

**T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**ÖZEL GELİŞTİRİLEN BİR KALIP TAKİP SİSTEMİNİN  
HIZLI VERİ TOPLAMA İÇİN KULLANILMASI VE KALIP  
MİKTAR VE DURUMUNA BAĞLI İŞ ÇİZELGELEME**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**FURKAN DIRMİKCI**

**BALIKESİR, KASIM - 2018**

**T.C.**  
**BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**ÖZEL GELİŞTİRİLEN BİR KALIP TAKİP SİSTEMİNİN**  
**HIZLI VERİ TOPLAMA İÇİN KULLANILMASI VE KALIP**  
**MİKTAR VE DURUMUNA BAĞLI İŞ ÇİZELGELEME**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**FURKAN DIRMİKCI**

**Jüri Üyeleri : Dr. Öğr. Üyesi Kadriye ERGÜN (Tez Danışmanı)**

**Dr. Öğr. Üyesi İbrahim KÜÇÜKKOÇ**

**Dr. Öğr. Üyesi Tuğba TUNACAN**

**BALIKESİR, KASIM - 2018**

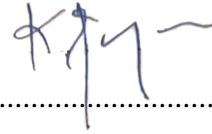
## KABUL VE ONAY SAYFASI

**Furkan DIRMİKCI** tarafından hazırlanan “**ÖZEL GELİŞTİRİLEN BİR KALIP TAKİP SİSTEMİNİN HIZLI VERİ TOPLAMA İÇİN KULLANILMASI VE KALIP MİKTAR VE DURUMUNA BAĞLI İŞ ÇİZELGELEME**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 19.11.2018 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman  
Dr. Öğr. Üyesi Kadriye ERGÜN



Üye  
Dr. Öğr. Üyesi İbrahim KÜÇÜKKOÇ



Üye  
Dr. Öğr. Üyesi Tuğba TUNACAN



Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Necati ÖZDEMİR

.....

## ÖZET

**ÖZEL GELİŞTİRİLEN BİR KALIP TAKİP SİSTEMİNİN HIZLI VERİ  
TOPLAMA İÇİN KULLANILMASI VE KALIP MİKTAR VE DURUMUNA  
BAĞLI İŞ ÇİZELGELEME  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
FURKAN DIRMİKCI  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ KADRIYE ERGÜN)  
BALIKESİR, KASIM - 2018**

Rekabetçi piyasa ortamında hayatta kalmak isteyen firmalar her bir üretim biriminde etkin, verimli ve ekonomik bir operasyon gerçekleştirebilmek için, üretim planlama ve kontrol sistemlerini entegre etmek ve kullanmak zorundadırlar. Üretim planlama ise üretim sürecinin gerçekleşmesinden önce yapılan bir faaliyettir. Üretim planı, operasyon sırasını, personel sayısını ve işlerin sıralanması için gönderim önceliklerini belirlemeyi içerir. Çalışmanın yapıldığı işletmede gerçekleştirilmek istenen bu hedef doğrultusunda üretim yapabilmek için kullanılan kalıpların sayısının artmasından dolayı elde tutma maliyetlerinde büyük artışlara ulaşılacağı gözlenmiştir. Etkin ve verimli çalışmak isteyen bu firmada elde tutma maliyetlerini optimize edebilecek olan üretim ve stok miktarlarına ait senaryoları uygun kısıtlar altında gözlemleyebilecek ve karar desteği sağlayacak teknikleri kullanmayı amaçlamıştır. Bu yaklaşım üretimde, maliyet ve teslim süresi avantajı elde etmeleri için daha ölçülebilir ve kolay bir yol oluşturmuştur.

İş çizelgeleme, gelecek dönemler için malzeme ve zaman faktörü açısından birbiri ile bağlantılı ve bağlayıcı kararlara varılan çok aşamalı bir süreçtir. Katkı sağlayıcı bir çizelgeleme için, eldeki kısıtlı kaynaklara göre üretim süreci ve bu süreçte kullanılacak kaynakları güncel teknolojiler ile takip edebilmeli ve hızlı aksiyon alabilme durumuna ulaşılmalıdır. Çalışmada, Türkiye' nin en büyük yerli sermaye ile trafo üreticisi olan firmanın kuru tip transformatör üretim tesislerinde kritik rol alan kalıpların takibi ve üretim çizelgeleme problemine bir çözüm önerisi sunulmuştur. Bu hedef doğrultusunda kalıp bilgisine ve durumuna ihtiyaç duyan tüm personelin erişebilmesi için bir masaüstü yazılım geliştirilmiş ve sahadan anlık olarak veri toplayabilmek için mobil el terminali kullanılmıştır. Firmada bulunan tüm kalıplar ısı ve ışığa dayanıklı barkod etiketleri yapıştırılmıştır. Planlama işlemini gerçekleştirmek için bir sıralama algoritması geliştirilmiştir. Geliştirilen algoritma ve takip sistemi ile hem iş çizelgeleme senaryoları hem de takip edilmesi zor olan kalıplar hakkındaki tüm bilgiler tek bir noktada toplanmıştır.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Sezgisel algoritmalar, barkod ile stok takibi, üretim çizelgeleme

## **ABSTRACT**

### **USE OF A SPECIFICALLY DEVELOPED MOLD TRACKING SYSTEM FOR FAST DATA COLLECTION AND JOB SCHEDULING WITH MOLD QUANTITY LEVEL**

**MSC THESIS**

**FURKAN DIRMİKCI**

**BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE  
INDUSTRIAL ENGINEERING**

**(SUPERVISOR: ASSIST. PROF. DR. KADRIYE ERGUN)**

**BALIKESİR, NOVEMBER 2018**

Companies that want to survive in a competitive market environment have to integrate and use production planning and control systems in order to be able to perform efficient, productive and economical operations in each production unit. Production planning is an activity carried out before the production process takes place. The production plan includes determining the order of operations, the number of staff and the priorities for sorting jobs. It has been observed that large increases in the holding costs can be achieved due to the increase in the number of molds used for production in the direction of this target which is to be realized in the operation of the worker. This company which wants to work effectively and efficiently aims to use techniques that can observe the scenarios of production and stock quantities that can optimize the holding costs under suitable constraints and provide decision support. This approach has created a way to be more measurable and easy to achieve in production, cost and delivery time advantages.

Job scheduling is a multi-stage process that reaches interconnected and binding decisions in terms of material and time factors for the coming periods. For contributory scheduling, it is necessary to follow the production process and the resources to be used in this process with current technologies according to the limited sources available and to be able to take action quickly. In the study, Turkey's largest domestic capital firm with dry-type transformer manufacturer follow the pattern of areas critical role in the production facilities and production scheduling suggest a solution to the problem is presented. For this purpose, a desktop software was developed for all workers in need of mold information and status, and a mobile hand terminal was used to collect data instantly from the production site. Heat and light resistant barcode labels are attached to all molds in the company. The sorting algorithm has been developed to carry out the planning process. With the developed algorithm and tracking system, all the information about the work scheduling scenarios and the molds which are difficult to follow are gathered in a single point.

**KEYWORDS:** Heuristic algorithms, barcode tracking systems, production scheduling

# İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>iv</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>KISALTMALAR LİSTESİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>vii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. İŞ SIRALAMA VE ÇİZELGELEME</b> .....	<b>3</b>
2.1 Çizelgelerin Sınıflandırılması.....	8
2.1.1 İşlerin Geliş Şekli.....	8
2.1.2 Tezgâh Sayısı .....	9
2.1.3 Üretim Tipi.....	10
2.2 Çizelgelemede Kullanılan Öncelik Kuralları .....	13
2.3 Optimizasyon Modelleri.....	14
2.4 Literatür Araştırması .....	16
<b>3. HIZLI VERİ TOPLAMA TEKNİKLERİ</b> .....	<b>18</b>
3.1 Barkod .....	18
3.1.1 Çizgi Barkodlar .....	19
3.1.2 Karekodlar.....	19
3.2 Barkod Okuyucular ve Barkod Yazıcılar .....	20
3.2.1 Barkod Okuyucu Tipleri .....	21
3.2.2 Barkod Yazıcı Tipleri.....	23
<b>4. UYGULAMA</b> .....	<b>26</b>
4.1 Firma Hakkında Bilgiler.....	26
4.2 Kuru Tip Transformatörler .....	26
4.3 Problemin Tanımı.....	31
4.4 Uygulamanın Amacı ve Önemi .....	32
4.5 Projeye İlişkin Bilgiler .....	33
4.5.1 Varsayımlar .....	35
4.5.2 Geliştirilen Programa Ait Bilgiler.....	36
4.6 Mevcut Durum ile Geliştirilen Durumun Karşılaştırılması ve İşletmeye Ekonomik Açından Katkıları.....	58
4.7 Algoritmanın Örnek Problemler Üzerinde Çalıştırılması.....	59
4.7.1 Kalıp Kısıtlı Çözümler .....	59
4.7.2 Üretim ve Kalıp Sayısı Eşit Çözümler .....	60
4.7.3 Karmaşık Çözümler .....	60
<b>5. SONUÇ VE GELECEK ÇALIŞMALAR</b> .....	<b>64</b>
<b>6. KAYNAKLAR</b> .....	<b>66</b>
<b>7. EKLER</b> .....	<b>70</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1: Üretim akış şeması .....	7
Şekil 3.1: Örnek çizgi barkod .....	19
Şekil 3.2: Örnek karekod .....	20
Şekil 3.3: Kablolu el tipi barkod okuyucu .....	21
Şekil 3.4: Kablosuz el tipi barkod okuyucu .....	21
Şekil 3.5: Tetiksiz el terminali .....	22
Şekil 4.1: Sarım prosesi .....	28
Şekil 4.2: İç ve dış kalıplar stok alanı .....	29
Şekil 4.3: Reçine dolum istasyonu ve fırın .....	30
Şekil 4.4: Kuru tip transformatör .....	30
Şekil 4.5: Çözüm önerisi şematik gösterimi .....	36
Şekil 4.6: El terminali ana ekranı .....	37
Şekil 4.7: Kalıp aktarma ekranı ve barkod okuma .....	38
Şekil 4.8: Giriş ekranı .....	38
Şekil 4.9: Program ana ekranı .....	41
Şekil 4.10: Barkod basma detaylı iç kalıp sayfası .....	42
Şekil 4.11: Dış kalıplar kümülatif .....	43
Şekil 4.12: Hurda dış kalıplar raporu .....	43
Şekil 4.13: Kalıp sipariş açılması .....	44
Şekil 4.14: ERP sisteminden proje çekilmesi .....	45
Şekil 4.15: Kayıtlı projeler .....	46
Şekil 4.16: Kayıtlı bobinler .....	47
Şekil 4.17: Projelere bobin atanması .....	48
Şekil 4.18: Proje ve projelere ait bobinler ağacı .....	49
Şekil 4.19: Bobinlere uygun kalıplar .....	50
Şekil 4.20: Kalıplara uygun bobinler .....	51
Şekil 4.21: Kayıtlı iç kalıp şablonları .....	51
Şekil 4.22: Kayıtlı raflar .....	52
Şekil 4.23: Kayıtlı istasyonlar .....	52
Şekil 4.24: Bazı bobinlerin proseslerde geçireceği süreler .....	53
Şekil 4.25: İş sıralama algoritmasına girecek bobinlerin seçimi .....	54
Şekil 4.26: İş sıralama algoritması iş akış şeması .....	56
Şekil 4.27: Sonuç Gantt şeması .....	57

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 4.1:</b> Bir proje bir kalıp sarım sonucu .....	59
<b>Tablo 4.2:</b> Bir proje bir kalıp kalıplama sonucu .....	59
<b>Tablo 4.3:</b> Bir proje bir kalıp fırın-döküm sonucu .....	59
<b>Tablo 4.4:</b> Bir proje üç kalıp sarım sonucu .....	60
<b>Tablo 4.5:</b> Bir proje üç kalıp kalıplama sonucu .....	60
<b>Tablo 4.6:</b> Bir proje üç kalıp fırın-döküm sonucu.....	60
<b>Tablo 4.7:</b> Birden fazla kalıp ve istasyona ait sarım sonucu.....	61
<b>Tablo 4.8:</b> Birden fazla kalıp ve istasyona ait kalıplama sonucu .....	62
<b>Tablo 4.9:</b> Birden fazla kalıp ve istasyona ait fırın-döküm sonucu .....	63



## KISALTMALAR LİSTESİ

ERP	:	Enterprise resource planning (Kurumsal kaynak planlama)
SQL	:	Structured query language (Yapılandırılmış sorgu dili)
AG	:	Alçak gerilim
YG	:	Yüksek gerilim
RDBMS	:	Relational database management system (İlişkisel veri tabanı yönetim sistemi)
SMTP	:	Simple mail transfer protocol (Basit posta aktarım protokolü)
POS	:	Point of sale (Satış noktası terminali)
EAN	:	European article numbering (Uluslararası madde numaralandırma)
FIFO	:	First in first out (İlk giren ilk çıkar)
IDE	:	Integrated development environment (Bütünleşik geliştirme ortamı)
CPM	:	Critical path method (Kritik yol metodu)
RFID	:	Radio frequency identification (Radyo frekanslı tanımlama)

## ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanmasında büyük emeği geçen tez danışmanım sayın Dr. Öğr. Üyesi Kadriye ERGÜN hocama teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca alışma dönemim boyunca beraber çalıştığım, uzakta veya yakında hem teorik ve teknik bilgisi ile hem de manevi destekleri ile yardımcı olan sayın Prof. Dr. Ramazan YAMAN hocama teşekkürü bir borç bilirim.

Tez sırasında bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan BEST A.ř. şirketindeki değerli çalışma arkadaşlarıma, bana bir çok konuda olduğu gibi, tezimi hazırlamam esnasında da yardımlarını esirgemeyerek anlayış gösteren Abdullah CİCİBAş' a teşekkürler. Her zaman özveri ve sevgilerini esirgemeyen ve varlıklarıyla mutlu olduğum aileme de sonsuz sevgilerimi sunarım.

# 1. GİRİŞ

Günümüz dünyasında, birçok sektörde, özellikle de üretim ve hizmet sektörlerinde faaliyet gösteren firmalar, pazarda söz sahibi olmaları ve tüm dünyadaki firmalara ayak uydurabilmeleri için durmadan gelişen bir sürece sahip olmaları gerekmektedir. Küreselleşmeyle birlikte şehir, ülke ve hatta iş dünyasının geri kalanında yer alan tüm firma ve müşterilere erişim kolay hale gelmiştir. Bu erişim kolaylığı ile firmalar çalışmalarını gece ve gündüz devam ettirmek zorunda kalmışlardır. Bir başka deyişle günde 24 saat ve haftada 7 gün çalışma yapılı hale gelmiştir. Üretime hiç durmadan devam eden günümüz dünyasının herhangi bir şirketi, çalışma süresinin ve kısıtlı kaynakların verimli yönetilmesine yönelik iyi bir işgücü programına sahip olması gerekmektedir. Bunun yanında tüketicilerin talebini verilen termin süresince karşılamak adına, işletmeler stok bulundurmaya da zorundadır.

Stok yönetimi, firmaların faaliyetlerini yürütebilmek için satmak üzere ürettiği ya da üretim aşamasında kullanılan her türlü hammadde ve ekipmanın kontrolünü içermektedir. Bu kontrol güncel teknolojiler yardımı ile verimli ve etkin bir biçimde yapılabilir. Tüm bilgilerin tek bir noktada toplanarak raporlandığı sistemlere olan erişim ve bu sistemlere veri beslemek tüm paydaşlar tarafından hızlıca yapılabilir durumda olmalıdır. Toplanan verilerin güncelliği ve doğruluğu verilecek kararlar açısından kritik önemdedir. Bu noktada hızlı ve mobil veri toplama teknikleri arasında en yaygın olarak kullanılan, kolay uygulanan ve düşük maliyetli bir sistem olan barkod teknolojisi öne çıkmaktadır.

Tüm şirketler için, güçlü bir iş çizelgeleme çözümünün olmaması kaçınılmaz sorunlara işaret eder, çünkü etkili zamanlama, tüm yapılacak gerekli görevlerin doğru zamanda yerine getirilmesini en iyi şekilde sağlayan süreçtir. İş sıralama sürecinde manuel kontrol söz konusu olduğunda, planlama personelinin zamanını kaplar ve diğer kritik işlere odaklanmalarını önler.

Bu çalışmada dünyanın bir çok ülkesine ihracat yapan, transformatör sektöründe faaliyet gösteren üretici bir firmanın kuru tip transformatör tesislerinde iş sıralama ve kalıp yönetimini sistematik bir süreç haline getirmeye yönelik bir proje

yapılmıştır. Çözömlenmek istenen sorun ise, işletmenin kalıplara yönelik belirli bir takip sistemine sahip olmaması ve elde tutulması gereken kalıp miktarı ile ilgili bir senaryo analizi yapılamıyor olması nedeniyle mevcut kalıp miktarının tecrübe ile yönetilmesidir.

Üretim alanındaki kalıp hareketleri ve eldeki miktarın takibinin doğru yapılması ve raporlanması kritik olan bir süreçtir. Dolayısı ile burada yapılan hatalar, üretim ve malzeme planlamayı yanlış yöne sevk etmektedir. Bu yönlendirme sonucu da elde bulunan malzemenin sayısını, durumunu ve yerini tespit edememe, ihtiyaçtan fazla veya az kalıp bulundurmak ile müşteriye söz verilen termini yerine getirememe, ihtiyaç fazlası veya artık kullanılamaz haldeki kalıplar üzerinde aksiyon alınmaması sonucu elde tutma maliyetlerinin artması gibi birçok olumsuz sonuçlar doğurmaktadır.

Tespit edilen sorunların çözümü adına sahadan hızlı veri toplayabilmek için mobil el terminali kullanılmıştır. Bu sayede kalıp bilgisi veri tabanında anlık olarak güncellenebilmektedir. Bu bilgi ise planlama işleminde kullanılacaktır. Firmada bulunan tüm kalıplar ısı ve ışığa dayanıklı barkod etiketleri yapıştırılmıştır. Planlama işlemini gerçekleştirmek için bir sıralama algoritması geliştirilmiştir. Algoritma kapsamı personel, makine tipi ve kapasitesi, kalıp sayısı ve üretim sayısını kapsamaktadır.

Çalışmanın ilk bölümünde iş sıralama ve çizelgeleme sistemlerinin önemi vurgulanmış ve çeşitli üretim sistemlerine yönelik literatür araştırması yapılmıştır. Buradan elde edilen bilgiler ışığında oluşturulacak olan iş sıralama algoritmasına karar verilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde barkod sistemlerinin gelişimi, çeşitli barkod sistemleri, barkod okuyucu ve yazıcıları hakkında bilgiler verilmiş, uygulamada kullanılan sistem için altyapı oluşturulmuştur.

Çalışmanın son bölümünde gerekli görüşme, inceleme ve araştırma yapıldıktan sonra işletmenin mevcut ERP sistemi ile entegre bir şekilde çalışan bir ara yazılım geliştirilmiş ve bütün yürütölen süreçler hakkında bilgiler verilmiştir.

## 2. İŞ SIRALAMA VE ÇİZELGELEME

Çizelgeleme, belirli bir zaman sürecinde kaynakların işlere tahsisi ile ilgilidir ve bir ya da daha çok hedefin optimizasyonunu amaçlayan, üretim ve hizmet sektörlerinin birçoğunda düzenli olarak kullanılan bir karar verme sürecidir (Pinedo, 2008). Çizelgeleme en genel anlamda, bir üretim sisteminde belirli bir dönemde yapılacak işlerin sıralarının ve zamanlarının belirlenmesi ve buna uygun olarak gerekli kaynakların tahsis edilmesi şeklinde tanımlanmaktadır (Mutlu, 1993). Başka bir tanıma göre çizelgeleme, sınırlı kaynakların (makine, işçi, donanım , alet vb.) belirli bir amaç veya amaçlar doğrultusunda, belirli kısıtlar altında ve belirli bir zaman aralığında işleri bitirebilmek için işlere atanması ile ilgili karar verme sürecidir (Büyüksünetçi, 2006).

Sıralama işlemi üretim, imalat, yönetim, bilgisayar bilimi ve bunun gibi pek çok alanda kullanılan önemli bir prosestir. Genel olarak ihtiyaç duyulan kısıtların altında, kaynakların yüksek zamanlı işlere atanmasıyla ilgilenir. Uygun olan sıralama şekli, bütün zamanı küçültürken, ürün kalitesini artırır. Kaynaklar ve işler pek çok formlarda olabilmektedir. Sıralama amacı, sonuncu işin tamamlanma zamanı minimizasyonu olabileceği gibi, her işin teslim tarihinden önce tamamlanması da olabilmektedir (Hon, 1998).

Çizelgeleme, istenen sürede istenen çıktıların elde edilmesi için yerine getirilmesi gereken tüm eylemlerin kaynaklar ile eylemler arasındaki ilişki kısıtların ve zaman kısıtlarının sağlanarak seçilmesi, örgütlenmesi ve kaynak kullanımının zamanlanması sürecidir (Sipper ve Bulfin, 1997).

Sabuncuoğlu (1998) çizelgelemeyi, sistem kaynaklarının çeşitli işlere veya faaliyetlere zaman temelinde tahsis edilmesi olarak tanımlamıştır.

Bir ürünün üretilmesi için;

- İş görenin nerede, ne zaman gerekli olduğunun,
- Gerekli faaliyetlerin zamanlamasının,

- Üretime başlama ve üretimi tamamlama zamanlarının,
- Çalışma zamanının belirli bölümlerinde hangi iş merkezlerinde hangi işlemlerin yapılacağına,
- İş istasyonlarının yeni işlemler için ne zamana hazır olacağı belirli olmalıdır.

Çizelgeme problemlerinin çözümüne olan yaklaşımların değişkenliği, sistem verimliliğini artırıcı çeşitli çizelgeleme amaçlarının olması gerektiğini ortaya koymaktadır (Çelikçapa, 1999). Çizelgelemenin temel amaçları aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir (Alpay ve Yüzügüllü, 2004):

- Müşteri isteklerine daha çabuk cevap verilmesi,
- Akış rotası ve işin sistem içerisinde harcadığı sürenin minimizasyonu
- Üretim kaynaklarının en verimli şekilde kullanılması

İşlerin, teslim tarihlerinde saptmaya neden olunmadan tamamlanması: Cheng ve Jiang (1998), işlerin gecikmesinin çoğunlukla gecikme cezaları ve müşteri iyi niyeti kaybı yaşanırken, işlerin erken tamamlanmasının ise bitmiş ürün stokunun artması ile sonuçlanarak stok tutma maliyetini artıracaklarını belirtmiştir (Alpay ve Yüzügüllü, 2004).

Çizelgeleme, üretim ve hizmet sektörlerinde çok önemli role sahiptir. Bir işletmede çizelgeleme fonksiyonu, matematiksel teknikler veya sezgisel yöntemler kullanılarak sınırlı kaynakların görevlere tahsis edilmesi işlemini gerçekleştirir ve böylece kaynakların uygun olarak atanmasıyla işletmenin hedeflerine en iyi şekilde ulaşması sağlanır (Öztuncel, 2007). Ayrıca, çizelgeleme yardımıyla işlerin hangi kaynaklar tarafından hangi sırayla yapılması gerektiği belirlenerek üretim planları karşılanabilmekte ve siparişler söz verilen teslimat tarihlerine yetişebilmektedir. Çizelgelemede kaynaklar; makineler, işçiler, malzemeler veya üretim sistemine kısıt oluşturan her şey olabilir. Çizelgeleme, her kaynak için iş sırasını ve tahmini başlangıç ve bitiş tarihlerini belirler. Bir başka deyişle; planlama ile hangi üründen hangi tarihler içerisinde ne kadar üretilmesi gerektiği elde edilir, yani ne yapılacağı belirlenmiş olur. Bunun, mevcut sistemin iş yüküne, kaynakların kapasitesi ve stok durumuna göre nasıl yapılacağı, hangi işlemin hangi kaynağa atanacağı, işlemlerin hangi sırada gerçekleştirileceği ise çizelgeleme kapsamına girer (Boray, 2007). Çizelgelemenin ilgilendiği sorunlar şu şekilde sıralanabilir (Aladağ, 2010):

- Hangi iş merkezi hangi işi yapacak?
- Bir işlem/ iş ne zaman başlayacak ne zaman bitecek?
- İş hangi donanımla, kim tarafından yapılacak?
- İşlemlerin/ işlerin sıralaması ne olacak?

Uygulama bölümünde problemin çözümüne yönelik algoritma çalıştırıldıktan sonra iş sırasının karmaşıklığını görsel olarak kolaylaştıran ve gözler önüne süren bir gantt şeması çizilmektedir. Henry L. Gantt, üretim kontrolü için şemalar geliştirmiştir. Cox ve arkadaşlarına göre Gantt şeması; planlanan performans ile gerçekleşen performans arasındaki ilişkiyi grafik olarak göstermek üzere dizayn edilen ilk ve en çok tanınan kontrol şemasıdır (Herrmann, 2006). Diğer bir tanıma göre Gantt şeması; yatay eksene zaman, düşey eksene faaliyetlerin sıralanmasıyla çizilir. Çoğu kez faaliyetlerin başlangıçtan bitişe doğru sıralanmış hali kullanılır. Kaynak dengeleme gibi özel durumlarda farklı sıralamalarda kullanılabilir. Şemada ilk faaliyet sıfırıncı andan başlayarak süresi kadar yatay çubukla ifade edilecek şekilde çizilir. İzleyen faaliyetlerde öncülük ilişkisine bağlı olarak konumlandırılır. Bütün faaliyetlerin çizimi tamamlandığında, son faaliyetin bitiş zamanı projenin tamamlanma zamanını, başlangıçtan bitişe kadar kesintisiz olarak süren faaliyetler dizisi de kritik faaliyetleri gösterir. Diğerleri de geciktirilebilir faaliyetler olarak isimlendirilir. Şemadan bu faaliyetlerin ne kadar geciktirilebilecekleri, öncülük ilişkilerine dikkat edilerek hesaplanır (Ünle, 2007).

En bilinen üç Gantt şeması; yükleme, yerleşim ve proje Gantt şemalarıdır. Aslında Gantt şeması bir bar şemasıdır. Şemada yatay eksen süreyi, dikey eksen aktiviteler, makineler, çalışanlar veya diğer kaynakları gösterir. Barlar (çubuk diyagramlar), yükleme süreleri veya aktivitelerin başlama ve bitiş sürelerini göstermek için kullanılır. Gantt şeması kompleks çizelgelemeyi açıklayan görsel bir özettir (Nahmias, 2001).

Bahsi geçen bu sorunlar çözümlendiğinde özellikle makine ve iş gücü ile zaman açısından baktığımızda kıt kaynakların en verimli şekilde yönetilmesi sağlanmış olacaktır. Çizelgeleme de yapılması gereken görevler için bir veya daha fazla amacı en iyi kılacak şekilde kıt kaynakların tahsis edilmesiyle ilgilidir. Burada kıt kaynaklar bir atölyedeki tezgâhlar, bir hava alanındaki pistler, bir inşaattaki

çalışanlar, bir bilgisayarın işlem üniteleri ve benzer olabilir. Görevler ise üretimdeki işlemler, hava alanındaki iniş ve kalkışlar, inşaatın inşaat safhaları ve bilgisayar programlarının çalıştırılması vb. olabilir. Görevlerin bir öncelik seviyesi, mümkün en erken başlama ve en geç tamamlanma zamanları olabilir. Amaçlar ise yapılacak olan son görevin tamamlanma zamanının en aza indirilmesi, geciken görev sayısının en aza indirilmesi vb. olabilir (Pinedo, 1995).

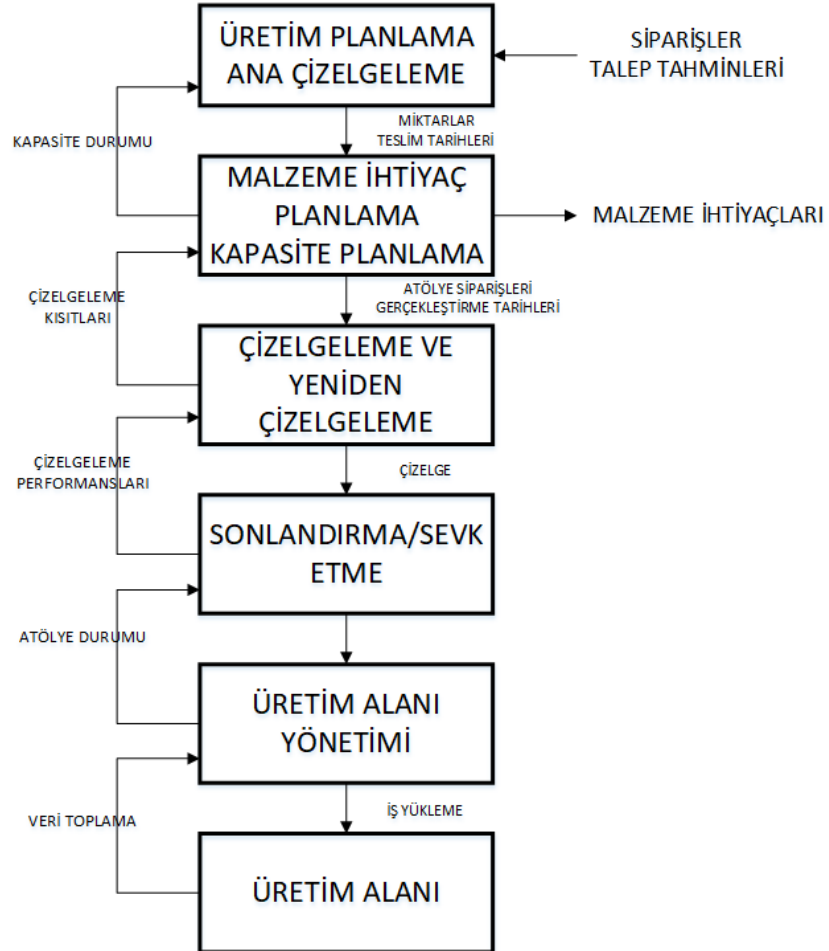
Çizelgeleme işlevi, diğer önemli üretim işlevleriyle sıkı bir etkileşim içerisindedir. Çizelgeleme, öncelikle orta ve uzun vade üretim planlama işlevi ile ilgilidir. Çizelgelemenin katkısıyla, orta ve uzun dönem üretim planlama stok seviyeleri, kaynak kapasiteleri ve talep tahminleri göz önünde bulundurulur, en üst düzeyde ürün karışımı ve uzak dönem kaynak tahsisine karar verilir. Bu durum çizelgeleme işlevi üzerinde birinci adımda etkilidir. Süreç planı, iş kontrol zamanları ve termin tarihlerini içerecek iş emirleri oluşturulmuştur. Diğer bir nokta, atölye düzeni kontrol işlevi ile etkileşerek, önce atölye kapasitesi, tezgah kapasitesi, personel kapasitesi vb. gibi fabrika durumu bilgilerini alıp işler ve daha sonra atölye için iş sıralaması içeren çizelgeyi üretir.

Üretim planlama sürecinde çizelgeleme; tahmin, bütünleşik planlama ve malzeme ihtiyaç planlamasından sonraki adımdır. Malzeme ihtiyaç planlamasında ürünün her bir parçasının ya da bileşenin ihtiyaç duyacağı zamanlar belirlenir. Çizelgeleme, belirli bir makinede işlem görecektir işleri ve emirleri, işlerin tamamlanma sırasına göre ortaya koyarak planlama sürecini bir adım daha ileri götürür. Çizelgeleme; kaynak kısıtları, işlerin zamanında tamamlanması ve çalışanlar, makineler için bekleme zamanlarının azaltılması gibi hedefleri dikkate alarak, üretimin etkili bir şekilde başarıya ulaşmasına imkân sağlar (Seçme, 2006). Bu duruma örnek bir üretim akış şeması Şekil 2.1' de yer almaktadır.

Çizelgeleme, üretim planlama ve kontrol sisteminin fabrikaya yansıyan ana yüzüdür. Bir sonlu kapasite çizelgeleme yazılımı ile fabrikada üretimin o anki durumu hakkında bilgiye sahip olduğundan ani siparişlere daha hızlı cevap verilebilmekte, potansiyel siparişler için test yüklemeleri yaparak, teslimatlar için daha gerçekçi tarihler belirlenebilmektedir. Fazla mesai çalışmanın, üretim kapasitesi üzerindeki etkisi gerçek uygulamaya geçmeden test edilebilmekte, iyi bir çizelgeleme sistemi ile daha gerçekçi iş sıralamaları, parti büyüklüklerinde azalma ve daha kısa üretim



zamanları sağlanabilmektedir (Boray, 2007). Ayrıca, çizelgeleme yardımıyla işletmeler, müşterilerine ürünleri zamanında teslim edebildiklerinden müşteri memnuniyeti sağlayabilmektedir. Müşteri isteklerine zamanında cevap verilememesi halinde ise işletmelerin sıkı rekabet ortamında önemli kayıpları söz konusu olabilmektedir (Cihanlı, 2010).



Şekil 2.1: Üretim akış şeması

Her büyümek isteyen organizasyonda üretim sisteminin işlevleri içinde çizelgelemenin önemi giderek artmaktadır. Artan küresel rekabet nedeniyle pazar koşullarının sürekli değişmesi, ileri imalat süreç teknolojilerinin ve üretim sistemlerinin kurulması karşısında reaksiyon gösterebilen taktik ve yöntemlerin hızla geliştirilmesi gerekmektedir. Bu durum eldeki kaynakların daha verimli kullanılması, ama aynı zamanda müşteri memnuniyetini artıran bir sistem gerekliliğini ortaya çıkarır. Bir imalat sisteminin başarılı olup olmadığını üretim planlama ve çizelgelemenin belirlediği ileri sürülebilir.

Sonuç olarak daha iyi hazırlanan üretim çizelgeleri, kaynak kullanım verimliliğinde artış, (buradaki kaynaklar iş istasyonları, personel, aparat olarak ele alınabilir) dolayısı ile düşen maliyet avantajı ve rekabette üstünlük gibi sonuçlar doğurur. İlerleyen bölümde, çizelgelemedeki durumu en iyi konuma getirecek faktörler ve karşılaşılabilecek olası durumlar ile ilgili bilgiler aktarılacaktır.

## **2.1 Çizelgelerin Sınıflandırılması**

Çizelgelemenin iki temel problemi “öncelikler” ve “kapasite” olarak ifade edilir (Wight, 1984). Bu ifadeyi açıklayacak olur isek, hangi işten başlamalıyım, yapılacak olan işlerin sırası ne olmalı, seçtiği iş hangi istasyona uygun veya bu istasyona uygun işler hangileri, hangi operasyon ne zaman başlayacak ve ne zaman bitecek gibi soruların cevapları aranır.

Belli bir başarıml ölçütünü en iyileyecek iş akışını (makinalara gelen işlerin işlenme sırası) belirleyen çizelgeleme problemi, üç faktöre bağlı olarak farklı sınıflara ayrılabilir (Acar, 2000). Bunlar, işlerin geliş şekli, tezgâh sayısı ve üretim tipidir.

### **2.1.1 İşlerin Geliş Şekli**

Çizelgeleme problemleri işlerin geliş şekline göre statik ve dinamik çizelgeleme olarak iki farklı şekilde sınıflandırılabilir. Statik çizelgeleme problemlerinden bahsedecek olur isek, belirli bir çalışma dönemi için yapılacak olan iş listesi bilinmektedir ve yapılacak işler müsait olan ilk iş istasyonuna hemen işlenmek üzere gönderilir. Statik çizelgeleme problemlerinde, çoğunlukla iş listesinde değişiklik olmaz.

Eğer iş listesi rastgele ve sürekli olarak değişiyor ise ve iş geliş şekli düzensiz aralıklar şeklinde oluyor ise, bu durum dinamik çizelgeleme olarak isimlendirilmektedir. Dinamik çizelgeleme problemlerinde herhangi bir zamanda gelen iş öncelik ve aciliyet durumuna göre iş listesinin sürekli olarak güncellenmesini gerektirebilir.

### 2.1.2 Tezgâh Sayısı

Üretim alanlarında yer alan çeşitli tezgâh sayılarına çizelgeleme davranış şekilleri değişebilmektedir.

#### 2.1.2.1 Tek Makineli Çizelgeleme Ortamı

Sistemde sadece bir makinenin bulunduğu durumu gösterir. Tek makineli çizelgeleme ortamı, diğer tüm karmaşık makine ortamlarının özel bir durumudur ve diğerlerine göre çözülmesi en kolay olan problem sınıfını tanımlar (Pinedo, 2008). Tek makine ortamında elde edilen sonuçlar, sadece tek makineli çizelgeleme problemlerine ışık tutmakla kalmayıp aynı zamanda daha karmaşık problemler için sezgisel yöntemlere de temel oluşturmaktadır. Pratikte, daha karmaşık çizelgeleme problemleri çoğunlukla tek makineli alt problemlere dönüştürülür (Cihanlı, 2010).

Birçok üretim sistemi, tek makineli modelleri ortaya çıkarır. Örneğin, çok makineli bir ortamda darboğaz bir makine varsa dar boğaz makinedeki tüm sistemin performansını tayin eder. Dar boğaz makine çizelgelendikten sonra, bu makinenin yukarısındaki ve aşağısındaki işlemler çizelgelenir (Güner, 2011).

#### 2.1.2.2 Paralel Makineli Çizelgeleme Ortamı

Paralel makine çizelgelemede  $n$  sayıda işin  $m$  sayıda makineye atanması söz konusudur. Paralel durumdaki makinelerle ilgilenirken, “yapım zamanı” kayda değer bir amaç haline gelmektedir. Pratikte paralel durumdaki makinelerde yük dengelemesi problemi ile sık sık karşılaşılır ve yapım zamanı minimize edilmeye çalışılır. Böylece sistem içerisinde, iyi bir denge sağlanacaktır (Park, 1997).

Paralel makinelerin olduğu sistemlerde, öncelikler tek makine durumuna göre çok daha önem taşımaktadır. Tek makine koşulunda, öncelikler sıklıkla işlerin “teslim” zamanlarının farklı olması durumunda önem taşıyacaktır. Fakat paralel makine hallerinde, öncelikli işler aynı zamanda teslim edilecekse dahi, önemli olmaktadır (Moukrim, 2005).

Paralel makine çizelgeleme teorisi, makinelerin işlere dağılımı ve belli bir amaca göre her makinede işlem sırasının belirlenmesi ile ilgilidir. Paralel makine çizelgelemesi, yaygın kullanım alanlarının olmasından dolayı popüler bir araştırma konusu olmuştur ve bu popülarite son yıllarda paralel – işlemcili bilgisayarlar teknolojisinin gelişmesi ile önemli ölçüde artmıştır (Azizoğlu, 1994).

### **2.1.3 Üretim Tipi**

İş merkezlerinde yürütülen çizelgeleme faaliyetleri, üretim sistemlerinin durumuna göre farklılıklar gösterebilmektedir. Genel manada akış tipi, atölye tipi ve proje tipi üretim sistemi olmak üzere üç tip üretim sistemine göre değişen çizelgeleme faaliyetleri bulunmaktadır.

#### **2.1.3.1 Akış Tipi Üretim Ortamı**

Seri üretim olarak da isimlendirilen akış tipi üretim (Flow-Shop) şeklinde makine ve aparatlar, tek veya az çeşitte ürün üretmek, yani standart ürün üretmek için tasarlandıklarından, ürünün tasarım boyutundaki niteliklerinde veya bileşenlerindeki herhangi bir değişikliğin yapılması için esneklik yoktur. Bu tür bir sistemin başarılı olabilmesi için ürüne olan talebin uzun süreli ve değişken olmaması önemli bir koşuldur. Bunun yanında talepteki dalgalanmaların üretim şeklinde değişikliğine sebep olmayacak şekilde karşılanması gerekmektedir.

Akış tipi üretimde kullanılan makine ve aparatlar özel amaçlıdır ve sadece belirli işler için yüklenirler. Bu sebeple çalışma hızı ve kapasite kullanım oranları yüksektir. Üretilecek miktarlar, piyasa ve pazar koşulları dikkate alınarak öngörü yapılabilmekte ve bu bilgi ile tutarlı üretim çizelgeleri hazırlanabilmektedir.

Akış tipi üretimde yerleşim planı ise ürünün işlem sırası dikkate alınarak yapılmaktadır. Hammaddenin halden ürün haline gelinceye kadar işlem göreceği makine ve aparatlar, bir hat şeklinde, ardışık sıralanarak oluşturulmaktadır.

Makine ve aparatlar malzemeler üzerinde yapılacak operasyonlara göre öncelik sırası göz önüne alınarak yerleştirildiklerinden dolayı iş akışı düzgündür. Hammadde, ürün haline gelene kadar, iş istasyonları arasında bir makineden diğerine otomatik veya mekanik taşıyıcılar ile geçeceği için yapılması gereken taşıma miktarı ve mesafesi az sayıda olacaktır. Taşıma miktarının azlığı ve kuyrukta bekleme süresinin kısalığı (veya hiç bekleme) üretim içi stokları (WIP) azaltacaktır. Üretim içi bekleme sürelerinin azlığı, toplam çevrim süresini kısaltacak ve birim zamandaki üretim miktarı artacaktır. İş akışının düzgünlüğü, üretilen ürün çeşidinin az ve standart tipte oluşu üretim planlama ve çizelgeleme faaliyetlerini nispeten daha basit bir hale getirecektir.

### **2.1.3.2 Atölye Tipi Üretim Ortamı**

Bu üretim tipinde, üretime sipariş bazında giren projeler, üretim içerisinde müşteri isteklerine uygun olarak çeşitli bölüm ve iş istasyonlarını izler. Sistemde genellikle çok amaçlı makineler ve aparatlar niteliklerine veya yüklendikleri işlere göre gruplanırlar.

Atölye tipi üretimlerde, sisteme giren farklı siparişler, sistemde bulunan istasyonlardan boş olanlarında veya boş yoksa kuyruğa alınmak suretiyle üretime alınırlar. Diğer bir deyişle istasyonların çoğu, sırada bekleyen işin yapılması için yüklenirler. Karmaşık bir iş akışına neden olan bu düzenleme biçimi işletmenin uzun vadedeki programlarını etkilemektedir.

Atölye tipi üretimlerde genellikle üretilen ürün miktarı adet olarak düşük ancak çeşitli olarak fazladır. Karmaşık iş akışı ve ürün çeşidinin fazla oluşu, iş çizelgeleme faaliyetleri, malzeme talepleri, iş takibi ve koordinasyonuna ilişkin eylemleri artıracaktır. İş yükü dengesinde ortaya çıkabilecek aksaklıklar, iş istasyonlarında bekleme sürelerine ve ara stokların artmasına sebep olacaktır. Diğer bir deyişle, üretim içinde aynı anda çok çeşitli parçalar işlendiğinden, bir önceki işlenmiş ve bitmiş bir parça, bir sonraki işlem için diğer istasyona, hemen yüklenememektedir. Bu sebeple yarı mamuller için bekleme zamanları artacak ve sonucunda da üretim içi stoklar oluşacaktır.

Çok sayıdaki ürün çeşidinin, işlemsel temele göre konumlandırılmış çok sayıdaki makineye rotalandırılması pratik olarak üretim çizelgeleme yapılmasını engeller, bu da, ürün çevrim süresinde artışa ve bilgi akışında bozukluklara yol açar.

### **2.1.3.3 Proje Tipi Üretim Ortamı**

Proje tipi üretim, belirli bir süre içinde müşteri şartnamelerine uygun olarak tasarlanmış ve imal edilmiş tek veya birkaç ürünün üretilmesi ile karakterize edilir. Sözleşme öncesinde sabit fiyat ve ihale dönemi bulunur. Proje tipi üretim yapılan endüstrilerin bazı tipik örnekleri şunlardır: köprüler ve barajlar, özel amaçlı takım tezgahı üreticileri, demirbaşlar makine üreten atölyeler, gemiler, vinçler, fırınlar, turbo-jeneratörler, transformatörler.

Proje tipi üretim yapılmadan önce önemli miktarda ön planlama ve organizasyon gereklidir. Malzemelerin veya bileşenlerin eksikliği, dengesiz iş akışı, tasarım değişiklikleri, üretim sırasında tespit edilen tasarım hataları, hatalı çalışma ölçümleri vb. nedenlerle, malzeme işleme aşamalarında ve montajda nispeten uzun gecikmeler meydana gelir ve bu da üretim çevrim süresinin uzamasına neden olur.

Proje tipi üretim sisteminde, birçok ekip birlikte çalışır. Sabit konumlu düzenlemede makina ve araç-gerecin ürünün ana parçasının bulunduğu yere taşınması güç ve pahalıdır. Ekip çalışması için gerekli iş gören nitelikli olmalıdır. Bu üretim tipinin seri üretim veya atölye tipi üretim gibi, endüstrinin bir çok iş kolunda yaygın bir uygulanabilirliği yoktur. Ekipler birbirlerinden bağımsız çalıştıkları için, toplam üretim süresinin kısaltılma olanakları mümkündür ve bu amaçla CPM ve PERT teknikleri kullanılabilir.

## 2.2 Çizelgelemede Kullanılan Öncelik Kuralları

Çizelgeleme problemlerinde sıralama yapılırken dikkate alınan kurallara öncelik kuralları denir. Öncelik kurallarına göre siparişlere ait işlemler çizelgede sıralanır (Aydemir, 2009).

1. İlk gelen ilk servis alır: Bu yöntemde ilk gelen ürün müsait olan ilk istasyonda, geldiği andan itibaren işlem görmeye başlar.
  - Birbirleri arasında sıralanmış işler geldikleri anda yapılır, ilk servis üzerine kuruludur.
  - İş bitene kadar istasyonu meşgul eder ve bu durum acil kodlu işlerin yapılmasını önleyebilir.
  - Anlaşılması ve entegre edilmesi kolaydır.
  - Entegrasyonu sırasında FIFO (First In First Out) kuyrukları oluşturulur.
  - Süreç verimliliği açısından bekleme sürelerinden dolayı kötü performanslar ortaya çıkabilir.
2. Son gelen ilk servis alır: Bu yöntemde son gelen iş ilk sırada işlem görecektir şekilde sıralandır. İşlerin sisteme giriş sıraları dikkate alınır ve son işten başlanarak ilk gelen işe kadar sırayla çizelgelenir.
3. En kısa işlem süresi: Sisteme girmeyi bekleyen veya istasyon önünde bekleyen işlerden işlem süresi en kısa olan işin seçilmesi ile çizelgeleme başlar. Bu durum bir sürece girecek olan ürünler için geçerli olduğu gibi birden fazla sürece girecek ve bu süreçlerde geçireceği toplam süre üzerinden de düşünülebilir.
4. En uzun işlem süresi: Sisteme girecek olan işlerin öncelikle tüm işlem sürelerinin çıkarılması ve daha sonra bu işlerin işlem sürelerinin büyükten küçüğe sıralanarak sisteme alınmasına dayanan bir kuraldır. Genellikle eş zamanlı paralel istasyona sahip işletmelerde yük dengeleme amacıyla kullanılır.
5. En erken teslim zamanı: Sisteme girecek olan işlerden termini en yakın olan iş önceliklidir ve bu sıra ile sisteme alınır. Bu yöntemdeki temel amaç müşteri memnuniyetinin sağlanması ve sözleşmeli işlerde gecikmeleri önleyerek cezaya düşmemektir.

6. En az kalan işlem sayısı: Bu kuralda her bir iş için kalan işlem sayısı en az olan çizelgelemeye daha önce dahil edilir. Yöntemdeki amaç toplam bitirilen iş sayısını arttırmaktır. Bu kural üretim sistemine ve işletmeye göre değişebilmektedir.
7. En çok kalan işlem sayısı: Sisteme girecek işler arasında işlem sayısı çok olan öne alınır. Üretim sisteminde bulunan işlerin geriye kalan işlem sayılarının fazlalığı ile doğru orantılı olarak sıralama önerilmektedir. Kurala göre, geriye kalan işlemlerin sayısı en fazla olan iş ilk olarak atanmakta ve kapasite kullanım oranının daha yüksek seviyelerde olması beklenmektedir (Çörekçioğlu, 2006)
8. En kısa kalan işlem süresi: Sistemin herhangi bir aşamasındaki işlerden en az işlem süresine sahip olan seçilerek çizelgelenir. Genel olarak bir kaç işlem görmüş yarı mamul olarak işlem görmeyi bekleyen ürünler için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem ile hem ürün tamamlama süresi hem de her işin sistemden çıkış süresini minimum yapmak hedeflenir.
9. En uzun kalan işlem süresi: Sistemin herhangi bir aşamasındaki işlerden sürelerinin uzunluğu ile doğru orantılı olacak şekilde çizelgelenmesi önerilmektedir. Kurala göre, geriye kalan işlemlerinin toplam süresi en fazla olan iş ilk önce yapılmaktadır (Çörekçioğlu, 2006). İşlem süresi daha yüksek olan işlerin sürece önce girmesi sağlanarak kapasite kullanım oranının artması beklenmektedir.
10. Rastsal seçim: Bu yöntemde sisteme girecek olan tüm işlem sayısı  $n$  iken  $[1, n]$  aralığında rastsal olarak seçilen bir sayı ile sürece ilk önce girecek olan sipariş belirlenmektedir. Seçilen iş ile çizelgeleme süreci başlamaktadır. İlerleyen adımlarda üretim zamanı boyunca üretimi gerçekleştirecek olan siparişler arasından rastsal olarak seçimler yapılarak iş listesi oluşturulur ve sisteme dâhil edilir.

### 2.3 Optimizasyon Modelleri

Bir problemin sonlu sayıda aşamada çözümlenip çözülemeyeceği probleme yaklaşımda önemli bir konu olmuştur. Nabiyev (2010), evrensel algoritmik modellerin üç türünü aşağıdaki gibi sıralamıştır:



- Birinci türde, klasik hesaplama ve sayısal fonksiyonlar gibi matematiksel kavramlarla algoritma kavramı ilişkilendirilmektedir.
- İkinci türde, her ayrıık zamanda çok basit işlemleri yapan bir deterministlik makinayla algoritma bağdaştırılmaktadır.
- Üçüncü tür, herhangi bir alfabede sözcüklerin değiştirilmesine dayalı kelime işlemcilerdir.

Bir problemin algoritmik çözümlerinin sınıflandırılmasında, yürütölmeleri için gerekli işlemlerin sayısı temel alınmaktadır. Bu ölçü “algoritmik” karmaşıklık olarak adlandırılmaktadır (Nabiyev, 2010).

Bir algoritma bir problemi çözebilmek için “zaman” ve “alan” olmak üzere iki önemli kaynağa ihtiyaç duymaktadır (Shor, 1996). Talbi (2009)’de, bir algoritmanın zaman karmaşıklığı; ‘n’ boyutlu bir problemi çözebilmek için ihtiyaç duyulan adım sayısı şeklinde tanımlamıştır. Karmaşıklık genellikle “en kötü durum” analizi terimleri ile ifade edilmektedir.

Optimizasyon problemleri genelde karmaşık (kompleks) yapıdadır veya geniş (sonsuz) çözüm alanına sahiptir. Lineer programlama ve Lagrange Çarpanı gibi popüler matematiksel teknikler kesin çözüm metotlarıdır. Kesin çözüm metotları (klasik yöntemler) NP-zor (non-deterministic polynomial time) problemlerin çözümünde zorluk taşımaktadır (O’ Brien, 2008).

NP-zor problemler; klasik yöntemlerle çözümleri çok zor olan veya en iyi sonucun çok uzun sürede elde edilebildiği problemlerdir. Sezgisel yöntemler son yıllarda bu problemlerin çözümünde geniş bir uygulama alanına sahip olmuştur. Eğer bir problemin çözümleri için polinom zaman algoritması mevcut ise o problem “kolay” olarak adlandırılır. Aksi durumda “zor” olarak adlandırılmaktadır. Sezgisel yöntemler ile kestirim (approximation) algoritmaları arasındaki fark: genellikle makul bir süre içinde oldukça “iyi” çözümler bulan sezgisellerin aksine kestirim algoritmaları ispatlanabilir çözüm kalitesi ve ispatlanabilir çalışma süresi sınırları sağlamaktadır. Sezgiseller, büyük boyutlu problemlerde “iyi” çözümler bulmaktadır. Sezgiseller iki başlık altında ele alınmaktadır; bunlar belirli sezgiseller ve metasezgisellerdir. Belirli sezgiseller belirli problem ve/veya olan için uygulanmaktadır. Metasezgiseller ise,

hemen hemen her optimizasyon problemini çözmek için uygulanabilecek genel amaçlı algoritmalarıdır (Talbi, 2009).

Geçmiş deneyimlerden ve yargılardan elde edilen bakış açılarına göre, problemlere daha tutarlı çözüm yaklaşımları geliştirmeyi sağlayan fakat, bu çözümlerde hiçbir şekilde optimumu bulma garantisi vermeyen algoritmalar kümesine sezgisel algoritma adı verilir. Sezgisel algoritmalar oldukça karmaşık problem tipleri için, çok geniş bir uygulama alanına sahiptirler (Silver, 2004).

Çözüm getirilmeye çalışılan problemin belirli özelliklerine göre, algoritmanın geliştirilmesi ve çözümde kullanılması gerekmektedir. Bu algoritmaların geliştirilmesi için; çözülecek problemin stratejik ve operasyonel yönden katma değer sağlayacak bir problem olduğunun belirlenmesi, çözüm sıklığının belirlenmesi, ihtiyaç duyulan geliştirme zamanının planlanması ve paydaşların konu hakkındaki bilgi düzeyi ile çözüm uzayının büyüklüğünün bilinmesi gerekmektedir.

Bu tezin uygulama bölümünde sezgisel bir algoritma geliştirilmiş, bu algoritma ile çalışan bir yazılım oluşturularak problemin çözümüne yönelik bir öneri yapılmıştır.

## **2.4 Literatür Araştırması**

Bu tezin konusuna ve uygulama bölümüne benzer olarak bulunan tezler ve içerikleri aşağıda listelenmiştir.

- Zengin Proje Çizelgeleme Problemi (2014) – Arda TÜRKGENCİ

Başkent Üniversitesi'nde yapılan bu tezde uygulama yapılan firmaya ait genel bir bilgi verilmiş ve çizelgeleme algoritması geliştirilmiştir. Oluşturulan algoritmanın akışında öncelikle iş adımları ve bu adımların süresi gün bazında girilerek, işe ait son teslim tarihi bildirilmektedir. Daha sonra bu işin başlangıç tarihi CPM metodu ile çözülmektedir.

- İş Ekipmanlarında Güvenlik Takibi İçin Bir Sistem Önerisi (2014) – Akbey ELÇİ

İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi' nde yapılan bu tezde barkod sistemleri hakkında genel bir bilgi verilmiş ve uygulama bölümünde bir inşaat şirketinde bulunan iş ekipmanları karekod barkodlama ve web tabanlı iş sağlığı ve güvenliği dökümantasyonu takip sistemi tasarlanmıştır.

- Kurumsal Kaynak Planlaması Yaklaşımı ile Özel Geliştirilmiş Bir Kalıp Takip Uygulamasının İşletmeye Katkıları (2016) – Murat SARIOĞLAN

Balıkesir Üniversitesi' nde yapılan bu tezde ERP sistemleri hakkında genel bir bilgi verilmiş ve kurulum süreçleri ile birlikte karşılaşılabilecek temel sorunlar ve uygulama aşamaları aktarılmıştır. Uygulama bölümünde işletmenin ürettiği kalıpların muhasebesel kayıtlarının yer aldığı web tabanlı bir yazılım geliştirilmiştir.

- Stokların Etkin Yönetilmesinde RFID Temelli Bir Yaklaşım ve Gruplama Algoritması ile FNSS' de Bir Uygulama (2017) – Ahmet DALGIÇ

Kırıkkale Üniversitesi' nde yapılan bu tezde stok yönetimi ve amaçları ile birlikte RFID sistemlerinin stok yönetiminde kullanılması ile ilgili bilgiler verilmiştir. Uygulama bölümünde ise FNSS şirketinde kullanım sıklığı ve hammadde malzeme maliyeti bazında gruplama algoritması geliştirilmiş, RFID etiketlerin ürünler üzerine yerleştirilerek ambar giriş ve çıkışlarının otomatik olarak kayıt altına alınması sağlanmıştır.

### 3. HIZLI VERİ TOPLAMA TEKNİKLERİ

Hızlı veri toplama teknikleri kapsamında barkodlar, barkod okuyucular ve barkod yazıcılar değerlendirilmiştir. Hızlı veri girişinin iki önemli faydası vardır. Birincisi, istenen bilgi manuel şekilde toplanacak bilginin çok çok üstünde bir hızla ve doğru bir şekilde toplanır. İkincisi ise, bu toplanan doğru bilgiler bilgisayar ortamında olduğu için yine çok hızlı bir şekilde bu bilgileri işleyebilecek, değerlendirebilecek kişilere veya ortama ulaşır. Bu tezin uygulama bölümünde üretim alanından veri toplama işlemlerinin yürütülebilmesi adına mobil el terminali ve barkod yazıcı kullanılmıştır. Takip eden bölümlerde detaylı tanımlamalar ve kullanım amaçları yer almaktadır.

#### 3.1 Barkod

Barkod, bir birim malın hangi ülkenin hangi işletmesinde üretildiğini veya ambalajlandığını, malın cinsini ve çeşitli özelliklerini tanımlamak amacıyla, önceden belirlenmiş kurallara uygun çeşitli kalınlıklarda bir dizi dikey paralel çizgiler ve bu çizgiler arasında çeşitli genişlikte boşluklardan oluşan bir işaretleme yöntemidir. Normal olarak malın ambalajı üzerine basılan barkod, optik okuyuculu bir kalem yardımı ile veya bir ışın tarayıcısı ile okunabilen bir şifredir. Birbirine paralel ve değişik kalınlıklardaki çizgi ve boşluklardan oluşan barkod sembolleri, pek çok kişi tarafından sanıldığı gibi ürünle ilgili bilgileri içermez.

Bir sayısal veya alfa sayısal dizinin, çizgi ve boşluklardan oluşan bir alfabeyle ifade edilmesi olarak tanımlanan barkod okunduğunda, yalnızca sözü geçen karakterler dizisi bilgisayara gönderilmiş olur. Bilgisayar ise bu karakterlere karşılık gelen ve daha önceden girilmiş bilgileri ekrana getirir. Böylece barkod, ürünle ilgili hiç bir bilgiyi içermediği halde, ürünle ilgili tüm bilgilere çok hızlı bir şekilde ulaşmaya yardımcı olur. Günümüzde kullanılan pek çok barkod standardı bulunmasına rağmen birim ambalajlar üzerinde EAN-13, sevkiyat birimleri (genellikle koli) üzerinde ise ITF-14 adı verilen standartlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Barkod

sistemi hızlı, güvenilir ve pratiktir (Malkoç, 2006). Barkod çeşitlerine ilerleyen bölümde değinilmiştir.

### 3.1.1 Çizgi Barkodlar

Uluslararası standartlara sahip değişik kodlama biçimleri bulunan çizgi barkodlar, kodlanabilir bilgilerin barkod okuyucu cihazlar tarafından algılanarak bilgisayar veya benzeri cihazlar tarafından okunabilir hale getiren simgelerden oluşmaktadır. Başka bir deyişle, farklı kalınlıklardan oluşan yan yana dizilmiş siyah çizgiler topluluğudur (Bayram, 2007).



Şekil 3.1: Örnek çizgi barkod

### 3.1.2 Karekodlar

Karekod 1994 yılında Japon firması Denso-Wave tarafından geliştirilen ve ilk defa uygulanan iki boyutlu bir barkoddur. Karekod beyaz bir arka planın üzerinde bulunan siyah modüllerin kare bir kalıp içerisinde düzenlenmesinden oluşmaktadır. Bu tür barkod ilk olarak otomobil üretiminde kullanılan parçaları etiketlemek ve takip etmek amacıyla kullanılmışken, günümüzdeki kullanımı, ticari takip sistemlerinden eğlenceye, ürün pazarlamasından mağaza içi ürün etiketlerinde kullanıma kadar geniş bir alana yayılmıştır.

Karekodlar gazete, dergi, afiş, poster gibi bastırılabilir her türlü iletişim aracına ve web sayfaları gibi farklı medyalara yerleştirilebilmektedir (Morikaze, 2012).



Şekil 3.2: Örnek karekod

### 3.2 Barkod Okuyucular ve Barkod Yazıcılar

Bir fiyat tarayıcı veya satış noktası (POS) (Price Scanner, point-of-sale) tarayıcı olarak da adlandırılan barkod okuyucu, bir barkodda yer alan bilgileri yakalamak ve okumak için kullanılan el tipi veya sabit bir cihazdır. Bir barkod okuyucusu, bir tarayıcı, bir kod çözücü (dahili veya harici) ve okuyucuyu bir bilgisayara bağlamak için kullanılan bir kablodan oluşur. Bir barkod okuyucu barkodu sadece sayı ve / veya harf olarak yakalar ve çevirir, veri bir bilgisayar uygulamasına gönderilmelidir, böylece bir yazılım uygulaması verileri anlamlandırabilir. Barkod tarayıcıları, bir seri bağlantı noktası, klavye bağlantı noktası veya kama adı verilen bir arabirim aygıtı aracılığıyla bir bilgisayara bağlanabilir. Bir barkod okuyucu, barkod boyunca bir ışık demetini yönlendirerek ve geriye yansıyan ışık miktarını ölçerek çalışır. (Barkod üzerindeki koyu çubuklar, aralarındaki beyaz boşluklardan daha az ışığı yansıtır.) Tarayıcı ışık enerjisini elektrik enerjisine dönüştürür, daha sonra kod çözücü tarafından verilere dönüştürülür ve bir bilgisayara yada veri tabanına iletilir.

### 3.2.1 Barkod Okuyucu Tipleri

Belirli ortamlara, uygulamalara ve sektörlere yarar sağlayan çok çeşitli özelliklere sahip birçok barkod okuyucu türü vardır. Her okuyucu aşağıdaki kategorilerden biri içine girebilir;

**El Tipi:** En popüler barkod okuyucu türüdür. El tipi barkod okuyucular, bir barkod okuyucunun yapması gereken işlevleri yerine getirir ve hem kablolu hem de kablosuz (kablosuz) türleri bulunmaktadır.



Şekil 3.3: Kablolu el tipi barkod okuyucu



Şekil 3.4: Kablosuz el tipi barkod okuyucu

**El Terminalleri:** El terminalleri, bir PC'nin ve bir tarayıcının işlevselliğini tek bir cihazda birleştirir. El terminali; el bilgisayarlarına verilen genel addir. Bununla birlikte el terminallerinin kullanım amacı bilgi transferidir. El terminallerinde bilgi

transferi online ve offline olmak üzere iki yolla gerçekleşir. Kısaca el terminalleri, barkod, karekod veya manuel işlem yapılarak bilgi toplama, toplanan bu bilgilerin kayıpsız, hatasız istenen adrese online veya offline teslim etmeyi sağlayan, kullanılan alanlara ve yazılımlara göre değişiklik gösteren kullanımı kolay, hızlı el bilgisayarlarıdır. Bu tezin konusu olan uygulama bölümünde yapılan projede kullanılan el terminali ile ilgili detaylı bilgi bulunmaktadır.



Şekil 3.5: Tetiksiz el terminali

**Sayaç:** Geniş ekranlı çoğu zaman sabit ve aynı anda birçok barkodu okuyabilen cihazlardır. Tetikleyici bir tuşu çoğu zaman yoktur, her zaman önünden geçen tüm barkodları veya karekodları okumaya çalışır.



Şekil 3.6: Montaj tip sayaç

**Sabit montajlı okuyucular:** Genellikle üretimde hatlarında yarı mamulleri kontrol etmek amacı ile konveyör sistemlerine entegre edilir. Yüksek hızlı depolama ve lojistik faaliyetlerinde kullanılır. İnsan kaynaklı proses hatalarını azaltmak ana kullanım amacıdır.





Şekil 3.7: Sabit montajlı okuyucu

**Giyilebilir okuyucular:** Giyilebilir okuyucular genellikle kol, el veya parmak üzerine giyilebilen, çok küçük okuyuculardır. Diğer tiplerden tek farkı boyutlarıdır.



Şekil 3.8: Yüzük tip okuyucu

### 3.2.2 Barkod Yazıcı Tipleri

Barkod yazıcılar barkod basmak için kullanılan cihazlardır. Barkod yazıcılar ile basılan barkodlar daha dayanıklı ve uzun ömürlüdür. Daha hızlı baskı yapabilirler. Piyasada çok değişik marka ve modelde barkod yazıcılar bulunmaktadır. Barkod yazıcılar modeline göre bilgisayara bağlı olarak veya bilgisayardan bağımsız olarak kullanılabilirler. Bir etiket programı ile tasarım yapılarak barkod yazıcılardan baskı alınabilir.

**Termal transfer (TT) yazıcılar:** Yüksek kaliteli, uzun ömürlü etiketler için endüstrinin en çok tercih ettiği yazıcılarıdır. Termal transfer yazıcılar, düşük maliyetlidir ve giriş seviyesi olarak kabul edilebilir. Masaüstü modellerinden endüstriyel sınıf, sürekli baskı sistemlerine kadar çeşitlilik gösterebilir. Bunlar profesyonel ve yüksek hacimli ortamlarda kullanılır.

Termal transfer yazıcılar, balmumu, reçine veya balmumu ve reçineden oluşan mürekkep şeritlerini kullanır. En iyi baskı kalitesini ve dayanıklılığı elde etmek için etiket malzemesini doğru şeritle eşleştirmek önemlidir.

Termal transfer yazıcılar diğer değişken baskı teknolojilerinden daha düşük ısı ayarlarını kullanır. Bu durum kağıt, plastik, polyester, vb. dahil olmak üzere en geniş yüz ve yapıştırıcı seçeneklerine olanak tanır. Etiket malzemelerinde daha fazla çeşitlilik ile kimyasal direnç, yağ direnci, soğuk ve sıcak ortam sıcakları için özel çözümler geliştirilebilir. Bu tezin uygulama bölümünde kullanılan barkod yazıcı tipi termal transfer yazıcıdır ve özel bir alüminyum bazlı etiket üzerine barkodlar yazdırılmaktadır. Takip sistemi kurulacak olan malzemenin geçirdiği süreçlerden dolayı alüminyum bazlı barkod kağıdı ve buna uygun termal transfer barkod yazıcı tercih edilmiştir. Süreç boyunca malzeme sıcaklığı yaklaşık olarak 120°C yükselmektedir.



Şekil 3.9: Endüstriyel ribonlu yazıcı

**Doğrudan termal (DT) yazıcılar:** Termal transfer yazıcılarına çok benzer, ancak bir mürekkep şeridi gerektirmez. Bunun yerine, bu türden bir yazıcıdan geçen etiketlerin, baskılı görüntü oluşturmak için ısıyla aktive edilen etiket yüzeyinin altında özel bir kimyasal katmanı vardır. Bir baskı şeridine gerek kalmadan, etiket başına maliyet daha düşük olma eğilimindedir, ancak etiketlerin kendisi, yapıya eklenen özel kimyasallar nedeniyle daha pahalı olabilir.

Özellikle UV ışınlarına maruz kalma durumunda doğrudan termal etiketleri uzun süreli kullanım için tasarlanmamıştır. Doğrudan termal yazıcılarla basılan etiketler genellikle termal transfer baskısı ile üretilenler kadar canlı ve keskin değildir.

Bu durumda, satır tanımını ve barkod tarayıcı okunabilirliğini etkileyebilecek çok fazla ısı kullanıyor olunması olasıdır.

Bazı doğrudan termal yazıcıları, doğrudan termal ve termal transfer baskısı arasında ileri ve geri geçiş yapma özelliğine sahiptir. Bu tip yazıcıları kullanma avantajı sadece taşınabilir kadar küçük yapılabildiklerinden dolayıdır.



Şekil 3.10: Doğrudan termal yazıcılar

**Lazer yazıcılar:** Lazer yazıcılar, standart kağıt beslemeli olup ev veya ofiste kullanmak için idealdir. Bu şekilde bir kullanım, etiket baskısını kolay ve ucuz hale getirir. Endüstriyel bir barkod yazıcı olarak kullanılması tavsiye edilmez.

Lazer yazıcılara uygun etiketlerin dayanıklılığı, genel iç mekan uygulamalarından ıslak veya soğuk sıcaklık uygulamalarına kadar değişebilir. Lazer sayfalar kuru toneri kullanır. Siyah ya da tam renk grafik ve renk kodlaması ekleme esnekliği sağlar. UV ışığa maruz kaldığında bile, baskı dayanıklılığı oldukça iyidir, ancak titiz kimyasal etkiye kalan durumlar için lazer etiketler önerilmez.

Mürekkep püskürtmeli etiket, ıslak mürekkebin bir kartuş sistemini kullanır ve genellikle sınırlı bir dayanıklılığa sahiptir. Şekil 3.11 örnek bir lazer yazıcıyı temsil etmektedir.



Şekil 3.11: Lazer yazıcı

## **4. UYGULAMA**

Tezin bu bölümünde kuru tip transformatör üretim tesislerinde kritik rol alan kalıpların takibi ve üretim çizelgeleme problemine bir çözüm önerisi sunulmuştur. Bu hedef doğrultusunda kalıp bilgisine ve durumuna ihtiyaç duyan tüm personelin erişebilmesi için bir masaüstü yazılım geliştirilmiş ve sahadan anlık olarak veri toplayabilmek için mobil el terminali kullanılmıştır. Planlama işlemini gerçekleştirmek için bir sıralama algoritması geliştirilmiştir. Geliştirilen algoritma ve takip sistemi ile hem iş çizelgeleme senaryoları hem de takip edilmesi zor olan kalıplar hakkındaki tüm bilgiler tek bir noktada toplanmıştır.

### **4.1 Firma Hakkında Bilgiler**

Balıkesir Elektromekanik Sanayi Tesisleri A.Ş. kısaca BEST 1966 yılında kurulmuştur. BEST aradan geçen yaklaşık yarım asır içinde dağıtım transformatörleri, güç transformatörleri, kuru transformatörler ve mekanik aksam (kazan) üretiminde Türkiye' nin en büyük ulusal sermaye kuruluşudur. Tüm standartlara uygun alt yapısı ile BEST, ağır sanayi ve organize sanayi bölgesi üretim alanlarında, elektrik üretim, mekanik üretim ve çekirdek üretim tesislerinde bugün sadece Türkiye' nin değil ihracat yaptığı elliden fazla ülkenin altyapıları için de üretim yapmaktadır. Türkiye' nin 500 Büyük Sanayi Kuruluşu (İSO 500) listesinde 2015 yılında 208., 2016 yılında 178. ve 2017 yılında 258. sırada yer almıştır. Bu teze konu olan uygulama Ar-Ge projesi olarak sunulmuş ve BEST A.Ş. Kuru Tip Transformatör Üretim Tesisi' nde uygulanmıştır.

### **4.2 Kuru Tip Transformatörler**

Kuru tip transformatörler tanım olarak çekirdek ve bobinlerden oluşan aktif kısmın izole edici sıvı yağa daldırılması yerine AG ve YG bobinlerinin her ikisinin veya birinin katı izolasyon maddesi ile kaplanmasıdır .

Kuru tip transformatörler üstün özellikleri nedeniyle yüksek güvenilirlik ve işletme emniyeti isteyen bina içi tesislerde, kısa süreli aşırı yüklenebilirlikleri nedeniyle endüstride, yük merkezlerine yakın kullanılabilmeleri nedeniyle fabrika tesislerinde ve çok katlı binalarda ve daha bir çok alanda orta güç dağıtım tesislerinde yaygın olarak her gün artan bir taleple kullanılmaktadırlar. Bundan sonraki bölümlerde kuru tip transformatörleri oluşturan bileşenlere yer verilecektir. Kuru tip transformatör üretim iş akış şeması EK B bölümünde yer almaktadır.

#### 1. Manyetik Nüve (Çekirdek):

Çekirdek adı da verilen manyetik nüvenin üretiminde, iletkenliği yüksek, kayıpları düşük, kaliteli soğuk haddelenmiş silisli sac kullanılmaktadır. Mikroişlemci kontrollü modern makinelerinde dilimlenen saclar daha sonra tasarım yapısına uygun olarak kesilir. Kesim operasyonundan sonra sıra dizim işlemine gelmektedir. Dizim işlemi teknik resimlerine göre kademe kalınlıkları kumpasla ölçülüp operasyon gerçekleştirilir.

#### 2. Sarım:

Alçak gerilim sargılarında folyo, profil (yassı) sargı teknolojileri kullanılmaktadır. Nadiren yuvarlak ve strip sargılarda kullanılabilir. Sargılarda müşteri isteğine göre bakır veya alüminyum malzeme cinsi kullanılabilir. Folyo sargı teknolojisi ile aksiyal kısa devre kuvvetleri azaltılmakta ve radyal kısa devre kuvvetlerini kontrol etmek için sipirler arasında önceden reçine emdirilmiş (prepreg) F sınıfı (isteğe bağlı H sınıfı) izolasyon malzemesi kullanılmaktadır. Bobinler sarım işleminden sonra sertleştirme işlemine tabi tutularak en zor endüstriyel atmosferik koşullara karşı direnç ve mükemmel dielektrik özellikler sağlanmaktadır. Müşteri isteğine göre alçak gerilim sargıları vakum altında döküm teknolojisi ile de imal edilmektedir.

Kuru tip transformatör üretiminin ilk adımı olan bu proses için gereken kaynaklar:

- Bobinlerin sarılacağı tel (çoğunlukla folyo veya yassı tel)
- Personel

- Sarım istasyonu
- İ kalıp

Sarım prosesi başlamadan önce atölye posta-başları ve Őef üretilecek bobin adedince kullanılması gereken i kalıp sayısını planlamak zorundadır. Planlama aşamasında göz önünde bulundurulacak hususlar arasında trafo teslim tarihi, eldeki kullanılabilir i kalıp sayısı ve eğer sipariş edilir ise kalıpların tedarikçilerden fabrikaya sevk zamanı yer almaktadır.



Şekil 4.1: Sarım prosesi

### 3. Kalıplama:

Sarım operasyonu tamamlanmış ve döküm yapılacak olan bobinler için bir sonraki operasyon kalıplamadır. Dış kalıp giydirilecek bobinler kalıplama atölyesine sevk edilir. Burada bobinin etrafına gerekli conta ve cıvatalar kullanılarak dış kalıp montajı yapılmaktadır. Dış kalıp geirilmif bobinler artık döküm prosesine hazırlanmış olur.

Kalıplama prosesinde kullanılan kaynaklar;

- İ kalıp ile birlikte sarılmış olan bobin
- Dış kalıp
- Kalıplama istasyonu (belirli bir kısıt yoktur, her dış kalıp bir kalıplama istasyonunda kullanılabilir.)
- Personel



**Şekil 4.2:** İç ve dış kalıplar stok alanı

#### 4. Döküm – Fırın:

Reçine sisteminin komponentleri vakum altında ve öngörülen sıcaklıkta ayrı ayrı karıştırıcılarda karıştırılarak homojenize edilirler ve bu arada içindeki gazlar vakum pompası aracılığıyla dışarı atılır. Bu şekilde döküme hazır hale getirilen reçine komponentleri, dozlama pompaları aracılığıyla öngörülen miktarlarda ve malzeme için öngörülen sıcaklıkta statik mikserlere gönderilir.

Dış kalıp montajı da tamamlanmış bobinler belli bir sıcaklığa kadar ısıtılarak döküm otoklavına yerleştirilirler. Otoklavda vakum altında öngörülen kalıp sıcaklığında statik mikser aracılığıyla karıştırılmış reçine, kalıplara alttan verilerek kalıpların dolması gözlenir. Döküm işlemi bittikten sonra kürlenme süreci başlamaktadır.

Kürleme, optimum bir jelleşme sıcaklığında belli bir süre bekletilerek daha sonra pişme sıcaklıklarına çıkılması ile sürekli kontrol altında tutulan bir işlemdir. Boşluksuz ve çatlaksız bir yapı elde edebilmek için kürlenme eğrileri belli bir tecrübe gerektirir.

Döküm – fırın prosesinde kullanılan kaynaklar;

- İç kalıp
- Dış kalıp

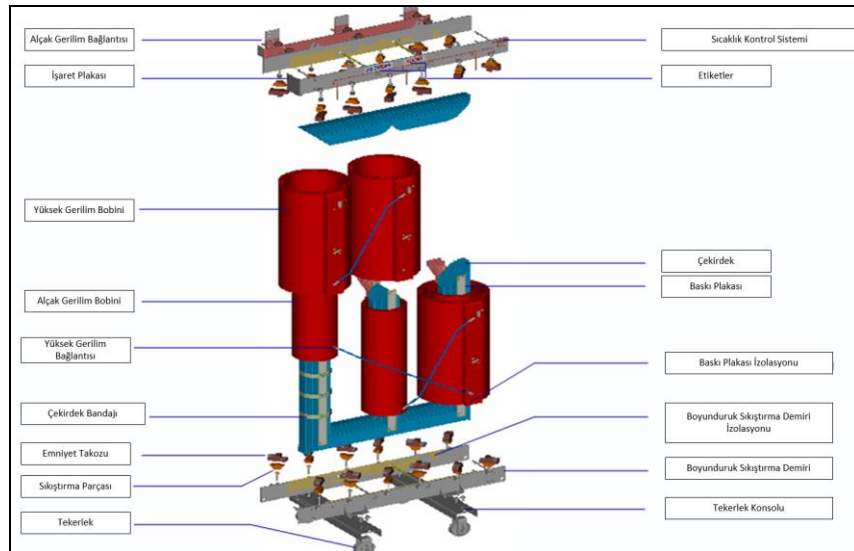
- Reçine döküm istasyonu (belirli boyut kapasitesi kısıt olarak uygulama bölümünde dikkate alınmıştır.)



Şekil 4.3: Reçine dolum istasyonu ve fırın

#### 5. Son Montaj:

Çekirdek ve bobinler üretildikten sonra son montaj aşamasına geçilir. Çekirdek fabrikasından sevk edilen manyetik nüve üzerine alçak ve yüksek gerilim bobinleri geçirilir. Daha sonra üst boyunduruk sacları dizilerek sıkıştırma demiri montajı yapılır. Buşing, sıcaklık göstergeleri ve izleme sistemleri montajı da yapılarak test laboratuvarına gönderilir. Test işleminin ardından transformatör sevke hazırdır.



Şekil 4.4: Kuru tip transformatör



### 4.3 Problemin Tanımı

BEST A.Ş. Kuru Tip Transformatör Fabrikası'nda mevcut durumda toplam 2500' den fazla iç kalıp ve dış kalıp bulunmaktadır. Çeşit olarak baktığımızda ise 1000' den fazla birbirinden farklı özelliklerde kalıplar bulunmaktadır.

- İç kalıplar için ayırıcı parametreler: Tel Tipi (Folyo, Diğer), Çap, Boy, Bara Mesafesi
- Dış kalıplar için ayırıcı parametreler: Döküm Tipi (Kum, Cam Elyaf), Çap, Boy, Kapak Mesafesi

Üretim için iş emirleri yayınlandığında personel, projeye uygun önce iç kalıbı daha sonra dış kalıbı hazırlamaktadır. Ancak kalıp sayısı ve çeşidi çok fazla olduğundan dolayı stok sahasında yapılan aramalar çok uzun sürebilmektedir. Kalıplar için miktar takibi yapılmamakla birlikte, kalıplar sistem üzerinde teslim alındığı gibi tükenen bir kalem olarak tanıtılmıştır. Üretimde kullanılacak diğer malzemeler için ERP sisteminde miktar ve lokasyon takibi yapılmaktadır. İş hazırlama personelleri, kullanılacak malzemeyi kullanım zamanında ambardan çekmektedir.

Üretilecek olan transformatör sayısı birden fazla ise iç kalıp ve dış kalıp sayısını planlamak içinden çıkılmaz bir probleme dönüşebilmektedir. Örnek verecek olursak: 6 adet, projesi aynı olan bobin üretilecektir. Ancak 3 adet kalıp bulunmaktadır. Bu projede 3 adet daha kalıp sipariş edilerek her bobin için bir kalıp kullanılmalı mıdır? Yoksa teslim tarihine kadar 3 kalıp sırası ile projelerde kullanılır ise teslim tarihine transformatör yetiştirilebilir mi? Oluşturulan yazılımda bu soruların cevapları kullanıcı tarafından sonuç ekranında tespit edilebilmektedir.

Kuru tip transformatör üretiminde kullanılan iç kalıp ve dış kalıpların gelişi güzel dosya kağıtlarında, teslim alma irsaliyelerinde veya Excel tablolarında saklanması systemsiz bir operasyon yürütüldüğünü göstermekte ve kurumsal olmayan bir görüntü vermesine neden olmaktadır. Buradan hareketle daha sistemli ve sonuç odaklı çalışmasına fırsat sağlayacak bir sistemin çözüm olarak uygulamaya konulması gerektiği düşünülmüştür.

Başlıca problemleri listeleyecek olursak;

- Elde bulunan kalıp miktarının, özelliklerinin ve tip bilgilerinin bilinmemesi
- Proje ve bobin bilgilerinin sistematik olarak takip edilememesi, istenen bilgilere göre hızlı ve etkin bir şekilde raporlanamaması
- Üretim ve dizayn departmanlarında istenen seviyede koordinasyon ve bilgi akışının sağlanamaması
- İç ve dış kalıpların kullanım süresinin, sayısının ve anlık durumunun tespit edilememesi
- Stoklarda bulunduğu bilinen bir kalıbın yerinin tespit edilememesi
- Müşteri teslim tarihi baz alındığında sarım ve döküm proseslerinin planlanamaması

#### **4.4 Uygulamanın Amacı ve Önemi**

Günümüzde tüm dünyayı etkisi altına alan ekonomik belirsizlik, diğer sektörler gibi elektrik makineleri sektöründe de firmaların maliyetlerini azaltması için kendi üretim süreçlerini yeniden sorgulamalarını ve kayıp olarak belirlenen süreçlerin elimine edilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu ekonomik belirsizlik ile birlikte artan rekabet koşulları da firmaları zorlamaktadır. Ürün üretim çevrim sürelerinin kısılması ve ürün üzerinde yapılan geliştirmeler pazar şartlarının değişkenliğini artırmıştır. Üretim yapan firmalar maliyetlerini azaltmak ve süreçleri üzerindeki kontrolü artırmak için çeşitli dijitalleşme çalışmaları yapmaktadır. Dijitalleşme ise, bir iş modelini değiştirmek ve yeni kazançlar sağlamak için güncel teknolojinin kullanılmasıdır.

BEST A.Ş. kuru tip transformatör üretim fabrikasında, kalıp kullanılan süreçlerde dijitalleşmenin sağlanabilmesi için;

- Sahada yapılacak olan işlemleri anlık güncelleyebilecek bir el terminalinin projeye dahil edilmesi,
- 2500' den fazla iç ve dış kalıbı ayırt etmek ve tanımlayabilmek adına ısıya ve ışığa dayanıklı barkod etiketi ve yazıcısı kullanılması,
- Üretim, dizayn ve planlama departmanları tarafından kullanılacak ve aynı zamanda da mevcut durumda kullanılan ERP sistemi ile de haberleşen bir sistemin yapılması (aynı iki bilginin tek bir yerden sağlanması),

- Planlama işlemini gerçekleştirmek için kuyruk oluşturma ve optimizasyon algoritması geliştirilerek senaryo analizlerinin yapılabilmesi gerekmektedir.

#### **4.5 Projeye İlişkin Bilgiler**

BEST A.Ş. kuru tip transformatör fabrikası için mevcut kullanılan ERP sistemi dışında ve ERP sistemine entegre edilmeyecek yeni bir yazılım geliştirilmesi planlanmıştır. Bu program mevcut durumda kullanılan Oracle ERP sistemi ile de haberleşecektir. İlk aşamada program tasarımı ve ihtiyaçların belirlenmesi için yönetim ve üretim kademeleri ile beyin fırtınası oturumları düzenlenmiştir. Daha sonra sistem analizi yapılmış, firma istekleri doğrultusunda programın özellikleri ortaya çıkmıştır.

Bu özellikler maddeler halinde sıralanacak olursa;

- Tüm kalıplar (iç ve dış) tek bir programdan takip edilecektir. Yeni kalıp kaydı ve kalıplara ait bilgiler (çap, boy, bara mesafesi vb.) bu programdan takip edilecektir.
- Kalıplar için teslim alma hareketleri, üretime sevk hareketleri ve hurdaya çıkarma hareketleri mobil el terminalleri ile gerçekleştirilecek, raporlama işlemleri yapılacak olan masaüstü yazılım ile sağlanacaktır.
- Her bir kalıp için eşsiz (unique) bir barkod numarası alma sistemi yapılacak ve her yeni kalıp alınmasında bu sistem ile yeni bir barkod numarası atanacaktır.
- Üretimde kalıp hareketleri bir el terminali yardımı ile yapılacak, kalıplama operatörleri sarım süreci için iç kalıp verecekleri zaman kalıbın barkodunu el terminali ile okutacaktır. Yine el terminali için özel olarak geliştirilen yazılım yardımı ile iç kalıbın sarım sürecine teslim edildiği canlı olarak raporlanabilecektir. Bu durumun aynısı dış kalıbın, kalıplama sürecine sevki için de geçerlidir. El terminali ile dış kalıbın da barkodu okutularak üretime teslim edildiği sistem tarafından izlenecektir.
- Transformatör satışı sonrasında ERP sisteminde oluşturulan satış kaydı otomatik olarak çekilerek programa aktarılacaktır. Bu sayede program ERP

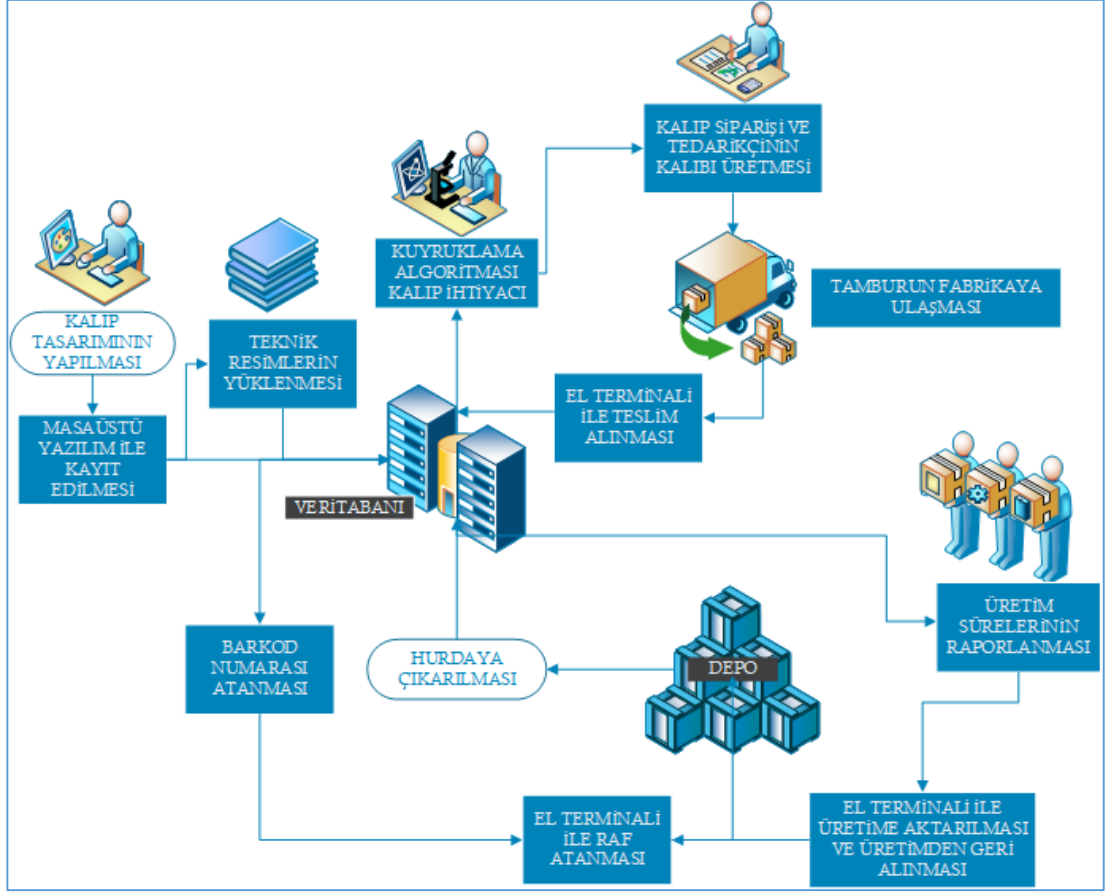
sisteminden verileri almış olacak, veriler tek bir yerden giriş yapıldığı için olası hataların önüne geçilecek ve iki kez veri girişi yapılması önlenecektir.

- Üretilecek olan bobinlere ait bilgiler (çap, boy, tel tipi, döküm tipi vb.) yapılacak olan programda tutulacaktır. (Bobinlere ve kalıplara ait bilgiler ERP sisteminde yer almamaktadır.)
- Projeler ile bobinlerin eşleştirilmesi program üzerinden yapılacaktır. Bu sayede hangi bobin hangi projede kullanılacak güvenli ve hızlı bir şekilde takip edilebilecektir.
- Her işlemten sonra SMTP protokolü ile BEST A.Ş. domaine ait bir mail adresinden ilgili personellere akış bilgisi (work flow) mailleri gönderilecektir.
- Kalıpların bobinlere uygunluğu veya bobinlerin kalıplara uygunluk durumları yine program üzerinden takip edilecektir. Elde bulunan kalıpların listesi veya üretilecek olan bobinler listesine göre kalıp sayısı ve proje durumları değerlendirilecektir.
- İç ve dış kalıplara ait teknik resimler parametrik olarak Inventor programında oluşturulacak ve bu programda kalıp parametrelerine göre tek tuşla çizim yapılabilecektir.
- Kalıpların üretimdeki hareketleri el terminalleri ile kontrol edileceği için çevrim süreleri hesaplanabilecek, üretim planlama süreci için de girdi niteliğinde veriler toplanabilecektir.
- Kalıplama atölyesinde bulunan raflar program üzerinde de tanımlanacak ve her kalıp hangi rafa yerleştirilmiş ise programdan öğrenilecektir. Böylece kalıp arama gibi katma değer yaratmayan bir süreç ortadan kaldırılmış olacaktır.
- İş çizelgeleme bölümü ile üretim sayısı bilinen bobinler için kalıp sayısı senaryoları termin tarihlerine göre hızlı ve etkin bir biçimde yapılacaktır. Örneğin üç adet transformatör için toplam dokuz adet bobin üretilmelidir. Bu dokuz bobin müşteri teslim tarihlerine göre üç adet iç ve dış kalıp ile üretilebilir. Ancak böyle bir durumda transformatörler birer birer üretilecektir. Çevrim süresi dokuz kalıp ile üretime göre üç katına çıkar. Bu durum birçok proje ve üretilmesi gereken birçok bobin olduğunda içinden çıkılmaz bir duruma dönüşebilmektedir.

#### 4.5.1 Varsayımlar

- İşlerin geliş şekli kullanıcının seçim sırasına bağlıdır, problem deterministik yapıdadır.
- Her bobin için işlem sırası önceden belirlenmiştir, tüm bobinler önce sarım, sonra kalıplama, sonra da reçine döküm-fırın süreçlerine girer.
- Her bobin ilk atandığı istasyonda işlem görür, aynı özellikteki istasyonlar arasında geçiş işlemi yapılmaz. (Örneğin bir bobinin yarısı ilk sarım istasyonunda, diğer yarısı da diğer sarım istasyonunda yapılamaz.)
- Bobinler üzerinde gerçekleşen her operasyon kesintiye uğramadan gerçekleşir. Kesintiye uğramasının tek nedeni vardiya bitimidir. Kesintiye uğraması ile bir sonraki vardiyada hiç personel olmaması ihtimalinden söz edilmektedir.
- Her vardiyada en az 1 personel bulunur, 3 vardiya halinde hiçbir resmi tatil dikkate alınmadan işlemler gerçekleşir;
  - Birinci vardiya çalışma saatleri 07:30 – 15:30
  - İkinci vardiya çalışma saatleri 15:30 – 23:30
  - Üçüncü vardiya iş saatleri 23:30 – 07:30 olarak kaynak koduna işlenmiş yapıdadır.
- Vardiya bittikten sonra yarım kalan bobin bulunuyor ise sonraki vardiyanın ilk görevi bu bobinleri bitirmektir. Sıfırdan yeni bir bobin üzerinde işlem yapılmaz.
- Hatalı hiçbir işlem yapılmadığı varsayılır, aynı bobin üzerinden aynı işlem birden fazla tekrarlanmaz.
- İstasyonların sürekli çalışır halde olduğu ve işlemler esnasında arızalanmadığı varsayılmaktadır.
- İşlem sürelerinin önceden bilindiği ve hazırlık ile bir sonraki istasyona sevkini içerdiği varsayılmaktadır.
- Bir istasyon aynı anda birden fazla bobine işlem yapamamakta (Döküm - Fırın süreci hariçtir. Bu süreçte istasyon kapasitesi kadar bobin, aynı anda işlem görmektedir), ve bir bobin aynı anda sadece bir istasyonda işlem görmektedir.
- Bütün işler sıfır anında işlenmeye hazırdır ve hangi bobinin hangi istasyonlarda işlenebileceği istasyon özelliklerine göre sabittir. İstasyon üzerinde işlem yapılarak başka bir bobine uygun hale getirilemez.

- İstasyonlar çizelgeye başlarken boştur, bazı istasyonlar personel kısıtının gereği olarak çizelgeleme boyunca boş kalabilir. (İstasyon sayısının, personel sayısından fazla olması durumu).
- Bütün işler eşit öneme sahiptir ve öncelik tercihi yoktur.



Şekil 4.5: Çözüm önerisi şematik gösterimi

#### 4.5.2 Geliştirilen Programa Ait Bilgiler

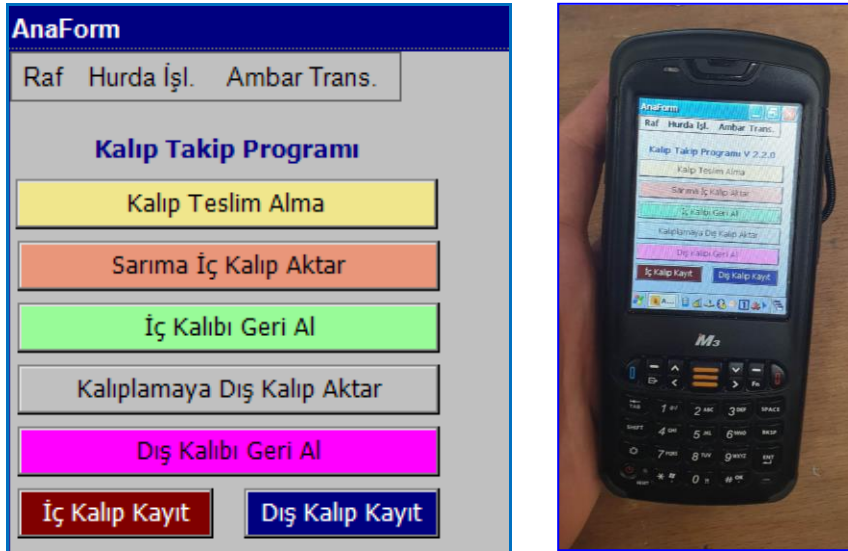
El terminali ve masaüstü yazılımı, Visual Studio derleyicisi ile C# dilinde ve firmanın serverlarında SQL veri tabanı ile geliştirilmiştir.

Visual Studio, Microsoft tarafından üretilen ve konsollar, grafik kullanıcı arayüzleri, Windows formları, Web servisleri ya da Web uygulamaları oluşturmak için kullanılan resmi geliştirme ortamıdır. Visual Studio programı içerisinde yalnızca Microsoft Windows tarafından desteklenen yerel kodlar kullanılmaktadır.

SQL Server, Microsoft tarafından geliştirilmiş ilişkisel veri tabanı yönetim sistemidir. İlişkisel veri tabanı sistemi İngilizce olarak Relational Database Management System olarak adlandırılır ve kısaca RDMS olarak bazı kaynaklarda karşımıza çıkmaktadır. İlişkisel veri tabanı sisteminde veriler tablolar halinde tutulurlar ve bu tablolar kendi aralarında ilişkisel anlamda birbiri ile bağlantılı olabilirler.

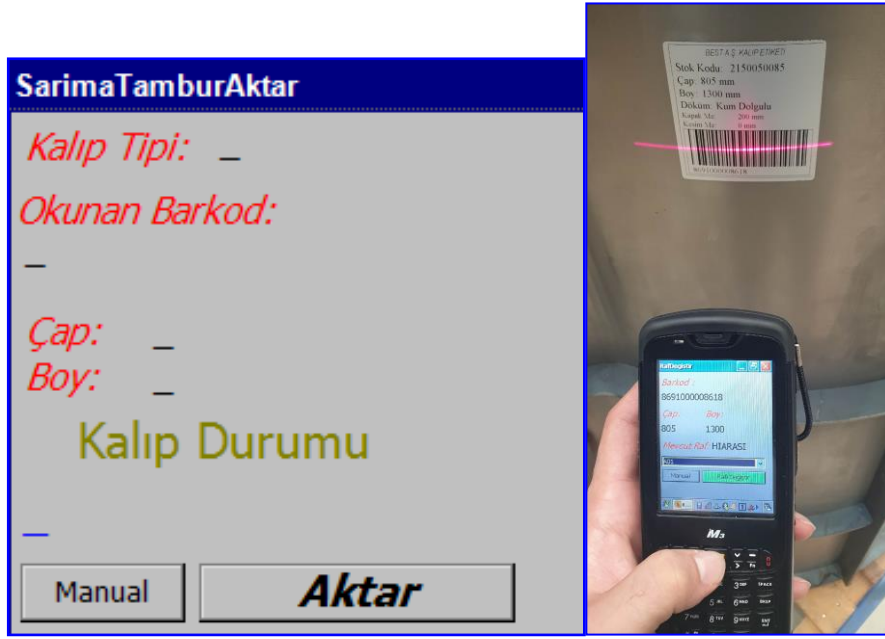
#### 4.5.2.1 El Terminali Yazılımı

Proje kapsamında kullanılan el terminali işletim sistemi Microsoft Compact Edition 6.0' dır. Bu tür işletim sistemleri için geliştirmeler sadece Microsoft Visual Studio 2008 ve 2005 versiyonları üzerinden yapılabilmektedir. Günümüzde bu tür işletim sistemleri popülerliğini hala korumaktadır. Ancak Android işletim sistemleri de birçok projede tercih edilebilir durumdadır.



Şekil 4.6: El terminali ana ekranı

Proje ile birlikte yeni kullanımına başlanan el terminaline ait ana ekran görüntüsü Şekil 4.6' daki gibidir. Operatörler bu el terminali ile kalıp teslim alma, farklı atölyeye kalıp aktarma, sıfırdan kalıp kaydı, raf atama işlemleri, hurdaya çıkış işlemleri ve ambar aktarımları yapabilmektedir.



Şekil 4.7: Kalıp aktarma ekranı ve barkod okuma

Kalıpların üretim içindeki dinamik hareketini takip etmek ve kayıt altına almak için Şekil 4.7’ deki gibi bir ekran el terminali için özel olarak tasarlanmıştır. Bu ekran ile kalıp üzerindeki barkod okutulup eğer kalıp durumu aktarıma uygun ise sevki dijital ortamda gerçekleştirilecektir. Bu sayede güncelleme işlemi yapılacak ve tüm kullanıcılar güncel bilgiye tek kaynaktan erişebilecektir.

#### 4.5.2.1.1 Masaüstü Yazılımı



Şekil 4.8: Giriş ekranı

Kullanıcıların ilk karşılaştıkları arayüz Şekil 4.8’ deki gibidir. Kullanıcı adı ve şifre girilerek programda kullanıcılar oturum açmış olur. Oturum açma esnasında



kontrol iki aşamalıdır, birinci adımda kullanıcı adı ve şifresinin doğruluğu kontrol edilir, ikinci adımda ise o kullanıcının hangi yetkilere sahip olduğu kontrol edilmektedir. Üretim, dizayn ve planlama departmanlarının programdan faydalanma şekilleri farklı olduğundan raporlama ekranları dışında veri girişi ekranları yetkiye bağlıdır ve her kullanıcı tarafından görülemez. Tam yetkiye sahip bir kullanıcının ana menüsü Şekil 4.9' daki gibidir.

Kalıp Takip Programı Versiyon: 5.2

Eldaki Kalıplar - Hurdalar
Projeler ve Bobinler
Kayıtlı Kalıp Şablonları
Üretim Süreleri
Tanımlamalar
Optimizasyon
Yetkiler
Kullanıcı İşlemleri

Eldaki Kalıplar
Eldaki Kalıplar
İç Kalıplar (Kümülatif)
Dış Kalıplar (Kümülatif)
Kalıp Dönüştür
Hurdaya Çıkarılan İç Kalıplar
Hurdaya Çıkarılan Dış Kalıplar
Kalıp Hurdaya At
Sipariş Açma
Teslim Alma İşlemleri

Yenile

Üretimdeki İç Kalıplar

Drag a column header here to group by that column								
İç Kalıp Stok Kodu	Wire Type	Diameter	Height	bar Distance	bar Width	İç Kalıp Hareket Trafo No	İç Kalıp Hareket Tarihi	İç Kalıp Barkod
2150020060	Diğer	472	1350	0	0	552	23.03.2018 17:39	869200000092
2150020060	Diğer	472	1350	0	0	552	23.03.2018 17:39	869200000099
2150020060	Diğer	472	1350	0	0	552	23.03.2018 17:39	869200000106
2150020037	Diğer	377	1350	0	0	3963	11.01.2018 07:58	869200000162
2150020084	Diğer	590	1400	0	0	4138	26.03.2018 07:28	869200000505
2150020084	Diğer	590	1400	0	0	4138	26.03.2018 07:27	869200000512
2150020084	Diğer	590	1400	0	0	4137	22.03.2018 06:58	869200000519
2150020049	Diğer	435	1150	0	0	4128	24.03.2018 22:02	869200000631
2150020049	Diğer	435	1150	0	0	4128	24.03.2018 22:02	869200000638
2150020049	Diğer	435	1150	0	0	4128	24.03.2018 22:02	869200000645
2150020065	Diğer	495	1350	0	0	4078	13.03.2018 17:29	8692000001072
2150020065	Diğer	495	1350	0	0	4078	13.03.2018 17:29	8692000001079
2150020065	Diğer	495	1350	0	0	4078	13.03.2018 17:30	8692000001086
2150020010	Diğer	220	1100	0	0	4094	24.03.2018 12:20	8692000001226
2150020010	Diğer	220	1100	0	0	4094	24.03.2018 12:20	8692000001233
2150020010	Diğer	220	1100	0	0	4094	24.03.2018 12:20	8692000001240
2150020010	Diğer	220	1100	0	0	4095	24.03.2018 12:20	8692000001247
2150020010	Diğer	220	1100	0	0	4095	24.03.2018 12:21	8692000001254
2150020010	Diğer	220	1100	0	0	4094	24.03.2018 12:21	8692000001261
2150020084	Diğer	590	1400	0	0	4138	26.03.2018 07:27	8692000001716
2150020084	Diğer	590	1400	0	0	4137	22.03.2018 06:58	8692000001723
2150020084	Diğer	590	1400	0	0	4137	22.03.2018 06:58	8692000001730
2150020006	Diğer	190	900	0	0	4079	19.03.2018 17:41	8692000001975
2150020006	Diğer	190	900	0	0	4079	19.03.2018 17:40	8692000001982
2150020006	Diğer	190	900	0	0	4081	26.03.2018 09:41	8692000001989
2150020006	Diğer	190	900	0	0	4079	19.03.2018 17:40	8692000001996
2150020006	Diğer	190	900	0	0	4080	19.03.2018 17:41	8692000002003
2150020006	Diğer	190	900	0	0	4081	26.03.2018 09:41	8692000002010
2150020116	Diğer	600	1400	0	0	854	6.03.2018 11:15	8692000002437
2150020085	Diğer	600	1350	0	0	1426	10.03.2018 07:06	8692000002451
2150020124	Diğer	534	1400	0	0	4129	23.03.2018 10:18	8692000002759
2150020124	Diğer	534	1400	0	0	4129	23.03.2018 10:18	8692000002766
2150020124	Diğer	534	1400	0	0	4129	23.03.2018 10:18	8692000002773
2150020003	Diğer	150	900	0	0	4090	20.03.2018 09:20	8692000002948
2150020003	Diğer	150	900	0	0	4090	20.03.2018 09:19	8692000002955
2150020003	Diğer	150	900	0	0	4090	20.03.2018 09:20	8692000002962

Üretimdeki Dış Kalıplar

Drag a column header here to group by that column											
Dis Kalıp Stok Kodu	Casting Type	Diameter	Height	Cover Num	Cover Width	Deep Of Cut	cb Cover Type	Dis Kalıp Hareket Trafo...	Dis Kalıp Hareket Ta...	Dis Kalıp Barkod	
2150070043	Cam Elyaf	690	1400	1	200	0	D	510	13.03.2018 06:29	8691000002213	
2150050042	Kum Dolgulu	550	1300	1	200	0	D	552	24.03.2018 18:59	8691000002584	
2150050042	Kum Dolgulu	550	1300	1	200	0	D	552	24.03.2018 18:59	8691000002591	
2150100014	Cam Elyaf	730	1400	1	200	0	D	1462	14.03.2018 15:05	8691000002822	
2150100014	Cam Elyaf	730	1400	1	200	0	D	1462	14.03.2018 15:05	8691000002829	
2150030116	Kum Dolgulu	162	1100	0	0	160	D	4100	28.03.2018 13:28	8691000003452	
2150030116	Kum Dolgulu	162	1100	0	0	160	D	4100	28.03.2018 13:28	8691000003459	
2150030116	Kum Dolgulu	162	1100	0	0	160	D	4100	28.03.2018 13:29	8691000003466	
2150030116	Kum Dolgulu	162	1100	0	0	160	D	4101	28.03.2018 13:29	8691000003473	
2150030116	Kum Dolgulu	162	1100	0	0	160	D	4101	28.03.2018 13:29	8691000003480	
2150030116	Kum Dolgulu	162	1100	0	0	160	D	4101	28.03.2018 13:29	8691000003487	
2150050042	Kum Dolgulu	550	1300	1	200	0	D	552	24.03.2018 18:58	8691000004516	
2150060014	Kum Dolgulu	450	1300	2	120	0	D	3478	23.03.2018 15:23	8691000005006	
2150050105	Kum Dolgulu	655	1500	1	200	0	D	4130	24.03.2018 16:32	8691000005482	
2150050105	Kum Dolgulu	655	1500	1	200	0	D	4130	24.03.2018 16:33	8691000005489	
2150050105	Kum Dolgulu	655	1500	1	200	0	D	4129	24.03.2018 12:18	8691000005496	
2150050105	Kum Dolgulu	655	1500	1	200	0	D	4129	24.03.2018 12:18	8691000005503	
2150050105	Kum Dolgulu	655	1500	1	200	0	D	4130	24.03.2018 12:18	8691000005510	
2150050105	Kum Dolgulu	655	1500	1	200	0	D	4129	24.03.2018 12:18	8691000005517	
2150030004	Kum Dolgulu	191	900	0	0	0	D	4090	20.03.2018 17:44	8691000005713	
2150030004	Kum Dolgulu	191	900	0	0	0	D	4090	20.03.2018 17:44	8691000005720	
2150030004	Kum Dolgulu	191	900	0	0	0	D	4090	20.03.2018 17:44	8691000005727	
2150050116	Kum Dolgulu	445	1100	1	120	0	D	3913	13.02.2018 12:43	8691000007232	
2150050116	Kum Dolgulu	445	1100	1	120	0	D	3913	13.02.2018 12:43	8691000007246	
2150050116	Kum Dolgulu	445	1100	1	120	0	D	3913	13.02.2018 12:43	8691000007239	
2150050118	Kum Dolgulu	564	1400	1	200	0	D	558	22.03.2018 21:03	8691000007449	
2150050118	Kum Dolgulu	564	1400	1	200	0	D	558	22.03.2018 21:03	8691000007456	
2150050118	Kum Dolgulu	564	1400	1	200	0	D	558	22.03.2018 21:03	8691000007463	
2150070060	Cam Elyaf	637	1400	1	120	0	D	4078	24.03.2018 20:42	8691000007645	
2150070060	Cam Elyaf	637	1400	1	120	0	D	4078	24.03.2018 20:43	8691000007652	
2150070060	Cam Elyaf	637	1400	1	120	0	D	4078	24.03.2018 20:43	8691000007659	
2150040017	Cam Elyaf	218	1200	0	0	0	D	4080	26.03.2018 09:39	8691000007512	
2150040017	Cam Elyaf	218	1200	0	0	0	D	4080	26.03.2018 09:39	8691000007519	
2150040017	Cam Elyaf	218	1200	0	0	0	D	4080	26.03.2018 09:38	8691000007526	
2150050078	Kum Dolgulu	730	1300	1	200	0	D	4137	26.03.2018 07:20	8691000007540	
2150050078	Kum Dolgulu	730	1300	1	200	0	D	4137	26.03.2018 07:20	8691000007547	

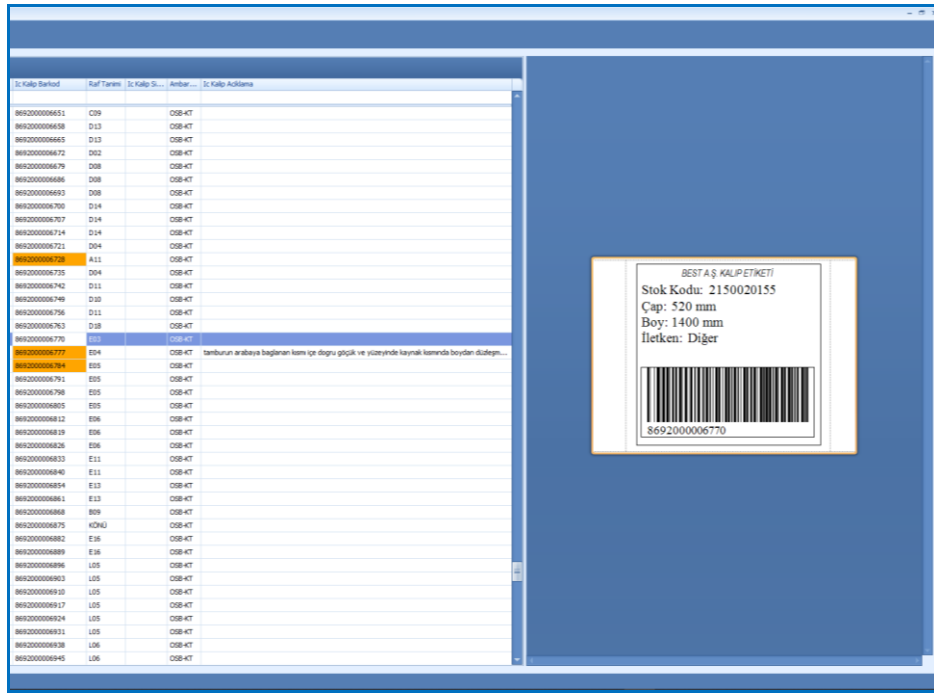
Şekil 4.9: Program ana ekranı

Kullanıcı giriş işlemini tamamladıktan sonra kullanım istatistikleri için veri tabanına bir kayıt atılmaktadır. Oluşturulan ana menü için gövde kısmı sabittir ve belirli aralıklarla yenilenir. Gövde kısmında o an üretimde bulunan iç ve dış kalıplara ait bilgiler bulunmaktadır. Yukarıda bulunan sekmeler ve içindeki ekranlarda sırası ile;

- Eldeki Kalıplar – Hurdalar
  - Elde Bulunan Tüm İç Kalıplar
  - Elde Bulunan Tüm Dış Kalıplar
  - İç Kalıplar (Kümülatif)
  - Dış Kalıplar (Kümülatif)
  - Kalıbı Dönüştür
  - Hurdaya Çıkarılan İç Kalıplar
  - Hurdaya Çıkarılan Dış Kalıplar
  - Kalıbı Hurdaya At
  - Sipariş Açma
  - Teslim Alma İşlemleri
- Projeler ve Bobinler
  - ERP'den Proje Al
  - Kayıtlı Projeler
  - Kayıtlı Bobinler
  - Projelere Bobin Atama
  - Proje ve Bobin Ağacı
  - Bobinlere Uygun Kalıplar
  - Kalıplara Uygun Bobinler
  - Sipariş Numarası Bazında Trafo Tipleri
- Kayıtlı Kalıp Şablonları
  - Kayıtlı İç Kalıplar
  - Kayıtlı Dış Kalıplar
- Üretim Süreleri
  - Dış Kalıp Üretimde Geçen Süre
  - İç Kalıp Üretimde Geçen Süre
- Tanımlamalar
  - Ambar Tanımlama
  - Raf Tanımlama

- Optimizasyon
  - Kalıp Planları
  - İstasyonlar
  - Üretim Süreleri
- Yetkiler
  - Kullanıcı Kayıt
- Kullanıcı İşlemleri
  - Şifremi Değiştir

Tüm tasarlanan arayüzler yukarıdaki gibidir. İlerleyen bölümlerde işlem sırasına göre ara-yüzler ve işlevleri hakkında bilgiler verilecektir.



Şekil 4.10: Barkod basma detaylı iç kalıp sayfası

Elde bulunan iç kalıpların listelendiği ekran yukarıdaki gibidir. Bu bölümde operatör iç kalıp hakkında çeşitli notlar alabilir, bilgileri güncelleyebilir ve barkod çıktısı alabilmektedir. Barkod yazıcıdan alınan etiketler, özel ribonlu ve özel kağıt etiketlerdir. İç kalıpların üst yüzeyine, dış kalıpların ise yan yüzeylerine yapıştırılan barkodlar alüminyum bazlı ve ısıya dayanıklıdır. Kalıpların yerleştirildikleri fırınlar üretim süreçleri gereği 120°C kadar çıkabilmektedir. Bu sıcaklıklara diğer kağıt etiketler dayanmamaktadır.

Diş Kalıplar Kümülatif

Drag a column header here to group by that column

Dis Kalıp Stok Kodu	Dokum Tipi	Cap	Boy	Kapak Nu	Kapak Gen	Kesim Der	Kalıp Sayısı
2150030001	Kum Dolgulu	160	700	0	0	0	3
2150030003	Kum Dolgulu	180	1100	0	0	0	6
2150030004	Kum Dolgulu	191	900	0	0	0	6
2150030006	Kum Dolgulu	205	900	0	0	240	3
2150030008	Kum Dolgulu	221	900	0	0	0	3
2150030010	Kum Dolgulu	230	1100	0	0	100	3
2150030011	Kum Dolgulu	236	870	0	0	0	3
2150030015	Kum Dolgulu	257	870	0	0	205	3
2150030018	Kum Dolgulu	280	1100	0	0	180	4
2150030029	Kum Dolgulu	325	700	0	0	50	3
2150030031	Kum Dolgulu	336	1500	0	0	405	3
2150030032	Kum Dolgulu	338	1300	0	0	430	3
2150030041	Kum Dolgulu	355	1450	0	0	190	3
2150030046	Kum Dolgulu	369	1500	0	0	180	3
2150030048	Kum Dolgulu	370	1360	0	0	0	3
2150030051	Kum Dolgulu	375	1200	0	0	320	3
2150030056	Kum Dolgulu	382	1300	0	0	0	3

Toplam Kalıp Sayısı=1097

Şekil 4.11: Diş kalıplar kümülatif

İç ve dış kalıplara ait özet görüntü şekli ise Şekil 4.11' deki gibidir. Bu arayüzde iç ve dış kalıplara ait toplam kaç kalıp olduğu toplu bir şekilde gösterilmektedir.

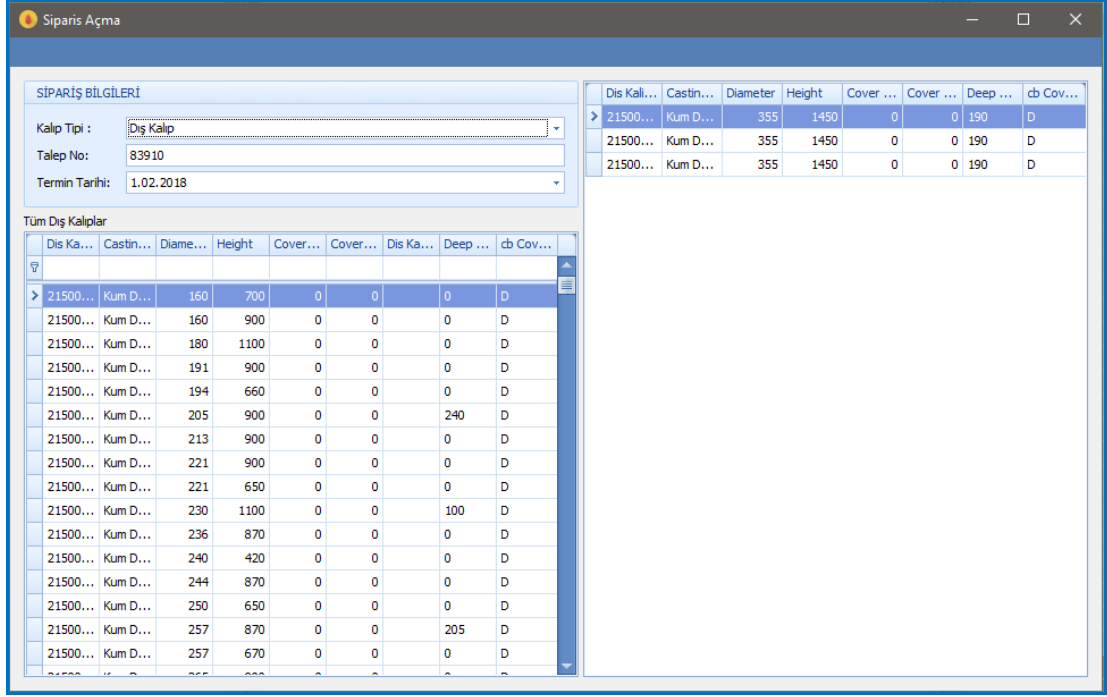
Hurda Diş Kalıplar

Drag a column header here to group by that column

Dis Kalıp Stok K...	Dokum Tipi	Cap	Yükseklik	Kapak Nu	Kapak Gen	Dis Kalıp Açıl...	Kesim Deri...	Kapak Tipi	Dis Kalıp Bar...	Dis Kalıp Etiket Basım ...	Hurdaya Dış Kalıp Çıkış T...
2150030101	Kum Dol...	557	1270	0	0		0	D	8691000000...	16.10.2017	28.03.2018
2150030101	Kum Dol...	557	1270	0	0		0	D	8691000000...	16.10.2017	28.03.2018
2150030104	Kum Dol...	655	1270	0	0		0	D	8691000000...	16.10.2017	28.03.2018
2150030104	Kum Dol...	655	1270	0	0		0	D	8691000000...	16.10.2017	28.03.2018
2150030104	Kum Dol...	655	1270	0	0		0	D	8691000000...	16.10.2017	28.03.2018
2150030109	Kum Dol...	310	1100	0	0		160	D	8691000003...	21.11.2017	3.01.2018
2150030109	Kum Dol...	310	1100	0	0		160	D	8691000003...	21.11.2017	3.01.2018
2150030109	Kum Dol...	310	1100	0	0		160	D	8691000003...	21.11.2017	3.01.2018
2150040007	Cam Elyaf	645	1350	0	0		0	D	8691000000...	16.10.2017	28.03.2018
2150040007	Cam Elyaf	645	1350	0	0		0	D	8691000000...	16.10.2017	28.03.2018
2150040009	Cam Elyaf	730	1500	0	0		0	D	8691000000...	13.10.2017	28.03.2018
2150040009	Cam Elyaf	730	1500	0	0		0	D	8691000000...	13.10.2017	28.03.2018
2150040010	Cam Elyaf	780	1540	0	0		0	D	8691000000...	13.10.2017	28.03.2018
2150040010	Cam Elyaf	780	1540	0	0		0	D	8691000000...	13.10.2017	28.03.2018
2150040010	Cam Elyaf	780	1540	0	0		0	D	8691000000...	13.10.2017	28.03.2018
2150040012	Cam Elyaf	745	1600	0	0		0	D	8691000000...	13.10.2017	28.03.2018
2150040012	Cam Elyaf	745	1600	0	0		0	D	8691000000...	13.10.2017	28.03.2018
2150050011	Kum Dol...	346	900	1	120		0	D	8691000001...	9.11.2017	28.03.2018
2150050011	Kum Dol...	346	900	1	120		0	D	8691000001...	9.11.2017	28.03.2018

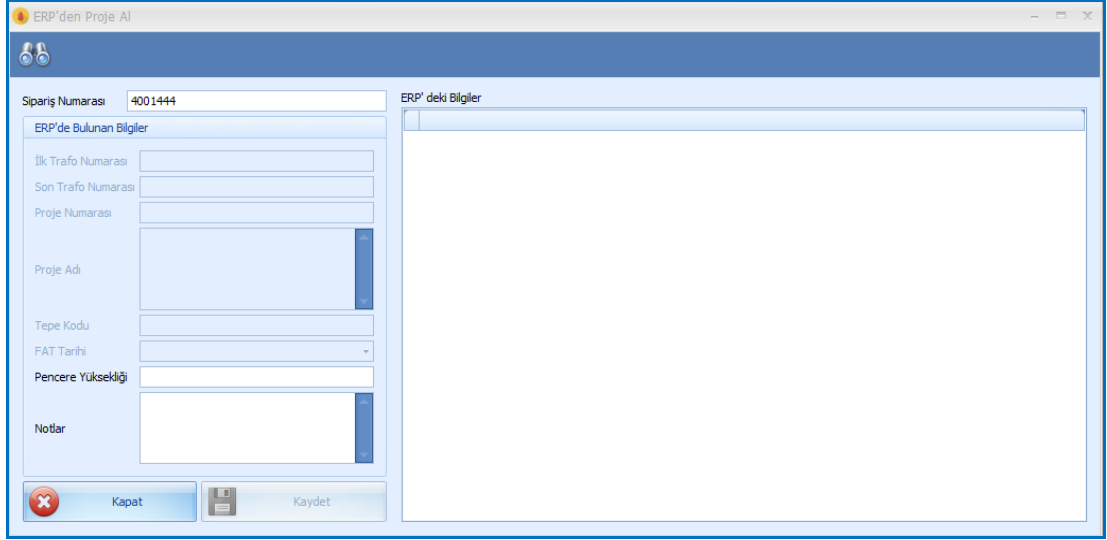
Şekil 4.12: Hurda dış kalıplar raporu

Hurdaya çıkarılmış iç veya dış kalıplara ait raporlama ekranı Şekil 4.12' deki gibidir. Kalıba ait bilgiler, o kalıbın ne zaman teslim alındığı ve hurdaya çıkarılma tarihi özet bir rapor şeklinde kullanıcıya raporlanmaktadır.



Şekil 4.13: Kalıp sipariş açılması

Eğer eldeki kalıplar yeni tasarımı yapılmış olan bobine uygun değil ise tasarımcısı tarafından o bobinin yapımında kullanılacak olan iç ve dış kalıp tasarımı da ayrıca yapılmaktadır. Çizimden sonra kalıbın yeni olduğu ve elde hiç bulunmadığı ile ilgili iş bildirim e-postaları ilgililere gönderilmektedir. Bu mail sonrası üretim şefi ilgili kalıp için satınalma departmanına teknik resim ile birlikte satınalma talebi açmaktadır. Talep Şekil 4.13’ deki ekrandan açılır, sol tarafta talep edilebilecek tüm kalıplar, sağ bölümde ise talep edilen kalıplar görülmektedir. Satınalma bölümü uygun fiyat ve tedarik süresi göz önünde bulundurarak tercih edeceği tedarikçiye siparişi vermektedir.



**Şekil 4.14:** ERP sisteminden proje çekilmesi

Transformatör satışı gerçekleşikten sonra ERP sistemine satış mühendisi tarafından kaydı yapılmaktadır. ERP sistemi veri tabanı ORACLE, bu uygulamanın konusu olan yazılımda ise veri tabanı olarak SQL Server kullanılmaktadır. ERP sisteminden projeyi çekmek için Şekil 4.14' deki ara-yüz kullanılmaktadır. Sipariş numarası bazında sorgu ORACLE veri tabanında aranır ve dönen bilgiler ekrana yazılır, uygunluğu kullanıcı tarafından kontrol edildikten sonra veri tabanına kaydı gerçekleştirilir.

Projeler

Drag a column header here to group by that column

Proje Adı	Proje No	Siparis No	Trafo Baslangic No	Trafo Bitis No	Tepe Kodu	FAT Tarihi
STOCK	4018	4001425	4128	4128	5902477	30.03.2018
GENSER İTM 201	3637	4001428	4134	4135	5902749	10.05.2018
KT 2202 tamir trafosu	2244	900300	2202	2202	5901475	14.03.2018
KT 1462 tamir trafosu	3899	900293	1462	1462	5900946	13.03.2018
KT 510 tamir	3899	900292	510	510	5900063	12.03.2018
EHA/ŞEK SİP, TERMINAL S11A-12A	4011	4001416	4082	4089	5902290	23.03.2018
ATASAM-DAG PROJESİ	4006	4001415	4079	4081	5902724	31.03.2018
ATASAM-DAG PROJESİ	4006	4001414	4078	4078	5902722	31.03.2018
ATASAM-DAG PROJESİ	4006	4001413	4076	4077	5902720	31.03.2018
KAYSERAY II ETAP	1670	900301	1290	1290	5900800	15.03.2018
GÜLSAN 2016 YATIRIM TAMİR	3271	900310	3148	3148	5902282	15.03.2018
Türkraktör tamir	3680	900266-3	562	562	5900314	1.03.2018
Türkraktör tamir	3680	900266-2	558	558	5900312	1.03.2018
Türkraktör tamir	3680	900266-1	552	552	5900308	1.03.2018
GÜLSAN 8 adet KT Tamiri	3618	900316	854	854	5900585	1.03.2018
GÜLSAN 8 adet KT Tamiri	3618	900315	2321	2321	5901575	1.03.2018
GÜLSAN 8 adet KT Tamiri	3618	900314	2319	2319	5901575	1.03.2018

Kayıtlı Proje Sayısı: 1375

Şekil 4.15: Kayıtlı projeler

Yazılıma kayıt edilen projeler listesi Şekil 4.15’ deki gibidir. Bu ekranda üretim tarafından kalıp kontrolleri ve üretim çizelgesi gerçekleştirilmiş projeler yeşil ile, henüz kalıp kontrolü gerçekleştirilmemiş, çizelgelememiş projeler ise kırmızı ile işaretlenmiştir.



Bobin Listesi

AG Folyolar İçin Bara Büküm Yüksekliğini Yeniden Hesapla ve Güncelle

Drag a column header here to group by that column

Stok Kodu	Bobin Adı	Döküm Tipi	İletken Tipi	İç Çap	Dış Çap	Yükseklik	Kiriş Mesa...	Bara Geni...	Bara Büküm Yuks...	Faz Akımı	Kapak Sa...	Kapak Genisliği
520031...	AG SA...	Prepreg	Folyo	262	338	1240	242	100	1323	0	0	0
520031...	YG SAR...	Kum Dol...	Yuvarlak	472	550	1180	0	0	0	10,1	1	200
520037...	AG SA...	Kum Dol...	Yassı	190	218	640	0	0	0	0	0	0
520038...	YG SAR...	Kum Dol...	Yuvarlak	360	420	580	0	0	0	1,04	2	120
520043...	AG SA...	Kum Dol...	Folyo	360	470	1240	350	120	1323	0	0	0
520043...	YG SAR...	Kum Dol...	Yuvarlak	605	715	1180	0	0	0	25,23	1	200
520077...	AG SA...	Prepreg	Folyo	360	458	1240	344	120	1321	0	0	0
520078...	YG SAR...	Cam Elyaf	Yassı	600	730	1180	0	0	0	25,23	1	200
520079...	AG SA...	Kum Dol...	Folyo	356	450	1240	330	120	1321	0	0	0
520079...	YG SAR...	Cam Elyaf	Yassı	590	725	1180	0	0	0	25,23	1	200
520117...	AG SA...	Prepreg	Folyo	301	434	1040	291,5	60	0	0	0	0
520117...	YG SAR...	Kum Dol...	Yassı	495	620	1030	0	0	0	50	1	200
520125...	AG SA...	Kum Dol...	Yassı	140	162	840	0	0	0	0	0	0
520125...	YG SAR...	Kum Dol...	Yuvarlak	300	370	780	0	0	0	0,46	2	120
520175...	AG SA...	Kum Dol...	Folyo	307	387	1240	295	100	1322	0	0	0
520175...	YG SAR...	Kum Dol...	Yuvarlak	525	620	1180	0	0	0	16,91	1	200
520179...	AG SA...	Kum Dol...	Folyo	325	402	1040	297	120	1120	0	0	0
520179...	YG SAR...	Kum Dol...	Yuvarlak	545	615	980	0	0	0	16,17	1	200
520185...	AG SA...	Kum Dol...	Yassı	165	230	700	0	0	0	0	0	0
520185...	YG SAR...	Kum Dol...	Yuvarlak	365	410	640	0	0	0	1,4	2	120

Toplam Bobin Sayısı: 456

Şekil 4.16: Kayıtlı bobinler

Müşteri isteklerine göre tasarımı gerçekleştirilmiş bobinler Şekil 4.16' daki gibidir. Bobine ait spesifik bilgiler stok kodu, bobin adı, döküm tipi, iletken tipi, iç çap, dış çap, yükseklik, kiriş mesafesi, bara genişliği, bara büküm yüksekliği, faz akımı, dış kalıp kapak sayısı ve dış kalıp kapak genişliği olarak belirlenmiştir.

Proje ve Bobin Eşleştirme

Proje Seçimi: 4001384

Seçili Projede Bulunan Bobinler

Stok Kodu	Bobin Adı	Dokum Tipi	İletken Tipi	İç Cap	Dis Cap	Yükseklik	Bara Genisliği	Faz Akımı	Kapak Sayısı	Kapak Genisliği	Bobin Kayıt Tarihi	
520415...	AG SAR...	Prepreg	Folyo	224	291	640	80	0	0	0	1.11.2017	
5200312-01	520415...	YG SAR...	Kum Dolg...	Yuvarlak	350	440	620	0	29	2	120	1.11.2017

Find

Stok Kodu	Bobin Adı	Dokum Tipi	İletken Tipi	İç Cap	Dis Cap	Yükseklik
5200311...	AG SARG...	Prepreg	Folyo	262	338	1240
5200312...	YG SARGISI	Kum Dolg...	Yuvarlak	472	550	1180
5200379...	AG SARG...	Kum Dolg...	Yassı	190	218	640
5200380...	YG SARGISI	Kum Dolg...	Yuvarlak	360	420	580
5200436...	AG SARG...	Kum Dolg...	Folyo	360	470	1240
5200437...	YG SARGISI	Kum Dolg...	Yuvarlak	605	715	1180
5200779...	AG SARG...	Prepreg	Folyo	360	458	1240
5200780...	YG SARGISI	Cam Elyaf	Yassı	600	730	1180
5200797...	AG SARG...	Kum Dolg...	Folyo	356	450	1240
5200798...	YG SARGISI	Cam Elyaf	Yassı	590	725	1180
5201177...	AG SARG...	Prepreg	Folyo	301	434	1040
5201178...	YG SARGISI	Kum Dolg...	Yassı	495	620	1030
5201257...	AG SARG...	Kum Dolg...	Yassı	140	162	840

Clear

Şekil 4.17: Projelere bobin atanması

Yazılım üzerinde projeler ve bobinler kayıt edildikten sonra projeler üzerine bobin atama işlemler yapılmaktadır. Bu işlem ile o projede hangi bobinlerin kullanılacağı belirlenmektedir. Öncelikle açılır liste üzerinde proje seçim işlemi yapılır, daha sonra ise yine açılır pencere üzerinden bobin seçim işlemi gerçekleştirilir. Ata butonu ile projeye bobin eklenmiş olur. Atama işlemi sonrası yine ilgili kişilere workflow maili iletilmektedir. Şekil 4.17' de hali hazırda 4001384 nolu proje üzerinde 2 adet bobin görülebilmektedir.

Proje ve Bobinler

Proje No Siparis No

Proje Nu	Siparis Nu	Stok Kodu	Bobin Adı	Dokum Tipi	İletken Tipi
1066	400134	5200311-01	AG SARGISI	Prepreg	Folyo
1066	400134	5200312-01	YG SARGISI	Kum Dolgulu	Yuvarlak
Proje No: 1106					
Siparis No: 400152					
1106	400152	5200379-01	AG SARGISI	Kum Dolgulu	Yassı
1106	400152	5200380-01	YG SARGISI	Kum Dolgulu	Yuvarlak
Proje No: 1170					
Siparis No: 400168					
1170	400168	5200436-01	AG SARGISI	Kum Dolgulu	Folyo
1170	400168	5200437-01	YG SARGISI	Kum Dolgulu	Yuvarlak
Proje No: 1370					
Siparis No: 900194					
1370	900194	5203804-01	AG SARGISI	Kum Dolgulu	Folyo
1370	900194	5203805-01	YG SARGISI	Cam Elyaf	Yassı
Proje No: 1442					
Siparis No: 400285					
1442	400285	5200779-01	AG SARGISI	Prepreg	Folyo
1442	400285	5200780-01	YG SARGISI	Cam Elyaf	Yassı
Proje No: 1483					
Siparis No: 400293					
1483	400293	5200797-01	AG SARGISI	Kum Dolgulu	Folyo
1483	400293	5200798-01	YG SARGISI	Cam Elyaf	Yassı
Proje No: 1670					
Siparis No: 400576					
1670	400576	5201751-01	AG SARGISI	Kum Dolgulu	Folyo
1670	400576	5201752-01	YG SARGISI	Kum Dolgulu	Yuvarlak

**Şekil 4.18:** Proje ve projelere ait bobinler ağacı

Eşleştirme işlemi yapılmış projeler ve bobinlere ait kırılım görüntüsü Şekil 4.18’deki gibidir. Kolayca filtrelenerek gerekli bilgiye hızlı bir şekilde erişilebilmektedir.

Bobinlere Uygun Kalıplar

İç Kalıpların Excel'e Aktar FAT Tarihi Gelmeyen Projelerin Bobinler Dış Kalıpların Excel'e Aktar

Tüm Bobinler

Drag a column header here to group by that column

Siparis No	Trafo B...	Trafo B...	Trafo S...	FAT Tarihi	Notlar	Stok Kodu	Bobin Adı	Dokum ...	İletken ...	İc Cap	Dis Cap	YG Kalp...	Yükseklik	Kiris Me...	Bara Ge...	Bara Bu...	Kapak S...	Kapak G...
400617	1754	1759	6	22.05.2...		520189...	AG SAR...	Kum Dol...	Folyo	307	430	D	1240	295	120	1324	0	0
400617	1754	1759	6	22.05.2...		520189...	YG SAR...	Kum Dol...	Yuvarlak	560	700	D	1180	0	0	0	1	200
400648	1845	1846	2	30.07.2...		520201...	AG SAR...	Kum Dol...	Yassı	200	220	D	840	0	0	0	0	0
400648	1845	1846	2	30.07.2...		520201...	YG SAR...	Kum Dol...	Yuvarlak	360	410	D	780	0	0	0	2	120
400673	1906	1907	2	22.09.2...		520206...	AG SAR...	Kum Dol...	Folyo	309	412	D	1240	297	120	1323	0	0
400673	1906	1907	2	22.09.2...		520206...	YG SAR...	Cam Elyaf	Yassı	545	627	D	1180	0	0	0	1	200
400701	1991	1992	2	20.10.2...		520213...	AG SAR...	Kum Dol...	Folyo	275	321	D	1240	250	0	1323	0	0
400701	1991	1992	2	20.10.2...		520213...	YG SAR...	Kum Dol...	Yuvarlak	455	550	D	1180	0	0	0	1	200
400688	1951	1956	6	20.10.2...		520213...	AG SAR...	Kum Dol...	Folyo	372	435	D	1240	336	120	1323	0	0

Eldeki Uygun İç Kalıplar

İç Kalıp Sto...	Wire Type	Diameter	Height	bar Distance	İç Kalıp Barkod
2150020076	Diğer	545	1300	0	8692000001135
2150020076	Diğer	545	1300	0	8692000001142
2150020076	Diğer	545	1300	0	8692000001149
2150020076	Diğer	545	1300	0	8692000000623
2150020076	Diğer	545	1300	0	8692000000630
2150020076	Diğer	545	1300	0	8692000000637
2150020157	Diğer	545	1350	0	86920000006560

7 Adet

Eldeki Uygun Dış Kalıplar

Dis Kalıp S...	Casting T...	Diameter	Cover Num	Cover Width	Height	Dis Kalıp B...	Deep Of Cut
2150070058	Cam Elyaf	627	1	200	1350	86910000...	0
2150070058	Cam Elyaf	627	1	200	1350	86910000...	0
2150070058	Cam Elyaf	627	1	200	1350	86910000...	0

3 Adet

Uygun İç Kalıp Resim Numaraları

İç Kalıp Stok Kodu	Wire Type	Diameter	Height	bar Distance
2150020076	Diğer	545	1300	0
2150020157	Diğer	545	1350	0

Uygun Dış Kalıp Resim Numaraları

Dis Kalıp Sto...	Casting Type	Diameter	Cover Num	Cover Width	Height	Deep Of Cut
2150070058	Cam Elyaf	627	1	200	1350	0

Şekil 4.19: Bobinlere uygun kalıplar

Bobinlere uygun kalıplar ekranında ise, herhangi bir projeye atanmış olan bobinler ekranının en üst kısmında listelenmektedir. Bobinler listesinde kullanıcı tarafından seçilen her bobin için elde bulunan kalıp listesi ve elde bulunmasa bile o bobin için uygun olan kalıp resimleri listelenmektedir. Sol bölüm seçili bobinin iç kalıpları için, sağ bölüm ise dış kalıpları içindir.

Dis Kalıp Stok Kodu	Casting Type	Diameter	Height	Cover Num	Cover Width	Deep Of Cut	cb Cover Type
2150030142	Kum Dolgululu		229	1100	0	0 0	D
2150030143	Kum Dolgululu		257	1100	0	0 0	D
2150030144	Kum Dolgululu		321	1450	0	0 110	D
2150030145	Kum Dolgululu		522	1450	0	0 600	D
2150030146	Kum Dolgululu		487	1450	0	0 140	D
2150030147	Kum Dolgululu		246	1400	0	0 130	D
2150030148	Kum Dolgululu		205	1000	0	0 0	D
2150030149	Kum Dolgululu		445	1370	0	0 60	D
2150030150	Kum Dolgululu		454	1360	0	0 0	D
2150030151	Kum Dolgululu		440	1060	0	0 240	D

Siparis No	FAT Tarihi	Proje Adı	Stok Kodu	Dokum Tipi	Bobin Adı	İletken Tipi
400104	30.03.2...	ARGE 2011	5210012-01	Kum Dolgululu	AG SARGISI	Folyo
900188	7.04.2017	Bedaj Tamir Trafolan	5203798-01	Kum Dolgululu	AG SARGISI	Folyo
400894	1.11.2017	TENDER RFX NO 205...	5203951-01	Kum Dolgululu	AG SARGISI	Folyo
900292	12.03.2...	KT 510 tamir	5210012-01	Kum Dolgululu	AG SARGISI	Folyo

Şekil 4.20: Kalıplara uygun bobinler

Kalıplara uygun bobinler ekranında ise elde bulunan kalıplar iç veya dış olacak şekilde ekranın en üst kısmında listelenmektedir. Kalıplar listesinde kullanıcı tarafından seçilen her kalıp için, o kalıbın kullanılabileceği bobinler listelenmektedir. Sol bölümde seçili kalıba uygun alçak gerilim bobinleri, sağ bölümde ise yüksek gerilim bobinleri yer almaktadır.

İç Kalıp Stok Kodu	Wire Type	Diameter	Height	bar Width	bar Distance	Dosya Adı
2150010090	Folyo	412	1400	0	380,5	
2150010091	Folyo	252	1350	60	229,5	
2150010092	Folyo	230	1200	50	211,5	2150010092_AG_IC_KALIP_230X1200X211,5_R2.pdf
2150010093	Folyo	252	1200	60	233,5	2150010093_AG_IC_KALIP_252X1200X233,5_R1.pdf
2150020001	Diğer	135	700	0	0	2150020001_AG_IC_KALIP_135x700.pdf
2150020002	Diğer	140	900	0	0	
2150020003	Diğer	150	900	0	0	2150020003_AG_IC_KALIP_150x900.pdf
2150020004	Diğer	165	900	0	0	

Şekil 4.21: Kayıtlı iç kalıp şablonları

Kalıplara atanacak stok kodları ve çizilen teknik resimlerin programa atıldığı ekran Şekil 4.21’ de gösterilmektedir. Resimlerin programa eklenmesi ile her kullanıcı kalıplara ait teknik resime istediği bilgisayardan erişebilmektedir. Boşluk bulunan satırların teknik resimleri henüz eklenmemiştir.

Raf Tanimi	Raf Satir	Raf Sutun	Raf Yukseklik
E02	E	0	2
E03	E	0	3
E04	E	0	4
E05	E	0	5
E06	E	0	6
E07	E	0	7
E08	E	0	8
E09	E	0	9
E10	E	1	0
E11	E	1	1
E12	E	1	2

Şekil 4.22: Kayıtlı raflar

Kalıplama atölyesi içinde üç katlı olarak raflarda stoklanan kalıpların yerlerinin belirlenmesi ve kolay erişim için ayrıca raf sistemi kurulmuş ve tüm kalıplar için raf atamaları yapılmıştır. Şekil 4.22’ deki gibi her bir rafın sahip olduğu özellikler satır, sütun ve yüksekliktir. Raf kodu bu üç parametrenin birleşmesi ile elde edilmektedir. Yeri değişen kalıpların raf güncelleme işlemleri el terminali ile yapılmakta, bu sayede bilgisayar başına gitmekle vakit kayıp edilmemiş olup, doğru bilgiye anlık olarak erişebilmek mümkündür.

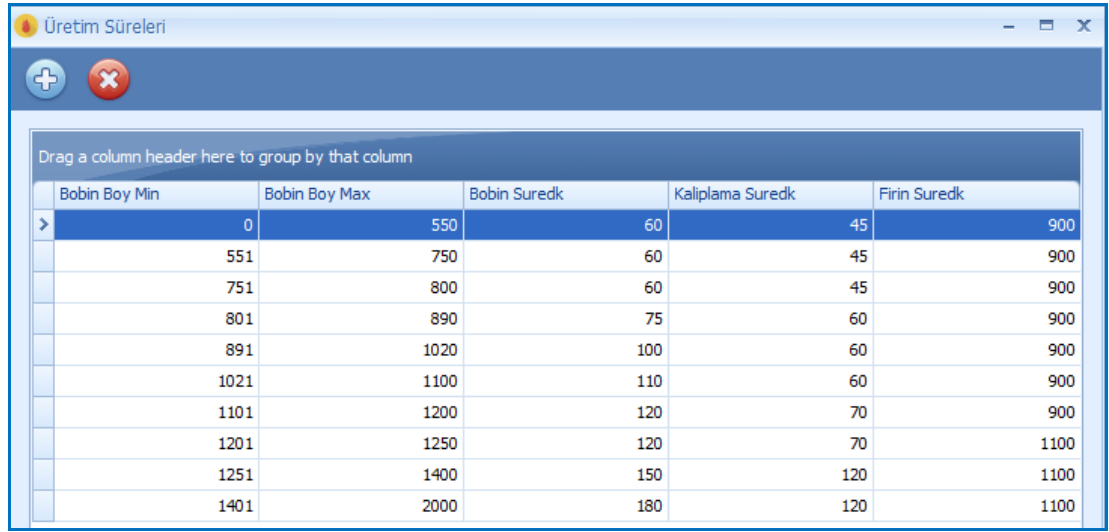
Departma...	İstasyon T...	Coil Leng...	Coil Leng...	Coil Leng...	Wire Type...	Wire Type...	Radyal Bool	Radyal Val	Firin Max ...	Firin Genisligi	Firin Derinligi
Sarım	FWM-1	<input checked="" type="checkbox"/>	500	1500	<input checked="" type="checkbox"/>	Folyo	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
Sarım	FWM-2	<input checked="" type="checkbox"/>	500	1500	<input checked="" type="checkbox"/>	Folyo	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
Sarım	FWM-3	<input checked="" type="checkbox"/>	500	1500	<input checked="" type="checkbox"/>	Folyo	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
Kalıplama	Kalip-1	<input checked="" type="checkbox"/>	0	10000	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
Kalıplama	Kalip-2	<input checked="" type="checkbox"/>	0	10000	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
Kalıplama	Kalip-3	<input checked="" type="checkbox"/>	0	10000	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
Kalıplama	Kalip-3	<input checked="" type="checkbox"/>	0	10000	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
Firin-Döküm	Firin-Dökü...	<input checked="" type="checkbox"/>	0	10000	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	1100	1900
Sarım	Strip-1	<input checked="" type="checkbox"/>	0	10000	<input checked="" type="checkbox"/>	Strip	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
Sarım	Yassi-1	<input checked="" type="checkbox"/>	0	1500	<input checked="" type="checkbox"/>	Yassi	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
Sarım	Yuvarlak-1	<input checked="" type="checkbox"/>	0	1500	<input checked="" type="checkbox"/>	Yuvarlak	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		

Şekil 4.23: Kayıtlı istasyonlar

Fabrika içinde yer alan istasyonlara ait bilgilerin kayıt edildiği ekran Şekil 4.23’ deki gibidir. İstasyonları birbirinden ayıran parametreler;

- Bobin boyu maksimum ve minimum değerleri
- Tel cinsi
- Bobin radyali değeri
- İstasyon genişliği
- İstasyon derinliği olarak belirlenmiştir.

Yukarıda belirtilen özellikler ile üretilecek bobinlerin algoritma içinde atanacağı iş istasyonlar belirlenmektedir.



Bobin Boy Min	Bobin Boy Max	Bobin Suredk	Kalıplama Suredk	Firin Suredk
0	550	60	45	900
551	750	60	45	900
751	800	60	45	900
801	890	75	60	900
891	1020	100	60	900
1021	1100	110	60	900
1101	1200	120	70	900
1201	1250	120	70	1100
1251	1400	150	120	1100
1401	2000	180	120	1100

Şekil 4.24: Bazı bobinlerin proseslerde geçireceği süreler

Çizelgeleme işleminde ise üretim süresinin statik olarak alındığı bir tablo bulunmaktadır. Bu tablodaki üretim süreleri çeşitli istatistiksel çalışmalar yapılarak hesaplanmıştır. Bu çalışmalar sonucu üretim süresine etki eden tek parametre olarak bobin boyu üzerinde karar kılınmıştır. Tabloyu açıklamak gerekir ise boyları 0 ile 550 mm arasında değişen bobinler için sarım süresi 60 dk, kalıplama süresi 45 dk ve döküm – fırın süresi ise 900 dk olarak belirlenmiştir.

Planlar

Çalıştır Personel Ayarları Folyo Strip Yuvarlak Profil Kalıplama Dokum-Firin Tumu

Plan Adı: FirstPlan Plan Tipi: Taslak Gerçek Plan Açıklama: OptimizasyonTests Plan Başlangıç Zamanı: 6.08.2018

İhtiyaç Listesi Sonuç [Liste] Sonuç [Gantt Chart]

Proje No	Siparis No	Stok Kodu	Bobin Adı	Dokum Tipi	İletken Tipi	Trafo Sayısı	FAT Tarihi	Uretilcekmi	Uretim Sayısı	Kalip Sayısı
> 4023	4001430	5204456...	AG SAR...	Kum Dolgulu	Folyo	1	19.06.2018	<input checked="" type="checkbox"/>	6	3
4023	4001430	5204457...	YG SARG...	Kum Dolgulu	Yuvarlak	1	19.06.2018	<input checked="" type="checkbox"/>	6	3
3969	4001387	5204465...	AG SAR...	Kum Dolgulu	Yassı	1	25.05.2018	<input checked="" type="checkbox"/>	6	3
3969	4001387	5204466...	YG SARG...	Kum Dolgulu	Yuvarlak	1	25.05.2018	<input checked="" type="checkbox"/>	3	3
3866	4001357	5204202...	AG SAR...	Prepreg	Folyo	4	16.05.2018	<input type="checkbox"/>		
3866	4001357	5204203...	YG SARG...	Kum Dolgulu	Yuvarlak	4	16.05.2018	<input type="checkbox"/>		
4039	4001433	5204447...	AG SAR...	Kum Dolgulu	Yassı	9	14.05.2018	<input type="checkbox"/>		
4039	4001433	5204448...	YG SARG...	Kum Dolgulu	Folyo	9	14.05.2018	<input type="checkbox"/>		
3637	4001428	5204418...	AG SAR...	Kum Dolgulu	Folyo	2	10.05.2018	<input type="checkbox"/>		
3637	4001428	5204419...	YG SARG...	Kum Dolgulu	Yuvarlak	2	10.05.2018	<input type="checkbox"/>		
3988	4001410	5204426...	AG SAR...	Kum Dolgulu	Folyo	1	5.05.2018	<input type="checkbox"/>		
3988	4001410	5204427...	YG SARG...	Kum Dolgulu	Yuvarlak	1	5.05.2018	<input checked="" type="checkbox"/>	3	3
4038	4001431	5204431...	AG SAR...	Prepreg	Folyo	2	4.05.2018	<input type="checkbox"/>		
4038	4001431	5204432...	YG SARG...	Kum Dolgulu	Yassı	2	4.05.2018	<input type="checkbox"/>		
4038	4001432	5204434...	AG SAR...	Prepreg	Folyo	2	4.05.2018	<input type="checkbox"/>		
4038	4001432	5204435...	YG SARG...	Kum Dolgulu	Yassı	2	4.05.2018	<input type="checkbox"/>		
4066	4001437	5204440...	AG SAR...	Prepreg	Folyo	2	19.04.2018	<input type="checkbox"/>		
4066	4001437	5204441...	YG SARG...	Kum Dolgulu	Yuvarlak	2	19.04.2018	<input type="checkbox"/>		
3864	4001354	5204146...	AG SAR...	Prepreg	Folyo	2	16.04.2018	<input type="checkbox"/>		
3864	4001354	5204147...	YG SARG...	Kum Dolgulu	Yuvarlak	2	16.04.2018	<input checked="" type="checkbox"/>	9	6
4021	4001429	5204408...	AG SAR...	Prepreg	Folyo	4	4.04.2018	<input type="checkbox"/>		
4021	4001429	5204409...	YG SARG...	Kum Dolgulu	Yuvarlak	4	4.04.2018	<input type="checkbox"/>		
4006	4001413	5204360...	AG SAR...	Prepreg	Folyo	2	31.03.2018	<input type="checkbox"/>		
4006	4001413	5204361...	YG SARG...	Cam Elyaf	Yuvarlak	2	31.03.2018	<input type="checkbox"/>		
4006	4001414	5204363...	AG SAR...	Prepreg	Folyo	1	31.03.2018	<input type="checkbox"/>		
4006	4001414	5204364...	YG SARG...	Cam Elyaf	Yuvarlak	1	31.03.2018	<input type="checkbox"/>		

Şekil 4.25: İş sıralama algoritmasına girecek bobinlerin seçimi

Çizelgeleme ekranına giriş yapıldığında kullanıcının karşısına Şekil 4.25' deki ekran gelmektedir. Bu ekranda yer alan sekmelerdeki butonlar;

- Çalıştır: Üretim sayıları ve kalıp sayıları girilmiş olan bobinler için çizelgeleme işlemini başlatır.
- Personel Ayarları: Vardiyadaki personel sayısının girildiği ara-yüzdür. 07:30 – 15:30, 15:30 – 23:30 ve 23:30 – 07:30 vardiyasındaki personel sayılarına ait bilgiler bu ekrana girilmektedir. Çizelgeleme esnasında sıkça kullanılan kritik bir bilgidir.
- Folyo: Çizelgeleme işlemi sonrasında çizilen Gantt şeması için sadece tel tipi folyo olan bobinlerin filtreleme butonudur.

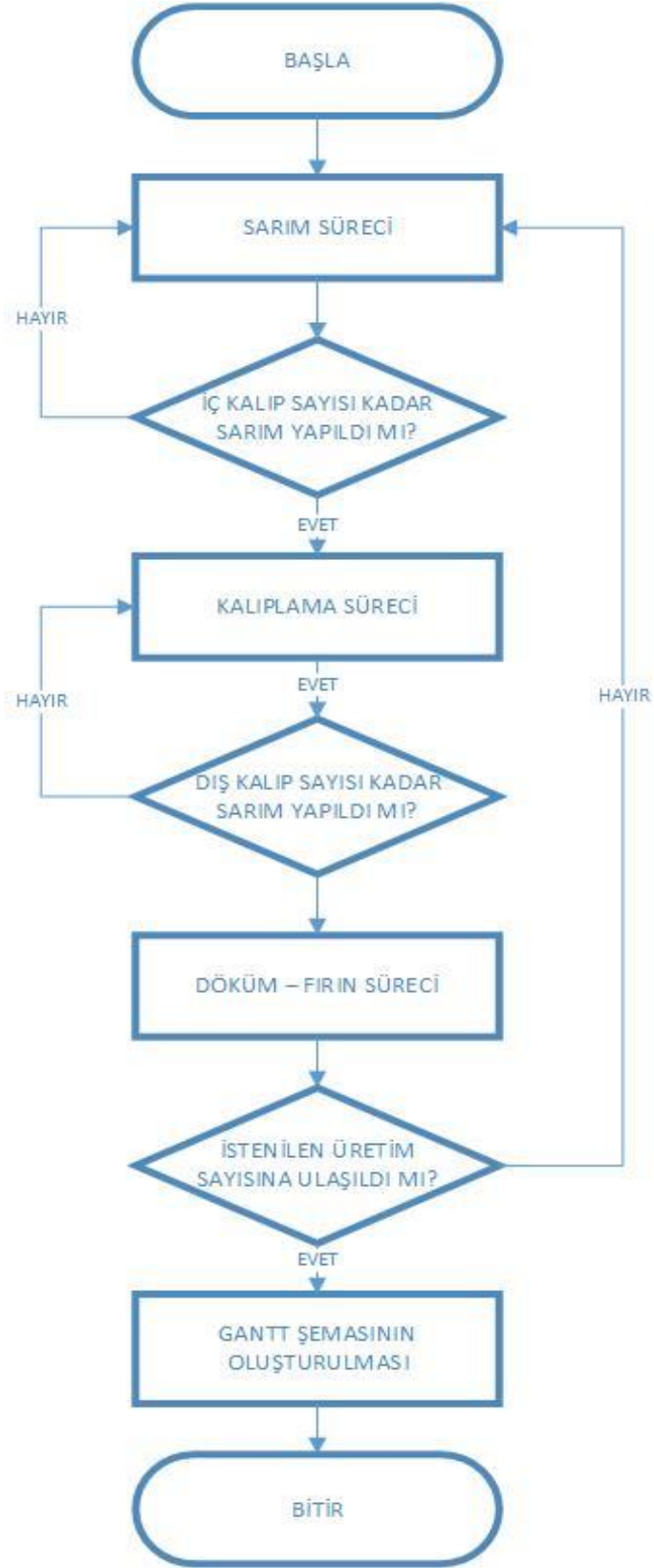


- Strip: Çizelgeleme işlemi sonrasında çizilen Gantt şeması için sadece tel tipi strip olan bobinlerin filtreleme butonudur.
- Yuvarlak: Çizelgeleme işlemi sonrasında çizilen Gantt şeması için sadece tel tipi yuvarlak olan bobinlerin filtreleme butonudur.
- Profil: Çizelgeleme işlemi sonrasında çizilen Gantt şeması için sadece tel tipi profil olan bobinlerin filtreleme butonudur.
- Kalıplama: Çizelgeleme işlemi sonrasında çizilen Gantt şeması için sadece kalıplama operasyonlarının filtreleme butonudur.
- Döküm – Fırın: Çizelgeleme işlemi sonrasında çizilen Gantt şeması için sadece döküm – fırın operasyonlarının filtreleme butonudur.
- Tümü: Tüm filtreleme işlemlerinin kalkıp, bütün operasyonların Gantt şemasında yeniden çizilmesini sağlar.

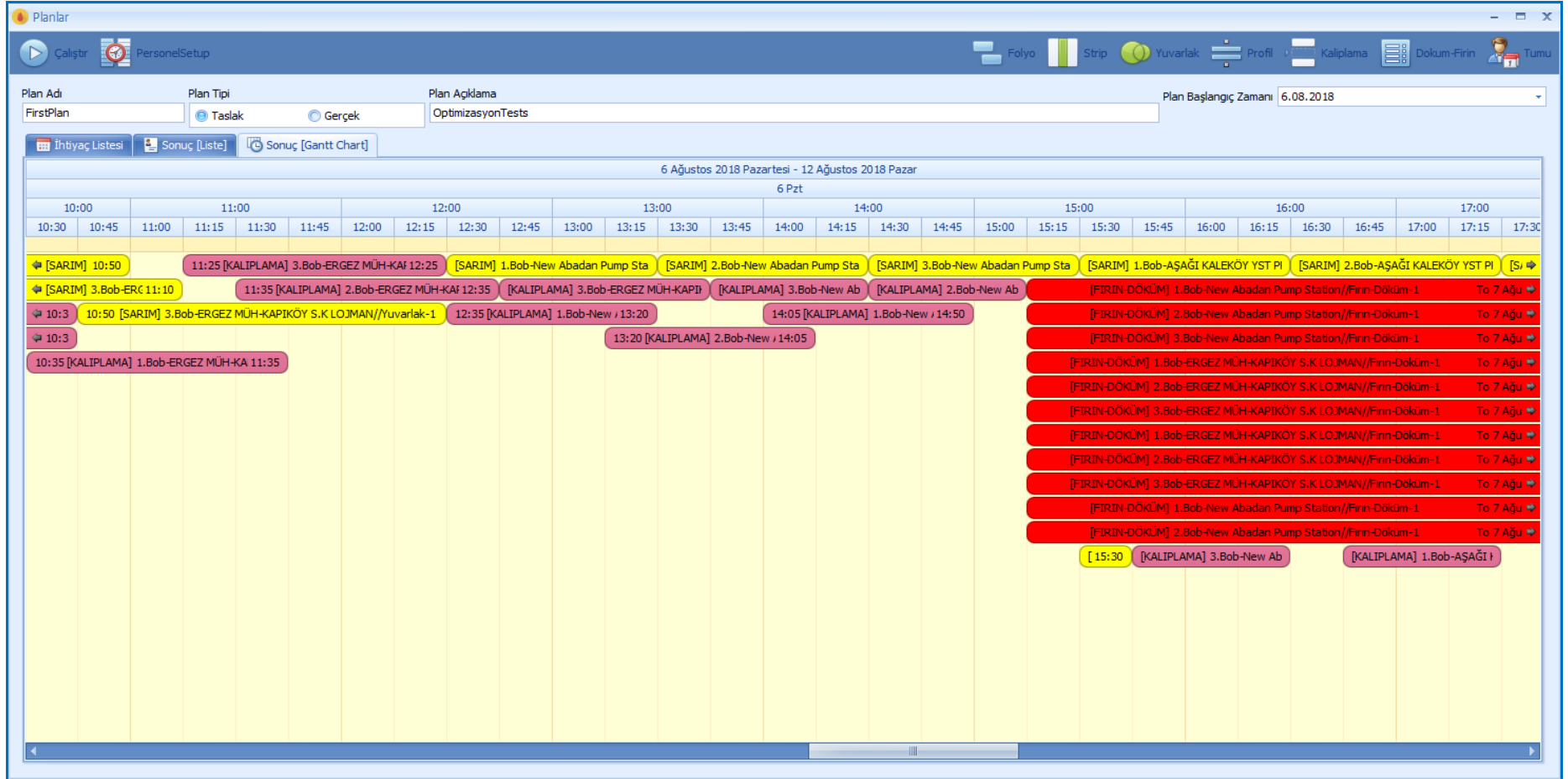
İlk adımda üretimi gerçekleştirilecek olan bobinler listeden seçilir. Seçimi gerçekleştirilen bobinlerin fark edilmesi için tüm satır yeşile boyanmaktadır. Seçim işleminden sonra kullanıcı kaç adet üretim yapılacak ise üretim sayısı kolonundaki hücreyi ve girilen üretim sayısının kaç kalıp ile üretmeyi planladığını kalıp sayısı kolonuna ait hücreyi doldurarak algoritmaya belirtmiş olur.

Tüm üretimi gerçekleştirilecek olan bobinler seçilip gerekli hücreler doldurulduktan sonra kullanıcı “Çalıştır” butonuna tıklar ve çözümün hazırlanmasını bekler. Çözüm aşamasında ilk adım üretilecek bobinlerin saptanması ve sıralanmasıdır. Bu sıralama işlemi teslim proje teslim tarihine göre belirlenmektedir. Sıralama aşamasından sonra çizelgeleme aşamasına geçilir. Çizelgelemenin her aşamasında vardiya saati, vardiyadaki çalışan sayısı, müsait olan uygun özelliklerdeki ilk istasyonun uygun olduğu saat kontrol edilmektedir. Uygun olan istasyona iş ataması yapılır ve kalıp sayısı göz önünde bulundurularak bir sonraki operasyon çizelgelenir. Fırın – döküm sürecinde, fırına yerleştirilen bobinlerden hangisi en uzun süre kalacak ise, fırına yerleştirilmiş tüm bobinler bu süre boyunca fırında kalacaktır. Bu operasyonun uzun sürmesi bobinler üzerinde herhangi kötü bir etki yaratmamaktadır. Fırın – döküm süreci de çizelgelendikten sonra istenilen üretim sayısına ulaşılmamış ise iç kalıp ve dış kalıplar serbest kalacağından tekrar süreç en başa dönmektedir.

Çözüm aşamasını iş akış haritası şeklinde anlatacak olur isek;



Şekil 4.26: İş sıralama algoritması iş akış şeması



Şekil 4.27: Sonuç Gantt şeması

Her sürecin hangi operasyon ve projeye ait olduğu hücrelerde yer almaktadır. Görsel kontrolün sağlanması amacı ile Gantt şeması başlangıç ve bitiş süreleri belirlenmiş operasyonlar için Şekil 4.26' daki gibi çizdirilir.

#### **4.6 Mevcut Durum ile Geliştirilen Durumun Karşılaştırılması ve İşletmeye Ekonomik Açıdan Katkıları**

Geliştirilen bu proje ile BEST Trafo Kuru Tip Transformatör Üretim Fabrikası' nda kalıp kullanılan tüm süreçlerden bilgi toplanabilmektedir. Bu sayede olumsuz durumlar karşısında çok daha hızlı tepki verilebilmekte, stok denetimi ve yönetimi ile elde tutma maliyetlerinin düşmesine katkı sağlanmaktadır.

Örnek Problem: Üretilmesi planlanan birbirinden farklı iki tip, toplam da üç trafo (her trafo üç alçak gerilim ve üç yüksek gerilim bobinden oluşur, toplam 18 bobin) bulunmaktadır. Teslim tarihleri üç trafo içinde aynı ve bir hafta sonradır. Çalışanlar tarafından yapılan ve geliştirilen program tarafından yapılan plan karşılaştırıldığında;

- Planlama hızı performans ölçütü olarak alındığında eski durumdaki planın yapılması 30 dakika gibi bir süreyi bulmaktadır. Bu sürenin sonunda ise planın doğru bir şekilde yapıldığı ve tüm kısıtlara uygun olduğu teyit edilememektedir. Geliştirilen durumda ise çözüm bir dakikadan az sürmekte ve tüm kısıtlara (makine sayısı, vardiyalardaki personel sayısı, kalıp sayısı) uygundur.
- Kalıp sayısı performans ölçütü olarak alındığında ise zaman konusunda öngörü yapılamadığından, zor durumda kalmamak adına her bobin için bir kalıp sipariş edilmesi planlanmaktadır, bunun sonucunda toplamda 18 kalıp sipariş edilir. Geliştirilen durumda, önce birer kalıp ile çözüm üretilmekte, sonra üçer ve en son altışar kalıp ile yapılan çözümler hızlıca karşılaştırılmıştır. Ve teslim süresi göz önünde bulundurulduğunda altı kalıplı çözüm ile termin tutturulabilmektedir. Bu sayede yaptırılacak kalıp miktarından da tasarruf edilir ve toplamda altı kalıp ile üretim gerçekleştirilmiştir.

## 4.7 Algoritmanın Örnek Problemler Üzerinde Çalıştırılması

Örnek senaryolar çalıştırılırken tüm bobinler için sarım süreci 200 dakika, kalıplama süreci 250 dakika ve döküm-fırın süreci de 600 dk olarak alınmıştır. Tüm sarım ve kalıplama süreçleri arasında 15 dakikalık boşluk bırakılmıştır. Ancak kalıplama ile fırın-döküm arasında boşluk bırakılmamıştır. Tüm siparişlerin aynı anda geldiği varsayılmaktadır ve teslim zamanı tespit edilmeye çalışılacaktır. Diğer değişkenler başlıklar altında açıklanmıştır.

### 4.7.1 Kalıp Kısıtlı Çözümler

Bir iç kalıp, bir dış kalıp, bir personel, bir sarım makinesi, bir kalıplama istasyonu ve bir döküm fırını kaynak olarak tanımlandığında iş sıralama sonuçları aşağıdaki gibidir.

**Tablo 4.1: Bir proje bir kalıp sarım sonucu**

Bobin Adı	Bobin Sıra	Siparis No	SarımIstasyon	Sarım_Baslama	Sarım_Bitis
AG SARGISI	1	4001430	FWM-1	17.09.2018 07:30:00	17.09.2018 10:50:00
	2	4001430	FWM-1	18.09.2018 01:15:00	18.09.2018 04:35:00
	3	4001430	FWM-1	18.09.2018 19:00:00	18.09.2018 22:20:00

**Tablo 4.2: Bir proje bir kalıp kalıplama sonucu**

Bobin Adı	Bobin Sıra	Siparis No	KalıplamaIstasyon	Kalıplama_Baslama	Kalıplama_Bitis
AG SARGISI	1	4001430	Kalıp-1	17.09.2018 11:05:00	17.09.2018 15:15:00
	2	4001430	Kalıp-1	18.09.2018 04:50:00	18.09.2018 09:00:00
	3	4001430	Kalıp-1	18.09.2018 22:35:00	19.09.2018 02:45:00

**Tablo 4.3: Bir proje bir kalıp fırın-döküm sonucu**

Bobin Adı	Bobin Sıra	Siparis No	Döküm Fırın	Fırın_Baslama	Fırın_Bitis
AG SARGISI	1	4001430	Fırın-Döküm-1	17.09.2018 15:15:00	18.09.2018 01:15:00
	2	4001430	Fırın-Döküm-1	18.09.2018 09:00:00	18.09.2018 19:00:00
	3	4001430	Fırın-Döküm-1	19.09.2018 02:45:00	19.09.2018 12:45:00

#### 4.7.2 Üretim ve Kalıp Sayısı Eşit Çözümler

Üç iç kalıp, Üç dış kalıp, bir personel, bir sarım makinesi, bir kalıplama istasyonu ve bir döküm fırını kaynak olarak tanımlandığında iş sıralama sonuçları aşağıdaki gibidir.

**Tablo 4.4:** Bir proje üç kalıp sarım sonucu

Bobin Adı	Bobin Sıra	Siparis No	SarımIstasyon	Sarım_Baslama	Sarım_Bitis
AG SARGISI	1	4001430	FWM-1	17.09.2018 07:30:00	17.09.2018 10:50:00
	2	4001430	FWM-1	17.09.2018 10:50:00	17.09.2018 14:10:00
	3	4001430	FWM-1	17.09.2018 14:10:00	17.09.2018 17:30:00

**Tablo 4.5:** Bir proje üç kalıp kalıplama sonucu

Bobin Adı	Bobin Sıra	Siparis No	KalıplamaIstasyon	Kalıplama_Baslama	Kalıplama_Bitis
AG SARGISI	1	4001430	Kalıp-1	17.09.2018 11:05:00	17.09.2018 15:15:00
	2	4001430	Kalıp-1	17.09.2018 15:15:00	17.09.2018 19:25:00
	3	4001430	Kalıp-1	17.09.2018 19:25:00	17.09.2018 23:35:00

**Tablo 4.6:** Bir proje üç kalıp fırın-döküm sonucu

Bobin Adı	Bobin Sıra	Siparis No	Dokum Fırın	Fırın_Baslama	Fırın_Bitis
AG SARGISI	1	4001430	Fırın-Döküm-1	17.09.2018 23:35:00	18.09.2018 09:35:00
	2	4001430	Fırın-Döküm-1	17.09.2018 23:35:00	18.09.2018 09:35:00
	3	4001430	Fırın-Döküm-1	17.09.2018 23:35:00	18.09.2018 09:35:00

#### 4.7.3 Karmaşık Çözümler

Bobin üretim sayıları ve kalıp sayıları birbirinden farklı olduğu gibi kullanılabilir kaynakların sayısında artırılmıştır. Bu senaryoda iki folyo, diğer tel türleri (yuvarlak, yassı) için birer sarım makinesi ve üç kalıplama istasyonu ile bir fırın tanımlanmıştır. Folyo sarım yapabilecek personel sayısı yine her vardiyada iki, diğer tüm süreçlerde de bir adet olarak tanımlanmıştır.

**Tablo 4.7:** Birden fazla kalıp ve istasyona ait sarım sonucu

Bobin Adı	Bobin Sıra	Siparis No	SarımIstasyon	Sarım_Baslama	Sarım_Bitis
AG SARGISI	1	4001430	FWM-1	17.09.2018 07:30:00	17.09.2018 10:50:00
	2	4001430	FWM-2	17.09.2018 07:30:00	17.09.2018 10:50:00
	3	4001430	FWM-2	17.09.2018 10:50:00	17.09.2018 14:10:00
	4	4001430	FWM-1	18.09.2018 22:05:00	19.09.2018 01:25:00
	5	4001430	FWM-2	18.09.2018 22:05:00	19.09.2018 01:25:00
	6	4001430	FWM-2	19.09.2018 01:25:00	19.09.2018 04:45:00
	7	4001430	FWM-1	20.09.2018 00:10:00	20.09.2018 03:30:00
	8	4001430	FWM-2	20.09.2018 00:10:00	20.09.2018 03:30:00
	9	4001430	FWM-2	20.09.2018 03:30:00	20.09.2018 06:50:00
AG SARGISI	1	4001387	Yassı-1	17.09.2018 07:30:00	17.09.2018 10:50:00
	2	4001387	Yassı-1	17.09.2018 10:50:00	17.09.2018 14:10:00
	3	4001387	Yassı-1	17.09.2018 14:10:00	17.09.2018 17:30:00
	4	4001387	Yassı-1	18.09.2018 22:05:00	19.09.2018 01:25:00
	5	4001387	Yassı-1	19.09.2018 01:25:00	19.09.2018 04:45:00
	6	4001387	Yassı-1	19.09.2018 04:45:00	19.09.2018 08:05:00
YG SARGISI	1	4001430	Yuvarlak-1	17.09.2018 07:30:00	17.09.2018 10:50:00
	2	4001430	Yuvarlak-1	17.09.2018 10:50:00	17.09.2018 14:10:00
	3	4001430	Yuvarlak-1	17.09.2018 14:10:00	17.09.2018 17:30:00
	4	4001430	Yuvarlak-1	17.09.2018 17:30:00	17.09.2018 20:50:00
	5	4001430	Yuvarlak-1	17.09.2018 20:50:00	18.09.2018 00:10:00
	6	4001430	Yuvarlak-1	18.09.2018 00:10:00	18.09.2018 03:30:00
YG SARGISI	1	4001387	Yuvarlak-1	18.09.2018 03:30:00	18.09.2018 06:50:00
	2	4001387	Yuvarlak-1	18.09.2018 22:05:00	19.09.2018 01:25:00
	3	4001387	Yuvarlak-1	20.09.2018 00:10:00	20.09.2018 03:30:00

İlk sırada üretime başlanmış olan toplam dokuz bobin için üç adet iç kalıp tanımlanmış olup ve bu kalıp sayısına göre sarım işlemleri planlanmıştır. Bir sonraki sırada bulunan altı adet bobin için toplam altı iç kalıp, diğer altı (YG Sargısı) bobin için üç adet iç kalıp tanımlanmıştır. Son olarak ise üretim sayısı üç olan bobin için bir iç kalıp tanımlanmıştır.

**Tablo 4.8:** Birden fazla kalıp ve istasyona ait kalıplama sonucu

Bobin Adı	Bobin Sıra	Siparis No	Kalıplama İstasyonu	Kalıplama_Baslama	Kalıplama_Bitis
AG SARGISI	1	4001430	Kalıp-1	17.09.2018 11:05:00	17.09.2018 15:15:00
	2	4001430	Kalıp-2	17.09.2018 11:05:00	17.09.2018 15:15:00
	3	4001430	Kalıp-3	17.09.2018 14:25:00	17.09.2018 18:35:00
	4	4001430	Kalıp-1	19.09.2018 01:40:00	19.09.2018 05:50:00
	5	4001430	Kalıp-2	19.09.2018 01:40:00	19.09.2018 05:50:00
	6	4001430	Kalıp-3	19.09.2018 05:00:00	19.09.2018 09:10:00
	7	4001430	Kalıp-1	20.09.2018 03:45:00	20.09.2018 07:55:00
	8	4001430	Kalıp-3	20.09.2018 03:45:00	20.09.2018 07:55:00
	9	4001430	Kalıp-2	20.09.2018 07:05:00	20.09.2018 11:15:00
AG SARGISI	1	4001387	Kalıp-2	18.09.2018 01:15:00	18.09.2018 05:25:00
	2	4001387	Kalıp-1	18.09.2018 04:35:00	18.09.2018 08:45:00
	3	4001387	Kalıp-2	18.09.2018 05:25:00	18.09.2018 09:35:00
	4	4001387	Kalıp-2	19.09.2018 05:50:00	19.09.2018 10:00:00
	5	4001387	Kalıp-1	19.09.2018 05:50:00	19.09.2018 10:00:00
	6	4001387	Kalıp-3	19.09.2018 09:10:00	19.09.2018 13:20:00
YG SARGISI	1	4001430	Kalıp-2	17.09.2018 15:15:00	17.09.2018 19:25:00
	2	4001430	Kalıp-1	17.09.2018 15:15:00	17.09.2018 19:25:00
	3	4001430	Kalıp-3	17.09.2018 18:35:00	17.09.2018 22:45:00
	4	4001430	Kalıp-2	17.09.2018 21:05:00	18.09.2018 01:15:00
	5	4001430	Kalıp-1	18.09.2018 00:25:00	18.09.2018 04:35:00
	6	4001430	Kalıp-3	18.09.2018 03:45:00	18.09.2018 07:55:00
YG SARGISI	1	4001387	Kalıp-3	18.09.2018 07:55:00	18.09.2018 12:05:00
	2	4001387	Kalıp-2	19.09.2018 10:00:00	19.09.2018 14:10:00
	3	4001387	Kalıp-3	20.09.2018 07:55:00	20.09.2018 12:05:00

Tanımlanan iç kalıp sayısı kadar sarım süreci tamamlanmış bobinler için kalıplama süreci Tablo 4.8’ deki gibi planlanmıştır. Bobinlerdeki tel tipi fark etmeksizin kalıplama istasyonlarına atanabildiğinden dolayı tüm bobinler ilk boşalan istasyona atanmıştır.



**Tablo 4.9:** Birden fazla kalıp ve istasyona ait fırın-döküm sonucu

Bobin Adı	Bobin Sıra	Siparis No	Dokum Fırın	Fırın_Baslama	Fırın_Bitis
AG SARGISI	1	4001430	Fırın-Döküm-1	18.09.2018 12:05:00	18.09.2018 22:05:00
	2	4001430	Fırın-Döküm-1	18.09.2018 12:05:00	18.09.2018 22:05:00
	3	4001430	Fırın-Döküm-1	18.09.2018 12:05:00	18.09.2018 22:05:00
	4	4001430	Fırın-Döküm-1	19.09.2018 14:10:00	20.09.2018 00:10:00
	5	4001430	Fırın-Döküm-1	19.09.2018 14:10:00	20.09.2018 00:10:00
	6	4001430	Fırın-Döküm-1	19.09.2018 14:10:00	20.09.2018 00:10:00
	7	4001430	Fırın-Döküm-1	20.09.2018 12:05:00	20.09.2018 22:05:00
	8	4001430	Fırın-Döküm-1	20.09.2018 12:05:00	20.09.2018 22:05:00
	9	4001430	Fırın-Döküm-1	20.09.2018 12:05:00	20.09.2018 22:05:00
AG SARGISI	1	4001387	Fırın-Döküm-1	18.09.2018 12:05:00	18.09.2018 22:05:00
	2	4001387	Fırın-Döküm-1	18.09.2018 12:05:00	18.09.2018 22:05:00
	3	4001387	Fırın-Döküm-1	18.09.2018 12:05:00	18.09.2018 22:05:00
	4	4001387	Fırın-Döküm-1	19.09.2018 14:10:00	20.09.2018 00:10:00
	5	4001387	Fırın-Döküm-1	19.09.2018 14:10:00	20.09.2018 00:10:00
	6	4001387	Fırın-Döküm-1	19.09.2018 14:10:00	20.09.2018 00:10:00
YG SARGISI	1	4001430	Fırın-Döküm-1	18.09.2018 12:05:00	18.09.2018 22:05:00
	2	4001430	Fırın-Döküm-1	18.09.2018 12:05:00	18.09.2018 22:05:00
	3	4001430	Fırın-Döküm-1	18.09.2018 12:05:00	18.09.2018 22:05:00
	4	4001430	Fırın-Döküm-1	18.09.2018 12:05:00	18.09.2018 22:05:00
	5	4001430	Fırın-Döküm-1	18.09.2018 12:05:00	18.09.2018 22:05:00
	6	4001430	Fırın-Döküm-1	18.09.2018 12:05:00	18.09.2018 22:05:00
YG SARGISI	1	4001387	Fırın-Döküm-1	18.09.2018 12:05:00	18.09.2018 22:05:00
	2	4001387	Fırın-Döküm-1	19.09.2018 14:10:00	20.09.2018 00:10:00
	3	4001387	Fırın-Döküm-1	20.09.2018 12:05:00	20.09.2018 22:05:00

Tanımlanan dış kalıp sayısına göre kalıplama süreci tamamlanmış olan bobinler için fırın-döküm süreci Tablo 4.9’ daki gibi planlanmıştır. Üçüncü sırada toplam altı adet üretilecek olan bobinlerin tamamı ile diğer bobinlerden kalıplama işlemleri tamamlamış olanlar 18.09.2018 saat 12:05’ te aynı anda fırın-döküm sürecine girecektir.

## 5. SONUÇ VE GELECEK ÇALIŞMALAR

Firmalar arası rekabetin giderek artması, bilgi teknolojilerinin donanım ve kullanım alanı olarak gelişmesi ile dijital sistemlere olan ilgi giderek artmıştır. Ayrıca ürüne olan talebin çok değişkenlik arz etmesi üretim sektöründe dinamik bir yapı oluşturmayı zorunlu kılmıştır. Ancak kendi üretim süreçlerini sürekli olarak sorgulayan ve geliştirebilen firmalar böyle bir ortamda hayatta kalabilir.

Bu kapsamda paydaşlar tarafından belirtilen gereksinim ve beklentilerin karşılanması için, teknoloji, bilgi ve yeni tekniklerin kullanılması yanında bütün sürecin işleyişini çeşitli varyasyonlar ve kısıtlar altında hızlıca oluşturan yaklaşımlar geliştirmek gerekmektedir.

Projelerin kısıtlı kaynaklar gözetilmeden çizelgelenmesi, ortaya çıkacak çizelgelerin uygulanamaz ve geçersiz olacağı anlamına gelir. Proje üretim aşamasına geçtiğinde tüketilecek kaynakların dikkate alınması iş programının gerçeğe daha uygun olmasını sağlayacaktır. Kaynak kısıtlarını sağlayan ve kapasite değişikliklerini göz önünde bulundurarak çizelgelenmiş iş programları, senaryo analizleri yapabilmek olanağı sağlayabileceği gibi yönetici pozisyonundaki kadro için de gerçekçi bir plan olabilecektir.

Bu çalışmada, değişen koşullara göre anlık güncellenebilen kaynakları çizelgelemek üzere sezgisel bir algoritma önerilmiş ve bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Üretim yetkilileri ile birlikte gerçek senaryolar üzerinde test edilmiş, geçerli ve kullanılabilir sonuçlar üretildiği saptanmıştır. Ayrıca hızlı sonuç veren bir algoritma olduğu da söylenebilir. Algoritmanın hızlı çalışıyor olması, çeşitli kaynaklar üzerinde değişiklik yapılarak farklı senaryoların ortaya çıkmasına da olanak sağlamaktadır.

Geliştirilen algoritma ve takip sistemi ile hem iş çizelgeleme senaryoları hem de takip edilmesi zor olan kalıplar hakkındaki tüm bilgiler tek bir noktada toplanmıştır. Yazılım C# dilinde kodlanmış ve veri tabanı olarak SQL Server tercih edilmiştir. Bu

tarz yazılımlar nesne tabanlı olması nedeniyle yeni eklentilerin ve özelliklerin her zaman eklenebileceği türdendir.

Uygulamaya geçilmiş olan sistem ile iş yeri kargaşası ve düzensizliği azaltılarak verimlilik artırılmıştır. Katma değer yaratmayan arama, sayım ve kontrol gibi faaliyetler ortadan kaldırılarak maliyet düşürülmüştür. Kuru tip trasformatör üretiminde anahtar rol oynayan sarım ve döküm prosesleri kontrol altında tutularak her türlü bilgi veri tabanına kayıt edilmiş, istatistiksel analizler yapabilmek için veri toplanmıştır.

Gelecek çalışmalarımızda ise operasyonel verimliliği artırmak için el terminali ekranlarında raporlama ve kalıp rafı sorgulama ekranları yapılması planlanmaktadır. Bunun dışında ambar ve raf kapasitesi kalıp çapları bazında hesaplanacak, sipariş edilen kalıplar henüz fabrikaya ulaşmadan bile hangi rafta stoklanacağı belirlenecektir.

Kalıp tedarikçileri değerlendirme sistemi kurulması adına teslim alınan kalıpların kalite bilgileri ve herhangi bir hata el terminali ile kayıt edilebilir hale getirilecektir. Daha sonra elde edilen bulgular değerlendirilecek ve siparişler bu kriterlere göre dağıtılacaktır.

## 6. KAYNAKLAR

Acar, N. (2000). *Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları*. Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, 214.

Aladağ, A. (2010). Tekrar İşlemeli Esnek Atölye Tipi Çizelgeleme Problemi İçin Yapay Bağışıklık Sistemi İle Bir Çözüm Yaklaşımı. Yüksek Lisans Tezi, *Osman Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir.

Aladağ, A. (2009). Yapay Sinir Ağlarının Mimari Seçimi İçin Tabu Algoritması. Doktora Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.

Alpay, S. ve Yüzügüllü, N., “Kaçırılan Teslim Zamanı Performansı İçin Bir Benzetim Çalışması”, *Yöneylem Araştırması / Endüstri Mühendisliği – XXIV Ulusal Kongresi*, Gaziantep – Adana, 111-114,2004.

Aydemir, E. (2009). Atölye Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Öncelik Kuralı Tabanlı Genetik Algoritma Yaklaşımıyla Simülasyon Destekli Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta.

Azizoğlu, M. (1994). Paralel Machine Scheduling to Minimize Total Cost Functions. Phd. Thesis, *Middle East Technical University*, Ankara.

Baum, S. and Carlson, R. (1979). On Solutions That Are Better Than Most. *Omega*, 7 (3), 249-255.

Bayram, U. ve Çetinkaya, V., “Kütüphane Otomasyonu”, *IV. Otomasyon Sempozyumu*, 69 – 71, 2007.

Boray, M. B. (2007). Paralel Tezgahlarda Arıza Halinde Çok Amaçlı Çizelgeleme. Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Büyüksünetçi, A. S. (2006). Tepkin Çizelgeleme Yaklaşımının Akış Tipi Atölye Ortamında Etkinliğinin Analizi. Yüksek Lisans Tezi, *Osman Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir.

Cihanlı, Ö. (2010). Hibrid Akış Tipi Atölyede Çizelgeleme. Yüksek Lisans Tezi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa.

Çelikçapa, F.O. (1999), *Üretim Planlaması*. İstanbul: Alfa Basım Yayın, 216.

Çörekçioğlu, M. (2006). Dokuma Tezgahlarında Çizelgeleme Yaklaşımının İş Süreçleri Modelleme Notasyonu İle Gösterimi. Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli.

Güner, E. (2002). Tek ve Paralel Makinalı Problemlerde Çok Ölçütlü Çizelgeleme Problemleri İçin Bir Literatür Taraması. *Gazi Üni Müh. Mim. Fak. Der.*, 17 (4),38-52.

Herrmann, J. (2006). *Handbook Of Production Scheduling*. New York: Springer.

Hong, T., Huang C.M. ve Yu K.M., (1998). *LPT Scheduling For Fuzzy Tasks, Fuzzy Sets And Systems*, Taiwan: 97, 277-286.

Linn, R. ve Zhang, W. (1999). Hybrid Flow Shop Scheduling: A Survey, *Computers & Industrial Engineering, Department of Industrial Engineering and Engineering Management Hong Kong University of Science and Technology*, China.

Malkoç, E. (2006). Depo Yönetim Sistemlerinde Kullanılan Otomatik Tanıma ve Veri Toplama Teknolojileri ile RFID Etiketleme. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi*, İstanbul.

Moukrim, A. ve Quilliot, A. (2005). Optimal Preemptive Scheduling On A Fixed Number of Identical Parallel Machines, *Operations Research Letters*, 33 (2), 143-150.

Nahmias, S. (2001). *Production And Operations Analysis*. Boston: Mcgraw-Hill Irwin.

Nabiyev, V.V (2010). *Yapay Zeka – Problemler Yöntemler Algoritmalar*, Ankara: Seçkin Yayınevi 3. Baskı.

O'Brien, R. (2008). Ant Algorithm Hyperheuristic Approaches For Scheduling Problems. Phd. Thesis, *University Of Nottingham*, England.

Okazaki, L. and Morikaze, H. (2012). Benchmarking The Use If QR Code in Mobile Promotion: Three Studies in Japan, *Journal Of Advertising Research*, 102.

Öztuncel, E. T. (2007). Sonlu Kapasiteli Çizelgeleme Ve Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya.

Pinedo, M. L. (1995). *Scheduling Theory Algorithms And Systems*, New Jersey: Prentice – Hall.

Pinedo, M.L. (2008). *Scheduling Theory Algorithms And Systems*, USA: Springer.

Seçme, G. (2006). Akış Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Yapay Sinir Ağları İle Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Kayseri.

Silver, E.A. (2004). An Overview Of Heuristic Solution Methods. *Journal Of Operational Research Society*, 55 (9), 936-956.

Siper, D. O. and Bulfin, R. (1997). *Production: Planning, Control and Integration*, United States of America: Mcgrawhill Companies, 640.

Talbi, E. (2009). *Metaheuristics, From Design to Implementation*, United States of America: John Wiley & Sons Inc..

Ünle, M. (2007). Çoklu Proje Yönetimi Ve Yerel Yönetiminde Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, *Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir.

Wight, O. W. (1984). *Production and Inventory Management in The Computer Age*, United States of America: John Wiley & Sons Inc..

# **EKLER**

## 7. EKLER

### EK A Döküm – Fırın Kapasite ve İş Çizelgeleme C# Program Kodları

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Data;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;

namespace KATAP.Forms.Optim
{
    public class FurnacePlan
    {
        static double CoilFurnaceProcessTime(double CoilLength)
        {
            double ProcessTime = 0;
            DataTable dt =
SPData.getDT.get_MS_Coil_Furnace_Process_CycleTime(CoilLength);
            ProcessTime = dt.Rows[0][0].ToDb1();
            return ProcessTime;
        }
        public static void PlanofFurnace()
        {
            CheckAgain:
            DataTable dtListofCoils =
SPData.getDT.get_MS_Optim_ListofCoils(frmPlanlar.PlanID);
            List<int> IDtoAssign = new List<int>();
            if (dtListofCoils.Rows.Count == 0) return;
            int totalDepth = 0;
            int totalWidth = 0;
            tbIsAtama JobAssign = new tbIsAtama();
            DataTable dtListofFurnaces =
SPData.getDT.get_MS_Optim_IsAtama_ListofFreeFurnaces();
            double ProcessTime = 0;
            DateTime FirstFreeStationDate = new DateTime();
            FirstFreeStationDate = DateTime.MaxValue;
            DateTime MaxDateMolding = DateTime.MinValue;
            int FirstFreeStationID = 0;
            for (int i = 0; i < dtListofFurnaces.Rows.Count; i++)
            {
                DataTable polk =
SPData.getDT.get_MS_Optim_FreeStation_Furnace(dtListofFurnaces.Rows[i][0].ToInt());
                try
                {
                    if (FirstFreeStationDate >= polk.Rows[0][0].ToDate())
                    {
                        FirstFreeStationDate = polk.Rows[0][0].ToDate();
                        FirstFreeStationID = polk.Rows[0][0].ToInt();
                    }
                }
                catch (Exception) { }
            }
            DataTable dtStationList =
SPData.getDT.get_MS_Optim_FreeStation_Furnace(FirstFreeStationID);
            for (int i = 0; i < dtListofCoils.Rows.Count; i++)
            {
                totalWidth = dtListofCoils.Rows[i][0].ToInt() + totalWidth;
            }
        }
    }
}
```



```

totalDepth = dtListofCoils.Rows[i][0].ToInt() + totalDepth;
if (totalDepth >= dtStationList.Rows[0][0].ToInt())
{
    for (int i22 = 0; i22 < IDtoAssign.Count; i22++)
    {
        JobAssign.SetObject(IDtoAssign[i22].ToInt());
        JobAssign.FirinIstasyonID = FirstFreeStationID;
        JobAssign.Firin_Baslama = MaxDateMolding;
        JobAssign.Firin_Bitis =
JobAssign.Firin_Baslama.AddMinutes(ProcessTime);
        JobAssign.OnUpdate();
    }
    goto CheckAgain;
}
IDtoAssign.Add(dtListofCoils.Rows[i][0].ToInt());
if (i % 2 != 0)
{
    if (totalWidth >= dtStationList.Rows[0][0].ToInt())
    { }
    else
    {
        totalDepth = totalDepth -
dtListofCoils.Rows[i][0].ToInt();
    }
    totalWidth = 0;
}
if (MaxDateMolding <= dtListofCoils.Rows[i][0].ToDate())
{
    MaxDateMolding = dtListofCoils.Rows[i][0].ToDate();
}
if (FirstFreeStationDate > MaxDateMolding)
{
    MaxDateMolding = FirstFreeStationDate;
}
if (ProcessTime <
CoilFurnaceProcessTime(dtListofCoils.Rows[i][0].ToDb1()))
{
    ProcessTime =
CoilFurnaceProcessTime(dtListofCoils.Rows[i][0].ToDb1());
}
for (int i22 = 0; i22 < IDtoAssign.Count; i22++)
{
    JobAssign.SetObject(IDtoAssign[i22].ToInt());
    JobAssign.FirinIstasyonID = FirstFreeStationID;
    JobAssign.Firin_Baslama = MaxDateMolding;
    JobAssign.Firin_Bitis =
JobAssign.Firin_Baslama.AddMinutes(ProcessTime);
    JobAssign.OnUpdate();
}
goto CheckAgain;
}
}
}
}

```

## EK B Kuru Tip Transformatör Üretimi İş Akış Şeması

