

SERİ
SERIES
SERIE
SÉRIE

A

CİLT
VOLUME
BAND
TOME

44

SAYI
NUMBER
HEFT
FASCICULE

1

1994

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
ORMAN FAKÜLTESİ
D E R G İ S İ

REVIEW OF THE FACULTY OF FORESTRY,
UNIVERSITY OF ISTANBUL

ZEITSCHRIFT DER FORSTLICHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT ISTANBUL

REVUE DE LA FACULTÉ FORESTIÈRE
DE L'UNIVERSITÉ D'ISTANBUL



TAM ZAMANINDA ÜRETİM SİSTEMİ VE BİR MOBİLYA FABRİKASINDA UYGULAMASI¹⁾

Y. Doç. Dr. Ercan TANRITANIR²⁾

Kısa Özet

Bu çalışmada, Toyota Motor Fabrikası tarafından geliştirilen Tam Zamanında Üretim Sistemi (TZÜS)'ni uygulamak için modüler üretim yapan bir mobilya fabrikası seçilmiş ve burada üretilen dokuz adet modül esas alınmıştır.

Hücreyel imalat sistemine geçebilmek için grup teknolojisi ile dört farklı hücre belirlenmiştir. Sonra hücreler arasında hareket eden çekme kanbanları ve hücreler içinde hareket eden üretim kanbanlarının sayıları belirlenerek kanban sistemi kurulmuştur.

Fabrikadaki üretim sistemiyle TZÜS'yi karşılaştırmak için her iki sistem Siman simülasyon diliyle modellenmiştir. Bilgisayar desteğinde yapılan uygulamalar sonucunda performans değerlerinin TZÜS'ye geçmek için uygun olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak TZÜS'ye geçiş ile stok miktarları günlük üretim miktarına indirgenmiş; fabrika alanından % 36 oranında, makinalar arası taşıma mesafesinden ise % 44.3 oranında tasarruf sağlanmıştır.

1. GİRİŞ

Orman ürünleri endüstrisi genel olarak Birincil ve İkincil İmalat Endüstrisi olarak iki ana gruba ayrılmaktadır (DURU 1981). Odunu ormandan elde edildiği biçimiyle hammedde olarak kullanılanlara Birincil İmalat Endüstrisi denilmekte ve bu grupta;

- Kereste ve ambalaj sandığı endüstrisi
- Levha endüstrisi (kaplama levha, kontrplak, kontrtabla, yongalevha, liflevha),
- Kağıt hamuru ve kağıt endüstrisi

bulunmaktadır.

1) Bu yazı, İ.Ü. İşletme Fakültesi Üretim Yönetimi Anabilim Dalı'nda Hazırlanmış Doktora Tezinin Özeti'dir.

2) İ.Ü. Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Orman Endüstrisi, Makinaları ve İşletme Anabilim Dalı.

İkincil İmalat Endüstrisi ise, Birincil İmalat Endüstrisinin ürünlerini hammadde olarak kullanan endüstridir. Bunlar arasında ise;

- Mobilya endüstrisi,
- Doğrama endüstrisi,
- Parke endüstrisi,
- Karoseri, tekne ve prefabrik ev endüstrileri

bulunmaktadır. (ERASLAN 1977; İLTER 1990; ÖZDÖNMEZ / İSTANBULLU 1979).

Mobilya; masif ağaç veya yongalevha, liflevha, kontrplak, kontrtabla ve kaplama levha gibi ağaç malzemelerin ve metallerin şekil vermek üzere çeşitli işlemlerden geçirilmesi, koruyucu ve güzelleştirici yüzey işlemleri yanında vida, cam, mermer vb. diğer tamamlayıcı gereçler ile sentetik deri, yapay sünger, montaj ve döşeme malzemelerinin fonksiyonel ve estetik özellikler kazandırılarak konut, büro, otel, lokanta ve okul vb. yerlerde kullanılmak üzere yapılan sabit veya hareketli masa, sandalye, koltuk, kanepeler, mutfak dolabı, karyola, komodin, şifonyer, kütüphane gibi tüketim mallarına denilmektedir (KURTOĞLU 1992).

Ülkemizde mobilya endüstrisi genellikle geleneksel bir yapıda ve oldukça eski bir geçmişe sahip bulunmaktadır. Bugün yaklaşık 12.489 civarında küçük, orta ve büyük işletme mobilya üretimi yapmaktadır.

Son yıllarda yükselen hayat standardı, nüfus artışı, kentleşme süreci, dışsım koşulu ile gümrük muafiyeti, yatırım indirimi, faiz farkı, vergi iadesi, fiyat garantisi ve öncelikli hammadde temini gibi özendirilmelerden yararlanılarak kurulan modern işletmelerin sayısı ve üretim miktarları artmış bulunmaktadır.

Mobilya endüstrisinin talep ve üretim durumu Tablo 1'de görülmektedir (DPT 1989).

Tablo 1 : Türkiye'de Mobilya endüstrisi'nin Talep ve Üretim Durumu.

Table 1 : The Demand and Production of Furniture Industry in Turkey.

Miktar: (1000) Ad., Değer: Milyon TL, (1988 yılı fiyatı)

YILLAR	TALEP		ÜRETİM	
	Miktar	Değer	Miktar	Değer
1984	4414	529680	4464	535680
1988	5980	717600	6191	742920
1989	6331	751000	6590	782000
1991	8797	831000	9683	825000
1992		887000		875000
YILLIK ORTALAMA ARTIŞ				
5. Plan Döneminde (%)		7.5	8.1	
6. Plan Döneminde (%)		6.8	8.0	

Mobilya endüstrisinin üretim miktarında % 8 civarında artış olmasına karşın üretim planlama ve kontrolü (ÜPK) bakımından oldukça fazla sorunu vardır. 1990 yılı verilerine göre İmalat Endüstrisi üretiminin % 3.7'sini oluşturan Orman Ürünleri Endüstrisi kamu ve özel sektör işletmeleri, kaynak kullanımını düzenleyen ve verimliliği artıran üretim planlaması ve kontrol tekniklerinden yeterince yararlanmamaktadırlar. Bu tekniklerden yararlandıklarını ifade eden işletmelerin çoğunluğu da (özel kesimin % 58.82'si, kamu kesiminin de % 61.9'u) en basit yöntem olan "gözlem ve deneyimlerden yararlanarak üretim kaynaklarını ürünler ve dönemler bazında kabaca dağıtma"yı tercih etmektedir. Özel kesimde gerek ÜPK tekniklerinden yararlanma düzeyinin düşüklüğü ve gerekse bu tekniklerin uygulanmasında basit yöntemlerin seçilmesi, bu kesime ait işletmelerin çoğunlukla 50'nin altında işçi çalıştıran küçük ya da küçüğe yakın orta ölçekli işletmeler olmasındandır. Küçük ölçekli işletmelerde sipariş veya parti tipi üretimi yapılması, kapasite kullanım düzeyinin düşüklüğü, teknik persone ve donanım yetersizliği ÜPK kullanımını olumsuz yönde etkilemektedir (ÖNCER 1991).

ÜPK'nın yetersiz olduğu işletmelerde stok miktarları ve kayıp zamanlar yüksek (% 7.5 civarı), kalite düzeyi düşük, arıza ve aksamalar fazla, kuyruklar uzun, iskarta oranı yüksek, verimlilik oranı düşük ve koordineli çalışma düzeyi zayıftır (ÖNCER / ASİL 1992).

Yukarıda bahsedilen olumsuzlukların günümüz üretim sistemlerinden Tam Zamanında Üretim Sistemi (TZÜS) ile giderilebileceği düşünülmüştür. Bu amaçla önce sistemin yapısı açıklanmış, daha sonra yöntem tanıtılmıştır. Uygulama, standart ürünler üreten büyük ölçekli bir mobilya fabrikasında yapılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Bu çalışmada uygulama alanı olarak seçilen mobilya fabrikasının kapalı üretim alanı 1435 m²'dir. Bu alan idari binalar, sosyal tesisler, yeşil alanlar, ana ve ara yollar ile birlikte 7656 m²'ye ulaşmaktadır. Fabrikada 3 imalat şefi, 2 ustabaşı, 9 postabaşı ve 106 işçi çalışmaktadır.

Fabrikamın, orta ve yüksek gelirli tüketici sınıfına hitap eden ürünleri; artan nüfus nedeniyle giderek küçülen ve standart hale gelen konutlarda alan tasarrufu sağlayan standart mobilyalardır. Bu mobilyaların özellikle yatak elemanları, kullanımı sona erdiğinde -amortisörleri yardımıyla kolayca kapatılabilmektedir.

Bu mobilya fabrikasında üretilen mobilyalar "Primer Modüller" denilen dokuz adet modülden oluşmaktadır. Bunlar: Tek Kişilik Yatak, Gardrop, Tek Kapılı Gardrop, Çalışma Masası, Küçük Vitrin, Çift Kişilik Yatak, Ranza, Köşe Modülü ve Oturna Seti'dir.

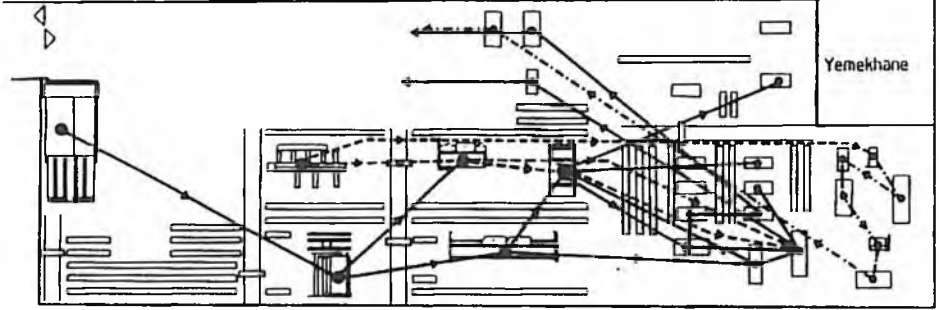
Seri üretim sistemini uygulayan mobilya fabrikasında Ana Üretim Planı her yıl aralık ayı sonunda yapılmaktadır. Esas olarak bütçe işlemleri için hazırlanan bu plan ile her ay üretilmesi gereken minimum modül miktarları da belirlenmektedir.

Aylık üretim planının temel alındığı fabrikada, satış müdürlüğü her ayın satış tahminini önceki yılların satış trendi, mevsimsel dalgalanmalar ve son ayın bayi siparişleri ışığında iki ay öncesinden belirlemektedir. ÜPK şefi, bu tahmini değerleri elindeki son üç yıllık satış miktarlarına göre irdelemekte, stokları ve ilave siparişleri de dikkate alarak aylık üretim planını oluşturmaktadır.

Aylık üretim planları belirlendikten sonra malzeme teminine geçilmekte ve malzeme ihtiyacı planlaması (MİP) yapılarak gerekli siparişler verilmektedir. Yüksek fiyatlı malzemelerde temin süreleri belirtilerek uzun süreli olarak elde tutulmamasına çalışılmaktadır. Zira satıcılar ödemelerde ayda % 7'lik bir ödeme farkı almaktadırlar. Özellikle lamine kaplı yongalevhada günü gününe sipariş verilmeye çalışılmaktadır. Vida, somun, rondela, gibi malzemelerde ABC analizi kullanılarak iki aylık stok tutulmaktadır.

2.1.1. Mobilya Fabrikasında Makinaların Yerleşimi

Bu mobilya fabrikasında Sipariş Atölyesi ve Akış Atölyesi'nin birlikte uygulaması görülmektedir. Bilindiği gibi, sipariş atölyesinin geleneksel yerleşim düzeni olan Fonksiyonel Düzenleme'de aynı işlemleri gören makinalar veya tezgahlar biraraya getirilmektedir. Akış atölyesinde ise, makinalar geri harekete neden olmadan ardışık işlemleri gerçekleştirecek şekilde sıralanmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1 : Fabrikada Parça Hareketi.
Figure 1 : The Movement of the Parts in the Factory.

Mobilya fabrikasında M1 (Levha Kaba Ebatlama Makinası), M2 (Çifti Taraflı Levha Net Ebatlama Makinası), M3 (NC Levha Ebatlama Makinası), M5-M6 (Kenar İşleme Makinaları) ve M7 (Çoklu Delik Delme Makinası)'nın yerleşimde hat düzenleme; M4 (Arabalı Yatar Daire Testere), M9 (Baza Toplama Tezgahı), M14 (Freze), M16 (Çalışma Masası Tabla Tezgahı), M19 (Etajer Montajı), M21 (Yatak Elemanlarının Toplanması), M22 (Temizlik İşlemi), M23 (Rötuş İşlemi), M24 (Aksesuarların Takılması) ve M25 (Ambalajlama)'in yerleşiminde ise fonksiyonel düzenleme esas alınmıştır.

M1, M2, M3, M5, M6 ve M7 makinalarında ardışık ve/veya atlamalı işlemler görerek ilerleyen parçalar; iş akışına göre M4, M9, M14, M16, M19, M21 ve M22, M23, M24, M25'e gitmektedirler.

Fabrikadaki çekmece imalatı için hücre karakteri taşıyan bir birim bulunmaktadır. Bu birimdeki makinalar (M10, M11, M12, M13, M15, M17, M18) U-tipinde yerleştirdikleri halde, parçalar U-tipi iş akışı göstermemektedir. Çünkü, makinalar iş akışına göre ardışık olarak yerleştirilmemiştir.

M1, M2, M3, M5, M6'nın akış tipi imalatı uygulaması ve M7'nin hazırlık süresinin uzun olması bu makinalar arasında fazla miktarda yarınamül stoklarına neden olmaktadır. Bu yüzden söz konusu makinalar arasındaki mesafeler büyük tutulmuştur.

Parçalar makinalar arasında rulmanlı konveyörler yardımıyla ve partiler halinde taşınmaktadır.

2.2. Yöntem

Bu fabrikada TZÜS'yi uygulamanın amacı; stoklu üretim yapan, montaj hattını dengelemekte güçlük çeken ve iş akışı oldukça karmaşık olan bir üretim sisteminde, alan yetersizliğinden kaynaklandığı zannedilen sorunları çözümlenektir.

TZÜS'nin, fabrikada halen uygulanmakta olan üretim sisteminden daha başarılı olduğuna karar verebilmek için; her iki üretim sistemi Siman simülasyon diliyle modellenip, seçilen performans ölçütleri test edilecektir.

2.2.1. Hüresel İmalat Sistemine Geçebilmek İçin Grup Teknolojisi Uygulaması

2.2.1.1. Makinaların ve Parçaların Kodlanması

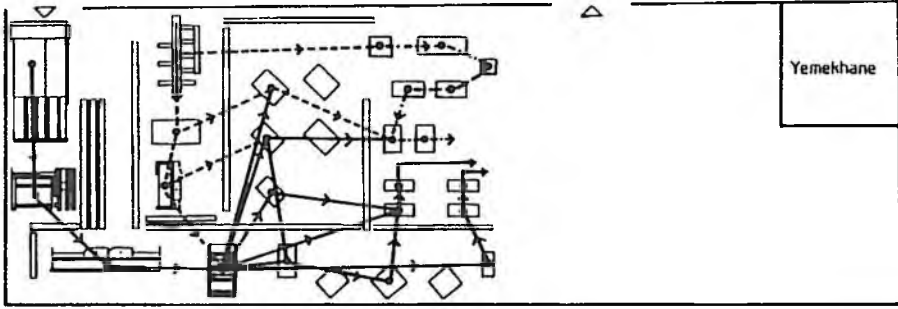
King'in Derece Sıralamasıyla Kümelendirme Yöntemi'ni bilgisayar destekli olarak gerçekleştirebilmek için makinaların ve ürünlerin kodlanması gerekmektedir. Yirmibeş adet makinanın kodlanması iş akışına uygun olarak yapılmıştır. El tezgahları da makina olarak değerlendirilmiştir.

Parçalar kodlanmadan önce benzer parçalar birbirleri ile, alt tablalar, üst tablalar, yan tablalar şeklinde gruplandırılmıştır. Aynı modül içindeki benzer işlemleri gören aynı boyutlu parçalara aynı kod numarası verilmiştir.

Makina ve parça kod numaraları oluşturulduktan sonra Derece Sıralama ile Kümelendirme Yöntemi ile hücreler belirlenmiştir. (DURMUŞOĞLU 1989; DURMUŞOĞLU 1991; KING 1980).

2.2.2. Hücrelerin Belirlenmesi ve Makina Yerleşiminin Hüresel İmalat Sistemine Göre Yeniden Yapılması

Hücreler, işlem tipine göre ele alındığında 1. ve 2. hücrelerin Ebatlama Hücreleri, 3. hücrenin Çekmece Hücresi, 4. hücrenin Temizlik ve Ambalaj Hücresi olduğu görülmektedir.



Şekil 2 : Fabrikanın Hüresel İmalat Sistemine Göre Düzenlenmesi.

Figure 2 : The Layout of the Factory in the Cellular Manufacturing System.

Fabrikada halen mevcut olan yerleşim; hüresel imalatı gerçekleştirebilmek amacıyla yeniden düzenlenerek, hücreler en uygun konuma getirilmiştir (Şekil 2).

Buna göre Çekmece hücresi, Ebatlama ve Önmontaj hücrelerine yaklaştırılmış; 4. hücre de kendisine daha fazla parça gönderen 1. hücre sınırında konumlandırılmıştır. Hücre içindeki makineler, iş akışına göre yeniden düzenlenmiştir. Böylece parçaların taşıma süreleri kısalmış, hücre içi parça trafiği basitleşmiş ve fabrika alanından % 36 oranında tasarruf sağlanmıştır.

2.2.3. Taleplere İlişkin İstatistiksel Dağılımların ve Parametrelerin Belirlenmesi

Bu çalışmada bir yıl süresince fabrikaya gelen günlük talep miktarlarına karşı TZÜS'nin davranışı incelenmek istenmektedir. Bir yıllık periyot içinde fabrikaya gelen talebin modüllere göre dağılımı test edilmiştir.

Günlük talep miktarlarının Siman'da kullanılabilmesi için her modülün gösterdiği istatistiksel dağılımın ve bu dağılımlara ilişkin parametrelerin belirlenmesi gerekmektedir. Bilgisayar desteğinde yapılan istatistiksel dağılım testleri ve frekans tabloları her modül için sırasıyla verilmiştir.

Buna göre; çalışmada kullanılan tüm modüllerin gösterdiği dağılım tipi üstel, olasılık fonksiyonu sürekli ve parametre olarak λ katsayısı ile belirtilmektedir. Üstel dağılımın aritmetik ortalaması ve standart sapması eşit olup;

$$\bar{x} \approx \mu = \sigma = 1/\lambda$$

ilişkisinden bulunmaktadır. (KALIPSIZ 1988).

Modüllere ilişkin taleplerin gösterdiği dağılım tipleri ve parametreleri Tablo 2'de verilmiştir:

Tablo 2 : Modüllere Olan Taleplerin Dağılım Tipleri ve Parametreleri.

Table 2 : The Distribution Types and Parameters of the Demands on Modules.

Modül Kod No	Dağılım Tipi	Parametresi
001	Üstel	$1 / \bar{x} = 1/7,196=0,139$ gün/adet
002	Üstel	$1 / \bar{x} = 1/7,791=0,128$ gün/adet
003	Üstel	$1 / \bar{x} = 1/4,294=0,233$ gün/adet
004	Üstel	$1 / \bar{x} = 1/6,718=0,149$ gün/adet
005	Üstel	$1 / \bar{x} = 1/2,462=0,406$ gün/adet
007	Üstel	$1 / \bar{x} = 1/2,048=0,488$ gün/adet
008	Üstel	$1 / \bar{x} = 1/3,529=0,283$ gün/adet
010	Üstel	$1 / \bar{x} = 1/1,773=0,577$ gün/adet
012	Üstel	$1 / \bar{x} = 1/5,765=0,173$ gün/adet

2.2.4. Günlük Ortalama Üretim Miktarlarının Belirlenmesi

TZÜS'nin taleplere gün bazında cevap verebilmesi, kanban sayısının her gün değişmesini zorunlu kılmaktadır. Bu durum ise pratik değildir. En uygun olanı, talebin yüksek ve düşük olduğu periyotlar için iki ayrı günlük ortalama üretim miktarı belirlemektir.

Kanban sayılarının belirlenmesinde oniki aylık süre esas alınmıştır. Fabrikadan her modül için alınan günlük sipariş miktarları önce aylık değerlere dönüştürülmüştür. Kanban sisteminin en fazla % 10-30 arasındaki talep değişimlerine kadar esneklik gösterebilmesi nedeniyle yıl içindeki aylık talep değerleri her modül için talebi yüksek ve talebi düşük aylar olmak üzere iki ayrı gruba ayrılmıştır. Bu ayırma işlemi aylık ortalama talep miktarı kriter alınmıştır (Tablo 3).

Tablo 3 : Talebin Yüksek ve Düşük Olduğu Aylara Göre Günlük Ortalama Üretim Miktarları.
Table 3 : The Amounts of Daily Production on the Months of High and Low Demand.

001		002		003		004		005		007		008		010		012	
4	7	5	8	3	4	4	6	1	2	1	2	2	3	1	2	3	4

2.2.5. Temin Sürelerinin Belirlenmesi

Temin süresi; işlem süresi, hazırlık süresi ve taşıma süresinin toplamından oluşmaktadır. Söz konusu bu süreleri belirlemek amacıyla her parça için işlem gördüğü makinalarda kronometre ile ölçümler yapılmıştır. Bulunan süreler tempo ve toleranslar eklenerek standart zamanlar bulunmuştur (KOBU 1980).

Verilere bakıldığında hazırlık sürelerinin çok yüksek olduğu görülmektedir. Bunun sebebi, iki makinanın da her sabah 45'er dakikalık (45x60=2700 sn) ısınma süresinden kaynaklanmaktadır. Kanban sayıları hesaplanırken bu duruma dikkat edilmiş, her gün ilk işlenen parçanın hazırlık süresi 2700 sn, diğerleri ise 90 sn alınmıştır. Kanban sisteminde hücresele düzenleme olduğundan, taşıma süreleri bu yeni yerleşime uyarlanmıştır.

Kuyruk süreleri ile kanbanların kutuya konulma ve kutudan alınma süreleri, temin süresinin % 20'si olarak kabul edilmiştir.

2.2.6. Kanban Sayılarının Hücreler Bazında Belirlenmesi

TZÜS'nin gerekli elemanlarından kanbanların sayısını belirlemek için aşağıdaki formül kullanılmıştır (MONDEN 1983).

$$K = \frac{D \cdot L \cdot (1 + \alpha)}{C}$$

K = Kanban sayısı

D = Talep miktarı

L = Temin süresi

α = Güvenlik katsayısı (en fazla 0,10)

C = Kap kapasitesi (günlük talebin en fazla 0,10'u)

Bu formülde temin süresi (L); hazırlık, işlem taşıma ve kanban toplama sürelerinden oluşmaktadır. Güvenlik katsayısı ise sistemdeki belirsizlikleri ve değişkenleri dengelemek için kullanılan bir parametredir.

Monden'in yukarıdaki formülünde güvenlik katsayısı sıfır alınır ve kap kapasitesinin ideal olan 1 birim olduğu kabul edilirse formül;

$$K \geq D \cdot L$$

şekline dönüşür.

TZÜS'de temel olarak iki tip kanban kullanılmaktadır. Bunlar, hücreler arasında parça çekme işlemlerini gerçekleştiren Çekme Kanbanı (ÇK) ve hücrede üretilmesi gereken parçanın cins ve miktarını gösteren Üretim Kanbanıdır (ÜK).

Kanban hareketleri, çekme işlemlerinin daha çok 4. hücre ile 1. ve 2. hücreler arasında olduğunu göstermektedir. Bu parçaların bazıları önceki hücrede görülen işlemler sonucu kombine olarak çekilirken bazıları ise 4. hücredeki işlem sürelerinin birleşik olması nedeniyle grup halinde çekilmektedir. Örneğin 001 kod numaralı modüldeki P1, P132 ve P125, 1. hücireden 4. hücreye kombine olarak çekilirken; 002 kod numaralı P97 ve P98'in çekimi gene 1. hücireden 4. hücreye grup halinde yapılmaktadır.

Kanban sayıları bulunurken fabrikadan alınan hücre fire oranları da dikkate alınmıştır. Buna göre 1. ve 2. hücrelerin fire oranı % 8; 3. hücrenin fire oranı % 6 ve 4. hücrenin fire oranı % 3'tür.

Bu veriler ışığında kanban sayılarını veren formül aşağıdaki gibi kullanılmıştır:

$$\frac{\text{Günlük Üretim Miktarı}}{(1-\text{Fire Oranı}) (480 \text{ dak.})} \cdot \frac{\left[\begin{array}{c} \text{Hazırlık Süresi} \\ + \\ \text{İşlem Süresi} \\ + \\ \text{Taşıma Süresi} \end{array} \right] \times 1,2}{60}$$

2.2.7. Sistemin Siman ile Simülasyonu

Bu bölümde deterministik işlem süreleri ve değişken talep miktarları altında TZÜS'nin davranışı incelenmiştir. Sabit kanban miktarlarıyla çalışabilmek için öncelikle talepler düzenlenmiştir. Bu düzenlemede, yıl içinde mevsimsel dalgalanmanın düşük ve yüksek olduğu aylar olmak üzere iki periyot göz önüne alınmış, modüllerin imalatında gerekli kanban sayıları her periyot için ayrı ayrı belirlenmiştir. (PHILIPOOM / REES / TAYLOR III HUANG 1987; SARKER / HARRIS 1988; SARKER / FITZSIMMONS 1989).

Fabrikada imal edilen tüm modüllerin simülasyona dahil edilmesi, Siman'da bellek yeterliliği ve koşum süresinin kısıllığı gibi sorunları ortaya çıkarmıştır. Zira, sistemde 126 adet parça ve 25 adet makina bulunmaktadır. Bu parçaların işlem gördüğü her makina için ve birkaç işlem gördükten sonra ortaya çıkan kombine bloklar ile grup bloklar için ayrı ayrı tanımlanması, parçalara ait günlük talep miktarlarının ve her makina için işlem sürelerinin tek tek girilmesi, ayrıca hücreler arasındaki çekme kanbanı ve hücreler içindeki üretim kanbanı sayılarının farklılığı simülasyonun koşumunu iyiden iyiye imkansız kılmıştır.

Bu nedenle Siman'ın bellek kısıtı zorlayan verilerin aşağıdaki şekilde azaltılması yoluna gidilmiştir (PEGDEN 1986):

1. Sistemin Siman ile simülasyonundan fabrikada imal edilen tüm modüller ele alınmış ve performans ölçütleri gözlenmiştir.
2. Talep miktarlarının günlük değerlerini girmek yerine, modüllerin talep dağılımları bulularak dağılımların parametreleri girilmiştir (Tablo 2).
3. Fabrikada zaman etütleriyle belirlenen deterministik işlem süreleri yerine de gösterdikleri istatistiksel dağılımların parametreleri kullanılmıştır.
4. ÜK ve ÇK sayıları ve kanbanların hücreler arasındaki akışları, kanban sisteminde ideal durum olan "bir parça-bir kanban" şeklindedir. Ayrıca parçalar grubunun oluşturduğu kombine ve grup bloklar da birer adet kanban ile izlenmişlerdir.

Bu simülasyon çalışmasının amacı, yukarıdaki koşullar altında fabrikada halen kullanılan üretim sistemi ile TZÜS'nin performans ölçütlerine olan etkilerinin gözlemlenmesidir. Performans ölçütü olarak;

- Sistem Zamanı,
- Sistemdeki Ortalama Parça Sayısı,
- Sistemden Çıkan Parça Sayısı,
- Toplam Makina Kullanım Oranı ve
- Toplam Kuyruk Uzunluğu

alınmıştır.

Hücrelerin iç stokları bir hücrede üretilip sonraki hücre tarafından çekilmeyen kap sayısını, dış stoklar ise sonraki hücre tarafından talep edildiği halde üretim kanbanı olmaması nedeniyle beklemekte olan kanban sayısını göstermektedir.

Her simülasyon koşununun süresi fazla mesai olmadığına 480 dakika, fazla mesai olduğunda ise günlük talebi karşılayacak uzunluktadır.

2.2.7.1. Modelle İlişkin Varsayımlar

1. TZÜS, müşteri-işletme-satıcı zincirinin tümünde uygulanması gereken bir sistemdir. Bu modelde satıcılarla olan ilişki sisteme dahil değildir; yani hammadde, hazır parçalar ve yardımcı malzemeler muayene edilmeksizin kullanıma hazır durumdadır.

2. Günlük ortalama üretim miktarı, parti miktarına başka bir ifadeyle kap kapasitesine eşit olduğundan yeniden sipariş noktası sıfırdır.

3. Sistemde işçi kısıtı yoktur.

4. Sistemdeki tüm kuyruklarda İlk Gelen Önce (İGÖ) kuralı uygulanmıştır.

5. Sistemde kap kısıtı yoktur.

6. Makinaların bakım ve onarım süreleri ihmal edilmiştir.

7. Boş kabın çekme kanbanı ile birlikte geliş süresi, dolu kabın çekme kanbanı ile birlikte gidiş süresine eşittir.

8. M8, M17 ve M20'den her hücreye gerektiği kadar temin edilmiştir.

9. Parçaların ve partilerin makinalar arasında taşınmasında konveyör kullanmak yerine, ortalama yoluyla iş istasyonları arasındaki gerçek taşıma değerleri kadar geciktirme yapılmıştır.

2.2.7.2. Modelin Parametreleri

Modelin parametreleri aşağıdaki gibidir:

1. İşlem süreleri dağılımı
2. Hazırlık süreleri
3. İş istasyonları arası taşıma süreleri
4. Kanban sayıları
5. Günlük talebin dağılımı
6. Parti büyüklükleri

2.2.7.3. Modelin Tanımlanması

Fabrika üzerinde beş adet simülasyon modeli kurulmuştur. Önce fabrikanın tümü, mevcut imalat sistemine göre benzetilmiştir. Modelde 23 tezgah, 126 parça ve 600 işlem bulunmaktadır. M23, M24 ve M25'in işlem süresi bileşik olduğu için bir tezgah olarak değerlendirilmiştir.

Modelin işletilmesinde gezen birimlerin 1. özelliği A(1) parça kod numarasını, 2. özelliği A(2) ait olduğu modülün kod numarasını, 3. özelliği A(3) ise parçanın bir önce işlem gördüğü tezgah numarasını belirtmektedir. Kombine olan bloklar için yeni A(1) ve A(3) özellikleri atanmıştır.

Gezen birimlerin A(1) özelliklerinin atanması, modül içerisindeki kullanım oranına göre (olasılık dalanması) yapılmıştır. Gezen birimlerin işlem rotaları A(1) ve A(3)'ün ikili olarak kontrolü ile sağlanmıştır.

Performans ölçütü olan "Sistemdeki Ortalama Parça Sayısı"nın tespiti için X(1) değişkeni kullanılmıştır. Sisteme her gezen birim girişinde X(1) değişkeni bir adet artırılmış sistemden ayrılmalarda bir adet azaltılmıştır. Kombine bloklarda ise, kombine olan parça sayısının bir eksiği kadar azaltılmıştır.

Model programdaki kanban hareketi ise şu şekilde yapılmıştır: Herhangi bir hücreden çekilmesi gereken parça A(1) ise, SIGNAL: A(1); şeklinde sinyal verilerek A(1) ile temsil edilen kanban, WAIT BLOK'tan serbest bırakılmıştır. Serbest kalan kanban kendi kuyruğuna yerleşerek daha önce doldurulmuş olan bir dolu kap ile eşleştirilmiş; dolu kap hücreye, kanban ise geldiği kanban kutusuna iade edilmiştir.

JIT deneysel programında kap kapasiteleri 10, 15, 20, 25 adet olarak denenmiştir. Kap kapasitesi X(39) değişkeniyle temsil edilirken, hücredeki parçanın kritik seviyesi X(42) ile temsil edilmiştir. Kritik nokta, makina önünde oluşan kuyrukta tek adet parça kalmasıdır. Kap taşıma süresinin sıfır varsayılması nedeniyle son parça makineye işlem için girdiğinde, hücre önünde hiç parça kalmadığından yeniden parça çekimi için çekme kanbanı gönderilmiştir.

2.2.7.4. Örnek Modül Üzerinde İtme Sistemli Simülasyon Yaklaşımı

Simülasyon koşullarında sistemin kararlılık noktasına ulaşabilmesi için; birim zaman aralığındaki talebe, ρ aynı zaman aralığında sistemi terkeden gezen birim sayısına μ denirse;

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

iş yükünün 1'den küçük ($\rho < 1$) olması gerekir (DİNÇMEN / ÇEBİ / ÖZTÜRKOĞLU 1983). Modelde $\rho > 1$ olduğundan sistemdeki parça sayısı dolayısıyla geçici meyil bölgesi sürekli artış eğilimindedir ve kararlılık noktasına ulaşamamaktadır. Bu durum belirli bir süre sonraki atölye durumunu gözleme zorunluluğu vardır. Koşum süresini yeterince uzatabilmek için belleği daraltan kuyruk sayısını, istasyon sayısını ve gezen birim özellik sayısını azaltma yoluna gidilmiştir. Bu amaçla 15 parça ve 64 işlem içeren 005 kod numaralı modül örnek seçilmiştir. Söz konusu modülü seçmenin avantajı, gezen birim ve azalan kuyruk sayısından dolayıdır. Aynı zamanda bu modülü oluşturulan parçalar yaklaşık tüm tezgahlarda işlem görmektedir. Burada amaç, sistemin gerçek performans ölçütlerini belirlemek değil, aynı modülün itme ve çekme sistemleri olarak (TZÜS ile) çalıştırıldığındaki performans değerlerini kıyaslamaktır.

Bu değerler; tüm modellerde Sistem Zamanı, Sistemdeki Ortalama Parça Sayısı, Sistemden Çıkan Parça Sayısı (Tamamlanan İş Sayısı), Toplam Makina Kullanım Oranı ile Toplam Kuyruk Uzunluğu'nun ortalamaları, standart sapmaları, maksimum ve minimum değerleriyle birlikte belirlenmektedir (PEGDEN 1986).

2.2.7.5. Örnek Modül Üzerinde Çekme Sistemli Simülasyon Yaklaşımı

Çekme sistemli simülasyon modelinde iki tip ve toplam 16 adet üreteç bulunmaktadır. Bu üreteçlerin bir tanesi çekme kanbanlarını, diğer 15 tanesi de gezen birimleri üretmektedir.

İlk blokta tüm kanbanlar üretilmekte ve kutuda beklemesi için wait bloğa gönderilmektedir. Her kanbanın bir sinyal kodu ve kanban kuyruğu vardır. Üretilen gezen birimler, deneme yanılma ile bulunan X (39) kap kapasitesindeki sayıya ulaşmaya kadar parça kuyruklarında gruplanmaktadır. Oluşan her bir grup kap kuyruğuna geçmektedir.

X(A(1)) değişkeni ile sayılan parça sayıları kritik düzeye düştüğünde A(1) kodunda sinyal verilip kanban harekete geçirilmektedir. Kendi kuyruğuna yerleşen kanban, match bloğu tarafından aynı kodlu kap ile eşlenmektedir.

Eşlenen kap, sonraki hücreye taşınmakta, üretim kanbanı ise aynı hücre içindeki kanban kutusuna bırakılmaktadır. Ancak bu çalışmada hücreler arasında kullanılan ortak makinaların çokluğu nedeniyle tüm üretim sistemi için bir üretim kanbanı kutusu kullanılmıştır.

Makinanın işleyeceği gezen birimin değişimi, yeni hazırlık süresini gerektirmektedir. Gezen birimlerin değişimi S(I) değişkeni ile izlenmektedir. Örneğin S(1), tezgahın bir önce işlediği gezen birimin A(1) özellik sayısını temsil etmektedir. Böylece o anda yakaladığı gezen birimin A(1) özelliği ile S(1)'i kıyaslamakta, farklılık varsa makinarya hazırlık süresi vermektedir. Makinada işlem için bekleyen gezen birimler ile hazırlık süresi esnasında bekleyen gezen birimleri ayırtabilmek amacıyla, hazırlık süresi gerektiren her tezgah için kuyruk oluşturan (hazırlık süresi için bekleme kuyruğu) kukla tezgahlar kullanılmıştır. Böylece her bir tezgah için bir işlem kuyruğu bir de hazırlık kuyruğu olmak üzere iki ayrı kuyruk oluşturulmuştur. Aynı performans ölçütleri bu modül için de geçerlidir.

Kap kapasiteleri (C) için en uygun büyüklük, deneysel programların icrası sonucunda 10-15 birim olarak belirlenmiştir.

Fabrika içinde gezen birimler, süreklilik arzetmeleri nedeniyle her zaman katlanmak zorunda kalınan bir stoktur. Kuyrukların ve sistemde harcanan zamanın azaltılması bu stoğun da azalmasını, dolayısıyla toplam maliyetin düşmesini sağlar (PEGDEN 1986).

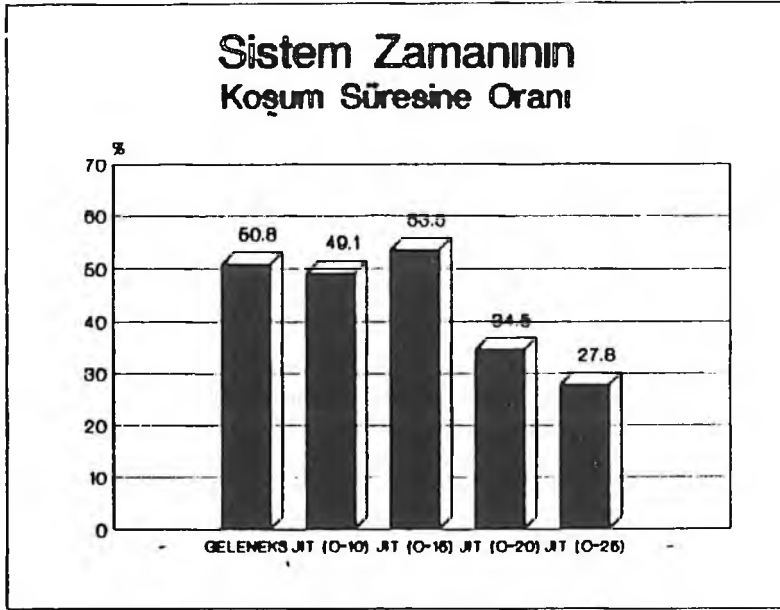
3. BULGULAR

Daha önce belirtilen performans ölçütlerini test etmek amacıyla yapılan koşullarla elde edilen Siman özet raporları incelenerek aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

3.1. Sistem Zamanı

005 kod numaralı Küçük Vitrin'i oluşturan parçaların imalat esnasında sistemde harcadığı zamanlar, Geleneksel Üretim Sistemi (GELENEKSEL) ve değişik parti miktarlı TZÜS'ler için aşağıda verilmiştir:

GELENEKSEL	=	483.99	dak.
JIT (C=10)	=	16.83	dak.
JIT (C=15)	=	22.46	dak.
JIT (C=20)	=	10.76	dak.
JIT (C=25)	=	8.26	dak.



Grafik 1 : Sistem Zamanının Koşum Süresine Oranı.
Graphic 1 : The Ratio of System in Time to Time Period.

Bu değerler, bir parçanın imalatı esnasında sistemde kalış süreleridir. Geleneksel üretim sistemi ile değişik parti miktarlı TZÜS'lerin sistem zamanları arasındaki aşırı fark, geleneksel üretim sisteminde parçaların teker teker oluşturulmasına karşın, TZÜS'de partiler halinde oluşturulması nedeniyle parça sayısının aşırı yükselmesi ve parti miktarının tamamı sistemi terkedinceye kadar koşum yapılamamasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle daha sağlıklı bir kıyaslama yapabilmek için, sistem zamanları koşum sürelerine oranlanmış ve bulunan değerler Grafik 1'de verilmiştir:

Görüldüğü gibi bu oran parti miktarı 15 birim olan TZÜS (JIT C=15)'de % 53.5 ile en büyük, % 27.8 ile parti miktarı 25 birim olan TZÜS (JIT=25)'de en küçüktür. Geleneksel üretim sistemi (GELENEKSEL)'nde ise % 50.8 olarak gerçekleşmiştir.

3.2. Sistemdeki Ortalama Parça Sayısı

2 no'lu grafikte görüldüğü gibi, sistemdeki ortalama parça sayısı 241,67 adet ile parti miktarı 15 birim olan TZÜS (JIT C=15)'de en düşük iken, 375,06 adet ile parti miktarı 20 birim olan TZÜS (JIT C=20)'de en yüksek değere ulaşmıştır. Geleneksel üretim sistemi (GELENEKSEL)'ndeki ortalama parça sayısı ise 361,99 adet ile ikinci en büyük değere sahiptir (Grafik 2).

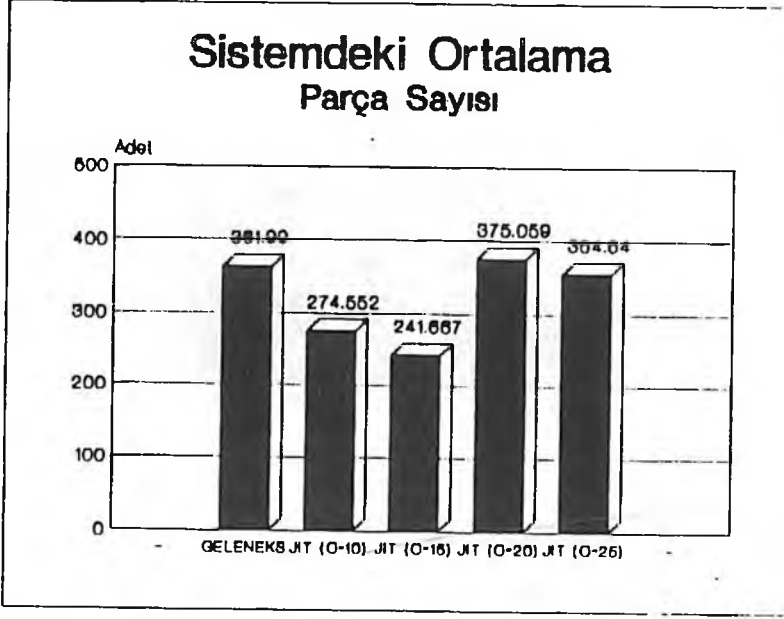
3.3. Sistemden Çıkan Parça Sayısı

Bu performans ölçütüne ilişkin simülasyon sonuçları aşağıdaki gibidir:

GELENEKSEL = 461 adet

JIT (C=10) = 40 adet

JIT (C=15)	=	44 adet
JIT (C=20)	=	33 adet
JIT (C=25)	=	40 adet



Grafik 2 : Sistemdeki Ortalama Parça Sayısı.
Graphic 2 : Average Numbers of the Parts in the System.

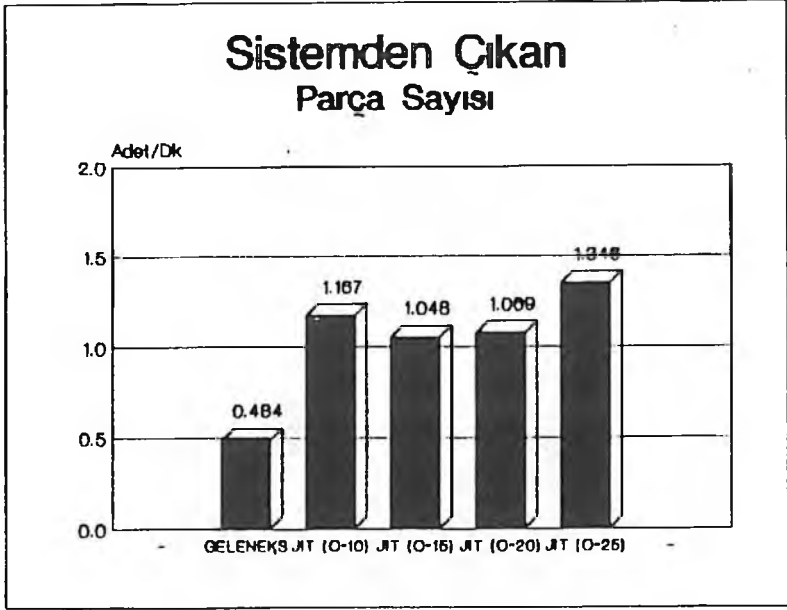
Görüldüğü gibi en yüksek değere 461 adet ile geleneksel üretim sistemi (GELENEKSEL)'nde ulaşıırken, en düşük değere 33 adet ile parti miktarı 20 birim olan TZÜS (JIT C=20)'de karşılaşılmıştır.

Siman özet raporları incelendiğinde, TZÜS'den çıkan parça sayılarının, gerçek üretim sistemininkine göre çok küçük olduğu görülmektedir. Bunun nedeni fabrikadaki üretim sisteminde parçaların teker teker oluşturulmasına karşın, TZÜS'de partiler halinde oluşturulması, bu yüzden sistemin hemen dolması ve çalşamaz hale gelmesidir. Siman özet raporları incelendiğinde koşum sürelerinin, sistemin doluluğu nedeniyle çok kısa olduğu görülecektir. Halbuki sistemden çıkan parça sayıları koşum sürelerine oranlandığında, birim zamanda sistemden çıkan parça sayısı bulunmakta ve bu değerlerin karşılaştırılması daha uygun olmaktadır (Grafik 3).

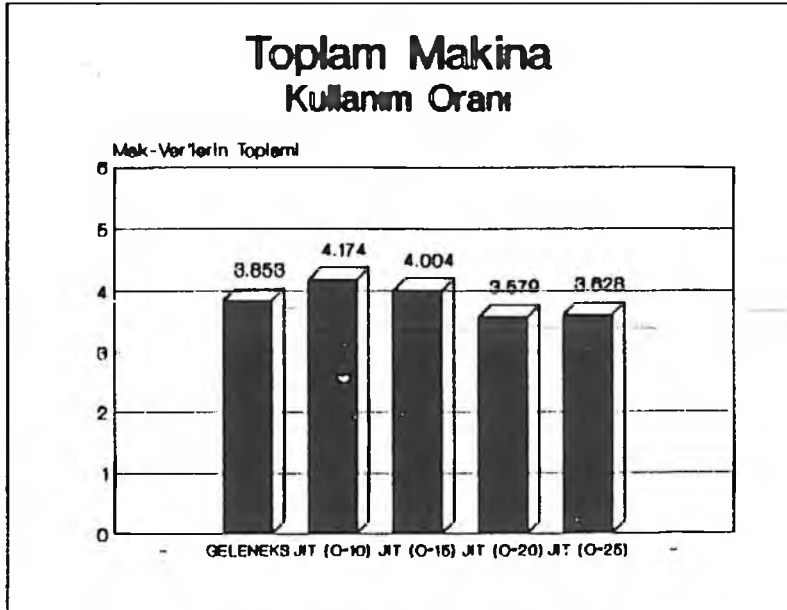
Buna göre en yüksek değere -dakikada 1,346 adet parça ile- parti miktarı 25 birim olan TZÜS (JIT C=25)'de, en küçük değere ise -dakikada 0,484 adet parça ile geleneksel üretim sistemi (GELENEKSEL)'nde ulaşılmıştır. Parti miktarı 10 birim olan TZÜS (JIT C=10)'de -dakikada 1,167 adet parça ile- ikinci en yüksek değere sahip olmuştur.

3.4. Toplam Makina Kullanım Oranı

4 no'lu grafikte görüldüğü gibi, makina kullanım oranlarının toplamı parti miktarı 10 birim olan TZÜS (JIT C=10)'de en yüksek parti miktarı 200 birim olan TZÜS (JIT C=20)'de ise en küçüktür (Grafik 4).



Grafik 3 : Sistemden Çıkan Parça sayısı.
Graphic 3 : The Number of the Completed Parts in the System.

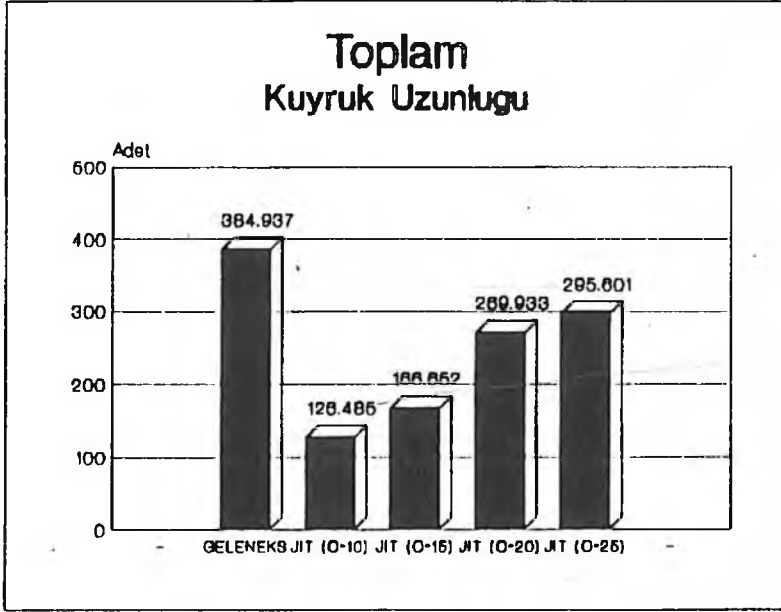


Grafik 4 : Toplam Makina Kullanım Oranı.
Graphic 4 : Total Machine Utilization.

İkinci en yüksek toplam makina kullanım oranına parti miktarı 15 birim olan TZÜS (JIT C=15), üçüncüye ise geleneksel üretim sistemi (GELENEKSEL) sahip olmuştur.

3.5. Toplam Kuyruk Uzunluğu

Bu performans ölçütünün en yüksek değeri 384,94 adet ile geleneksel üretim sistemi (GELENEKSEL)'nde görülmüştür. En küçük değere ise 126,49 adet parça ile parti miktarı 10 birim olan TZÜS (JIT C=10) sahip olmuştur. Parti büyüklükleri, 15, 20, 25 birim olan TZÜS'ler ise ara değerler almışlardır (Grafik 5).



Grafik 5 : Toplam Kuyruk Uzunluğu.
Graphic 5 : Total Queue Length.

Siman özet raporları incelendiğinde kuyruk uzunluğunu ek kuyrukların artırdığı görülecektir. Ek kuyruklar, makinelerin hazırlık süresi nedeniyle oluşan kuyruklardır. Hazırlık sürelerini minimuma indirmenin gerekliliği burada açıkça görülmektedir.

Bu grafiklerin tümü birlikte ele alındığında aşağıdaki matris ortaya çıkmaktadır:

Performans ölçütlerinden Sistem Zamanı'nda parti miktarı 25 birim olan TZÜS (JIT C=25) modeli, Sistemdeki Ortalama Parça Sayısı'nda parti miktarı 15 birim olan TZÜS (JIT C=15) modeli, Sistemden Çıkan Parça Sayısı'nda parti miktarı 25 birim olan TZÜS (JIT C=25) modeli, Toplam Makina Kullanım Oranı ve Toplam Kuyruk Uzunluğu'nda ise parti miktarı 10 birim olan TZÜS (JIT C=10) modeli daha başarılı olmuştur. Halen fabrikada uygulanmakta olan üretim sistemi (GELENEKSEL) ise performans ölçütlerinin hiçbirinde başarılı olamamıştır.

Sonuç olarak; TZÜS'ye geçmek daha uygun görülmektedir. Bu geçişte parti büyüklüğünü belirlemek için işletme politikası esas alınacaktır. Eğer stok maliyeti minimize edilmek istenirse, Sistemdeki Ortalama Parça Sayısı en küçük olan TZÜS modelinin parti miktarı (C=15 birim) seçilecektir. Aksi halde müşteri talebini en kısa sürede karşılama politikası öncelikli ise, Sistem Zamanı en küçük olan TZÜS modelinin parti miktarı (C=25 birim) kabul edilecektir.

	Geleneksel Sistem Traditional System	JIT C=10	JIT C=15	JIT C=20	JIT C=25
Sistem Zamanı Time in System					*
Sistemdeki Ort. Parça Sayısı Average Number of the Parts in the System			*		
Sistemden Çıkan Parça Sayısı The Number of Parts Completed in the System					*
Toplam Makina Kullanım Oranı Total Machine Utilization		*			
Toprak Kuyruk Uzunluğu Total Queue length		*			

4. ONERILER

Fabrikada TZÜS'ye geçebilmek için aşağıdaki önerilerin gerçekleştirilmesi gerekmektedir:

1. Makinaların hazırlık süreleri kesinlikle küçültülmelidir. Bu nedenle M1 (levha kaba ebatlama makinası) ve özellikle M7 (çoklu delik delme makinası)'nin kesinlikle CNC makinalar olması gerekir. Zira M7'de deliklerin gerçek değerleri deneme yanılma ile bulunmakta ve 11,6 sn'lik bir işlem süresi için ortalama 1800 saniyelik hazırlık süresi kullanılmaktadır.

M5 ve M6 (kenar işleme makinaları)'nın ısınma süresi her sabah 2700 saniyelik bir zaman almaktadır. Bu makinaların mesai başlamadan önce açılarak mesai saatinde çalışır duruma getirilmesi gerekmektedir.

2. Daha önce yöntem bölümünde de bahsedildiği gibi grup teknolojisini uygulamak, iş akışı basitleştirmekte ve bir makinalara gelen ürün çeşidini azaltmaktır.

3. Grup teknolojisile belirlenen hücrelerdeki yarımamül stoklarının minimizasyonu ve atölye kontrolünün yükseltilmesi için çekme sistemi uygulanmalıdır.

4. Hücresel yerleşim düzenine geçiş ile 523 m²'lik (1435,2 m²-912 m²) yani % 36 oranında alan tasarrufu sağlanırken, % 44,3 oranında da (442 m-246,1 m) makinalar arası taşıma mesafesinden tasarruf sağlanmaktadır.

5. Makinaların sürekli çalışır halde bulunması; ancak koruyucu bakım planlamasının yapılması ve periyodik olarak uygulanması ile mümkündür.

6. Bunlara ek olarak, TZÜS'nin bir işletmeye uygulanabilirliği simülasyon ile test edildikten sonra, yeni sistemin kabulü yine de yöneticilerin ikna edilmesine bağlıdır. Ancak simülasyonun sağlanmış olduğu olumlu göstergeler, yöneticilerin bu yeni üretim sistemini daha kolay kabul etmesini sağlayacaktır.

JUST-IN-TIME PRODUCTION SYSTEM AND ITS APPLICATION IN A FURNITURE FACTORY

Y. Doç. Dr. Ercan TANRITANIR

Abstract

With the aim of the utilization of Just-In-Time Production (JIT) System in a furniture factory, JIT and the production system of the factory were modeled using Siman simulation language. The application carried out with the aid of computer showed that performance values are suitable for the utilization of JIT.

SUMMARY

The firms during their activity have to keep the production factors at the level which provides the highest productivity. The use of these sources productively is up to the effectivity of the production system. The most important problems which decrease the productivity of the production systems of the firms in our country are unsufficiency of the control and planning of the production, unpredictability the demands, the excess quantity of work-in-process; the longness of setup times, the longness of total operation periods, the highness of transportation and scrap costs.

There is two different system to decrease the inventory which constitute an important percentage of the costs: One of them is MRP or MRP II, a more developed form of MRP. The second is Just-In-Time Production System (JIT) which has been developed by the Japans.

The most important target of JIT is to keep out everything seen as waste from the system. Waste is the activities as handling, storage, counting, ordering, scheduling which do not increase the value of the product, but rather increase the cost, and everything which is above the required level.

Therefore in the JIT System raw material, work-in-process product stocks are being decreased as much as possible. The decreasing of the stocks are also related to the decreasing of lead and total processing times.

JIT can be succesfully applied in batch production. The specialty of this production is to apply a repetitive manufacturing system and to have a simple work flow. In order to increase the output quantity in repetitive manufacturing system, standart parts are being processed in small parties and to simplify the work flow, celular layout is being preferred instead of process-oriented layout.

In this study a factory which produces modular furniture has been chosen and based on nine modules.

First of all to apply JIT System studies which would organise database have been done. These are work analysis, standart time determination, determining of demands, and testing of the demand distribution.

Then to study on Cellular Manufacturing System four different cellulars have been determined by the help of Group Technology. Because of being heuristic of King's Algorithm having the cellulars which have been found examined part moving has been simplified more.

To apply the Kanban System; plant layout has been put into a new order according to cellular layout. The numbers of withdrawal kanbans which move between cellulars and production-order kanbans which move in cellulars, have been found out. Later, in order to organize the kanban system the flowing movements of kanbans have been determined.

Having this new production system by Siman simulation language the following results have been gained. To compare the actual production system with JIT System five different performance criterias have been determined. These are; Time in System, Average Number of the Parts in the System, the Number of the Parts Completed, Total Machine Utilization and Total Queue length.

When Siman results have been evaluated, it has appeared that the performance values of JIT are suitable to apply JIT System.

On the other hand by the help of cellular manufacturing system not only % 36 space, but also % 44,3 from the distance for the transportation between machines have been saved as well.

KAYNAKLAR

- DİNÇMEN, M., ÇEBİ, T., ve ÖZTÜRKOĞLU, S., 1983: *Üretim Benzetiminde Denge, Yöneylem Araştırması Dergisi* 2, S. 105-121, 1983.
- DPT, 1989: 6. Beş Yıllık Kalkınma Planı, DPT Yayın No. 2174, Ankara.
- DURMUŞOĞLU, B., 1991: *Tam Zamanında Üretim Sistemi Dergisine İlişkin Yüksek Lisans ve Doktora Ders Notları (basılmamıştır), İstanbul.*
- DURMUŞOĞLU, S., 1989: *Tam Zamanında İmalat Sisteminin Simülasyon Analizi ve Uygulanabilirliğinin Etüdü, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü (yayınlanmamıştır), İstanbul.*
- DURU, N., 1981: *Cumhuriyetimizin 50. Yılında Ormancılığımız, OGM Sıra No. 187, Seri No. 145, S. 11, Ankara.*
- ERASLAN, I., 1977: *Orman Ürünleri Endüstrisi'nin Tanımı, önemi, Türkiye'deki Gelişimi, Sınıflandırılması ve Entegrasyonu, İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No. 239, İstanbul.*
- İLTER, E., 1990: *Odun Kökenli Ürün Sanayilerinde Kaynak Kullanımı ve Verimlilik, Milli Prodüktivite Merkezi, Yayın No: 425, Ankara.*
- KALIPSIZ, A., 1988: *İstatistik Yöntemler, İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No. 397, S. 55, İstanbul.*
- KING, J.R., 1980: *Machine-Component Grouping in Production Flow Analysis, An Approach Using Rank Order Clustering Algorithm, Int.J. Prod. Res., Vol.18, No. 2, pp.213-232.*
- KOBU, B., 1980: *Üretim Yönetimi, İ. Ü. İşletme Fakültesi, İşletme İktisadi Enstitüsü, Yayın No: 33, İstanbul.*

- KURTOĞLU, A., 1992: *Mobilya Endüstrisi Ders Notları (basılmamıştır)*, I.Ü. Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- MONDEN, Y., 1983: *Toyota Production System, Industrial Engineering and Management Press, Norcross, Georgia, USA.*
- ÖNCER, M., 1991: *Orman Ürünleri Sanayiinde Üretim Planlaması ve Kontrolü, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları Yayın No. 443, Ankara.*
- ÖNCER, M., ASIL, N., 1992: *İş Örnekleme Yöntemiyle Dört Modern Mobilya Fabrikasında Kayıp Zamanlarının Saptanması ve Önleme Yolları, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, Yayın No. 458, Ankara.*
- ÖZDÖNMEZ, M., İSTANBULLU, T., 1979: *Türkiye'de Orman Ürünleri Endüstrisi, I.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No. 282, İstanbul.*
- ÖZOK, A.F., 1985: *Küçük Sanayide Daha Verimli Nasıl Çalışabiliriz?, İTO, Yayın No. 13, S. 21, İstanbul.*
- PEGDEN, D., 1986: *Inroduction to SIMAN with Version 3, 0 Enhancements, State College, Pennsylvania, March.*
- PHILIPPOOM, P.R., REES, L.P., TAYLOR III, B.W., and HUANG, P.Y. 1987: *An Investigation of the Factors Influencing the Number of Kanbans Required in the Implementation of the JIT Technique with Kanbans, Int. J. Prod. Res., Vol. 25. No. 3, pp. 457-472.*
- SARKER, B.R., And FITZSIMMONS, J.A., 1989: *The Performance of Push and Pull Systems: A Simulation and Comparative Study, Int. J. Prod. Res., Vol. 27, pp. 1715-1731.*
- SARKER, B.R., and HARRIS, R.D., 1988: *The Effect of Imblance in a Just-In-Time Production System: A Simulation Study, Int. Prod. Res. Vol. 26, pp.1-17.*