine gönderilir. Askılar üzerinde boyanan parçalar FIFO sistemiyle askılar üzerinden montaj hattında ilgili istasyona kadar taşınır.

İç üretim tarafında ürüne temel girdi olan parçalardan biri de tambur üretimidir. Çevre sacı presi için tedarikçilerden farklı 2 çeşitte sac hammadde alınır. Çevre Sacı basımı ardından basılı parçalar tambur hattına aktarılır. Arada tezgahların çevrim süresi nedeniyle fark olduğu için ara stok alanı ayrılmıştır ve basım setup kısıtları ve üretim planına göre önceden başlatılır. Tambur hattında üretimi yapılan tambur ise konveyörler aracılığıyla FIFO sistemiyle montajdaki ilgili iş istasyonuna gönderilir.

Son olarak ürünün temel girdilerinden olan şasi üretimi için gerekli şasi yardımcı sanayiden gönderilir ve işletmesinin şasi stok alanında hatta verilmek üzere stoklanır. Setup kısıtları ve üretim planına göre programı önceden başlar ve FIFO yaklaşımı ile konveyörlerle ilgili istasyona montaj için sevk edilir.

Onun dışında montaj için temin edilen malzemeler ortalaması 1-5 gün arasında değişen stoklarla işletmeye getirilir. Bölüm 7.2 İş Süreç Haritasının çıkarılmasında detaylı anlatıldığı şekilde üretim planındaki ihtiyaç dikkate alınarak, duruş riski yaşanmaması için malzemeler saatler öncesinden montaj bantlarının yakınına gönderilir. Montaj bantları arka arkaya Montaj 1 ve Montaj 2 bölümünden oluşur, Montaj 2 ‘nin ardından ürünler mamül depoya sevk edilir.

Şekil 7.1 deki gibi çıkarılan akışta ilk olarak göze çarpan unsurlar, malzeme alanları ve montaj hatları arasındaki itme sisteminin ara stoklara ve işletme içinde yalınlıktan uzak bir sistem yönetimine neden olduğu yönünde oldu. İş üretim atölyelerinde tezgahların setup kısıtı nedeniyle de önden stoklanıyor olması üretim ve malzeme akışı yönetimini zorlaştırmaktadır. FIFO ile yönetilen sistemlerde ara stok olmasa da hattın ve devamında taşıma konveyörlerinin hızının kısıtlı olması üretimin istenilen oranda arttırılmamasına neden olmaktadır. Mamül depoya alınan ürünler yükleme süresi kısıtı nedeniyle kısa sürede sevk edilememekte, içeride stoklanmaya neden olmaktadır.

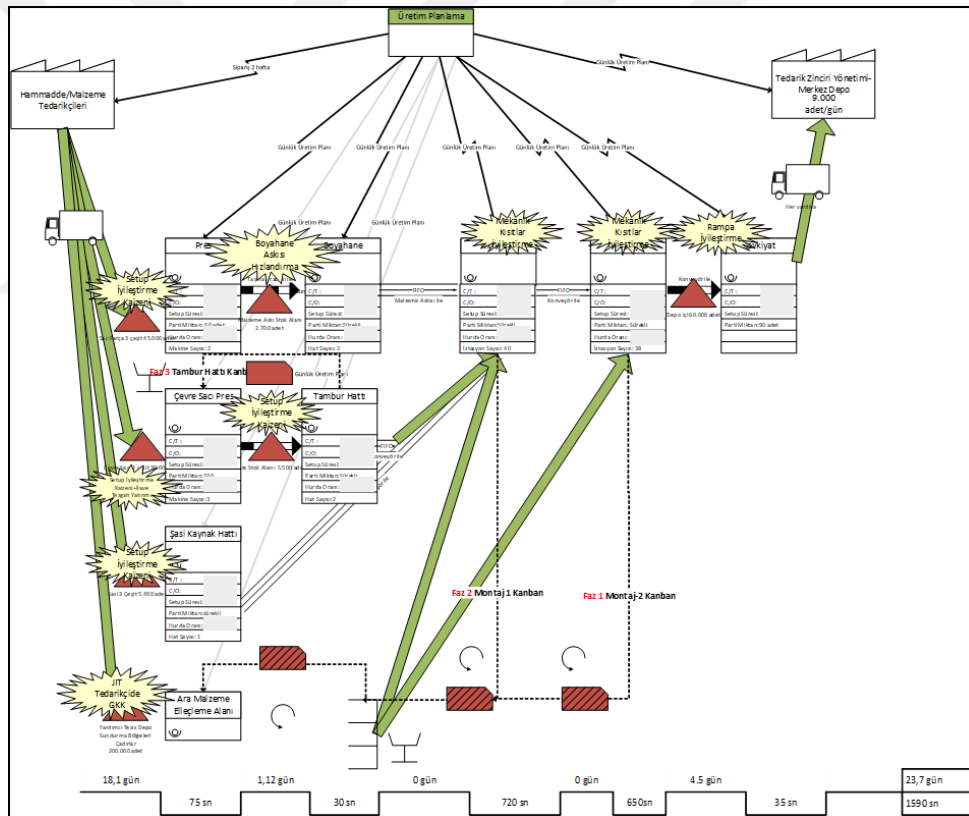


Şekil 7.1 : Mevcut durum DAH.

### 7.1.2 Gelecek durum DAH

Mevcut değer akışının çıkarılmasının ardından tespit edilen sorunların iyileştirilmesine yönelik aksiyonlar çıkarılmıştır. Öncelikle tezgah ve hattın mekanik

İşletme içinde iç lojistik uygulamalarının daha yalın ve izlenebilir şekilde yapılması için ise Montaj 2'nin malzeme beslenmesinden başlayarak geriye doğru, ikinci fazda Montaj 1, üçüncü fazda ise iç üretim tezgahlarında kanban sistemi uygulanması planlanmıştır. Çalışmanın Montaj 2 tarafında başlamasının temel nedeni ilk uygulama ve devreye alım açısından işletmedeki yalın üretim ve iç lojistik kültürüne daha kolay geçişin yapılabileceği ve ilk etapta eldeki bütçe dahilinde gerçekleştirilebilecek olmasıdır. Tez çalışması da işletmenin depo alanları ile Montaj-2 hatları arasındaki malzeme akışının yeniden düzenlenmesi kapsamında ele alınmış ve aktarılmıştır.

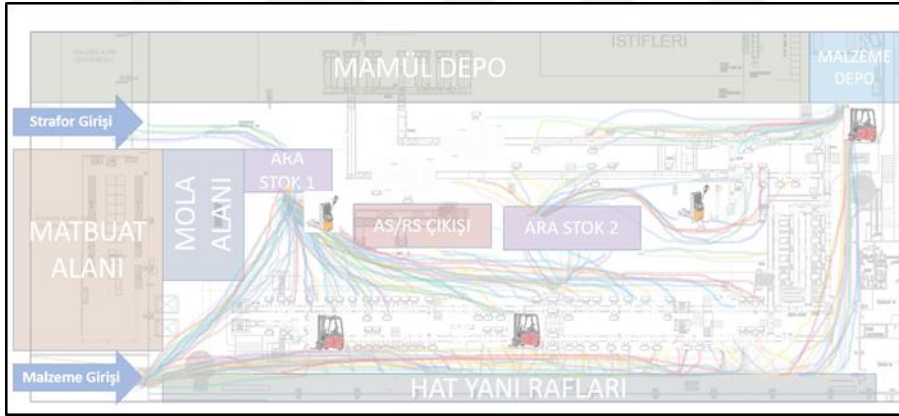


### 7.1.3 Spagetti diyagramı

DAH çıkarılmasıyla beraber işletmenin proje kapsamındaki montaj hattı bölgesine istasyonlara yapılan malzeme taşımalarının mevcut durum spagetti diyagramı çizildi. İlk olarak proje ekibi ile beraber A1 formatında çıktısı alınan işletme yerleşimi üzerinde renkli kalemle kaba çizim oluşturuldu. Ardından diyagram Autocad

dosyasından da faydalanılarak bilgisayar ortamına alındı, toplam taşıma mesafesi ve sıklığı çıkarıldı.

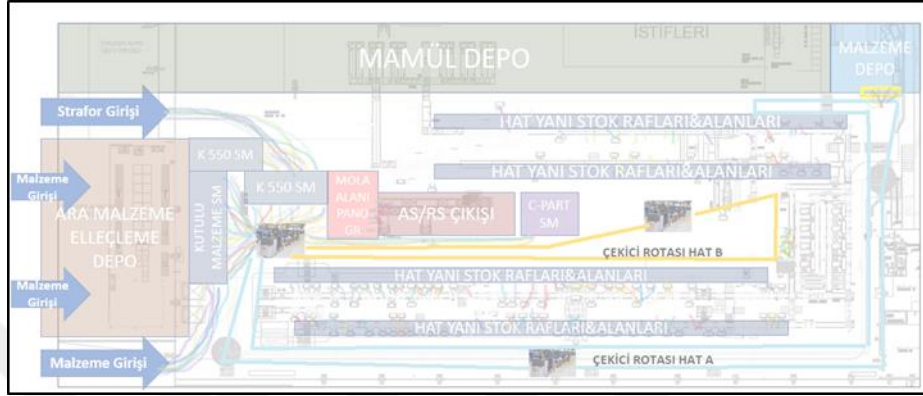
Şekil 7.3'te malzeme grubu bazında malzemelerin hareketleri gösterilmektedir Sınırlı malzeme girişi kapısından alınan malzemeler içeride forklift ve şarjlı transpalet ile itme sistemine göre saha içinde ayrılan alanlara stoklanmakta ve montaj hatları beslenmekteydi. Tek tek yapılan malzeme taşımaları toplam taşıma miktarını oldukça arttırmakta, iş sağlığı ve güvenliği bakımından forklift ve transpalet ile taşımalar taşıma yollarının dar olması sebebiyle de büyük risk yaratmaktaydı. Üretim sahasına doğrudan alınan paletli ve kartonlu malzemeler, saha içinde elleçlenip kullanıla hale getirilmekteydi ve bu da içeride karton ve poşet atıkların çıkmasına, o iş için atanan personelin de sürekli sahada bu atıkları toplamasına neden olmaktaydı. Yan gruplamaların montaj hattı yanında olması nedeniyle, üretim öncesi gruplamalar için alana fazla stoklu malzeme tedariği yapılmaktaydı.



**Şekil 7.3 :** Montaj hattı mevcut durum spaghetti diyagramı.

Planlanan yeni milkrun döngülü iç lojistik tasarımında, öncelikle saha içindeki yerleşim yeniden düzenlendi. Yan gruplamalar montaj hattı kenarından alındı. İşletmenin araç giriş bölgesinde matbuat alanı farklı bir noktaya taşınarak, bu alanda araç indirme noktaları ve ara malzeme elleçleme deposu oluşturuldu. Böylelikle merkezi depolardan ve tedarikçilerden gelen malzemenin üretim öncesinde bu malzeme elleçleme alanında stoklanması planlandı. Kutulu ve K550 kasalı malzemeler ile özel taşıma arabası ile banda gönderilecek malzemeler için ara malzeme elleçleme deposu ile montaj hattı arasına süpermarketler kuruldu. HAT A ve HAT B için iki ayrı rotada döngüsel sefer yapan ve hat yanında kurulacak dinamik raflara malzeme besleyen iç lojistik trenleri/işletme için milkrunların kiralanmasına karar verildi. Böylelikle süpermarketlerden elleçlenerek montaj hattında doğrudan kullanılacak

ambalajda malzeme birkaç malzeme, tek seferde ilgili iş istasyonlarına taşınabilir hale gelecekti. Sahada forklift/şarjlı transpalet kullanılmaması işletmenin “sıfır forklift” hedefine destek verecek, iş kazası risklerini azaltacaktı. Şekil 7.4’de yeni planlanan yerleşimine göre gelecek durum spagetti diyagramı gösterilmektedir. Bu akışa göre toplam malzeme taşıma mesafesi ve sıklığında %60’a varan bir azalma olması hedeflendi.



**Şekil 7.4 :** Montaj hattı gelecek durum spagetti diyagramı.

## 7.2 İş Süreç Haritası

Değer akış haritalarını çıkarılması ile beraber projenin kapsamı belirlendikten son iç lojistik hareketlerinin ilk faz özelinde nasıl uygulandığına dair süreç haritası çıkarılarak projeye beraber neler yapılması gerektiği üzerine çalışıldı. Şekil 7.5’de işletmenin malzeme akışının mevcut durum iş süreç haritası gösterilmektedir.

Mevcut durumda üretim planlama departmanı tarafından üretim programının hazırlandıktan sonra yayıldığı görülmektedir. Üretim planı SAP üzerinde hazırlandıktan sonra Excel dosyası ile e-mail aracılığıyla ilgili ekiplerle paylaşılmaktadır. Yeni üretim programı maili ardından işletmenin montaj hatlarında genel düzeni sağlamaktan sorumlu üretim proses personeli ve montaj hattına malzeme besleyen işletme içi malzeme sorumlusu tarafından kontrol edilir. Kontrol öncelikle vardiya başında tüm ürünlerin üretimi ve malzeme kontrolü için yapılır, ardından gün içinde genellikle model değişiminden birkaç saat önce kontrol etmekte ve hatta duruş yaşatılmaması için malzemeler çok önceden hat yanına tedarik edilmektedir.

Üretim prosesçisi ve malzemeci ürün modelinde değişiklik varsa yeni ürün modelini SAP’den alır ve kontrol eder. Üretim prosesçisi aynı zamanda yeni ürünün operasyon planını kontrol eder ve malzemenin hangi istasyonda kullanılacağını bilgisini işletme içi üretim malzemecisi ile paylaşır. Üretim prosesçisi elindeki kritik malzeme listesi

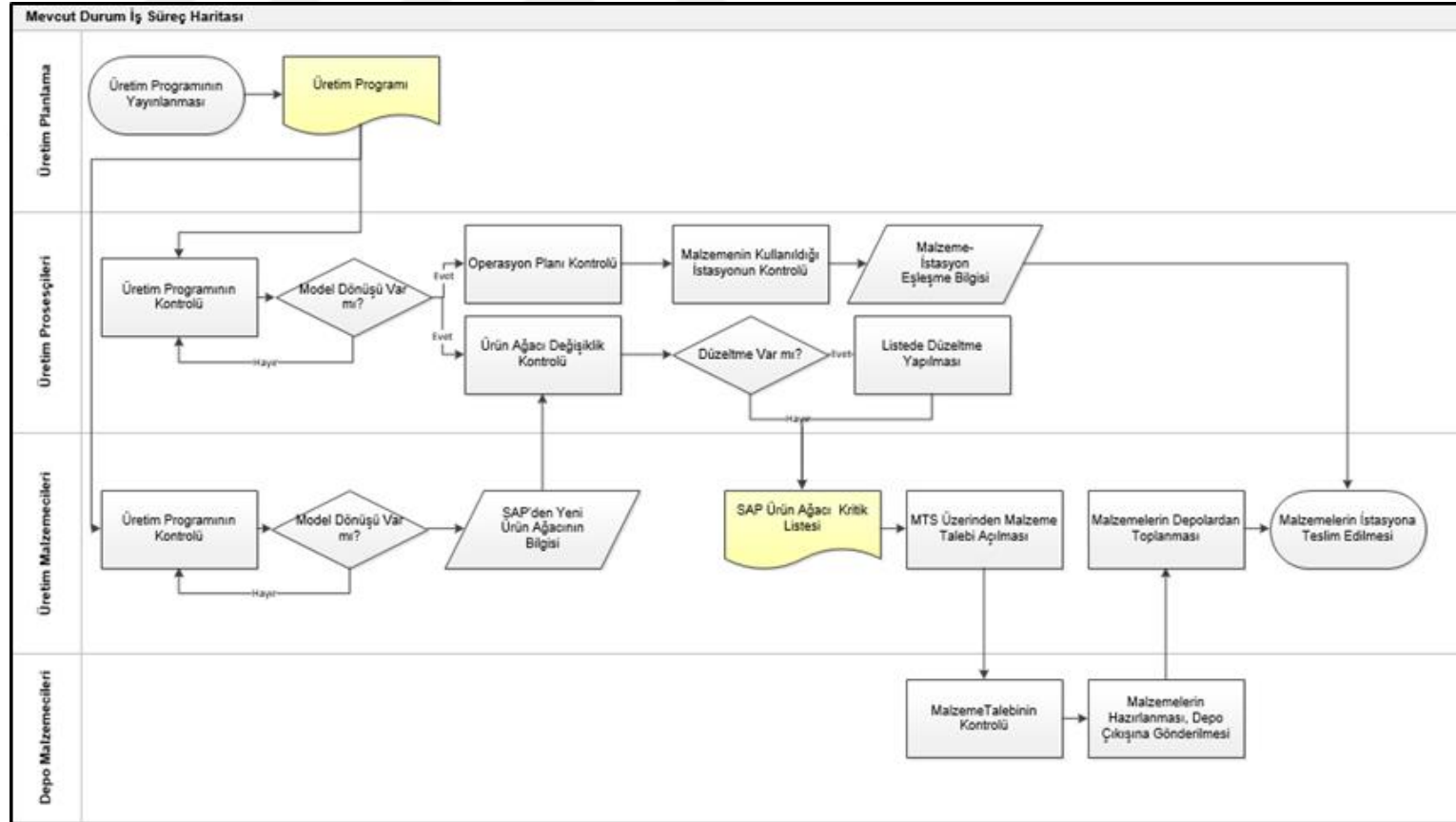
ile SAP'den aldığı bilgiyi karşılaştırır ve varsa düzeltmelerini yaparak üretim malzemecisi ile paylaşır. Bu aşamaya kadar tüm süreç e-mail ve telefon ile manuel olarak yürütülmektedir.

Üretim malzemecisi depolardan talep açmak için MTS (Malzeme Talep Sistemi)'yi kullanır. Bu talep depo malzemecilerine gider, sistemsel aksamalar olduğu ve üretim zamanı tam olarak takip edilmediği için aynı zamanda telefon ederek de talebini teyit eder. Malzemeciler depolardan talep edilen malzemeleri toplarlar ve depo çıkışını üretim malzemecilerinin alması için bırakırlar. Oradan sonra üretim malzemecileri uygun malzeme taşıma aracı ile malzemeleri alıp üretim prosesçisinin operasyon planından bakıp paylaştığı istasyona yakın bir noktaya bırakırlar.

Üretim aşamasında da malzemeler istasyon personeli ve üretim prosesçisi tarafından bant yanına alınır, üretimi biten malzeme ise hattın uzaklaştırılır.

Görüldüğü üzere operasyonlar manuel olarak, kişilerin tecrübelerine göre ilerlemektedir. Hat duruşlarına neden olmamak için malzemeler çok önceden bulunup hat kenarına yakın bir noktaya konmaya çalışılmaktadır. Bu durum hat yanındaki stokların artmasına ve montaj personelinin dağınıklıkta yanlış malzemeyi alıp kullanmasına da neden olmaktadır. Kimi durumlarda da talep edilen malzemenin bantta verilmesi atlanabilir ve bant duruşları yaşanmaktadır. Sistem tam olarak itme sistemini yansıtmaktadır. Bu sistemde üretimde ani bir değişiklik meydana geldiğinde sorumlular hızlı aksiyon alamamaktadırlar. Tedbir amaçlı yapılan telefonlaşmalar ve yüz yüze görüşmeler malzemecilere ve üretim prosesçilerine gereksiz iş gücü ve zaman kaybı yaratmaktadır. Hattın üretim temposunun arttırılması durumunda sistem üretim hızına yanıt verememektedir. Malzemeler depodaki ambalajı ile sahaya çekilmekte, açılan koli ve paletlerin ambalajlarını açılması sahadaki karışıklığı arttırmaktadır.

Bahsedilen sorunların hepsi değerlendirilerek, işletme içinde üretim değişikliklerine hızlı yanıt verebilecek, manuel haberleşmelerin önüne geçecek, çalışanların bilgi ve tecrübesinden bağımsız yürütülebilecek yeni bir yalın iç lojistik sistemi kurgulanmasına karar verilmiştir



Şekil 7.5 : Mevcut durum iş süreç haritası.

### 7.3 Proje Planı

İşletmenin mevcut değer akışına göre iyileştirmelerin çıkarıldığı gelecek durum planının oluşturulmasının ardından işletmenin Kalite, Üretim, Üretim Mühendisliği, Üretim Planlama, Ar-ge ve Bilgi Teknolojileri bölümlerinden oluşan bir proje ekibi kuruldu. 6. Bölüm’de anlatılan metodoloji kapsamında iş adımları çıkarılarak projenin işletmenin üç vardiya çalıştığı yüksek sezon dönemine kadar devreye alınması hedefiyle yapılacak işlerin takibi amacıyla iş adımları, sorumluları ve terminlerini içeren Microsoft Project programında proje planı çıkarıldı. Düzenlemeleri içeren proje planı **EK A**’da paylaşılmıştır.

Proje ekibi her hafta bir araya gelerek projenin gidişatı değerlendirildi, aksayan/geciken noktalarda proje liderinin desteğine başvuruldu ve güncel durum yönetim ekibiyle haftalık rapor üzerinden paylaşıldı.

### 7.4 Hat Dengeleme

İşletmenin montaj hatları, yerleşim şekline göre gelenekseldir I tipi düz hatlardır. Dengeleme gerekliliği doğrultusunda montaj kısıtına göre belirli noktalarında istasyonlar paralel yapıya getirilmiştir. Arka arkaya sıralı iş istasyonlarından oluşmaktadır. Çok modellenli üretim yapılıdır. Kontrol yapısına göre gecikmesiz hat olarak değerlendirilmektedir, çünkü iş istasyonlarındaki takt süresi ve çevrim süresi birbiriyle bağlantılıdır. İşlem zamanına göre istasyonlarda tanımlanan operasyonlar ve süreleri belirli olduğu için deterministiktir. Hatların özellikle vidalama operasyonlarında otomasyon sistemleri de kullanılmasıyla beraber genel olarak iş gücü ağırlıklı manuel hat yapısında olduğu söylenebilir.

İşletmede 2 montaj hattı bulunmaktadır: Hat A ve Hat B. Bu hatlarda 3 ana platform bazında üretim yapılır. Bunlar ısı pompalı, kondanserli ve bacalı ürün platformlarıdır. Her bir platform içinde farklı model üretimleri mevcuttur. Buharlı, filtreli, wifi özellikli modeller örnek verilebilir.

Bölüm 6.4’te aktarılan sistematik doğrultusunda öncelikle aynı malzeme tipinden farklı ürün modellerinde farklı stok kodları kullanıldığı için dengelemenin ve işletme içindeki malzeme yönetiminin yalınlaştırılması için malzeme grupları yaratılmıştır. Şekil 7.6’da malzeme gruplarına örnek gösterilmektedir. Motor kablolarına ait farklı stok kodlu malzemeler MOTOR\_KABLO\_GR adı altında birleştirilmiştir. Böylelikle

kurulacak kanban sisteminde çeşitliliğin getireceği yönetim zorluğunu engellemek amacıyla malzemelerin stok kodu yerine malzeme grubu ile takip edilmesi amaçlanmıştır. Böylelikle montaj hattını besleyen 1000 adetten fazla malzeme çeşidi 32 ana malzeme grubu altında toplanmıştır. Aynı malzeme grupları SAP sistemi içinde tanımlandı, bu sayede 29xxxxxxx kodlu bir malzeme montaj hattında ihtiyaç duyulduğunda, boş malzeme kutusu iş istasyonunda okutulduğunda, sistemde o malzeme kodun malzeme grup tanımı ile eşleştirme yapıldı ve bir sonraki üretimi yapılacak ürünün aynı malzeme grubu için gerekli stok kodunda malzemenin talebi sağlandı.

| Stok kodu  | Malzeme Tanımı     | Malzeme Grubu  |
|------------|--------------------|----------------|
| 2994507000 | MOTOR KAB.GR.(ATL. | MOTOR KABLO GR |
| 2994507010 | MOTOR KAB.GR.(ATL. | MOTOR KABLO GR |
| 2994507000 | MOTOR KAB.GR.(ATL. | MOTOR KABLO GR |
| 2994507020 | MOTOR KAB.GR.(ATL. | MOTOR KABLO GR |
| 2994507030 | MOTOR KAB.GR.(ATL. | MOTOR KABLO GR |
| 2994507040 | MOTOR KAB.GR.(VEK  | MOTOR KABLO GR |
| 2994507050 | MOTOR KAB.GR.(VKT  | MOTOR KABLO GR |

**Şekil 7.6 :** Malzeme grubu örneği.

Çok modelleri hatlarda tüm modellerin üretimleri aynı şekilde ve sürede yapılmaz. Modele göre montaj şekli, kullanılan parça sayısı değişkenlik gösterebilir ve buna bağlı olarak operatör ihtiyacı da değişir. Burada üç ürün platformu ve modellerini kapsayacak şekilde dengeleme yapılması için ürün varyantları oluşturuldu. Ürün varyantı, ürünün dengelemesini etkileyen ve değişkenlik gösteren operasyon veya parçalardan oluşan bir kombinasyondur. Şekil 7.7’de bir grup ürün için platform, kullanılan destek parça tipi ve montajı yapılan motor tipine göre yaratılan varyantlar gösterilmiştir. Ars (kondanseri) ve Hp (ısı pompalı) iki ayrı ürün platformudur, montaj şekli ve montaj yapılan parça öncelikleri değişkenlik gösterir. B.Box üründe kullanılan destek parçalardan biridir ve montajı daha az süre gerektirir. Asnk ve Welling ise kullanılan motor tipleridir, farklı istasyonlarda ve farklı sürelerle montajı yapılır. Bu farklılıklara ve ek ihtiyaçlara göre varyantlar oluşturulmuştur. Ürün modelleri bu varyantlar bazında dengelenmiştir. Varyant çalışması sonucunda ısı pompalı grubunda 57, kondanseri grubunda 11, bacalı grubunda 4 ürün varyantı çıkarılmıştır. Devamında operasyonlarında ciddi farklılıklar olan pano, şasi ve kapak gruplama operasyonları için de varyantlar oluşturulmuş ve dengeleme çalışmasına dahil edilmiştir.

| Ürün Stok No | Tanım | Montaj Varyant    |
|--------------|-------|-------------------|
| 42870        | I     | Ars; B.Box; Asnk  |
| 42460        | C     | Ars; B.Box; Asnk  |
| 81750        | I     | Ars; B.Box; Asnk  |
| 83000        | I     | Ars; B.Box; Asnk  |
| 31790        | I     | Hp:B.Box; Asnk    |
| 83020        | I     | Hp:B.Box; Asnk    |
| 81770        | I     | Hp:B.Box; Asnk    |
| 81760        | I     | Hp:B.Box; Asnk    |
| 82090        | I     | Hp:B.Box; Welling |
| 81740        | I     | Hp:B.Box; Welling |
| 41590        | I     | Hp:B.Box; Welling |
| 42580        | I     | Hp:B.Box; Welling |
| 42610        | I     | Hp:B.Box; Welling |
| 84080        | I     | Hp:B.Box; Welling |

**Şekil 7.7 : Ürün montaj varyant örneği.**

Ürün varyant sayısının fazla olması nedeniyle, işletmede hat dengeleme için ise AviX programından faydalanıldı. AviX, manuel emek içeren tüm dallar için interaktif bir iyileştirme analiz sistemidir. AviX'te bir iş istasyonu, belirli bir işlemi gerçekleştiren fiziksel bir yerdir. Bu, bir ürünün tamamının üretimi veya kısmi bir montaj prosedürü olabilir. AviX'te her iş istasyonu ayrı olarak analiz edilir. Aynı iş istasyonunda birkaç ürün üretildiğinde, her ürün için varyant bazında ayrı bir analiz yapılmaktadır. Farklı ürün modelleri arasındaki farklar küçükse, genel bir analiz temel olarak kullanılabilir ve her ürün için küçük ayarlamalar yapılabilir.

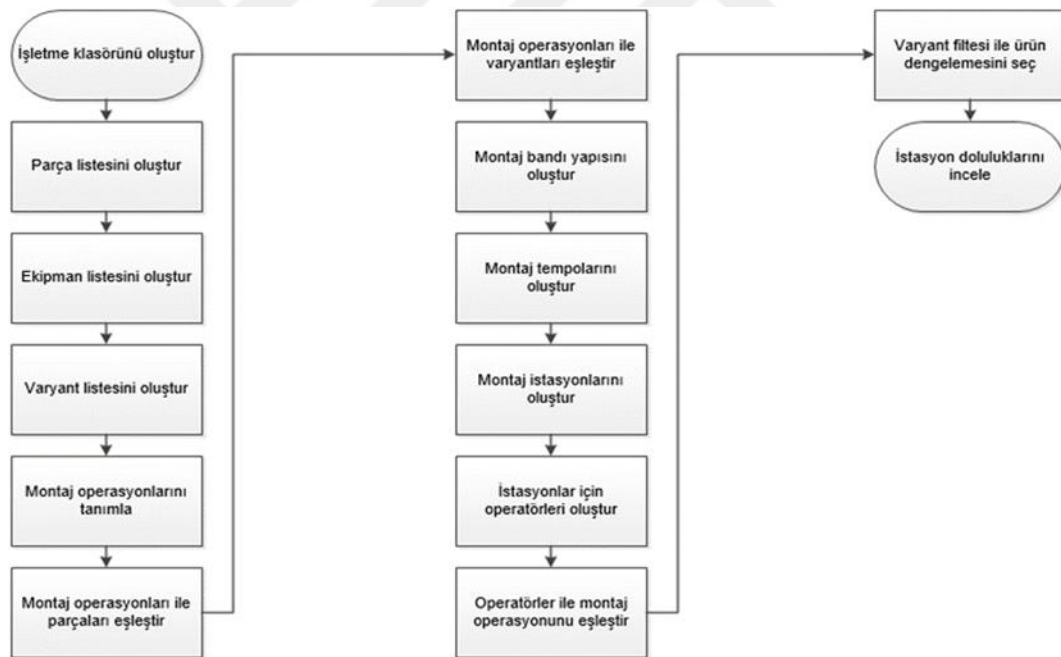
AviX programı ile montaj hattında tüm istasyonların videoları çekilerek, görüntü üzerinden operasyonlar ayrıştırılmakta ve arşivlenmektedir. Video üzerinden, katma değerli, katma değersiz, katma değersiz ama mevcut durumda gerekli süreler tespit edilmekte, bu şekilde iyileştirme yapılacak noktalar açıkça görünür hale gelmektedir. SAP üzerinden ürün ağacı, malzeme-operasyon eşleşmeleri, öncelik matrisi gibi bilgiler alınarak malzeme ile operasyonları eşleştirme altyapısı sağlanabilmektedir.

Aynı zamanda tanımlanan varyantlar üzerinden platform bazında dengeleme yapılabilmekte, herhangi bir operasyonel değişiklikte tüm varyantlar için dengeleme güncellenebilmektedir. Yine farklı tempolar (farklı takt süreleri) için dengeleme aynı operasyon arşivi üzerinden gerçekleştirilebilmektedir. İstasyonların videoları üzerinden, operasyon içeriğinde uzanma, alma, koyma, güç kullanımı gibi tüm standart hareketler tanımlanmaktadır.

Operasyonlar modül içindeki standart MTM kodları/hareket süreleri ile eşleştirilebilmekte, tanımlı operasyon süresinin, standart süre ile karşılaştırılması

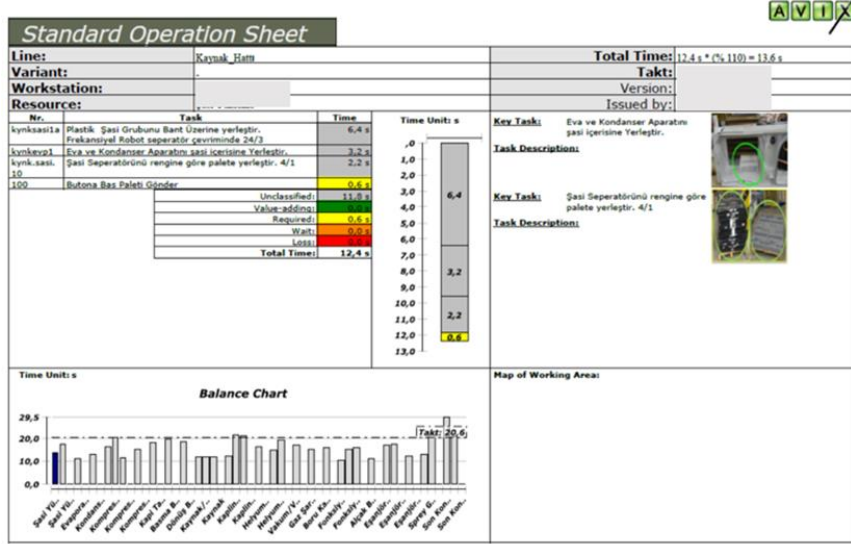
imkanı sağlanmaktadır. AviX'in dengelemede temel aldığı prensipler EK B'de verilmiştir.

Şekil 7.8'de AVIX üzerinden yapılan dengelemenin iş akışı gösterilmiştir. Program içinde öncelikle işletme klasörü yaratıldı. Ardından operasyonlarda kullanılan malzeme ve ekipman listeleri oluşturuldu. Ürün bazında malzeme listesi için SAP üzerinden ürün ağaçları alındı. Hazırlanan platform bazında ürün varyantları sisteme girildi. Montaj için yapılan operasyonlar tanımlandı ve her malzeme ve ürün varyantı ile montaj operasyonu eşleşmesi yapıldı. Genel olarak program içinde montaj hattı yapısı oluşturulmuş, takt süresine göre tempoların oluşturulması aşamasına gelinmiş oldu bu aşamada. Devamında müşteri taleplerine göre belirlenen vardiyalık üretim adeti(tempo) bilgisi sistemde tanımlandı ve buna göre montaj istasyonları yaratıldı. İstasyonlar için operatörler oluşturularak operasyonlar ile takt süresine uygun olacak şekilde eşleştirmeleri yapıldı. Varyant bazında dengelemeler incelenip, dengeleme grafiğinde istasyon doluluklarına göre operasyon atamalarında düzenlemeler yapıldı.



Şekil 7.8 : AviX'te dengeleme adımları.

Tüm bu adımlar takip edildiğinde model, varyant, iş istasyonu bazında Şekil 7.9'daki örnek gibi dengeleme sonuçlarına ulaşıldı.



Şekil 7.9 : AviX üzerinden alınan dengeleme raporu örneği.

Avix'teki Hat A ve Hat B için vardiyada 1.350 adet üretim temposu dengeleme çalışmasının ardından, SAP'den üzerinden üretim planı, ürün varyantları ve AviX dengeleme çıktılarının yer aldığı bir Microsoft Excel klasörü oluşturuldu ve excel üzerinde makro kullanılarak operasyon planı sayfası yaratıldı. Her bir iş istasyonundaki iş öğeleri görselleri, süreleri, kullanılacak ekipmanlar ve hattın doluluğuna ait bilgiler bu operasyon planlarına yansıtıldı. Sahada iş istasyonlarındaki ekranlara paylaşılarak operatörlerin anlık ürün modeli bazında yapacakları işi takip etmeleri sağlandı.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                              |                     |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----|
| Bölüm: Montaj_Hattı_Üst_Kat<br>Hat: Üst_Kat<br>Stok No:<br>Tanım:<br>Varyant: Ars; Cnd; B.Box; Welling<br>İstasyon: U30-U30<br>Menü<br>PDF                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Stok No: 1030-1030<br>Tanım: Kayış Takma<br>Varyant: Ars; Cnd; B.Box; Welling<br>İstasyon: U30-U30<br>Hazırlayan: 27.12.2020 |                     |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Op. Adı: Kayış Takma                                                                                                         | Op. Süresi: 16,8 sn | 88% |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Op. No: 101                                                                                                                  | Op. Süresi: 2,5 s   |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Op. No: 102                                                                                                                  | Op. Süresi: 2,2 s   |     |
| Op.No Operasyon Süre Sn<br>101 Makineyi 90 derece döndür. 2,5<br>kys.20 Motor gerisi yayını al ve motor miline tak 2,2<br>kys.30 Kayışın tambur üzerinde düzeltme işlemini yap 2,2<br>kys.40 Motoru aparat yardımı ile kaldırarak, kayış kasnak üzerinde motor tarafından 1 boşluk kalacak şekilde 4,1<br>kys.50 Tamburu çevirerek kayış düzelt, doğru gruplandırma kontrol et 2,2<br>101 Makineyi 90 derece döndür. 2,5<br>100 Butona Bas Paleti Gönder 1,1 |                                                                                                                              |                     |     |
| Mlz. No Malzeme & Ekipman Adet Uyarılar<br>32 KAYIŞ GERİLEME YAYI 1 * SAP güncel ürün açışlarına uygun üretim yapılmalıdır.<br>** Sakların belirtilen tork aralığında olduğundan emin ol.<br>*** Tanımlı İş Güvenliği ekipmanını mutlaka kullan.                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                              |                     |     |

Şekil 7.10 : Operasyon planı örneği.

Şekil 7.10'da Excel üzerinde formatlanan ve iş istasyonlarındaki ekranlara yansıtılan bir operasyon planı örneği gösterilmektedir. Takt süresine ve ürünün tasarımından gelen montaj kısıtlarına göre hat dengelemesi bir kısmı örnek olarak gösterilen Ars;

Cnd; B. Box; Welling varyantlı ürün 38 iş istasyonunda çalışan 38 montaj işgöreni ile vardiyada 1.350 adet kurutma makinesi üretecek şekilde dengelenmiştir.

### **7.5 Proje Kapsamına Giren Malzemelerin Belirlenmesi**

Projenin ilk olarak işletmenin üst kat montaj hatlarında başlatılması kararlaştırıldıktan sonra kanban çekme sistemi ve işletme içi milkrun/iç lojistik treniyle taşıma kapsamında girecek malzemelerin belirlenmesi gerekiyordu.

Bu aşamada üst kat montaj hatlarında kullanılan tüm malzemelerin sistem dahil edilmesi tercih edildi. Planlanan kutulu malzeme süpermarket alanında stoklanabilecek 23 malzeme grubu, K550 kasa ile banda gönderilecek 2 malzeme grubu ve özel taşıma arabası yapılarak hatta beslenecek 7 malzeme grubu olmak üzere toplamda 32 malzeme grubu için çalışma başlatıldı.

Montaj kenarında olan ve takt süresi montaj işlem süresine göre yüksek olan pano gruplama alanın süpermarkete yakın bir bölgeye taşınmasına karar verildi. Böylelikle önceden malzemeleri gruplanacak, gruplu pano özel tasarlanan taşıma arabası ile hatta gönderilmek üzere işletme içi milkrun sistemine dahil edilebilecekti.

Kapak malzemeleri tedarikçiden saatlik olarak K550 kasa ile gelmekteydi; fakat kasa içi adetinin düşük olması sebebiyle, milkrun döngü süresi dikkate alınarak iç adeti daha yüksek kapasiteli özel bir taşıma arabası tasarlandı ve elleçleme sahası süpermarket alanı yakınına alındı.

Vida, somun, cıvata gibi montajda sürekli kullanılan C-parti denilen havalesiz malzemeler için de montaj hattı yakınında ayrı bir yönetimi olan süpermarket kurulması planlandı.

### **7.6 Her Parça İçin Plan Dosyasının Oluşturulması**

Bölüm 6.6’da geliştirilen metodoloji kapsamında anlatıldığı şekilde proje kapsamına alınan malzemelerin tedarikçi, ambalaj tipi, kutu içi miktarı, üretimde tüketim adeti, istasyon numarası, depolar ve hat yanı stok miktarları, kanban sayısı, hat yanında kullanılan dinamik raf tipi gibi bilgilerinin yer aldığı ana malzeme dosyası olan “Her Parça için Plan” dosyası oluşturuldu.

Şekil 7.11’de işletmedeki Montaj-2 hattına beslenen toplamda 32 malzeme grubunun bilgisinin yer aldığı “her parça için ürün dosyası” paylaşılmıştır. Bu dosyadan örnek

olarak 1. Satırdaki “Su Toplayıcı” ve 2. satırdaki “Sağ Yan Destek Braketi” malzeme gruplarının bilgilerini ele alalım:

ZNK tedarikçisinden gelen su toplayıcı, ilgili ürün platformundaki bir üründe bir adet kullanılmakta, tek montaj hattına ait 1.350 adetlik vardiyada toplamda 1.350 adet tüketileceği anlamına gelmektedir. Malzeme kondanserli platform modellerde kullanılmaktadır. Malzeme ilgili istasyonun bulunduğu rotadan beslenir ve Montaj-2 A bandının U10 istasyonunda monte edilmektedir. Kutu iç adeti 750 adet olan small box adı verilen 40x30 cm (enxboy) ölçülerindeki standartlaştırılan kasa ile hatta beslenmektedir. Small box kutunun çekicinin arkasına takılan raf vagonunda kapladığı alan 1 birim alınmaktadır. Burada süpermarket raflarından alınan en büyük “big box” adı verilen kutuların ölçüsü 80x60 cm (enxboy) ve vagona kapladığı alan 4 birim kabul edilmektedir. Bu iç adetle malzemenin bir kutusunun 1.350 tempoluk üretimde tüketim süresi 239 dakikadır, yani bir kutusu yaklaşık dört saatte boşa çıkmaktadır. Vardiyada boşa çıkacak toplam kutu sayısı 2’dir. Malzeme U10 hattı yanında “tek katlı small box rafı” nda stoklanmaktadır. İki katlı kurulan rafların olmasının nedeni o malzeme grubu dışında bir malzemenin daha o istasyonda kullanılması ya da malzeme kutu içi adetin çok düşük olmasıdır. Kutu iç adetin yüksek olması ve stok kodu bazında çok değişkenlik göstermemisi nedeniyle bant başında 2 kutu stok olması planlanmıştır. Malzeme JIT kapsamında saatlik gelmemektedir. Süpermarket ve ara malzeme elleçleme raflarında malzeme stok kodu değişiklikleri de dikkate alınarak toplam 2 paletlik stok yeri ayrılmıştır. Kanban sayısı 2 dir.

HBS tedarikçisinden gelen sağyan destek braketi, ilgili ürün platformundaki bir üründe bir adet kullanılmakta, tek montaj hattına ait 1.350 adetlik vardiyada toplamda 1.350 adet tüketileceği anlamına gelmektedir. Malzeme kondanserli, ısı pompalı ve bacalı platform modellerde kullanılmaktadır. Malzeme ilgili istasyonun bulunduğu rotadan beslenir ve Montaj-2 A bandının U40 istasyonunda monte edilmektedir. Kutu iç adeti 24 adet olan big box adı verilen 80x60 cm (enxboy) ölçülerindeki standartlaştırılan kasa ile hatta beslenmektedir. Bu iç adetle malzemenin bir kutusunun 1.350 tempoluk üretimde tüketim süresi 8 dakikadır, yani bir kutusu yaklaşık 8 dakikada boşa çıkmaktadır. Vardiyada boşa çıkacak toplam kutu sayısı 57’dir. Malzeme U40 hattı yanında “iki katlı big box rafı”nda stoklanmaktadır. İki katlı kurulan rafların olmasının nedeni malzeme kutu içi adetin çok düşük olmasıdır. Bu sebeple bant başında 6 kutu stok olması planlanmıştır. Malzeme JIT kapsamında saatlik gelmemektedir.

Süpermarket ve ara malzeme elleçleme raflarındaki toplam stoğun yaklaşık 6 saatte yenilendiği dikkate alınmış ve toplam market stoğu 5 saat olarak hesaplanmıştır. Ara malzece elleçleme depoda bulunması gereken palet sayısı 6 palet olarak belirlenmiştir. Aktarma kolu, “bigbox” kutuların ağırlıklarının 6 kg olması nedeniyle yapılmıştır. Boşalan kutu aktarma kolu yardımıyla direkt aşağıdaki boş/iade rafına aktarılır. Montaj operatörünün herhangi bir güç kullanmasına gerek kalmaz. Kanban sayısı 4’tür.

### **7.7 Ambalaj & Malzeme Çalışmaları**

Bölüm 6.7’de anlatılan metodoloji kapsamında, öncelikle işletmede malzemelerin tedarikçiden montaj bandına gelene kadar kullanılan ambalajlar incelendi ve standart kasa ölçüleri belirlendi.

Süpermarkette ve istasyonlardaki dinamik raflarda kutu ile stoklanacak malzemeler için iç adeti döngüye uygun olacak şekilde, kutuların ergonomik açıdan bir kişinin elleçleyebilecek şekilde hafif olmasına dikkat edildi. Kutu ölçüleri taşıma sırasında verimlilik sağlamak ve taşıma araçlarını standart hale getirmek amacıyla en küçük kutunun katları olacak şekilde düzenledi. Havalesi ve kutu içi miktarı düşük olan ya da özel taşıma koşulları gerektiren malzemeler için ise çekici vagonun arkasına takılıp banda gönderilecek büyük kasalar ve taşıma araçları tasarlandı.

Şekil 7.12’de işletme içinde belirlenen standart kasa ölçüleri görülmektedir. C-part denilen vida, somun, cıvata gibi hatta sürekli kullanılan ve havalesiz parçalar için “Minibox” adı verilen kutular tasarlandı. Hacmine ve kutu içi adetine göre rafta stoklanan diğer malzemeler için “Small box”, “Medium box” ve “Big box (Half euro box)” kutular standart olarak belirlendi. Daha büyük, rafta stoklanmayı hatta doğrudan beslenen, havalesi, ağır ve kutu içi adeti düşük malzeme için ise “K550(Euro box)” standart kutu olarak kararlaştırıldı.

Tedarikçiden geliş şekline göre Bölüm 6.7’deki formül 6.3 ve 6.4 kullanılarak her malzeme grubu ve ambalaj tipi bazında temin edilmesi gereken kutu sayısı çıkarıldı ve sipariş edildi. Ardından gelen kutular tedarikçilere dağıtıldı ve standart ambalajla malzeme teminine geçildi.

| #  | Tempo | Malzeme Grubu         | Tedarikçi | JIT (E/H) | Ürün Platformu | HAT  | İstasyon | Üründe Kullanım Adeti | Tedarikçiden Gelen Ambalaj | İç Lojistik Ambalaj | Dinamik Raf                  |                       |                                  |              | Karban        |                         | Vagon İhtiyacı     |                       |                         |                                        |                             |                             | Stok                  |                          |                                               |
|----|-------|-----------------------|-----------|-----------|----------------|------|----------|-----------------------|----------------------------|---------------------|------------------------------|-----------------------|----------------------------------|--------------|---------------|-------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------------------------------|
|    |       |                       |           |           |                |      |          |                       |                            |                     | Raf Vagonunda Kapladığı Alan | Hat Yarı Dönme Rafı   | Bant Baş Stok Miktarı-Kutu/Palet | Kutu İç Adet | Palet İç Adet | Planlanan Kamyon Sayısı | Çelici Hızı (m/dk) | İstasyon Mesafesi (m) | Çelici Çevrim Süresi-dk | Toplam Taşınan Kutu Sayısı Vardiyalı k | Toplam Taşınan Palet Sayısı | Seferlik Taşıma Sayısı Kutu | Bant Baş Stok Miktarı | Market Stoku Süresi-saat | Ara Malzeme Elleçleme Depo-Market Stoku Palet |
| 1  | 1.350 | SU_TOPLAYICI          | ZNK       | H         | Kondanseri     | HATA | U10      | 1                     | Small Box                  | Small Box           | 1                            | Tek Katı-Small Box    | 2                                | 750          | 18000         | 2                       | 116                | 42,8736               | 0,7                     | 1,8                                    | 1,0                         | 6                           | 1500,0                | 110,4                    | 2,0                                           |
| 2  | 1.350 | SAG YAN DESTEK BRAKET |           | H         |                | HATA | U40      | 1                     | Big Box                    | Big Box             | 4                            | İki Katı-Big Box      | 6                                | 24           | 144           | 4                       | 116                | 50                    | 0,9                     | 56,25                                  | 10,0                        | 6                           | 144,0                 | 5,0                      | 6,0                                           |
| 3  | 1.350 |                       |           | H         |                | HATA | U45      | 1                     | Medium Box                 | Medium Box          | 2                            | Tek Katı-Medium Box   | 2                                | 150          | 1800          | 2                       | 116                | 56,9184               | 1,0                     | 9                                      | 2,0                         | 6                           | 300,0                 | 12,4                     | 2,0                                           |
| 4  | 1.350 |                       |           | H         |                | HATA | U50      | 1                     | Small Box                  | Small Box           | 1                            | Tek Katı-Small Box    | 2                                | 600          | 14400         | 2                       | 116                | 63,42336              | 1,1                     | 2,25                                   | 1,0                         | 6                           | 1200,0                | 88,3                     | 2,0                                           |
| 5  | 1.350 |                       |           | H         |                | HATA | U60      | 1                     | Small Box                  | Small Box           | 1                            | Tek Katı-Small Box    | 2                                | 200          | 4800          | 2                       | 116                | 63,42336              | 1,1                     | 6,75                                   | 2,0                         | 6                           | 400,0                 | 29,4                     | 2,0                                           |
| 6  | 1.350 |                       |           | H         |                | HATA | U70      | 1                     | Big Box                    | Big Box             | 4                            | İki Katı-Big Box      | 6                                | 48           | 288           | 2                       | 116                | 83,47046              | 1,4                     | 28,125                                 | 5,0                         | 6                           | 288,0                 | 12,4                     | 8,0                                           |
| 7  | 1.350 |                       |           | H         |                | HATA | U80      | 1                     | Medium Box                 | Medium Box          | 2                            | İki Katı-Medium Box   | 3                                | 60           | 720           | 2                       | 116                | 83                    | 1,4                     | 22,5                                   | 4,0                         | 6                           | 180,0                 | 12,4                     | 3,0                                           |
| 8  | 1.350 |                       |           | H         |                | HATA | U80      | 1                     | Small Box                  | Small Box           | 1                            | Ortak Raf             | 2                                | 500          | 12000         | 2                       | 116                | 92                    | 1,6                     | 2,7                                    | 1,0                         | 6                           | 1000,0                | 73,6                     | 2,0                                           |
| 9  | 1.350 |                       |           | H         |                | HATA | U90      | 1                     | Medium Box                 | Medium Box          | 2                            | İki Katı-Medium Box   | 3                                | 16           | 192           | 6                       | 116                | 92,50349              | 1,6                     | 84,375                                 | 15,0                        | 6                           | 48,0                  | 3,1                      | 3,0                                           |
| 10 | 1.350 |                       |           | H         |                | HATA | U90      | 1                     | Medium Box                 | Medium Box          | 2                            | Ortak Raf             | 2                                | 600          | 7200          | 2                       | 116                | 100,6347              | 1,7                     | 2,25                                   | 1,0                         | 6                           | 1200,0                | 44,1                     | 2,0                                           |
| 11 | 1.350 |                       |           | H         |                | HATA | U95      | 1                     | Medium Box                 | Medium Box          | 2                            | Tek Katı-Medium Box   | 2                                | 600          | 7200          | 2                       | 116                | 110,5843              | 1,9                     | 2,25                                   | 1,0                         | 6                           | 1200,0                | 44,1                     | 2,0                                           |
| 12 | 1.350 |                       |           | H         |                | HATA | U100     | 1                     | K550                       | Özel Trolley        | -                            | -                     | 2                                | 300          | 300           | 2                       | 116                | 110,5843              | 1,9                     | 4,5                                    | 5,0                         | 1                           | 600,0                 | 12,4                     | 7,0                                           |
| 13 | 1.350 |                       |           | H         |                | HATA | U105     | 1                     | Small Box                  | Small Box           | 1                            | Tek Katı-Small Box    | 2                                | 3000         | 72000         | 2                       | 116                | 115,1969              | 2,0                     | 0,45                                   | 1,0                         | 6                           | 6000,0                | 441,4                    | 2,0                                           |
| 14 | 1.350 |                       |           | H         |                | HATA | U110     | 1                     | Medium Box                 | Medium Box          | 2                            | Tek Katı-Medium Box   | 2                                | 100          | 1200          | 2                       | 116                | 115,1969              | 2,0                     | 13,5                                   | 3,0                         | 6                           | 200,0                 | 12,4                     | 2,0                                           |
| 15 | 1.350 |                       |           | H         |                | HATA | U130     | 1                     | Big Box                    | Big Box             | 4                            | Tek Katı-Big Box      | 3                                | 85           | 510           | 2                       | 116                | 118                   | 2,0                     | 15,88235                               | 3,0                         | 6                           | 255,0                 | 12,4                     | 5,0                                           |
| 16 | 1.350 |                       |           | H         |                | HATA | U140     | 1                     | Big Box                    | Big Box             | 4                            | Tek Katı-Big Box      | 3                                | 195          | 1170          | 2                       | 116                | 119,1886              | 2,1                     | 6,925077                               | 2,0                         | 6                           | 585,0                 | 12,4                     | 2,0                                           |
| 17 | 1.350 |                       |           | E         |                | HATA | U180     | 1                     | K550                       | Özel Taşıma Arabası | -                            | -                     | 2                                | 22           | 22            | 4                       | 116                | 197,5438              | 3,4                     | 61,36364                               | 60,0                        | 1                           | 44,0                  | -                        | 16,0                                          |
| 18 | 1.350 |                       |           | H         |                | HATA | U190     | 1                     | Big Box                    | Big Box             | 4                            | Tek Katı-Big Box      | 3                                | 100          | 600           | 2                       | 116                | 200                   | 3,4                     | 13,5                                   | 3,0                         | 6                           | 300,0                 | 12,4                     | 4,0                                           |
| 19 | 1.350 |                       |           | H         |                | HATA | U200     | 1                     | -                          | Özel Taşıma Arabası | -                            | -                     | 2                                | 64           | 64            | 2                       | 116                | 200,5006              | 3,5                     | 21,09375                               | 22,0                        | 1                           | 128,0                 | 12,4                     | 33,0                                          |
| 20 | 1.350 |                       |           | H         |                | HATA | U220     | 1                     | Small Box                  | Small Box           | 1                            | Tek Katı-Small Box    | 2                                | 300          | 7200          | 2                       | 116                | 200,5006              | 3,5                     | 4,5                                    | 1,0                         | 6                           | 600,0                 | 49,7                     | 2,0                                           |
| 21 | 1.350 |                       |           | H         |                | HATA | U250     | 1                     | Karton Kutu                | Big Box             | 4                            | İki Katı Tek Katı Big | 3                                | 25           | 150           | 4                       | 116                | 200,5006              | 3,5                     | 54                                     | 9,0                         | 6                           | 75,0                  | 12,4                     | 14,0                                          |
| 22 | 1.350 |                       |           | H         |                | HATA | U280     | 1                     | Big Box                    | Big Box             | 4                            | 2 Katı-Big Box        | 3                                | 38           | 228           | 3                       | 116                | 200,5006              | 3,5                     | 35,52632                               | 6,0                         | 6                           | 114,0                 | 12,4                     | 10,0                                          |
| 23 | 1.350 |                       |           | E         |                | HATA | U285     | 1                     | K550                       | Özel Taşıma Arabası | -                            | -                     | 2                                | 40           | 40            | 3                       | 116                | 237,4606              | 4,1                     | 33,75                                  | 34,0                        | 1                           | 80,0                  | -                        | 9,0                                           |
| 24 | 1.350 |                       |           | H         |                | HATA | U280     | 1                     | Big Box                    | Big Box             | 4                            | Ortak Raf             | 3                                | 200          | 1200          | 2                       | 116                | 237,4606              | 4,1                     | 6,75                                   | 2,0                         | 6                           | 600,0                 | 12,4                     | 2,0                                           |
| 25 | 1.350 |                       |           | H         |                | HATA | U290     | 1                     | Medium Box                 | Medium Box          | 2                            | Tek Katı-Medium Box   | 2                                | 450          | 5400          | 2                       | 116                | 237,4606              | 4,1                     | 3                                      | 1,0                         | 6                           | 900,0                 | 49,7                     | 2,0                                           |
| 26 | 1.350 |                       |           | H         |                | HATA | U295     | 1                     | Medium Box                 | Medium Box          | 2                            | Tek Katı-Medium Box   | 2                                | 600          | 7200          | 2                       | 116                | 238,0224              | 4,1                     | 2,25                                   | 1,0                         | 6                           | 1200,0                | 49,7                     | 2,0                                           |
| 27 | 1.350 |                       |           | H         |                | HATA | U300     | 1                     | K550                       | Özel Trolley        | -                            | -                     | 2                                | 100          | 300           | 2                       | 116                | 238,0224              | 4,1                     | 13,5                                   | 14,0                        | 1                           | 200,0                 | 12,4                     | 7,0                                           |
| 28 | 1.350 |                       |           | E         |                | HATA | U360     | 1                     | K550                       | Özel Taşıma Arabası | -                            | -                     | 3                                | 30           | 30            | 3                       | 116                | 250                   | 4,3                     | 45                                     | 45,0                        | 1                           | 90,0                  | -                        | 12,0                                          |
| 29 | 1.350 |                       |           | E         |                | HATA | U370     | 1                     | Big Box                    | Big Box             | 4                            | Tek Katı-Big Box      | 3                                | 100          | 600           | 2                       | 116                | 255                   | 4,4                     | 13,5                                   | 3,0                         | 6                           | 300,0                 | -                        | 2,0                                           |
| 30 | 1.350 |                       |           | E         |                | HATA | U400     | 1                     | Özel Taşıma Arabası        | Özel Taşıma Arabası | -                            | -                     | 2                                | 180          | 180           | 2                       | 116                | 260                   | 4,5                     | 7,5                                    | 8,0                         | 1                           | 360,0                 | -                        | 6,0                                           |
| 31 | 1.350 |                       |           | E         |                | HATA | U420     | 1                     | Özel Taşıma Arabası        | Özel Taşıma Arabası | -                            | -                     | 2                                | 240          | 240           | 2                       | 116                | 265                   | 4,6                     | 5,625                                  | 6,0                         | 1                           | 480,0                 | -                        | 5,0                                           |
| 32 | 1.350 |                       |           | E         |                | HATA | U435     | 4                     | Özel Taşıma Arabası        | Özel Taşıma Arabası | -                            | -                     | 2                                | 400          | 400           | 2                       | 116                | 270                   | 4,7                     | 13,5                                   | 14,0                        | 1                           | 800,0                 | -                        | 3,0                                           |

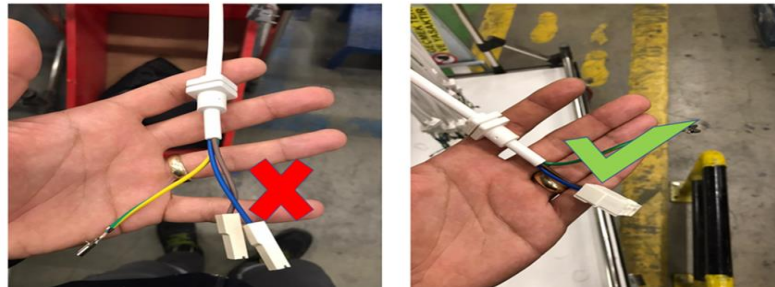
Şekil 7.11 : Her parça için plan dosyası.

| Sıra No | Kutu Tipi              | Resim                                                                             | Kutu Genişliği (m) | Kutu Uzunluğu (m) | Kutu Yüksekliği (m) |
|---------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|---------------------|
| 1       | Mini box               |  | 0,2                | 0,2               | 0,2                 |
| 2       | Small box              |  | 0,3                | 0,4               | 0,32                |
| 3       | Medium box             |  | 0,4                | 0,6               | 0,32                |
| 4       | Big box(Half euro box) |  | 0,6                | 0,8               | 0,32                |
| 5       | K550 (Euro box)        |  | 0,8                | 1,2               | 0,8                 |



**şekil 7.12 :** Kurutucu işletmesi standart ambalajları.

Malzeme alışmaları kapsamında ise hat dengelemesiyle beraber oluşturulan varyantlar ve model bazında kullanılan malzemeler üzerinden ekiplerle araya gelerek ortaklaştırılabilecek ve/ya takt süresine göre operasyon şekli iyileştirilebilecek malzemeler belirlendi ve çalışma başlatıldı. Buradaki temel amaç malzeme grupları altındaki çeşitliliği ve beraberinde ürün varyantlarının sayısını azaltmak, malzeme hareketini daha yalın şekilde takip etmektir. Bunu yanı sıra operasyon adımları doğrultusunda malzeme tasarımlarında iyileştirmeler yaparak, parçaların daha kolay montajını sağlamak hedeflenmiştir. şekil 7.13’de verilen örnekte şebeke kablolarındaki soketleri birleştirerek tek seferde montajı sağlanmış, operasyon süresi azalmıştır. Dengeleme ve malzeme çeşidine göre belirlenen parçalar için belirlenen aksiyonlar bir listede toplanlarp takip edildi. Toplam 73 faaliyetten 33 tanesi çeşitli kısıtlar nedeniyle iptal edilirken 32 tanesi uygulamaya geçirildi.8 tanesi ise devam etmektedir.

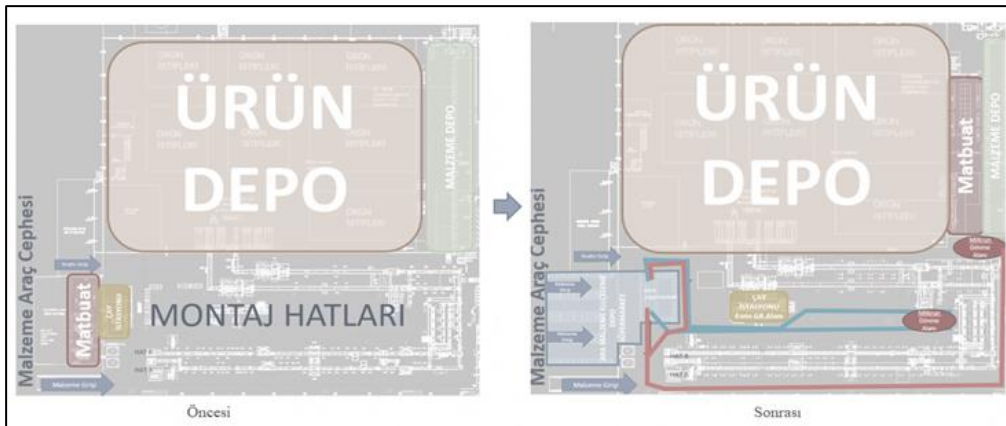


**şekil 7.13 :** şebeke kablolarında soket sayısının azaltılması.

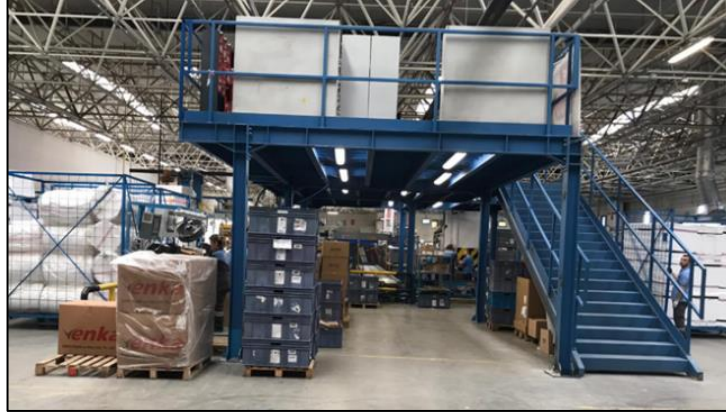
## 7.8 Stok Alanlarının Belirlenmesi & Layout Değişikliği

Bölüm 6.8’de paylaşılan sistematik doğrultusunda öncelikle işletmenin malzeme giriş ve dağıtım alanları ile ilgili düzenleme yapıldı. İşletmenin malzeme araçlarının geldiği cephesinde matbuat gruplama alanı ve montaj operatörleri için çay istasyonu mevcuttu ve yardımcı sanayiler ile merkezi depolardan gelen malzemeler işletmenin strafor kapısı dışında tek malzeme girişi kapısından içeri alınmaktaydı. Straforlar havaleli ve doğrudan saatlik olarak tedarikçiden temin edildiği için ayrı bir malzeme giriş kapısından yönetilmektedir. Malzeme işletmenin iç alanında, diğer cephedeki malzeme depo alanında ya da işletme girişinin olduğu dış alanlarda stoklanıyor ve ihtiyaç olduğunda malzeme arama/temin kaynaklı duruşlar yaşanmakta ve pano gruplama gibi operasyon süresi takt süresinden fazla olan ve öncesinde işlem görüp montaj hattına dahil edilen yan gruplamalar da hat kenarlarında bulunmaktaydı. Bu durum montaj sahası içine çok fazla kartonlu malzeme taşınmasına, saha içinde alanın verimli kullanılmamasına ve ilave malzeme taşıma hareketlerine sebep oluyordu.

Şekil 7.14’de görüleceği üzere yeni yerleşimde matbuat gruplama alanı işletmenin diğer cephesine alındı, bölgeye tedarikçilerden ve merkezi depolardan gelen malzemelerin stoklanması ve elleçlenmesi için ara malzeme elleçleme deposu kuruldu. Malzeme giriş kapılarının sayısı artırıldı. Çay istasyonu/mola alanı Şekil 7.15’deki gibi sahaya yakın bir noktaya taşındı ve alt bölümüne montaj hatlarının kenarından alınan pano gruplama alanı taşındı. Ara malzeme elleçleme deposundan alınıp montaj hatlarına yalın iç lojistik sistemi olan işletme içi milkrun uygulaması ile gönderilecek standart kutulu/kasalı malzemeler için Şekil 7.16’da gösterildiği gibi süpermarket alanı kuruldu.



Şekil 7.14 : İşletme içi yerleşimin yeniden düzenlenmesi.



**Şekil 7.15 :** Çay istasyonu ve pano gruplama alanının taşınması.



**Şekil 7.16 :** Süpermarket kurulumu.

Somun, vida, cıvata gibi kutu içi adeti yüksek ve istasyonda sürekli kullanılan malzemeler için montaj hattına yakın bölgede ayrı bir süpermarket alanı kurulmuştur. C-Parti denilen bu malzemeler için kurulan süpermarket Şekil 7.17’de gösterilmektedir.



**Şekil 7.17 :** C-Parti malzeme süpermarketi.

Layout düzenleme planı ile beraber kurulan süpermarket noktaları ile istasyonlar arasında taşıma yapacak araçların rotası, bant yanında bulunması gereken malzeme stokları ve tranfer sıklığı hesaplanmıştır.

Bölüm 6.8’de anlatılan sistematik ile ilk olarak rotalar planlandı. Aynı malzeme grupları iki hatta da beslendiğinden, malzeme temininde sorun yaşanmaması için süpermarketten HAT ve HAT B’ye ayrı rotalarla malzeme temin edilmesi düşünüldü.

Toplam 32 malzeme grubunun kutu içi adetleri dikkate alınarak malzeme tüketimlerinden saatte ortalama 95 çekme kanbanı kartının tetikleneceği hesaplandı. Market ile istasyonlar arası gerçek yol süresi 4 dk 40 sn’dır. (Formül 6.15 ile en uzak olan istasyona olan çevrim süresi hesaplandı). Yeni sistemde tecrübe kazanmak için çekme sisteminin malzeme taşıma çevriminin 10 dakikalık aralıklarla başlamasına karar verildi.

Saatte ortalama 95 çekişten, 10 dakikada istasyonlar tarafından 16 kasaya ihtiyaç duyulacağı hesaplandı ve bunun 4,7 dakikalık yol süresine ek olarak 4 dakikalık iş getireceğini belirlendi. Bu her çevrimde 9 dakikalık iş demektir. Deneme çalışmaları 10 dakika içinde istasyonlara rahatlıkla malzeme teslimatı yapılabileceğini gösterdi (Her bir istasyonda 15 snlik malzeme boşaltma ve alma işlemi yapacağı hesaplandı).

İstasyondan çekme kanbanları ve boş kutular/kasalar toplandığı zaman (yaklaşık 16 kanban) malzeme bir sonraki teslimat çevriminde yenilenir. 10 dakikalık yol ile istasyonlara min 20 dakikalık stok konmalıdır. Fakat çekme sistemini kurulurken sistemin sağlıklı devreye alınması ve sonradan iyileştirmeler yapılması için bant başı stok havalesiz malzemelerde min 1 saat alınmaya çalışıldı. Malzeme tükenim süresi ve alan kısıtına göre “her parça için plan” dosyasında malzeme grubu bant yanı stokları ve buna göre kullanılacak rafların uzunluğu kesinleştirildi. Şekil 7.18’de tek montaj bandına ait malzeme grubu bazında çıkarılan hat yanı stok miktarları belirtilmiştir:

| Dinamik Raf |       |                        |           |           |                |      |          |          |                            |                     |                              | Stok                  |                       |              |                |                        |                        |                        |
|-------------|-------|------------------------|-----------|-----------|----------------|------|----------|----------|----------------------------|---------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|----------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| #           | Tempo | Malzeme Grubu          | Tedarikçi | JIT (E/R) | Ürün Platformu | HAT  | İstasyon | Ürün Adı | Tedarikçiden Gelen Ambalaj | İç Lojistik Ambalaj | Raf Yavaşında Kaplılığı Adet | Hat Yanı Dinamik Raf  | Bant Başı Dinamik Raf | Kutu İç Adet | Palete İç Adet | Bant Başı Stok Miktarı | Bant Başı Stok Miktarı | Bir Palete Tüneye Stok |
| 1           | 1.350 | SUT OPLAYICI           | ZNK       | H         | Kondanseri     | HATA | U10      | 1        | Small Box                  | Small Box           | 1                            | Tek Karlı-Small Box   | 2                     | 750          | 18000          | 15000                  | 8,0                    | 106,7                  |
| 2           | 1.350 | SAG YAN DESTEK BRANETİ | HBS       | H         |                | HATA | U140     | 1        | Big Box                    | Big Box             | 4                            | İki Karlı-Big Box     | 6                     | 24           | 144            | 144,0                  | 0,8                    | 0,9                    |
| 3           | 1.350 |                        |           | H         |                | HATA | U145     | 1        | Medium Box                 | Medium Box          | 2                            | Tek Karlı-Medium Box  | 2                     | 150          | 1800           | 300,0                  | 1,6                    | 10,7                   |
| 4           | 1.350 |                        |           | H         |                | HATA | U150     | 1        | Small Box                  | Small Box           | 1                            | Tek Karlı-Small Box   | 2                     | 800          | 14400          | 1200,0                 | 6,4                    | 83,3                   |
| 5           | 1.350 |                        |           | H         |                | HATA | U150     | 1        | Small Box                  | Small Box           | 1                            | Tek Karlı-Small Box   | 2                     | 800          | 4800           | 480,0                  | 2,1                    | 28,4                   |
| 6           | 1.350 |                        |           | H         |                | HATA | U170     | 1        | Big Box                    | Big Box             | 4                            | İki Karlı-Big Box     | 6                     | 48           | 288            | 288,0                  | 1,5                    | 1,7                    |
| 7           | 1.350 |                        |           | H         |                | HATA | U180     | 1        | Medium Box                 | Medium Box          | 2                            | İki Karlı-Medium Box  | 2                     | 60           | 720            | 180,0                  | 1,0                    | 4,3                    |
| 8           | 1.350 |                        |           | H         |                | HATA | U180     | 1        | Small Box                  | Small Box           | 1                            | Ortal Raf             | 2                     | 800          | 10000          | 1000,0                 | 5,3                    | 71,1                   |
| 9           | 1.350 |                        |           | H         |                | HATA | U190     | 1        | Medium Box                 | Medium Box          | 2                            | İki Karlı-Medium Box  | 2                     | 16           | 162            | 45,0                   | 0,3                    | 1,1                    |
| 10          | 1.350 |                        |           | H         |                | HATA | U190     | 1        | Medium Box                 | Medium Box          | 2                            | Ortal Raf             | 2                     | 800          | 7200           | 1200,0                 | 6,4                    | 42,7                   |
| 11          | 1.350 |                        |           | H         |                | HATA | U190     | 1        | Medium Box                 | Medium Box          | 2                            | Tek Karlı-Medium Box  | 2                     | 800          | 7200           | 1200,0                 | 6,4                    | 42,7                   |
| 12          | 1.350 |                        |           | H         |                | HATA | U190     | 1        | Ortal Trolley              | Ortal Trolley       | 2                            | Tek Karlı-Big Box     | 2                     | 300          | 300            | 300,0                  | 3,2                    | 1,8                    |
| 13          | 1.350 |                        |           | H         |                | HATA | U190     | 1        | Small Box                  | Small Box           | 1                            | Tek Karlı-Small Box   | 2                     | 3000         | 7000           | 6000,0                 | 31,9                   | 426,7                  |
| 14          | 1.350 |                        |           | H         |                | HATA | U190     | 1        | Medium Box                 | Medium Box          | 2                            | Tek Karlı-Medium Box  | 2                     | 100          | 1200           | 200,0                  | 1,1                    | 7,1                    |
| 15          | 1.350 |                        |           | H         |                | HATA | U190     | 1        | Big Box                    | Big Box             | 4                            | Tek Karlı-Big Box     | 3                     | 82           | 510            | 245,0                  | 1,4                    | 3,0                    |
| 16          | 1.350 |                        |           | H         |                | HATA | U190     | 1        | Big Box                    | Big Box             | 4                            | Tek Karlı-Big Box     | 3                     | 102          | 1170           | 585,0                  | 3,1                    | 6,9                    |
| 17          | 1.350 |                        |           | E         |                | HATA | U190     | 1        | K550                       | Ortal Tasma Arabası | -                            | -                     | 2                     | 22           | 22             | 44,0                   | 0,2                    | 0,1                    |
| 18          | 1.350 |                        |           | H         |                | HATA | U190     | 1        | Big Box                    | Big Box             | 4                            | Tek Karlı-Big Box     | 3                     | 100          | 600            | 300,0                  | 1,6                    | 3,6                    |
| 19          | 1.350 |                        |           | H         |                | HATA | U190     | 1        | Small Box                  | Ortal Tasma Arabası | -                            | -                     | 2                     | 64           | 64             | 128,0                  | 0,7                    | 0,4                    |
| 20          | 1.350 |                        |           | H         |                | HATA | U190     | 1        | Small Box                  | Small Box           | 1                            | Tek Karlı-Small Box   | 2                     | 300          | 7200           | 600,0                  | 3,2                    | 42,7                   |
| 21          | 1.350 |                        |           | H         |                | HATA | U190     | 1        | Kamuo Kutu                 | Big Box             | -                            | Edim T. Tek Karlı-Big | 3                     | 32           | 150            | 75,0                   | 0,4                    | 0,2                    |
| 22          | 1.350 |                        |           | H         |                | HATA | U190     | 1        | Big Box                    | Big Box             | 4                            | 2 Karlı-Big Box       | 3                     | 82           | 228            | 114,0                  | 0,6                    | 1,4                    |
| 23          | 1.350 |                        |           | E         |                | HATA | U190     | 1        | K550                       | Ortal Tasma Arabası | -                            | -                     | 2                     | 40           | 40             | 80,0                   | 0,4                    | 0,2                    |
| 24          | 1.350 |                        |           | H         |                | HATA | U190     | 1        | Big Box                    | Big Box             | 4                            | Ortal Raf             | 2                     | 800          | 1200           | 600,0                  | 3,2                    | 7,1                    |
| 25          | 1.350 |                        |           | H         |                | HATA | U190     | 1        | Medium Box                 | Medium Box          | 2                            | Tek Karlı-Medium Box  | 2                     | 840          | 5400           | 800,0                  | 4,8                    | 34,0                   |
| 26          | 1.350 |                        |           | H         |                | HATA | U190     | 1        | Medium Box                 | Medium Box          | 2                            | Tek Karlı-Medium Box  | 2                     | 800          | 7200           | 1200,0                 | 6,4                    | 42,7                   |
| 27          | 1.350 |                        |           | H         |                | HATA | U190     | 1        | Small Box                  | Ortal Trolley       | -                            | -                     | 2                     | 100          | 300            | 200,0                  | 1,1                    | 1,8                    |
| 28          | 1.350 |                        |           | E         |                | HATA | U190     | 1        | K550                       | Ortal Tasma Arabası | -                            | -                     | 2                     | 30           | 30             | 90,0                   | 0,5                    | 0,2                    |
| 29          | 1.350 |                        |           | H         |                | HATA | U190     | 1        | Big Box                    | Big Box             | 4                            | Tek Karlı-Big Box     | 3                     | 100          | 600            | 300,0                  | 1,6                    | 3,6                    |
| 30          | 1.350 |                        |           | E         |                | HATA | U190     | 1        | Ortal Tasma Arabası        | Ortal Tasma Arabası | -                            | -                     | 2                     | 180          | 180            | 360,0                  | 1,8                    | 1,1                    |
| 31          | 1.350 |                        |           | H         |                | HATA | U190     | 1        | Ortal Tasma Arabası        | Ortal Tasma Arabası | -                            | -                     | 2                     | 240          | 240            | 480,0                  | 2,5                    | 1,4                    |
| 32          | 1.350 |                        |           | H         |                | HATA | U190     | 4        | Ortal Tasma Arabası        | Ortal Tasma Arabası | -                            | -                     | 2                     | 400          | 400            | 800,0                  | 1,1                    | 2,4                    |

Şekil 7.18 : Malzeme grubu bazında hat yanı stok hesabı.

Son adım olarak bant yanı stokların devamında süpermarket alanında bulundurulması gereken stok miktarı Bölüm 6.8’de anlatılan sistematik ve kullanılan anatiklik modellere göre hesaplanmıştır.

Örnek olarak motor kart grubunun vardiyalık 1.350 tempoda süpermarket stok alanı ihtiyacını hesaplayacak olursak, formül 6.5’den çevrim stoğu,

$$\text{Ç ısıtıcı} = D \times y = 1.350 \text{ adet} \times 3 \text{ vardiya} \times 0,125 \text{ gün} = 507 \text{ adet}$$

bulunur.

\*Yenileme süresi ara malzeme elleçleme deposu da dikkate alınarak 6 saat alınmıştır.

$$Ts = \text{Ç} \times d = 507 \text{ adet} \times \%10 = 51 \text{ adet} \quad (6.6)$$

$$E = (\text{Ç} + Ts) \times e = (507 + 51 \text{ adet}) \times \%5 = \sim 28 \text{ adet} \quad (6.7)$$

$$M = \text{Ç} + Ts + E = 507 + 51 + 28 = 586 \text{ adet} \quad (6.8)$$

586 adet motor kartı stoğu 1350 tempo-varidyalık üretim için belirlenen 19.1 saniyelik takt süresine göre yaklaşık 3,1 saatlik market stoğu demektir. Bu da ara malzeme elleçleme depo içinde 3 palete tekabül etmektedir. Buna göre tüm HAT A ve HAT B montaj hatları için malzemelerin stok miktarları hesaplandı.

Her malzeme grubu için ayrı ayrı çevrim stoğu yenileme sürelerine göre stok sayısı ve palet sayısı karşılığı çıkarıldı. Toplamda her bant için yaklaşık 180 paletlik raf yerş ayrılmasına karar verildi. JIT kapsamında gelen strafor, kapak gibi malzemelerde ise JIT projesinde belirlenen malzeme geliş süreleri ve stok ihtiyacı dikkate alındı.

Merkezi depo ve yardımcı sanayiden gelen malzemelerin süpermarkete girmeden önce elleçleme yapıldığı ara stok deponun tasarımında malzemeler paletli halde stoklanacağı için Şekil 7.19’daki gibi ağır yük rafları kullanıldı.

İşletmenin bir diğer sorunu da depolardan ve yardımcı sanayilerden gelen malzemeleri indirebilecek yeterli sayıda rampa/indirme noktasının olmamasıydı. Burada işletmeye gelen araçların saatlik ortalama sayısı ve indirme/boşaltma sürelerine göre Bölüm 6.8’deki formül 6.9’a göre rampa sayısı 4 olarak belirlenmiştir. Yapılan yeni ara malzeme elleçleme depoya Şekil 7.20’deki gibi mevcut 2 kapıya ek olarak ilave 2 malzeme indirme kapısı açılmıştır.



**Şekil 7.19 :** Ara malzeme elleçleme depo alanı.



**Şekil 7.20 :** Malzeme indirme alanlarının düzenlenmesi.

### **7.9 Milkrun Sistemi-İç Lojistik Trenleri**

İşletme içinde milkrun döngüsünün işleyişi tasarlanırken aşağıdaki varsayım ve kabuller temel alınmıştır:

*İş İstasyonları:*

- Kanban çekme sisteminde istasyondaki malzeme raflarında, boşalan kutu alt iade rafına çekici operatörünün alması için konur, kartlı sistem sürecinde kanban raftaki cebe iliştilir (Vida, somun gibi C part malzemeler hariç).
- Vida, somun kutularından son ölçek vida alındığında, kutuya ait kanban ayrılır ve kanban cebine konur.
- İstasyonlar arası malzeme alışverişi yapılmaz.
- Kartlı süreçte, kanbanlar kaybedilmez, gelişi güzel çoğaltılmaz.
- Kanban sistemi belirlenen malzeme gruplarına ait kutuların döngüsü ile yapılır. Parça içi adet değil, kutu takip edilir.

- Hatlara karton koli ile malzeme gelmez. Sadece standart olarak belirlenen kasa/kutu ve taşıma araçları ile malzeme gönderilir.
- Montaj operatörleri taşıma ve ambalaj açma işçiliği yapmaz.
- Kanbanlar boş kasa içine konmaz.

#### *Malzeme Dağıtım Araçları:*

- Rota süresi hesabında kullanılmak üzere, iç lojistik treni 7 km/h sabit hızla yol almalıdır.
- Malzeme dağıtım araçları arıza yapmamaktadır.
- Aracın şarj süresi, bir vardiya yetecektir. Yedek batarya bulundurmak sureti ile vardiya değişimlerinde hızlı değişim yapılarak, zaman kaybı minimum düzeyde tutulacaktır.
- Montaj sahası içinde forklift/şarjlı transpalet bulundurulmayacaktır. Sadece tekerlekli işletme içi milkrun/iç lojistik treni malzeme dağıtımını yapar.
- İşletme içinde tek yönlü malzeme dağıtımını yapılır.

#### *Yollar:*

- Her zaman belirlenen rotada dağıtım yapılır.
- Yaya yolları her zaman açık bırakılır. Malzeme konmaz.

#### *Depolar:*

- Tanımsız alanlarda malzeme ve tanımlı alanlarda farklı malzeme olmaz.
- Malzemeler her zaman belirlenmiş stok alanında hazır durumdadır.
- Malzemelerin SAP stoğu oluşmama vb. sistemsal problemi yoktur.
- İç lojistik sorumluları her zaman yerindedir ve ön hazırlığını zamanında yapar.
- E-Kanban sisteminde kutu ve raf barkod okutmaları uygun şekilde ve zamanında yapılır.

### **7.9.1 Malzeme dağıtım araç sayısı hesaplama**

Bölüm 6.9'da aktarılan sistematik doğrultusunda, belirlenen rotalara göre ayrılmaası gereken iç lojistik treni/çekici sayısı hesaplanmıştır:

İki montaj bandı için vardiyalık toplamda 2.700 adet üretim yapılmaktadır (1350 adet tek bandın vardiyalık üretimidir). Süpermarket-montaj istasyonları arasında işletme

için milkrun ile taşınacak malzemeler için gerekli çekici ve vagon sayısını hesaplamak için Şekil 7.21’de malzeme grubunun bir kısmı gösterilen excel dosyası kullanılmıştır.

| Ormanlık |          |                          |           |           |               |       |          |                    |                            |                     |     |                         | Yaygın İhtiyaç            |              |               |                    |                      |                    |                      |                   |                     |                       |
|----------|----------|--------------------------|-----------|-----------|---------------|-------|----------|--------------------|----------------------------|---------------------|-----|-------------------------|---------------------------|--------------|---------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|
| #        | İstasyon | Malzeme Grubu            | Tedarikçi | JIT (EER) | Orta Planlıma | HAT   | İstasyon | Orta Planlıma Adet | Tedarikçiden Gelen Ambalaj | İç Lojistik Ambalaj | Raf | Her Vagon Dışındaki Raf | Bir Bıyık İçin Raf Sayısı | Kutu İç Adet | Palet İç Adet | Çekici Hızı (m/dk) | İzleyici Hızı (m/dk) | Çekici Hızı (m/dk) | İzleyici Hızı (m/dk) | Toplam Raf Sayısı | Toplam Vagon Sayısı | İstisnai Vagon Sayısı |
| 1        | 1.350    | SUTÇUOLAYICI             | ZNK       | H         | Kondemeri     | HAT A | U70      | 1                  | Small Box                  | Small Box           | 1   | Tek Kablo Small Box     | 2                         | 730          | 18000         | 116                | 42,8736              | 0,7                | 1,8                  | 1,0               | 6                   |                       |
| 2        | 1.350    | ISAL YAN FİSTİK BRANŞİTİ | HRS       | H         |               | HAT A | U80      | 1                  | Small Box                  | Small Box           | 4   | Tek Kablo Small Box     | 6                         | 34           | 144           | 116                | 50                   | 0,9                | 56,55                | 10,0              | 6                   |                       |
| 3        | 1.350    |                          |           | H         |               | HAT A | U85      | 1                  | Medium Box                 | Medium Box          | 2   | Tek Kablo Medium Box    | 2                         | 150          | 18000         | 116                | 56,8134              | 1,0                | 9                    | 2,0               | 6                   |                       |
| 4        | 1.350    |                          |           | H         |               | HAT A | U70      | 1                  | Small Box                  | Small Box           | 1   | Tek Kablo Small Box     | 2                         | 600          | 4800          | 116                | 65,43256             | 1,1                | 2,2                  | 1,0               | 6                   |                       |
| 5        | 1.350    |                          |           | H         |               | HAT A | U80      | 1                  | Small Box                  | Small Box           | 4   | Tek Kablo Small Box     | 6                         | 48           | 288           | 116                | 61,47046             | 1,4                | 28,152               | 5,0               | 6                   |                       |
| 6        | 1.350    |                          |           | H         |               | HAT A | U70      | 1                  | Medium Box                 | Medium Box          | 2   | Tek Kablo Medium Box    | 2                         | 60           | 720           | 116                | 61                   | 1,4                | 22,2                 | 4,0               | 6                   |                       |
| 7        | 1.350    |                          |           | H         |               | HAT A | U80      | 1                  | Small Box                  | Small Box           | 1   | Orta Raf                | 2                         | 500          | 12000         | 116                | 62                   | 1,6                | 2,7                  | 1,0               | 6                   |                       |
| 8        | 1.350    |                          |           | H         |               | HAT A | U80      | 1                  | Medium Box                 | Medium Box          | 2   | Tek Kablo Medium Box    | 2                         | 16           | 162           | 116                | 62,50249             | 1,6                | 84,375               | 15,0              | 6                   |                       |
| 9        | 1.350    |                          |           | H         |               | HAT A | U80      | 1                  | Medium Box                 | Medium Box          | 2   | Orta Raf                | 2                         | 600          | 2000          | 116                | 100,481              | 1,7                | 2,2                  | 1,0               | 6                   |                       |
| 10       | 1.350    |                          |           | H         |               | HAT A | U85      | 1                  | Medium Box                 | Medium Box          | 2   | Tek Kablo Medium Box    | 2                         | 600          | 7200          | 116                | 110,5843             | 1,9                | 2,2                  | 1,0               | 6                   |                       |
| 11       | 1.350    |                          |           | H         |               | HAT A | U70      | 1                  | Small Box                  | Small Box           | 1   | Orta Raf                | 2                         | 200          | 200           | 116                | 110,5843             | 1,9                | 4,1                  | 5,0               | 6                   |                       |
| 12       | 1.350    |                          |           | H         |               | HAT A | U70      | 1                  | Small Box                  | Small Box           | 1   | Orta Raf                | 2                         | 3000         | 5000          | 116                | 111,1869             | 2,0                | 0,45                 | 1,0               | 6                   |                       |
| 13       | 1.350    |                          |           | H         |               | HAT A | U710     | 1                  | Medium Box                 | Medium Box          | 2   | Tek Kablo Medium Box    | 2                         | 100          | 1200          | 116                | 111,1869             | 2,0                | 11,2                 | 3,0               | 6                   |                       |
| 14       | 1.350    |                          |           | H         |               | HAT A | U710     | 1                  | Small Box                  | Small Box           | 4   | Tek Kablo Small Box     | 6                         | 61           | 110           | 116                | 111,1869             | 2,1                | 15,9254              | 5,0               | 6                   |                       |
| 15       | 1.350    |                          |           | H         |               | HAT A | U740     | 1                  | Small Box                  | Small Box           | 2   | Tek Kablo Small Box     | 3                         | 165          | 1170          | 116                | 112,1816             | 2,1                | 6,92977              | 2,0               | 6                   |                       |
| 16       | 1.350    |                          |           | H         |               | HAT A | U710     | 1                  | Small Box                  | Small Box           | 2   | Tek Kablo Small Box     | 2                         | 22           | 22            | 116                | 117,5483             | 2,4                | 21,3656              | 60,0              | 1                   |                       |
| 17       | 1.350    |                          |           | H         |               | HAT A | U710     | 1                  | Small Box                  | Small Box           | 4   | Tek Kablo Small Box     | 6                         | 100          | 600           | 116                | 117                  | 3,4                | 11,1                 | 3,0               | 6                   |                       |
| 18       | 1.350    |                          |           | H         |               | HAT A | U700     | 1                  | Small Box                  | Small Box           | 2   | Orta Raf                | 2                         | 64           | 64            | 116                | 200,5006             | 3,5                | 21,0275              | 22,0              | 1                   |                       |
| 19       | 1.350    |                          |           | H         |               | HAT A | U720     | 1                  | Small Box                  | Small Box           | 1   | Tek Kablo Small Box     | 2                         | 300          | 7200          | 116                | 200,5006             | 3,5                | 4,7                  | 1,0               | 6                   |                       |
| 20       | 1.350    |                          |           | H         |               | HAT A | U710     | 1                  | Küçük Kutu                 | Small Box           | 4   | Small Box               | 6                         | 150          | 150           | 116                | 200,5006             | 3,5                | 54                   | 9,0               | 6                   |                       |
| 21       | 1.350    |                          |           | H         |               | HAT A | U730     | 1                  | Small Box                  | Small Box           | 4   | 2 Kablo Small Box       | 6                         | 38           | 228           | 116                | 200,5006             | 3,5                | 35,5762              | 6,0               | 6                   |                       |
| 22       | 1.350    |                          |           | H         |               | HAT A | U730     | 1                  | Small Box                  | Small Box           | 2   | Orta Raf                | 2                         | 40           | 40            | 116                | 227,4806             | 4,1                | 31,75                | 34,0              | 1                   |                       |
| 23       | 1.350    |                          |           | H         |               | HAT A | U730     | 1                  | Small Box                  | Small Box           | 2   | Orta Raf                | 2                         | 200          | 1200          | 116                | 227,4806             | 4,1                | 6,75                 | 7,0               | 6                   |                       |
| 24       | 1.350    |                          |           | H         |               | HAT A | U730     | 1                  | Medium Box                 | Medium Box          | 2   | Tek Kablo Medium Box    | 2                         | 450          | 5400          | 116                | 227,4806             | 4,1                | 3                    | 1,0               | 6                   |                       |
| 25       | 1.350    |                          |           | H         |               | HAT A | U730     | 1                  | Medium Box                 | Medium Box          | 2   | Tek Kablo Medium Box    | 2                         | 600          | 7200          | 116                | 228,0275             | 4,1                | 2,2                  | 1,0               | 6                   |                       |
| 26       | 1.350    |                          |           | H         |               | HAT A | U730     | 1                  | Small Box                  | Small Box           | 2   | Orta Raf                | 2                         | 100          | 300           | 116                | 238,0724             | 4,1                | 13,1                 | 14,0              | 1                   |                       |
| 27       | 1.350    |                          |           | H         |               | HAT A | U740     | 1                  | Small Box                  | Small Box           | 2   | Orta Raf                | 2                         | 30           | 30            | 116                | 240                  | 4,2                | 45                   | 40,0              | 1                   |                       |
| 28       | 1.350    |                          |           | H         |               | HAT A | U730     | 1                  | Small Box                  | Small Box           | 4   | Tek Kablo Small Box     | 6                         | 100          | 600           | 116                | 240                  | 4,4                | 12,4                 | 2,0               | 6                   |                       |
| 29       | 1.350    |                          |           | H         |               | HAT A | U730     | 1                  | Orta Raf                   | Orta Raf            | 2   | Orta Raf                | 2                         | 180          | 180           | 116                | 240                  | 4,5                | 7                    | 6,0               | 1                   |                       |
| 30       | 1.350    |                          |           | H         |               | HAT A | U730     | 1                  | Orta Raf                   | Orta Raf            | 2   | Orta Raf                | 2                         | 240          | 240           | 116                | 240                  | 4,6                | 5,62                 | 6,0               | 1                   |                       |
| 31       | 1.350    |                          |           | H         |               | HAT A | U730     | 1                  | Orta Raf                   | Orta Raf            | 2   | Orta Raf                | 2                         | 400          | 400           | 116                | 240                  | 4,7                | 13,4                 | 14,0              | 1                   |                       |

Şekil 7.21 : Malzeme gruplarına ait çekici ve vagon ihtiyaç dosyası.

Öncelikle formül 6.11 ile malzeme grubu bazında istasyon uzaklıkları ile çekici hızına göre her malzeme grubu için gidiş ve dönüş toplamı olarak çevrim süresi hesaplandı. Ardından formül 6.12 ile vardiyada talep edilen üretim adetine, kutu iç adeti ve malzemenin her üründe tüketim adetine göre malzeme grubu bazında vardiyada taşınacak toplam kutu sayısı çıkarıldı.Özel taşıma arabası ve K550 ile hatta beslenecek malzemeler için tek vagonluk yer ayrılırken, kutulu malzemelere raf vagonu ile taşınmaktadır, bu yüzden standart kutulu malzemelerde ortalama 6 adet tek vagonluk taşıyacağı varsayılarak formül 6.13 ve 6.14 ile tüm malzemeler için vardiyada taşınması gerekene palet sayısı çıkarıldı.Formül 6.15 ile en uzak mesafedeki istasyona yapılacak seferin çevrim süresi 4.7 dakika bulundu. En uzak mesafeye yapılan döngüde diğer istasyonlardaki malzemeler de beslenip, boş kara ve kanbanlar toplanacağından vardiyalık yapılacak toplam sefer formül 6.16 ile 92 olarak bulundu. Formül 6.17 ile ise vardiyalık toplam taşınması gereken palet sayısı toplam sefer sayısına bölünerek ortalama olarak bir döngüde taşınacak vagon sayısı yuvarlanarak 4 olarak bulundu.

Yapılan denemelerde bir çekici arkasına maksimum 6 adet vagon takılabileceği için, toplamda 6 vagonluk dağıtım için hat başına 1 çekici atanması yeterli olmuştur. Böylelikle HAT A ve HAT B için ayrı çekiciler ve rotalar tanımlandı. Bu durumda süpermarkette her hat için birer çekici bulundurulması ve her bandın malzemelerini ayrı çekicilerle ayrı rotalardan beslemek kararlaştırılmıştır.

Bununla beraber planlanan uygulamanın işletme yerleşimi üzerinde trafik yoğunluğuna etkisini ve buna göre malzeme araçları ihtiyacında olabilecek değişikliği simüle etmek için Factory Flow kullanılmıştır.

Malzeme dağıtım sisteminde çeşitli taşıma araçları kullanmak, birden fazla depo ve rota ile çalışma, araç yolları üzerinde oluşacak yoğunluklar ve sefer sayılarını, hesaplama ve kaç adet araç ile kurulması planlanan sistemin yeterli seviyede çalışabileceği konuları Siemens Factory Flow yazılımı ile çözümlenebilmektedir. Program raporları sayesinde ise çekici tipi araçların malzeme taşımak için kaç adet vagon hareket etmesi gerektiği hesaplanır.

Ana akış toplanılan verilerin programa girilmesi, analiz sonuçları ile raporların elde edilmesi ve ileri analizler/ vagon sayısının hesaplanması olarak ayrılır.

Factroy Flow Autocad'e eklentili bir programdır, formatlanmış excel ile veriler girileceği gibi modüller üzerinden de veri girişi yapılabilir. Programın kullanımına yönelik takip edilen adımlar aşağıdaki gibidir:

#### *Verilerin Programa Girilmesi:*

Modül içerisinde üç ayrı bölümde veriler girilmiştir.

Assembly data (Montaj verisi): Analiz edilecek her model için BOM yapısına benzer şekilde temel malzeme bilgisi tanımlandı. Ürün modeli ve kullanılan malzemeler eklendi.

Activity points (Aktivite noktaları): Layout üzerindeki aktivite noktaları tanımlandı. Aktivite noktalarının türleri (depo, istasyon, vb.) ve giriş ve çıkış yönleri belirtildi. (Yol kısıtı tanımlaması yapılmadığı sürece program tanımlanan yolları çift yönlü olarak kabul eder, gerekirse kısıtlama düzenlenir.)

Material handling equipments (Malzeme taşıma ekipmanları): Kullanılacak tüm taşıma araçların türü tanımlandı. Araçlara ait hız, yükleme boşaltma süreleri, kullanacakları rota bilgisi gibi özellikleri programa girildi. Tanımlanan her malzeme için iki nokta arasında transfer edileceği ve hangi araç ile bu transferin yapılacağı ilişkisi program içerisinde tanımlandı.

#### *Analiz Sonuçlarının ve Raporların Elde Edilmesi:*

Tüm veriler program içerisine girildikten ve layout üzerinde tanımlamalar yapıldıktan sonra analiz aşamasına geçildi.

Hesaplama çalıştırıldıktan sonra ilk olarak taşıma aracının hareket sıklığı program tarafından hesaplandı. Hesaplama çalıştıktan sonra ikinci olarak ihtiyaç olan araç sayısını hesaplandı ve ardından Şekil 7.22'deki gibi bir trafik yoğunluğu haritası alındı. Bu rapora göre planlanan 2 adet çekici ile HAT A ve HAT B'nin de rotalarındaki malzeme akışı uygun yalınlıktadır. Malzeme taşıma sırasında büyük ölçekte bir trafik sorunu yaşanmamaktadır. Rotaların kalın ve kırmızı renge yönelmesi trafiğin yüksek seviyede olduğunu göstermektedir.



**Şekil 7.22 :** Factory Flow trafik yoğunluğu haritası.

MH device utilization report (Araç kullanım oranı raporu): Bu rapor taşıma aracına ait kullanım oranını gösterir. Kullanım oranı % 100'ün üzerinde ise mevcut araç sayısı yetersiz olup, sayı artırılarak yeniden analiz yapılmalıdır. Kullanım oranı belirlenmiş olan limitlerin (örn:% 85) üzerinde ise araç için elde edilen sonuçlar ile limitler karşılaştırılır. Şekil 7.23'deki rapor incelendiğinde hatlara tahsis edilen çekicilerin %85 altı dolulukta dolulukta olduğu görülmektedir. İşletme içinde %85 dolulukla taşıma yapılması tercih edildiği için hatlara birer çekici atamanın uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Vagon sayısının artırılmasına göre çekici doluluk oranının nasıl değiştiği değerlendirilmiştir, ileriki kısımlarda aktarılacaktır.

Project Name: km1\_ust-kat\_rev01

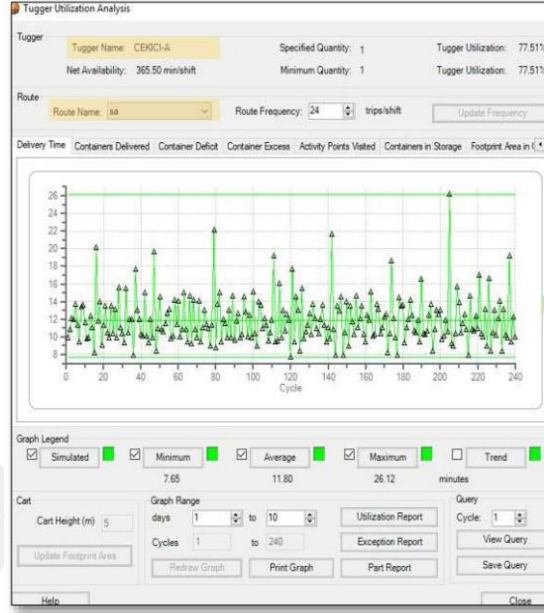
4/2/2020 6:39:50AM

Material Handling Device Utilization

| Material Handling Device Name | Quantity | Busy Minutes<br>per shift | Available Minutes<br>per shift | Utilization |
|-------------------------------|----------|---------------------------|--------------------------------|-------------|
| CEKICI-A                      | 1        | 288.40                    | 430.00                         | 67.07 %     |
| CEKICI-B                      | 1        | 302.76                    | 430.00                         | 70.41 %     |

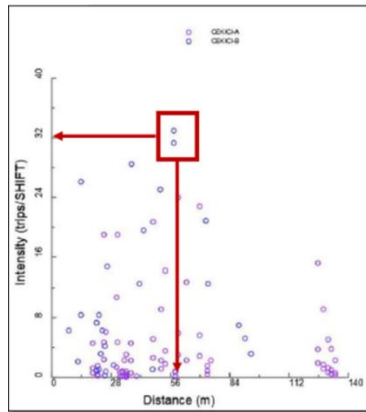
**Şekil 7.23 :** Factory Flow taşıma aracı(çekici) kullanım oranı raporu.

Tugger utilization exception report (Her turda taşınan kutu sayısı raporu): Taşıma aracının yaptığı her turda üzerinde taşıdığı ve istasyona teslim ettiği kutu sayısını malzeme bazlı olarak gösteren rapordur. Bu rapor çıktısı vagon ihtiyacını hesaplamak için girdi olarak kullanılır.



Şekil 7.24 : Factory Flow sefer ve malzeme bazlı taşınan kutu sayısı raporu.

Distance-intensity chart (Mesafe-yoğunluk dağılımı): Bu rapor taşıma aracının bir vardiya içerisinde yaptığı turların mesafesel dağılımını gösterir. Malzeme taşıma sistemindeki mesafesel ilişkiler bu rapor ile analiz edilebilir. Eğer uzak mesafeye yapılan tur sayısı yüksek ise uzakta olan aktivite noktaları daha yakına taşınarak çekici aracın verimliliği iyileştirilebilir. Aktivite noktaları değiştirilemiyor ise araç sayısı arttırılarak sistem dengelenebilir. Şekil 7.25'deki rapor örneğinde her iki taşıma aracı 32 sefer 56 metrelik tur yapmıştır. Yerleşim değişikliği öngörüldü.



Şekil 7.25 : Factory Flow mesafe-yoğunluk dağılım raporu.

### İleri Analizler ve Vagon Sayısını Hesaplama:

Vagon adeti hesaplamak için “Exception Report (Uygulama Raporu Çıktısı)” çıktısını kullanıldı. Analizde kullanılan tüm araçlar için ilgili depo noktalarını ve rotaları seçilerek, raporları ayrı ayrı programdan çekildi.

“Exception Report (Uygulama Raporu)” program içerisinde “Export” bölümünden çıktı alınarak dışarıya alındı. Bu rapor içerisinde bulunan, “Delivered” kolonu çekicinin ilgili turda hangi malzemeden kaç kutu bıraktığını gösterecektir.

Project Name: kmr\_usd-kat\_rev01

4.11.2020 3.17.41.01

Tugger Delivery Exception Report

Tugger Name: CEKICI-B

Specified Quantity: 1

Tugger Utilization: 70.75%

Net Availability: 305,5 min/shft

Minimum Quantity: 1

Tugger Utilization: 70.75%

Route Name: sb

Route Frequency: 33 per shift

Cycles: 1 to 330

| Cycle | Product Name | Part Name   | From Act. Pnt. | To Act. Pnt. | Parts per cont. | Containers |           |         |        |
|-------|--------------|-------------|----------------|--------------|-----------------|------------|-----------|---------|--------|
|       |              |             |                |              |                 | Specified  | Delivered | Deficit | Excess |
| 1     |              | supermarket | B-U90          |              | 600             | 1          | 0         | 0       | 1      |
|       |              | supermarket | B-U95          |              | 400             | 1          | 0         | 0       | 1      |
|       |              | supermarket | B-U435         |              | 1.600           | 1          | 0         | 0       | 1      |
|       |              | supermarket | B-U80          |              | 60              | 1          | 0         | 0       | 1      |
|       |              | supermarket | B-U80          |              | 500             | 1          | 0         | 0       | 1      |
|       |              | supermarket | B-U40          |              | 150             | 1          | 0         | 0       | 1      |
|       |              | supermarket | B-U190         |              | 100             | 1          | 0         | 0       | 1      |
|       |              | supermarket | B-U50          |              | 600             | 1          | 0         | 0       | 1      |
|       |              | supermarket | B-U90          |              | 30              | 2          | 0         | 0       | 2      |
|       |              | supermarket | B-U370         |              | 100             | 1          | 0         | 0       | 1      |
|       |              | supermarket | B-U200         |              | 64              | 1          | 0         | 0       | 1      |
|       |              | supermarket | B-U100         |              | 100             | 1          | 0         | 0       | 1      |
|       |              | supermarket | B-U40          |              | 24              | 2          | 1         | 0       | 1      |
|       |              | supermarket | B-U140         |              | 195             | 1          | 0         | 0       | 1      |
|       |              | supermarket | B-U110         |              | 3.000           | 1          | 0         | 0       | 1      |
|       |              | supermarket | B-U220         |              | 300             | 1          | 0         | 0       | 1      |

Şekil 7.26 : Factory Flow programından alınmış uygulama çıktısı raporu.

Program içerisinde tanımlanan ambalaj bilgisi önemlidir. Eğer ambalaj boyutları ayrı ayrı girilmediyse, daha sonra excel üzerinden ambalaj tipi dönüşümü yapmalı ve tüm malzemeler tek bir ambalaj boyutuna indirgenmelidir. Şekil 7.27’de gösterildiği gibi, 1 paletlik alan 24 adet “Small Box” kutu alabilmektedir. Bu sebeple eğer 1 adet “Small Box” taşınmak istenirse, vagon üzerinde kaplayacağı hacim 0,04 palet olarak hesaba alınmıştır.

| Konteyner       | Vagonun Taşıyabileceği Maksimum Kutu Adeti | Ambalaj Tipinin Palet Cinsinden Hacmi |
|-----------------|--------------------------------------------|---------------------------------------|
| K550/K6600      | 1                                          | 1,00                                  |
| Big Box         | 6                                          | 0,17                                  |
| Special Trolley | 1                                          | 1,00                                  |
| Small Box       | 24                                         | 0,04                                  |
| metal kasa      | 1                                          | 1,00                                  |
| Medium Box      | 12                                         | 0,08                                  |
| Kutu            | 1                                          | 1,00                                  |

Şekil 7.27 : Ambalaj tipi bazında kutu adetleri ve palet hacmi.

Programdan alınan excel içerisinde bulunan “Routing” sekmesi içerisinde Şekil 7.28’deki gibi bir kolon eklemesi yaparak palet boyutu dönüşümü yapıldı.

| Include Part | Part Indx | Product | Part Name | Parts/Produ | From    | Method      | Cont Name | Parts/Cor | Conts/Trq | Tc | X | Size As Pallet |
|--------------|-----------|---------|-----------|-------------|---------|-------------|-----------|-----------|-----------|----|---|----------------|
| 1            | 9         | sa      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | big box     |           | 36        | 2 A05     | X  |   |                |
| 1            | 13        | ms      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | small box   | 1000      | 1 A10     | X         |    |   | 0,04           |
| 1            | 15        | ms      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | small box   | 1000      | 1 A10     | X         |    |   | 0,04           |
| 1            | 23        | ms      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | medium box  | 500       | 1 A10     | X         |    |   | 0,08           |
| 1            | 25        | ms      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | medium box  | 500       | 1 A10     | X         |    |   | 0,08           |
| 1            | 27        | ms      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | big box     | 200       | 1 A10     | X         |    |   | 0,17           |
| 1            | 31        | ms      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | medium box  | 400       | 1 A10     | X         |    |   | 0,08           |
| 1            | 39        | sa      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | big box     | 72        | 1 A30     | X         |    |   | 0,17           |
| 1            | 41        | ms      |           | 2 ana sm    | CEKCI-A | medium box  | 1000      | 1 A30     | X         |    |   | 0,08           |
| 1            | 43        | ms      |           | 2 ana sm    | CEKCI-A | medium box  | 1000      | 1 A30     | X         |    |   | 0,08           |
| 1            | 63        | se      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | big box     | 52        | 2 A00     | X         |    |   | 0,17           |
| 1            | 65        | kc      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | big box     | 48        | 1 A00     | X         |    |   | 0,17           |
| 1            | 67        | se      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | big box     | 130       | 1 A00     | X         |    |   | 0,17           |
| 1            | 69        | kc      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | big box     | 44        | 2 A00     | X         |    |   | 0,17           |
| 1            | 71        | kc      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | big box     | 48        | 2 A100    | X         |    |   | 0,17           |
| 1            | 73        | ms      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | karton kutu | 73        | 1 A100    | X         |    |   | 1,00           |
| 1            | 75        | ms      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | small box   | 500       | 1 A110    | X         |    |   | 0,04           |
| 1            | 77        | ms      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | small box   | 500       | 1 A110    | X         |    |   | 0,04           |
| 1            | 80        | ki      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | small box   | 100       | 1 A140    | X         |    |   | 0,04           |
| 1            | 82        | ki      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | small box   | 100       | 1 A140    | X         |    |   | 0,04           |
| 1            | 84        | ki      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | small box   | 100       | 1 A140    | X         |    |   | 0,04           |
| 1            | 86        | ki      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | small box   | 840       | 1 A140    | X         |    |   | 0,04           |
| 1            | 88        | ki      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | small box   | 840       | 1 A140    | X         |    |   | 0,04           |
| 1            | 90        | ki      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | small box   | 840       | 1 A140    | X         |    |   | 0,04           |
| 1            | 91        | ms      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | medium box  | 200       | 1 A140    | X         |    |   | 0,08           |

Şekil 7.28 : Palet boyutu dönüşüm sayfası.

Palet boyutu dönüşümü yapıldıktan sonra programdan alınmış “Exception Report (Uygulama Raporu)” çıktıları program exceli içerisine sekme olarak eklendi ve vagon hesaplaması için manuel formül girişi yapıldı (Şekil 7.29).

“Size as Pallet” kolonundan sonra “Exception Report” içerisinde bulunan “Delivered” adetleri “SUMIFS” fonksiyonu ile ilgili malzemelerin satırları ile Şekil 7.30’daki gibi eşleştirildi.

| Include Part | Part Indx | Product | Part Name | Parts/Produ | From    | Method      | Cont Name | Parts/Cor | Conts/Trq | Tc | X | Size As Pallet |
|--------------|-----------|---------|-----------|-------------|---------|-------------|-----------|-----------|-----------|----|---|----------------|
| 1            | 9         | sa      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | big box     |           | 36        | 2 A05     | X  |   | 0,17           |
| 1            | 13        | ms      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | small box   | 1000      | 1 A10     | X         |    |   | 0,04           |
| 1            | 15        | ms      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | small box   | 1000      | 1 A10     | X         |    |   | 0,04           |
| 1            | 23        | ms      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | medium box  | 500       | 1 A10     | X         |    |   | 0,08           |
| 1            | 25        | ms      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | medium box  | 500       | 1 A10     | X         |    |   | 0,08           |
| 1            | 27        | ms      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | big box     | 200       | 1 A10     | X         |    |   | 0,17           |
| 1            | 31        | ms      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | medium box  | 400       | 1 A10     | X         |    |   | 0,08           |
| 1            | 39        | sa      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | big box     | 72        | 1 A30     | X         |    |   | 0,17           |
| 1            | 41        | ms      |           | 2 ana sm    | CEKCI-A | medium box  | 1000      | 1 A30     | X         |    |   | 0,08           |
| 1            | 43        | ms      |           | 2 ana sm    | CEKCI-A | medium box  | 1000      | 1 A30     | X         |    |   | 0,08           |
| 1            | 63        | se      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | big box     | 52        | 2 A00     | X         |    |   | 0,17           |
| 1            | 65        | kc      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | big box     | 48        | 1 A00     | X         |    |   | 0,17           |
| 1            | 67        | se      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | big box     | 130       | 1 A00     | X         |    |   | 0,17           |
| 1            | 69        | kc      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | big box     | 44        | 2 A00     | X         |    |   | 0,17           |
| 1            | 71        | kc      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | big box     | 48        | 2 A100    | X         |    |   | 0,17           |
| 1            | 73        | ms      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | karton kutu | 73        | 1 A100    | X         |    |   | 1,00           |
| 1            | 75        | ms      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | small box   | 500       | 1 A110    | X         |    |   | 0,04           |
| 1            | 77        | ms      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | small box   | 500       | 1 A110    | X         |    |   | 0,04           |
| 1            | 80        | ki      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | small box   | 100       | 1 A140    | X         |    |   | 0,04           |
| 1            | 82        | ki      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | small box   | 100       | 1 A140    | X         |    |   | 0,04           |
| 1            | 84        | ki      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | small box   | 100       | 1 A140    | X         |    |   | 0,04           |
| 1            | 86        | ki      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | small box   | 840       | 1 A140    | X         |    |   | 0,04           |
| 1            | 88        | ki      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | small box   | 840       | 1 A140    | X         |    |   | 0,04           |
| 1            | 90        | ki      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | small box   | 840       | 1 A140    | X         |    |   | 0,04           |
| 1            | 91        | ms      |           | 1 ana sm    | CEKCI-A | medium box  | 200       | 1 A140    | X         |    |   | 0,08           |

Şekil 7.29 : Program çıktısına eklenen uygulama raposu örnekleri.

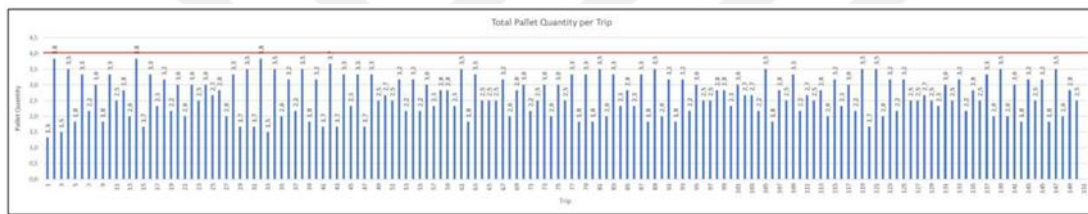
| Include Part | Part Indx | Product        | Part Name    | Parts/Produ | From    | Method     | Cont Name | Parts/Cor | Conts/Trq | Tc | X | Size As Pallet | Delivered |
|--------------|-----------|----------------|--------------|-------------|---------|------------|-----------|-----------|-----------|----|---|----------------|-----------|
| 1            | 9         | CARTELLA A-HAT | teknisyenler | 1 ana sm    | CEKCI-A | big box    |           | 36        | 2 A05     | X  |   | 0,17           | 0,17      |
| 1            | 13        |                |              | 1 ana sm    | CEKCI-A | small box  | 1000      | 1 A10     | X         |    |   | 0,04           | 0,04      |
| 1            | 15        |                |              | 1 ana sm    | CEKCI-A | small box  | 1000      | 1 A10     | X         |    |   | 0,04           | 0,04      |
| 1            | 23        |                |              | 1 ana sm    | CEKCI-A | medium box | 500       | 1 A10     | X         |    |   | 0,08           | 0,08      |
| 1            | 25        |                |              | 1 ana sm    | CEKCI-A | medium box | 500       | 1 A10     | X         |    |   | 0,08           | 0,08      |
| 1            | 27        |                |              | 1 ana sm    | CEKCI-A | big box    | 200       | 1 A10     | X         |    |   | 0,17           | 0,17      |
| 1            | 31        |                |              | 1 ana sm    | CEKCI-A | medium box | 400       | 1 A10     | X         |    |   | 0,08           | 0,08      |
| 1            | 39        |                |              | 1 ana sm    | CEKCI-A | big box    | 72        | 1 A30     | X         |    |   | 0,17           | 0,17      |
| 1            | 41        |                |              | 2 ana sm    | CEKCI-A | medium box | 1000      | 1 A30     | X         |    |   | 0,08           | 0,08      |
| 1            | 43        |                |              | 2 ana sm    | CEKCI-A | medium box | 1000      | 1 A30     | X         |    |   | 0,08           | 0,08      |
| 1            | 63        |                |              | 1 ana sm    | CEKCI-A | big box    | 52        | 2 A00     | X         |    |   | 0,17           | 0,17      |
| 1            | 65        |                |              | 1 ana sm    | CEKCI-A | big box    | 48        | 1 A00     | X         |    |   | 0,17           | 0,17      |

Şekil 7.30 : “Delivered” adetleri giriş sayfası.

Tüm malzemeler için «SUMIFS» fonksiyonu doğru “Exception Report” ile eşleşecek şekilde hazırlandıktan sonra “SUBTOTAL” fonksiyonu ile her tura ait bilgiler ilgili

[illegible]

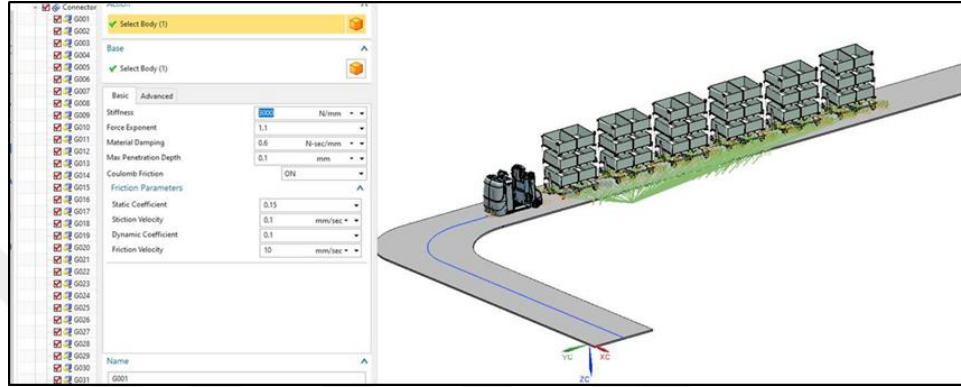
Her tura ait palet miktarını belirlendikten sonra maksimum vagon sayısını görmek için “SUBTOTAL” satırı grafiğe aktarıldı. Şekil 7.32’deki grafikte gösterilen palet miktarları, tek bir vagon kapasitesi ile karşılaştırılarak toplamda kaç adet vagon ihtiyacı olduğunu belirtecektir.



Grafik üzerinden taşıma aracının taşıdığı maksimum ve minimum palet adetleri belirlendi. Her bir vagonun bir paletlik kapasitesi olduğu göz önüne alınarak, maksimum ve minimum değerleri tam sayıya yuvarlandı. Grafikte minimum değer 1,3 palet olup gereken minimum vagon sayısı 2'dir. Maksimum değer 3,8 palet olup gereken maksimum vagon sayısı 4'tür. Verilen örnekte taşınan malzemeler göz önüne alındığında bir palet kapasiteli, 4'er vagona sahip bir çekici sisteminin yeterli olacağı görülmektedir. Çalışma ilk aşamada iç lojistik operatörlerinin de sürece adapte olması için çekici arkasına 6 adet vagon takılmasına müsaade edilerek başlatılmıştır. Zamanla vagonların doluluk oranları kontrol edilerek azaltma yapılması hedeflenmiştir. Çekicinin arkasına 6 vagon takılarak yapılan Factory Flow akış trafiğinde de araçların doluluk oranlarının % 87 seviyesine çıktığı görülmüştür. %85 doluluk oranına yakın sonuçlar olduğu için toplam döngü sayısının azalacağı da dikkate alınarak 6 vagon ile başlama kararı alınmıştır.

168

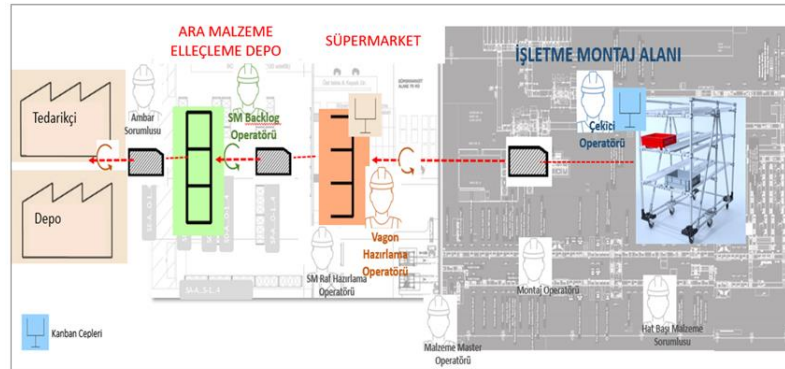
parça tanımlandı. Bu program ile planlanan çekicilerin arkasındaki vagonlarla beraber işletme içinde rotası olarak düşünülen yolun genişliğinin çekicinin dönüşü için uygun olup olmadığı Şekil 7.33'deki gibi simüle edildi. Link olarak seçilen vagon ağırlığı tanımlandı. (Bu işlem tüm vagonlara uygulandı). Tüm tekerleklerle yaylanma hareketi tanımlandı. Tekerlek ve yol arasında sürtünme katsayısı tanımlandı. (Bu işlem tüm tekerleklerle uygulandı). Kurgunun çalıştırılmasıyla 6 adet vagonun çekici ile beraber işletmenin belirlenen rotasında uygun şekilde dolanabileceği sonucuna varıldı.



Şekil 7.33 : NX Programı üzerinde çekici dönüş simülasyonu.

## 7.9.2 İç lojistik kadrosunun belirlenmesi

Bölüm 6.9.3'te verilen sistematik yaklaşım ve analitik model doğrultusunda iç lojistik ekibinin ayırması gereken iş gücü ve kadro sayısı çıkarılmıştır. Şekil 7.34'de kurulan kanban çekme sistemli yeni iç lojistik düzenindeki genel işleyiş paylaşılmaktadır.



Şekil 7.34 : Yeni iç lojistik sisteminde genel işleyiş.

Kadroyu, görev tanımlarını ve iş gücü hesaplamaları aşağıdaki gibi özetlenmektedir:

### Montaj Operatörü

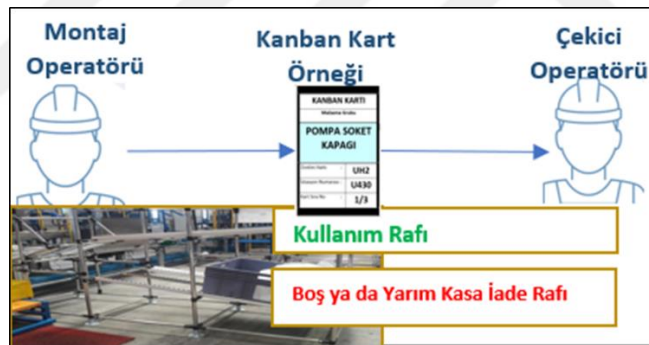
Montaj sahasında iş istasyonlarında çalışan operatörlerdir. İstasyondaki kullanım rafından malzemeyi alarak istasyonda montaj işlemini gerçekleştirir. İstasyondaki

kullanımdan sonra yarım ya da boş kasanın dinamik raf üzerindeki iade rafına konmasını sağlar. Yarım ya da boş kasanın iade rafına konmasıyla çıkan kanbanları dinamik raf üzerindeki kanban cebine koyar. Sayısı dengeleme ile beraber hesaplanmıştır. Her bir hat için 38 operatör atanmıştır.

#### *Bant Başı Malzeme Sorumlusu*

Montaj alanında iş istasyonlarındaki malzeme takibinden sorumlu kişidir. Montaj Operatörü tarafından iade rafına konan boş ya da yarım kasanın alınarak taşıma arabalarına yerleştirilmesini sağlar. Süpermarkette hazırlanarak taşıma arabaları ile iş istasyonuna getirilen malzemenin kullanım rafına yerleştirilmesini sağlar (Şekil 7.35). Hat üzerindeki boş kasa ya da yarım kasa takibini yaparak üretimde sürekli malzeme bulunması sorumluluğunu üstlenir. İlgili olduğu iş istasyonlarında malzemenin kritik seviyeye ulaşması durumunda Malzeme Master Operatörüne bilgi vererek kritik malzemenin üretimi durdurmayacak şekilde ilgili istasyona teminini sağlar.

Kadro sayısı Bölüm 6.9.3'teki analitik model ile hesaplanmıştır. HAT A ve HAT B için birer kişi, toplamda 2 kişi atanmıştır.



**Şekil 7.35 :** Hat yanında bulunan dinamik raflardaki kullanım ve iade rafları.

#### *Vagon Hazırlama Operatörü*

Süpermarket alanında hazırlanan malzemenin vagona aktarımı ve hattın iade malzemenin Hazırlık Alanına aktarımından sorumlu kişidir. Çekicinin getirdiği vagonlardaki boş ya da yarım kasaları ilgili İade Raflarına koyarak; boş taşıma arabalarını ilgili alanlara yerleştirir. Süpermarket Rafında hazır bulunan malzemenin alınarak taşıma arabalarına çekicinin ulaştırdığı Kanban Kartlarına istinaden ihtiyaç olan kutulu malzemelerin Rafı Taşıma Arabalarına yerleştirilmesini sağlar. Çekicinin Süpermarket Alanına tekrar gelinceye kadar geçen süreç içerisinde ihtiyaç olan tüm malzemelerin hazırlanmasını sağlar. İş İstasyonunda Hat Başı Malzeme Sorumlusu

tarafından iadesi için vagona yerleştirilen boş ya da yarım kasanın Hazırlık Alanı Dönüş Rafına konmasını sağlar.

Kadro sayısı Bölüm 6.9.3'teki analitik model ile hesaplanmıştır. HAT A ve HAT B için birer kişi, toplamda 2 kişi atanmıştır.

#### *Çekici Operatörü*

Süpermarket alanı ile iş istasyonları arasında malzeme taşıması yapan operatördür. Süpermarkette hazırlanan malzemenin ilgili iş istasyonuna taşınmasını sağlar. İş İstasyonlarında ilgili malzemenin Kullanım Rafına verilmesi ve İade Rafından boş ya da yarım kasaların alınması görevinde Hat Başlı Malzeme Sorumlusu' na destek verir. Taşıma arabalarının çekiciye takılmasını sağlar. İş İstasyonlarından gönderilen boş ya da yarım Kasanın Süpermarket alanına sevk edilmesini sağlar. İş İstasyonlarında bulunan dinamik raflardaki Kanban Ceplerinden Kanban Kartlarını toplayarak Süpermarket Vagon Hazırlama Operatörüne teslim eder ya da SM Kanban Cebine yerleştirir.

Mikrun döngülerinin ve çekici sayısının hesaplanması ile beraber HAT A ve HAT B için birer kişi gerekli olduğu sonucuna varılmıştır.

#### *Ara Malzeme Elleçleme Depo Operatörü*

Backlog Alanındaki malzeme hareketinden sorumlu operatördür. İş Emrine ya da SM Raf Hazırlama Operatöründen gelen bilgiye göre bir sonraki malzemenin SM Raf Hazırlık Alanına verilmesini sağlar. Kasa ile gelen ve Trolley çekiciye takılacak olan malzemelerin SM Malzeme Konveyörüne aktarımını sağlar. Üretimden geri gelen malzemelerin 48 saat içinde kullanılacak olanları ilgili rafa yerleştirir. 48 saat içinde kullanımı olmayan iade malzemeleri ise İade Rafına yerleştirerek süpermarketten çıkarılmasını sağlar. Boş kasaları Boş Kasa Alanına yerleştirir.

Kadro sayısı Bölüm 6.9.3'teki analitik model ile hesaplanmıştır. HAT A ve HAT B için ikişer kişi, toplamda 4 kişi atanmıştır.

#### *Süpermarket Raf Hazırlama Operatörü*

Süpermarket Hazırlık Alanında malzemelerin elleçlenmesi ve SM raflarına yerleştirilmesinden sorumlu kişidir. Ara Malzeme Elleçleme Depo Operatörü tarafından gönderilen malzemelerin elleçlenerek uygun kasalar ile Süpermarkette ilgili rafına yerleştirilmesini sağlar. İş Emri ya da üretim programına göre süpermarkette

boşalan alanları ilgili malzemeler ile doldurur. Kasa ile firmadan tedarik edilen, Taşıma Arabası ya da troleye aktarılarak iş istasyonlarına verilecek olan malzemelerin elleçlemesini yapar. İş Emri ya da üretim programına göre süpermarkette boşalan alanları ilgili malzemeler ile doldurur. SM Malzeme Konveyöründe gelen kasalı malzemenin troleye aktarımını sağlar.

Kadro sayısı Bölüm 6.9.3'teki analitik model ile hesaplanmıştır. HAT A ve HAT B için 1.5 kişi, toplamda 3 kişi atanmıştır.

#### *Depo Operatörü*

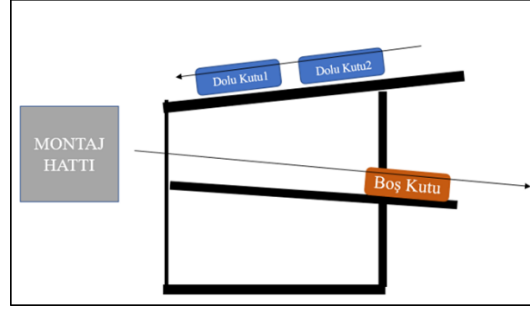
SM Backlog Alanı ile malzeme depo arasındaki malzeme hareketinden sorumlu operatördür. Malzemenin depodan Ara Malzeme Elleçleme alanına taşınmasını sağlar. Boş kasaların Boş Kasa Alanından alınarak Ara Malzeme Elleçleme Alanı dışına taşınmasını sağlar.

Kadro sayısı Bölüm 6.9.3'teki analitik model ile hesaplanmıştır. HAT A ve HAT B için 2 kişi, toplamda 4 kişi atanmıştır.

### **7.10 Hat Yanı ve Ara Malzeme Elleçleme Alanı & Süpermarket Tasarımları**

#### **7.10.1 Dinamik raflar**

Bölüm 7.9'da belirlenen hat yanı stoklarına göre, bant yanında 3 malzeme kutusu olacak şekilde raf tasarımı yapılmıştır. Aynı istasyonda 2 farklı malzeme kullanılıyorsa 2 katlı, ağır kasaların aktarıldığı istasyonlarda da “aktarma kolu” adı verilen kasanın bir kol yardımıyla boş kasa alanına indirildiği raflar tasarlanmıştır. Örneğin Şekil 7.36'da tek katlı bir dinamik raf tasarımı gösterilmektedir. Rafın üst kısmından montaj hattına malzeme gönderilirken, boşalan kutuyu operatör dinamik rafın alt katından gönderir. Boş kutular ilgili malzeme operatörü tarafından bu noktalardan alınır. Malzeme grubu bazında kullanılan raf bilgileri de her parça için plan dosyasına eklenmiştir.



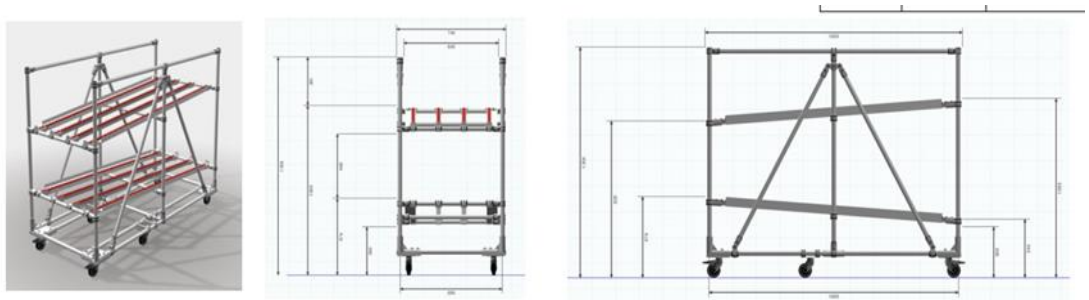
**Şekil 7.36 : Tek katlı dinamik raf tasarımı.**

İstasyon sayısı ve istasyonda kullanılan malzeme grupları hat dengeleme çalışması ile belirlenmişti. Hat yanı stok miktarlarına göre, her kutu tipinden kaç adet rafa ihtiyaç olduğu “plan for every part” dosyasında hesaplanmıştır. Bir hat için hat yanı ihtiyaç listesi Şekil 7.37’de gösterilmektedir.

| Hat   | İstasyon | Kullanılan Malzeme Adı | Dinamik Raf Bilgisi                       | Raf Ölçülerini "boy"x"yükseklik" | Raftaki Kat Sayısı | Kutu Bilgisi          |
|-------|----------|------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------|--------------------|-----------------------|
| Hat A |          |                        | İki Katlı Smallbox Rafı                   | 390*480*1915 mm                  | 2                  | SmallBox              |
| Hat A |          |                        | Açıklı Kutu Raf                           | 200*200*200 mm                   | 1                  | MiniBox               |
| Hat A |          |                        | Ortak Raf                                 | -                                | -                  | SmallBox              |
| Hat A |          |                        | Açıklı Kutu Raf                           | 200*200*200 mm                   | 1                  | MiniBox               |
| Hat A |          |                        | Tek Katlı Smallbox Rafı                   | 490*680*1223 mm                  | 1                  | SmallBox              |
| Hat A |          |                        | Açıklı Kutu Raf                           | 200*200*200 mm                   | 1                  | MiniBox               |
| Hat A |          |                        | Tek Katlı Aktarma Kolu Half Euro Box Rafı | 690*880*1223 mm                  | 1                  | Bigbox(Half Euro Box) |
| Hat A |          |                        | Açıklı Kutu Raf                           | 200*200*200 mm                   | 1                  | MiniBox               |
| Hat A |          |                        | İki Katlı Mediumbox Rafı                  | 690*880*1915 mm                  | 2                  | Mediumbox             |
| Hat A |          |                        | Tek Katlı Aktarma Kolu Half Euro Box Rafı | 690*880*1223 mm                  | 1                  | Bigbox(Half Euro Box) |
| Hat A |          |                        | Açıklı Kutu Raf                           | 200*200*200 mm                   | 1                  | MiniBox               |
| Hat A |          |                        | Açıklı Kutu Raf                           | 200*200*200 mm                   | 1                  | MiniBox               |
| Hat A |          |                        | İhtiyaç yok                               | -                                | -                  | İhtiyaç yok           |
| Hat A |          |                        | Açıklı Kutu Raf                           | 200*200*200 mm                   | 1                  | MiniBox               |
| Hat A |          |                        | İki Katlı Mediumbox Rafı                  | 690*880*1915 mm                  | 2                  | Mediumbox             |
| Hat A |          |                        | Ortak Raf                                 | -                                | -                  | Mediumbox             |
| Hat A |          |                        | Tek Katlı Mediumbox Rafı                  | 490*680*1223 mm                  | 1                  | Mediumbox             |
| Hat A |          |                        | Tek Katlı Mediumbox Rafı                  | 490*680*1223 mm                  | 1                  | Mediumbox             |
| Hat A |          |                        | Açıklı Kutu Raf                           | 200*200*200 mm                   | 1                  | MiniBox               |
| Hat A |          |                        | Tek Katlı Aktarma Kolu Half Euro Box Rafı | 690*880*1223 mm                  | 1                  | Bigbox(Half Euro Box) |
| Hat A |          |                        | 2 Katlı Aktarma Kolu Half Euro Box Rafı   | 690*880*1915 mm                  | 1                  | Bigbox(Half Euro Box) |
| Hat A |          |                        | Tek Katlı Aktarma Kolu Half Euro Box Rafı | 690*880*1223 mm                  | 1                  | Bigbox(Half Euro Box) |
| Hat A |          |                        | Açıklı Kutu Raf                           | 200*200*200 mm                   | 1                  | MiniBox               |
| Hat A |          |                        | Açıklı Kutu Raf                           | 200*200*200 mm                   | 1                  | MiniBox               |
| Hat A |          |                        | Açıklı Kutu Raf                           | 200*200*200 mm                   | 1                  | MiniBox               |
| Hat A |          |                        | İhtiyaç yok                               | -                                | -                  | İhtiyaç yok           |
| Hat A |          |                        | Açıklı Kutu Raf                           | 200*200*200 mm                   | 1                  | MiniBox               |
| Hat A |          |                        | İki Katlı Smallbox Rafı                   | 390*480*1915 mm                  | 2                  | SmallBox              |
| Hat A |          |                        | Tek Katlı Aktarma Kolu Half Euro Box Rafı | 690*880*1223 mm                  | 1                  | Bigbox(Half Euro Box) |
| Hat A |          |                        | Tek Katlı Aktarma Kolu Half Euro Box Rafı | 690*880*1223 mm                  | 1                  | Bigbox(Half Euro Box) |
| Hat A |          |                        | Tek Katlı Aktarma Kolu Half Euro Box Rafı | 690*880*1223 mm                  | 1                  | Bigbox(Half Euro Box) |
| Hat A |          |                        | Tek Katlı Aktarma Kolu Half Euro Box Rafı | 690*880*1223 mm                  | 1                  | Bigbox(Half Euro Box) |
| Hat A |          |                        | 2 Katlı Aktarma Kolu Half Euro Box Rafı   | 690*880*1915 mm                  | 1                  | Bigbox(Half Euro Box) |

**Şekil 7.37 : Hat yanı dinamik raf ihtiyaç listesi.**

İşletmede hat yanında en çok Şekil 7.38’de görülen tek katlı “big box” için tasarlanan dinamik raflar kullanılmıştır. Daha sonraki süreçte tasarımdan tekerlekler çıkarılmış, dinamik raflar hat yanına sabitlenmiştir.



**Şekil 7.38 : Dinamik raf tasarımları.**



Şekil 7.39 : Hat yanı dinamik raf örneği.

Süpermarket dinamik rafları tekerleksiz olarak planlanmıştır. Zemin alanı daha verimli kullanmak için raflar iki katlı olarak düzenlenir.

Şekil 7.40'da süpermarket malzeme yerleşimine ait kroki gösterilmektedir. İki katı malzeme gönderim, üçüncü kat ise boş kasaların geri dönüşü için tasarlanmıştır. Buradaki malzemelerin belirlenen kutu tiplerine göre süpermarket ölçüsü ve tasarımı şekillendirilmiştir. HAT A ve HAT B için aynı malzeme gruplarından oluşan yan yana iki raf sistemi kurulmuştur (Şekil 7.41).



Şekil 7.40 : Süpermarket tasarım ve yerleşim kroki.



Şekil 7.41 : HAT A ve HAT B için süpermarket rafları.

Bunlara ek olarak K550 kasa ile gönderilen malzemeler için ara malzeme elleçleme alanından doğrudan K550 süpermarketine gönderilmek üzere otomasyonlu kayar raf

sistemi kurulmuştur. Şekil 7.42'deki sistem ile HAT A ve HAT B için ayrı ayrı taşıma konveyörleri, bir tane de boş K550 kasa iade konveyörü yapılmıştır. Ara malzeme elleçleme alanında ilgili hattın konveyörüne yüklenene K550 kasalı malzemeler, özel tasarlanan trolйлere aktarılarak K550 süpermarket alanına alınır. Aynı şekilde hattan gelen boş K550 kasaları da bu sistemdeki konveyör üzerinden ara malzeme elleçleme alanına gönderilir.



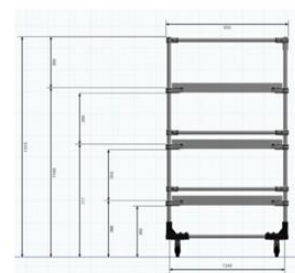
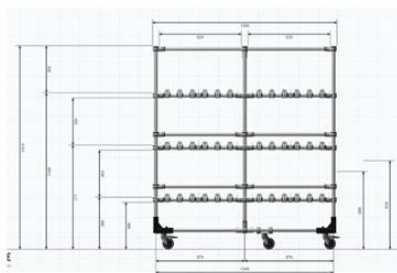
**Şekil 7.42 :** K550 Kasalı malzemelerin aktarım sistemi.



**Şekil 7.43 :** K550 Kasa süpermarketi.

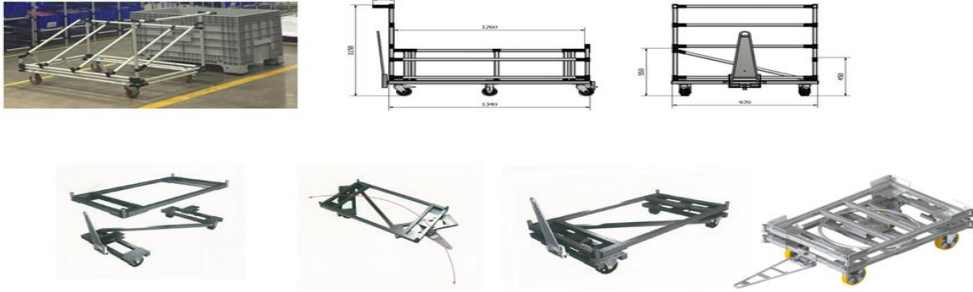
### 7.10.2 Özel taşıma araçları

Dinamik raf vagonlarının tasarımı ise çekiciye bağlantısı olan, tekerlekli ve iz takip edebilen özellikte, taşınabilecek tüm kutu tiplerini alabilecek gözleri olan ve taşıma kapasitesi uygun yapıda araçlar tasarlanmıştır.



**Şekil 7.44 :** Dinamik raf vagonu tasarımı.

Havalaleli ve tedarikçiden K550 kasa ile gönderilen malzemelerin çekici arkasına takılması ve banda gönderilmesi için özel trolleyler tasarlanmıştır. Şekil 7.44 ve 7.45 'de görüldüğü gibi kullanılan istasyondaki ergonomik koşullara göre çekicinin arkasında takılabilecek özellikte tasarımlar yapılmıştır.



**Şekil 7.45 : Özel tasarım trolleyler.**

Havaleli, kasa içi adeti düşük ya da özel taşıma koşulu içeren malzemeler için çekiciye takılabilecek özel taşıma araçları tasarlanmıştır. Bu araçlar ile doğrudan tedarikçiden malzeme tedarik edilip banda gönderim yapılabilir. Strafor araçları bu doğrultuda tasarlanmıştır. Şekil 7.46'daki gibi JIT kapsamında saatlik gelen malzeme araçları direkt Strafor kapısından işletmeye alınır ve süpermarket alanında çekicinin arkasına vagon olarak takılarak ilgili istasyona gönderilir.



**Şekil 7.46 : Strafor taşıma aracı.**

İşletmeye olan mesafesi, nakliye koşulları nedeniyle taşıma arabası ile gelmeyen fakat malzeme besleme sıklığını azaltmak için banda süpermarket alanında aktarım yapılarak gönderilen havaleli malzemeler için tasarlanmış taşıma araçları da mevcuttur. Şekil 7.47'de gösterildiği gibi ön kapak ve terminal malzemeleri tedarikçiden K550 kasa ile temin edilirken süpermarket alanında özel taşıma araçlarına akatarılır ve hatta gönderilmektedir.

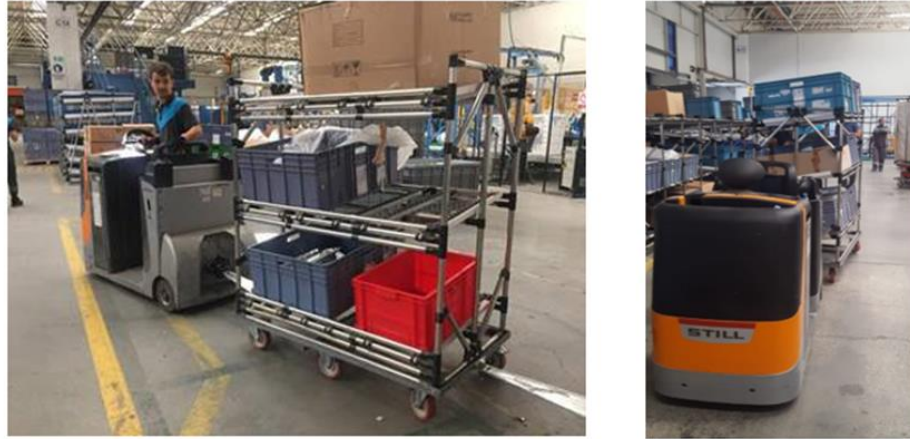


**Şekil 7.47 :** Kapak ve terminal malzemesi taşıma araçları.

Son olarak hat yanından uzaklaştırılarak süpermarket alanına yakın bir konuma getirilen pano gruplama operasyonundan çıkan gruplu panolar da özel taşıma aracı ile çekici arkasına takılarak montaj bantlarına gönderilmeye başlanmıştır.

#### 7.10.3 İç lojistik treni (Milkrun)

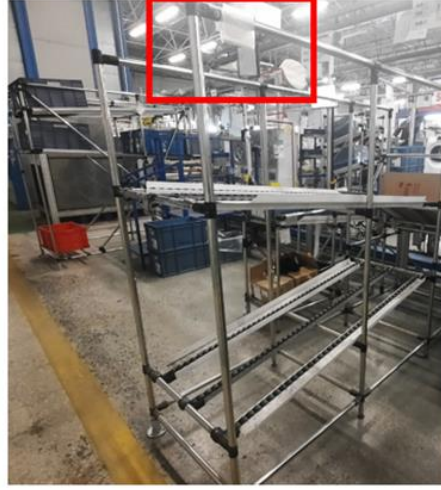
Bir çekici ve arkasında raf vagonlarının, özel taşıma araçlarının ve trolleylerin olduğu Şekil 7.48'deki malzeme besleme treni oluşturulmuştur.



**Şekil 7.48 :** İç lojistik treni/ milkrun.

#### 7.10.4 Kanban toplama cepleri

Önce kartlı kanban sisteminin kurulmasıyla beraber basılan kanbanların sistem içinde döndürülmesi için istasyon ve süpermarket raflarına kanban cepleri konmuştur. Şekil 7.49'da kanban cebi olan dinamik raf görseli paylaşılmaktadır.



**Şekil 7.49 :** Dinamik raflardaki kanban cepleri.

#### **7.10.5 Ara malzeme elleçleme depo rafları**

Merkezi depolardan ve yan sanayilerden gelen JIT kapsamı dışındaki malzemelerin minimum 6 saat ara stokta tutulması için süpermarket ile araç indirme alanları arasında kurulmuş ağır yük raflarıdır. Bölüm 7.8’de detaylı anlatılmıştır.

#### **7.11 Kartlı Kanban Sistemi**

İşletmede proje öncelikle çalışanların sisteme adapte olması, denemelerle beraber kurulacak e-kanban sisteminin iş akışı ve algoritmalarının çıkarılması için kartlı kanban sistemi devreye alınmıştır. Gelecek durum değer haritasında belirlenen ve ilk faza alınan işletmenin üst katı için ara malzeme elleçleme depo süpermarketler ve montaj iş istasyonları arasında prosesler arası kartlı kanban sistemi ve süpermarket çekme sistemi kurgulanmıştır.

##### **7.11.1 Kart sayısı hesaplama**

Her parça içim plan dosyasında projeye dahil edilen tüm parçalar için kanban sayısı Bölüm 6.11.1’deki formül 6.21’e göre hesaplanmıştır. Örnek olarak filtre kaset grubu için kanban sayısını hesaplayalım:

İşletme içinde iç lojistik tren döngüsünü HAT A ve HAT B için ayrı rotalarda 10 dakika olarak hesaplamıştık. Yani her 10 dakikada bir tüketimi yapılan farklı kasalar için malzeme dağıtımı/kart toplaması yapılacaktır.

Kanban cebine bırakılmış olan bir kanbanın cepte ortalama bekleme süresinin çevrim süresinin yarısı olduğu ve bir tam çevrim süresi de dağıtım için öngörülmüştür. Bu

yüzden emniyet stoğu olarak yarım çevrim süresi daha eklenmiştir (0,17+0,085+0,085=0,34 saat).

Buradaki hesaplamada amaç, kart toplama/malzeme dağıtımdan hemen sonra kanban cebine konan bir kart olduğu durumda, malzemenin istasyona yetiştirilmesini garantina almak olmuştur.

Toyota Kanban Formülü olarak verilen formül 6.17 ile, talebin 1.350 adet/vardiya, vardiyanın 7.17 saat ve kutu içi adet 38 adet olduğu filtre kaseti grubu için kanban sayısı 3 olarak bulunmuştur. Güvenlik katsayısı % 30 alınmıştır.

$$k = (D(p + w) \times \frac{(1 + \sigma)}{q}) = (1.350/7.17 \times (0,34 \times 1,3))/38 = 2,19 = \sim 3 \quad (6.17)$$

Proje kapsamında hat yanı stoklarına göre kanban sayısı 1 çıkan malzeme gruplarında kanban sayısı 2 olarak düzenlenmiştir. Montaj operatörü kutudan 1 malzeme kullanmaya başladığında kanban kartını ilgili cebe koymamakta, kutu boşaldığında boş kutu ile beraber talep kanbanı açığa çıkmaktadır. Bu sebeple oluşturulan bu prensibe göre hat yanı stokları 2 kutu olarak hesaplanmış ve kanban sayısı 2 alınmıştır.

#### 7.11.2 Kanban kuralları

Sistemin düzgün şekilde yürütülmesi için aşağıdaki kurallara uyulması kararlaştırılmıştır:

- Bir istasyon, süpermarket ve depo alanlarından sadece kanban ile malzeme çekebilir.
- Kanban kartı olmaksızın herhangi bir malzeme hareketi yapılamaz.
- Herhangi bir sorunlu parça, kanban ile istasyona gönderilemez.
- Kullanılan kanbanların sayısı malzeme grubu bazında sürekli olarak azaltılmalıdır. Bu azaltma işlemi, operasyonun verimsiz olacağı noktada kesilir.
- Büyük talep değişikliği veya proses değişikliklerinde kanban kart sayısı yeniden hesaplanmalıdır.
- Kartlar malzeme kasası/kutusu içine atılamaz.

#### 7.11.3 Kanban tasarımı ve basımı

Ara Malzeme Elleçleme Alanı-Süpermarket ve Montaj İstasyonları arasında malzeme döngüsünün sağlıklı şekilde takip edilmesi için, operatörler için olabildiğince sade

Şekil 7.50'deki gibi her parça için plan dosyasından çekilen malzeme grubu adı, üretim hattı, istasyon numarası ve kart sıra numarası ile dış boyutları 120x50 mm olacak şekilde kanban tasarımı yapılmıştır, excelde şablon oluşturulmuştur. Şekilde üretim hattı UH2 olarak HAT B'yi temsil etmektedir. Malzeme Grubu adı Pompa Soket Kapağıdır ve bu malzeme grubu altındaki farklı stok kodlarına sahip tüm pompa soket kapakları bu kart ile takip edilir. İstasyon numarası U430'dur, operasyon burada yapılır. Kart sıra numarası ise toplamda 4 kanban basıldığını ve bu kartın ilk kanban olduğunu göstermektedir.

|                           |             |
|---------------------------|-------------|
| <b>KANBAN</b>             |             |
| Malzeme Grubu             |             |
| <b>POMPA SOKET KAPAGI</b> |             |
| Üretim Hattı :            | <b>UH2</b>  |
| İstasyon Numarası :       | <b>U430</b> |
| Kart Sıra No :            | <b>1/4</b>  |

Şekil 7.50 : Kanban tasarımı.

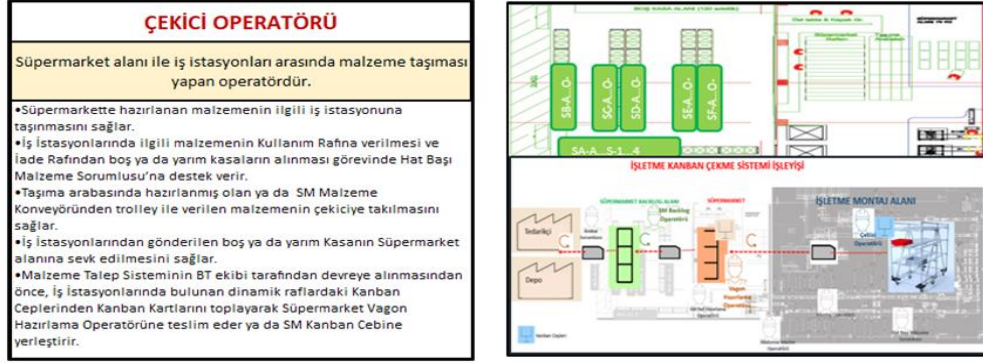
Kanbanlar düz A4 kağıda basıldıktan sonra kesilmiş, laminasyon makinesinden geçirilerek kaplanmış ve ilgili kasalara dahil edilmiştir.

#### 7.11.4 Kartlı kanban sistemini devreye alma

Tüm hesaplamalara yapıldıktan ve kurgu netleştirildikten sonra malzemelerin kararlaştırılan standart ölçülerinde tedarik edilmeye başlanmasına geçildi, dengeleme ve malzeme hareketi için kısıt oluşturan malzemelerin ortaklaştırılması/iyileştirilmesi çalışmaları da tamamlandı.İşletmeye olan mesafe ve diğer nakliye kısıtı nedeniyle standart olarak belirlenen ambalaja geçiş yapamayan tedarikçiler kalmış olsa da projenin devreye alımını geciktirmemek için bu malzemelerin ilk etapta süpermarket alanına ilave elleçleme yapılarak hatta gönderilmesine karar verildi.

Süpermarket alanları ve dış araç indirme alanları ile ilgili layout düzenlemeleri tamamlandı. Hesaplanan sayıda dinamik raf, özel trolley ve taşıma araçları temin edildi ve sahada yerleşimleri yapıldı.

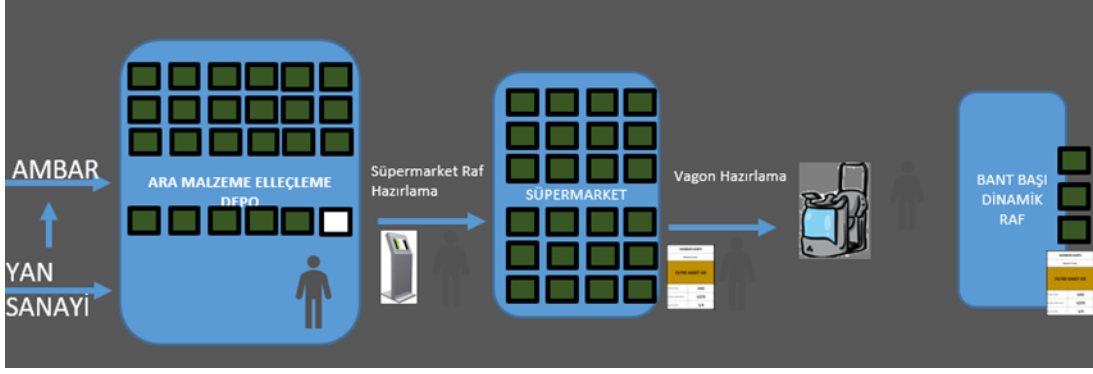
Sistem ile ilgili talimatlar hazırlandı ve iç lojistik ekibine görev ve sorumlulukları ile ilgili eğitimler düzenlendi. Talimat haline getirilen görev tanımları 75x50 mm ölçüsünde görev şablonları halinde basıldı. Görev kartları da Şekil 7.51’de örnek verildiği gibi çıkarılarak malzeme operatörlerine dağıtıldı. Görev kartlarının arka yüzünde ise çalışma alanları belirtildi.



Şekil 7.51 : Çekici operatörü görev kartı.

Hat yanındaki dinamik raflar ve süpermarket ile ara malzeme elleçleme depo alanları, yeni devreye giriş nedeniyle tamamen boş olduğundan, ilk malzeme taşıma seferine mahsus olmak üzere, tüm malzemeler, kutuları ve kanbanları ile birlikte hatlara taşındılar, depo alanları adreslerine uygun şekilde dolduruldu ve kanbanlar kutu ve raf ceplerine kondu.

Sonrasında, çekme sistemine göre kurgulanan yeni iç lojistik işleyişi, malzeme operatörlerinin görev paylaşımına uygun şekilde ve rota güzergahlarına uyarak, kanban toplama, boş kutu toplama ve malzeme besleme çevrimleri ile başlatılmış oldu. Şekil 7.52’de gösterildiği gibi çekme sistemi ilk olarak çekici operatörünün hattaki dinamik rafın iade bölümünde boş malzeme kasasını ve kanbanını almasıyla tetiklendi. Kanban ile beraber talep süpermarkete ulaştırıldı ve süpermarketten bir sonraki üretim için gerekli malzeme kanbanı ile beraber çekici vagonuna yerleştirilerek hatta gönderildi. Bu sırada süpermarkette boşalan malzeme grubu stok alanı için ara malzeme elleçleme alanına talep gönderilmiş oldu, oradaki paletten sıradaki üretim için gerekli stok koduna sahip malzeme grubu kutusu süpermarkete gönderildi ve döngü bu şekilde başlatılmış oldu.



Şekil 7.52 : Kartlı kanban sistemi işleyişi.

## 7.12 E- Kanban Sistemi

İşletmede kartlı kanban sisteminin devreye alınmasıyla beraber sistemin kurgusu test edilmiş, eksikler giderilmiş ve tüm çalışanlar çekme sistemine ve yeni iç lojistik sistemine adapte olmuşlardır. Kartlı sistemin oturmasının ardından devreye almak elektronik kanbana yönelik çalışmalar hızlandırılmıştır.

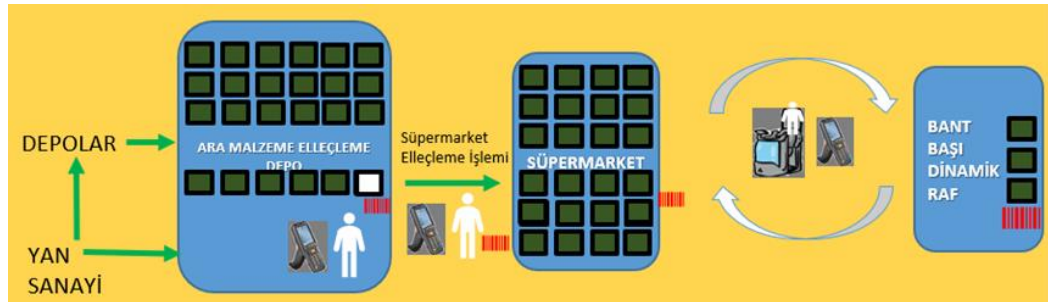
### 7.12.1 E-Kanban süreç haritasının çıkarılması

Çalışma kapsamında BT ekibi ile oluşturulan e-kanban yazılımı, işletmede üretim planlama ekibinin kullandığı SAP ile entegre çalışan servislerden, web arayüzlerinden ve el terminalleri uygulamalarından oluşan malzeme akış yönetimini dijital hale getiren bir çatıdır. Planlanan “E-KANBAN”, ABC işletmesinde kurulan yazılımın web tabanlı kullanıcı arayüzüdür. Servis uygulamaları plan ve malzeme ihtiyaçlarını hesaplayarak günceller. Web arayüzü, parametreleri, el terminali uygulamaları ve talep ekranlarını içerir. Sistem hat kenarındaki iş istasyonlarına ait dinamik raflara bırakılan boş kutudaki barkodun okutulması ile tetiklenir ve sırasıyla süpermarket, ara malzeme elleçleme alanı ve depolardaki malzemeleri çekerek bir sonraki talebi karşılamaya devam eder. Kanbanlara ilave olarak kritik malzemelerin çıktılar ile iç lojistik ekibi tarafından manuel olarak takip etmesi ortadan kaldırılır ve kontrol mekanizması sağlar.

SAP’de bulunan üretim programı ve ürün malzeme listesi çıktısı ile üretilecek malzemenin takibi ve talebi yapılmaktan elektronik kanban ile beraber, BT ve proje ekibi işbirliği ile E-KANBAN adlı yazılım geliştirildi. SAP üzerinden otomatik alınan üretim planı ile hatların malzeme ihtiyacı belirlenip otomatik talep sistemi oluşturuldu.

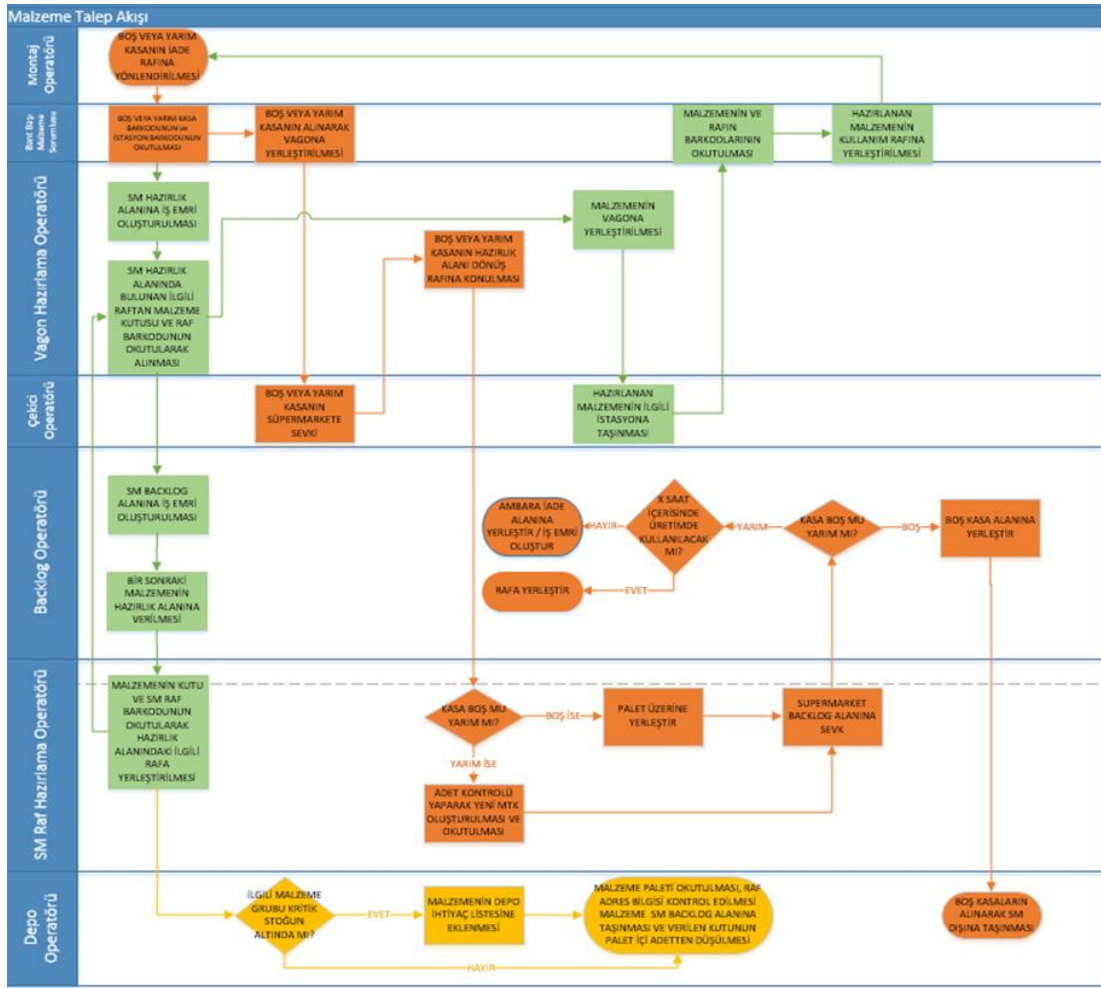
Proje ekibi ile yapılan toplantılarla elektronik kanban sisteminin Şekil 7.53’de şematize edildiği gibi aşağıdaki temel adımlarla çalışması planlandı:

- Sistem, montaj iş istasyonlarındaki dinamik raflarda bulunan boş kutu ve istasyon raf barkodlarının okutulması ile başlatılır.
- Boş kutu ve istasyon barkodunun okutulması ile, ilgili malzeme grubunun bulunduğu süpermarkete malzeme talebi düşer, süpermarketten verilecek kutunun barkodu ve süpermarket raf barkodu okutularak iç lojistik treni/çekicisi ile süpermarketten alınan malzeme talep eden iş istasyonuna verilir.
- Süpermartte boşalan alanı doldurmak için ara malzeme elleçleme alanına SAP'den alınan üretim planına göre talep çıkar.
- Ara malzeme elleçleme alanındaki malzeme operatörü tarafından malzeme kutusu raftan alınarak palet barkodu okutulur ve süpermarkete verilir.
- Ara elleçleme alanından paletle alınan malzeme kutuları süpermarket raf hazırlama operatörü tarafından montaj hattında kullanıma hazır hale getirilip, süpermarket raf barkodu ve kutu barkodu okutularak rafa yerleştirilir. Kalan kutular aynı palet ile ara malzeme elleçleme alanındaki rafa koyması için geri gönderilir.
- Ara malzeme elleçleme deposundan süpermarkete malzeme aktarıldığında, depo stok alanlarına malzeme elleçleme raflarını doldurmak için SAP'den çekilen üretim planına göre talep çıkar.



**Şekil 7.53 : E-kanban sistemi işleyişi.**

İşletme içindeki yapısal akış planına göre iş istasyonu-depolar arası iç lojistik hareketi kurgulanan iş lojistik ekibindeki iş dağılımına göre Şekil 7.52'deki gibi iş akışına yansıtıldı. Merkez Depo- Ara Malzeme Elleçleme Depo, Ara Malzememe Elleçleme Depo-Süpermarket ve Süpermarket-Montaj İstasyonları arasındaki detaylandırılan iş akışları da Şekil 7.54 'deki gibidir.

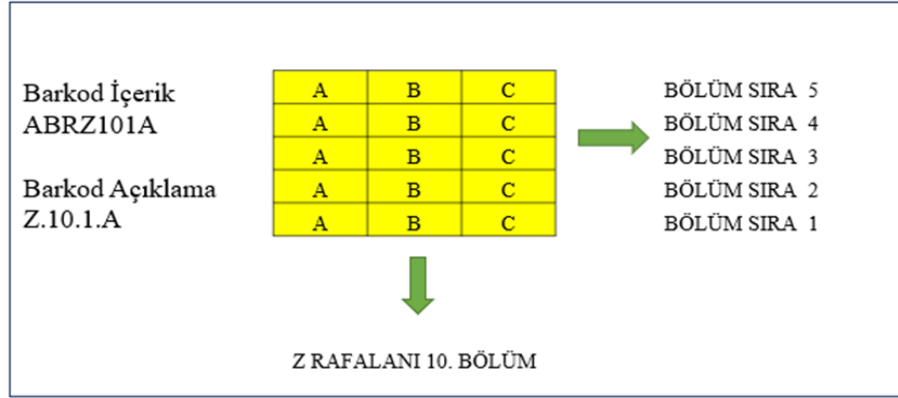


Şekil 7.54 : E-kanban iş akışı.

### 7.12.2 Barkod tasarımı

İşletmedeki ara malzeme elleçleme depo adreslemesine yönelik sistematik şekil 7.55’de paylaşılmıştır. Burada ABR ambar kodu olduğunu gösterir, yarı mamül alanlarında barkodda YAMBR kullanılır. Z, depodaki malzeme raf alanını gösterir (A, B, C, ..., Z).10 bu Z alanındaki raf kolonun numarasını gösterir (1, 2, 3, ..., 10, ...). 1 ise 10. Bölümdeki yatay sıra numarasıdır. A harfi ise yatay sıradaki hücreyi göstermektedir. Oluşturulan adresleme karekod olarak çıkarılıp rafların ilgili noktalarına yapıştırılmıştır.

Şekil 7.56’da ise malzeme kutu ve kasalarına yapıştırılan barkod gösterilmektedir.9 haneli olan bu barkodda ilk iki rakam kutu tipi, kalan 7 rakam ise malzemeye ait seri numarasıdır.

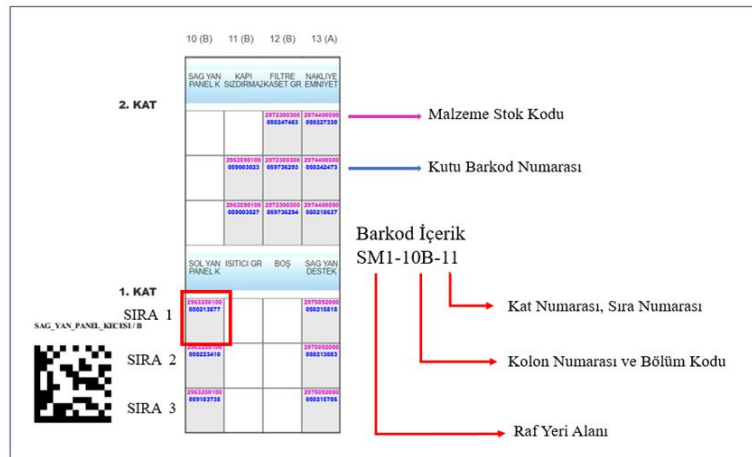


Şekil 7.55 : Depo raf adreslemesi.



Şekil 7.56 : Kutu barkodu örneği.

Süpermarket alanındaki dinamik raf ve bölgelerdeki malzemelerin takibi ve adreslenmesi için karekod Şekil 7.57’de gösterilmiştir. Süpermarket raf alanı üzerindeki raf sayısına göre bölüm-kolon-kat ve sırayı belirten barkod tasarımı yapılmıştır.



Şekil 7.57 : Süpermarket raf barkodu.

### 7.12.3 Donanım ihtiyaçların çıkarılması

Ara malzeme elleçleme depo ile iş istasyonları arasında planlanan çekme sistemi yapısını kurulumak için aşağıdaki 3 donanım ihtiyacı belirlendi:

- İlgili alana gelen talebi ve malzeme takibini iç lojistik operatörlerine yansıtması için televizyon
- Televizyonların yazılım ara yüzünü yansıtması için gerekli süpermarket bilgisayarı
- Malzeme kutu ve raf /istasyon barkodlarının okutulması için el terminali.

Donanımların kullanım alanlarının genişliği, kullanıcı sayısı, stok alanları sayısına göre ihtiyaçları Çizelge 7.3'deki gibi çıkarıldı.

**Çizelge 7.1 : E-KANBAN devreye alımı için gerekli donanım ihtiyacı.**

| <b>Bölüm</b>          | <b>SM Bilgisayarı</b> | <b>TV</b> | <b>El Terminali</b> |
|-----------------------|-----------------------|-----------|---------------------|
| Ana SM                | 2                     | 2         | 4                   |
| K550 SM               | 1                     | 1         | 1                   |
| Pano SM               | 1                     | 1         | 1                   |
| Ara Malzeçe Elleçleme | 2                     | 2         | 2                   |
| Depo Alanı            |                       |           |                     |
| Çekici-1              | -                     | -         | 1                   |
| Çekici-2              | -                     | -         | 1                   |
| <b>Toplam İhtiyaç</b> | <b>6</b>              | <b>6</b>  | <b>10</b>           |

#### 7.12.4 Yazılım süreci

Projede yazılım algoritmaları proje ekibi tarafından oluşturulmuş, yazılım ise işletme BT ekibi iç kaynağı ile C# kullanılarak tamamlanmıştır.

Şekil 7.58'de görüldüğü gibi E-KANBAN yazılımına girdi oluşturması için farklı bölümlerden gelen aşağıdaki veriler sisteme entegre edilmesi kararlaştırıldı. İlk olarak Üretim planlama ekibinin SAP üzerinde hazırladığı üretim planı üretim numarası, adetler ve üretim önceliklerine göre programdan çekildi. Üretim planındaki ürüne ait malzemelerin listelenmesi için Ar-ge ekibini oluşturduğu ürün reçeteleri sisteme alındı. Son temel girdilerden olarak da üretim mühendisliği ekibinin hazırlamış olduğu ürün modeli bazında varyant ve dengeleme sonucuna göre istasyon eşleşmesi bilgisi sisteme aktarıldı.



Sırada üretim planlanmışsa ürün, miktar ve tarih bilgisi kaydedilir. Ardından SAP BOM üzerinden üretimi planlanan ürünün malzeme listesi çekilir ve kontrol edilir. Hatta gönderilecek malzemelerin sistemde kutu bilgisi ve iç adet tanımı olup olmadığı kontrol edilir ve tanımlı değilse sistem hata uyarısı verir. (Burada sistemin işlerken kontrol etmesi gereken kutu tipi, malzeme grubu, kutu içi adetler, firma bilgisi, hat yanı ve süpermarket stok bilgisi gibi her parça için plan dosyasında yer alan bilgiler sisteme kaydedilir). Tanımlı kutu bilgisine göre planlanan ürün için ihtiyaç duyulan kutu adeti çıkarılır. Ardından üretime girecek ürün için ürün-malzeme varyantı tanımı olup olmadığına bakılır, varyant tanımı henüz yapılmamışsa hata uyarısı verilir. Ürünün hangi varyant grubuna ait olduğu tanımlı ise üretim planı-malzeme bilgisi-istasyon ve kutu eşleşmesi yapılarak sisteme kaydedilir.

Oluşturulan E-KANBAN programı SAP üretim planı ile entegre hale getirildi. Üretilen ürünlere ait malzeme grupları bilgisi ve hat dengelemeye göre ürün varyant bilgileri sisteme aktarıldı. AS/RS ve işletme Depo Takip programının da entegrasyonu yapıldı ve böylelikle malzeme grubu bazında parçaların iç lojistik hareketleri takip edilebilir olgunluğa geldi. Buna göre iş emirleri yaratıldı. Talep takibinin özelleştirilmesine yönelik kullanıcılar için malzeme grubu, süpermarket ve işlem türü bazında özelleştirilmiş ara yüzler tasarlandı. Şekil 7.60’da görüldüğü gibi bir ürün modeli altındaki malzeme gruplarının kutu bilgileri bazında süpermarketten, depodan, istasyondan geçişleri izlenebilmektedir. Şekil 7.61’de ise üretim planına göre hangi model için hangi malzemelerin gerekli olduğu ve hatta besleme durumlarının takip edildiği ekran gösterilmiştir.

Hareket Raporu

Malzeme

Palet

Hareket Türü

Baş. Tarih

-- Seçiniz --

19.01.2021 00:00

Mal Grubu

Model

Hat

Bit. Tarih

19.01.2021 23:59

Q Bul

Kutu

Sipariş

Hareket Raporu

Excel

| Tarih               | Hareket                  | Mal Grubu | Malzeme    | Sicil          | Kutu      | Palet     | Miktar | Model | Sipariş   | Hat | İşlem Süresi |
|---------------------|--------------------------|-----------|------------|----------------|-----------|-----------|--------|-------|-----------|-----|--------------|
| 19.01.2021 18:53:53 | Markete Giriş            | K         | 296595400  | KanbanTerminat | 050245167 | 050328138 | 199    |       |           | A   | 06:15s       |
| 19.01.2021 18:52:57 | Markete Giriş            | L         | 296595400  | KanbanTerminat | 050101148 |           | 32     |       | 445504230 | B   | 24:37s       |
| 19.01.2021 18:51:10 | Markete Giriş            | A         | 297389000  | KanbanTerminat | 050109941 |           | 44     |       | 445504230 | B   | 24:37s       |
| 19.01.2021 18:50:42 | Forklift Malzeme Getirme | F         | 297389000  | KanbanTerminat | 050528556 | 050310507 | 40     |       | 452719423 | A   | 06:59s       |
| 19.01.2021 18:50:42 | Forklift Malzeme Getirme | F         | 297389000  | KanbanTerminat | 050527913 | 050310507 | 40     |       | 452719423 | A   | 06:59s       |
| 19.01.2021 18:50:42 | Forklift Malzeme Getirme | F         | 297389000  | KanbanTerminat | 050282703 | 050310507 | 40     |       | 452719423 | A   | 06:59s       |
| 19.01.2021 18:50:42 | Forklift Malzeme Getirme | F         | 297389000  | KanbanTerminat | 050241356 | 050310507 | 4      |       | 452719423 | A   | 06:59s       |
| 19.01.2021 18:50:42 | Forklift Malzeme Getirme | F         | 297389000  | KanbanTerminat | 050241189 | 050310507 | 40     |       | 452719423 | A   | 06:59s       |
| 19.01.2021 18:50:42 | Forklift Malzeme Getirme | F         | 297389000  | KanbanTerminat | 050212122 | 050310507 | 40     |       | 452719423 | A   | 06:59s       |
| 19.01.2021 18:50:29 | Forklift Malzeme Getirme | L         | 298800100  | KanbanTerminat | 050148006 | 050148006 | 38     |       | 452719423 | A   | 06:37s       |
| 19.01.2021 18:50:27 | Markete Giriş            | A         | 2978860300 | KanbanTerminat | 050168782 |           | 44     |       | 445504230 | B   | 14:36s       |

Şekil 7.60 : E-KANBAN malzeme hareket takip ekranı.

Şekil 7.61 : E-KANBAN üretim-malzeme takip ekranı.

Şekil 7.62’de ise ara malzeme elleçleme depo içinde bulunan paletlerin bilgisi gösterilmektedir.

Şekil 7.62 : E-KANBAN ara malzeme elleçleme (backlog) depo takip ekranı.

Yazılımla birlikte ara malzeme elleçleme alanı ve süpermarkten elektronik çekme sistemi ile talep edilen malzemelerin karşılanma durumu da anlık olarak takip edilebilir hale geldi. Şekil 7.63’de ara malzeme elleçleme alanından süpermarteke verilmesi gereken malzemelerin anlık ekrana yansıyan durumuna ait örnek paylaşılmıştır.

| Açık Talepler |         |            |     |            |       | Verilenler |         |            |     |         |       |
|---------------|---------|------------|-----|------------|-------|------------|---------|------------|-----|---------|-------|
| Palet         | Konum   | Stok       | Hat | Durum      | Tip   | Palet      | Konum   | Stok       | Hat | Durum   | Tip   |
| 050600868     | R.1.3.C | 2963141300 | B   | Bekleniyor | Talep | 050147699  | R.1.3.B | 2973901800 | B   | Verildi | Talep |
| 050168936     | R.1.2.A | 2966130300 | B   | Bekleniyor | Talep |            |         |            |     |         |       |
| 050137362     | R.1.3.A | 2990200400 | B   | Bekleniyor | Talep |            |         |            |     |         |       |
| 050136284     | R.1.3.A | 2990200400 | B   | Bekleniyor | Talep |            |         |            |     |         |       |
| 050110240     | R.1.3.B | 2973901800 | B   | Alındı     | Talep |            |         |            |     |         |       |

Şekil 7.63 : E-KANBAN malzeme talebi takip ekranı.

### 7.12.5 Testler ve devreye alma

Donanım malzemelerinin teminiyle beraber TV ve PC bağlantıları ilgili noktalara yapıldı (Şekil 7.64). Tasarlanan malzeme grubu ve hat bazında barkodlar E-KANBAN web arayüzü üzerinden çıkarılarak raf/istasyon ve kutulara yapıştırıldı.



**Şekil 7.64 :** Devreye alınan E-KANBAN donanımları.

Kartlı kanban uygulaması devam ederken, belirli aşamalarda yapılan yazılım saha üzerinde test edildi ve alınması gereken aksiyonlar proje ekibi ile birlikte çıkarılarak düzeltmeler bir sonraki aşamaya kadar tamamlandı.

Sistemin genel işleyişi, arayüz üzerinden barkod ve kritik malzeme listesi gibi çıktıların nasıl alınacağı, el terminallerinin nasıl kullanılacağı ile ilgili iş talimatları hazırlandı ve eğitimler düzenlendi. Ardından el terminallerine yazılımlar da yapılarak iç lojistik ekibine teslim edildi.

Yazılımın tamamlanmasının ardından sistem devreye alındı, elektronik kanban ile beraber çekme sistemi ve bilgi akışı elektronik olarak yapıldığı için kartlar sahadan toplandı.

JIT ile saatlik malzeme temini çalışmasıyla beraber kurulan JIT yazılımı da sisteme entegre edildiğinden sistemde üretim planı kontrolü ardından belirlenen kritik tedarikçiler için otomatik malzeme siparişi yaratılmaya başlandı.

### 7.13 Projeyi Destekleyen Çalışmalar

Üretim sistemlerinde çekme tipi esaslı yeni bir iç lojistik sistemi kurgularken, sistemin daha sağlıklı şekilde işlemesi ve yalın bir akış yaratmaya yönelik projeye destek veren üç çalışmanın uygulamasından bahsedilecektir:

### 7.13.1 Üretim planının sabitlenmesi

ABC Kurutma Makinesi İşletmesi'nde plan değişikliklerinin azaltılması ve kanban sisteminin sağlıklı şekilde devreye alınması için önceki dönemlere ait değişiklikler incelendi. Önceki bir yıl boyunca üretim kısıtı kaynaklı yapılan plan değişikliklerinin %57'sinin 48 saat içinde olduğu tespit edilerek, 48 saat üretim planının dondurularak bu zaman diliminde yapılacak değişiklik sayısının min %10 azaltılması hedeflendi. Aşağıdaki kural seti oluşturuldu ve proje devreye alındı:

- 48 saat içerisinde plan değişikliği yapılmayacak, belirlenen sürelerde duruş yapılarak, sıradan gelen üründen devam edilecektir. (Duruş süresi en az 0,5 saat, en fazla 3 saat olacaktır).
- 50 adet ve altı değişiklikler yapılabilecektir. (1 ürün modeli sadece 1 kez ötelenebilir)
- İşletme içi boya kabini renk çakışmaları olması durumunda değişiklik yapılabilecektir.
- Sıradaki ürünün malzemeleri işletmede olsa dahi değişiklik yapılmayacak, belirlenen süre kadar duruş yapılacaktır.
- Kısıt, işletme içi dahi olsa kurallar uygulanacaktır.

| 0-24 saat arası                                                                                          |                   |                | 24-48 saat arası  |                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|
| Her bant için ayrı değerlendirilir                                                                       | Değişiklik Adedi  | Duruş Süresi * | Değişiklik Adedi  | Duruş Süresi * |
|                                                                                                          | 51 adet-100 adet  | 0,5 saat       | 51 adet-100 adet  | 0,5 saat       |
|                                                                                                          | 101 adet-300 adet | 1 saat         | 101 adet-300 adet | 0,5 saat       |
|                                                                                                          | 301 adet-650 adet | 2 saat         | 301 adet-650 adet | 1 saat         |
|                                                                                                          | 651 adet ve üzeri | 3 saat         | 651 adet ve üzeri | 1,5 saat       |
| *Bir sonraki ürüne geçiş tabloda belirtilen süreleri aştığı durumda gerçekleşen duruş süresi yansıtılır. |                   |                |                   |                |

**Şekil 7.65 : Duruş süresi kuralları.**

Üretim planının 48 saat sabitlenmesi ile beraber kanban çekme tipi esaslı iç lojistik düzeni sağlıklı şekilde hayata geçmiştir. Duruşlarda işletme geneli %16, malzeme kaynaklı duruşlarda ise %38 azalma olmuştur. Önceki yıla göre program değişikliklerinin sayısı %77 azalmıştır. Üretim planı revizyon sayısında %25 azalma meydana gelmiştir. Ani model dönüşlerinden kaynaklanan verimsizlikler azalmış, tedarikçilerin işletme üretim planını takibi büyük ölçüde iyileşme göstermiştir.

### 7.13.2 Tedarikçide kalite kontrol

İşletmede stok miktarlarını azaltmak, daha yalın bir depo yönetimi ve malzeme akışı sağlamak, giriş kalite kontrol sürecinde malzeme bekletmemek ve aynı zamanda kalite problemi olan parçaların geri gönderimi ve buna göre kanban sistemindeki planda revizeler yapmamak için tedarikçide kalite kontrol çalışması başlatılmıştır. Bu çalışmanın hayata geçirilmesi ile beraber yakın bölgedeki saatlik periyotlarla doğrudan hatta malzeme temini uygulanabilir duruma gelmiştir.

Tedarikçide kalite kontrol operasyonu ile;

- Anlık kalite hata tespitleriyle, üretim operasyonların iyileştirilmesi,
- Bloke/ rework gibi malzeme şartlı kabul verimsizliklerinin iyileştirilmesi,
- Üretim hatlarında duruş/program değişikliği kaynaklı verimsizliklerinin iyileştirilmesi,
- Red parti süreçlerinde iyileşmeye bağlı lojistik maliyetlerinin iyileştirilmesi hedeflenmiş ve sonuca ulaşılmıştır.

Öncelikle yerinde kalite kontrol uygulaması için işletmeye mesafesine, kalite değerlerine ve iş hacmine göre tedarikçiler belirlendi. Ardından iş hacmine (parti sayısı) göre çalışacak personel sayısı belirlendi.

Tedarikçi firmanın işletmeye olan uzaklığına ve iş hacmine göre işletme giriş kalite kontrol operatörlerinin tedarikçi firmanın bitmiş ürün kontrol sürecine yardımcı olmasıyla gerçekleştirilmiştir. Amaç kontrol metot ve kriterlerinin tedarikçi kadrolarına yaygınlaştırılmasının sağlanması ve işletmeye uygun kalitede parça gönderimi yapmanın tedarikçi kanadında benimsetilmesi olmuştur.

Uygulama metodu, izlenebilirlik ve acil sevkiyat süreçlerini içeren ABC firması Tedarikçide Kalite Kontrol talimatı hazırlandı. Tedarikçi firmada çalışmaya gönderilecek personeller için İnsan Kaynakları süreci düzenlendi. Tedarikçi toplantıları ile proje kapsamı ve yan sanayiden beklentiler anlatılarak, ekipman kullanımı ile ilgil bilgilendirmeler yapıldı. ABC işletmesi İş Güvenliği uzmanları ile beraber firmaların denetimi yapıldı ve eksikler giderilerek proje başlatıldı.

Projenin devreye alınması ile beraber işletme içinde tedarikçiden gelen malzemelerin kontrol ve hatta beslenmesinde aksaklıklar ortadan kalkmaya başladı. Hattan kalite kaynaklı iade ppm değerlerinde %60 oranında azalma görüldü. Şartlı kabul edilen

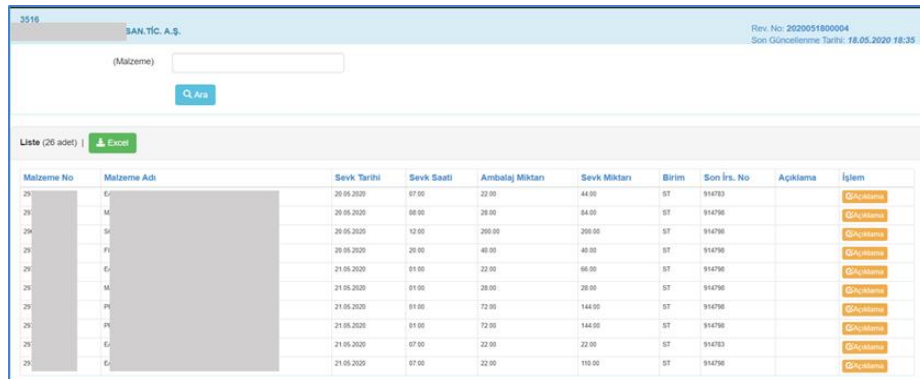
malzemelerin oranında %30 azalma sağlandı. Önemli plastik komponentlerin tedarik edildiği tedarikçilerin performansında önceki yıla göre %50 ila %60 arası iyileşmeler gözlemlendi.

### 7.13.3 JIT ile saatlik malzeme temini

İşletmedeki planlama ekibi, tedarikçide kalite kontrol uygulaması ile birlikte işletme içi stokları, dönüşümde kullanılan kasa sayısını azaltmak, hedef stok günlere uygun şekilde malzeme ve firma bazında belirlenen saatlik malzeme sipariş planı yaratıp tedarikçilerle paylaşmak için JIT projesi başlattılar. Projenin önemli bir çıktısının da malzeme stok alanlarının azaltılması, doğrudan üretime malzeme beslenmesi ile daha yalın bir iç lojistik sistemine destek vermesi olmuştur.

Proje başında JIT kapsamına giren parçalar belirlendi. Tedarikçide kalite kontrol yapılması, işletmeye yakın tedarikçiden gönderilmesi, havaleli olması göz önünde bulunduruldu. Ardından bununla ilgili uygulama yapan diğer işletmelerle görüşülerek kurulması planlanan yazılım için benchmark çalışması yapıldı. SAP sistemi üzerinden günlük üretim planının çekildiği ve sistemdeki stokları da görüntüleyerek yan sanayiye saatlik sevkiyat planı çıkaran bir yazılım geliştirildi ve JIT-tedarikçi portalı ile ilgili tedarikçi bilgilendirme toplantılarının ardından uygulama devreye alındı.

Projenin devreye alınmasının ardından işletmede 3.000 paletlik alan kazancı sağlanmış, forklift hareketinde azalmalar olmuştur. Buna bağlı olarak iş kazası risklerinde de azalma görülmüştür. Malzeme sorumluklarının üretim planı gönderimi ve malzeme tedarikçisinde harcadığı iş gücü %40 oranında azalmıştır, e-mail ve telefon trafiği ile yönetilen işler JIT yazılı sayesinde program üzerinden Şekil 7.66'daki gibi otomatik olarak tedarikçiye gönderilen üretim ve sevkiyat planıyla takip edilmeye başlanmıştır.



| Malzeme No | Malzeme Adı | Sevki Tarihi | Sevki Saati | Ambalaj Miktarı | Sevki Miktarı | Birim | Son İrs. No | Açıklama | İşlem      |
|------------|-------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|-------|-------------|----------|------------|
| 29         | E           | 20.05.2020   | 07:00       | 22.00           | 44.00         | ST    | 914763      |          | Gönderildi |
| 29         | M           | 20.05.2020   | 08:00       | 28.00           | 84.00         | ST    | 914766      |          | Gönderildi |
| 29         | S           | 20.05.2020   | 12:00       | 200.00          | 200.00        | ST    | 914766      |          | Gönderildi |
| 29         | F           | 20.05.2020   | 20:00       | 40.00           | 40.00         | ST    | 914766      |          | Gönderildi |
| 29         | E           | 21.05.2020   | 01:00       | 22.00           | 66.00         | ST    | 914766      |          | Gönderildi |
| 29         | M           | 21.05.2020   | 01:00       | 20.00           | 20.00         | ST    | 914766      |          | Gönderildi |
| 29         | P           | 21.05.2020   | 01:00       | 72.00           | 144.00        | ST    | 914766      |          | Gönderildi |
| 29         | P           | 21.05.2020   | 01:00       | 72.00           | 144.00        | ST    | 914766      |          | Gönderildi |
| 29         | E           | 21.05.2020   | 07:00       | 22.00           | 22.00         | ST    | 914763      |          | Gönderildi |
| 29         | E           | 21.05.2020   | 07:00       | 22.00           | 110.00        | ST    | 914766      |          | Gönderildi |

Şekil 7.66 : JIT yazılımının tedarikçi sevkiyat planı gönderim arayüzü.



## 8. UYGULAMA SONUÇLARI

ABC üretim tesisindeki, ara malzeme depo ile montaj iş istasyonları arasında kurulan kanban çekme prensipli yeni mikrun döngülü iç lojistik sisteminde, sistemin tasarlanmaya başlaması ile, yatırım süreçleri, ekipman/araç/donanım/yazılım ihtiyaçlarının tamamlanması, çalışan eğitimleri ve projenin dökümana edilmesi dahil proje ekibi yaklaşık 5 ay süre ile yoğun şekilde çalışmıştır.

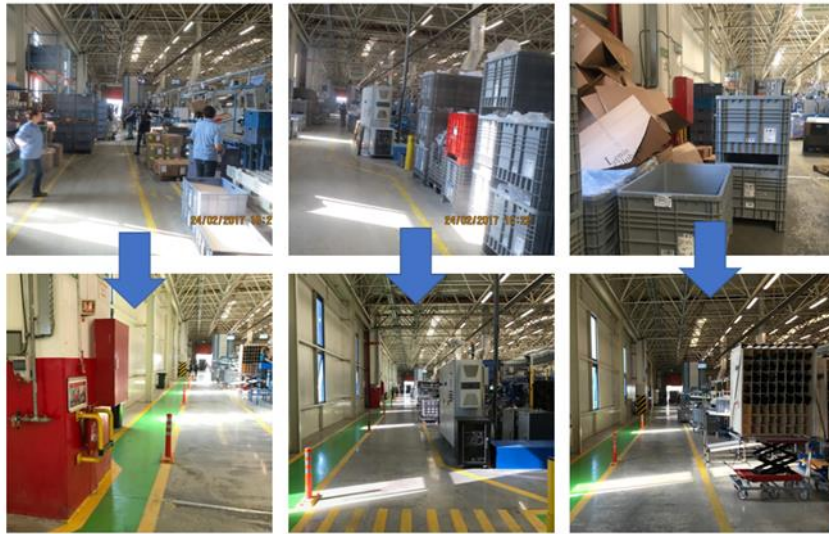
Şekil 8.1 ve Şekil 8.2’de görüldüğü gibi yeni kurulan yalın iç lojistik sistemi ile beraber üretim sahası içindeki araç ve yaya yolları oldukça ferahlamış, malzeme karton/kutu elleçlemeleri süpermarket alanına taşınmıştır.

Projenin devreye alımından önceki ilk 6 ay ve sonraki 6 ay karşılaştırıldığında sonuçlar aşağıdaki gibidir:

- Aynı hat üstü operatör sayısı ile vardiyada %7’lik üretim artışı yakalanmıştır.
- JIT ve Tedarikçide Kalite Kontrol projelerinin de desteği ile işletme içinde 2.500 paletlik alan kazancı sağlanmıştır.
- Üretimde iş güvenliği kurallarına uygun şekilde, “forkliftsiz üretim alanı” yaratılmıştır.
- Karton ve kolili malzemelerin plastik dönüşümlü kasa olarak standartlaştırılmasının ardından ilk 6 ayda 60 ton karton atıkta azalma olmuştur. (Bu da yaklaşık olarak 1000 ağaç demektir)
- İşletmede 5S uygulamaları bu proje ile beraber standartlaştırılmıştır.
- Üretimde kağıt ile manuel takip edilen kritik işlerin sayısı önce kartlı, ardından elektronik kanban sistemiyle tamamen sıfırlanmıştır.
- Üretime yanlış stok kodlu malzeme gönderilmesinin önüne geçilmiş oldu.
- Malzeme temin ve arama kaynaklı duruşlar %13 oranında azaltılmıştır.
- Kişilerin bilgi, birikim ve tecrübelerine dayanan iç lojistik düzeninden, kurallık sistematik ve kendini yönetebilir bir sistem kurulmuştur.
- İtme sisteminden çekme sistemine geçiş yapılmıştır.

- Malzeme elleçlemenin montaj sahasından alınıp süpermarkete gönderilmesiyle beraber dengelemedeki frekansiyel süreler azalmış ve montaj hattı hızlanmış, elleçlemenin süpermartte yapılmasıyla birlikte iç lojistik sorumlularının sayısı 6 kişi artmıştır.
- 2 Forklift ile malzeme dağıtımı iptal edilip, 2 adet çekici kiralanmış, şarjlı transpalet sayısı toplam 4'ten 3'e düşürülmüştür.
- Forklift ve şarjlı transpalet ile tek tek taşımak yerine çekici arkasına takılan vagonlarla tek seferde birden fazla malzeme taşındığı için vardiyalık toplam malzeme taşıma mesafesi 28.800 m'den 5.900 m'ye düşmüş, %79 azalmıştır.
- Elektronik kanban uygulaması sonrasında malzeme hareketine ait tüm takipler online olarak raporlanabilir hale getirilmiştir.
- Hat yanı dinamik raflar, süpermarket alanları ve K550 Kasa aktarım alanı kurulumuyla ergonomik iyileştirmeler meydana gelmiş, bu durum çalışan bağlılığını da arttırmıştır.

Proje öncesi ve sonrası montaj sahası Şekil 8.1 ve 8.2'de gösterilmiştir.



**Şekil 8.1 : Proje öncesi ve sonrası montaj sahası-1**

### **8.1 Uygulamanın Geliştirmeye Açık Yönleri**

Projenin devreye alınmasının ardından yapılan takiplerle geliştirmeye açık aşağıdaki konular tespit edildi:

- İşe yeni alınan operatörlerin düzene kısa sürede adapte olması için eğitim kapsamına Yalın Üretim, Kanban ve Milkrun konularını içeren bir eğitimin

daha eklenmesi gerekti. İnsan Kaynakları ile birlikte bir eğitim sunumu hazırlanıp eğitim verilmeye başlandı.



**Şekil 8.2 : Proje öncesi ve sonrası montaj sahası-2**

- Proje başında standartlaştırılıp plastik dönüşümlü kasa ile gönderilmesi gereken bazı malzemelerde kartondan plastik kasaya geçiş kısa sürede tamamlanmadı. Buna yönelik olarak satınalma ile ortak karar doğrultusunda yeni firma ve malzeme alımlarında standart ambalajla gönderim şartı kondu.
- Çekici operatörlerinin hat yanından geçerken boşalan kutuyu zamanında farkedememeleri ve barkodu geç okutmaları edeniyle acil gönderim seviyesinin altına düşen ya da zamanında banda gönderilmeyen malzemeler oldu. Malzeme kutusu boşaldığında süpermarketten malzeme talep tetiğini çekici operatörü ya da hat başı malzeme sorumlusunun kontrolüne bırakmamak için hatlara kurulan RFID sistemi üzerinden otomatik talep sinyalinin oluşturulması planlanmaktadır.

## **8.2 Gelecekte Planlanan Çalışmalar**

Faz-1 olarak depolar ve Montaj 2 hattı arasındaki iç lojistik düzenlemesi kapsamında kanban ile malzeme çekme ve milkrun ile malzeme besleme çalışmasının tamamlanmasının ardından tez kapsamına alınmayan Faz 2-depolar ve Montaj 1 hattı arasında aynı sistematığı kurmak ve Faz 3-iç üretim sahası için de iç lojistik faaliyetlerinin yeniden düzenlenmesi plana alınacaktır.

İç lojistik faaliyetlerinin yeniden düzenlenmesinin ardından işletme ve tedarikçiler arasında JIT projesi kapsamında dış milkrun ile malzeme taşımalarını devreye alıp işletme içi stokları ve nakliye sıklıklarını da azaltmak planlanmaktadır.

İşletmede kurulan kanban sistemi ile beraber malzeme elleçleme faaliyetlerinin yoğun olduğu süpermarket alanlarına ilave malzemeci eklenmişti. Gelecek dönemde yeni yerleşim kurgusu ile beraber yalınlaştırılan üretim sahalarında malzeme elleçleme ve taşıma işlemleri için AGV’ler planlanmakta ve böylelikle yalın dönüşüm yolculuğuna bir adım olarak da akıllı fabrika sistematiği dahil edilmesi hedeflenmektedir.



## 9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu teze konu oluşturan proje sonucunda, yalın üretim bilgi seviyesinin yeterli seviyede olmadığı ve alan yetersizliğinin çok yüksek seviyede olduğu bir üretim tesisinde de süpermarket çekme esaslı, milkrun döngülü bir iç lojistik tasarımının temel olarak nasıl uygulanabileceği kapsamında oluşturulan metodoloji ve ardından işletmedeki uygulama örnekleri adım adım anlatılmıştır.

Uygulamaya temel olan konu, üretim planının oluşturulmasıyla beraber, plana göre ilgili malzemelerin hatta bilgi ve tecrübeye göre gönderilmesine karşılık, kanban çekme sistemi ile programdaki modelin üretim temposuna göre malzeme talebinin ve beslemesinin yapılmasıdır.

İhtiyaca yönelik doğru şekilde kurulan çekme sisteminin malzeme temin kaynakları duruşu, toplam malzeme taşıma mesafesini, işletme içi stoğu ve karton atık miktarını önemli şekilde azalttığı görülmektedir.

Metodoloji içinde yeni bir üretim versiyonu yaratılmadan önce yapılacak üretim hedefine göre dengelenmiş bir hatta malzemelerin doğru konum, doğru miktar ve doğru şekilde istasyonlardaki doğru hat yanı organizasyonuna taşınmasına yönelik çalışmaların yapılması, malzeme çeşitliliğinin bu aşamada kontrol ediliyor olması en önemli aşamalar olduğu gözlenmektedir.

Uygulama sonuçlarından da görüldüğü gibi, kanban sisteminin önemli bir yanı da iç lojistik çalışanlarının kendi inisiyatiflerini almak zorunda kalmadan, sistematik bir sorumluluk paylaşımı ile işleri yönetme imkanı sunuyor olmasıdır. Tek tek malzeme taşımak yerine döngüsel seferle hatta doğrudan malzemenin kullanılabileceği ambalajla sevk yapmak, çalışanların iş gücünü taşımadan malzeme elleçlemeye kaydırmakta ve sahada biriken atıkların da önüne geçmektedir. Malzeme elleçleme iş gücünün azaltılması için de yan sanayiden standart ambalajlarla malzemenin temin edilmesi gerektiği çıkarılmaktadır. Montaj operatörlerinin üzerinden frekansiyel malzeme ambalaj açılması gibi işlerin alınması da hattın direkt vardiyalık üretim adetinin artmasına sebep olmaktadır.

İç milkrun sisteminin devreye alınmasıyla malzeme besleme zamanlarında standartlaşma yakalanmıştır. Belirli malzeme grubu, belirli ambalajda, belirli takt süresi ve montaj hattının tüketimine göre belirli aralıklarla hatta beslenmektedir. Böylelikle acil malzeme arayışı ve gönderme çabaları büyük ölçüde ortadan kaldırılmıştır.

Uygulamanın gerçekleştirildiği alanda yeni yalın iç lojistik sistematığının kazançlarının devamlılığının sağlanması bakımından, her yeni ürün ve malzeme tanımlanması süreciyle beraber metodolojideki adımların gözden geçirilmesi gerekmektedir.

Çalışmanın işletme içinde yaygınlaştırılmasının ardından benzer sistemle tedarikçi ve işletme arasında tedarikçi kanban sisteminin kurulması ve dış milkrun döngüleri ile malzemenin işletmeye alınıyor olması, işletme içi stok ve nakliye yönetimi için faydalı olacaktır. Birbiri ile entegre depo yönetim sistemlerinin kurulması ve yapılan yazılımlarla haberleşir durumda olması elektronik kanban sisteminin geliştirilmesine ve daha fazla dijitalleşmesine imkan sağlayacaktır.

Sonuç olarak çekme tipi esaslı yalın iç lojistik sistematığının olan kanban ve milkrun sistemlerinin süpermarket yapılarıyla beraber kullanılması, malzeme ve bilgi akışlarındaki etkinliği arttırmakta ve tesislere kayıpları önlemeye büyük değerler kazandıracaktır.

## KAYNAKLAR

- Adalı, M. R., Kiraz, A., Akyüz, U., & Halk, B.** (2017). Yalın üretime geçiş sürecinde değer akışı haritalama tekniğinin kullanılması: Büyük ölçekli bir traktör işletmesinde uygulama. *Sakarya University Journal of Science*, 21(2), 242-251.
- Ahmetoğlu, F.** (2007). *Değer akışı haritalandırma ve geleneksel kanban sisteminin kurulması*. (Yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akılhoğlu, H., Baydoğan, M., Bolatlı, Y., Canbaz, D., Halıcı, A., Sezgin, Ö., Özemirel, Ö., & Türkcan, A.** (2006). Dizel Enjektör Üretimi Yapan Bir Şirket İçin Fabrika İçi Çekme Esaslı Tekrarlı Dağıtım Sistemi Tasarımı, *Endüstri Mühendisliği Dergisi* Cilt: 17 Sayı: 3 Sayfa: (2-15).
- Aktaş R.** (2013). Yalın üretim ortamında maliyet yönetimi: değer akışı maliyetleme. *Selçuk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, ISSN: 1303 – 8370 / Nisan 2013 / Yıl: 13 / Sayı: 25.
- Ali, R. M. & Deif, A. M.** (2014). Dynamic lean assessment for takt time implementation. In *47th CIRP Conference on Manufacturing Systems Proceedings: Windsor, Ontario, Canada* (Vol. 17, p. 577).
- Amoako-Gyampah, K., & Gargeya, V. B.** (2001). Just-in-time manufacturing in Ghana. *Industrial Management & Data Systems* 101(3), 106-113.
- Ansari, A., Modarress, B.** (1995). Wireless kanban. *Production and Inventory Management Journal* 36 (1), 60–64.
- Araz, Ö. U., Araz, C., & Eski, Ö.** (2016). Dinamik üretim sistemleri için kanban sayısının belirlenmesi: Bütünleşik bir yöntem. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(4), 285-296.
- Artuñık O.** (2008). *Yalın lojistik ve bir 3PL şirketinde değer akış analizi*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aslantaş, T.** (2014). Yalın üretim felsefesi, yöntemleri ve kanban tekniğinin otomotiv sektörüne uygulanması. Gazi Üniversitesi Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, ABD.
- Ayabakan, M., & Yılmaz, E.** (2019). Digitalization of the kanban system. *Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET)*, Portland, Oregon, USA: August 25-29.
- Aytuğ, H., & Doğan, C. A.** (1999). Simulation analysis of order and kanban sequencing rules in a kanban-controlled flow shop. *Simulation*, 72(4), 212-220.

- Battini, D., Faccio, M., Persona, A., & Sgarbossa, F.** (2009). Design of the optimal feeding policy in an assembly system. *International Journal of Production Economics*, 121(1), 233-254.
- Baudin, M.** (2005). Lean logistics: the nuts and bolts of delivering materials and goods. *CRC press*.
- Bhamu, J., & Singh Sangwan, K.** (2014). Lean manufacturing: literature review and research issues. *International Journal of Operations & Production Management*, 34(7), 876-940.
- Boca, G. D.** (2011). Kaizen method in production management. *In International scientific conference young scientists*.
- Boysen, N., Emde, S., Hoeck, M., and Kauderer, M.** (2015). Part logistics in the automotive industry: decision problems, literature review and research agenda. *European Journal of Operational Research*, 242(1), 107-120.
- Brar, G. S., & Saini, G.** (2011). Milk run logistics: literature review and directions. *In Proceedings of the world congress on engineering* (Vol. 1, pp. 6-8). WCE.
- Bulut K., Altunay, H.** (2016) Değer akışı haritalandırma yöntemi: mobilya sektöründe bir uygulama. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, Cilt:8, Sayı 1.
- Bulut, S.** (2012). *Beyaz eşya yan sanayi sektöründe erp ve yalın üretim olgunluğu analizi ve otomotive yan sanayi ile kıyaslama*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Carvalho, R., Alves, A. C., & Lopes, I. D. S.** (2011). Principles and practices of lean production applied in a metal structures production system. *Proceedings of the World Congress on Engineering* Vol I WCE 2011, July 6 - 8, 2011, London, U.K.
- Cebeci, U.** (2009). Poka-Yoke nedir? (Hata önleyici düzenekler) Erişim adresi: <http://www.subconturkey.com/2009/Ocak/koseyazisi-Poka--Yoke-nedir-Hata-onleyici-duzenekler.html> .
- Chen, F. F.** (2008). A web-based kanban system for job dispatching, tracking, and performance monitoring. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 38(9-10), 995-1005.
- Computer Integrated Manufacturing*, 9(3), 169-89.
- Çay B. Çakır C. Arslan Y. Cabioğlu M. & Tanse B.** (2010). Çamaşır makinesi fabrikası iç lojistik aktivitelerinin optimize edilmesi. *Endüstri Mühendisliği Dergisi* Makina Mühendisleri Odası Cilt: 21 Sayı: 3 Sayfa: (25-38)
- Çelepcıkay, Ö.** (2014). *A3 düşünme yolu ile çapraz sevkiyat tesisinin geliştirilmesi*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çevikcan, E., Sol E. , Satoğlu Ş. & Durmuşoğlu M.** (2018). Fabrika içi lojistik süreçlerinin set yapma esaslı tasarımı ve bir uygulama. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Cilt 23, Sayı 4

- Demirpolat E. , Öztürk Z , Uzgören N. ,Vergili C. , Yılmaz C. & Tekin S.** (2016).Lider bir dondurma fabrikasında wcm metodolojisiyle üretim alanlarındaki lojistik optimizasyonu. *Endüstri Mühendisliği Dergisi* Cilt: 27 Sayı: 4 Sayfa: (3-14)
- Di Micco, R., Romano, E., & Santillo, L.** (2008). Kanban system and supermarket: experimental analysis and simulation. In *Proceedings of the 7th WSEAS international conference on System science and simulation in engineering* (pp. 246-255).
- Du, T., Wang, F. K., & Lu, P. Y.** (2007). A real-time vehicle-dispatching system for consolidating milk runs.Transportation research part e: logistics and transportation review, 43(5), 565-577.
- Duggan, K. J.** (1998). Facilities design for lean manufacturing. *IIE solutions*, 30, 30-34.
- Durmuşoğlu, M.** (2018).Hat Dengeleme ve Yamazumi Şemaları.(Ders notları\_sunum).
- Durmuşoğlu, M. B.** (2011). Optimizasyon yaklaşımları ve yalın üretim. *XI. Üretim Araştırmaları Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye: Haziran 23-24
- Durmuşoğlu, M. B., Kulak, O., & Balcı, H. H.** (2003). Türkiye’de hücreli üretim uygulamalarının analizi ve değerlendirilmesi.*Endüstri Mühendisliği*, 14(2), 2 - 20.
- Emde, S., & Boysen, N.** (2012). Optimally locating in-house logistics areas to facilitate JIT-supply of mixed-model assembly lines. *International Journal of Production Economics*, 135(1), 393-402.
- Erdem H., Adalı, M.** (2017).Isıtma soğutma sistemleri üreten bir fabrikada yalın üretim araçları kullanılarak montaj hattı dengelenmesi.*Endüstri Mühendisliği Dergisi*, Cilt: 28 Sayı: 2 Sayfa: (19-32).
- Faccio, M., Gamberi, M., & Persona, A.** (2013). Kanban number optimization in a supermarket warehouse feeding a mixed-model assembly system. *International Journal of Production Research*, 51(10), 2997-3017.
- Faccio, M., Gamberi, M., Persona, A., Regattieri, A., & Sgarbossa, F.** (2013). Design and simulation of assembly line feeding systems in the automotive sector using supermarket, kanbans and tow trains: a general framework. *Journal of Management Control*, 24(2), 187-208.
- Fernandes, N. O., Thürrer, M., Mirzaei, N., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., & Carmo-Silva, S.** (2020). POLCA control in two-stage production systems, *Procedia Manufacturing*, 51, 1491-1496.
- Fırat İ. & Ceyhan S.** (2015). Yalın üretim sistemine geçişin işletme performansına olan katkısı: Kahramanmaraş’ta hazır giyim işletmesinde bir uygulama.*Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* Yıl: 5/ Cilt: 5/ Sayı:9 /Bahar 2015
- Gecü B.** (2008).İç lojistik sistemlerinin yalın üretim bakış açısıyla yeniden tasarlanması ve otomotiv sektöründe örnek bir uygulama.(Yüksek lisans tezi).İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Gergen A.** (2019).Endüstri 4.0 üretim sürecinde süreç değişkenliğinin optimizasyonunda heijunka yöntemi. *Izmir Democracy University Social Sciences Journal*, 2 (1) , 1-17 .
- Goodarzi, A. H., & Zegordi, S. H.** (2020). Vehicle routing problem in a kanban controlled supply chain system considering cross-docking strategy.*Operational Research*, 20(9), 2397-2425.
- Gosavi, A., & Grasman, S. E.** (2009). Simulation-based optimization for determining AGV capacity in a manufacturing system. *In IIE Annual Conference. Proceedings* (p. 574). Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE).
- Gotthardt, S., Hulla, M., Eder, M., Karre, H., & Ramsauer, C.** (2019). Digitalized milk-run system for a learning factory assembly line, *Procedia Manufacturing*, 31, 175-179.
- Gupta, S., & Jain, S. K.** (2013). A literature review of lean manufacturing. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 8(4), 241-249.
- Gurumurthy, A., & Kodali, R.** (2011). Design of lean manufacturing systems using value stream mapping with simulation: a case study. *Journal of manufacturing technology management*, 22(4), 444-473.
- Gutti-Salazar, C. E., Segura-Chavez, F., Maradiegue-Tuesta, F., & Alvarez-Merino, J. C.** (2019). Kanban-CONWIP hybrid model for improving productivity of an electrostatic coating process. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, Macao, China: December 15-18.
- Güner H.** (2017) .Yalın üretim için değer akış haritalandırma ve simülasyon: mobilya sektöründe bir uygulama ,*Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi*, 23(4), 462-469, 2017.
- Gürgeç Z. ,Otacıoğlu H. & Kurt O.** (2019). Agv sayısına ve hatlardaki stok miktarlarına karar veren bir hat besleme sistemi kurulması. *Journal of Industrial Engineering* 30(2), 75-92.
- Hao, Q., & Shen, W.** (2008). Implementing a hybrid simulation model for a kanban-based material handling system.*Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 24(5), 635-646.
- Hıdımoğlu, M. B.** (2019). *Montaj hattında kapasite dengeleme ve verimlilik analizi.* (Yüksek Lisans Tezi).Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Hicks, B. J.** (2007). Lean information management: Understanding and eliminating waste. *International journal of information management*, 27(4), 233-249.
- Huang, C. C., & Kusiak, A.** (1996). Overview of kanban systems. *International J.*
- Idris, M. R., & Prakash, P. S.** (2020). E-Kanban hybrid model for malaysian automotive component suppliers with IoT solution, *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Dubai, UAE: March 10-12.

- Jones, D., & Womack, J.** (2002). Bütünü Görmek genişletilmiş değer akışı haritalandırma, The Lean Enterprise Institute Brookline, Massachusetts, USA.
- Junior, M. L., & Godinho Filho, M.** (2010). Variations of the kanban system:
- Kabadurmuş, Ö.** (2008). *Conwip esaslı üretim sistemlerinin tasarımı ve yönetimi*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kabadurmuş, Ö., & Durmuşoğlu, M. B.** (2005). Aksiyomlarla tasarım ilkelerini
- Kaldırım, Y., Kaldırım, Z.** (2018). Değer akış maliyet yönteminin yalın üretim sistemindeki yeri ve önemi üzerine bir inceleme. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 10 (4), 520-535.
- Kanat, S., & Güner, M.** (2006). Tam zamanında üretim sisteminin tekstil ve konfeksiyon sanayine uygulanabilirliği. *Textile and Apparel* , 16 (4) , 274-278 .
- Karaesmen, F., & Dallery Y.** (2000). A Performance Comparison of Pull Type Control Mechanisms for Multi-Stage Manufacturing, *International Journal of Production Economics*, 68(1), 59-71.
- Kaya, G.** (2011). *Yalın dönüşümde bilgi yönetim sistemi*. (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kefe İ. , Berikol, B.** (2019). Yalın üretim sistemi ve muhasebeye etkileri. *Mali Çözüm Dergisi*, 29(151), 13-31
- Keskin, A. İ.** (2010). *Cost management system in Llean enterprises: lean accounting*. (Doktora tezi). Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Kılıç H. & Durmuşoğlu M.** (2012). Design of kitting system in lean-based assembly lines , *Assembly Automation* 32/3 (2012) 226–234.
- Kılıç H., Durmuşoğlu B. & Baskak M.** (2011). Belirli zaman periyotlu çok rotalı döngüsel seferler yapan araçlardan kurulu iç lojistik sistemine yönelik matematiksel model önerisi. *XI. Üretim Araştırmalar Sempozyumu*, 23-24 Haziran 2011.
- Kılıç, A.** (2016). *Otomotiv yan sanayinde yalın üretim uygulaması*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kılıç, H. S.** (2011). *Yalın üretim ortamında iç lojistik sisteminin tasarımı*. (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kılıç, H. S., & Durmuşoğlu, M. B.** (2015). Advances in assembly line parts feeding policies: a literature review, *Assembly Automation*, 35(1), 57-68.
- Kılıç, H. S., Durmuşoğlu, M. B., & Baskak, M.** (2012). Classification and modeling for in-plant milk-run distribution systems, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 62(9-12), 1135-1146.
- Kılıç, S.** (2014). *Otomotiv yan sanayisinde malzeme besleme sisteminin yalın üretim yaklaşımıyla yeniden tasarlanması ve bir uygulama*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Klankamsorn, S.** (2020). Determination of the number of kanban for automotive axle production. *IEEE 7th International Conference on Industrial*

*Engineering and Applications (ICIEA)*, Bangkok, Thailand: April 16-21.

- Klenk, E., Galka, S., & Günthner, W. A.** (2015). Operating strategies for in-plant milk-run systems, *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 1882-1887.
- Koçak, A.** (2008). Malzeme yönetiminde malzeme ihtiyaç planlaması ve kanban sistemlerinin bütünleştirilmesinde farklı yaklaşımlar: literatür araştırması. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 10 / 1 (2008). 225-246
- Kotani, S.** (2006). Optimal method for changing the number of kanbans in the e-kanban system and its applications. *International Journal of Production Research*, Vol. 45, No. 24, 15 December 2007, 5789–5809.
- Kovacs, A.** (2011). Optimizing the storage assignment in a warehouse served by milkrun logistics, *International Journal of Production Economics*, 133(1), 312-318.
- Kulaç S. & Çağıl G.** (2019). Bir iç lojistik sistem probleminin, araç rotalama çözüm yöntemleri ile iyileştirilmesi, *UMAGD*, 11(2), 528-541
- Kulak, O., & Durmuşoğlu, M. B.** (2010). Hücreli üretim sistemleri tasarımı için aksiyomlarla tasarım prensiplerine dayalı bütünsel bir yöntem. *İTÜ Dergisi/ 3(6)*.
- Kuvvetli Y. & Erol R.** (2017) Ağaç ürünleri üreten bir işletmede malzeme taşıma sisteminin simülasyon yaklaşımıyla iyileştirilmesi. *Ç.Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 32(1), Mart 2017 215.
- Küçükoglu İ., Yağmahan B., Çağlıyan M., Yıldız A. & Aktokluk D.** (2018). İç lojistik sisteminde malzeme tedariki için geliştirilmiş matematiksel modelleme yaklaşımı: bir uygulama. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Cilt 23, Sayı 4
- Küçükuysal, K.** (2012). *Otomotiv yan sanayi sektöründe erp ve yalın üretim analizi*. (Yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Lee Mortimer, A.** (2008). A continuing lean journey: an electronic manufacturer's adopting of Kanban. *Assembly Automation*, Vol. 28 Issue: 2, pp.103-112.
- Lyonnet, B., & Toscano, R.** (2014). Towards an adapted lean system—a push-pull manufacturing strategy. *Production Planning & Control*, 25(4), 346-354.
- MacKerron, G., & Kumar, V., & Kumar, M. & Esain A.** (2014). Supplier replenishment policy using e-kanban: A framework for successful implementation. *Production Planning & Control*, 25:2, 161-175.
- Meriç A.** (2011). *Yalın üretim ile kurumsal kaynak planlamasının bütünleştirilmesi*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Meyer, A.** (2017). Milk run design: definitions, concepts and solution approaches. *KIT Scientific Publishing*, (Vol. 88).

- Mitka, E.** (2015). Application of kanban system on a hospital pharmacy. *Hellenic journal of nuclear medicine*, 18, 4-10.
- Miwa, K., Nomura, J., & Takakuwa, S.** (2017). Module-based modeling and analysis of just-in-time production adopting dual-card kanban system and mizusumashi worker, *Winter Simulation Conference (WSC)*, Las Vegas, Nevada, USA: December 3-6.
- Mukhopadhyay, S. K., & Shanker, S.** (2005). Kanban implementation at a tyre manufacturing plant: a case study, *Production Planning & Control*, 16(5), 488-499.
- Nemoto, T., Hayashi, K., & Hashimoto, M.** (2010). Milk-run logistics by japanese automobile manufacturers in Thailand, *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2(3), 5980-5989.
- Nguyen, M. N., & Do, N. H.** (2016). Re-engineering assembly line with lean techniques, *Procedia CIRP*, 40, 591-596.
- Oh, S. C., & Shin, J.** (2012). A semantic e-kanban system for network-centric manufacturing: technology, scale-free convergence, value and cost-sharing considerations, *International Journal of Production Research*, 50(19), 5292-5316.
- Orbak, A. Y., & Bilgin, S.** (2005). Kanban sisteminin bir uygulama örneği. *V. Ulusal üretim araştırmaları sempozyumu*, İstanbul.
- Özçelik, F.** (2013). Yalın üretim ortamına uygun maliyet sistemi seçimi. *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 20(1), 47-58.
- Özden, H.** (2004). Yalın Lojistik. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tedarik Zinciri Yönetimi Dersi Proje Raporu, İstanbul.
- Özparlak, M.H.** (2003). *Yalın üretim-çevik üretim farkları ve çevik şirkete geçişin yönetilmesi*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Öztürk İ.** (2016). Altı sigma, yalın üretim ve yalın altı sigma metodolojisinin tarımsal işletmelerde verimlilik ve kalite üzerine etkisi. *KSÜ Doğa Bil. Derg.*, 20(3), 201-208, 2017.
- Öztürk, G.** (2008). *Tedarik zincirinde milk-run sistemi ile cross docking sistemlerinin maliyetlerinin karşılaştırılması*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özveri O. & Çakır, E.** (2012). Yalın altı sigma ve bir uygulama. *Afyon Kocatepe Üniversitesi, İİBF Dergisi* ( C.XIV, S II, 2012 ).
- Pan, J. C. H., Shih, P. H., Wu, M. H., & Lin, J. H.** (2015). A storage assignment heuristic method based on genetic algorithm for a pick-and-pass warehousing system, *Computers & Industrial Engineering*, 81, 1-13.
- Pekarcikova, M., Trebuna, P., Kliment, M., & Rosocha, L.** (2020). Material flow optimization through e-kanban system simulation, *International Journal of Simulation Modelling* 19(2), 243-254.

- Pena M, I., Domingo, R., Alvarez, R,& Calvo, R.** (2007). Materials flow improvement in a lean assembly line: a case study. *Assembly Automation*.27/2 (2007) 141– 14.
- Qing, J., Xue-tao, P., & Zhong, Z.** (2011). On solving JIT production problems for small batch orders based on e-kanban Visualization. *Third International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation*, Shangshai, China: January 6-7.
- Ramnath, B.V,&Kesavan, R.&Elanchezhian, C.** (2009). Inventory optimization using kanban system: a case study. 62009 *The Icfai University Press*.
- Rao G. K.,&K.V. S.,&Kenneth Michael, L.**(2019). Optimization of inbound logistics by implementing e-kanban system in an automobile accessories manufacturing unit – a case study. *Vol. 20, No. 170/ June 2019*.
- Ricky, C.,&Kadono, Y.** (2020). A case study of e-kanban implementation in indonesian automotive manufacture. *The 8th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM 2020) On Virtual*, October 23-24, 2020.
- Rother, M., & Shook, J. O. H. N.** (1999). Görmeyi Öğrenmek. The Lean Enterprise Institute Brookline, Massachusetts, USA.
- Sadjadi S. & Jafari M. & Amini T.** (2008). A new mathematical modeling and a genetic algorithm search for milk run problem (an auto industry supply chain case study), *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 44(1):194-200.
- Sağbaş A., Hasan D. , Çapraz O. & Karakurt N.** (2018). Yalın üretime geçiş sürecinde seri üretim hattında üretim sistemi optimizasyonu. *Verimlilik Dergisi* , (2) , 7-27.
- Sarı, E.B.**(2018). Yalın üretim uygulamaları ve kazanımları. *UIİİD-IJEAS*, 2018 (17. *UIK Özel Sayısı*):585-600 ISSN 1307-9832.
- Sato, R., & Khojasteh-Ghamari, Y.** (2012). An integrated framework for card-based production control systems. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23(3), 717-731.
- Sevim, İ., & Ediz, S.** (2016). Taze meyve ve sebzelerin ambalajlanması: palet ve araç içine yerleştirilmesinde iyileştirme önerileri. *TÜRKAS 2016 Bildiri Kitabı*, 43.
- Shah, R., & Ward, P. T.** (2003). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of operations management*, 21(2), 129-149.
- Shimbun, N. K.** (1989). Poka-Yoke: Improving product quality by preventing defects. *Productivity Press*.
- Singla,V.&Sharma S.K.** (2019). The effects of implementation of kanban system on productivity: a case study of auto parts company. *The IUP Journal of Operations Management*, Vol. XVIII, No. 1, 2019
- Sipahioğlu A. & Altın İ.** (2019) Fabrika içi milk run rotalama için bir matematiksel model . *Pamukkale Üniversitesi Müh. Bilim Dergisi*, 25(9), 1050-1055, 2019 .

- Sivakumar,G.D & Shahabudeen, P.** (2009). Algorithms for the design of a multi-stage adaptive kanban system. *International Journal of Production Research* .Vol. 47, No. 23, 1 December 2009, 6707–6738.
- Sivaslı, E.** (2006).*İşletme süreçlerinde yalın tekniklerin kullanılması üzerine bir araştırma.* (Doktora tezi).DEÜ Sosyal Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Smalley,A.** (2004). Seviyelendirilmiş çekme sistemi yaratma. The Lean Enterprise Institute Brookline, Massachusetts, USA.
- Sol, E.** (2011). *Set şeklinde teslimat ile hat kenarı besleme sisteminin karşılaştırılması, yalın lojistik bakış açısıyla iç lojistik faaliyetlerin tasarlanması ve örnek bir uygulama.*(Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstitüsü). İstanbul.
- Stadnicka,D.,& Pirani, M,& Lorenzoni, E.&Dec, G.,&Bonci, A.** (2020). Symbiotic cyber-physical Kanban 4.0: an Approach for SMEs.25th *IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*.
- Sundar, R., Balaji, A. N., & Kumar, R. S.** (2014). A review on lean manufacturing implementation techniques. *Procedia Engineering*, 97(1), 1875-1885.
- Şahin, İ. E.** (2011). *Kanban kontrollü milkrun döngülü malzeme besleme sistemi: TV fabrikasında bir uygulama.*(Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şeker, Ö. G. A.** (2016). Yalın üretim sisteminde kanban, tek parça akışı ve U tipi yerleştirme sistemleri. *The Journal of Academic Social Science Studies*, 50(2), 449-470.
- Şenyılmaz, A.** (2006).*Kanban üretim kontrol sisteminin deneysel tasarım teknikleri ile analizi ve bir işletmeye uyarlanması.* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,İstanbul.
- Şirin M.,Kabakuş, A.&Güzel D.** (2018). A value stream mapping implementation: a case of textile industry. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt: 32 2018 Sayı: 3.
- Takahashi,K.** (2003). Comparing reactive kanban systems. *International Journal of Production Research* 41(18):4317-4337.
- Takeno,T.,&Sugawara, M.** (2014). Loss-detection model with kanban card and its performance considering mixed Loss. 978-1-4799-4735-5/2014IEEE.
- Tanhaie, F,&Rabbani, M.&Jolai, F.** (2017). A Markov chain analysis of the effectiveness of kanban card with dynamic information. *International Journal of Supply and Operations Management*. August 2017, Volume 4, Issue 3, pp. 215-228.
- Tokat, A.** (2015).*Türk yapım şantiyelerindeki israfların ve nedenlerinin tespit edilmesi ve yalın inşaat uygulamalarıyla çözüm önerisi geliştirilmesi.* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,İstanbul.
- Turan, H., & Turan, G.** (2015). Sağlık sisteminde yalın üretim uygulamaları. *Sağlık Akademisyenleri Dergisi*, 2(3), 127-132.

- Türkan, Ö. U.** (2010). Üretimde yalın dönüşümün temel performans kriterleri. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(2), 28-41.
- Uçan K.** (2014). *Otomotiv yan sanayisinde malzeme besleme sisteminin yalın üretim yaklaşımıyla yeniden tasarlanması ve bir uygulama*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Uçar Ç. & Bayrak T.** (2015). Improving in-plant logistics: a case study of a washing machine manufacturing facility, *International Journal of Industrial Engineering*, 22(2), 195-212, 2015.
- Udomsawat, G., & Gupta, S. M.** (2005). Multi-kanban mechanisms for appliance disassembly. In *Environmentally Conscious Manufacturing V.* (Vol. 5997, p. 599704). International Society for Optics and Photonics.
- Usuk M. & Selvi İ.** (2019) Fabrika içi lojistik sürecinde kablosuz acil parça istek sistemi otomasyonu: bir otomotiv fabrikası uygulaması. *ACTA INFOLOGICA* 2019;3(1):1-12.
- Uygun, M., Taş, Ü., & Pak, E.** (2019). Değer akışı haritalandırma yöntemi ile verimliliğin artırılması: otomotiv sektöründe bir vaka çalışması, *Verimlilik Dergisi*, 3, 7-39.
- Uysal, M., & Özcan, U.** (2019). Süpermarket yerleşim problemi için tavlama benzetimi algoritması yaklaşımı. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 9(1), 58-69.
- Vakvak, B., & Özkan, B.E., & Güden, H., & Dengiz, B. & Altıparmak, F.** (2005). Genel amacı arama algoritmaları ile benzetim eniyilemesi :en iyi kanban sayısının bulunması. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, Cilt:16, Sayı:1, Sayfa: (2-15).
- Vernyi, B., Vinas, T.** (2005). Easing into e-kanban. *Industry Week* 254 (12), 32.
- Vujanac, R., Djordjevic, M., & Miloradovic, N.** (2017). Mechanical tugger trains system for internal material handling. In *The Sixth International Conference Transport and Logistic* til. (pp. 73-76).
- Wagner, T., Herrmann, C., & Thiede, S.** (2017). Industry 4.0 impacts on lean production systems. *Procedia Cirp*, 63, 125-131.
- Wanke, P.F. and Zinn, W.** (2004). ‘Strategic logistics decision making’, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 34, No. 6, pp.466–478.
- Wilson, L.** (2009). *How to implement lean manufacturing*. McGraw Hill Professional.
- Woodruuf, D.L. & Sperman, M.L., & Hoop, W.L.** (1990). CONWIP: a pull alternative to kanban. *Int. J. Prod. Res.*, 1990. Vol.28, No:5, 879-894.
- Yalçın, Ç.** (2020). Factory flow kullanım kılavuzu. (Powerpoint slaytı).
- Yalçın, S.E., Gündüz, T., Eren, M., Elmas, B., & Akın, S.** (2020). Çelik noru imalatında hazırlık sürelerine yönelik yakın üretim ve smed çalışması. *Journal of Industrial Engineering* 31(1), 87-104.
- Yangınlar, G., & Bal, N.** (2019). Yalın yönetim ve yalın lojistik kavramlarının irdelenmesi. *Stratejik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3(1), 151-161.

- Yıldız, S. K. B.** (2008). *Lojistik yönetiminde milkrun planlaması ve çapraz sevkiyat uygulaması*. (Yüksek lisans tezi). Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Yalçın, M , Elyas, C , Yıldız, S , Alpşen, C , Yalçın, G .** (2018). Yalın Metodolojinin Hastane Laboratuvar Süreçlerinin İyileştirilmesinde Kullanılması (Toyota Üretim Sistemi- Spaghetti Diyagramı) . *Konuralp Medical Journal* , 10 (1) , 99-104 . DOI: 10.18521/ktd.336102.
- Yılmaz E.** (2012). *Siparişe göre üretim yapan sistemlerde yalın üretim uygulamaları*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yılmaz, E.,&Ayabakan, M.** (2019).Digitalizaiton of the kanban system. 2019 *Proceedings of Picmet 2019:Technoogy Management in the World of Intelligent Systems*.
- Yurdugül, U.** (2010). *Değer akışı haritalandırma yöntemi ve bir uygulama*. (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yürek S.** (2012). *Bir otomotiv fabrikasında ürünlerin tedarikçilerden döngüsel sefer uygulaması ile toplanması problemi*. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Zegordi, S.H,& Kashan, A.H,&Kamalabadi, I.N,&Goodzarhi,A.H&Alpan, G.** (2020). Reliable cross-docking location problem under the risk of disruptions. *Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature* 2020.
- Url-1**< <https://yalindanisman.com/spagetti-diyagrami>>, erişim tarihi 03.12.2020.
- Url-2**<<https://www.donusumdanismanlik.com/kanban-nedir-uygulama-rehberi/>>, erişim tarihi 03.12.2020.
- Url-3**< <https://www.leanacademy.com.tr>>, erişim tarihi 07.12.2020.
- Url-4**<<https://falconfastening.com/lean-learning/inventory-management/how-to-create-a-plan-for-every-part-pfep-part-1-of-2/>>, erişim tarihi 13.12.2020.
- Url-5**<<https://lean.org.tr/yalin-kavramlar-cekme-tipi-uretim-pull-production/>>, erişim tarihi 15.12.2020.
- Url-6** < <https://slideplayer.biz.tr/slide/12562863/>>, erişim tarihi 16.12.2020.
- Url-7**< <https://strateji.ogu.edu.tr>>, erişim tarihi 20.12.2020.
- Url-8** < <https://www.natustech.com/is-akis-semasi-nedir/>>, erişim tarihi 22.12.2020.
- Url-9**<<https://www.slideshare.net/ElifTuygan/t-letme-ve-teknoloji-ynetimi-btrme-projes-82265053>>, erişim tarihi 22.12.2020.
- Url-10**<<https://yalindanisman.com/her-parca-icin-plan-hph-plan-for-every-part-pfep/>>, erişim tarihi 28.12.2020.
- Url-11**<[http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/c9e12d7b16dc49c\\_ek.pdf](http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/c9e12d7b16dc49c_ek.pdf)>, erişim tarihi 02.01.2021.



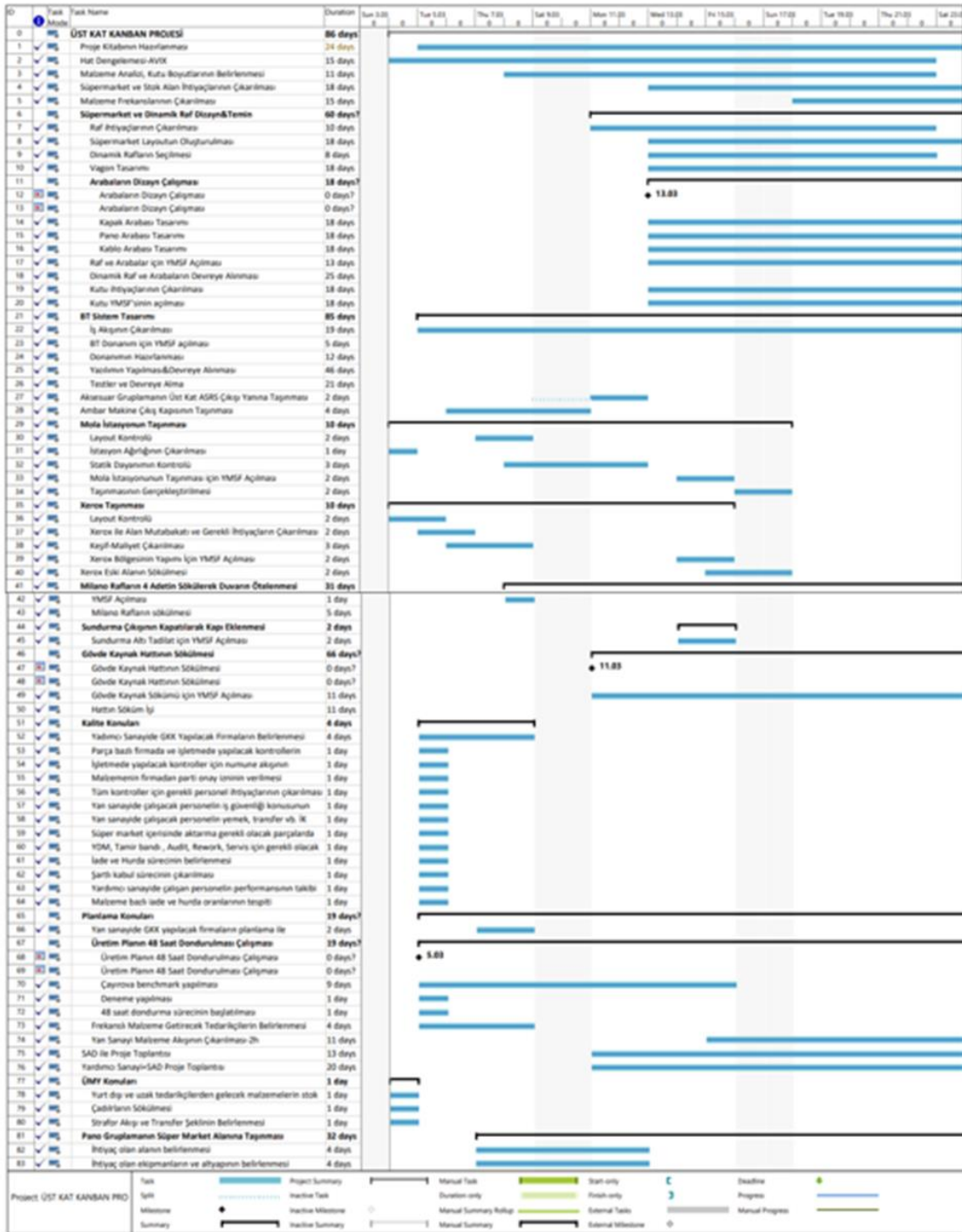
## **EKLER**

**EK A:** Proje Planı

**EK B:** AviX'te Dengeleme Prensipleri



## EK A



Şekil A.1 : Proje planı.

## EK B

### AviX'te Dengeleme Prensipleri

#### *AviX'te Standart Zaman:*

Zaman analizlerine bakıldığında, analiz edilen tüm zamanlar standart zamanlardır (MTM sürelerine dayalı olarak). Standart süreler, 100'lük bir çalışma hızında hesaplanır ve nesnenin hareket ettiği mesafeye ve nesneyle ilgili zorluk derecesine dayalı olarak ayarlanır. 100'lük bir tempo uluslararası kabul gören bir standarttır. Genel olarak çalışma temposu 100'ü geçmemelidir. Performans süresi standart zamanın altındaysa, operatör 100'ün üzerinde bir tempodan daha yavaş çalışıyor demektir. Öte yandan, performans zamanı standart zamandan daha kısaysa, çalışma temposu 100'ü aşar. Pratikte, daha uzun süreler için 100'den fazla çalışma temposunu korumak uygun değildir.

$$\text{Çalışma Temposu} = (\text{Standart Zaman} \times 100) / (\text{Performans Zamanı})$$

Akıllıca bir iyileştirme bulmak için AviX, sınıflandırma için bir renk sistemi kullanır. Belli bir üretim prosedürünü gerçekleştirmek için gereken farklı çalışma işlemleri, üç farklı renk kategorisine göre sınıflandırılır.

Renk sisteminin yardımıyla bir imalat şirketindeki her şey net bir şekilde sunulabilir. Bir işlem, tempo, iş istasyonu, komple bir üretim hattı, tüm fabrika veya bütün bir grup için kırmızı / sarı / yeşil analizler yapmak mümkündür.

#### Verimli İş – Yeşil:

Üretken çalışmada bir değer nesnesinin montajından bahsediyoruz. Montaj, ürüne bir değer nesnesi yerleştirmektir. Bu işlem, işin nihai üründe artmış müşteri değerine katkıda bulunduğu anlamına gelir. Tüm verimli işler yeşil renk ile temsil edilir. Değer nesnesi bir montaj işleminden önce veya sonra ayarlanamaz veya kurulamazsa, yeşil renk verilemez. Ürün üzerindeki sabitleme nesnesinin nihai yerleştirilmesine yeşil renk verilemez.

#### Aksiyonlar – Sarı:

Aksiyonlardan kasıt, üretken operasyonlar öncesinde veya sonrasında gerçekleşecek çalışma işlemleridir. Bu gibi operasyonlara örnekler:

- Bir değer nesnesi, sabitleme nesnesi veya üretim yardımcısı alma veya geri alma.

- Sabitleme nesnesinin üründeki son yerine yerleştirilmesi (montajı).
- Bir değer nesnesi veya sabitleme nesnesi ekleme.
- Kullanılmış olan üretim yardımcılarını kendi pozisyonlarında değiştirme.

Bu operasyonlar, üretken operasyonları gerçekleştirmek için her zaman gereklidir. Üretimde nesneler veya farklı araçlar bulunan tüm eylemler sarı renkte verilir.

#### Kayıplar – Kırmızı:

Kayıplar kırmızı renkle temsil edilir ve bir nesnenin veya aracın düzensizliğini ve iş akışındaki bir duruşu sembolize eder.

Düzensizlik, iş istasyonu dışındaki nesnelerin ve araçların hareketini (operatörün ulaşması) kapsar. Bu tür bir kayıp varolan düzenin bir sonucu olarak ortaya çıkar. Bu türden bir kayba örnek olarak:

- Adımlar, operatör nesneleri veya üretim yardımcılarını geri almak veya iade etmek için hareket etmelidir.
- Hareketler, operator nesneleri geri almak veya geri götürmek için bir üst vinç veya başka üretim yardımlarını kullanır.

Kayıplar, eylem ergonomik değilse operatörün veya montajcının erişiminde de ortaya çıkabilir. AviX'te ergonomik olmayan eylemler şunları içerir:

- Eğilme
- Esname
- Vücut Kısırama

Yukarıdaki fiziksel hareketler genellikle iş görevinin yürütülmesine veya nihai ürünün tamamlanmasına katkıda bulunmaz. Bunlar, operatörün gereksiz hareketi gerçekleştirmesini ve / veya işi yapmak için çalışma araçlarını geri almasını ve kaldırılmasını gerektiren yapısal sorunları ve / veya engelleri temsil eder.

#### Bekleme – Turuncu:

Operatör materyal veya diğer malzemeleri beklemek zorunda kalırsa bu bir kayıp olup, bu kayıplara turuncu renk verilir. Beklemek bir kayıptır fakat kırmızıdan kendine has rengi olan turuncuyla ayrılır.

### *AviX'te Aktiviteler:*

Tüm gerçekleştirilen iş operasyonları AviX'te farklı etkinlikler halinde sınıflandırılır. Bu, sonucun her etkinlik için hesaplanmasını sağlar, yani ürünün toplam süresinin farklı etkinlikler arasında nasıl dağıldığını gösterir. Ayrıca, hangi renge hangi eylemin verileceğini belirleyen nesne türü ile birlikte olan Şekil X.X'deki gibi aktiviteler de vardır. İşlemin yeşil, sarı veya kırmızı renkte verilir verilmeyeceğini belirleyen nesne türü (değer nesnesi veya sabitleme nesnesi) ile birlikte bir çalışma işlemi için seçilen etkinliktir. Yeşil zaman (üretken zaman) yalnızca bir değer nesnesinin montaj kombinasyonuna verilir.

| Aktivite   | Tanım                                                             | Renk    |
|------------|-------------------------------------------------------------------|---------|
| Al         | Bir nesneyi veya üretim yardımcısını al                           | SARI    |
| Yerleştir  | Bir nesneyi veya üretim yardımcısını yerleştir                    | SARI    |
| İşle       | Bir nesneyi veya üretim yardımcısını işle                         | SARI    |
| Tak        | Tüm vida hareketleri veya aşamaları                               | SARI    |
| Ayarla     | Bir nesneyi montaj işleminden önce veya sonra ayarlama            | SARI    |
| Montaj yap | Ürün veya başka bir nesnenin son konumuna yerleştirilen bir nesne | YEŞİL   |
| İş         | Oğütme, frezeleme, delme gibi katma değerli işler                 | YEŞİL   |
| Denetle    | Kontrol boyunca ürünü denetlemek                                  | SARI    |
| Dön        | Bir nesneye veya üretim yardımına geri dönmek.                    | SARI    |
| Talimat    | İş talimatı okumak                                                | SARI    |
| Yönetim    | Form doldurmak veya terminale bir şey girmek                      | SARI    |
| Bekleme    | Bir makineyi beklemek veya başka bir etkinliğin tamamlanması      | TURUNCU |

**Şekil B.1 :** AviX'te aktivite tanımları.

### *AviX'te İş İstasyonlarına Standart Zaman Tahsisi:*

Nesneye veya üretim yardımcısının taşındığı mesafeye nesneyi veya üretim yardımını taşıma / taşıma zorluğuna dayanarak nesneye standart bir zaman tahsis edilir. AviX dört standart sınıftan oluşur:

**Çizelge A.1 :** AviX'te standart sınıflar.

| Standart sınıf | Eşittir     |
|----------------|-------------|
| A              | 2.23 saniye |
| B              | 1.11 saniye |
| C              | 0.56 saniye |
| D              | 0.28 saniye |

### *AviX'te Hareketlere Standart Zaman Tahsisi:*

Bir operatör, kollarının uzunluğu içinde belirli bir görevi yerine getiremezse, operatör hareket etmelidir. Duran bir operatör yaklaşık 70cm'lik bir erişime sahiptir. Bu mesafenin dışında bir şey olduğunda, bir hareket olmalıdır. Bu hareketler ürüne herhangi bir değer katmaz, ancak işyerinin tasarımı nedeniyle gereklidir. Bir nesne bu erişime dahil olmadığında, operatör nesneye doğru hareket etmelidir. Bu hareket, nesnenin bulunduğu yere bağlı olarak, nesnenin üzerine eğilmek, oturmak veya germek şeklinde olabilir. Bu hareketlere daima kırmızı renk verilir. Ergonomik olmayan hareket zamanı adımlar dışındaki tüm hareketler için de analizde yer verilmiştir.

#### Adımlar

Fiziksel hareketleri analiz etmek için operatörün adımları basitçe sayılır. Standart bir adım 0.78 metredir ve 0,71 saniye sürer.

#### *Eğilme*

Eğilme, operatörün bir şeyleri alıp bırakması için eğilmesini gerektirir. Eller eğilme işlemi sırasında dizlerin altında bir pozisyonda sarılırsa, hareket bir eğilme olarak sayılır.

#### Gerilme

Gerilme operatörün kol uzunluğunun dışındaki bir şeyle çalışmasını gerektirir. Omuz yüksekliğinin üstünde bir hareket gerçekleştirilirse bir germe uygulanır.

#### Vücut Döndürme

Operatör birşeyler alması veya yerleştirmesi için döndüğünde vücut bükülmesi oluşur.

#### Özel Hareket Durumları

Bir adım yukarı veya aşağı yürümek

Bir operatör, hiçbir şey taşımadan bir merdiven çıkarsa, yalnızca adım sayısı sayılır. Yüksekliği 20cm'yi aşan bir platformun monte edilmesi, her adıma bir kuvvet ünitesi kullanılmasını gerektirir. Merdivenlere tırmanırken veya platformu monte ederken operatör 10 kg'dan daha ağır bir şey taşıyorsa, her adım için bir kuvvet ünitesi de eklenir.

### Merdiven çıkmak

Operatör merdivene tırmandığında, her adım için kuvvet birimi kullanılır.

### Yüklü bir arabayı çekmek

Normalde yüklü bir arabayı taşımaya başlamak için bir kuvvet ünitesi kullanımı yapılır ve bunu yaparken ilk adım iki adım olarak sayılır. Takip eden adımlar normal adımlar olarak sayılır. Arabanın belirli bir yere park edilmesi gerekiyorsa, arabanın frenlenmesi için başka bir güç ünitesi kullanılmaktadır.





## ÖZGEÇMİŞ

**Ad-Soyad** : Tuba TOPUZ

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2015,YTÜ, Makine Fakültesi, Endüstri Mühendisliği