



**KANBAN SAYISI VE İŞLEM ZAMANI DAĞILIMLARININ HÜCRESEL İMALAT  
ORTAMINDAKİ BİR JIT SİSTEMİNİN PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ  
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

***(INVESTIGATING THE EFFECTS OF DIFFERENT KANBAN NUMBERS AND  
PROCESSING TIME DISTRIBUTIONS ON THE PERFORMANCE OF A JIT SYSTEM  
IN CELLULAR PRODUCTION ENVIRONMENT)***

**Ömer Faruk BAYKOÇ\*, Yunus EGE\*, Raed Abu SHAHLA\***

**ÖZET/ABSTRACT**

Tam Zamanında Üretim (JIT) sistemleri ile ilgili simülasyon çalışmalarında çoğunlukla seri üretim sistemleri dikkate alınmıştır. Hücresel İmalat ortamında JIT sisteminin işleyişine dayalı simülasyon çalışmaları son derece az olup, var olan çalışmalarda da üretim hattının bütünü yerine sadece belli bir kesimi ele alınmaktadır. Bu çalışmada, hipotetik bir sistem tasarlanarak hücresel imalat ortamında bir JIT üretim hattının değişik kanban sayıları ve farklı işlem zamanı dağılımları altındaki davranışları incelenmiştir. Son hücredeki operatörün kullanım oranı, çıktı miktarı, çevrim zamanı ve aşamalar arasındaki stok miktarı (WIP) performans ölçütleri olarak seçilmiştir. Sistem SIMAN simülasyon dili ile simüle edilmiş, deney sonuçlarının istatistiksel analizinde ise MINITAB paket programı kullanılmıştır.

*In the simulation studies related to Just-In-Time (JIT) Production systems, mass production systems have been taken into the consideration mostly. Simulation studies based on the JIT philosophy in the cellular production environment are rather few, and in the existing studies only a part of the production line has been considered rather than the whole. In this study, the behaviours of a JIT production line in cellular production environment with respect to different kanban numbers and processing time distributions are investigated. Operator utilization at the last cell, output, cycle time and work in process buffer are selected as performance measures. System is simulated by using SIMAN simulation language and MINITAB package program is used to analyze the experimental results statistically.*

**ANAHTAR KELİMELELER/KEYWORDS**

Hücresel imalat, JIT, Simülasyon, Kanban, Çekme üretim sistemleri  
*Cellular production, JIT, Simulation, Kanban, Pull production systems*

---

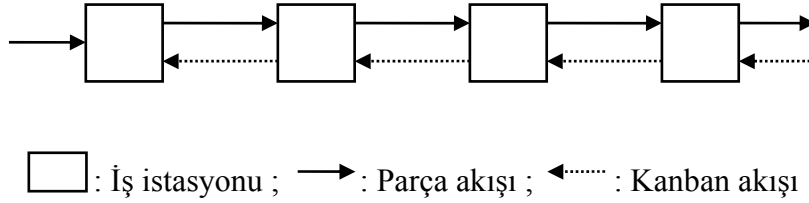
\* Gazi Üniv., Mühendislik-Mimarlık Fak., Endüstri Müh. Böl., Maltepe, 06570, ANKARA

## 1. GİRİŞ

'Tam Zamanında Üretim (JIT)' sistemi ilk olarak Japonya'da ortaya çıkmış fakat sağladığı başarıdan dolayı kısa zamanda tüm dünyaya yayılmıştır. Üretim ortamında JIT felsefesini uygulamanın getirdiği başlıca faydalar: ürün kalitesinin yükseltilmesi, aşamalar arası stok miktarlarının azaltılması ve verimliliğin artırılmasıdır (Chaturvedi ve Golhar, 1992).

JIT sistemi bir çekme sistemidir. Talep üretim hattının sonuna gelir. Talep son istasyona ulaştığında, ürünü oluşturmak için gerekli olan parçaların elde bulunup bulunmadığına bakılır. Eğer elde bulunuyorsa bu istasyondaki üretime hemen başlanır; aksi taktirde, gerekli sayıda parçayı çekmek için bir önceki istasyona talepte bulunulur. Böyle bir durumda, bu istasyondaki üretim ancak bir önceki istasyondan gerekli parçalar buraya ulaştığında başlar. Benzer şekilde, buradaki prosedür üretimin ilk aşamasına kadar uygulanarak tüm üretim hattı boyunca düzgün bir parça akışı sağlanır.

Bir JIT sisteminde, aşamalar arasındaki stok seviyeleri 'Kanban' denen kartlar aracılığıyla belirlenir. Kanban sistemi bir üretim kontrol ve bilgi sistemidir. Bir kanban kartı, iş tipi, taşınacak parça miktarı ve kanban tipi gibi bilgileri içerir. Şekil 1'de bir çekme sistemi ve kanban akışları gösterilmiştir.



Şekil 1. Çekme sistemi

JIT üretiminin ana prensibi, elde çok az veya sıfır stok bulundurarak müşterinin isteğini tam zamanında ve istenilen kalitede sunmaktır. Bu ana prensibin işleyebilmesi değişen talep, üretim ve işgücü seviyelerine karşı üretim sisteminin büyük ölçüde esneklik gösterebilme kabiliyetine bağlıdır. Üretim sisteminin esnek hale getirilebilmesi için de makina hazırlıklarının kısa zamanda gerçekleştirilebilmesine ve ürün tipi değiştirmenin sık olarak yapılabilmesine olanak veren, bununla birlikte stoklar (süreçler arası, bitmiş ürün, hammadde) ve gereksiz taşıma gibi önemli israf nedenlerini minimize edecek bir sistemin geliştirilmiş olması gerekir. Bu da göstermektedir ki, JIT üretim sistemi özellikle hazırlık zamanlarını kısaltabilecek özelliğe sahip bir üretim anlayışına ihtiyaç duymaktadır. Bu özelliğe sahip en önemli üretim anlayışı da 'Grup Teknolojisi' dir (Min ve Shin, 1993).

Grup teknolojisinin en önemli uygulamalarından olan 'Hücreli İmalat' tipik olarak benzer şekil, boyut ve işlem özellikleri gösteren parçaların bir arada gruplandırılması ve farklı makina ya da işlemlerin de üretim hücreleri şeklinde düzenlenmesi amacını güder. Bir üretim hücresi, bir veya daha fazla grubun işlenmesine olanak verecek şekilde makinaların gruplanmasıyla oluşan bir kümeyi temsil eder.

## 2. KURAMSAL (TEORİK) ÇERÇEVE

JIT hakkında yapılan araştırmalar kanban sisteminin modellenmesi, çekme sistemleri ile itme sistemlerinin karşılaştırılması, ve sistem performansını en iyileyen kanban sayısının belirlenmesi olarak sınıflandırılabilir.

Sarker, değişik konfigürasyonlardaki çekme sistemlerinin değişik şartlarda nasıl modellenebileceğini anlatmıştır (Sarker, 1989). SLAM network modelinden yararlanarak bir çekme sistemini modellemiştir.

İş istasyonlarının işlem zamanlarının birbirlerine göre çok fazla değişkenlik göstermesi sonucunda, çekme sistemlerindeki çıktı oranının itme sistemlerine göre daha hızlı düşeceği Sarker ve Fitzimmons tarafından gösterilmiştir (Sarker ve Fitzimmons, 1989). Bundan dolayı, çekme sistemlerinde süreçler arası parça miktarı ne kadar az olsa da, özellikle işlem zamanlarının çok değişken olduğu ortamlarda itme sistemleri çekme sistemlerine nazaran daha etkilidir.

Chaturvedi ve Golhar, stokastik talep ve işlem zamanlarının, ve kanban sayılarının sistem performansı üzerindeki etkilerini incelemiştir (Chaturvedi ve Golhar, 1992). Muralidhar ve arkadaşları JIT sisteminde işlem zamanlarını belirten dağılımların seçiminin simülasyon sonuçlarını etkileyip etkilemediğini incelemiştir (Muralidhar vd., 1992). Bunun sonucunda JIT ortamının gereksinimlerine cevap verebilecek dağılımların seçiminin simülasyon sonuçlarını etkilemediği sonucuna ulaşmışlardır.

Grup teknolojisi literatüründe hücreli imalat sistemlerinin tasarlanmasına yönelik değişik algoritmalar mevcuttur. Bunlardan bazıları matematiksel programlama tekniklerini baz alırken diğerleri de heuristic algoritmalarıdır.

Sundaram ve Lian, makina kullanım oranlarının beklenen oranlarla karşılaştırılmasına imkan veren ve hücrelerin tasarlanmasında kullanıcıya esneklik sağlayan bir algoritma geliştirmişlerdir (Sundaram ve Lian, 1990).

Harhalakis ve arkadaşları, grup teknolojisi uygulamaları için imalat hücrelerinin tasarlanmasına ilişkin olarak heuristic bir yaklaşım geliştirmişlerdir (Harhalakis vd., 1990).

Min ve Shin, grup teknolojisinde insan ve makina hücrelerinin eş zamanlı tasarlanmasına ilişkin çok amaçlı programlama yaklaşımı geliştirmişlerdir (Min ve Shin, 1993).

Ertay otomotiv yan sektörüyle ilgili bir işletmede var olan sistemi incelemiştir (Ertay, 1998). İşletmenin bir bölümüne hücreli imalat yerleşimi uygulayarak, çekme sistemi ile itme sistemini simülasyon çalışması yaparak incelemiş ve maliyet kriterine göre bu sistemleri karşılaştırmıştır.

### 3. SİMÜLASYON MODELİ

İncelenen sistem hipotetik bir üretim sistemi olup nihai ürün, üretilen 7 parçanın (yarı mamül) birbirine montajlanmasıyla oluşmaktadır. Sisteme ilişkin parça akış matrisi Şekil 1'de, herbir parçanın makinalardaki işlem sırası ise Şekil 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Sistemin parça akış matrisi makina

Parça	1	2	3	4	5	6
1	1	1				
2			1	1	1	
3				1	1	
4	1	1				1
5	1		1			1
6				1		
7			1	1		

Çizelge 2. Parçaların makinalardaki işlem sırası

Parça	Makina
1	1,2
2	3,4,5
3	4,5
4	1,2,6
5	1,3,6
6	4
7	3,4

Sistemdeki parçaların makinalardaki işlem zamanları rassaldır. İşlem zamanı dağılımları bir faktör olarak gözönüne alınmıştır. Bu faktör, normal dağılım ve üstel dağılım olmak üzere 2 seviyeli. Normal dağılım için CV (değişim katsayısı, coefficient of variation) düzeyi 0.2 olarak kabul edilmiştir. Herbir parçanın makinalardaki ortalama işlem zamanları Çizelge 3'te gösterilmiştir.

Çizelge 3. Parçaların makinalardaki ortalama işlem zamanları (dakika)

Parça	Makina 1	Makina 2	Makina 3	Makina 4	Makina 5	Makina 6
1	2	5				
2			5	2	5	
3				2	5	
4	2	5				5
5	2		5			5
6				2		
7			5	2		

Sisteme ulaşan günlük talep miktarı ortalama 35 birimdir. Üretilen parçaların montajı tek bir operatör tarafından yapılmakta olup, montaj süresi ortalama 10 dakikadır. Modelde kullanılan varsayımlar şunlardır:

1. Bir üretim günü 480 dakikadır.
2. Bir birim bitmiş ürün için herbir yarı üründen bir birim kullanılır.
3. Başlangıç ara ürün stoku kanban sayısına eşittir.
4. Makinalar arası transfer zamanı ihmal edilir.
5. İşler ilk giren ilk çıkar kuralına göre sıralanır.
6. Her bir makina için yatırım tutarı ihmal edilmiştir.
7. Her bir parça için gerekli ham madde miktarı, istenildiği zaman tedarikçiler tarafından anında karşılanabilmektedir.
8. Her parça için kullanılan kanban sayısı birbirine eşittir.
9. Her konteynır tek bir birim parça taşır.
10. Hazırlık ve makina bakım zamanları ihmal edilmiştir.

#### 4. SİSTEMİN HÜCRESEL İMALAT SİSTEMİ OLARAK TASARLANMASI

Sistemin hücreli imalat sistemi olarak tasarlanmasında Sundaram ve Lian'ın önerdiği algoritma uygulanmıştır (Sundaram ve Lian, 1990). Bu sezgisel (heuristic) algoritmada parça aileleri (grupları) ve makinalardan oluşan hücreler eş zamanlı olarak oluşturulmaktadır. Algoritma genel olarak şu esasa göre çalışır; tüm parçalar gerektirdiği makina sayılarına göre büyükten küçüğe sıralanır. İlk parça oluşturulacak ilk hücre için anahtar eleman olarak seçilir

ve bu hücreye, ihtiyaç duyduğu makinalarla birlikte atanır Daha sonra sıradan gidilerek bu anahtar elemanla aynı makinalara ihtiyaç duyan parçalar da bu hücreye atanır. İlk hücreye atanabilecek tüm parçalar atandıktan sonra eğer atanmamış eleman varsa sıralamada anahtar elemandan sonra gelen ilk atanmayan parça anahtar eleman olarak seçilir ve ikinci hücreye atanır. Benzer şekilde tüm parçalar bir hücreye atanıncaya kadar bu prosedür tekrarlanır. Algoritmanın en önemli varsayımı bir parça grubunun sadece tek bir hücreye atanmasıdır. Böyle bir varsayım hücreler arasında olabilecek herhangi bir parça akışına izin vermez. Bunun için ihtiyaç duyulduğu takdirde gerekli olan makinadan bir tane daha alınıp ihtiyaç duyulan hücreye yerleştirilmesi gerekir. Bu algoritmanın uygulanması sonucunda sistem Çizelge 4’te gösterilen hücreler şeklinde tasarlanmıştır.

Çizelge 4. Oluşturulan hücreler

Hücre	Makina	Parça
1	3	2
	4	3
	5	7
		6
2	1	4
	2	1
	3	5
	6	

Grup teknolojisine uygun olarak tasarlanan sistemdeki hücreler, hücreler içerisindeki makinaların yerleşimi ve sistem genelindeki parça akışı Şekil 2’de gösterilmiştir.

## 5. DENEY TASARIMI VE SONUÇLARIN ANALİZİ

Deney tasarımı, deneyden elde edilen bilgileri en üst düzeye erişirebilmek için deneylerin değerlendirilmesi ve tasarımına yönelik bir dizi çalışma olarak düşünülebilir (Banks ve Carson, 1984).

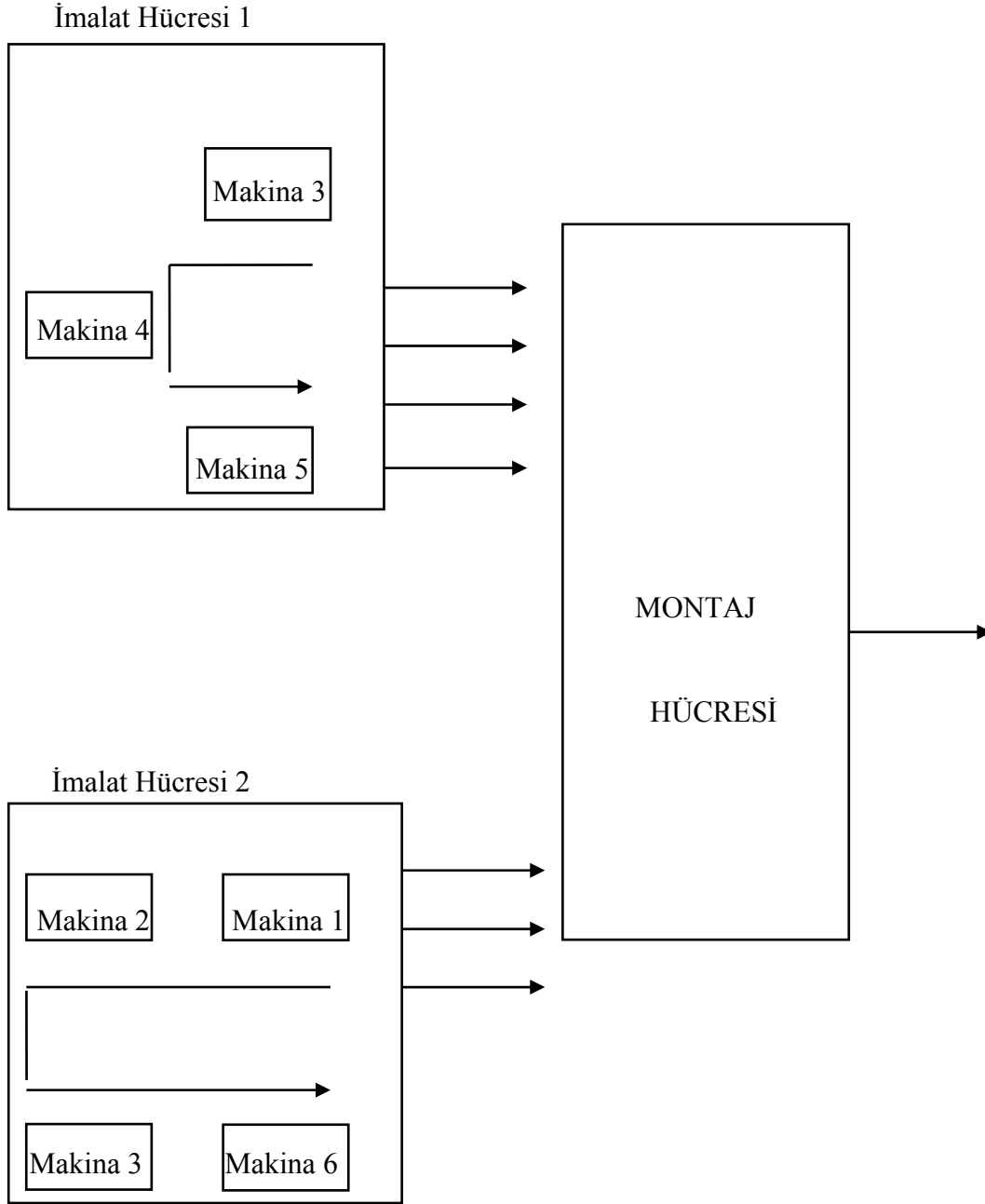
Bir deneyde birden fazla faktörün esas alındığı durumlarda faktöryel tasarım kullanılmalıdır. Bu, faktörlerin birarada değiştiği bir tasarımı ihtiva eder (Hines ve Montgomery, 1990). Daha açık bir ifadeyle faktöryel tasarım, herbir faktörün seviyelerinin tüm mümkün kombinasyonlarının denemeye tabi tutulmasıdır.

Bu çalışmada faktör olarak, kanban sayısı ve işlem zamanı dağılımları gözönüne alınmıştır. Birinci faktör olan kanban sayısı 4 seviyede incelenmiştir. Bundan dolayı her istasyondaki kanban sayısı minimum 1, maksimum 4 olarak alınmıştır. İkinci faktör olan işlem zamanı dağılımları ise normal ve üstel dağılım olmak üzere 2 seviyede incelenmiştir. Dolayısıyla, yapılan çalışmada 8 adet tasarım noktası (design point) oluşturulmuştur.

Sistemin simülasyon modelinin kurulmasında SIMAN dilinden yararlanılmıştır. Benzetim modeli değişik kanban sayıları ve işlem zamanı dağılımları göz önüne alınarak çalıştırılmıştır. Herbir tasarım noktası için simülasyonun tekrar sayısı 8 olarak alınmış, böylelikle model toplam 64 kere simüle edilmiştir.

Sistemin performans ölçüleri olarak aşağıdaki kriterler gözönüne alınmıştır:

- Montaj hücresindeki operatörün ortalama kullanım oranı.
- Ortalama çıktı miktarı.
- Ortalama çevrim zamanı.
- Aşamalar arası ortalama stok miktarı (WIP).



Şekil 2. Modelleneyecek sistemin genel yapısı

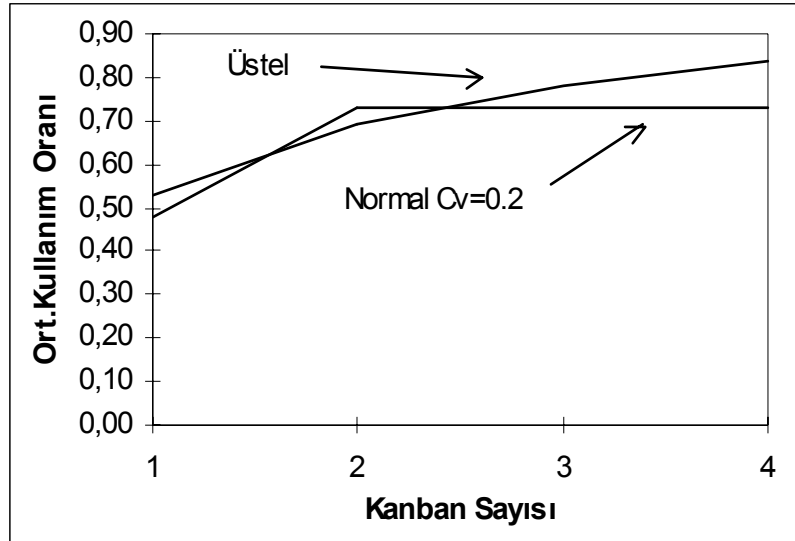
İki faktörün performans ölçütleri üzerindeki etkisinin istatistiki olarak test edilmesi iki faktörlü varyans analizi (two-way ANOVA) ile yapılmış ve bunun için MINITAB paket programından yararlanılmıştır.

Yapılan analiz sonucunda;  $\alpha=0.05$  düzeyinde, kanban sayısının bütün performans ölçütleri üzerinde etkili olduğu istatistiki olarak görülmüştür. İkinci faktör olan işlem zamanı dağılımlarının,  $\alpha=0.05$  düzeyinde, operatörün ortalama kullanım oranı hariç diğer tüm performans ölçütleri üzerinde etkili olduğu görülmüştür (Deney sonuçlarının istatistiksel analizinde kullanılan ANOVA çizelgeleri EK’te verilmiştir).

### 5.1. Montaj Hücresindeki Operatörün Ortalama Kullanım Oranı Üzerindeki Etki

Şekil 3'te kanban sayısının operatörün ortalama kullanım oranı üzerindeki etkisi gösterilmiştir. Normal dağılım gözönüne alındığında, kanban sayısının 1'den 2'ye çıkarılması, ortalama kullanım oranını %48'den %73'e yükseltmiştir. Kanban sayısının 2'den fazla artırılmasının, ortalama kullanım oranı üzerinde olumlu bir etkisine rastlanmamaktadır. Kanban sayısı 1 olarak alındığında, işlem zamanlarındaki değişimlerin hücrelerde oluşturduğu açlık önlenememekte, bundan dolayı son iş istasyonu olan montaj hücresindeki kullanım oranı düşük çıkmaktadır. Kanban sayısı 2 yada daha fazla alındığında ise işlem zamanlarındaki değişimlerin etkisinin ortadan kaldırıldığı görülmektedir.

Üstel dağılım gözönüne alındığında, kanban sayısının artırılmasının operatörün ortalama kullanım oranını artırdığı görülmektedir. Ancak bu üstel dağılımın normal dağılımdan daha iyi olduğu anlamına gelmez. Çünkü üstel dağılım Şekil 4'ten de görülebileceği gibi sisteme gelen talebi ancak 4 kanbanla karşılayabildiği için kullanım oranı artıyor gözükmektedir.

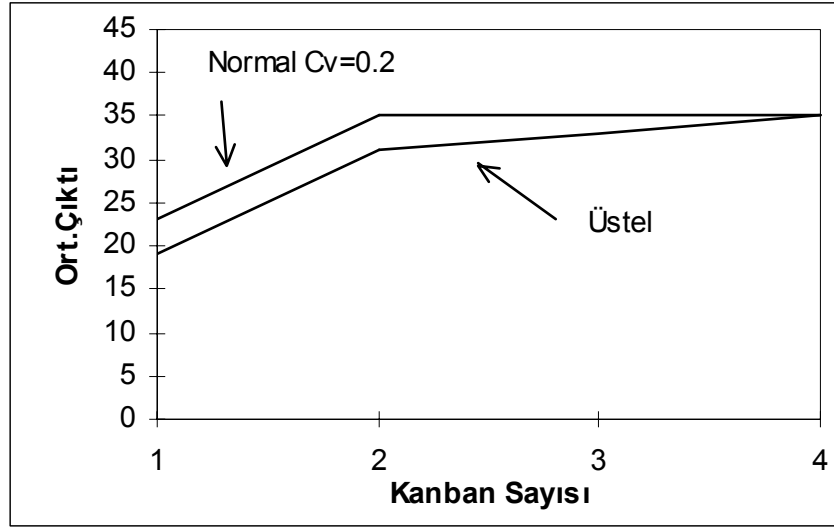


Şekil 3. Kanban sayısı-ortalama kullanım oranı grafiği

### 5.2. Ortalama Çıktı Miktarı Üzerindeki Etki

Şekil 4'te kanban sayısının sistemin çıktısı üzerindeki etkisi gösterilmiştir. Sistemin, normal dağılım ve üstel dağılım kullanılması ayrı ayrı ele alındığında, kanban sayısının artırılmasına verdiği tepki ortalama kullanım oranı ölçütünde gözlenen tepkiye benzerdir. Normal dağılım kullanılması durumunda, kanban sayısının 1'den 2'ye çıkarılması çıktı miktarını 35 birime çıkararak talebin karşılanmasını sağlamaktadır. Kanban sayısının 2'den fazla alınmasının çıktı üzerinde olumlu bir etkisi yoktur. Sistemin bu davranışı, operatörün kullanım oranı ölçütü gözönüne alındığı durumdaki davranışıyla benzerdir.

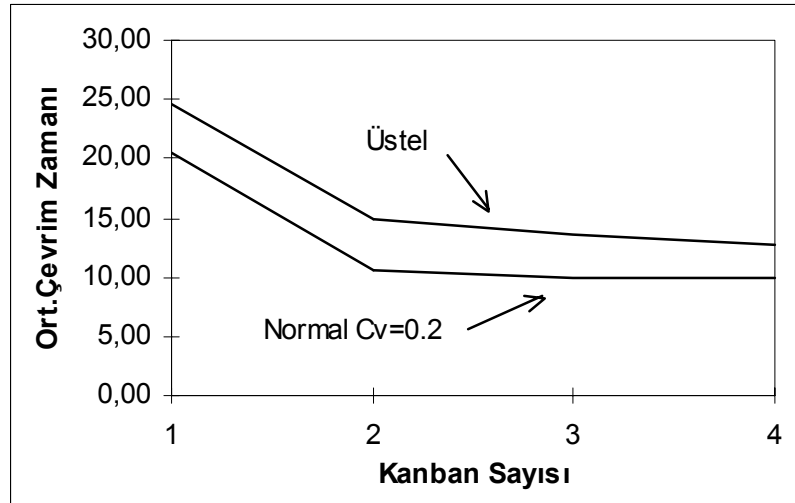
İşlem zamanlarının üstel dağılıma uygun alınması durumunda, çıktı miktarının kanban sayısının artırılmasıyla birlikte arttığı gözlenmektedir. Sistemin bu davranışı da operatörün ortalama kullanım oranı gözönünde bulundurulduğu zamanki davranışıyla benzerdir. Üstel işlem zamanlarındaki değişkenlik normal işlem zamanlarındaki değişkenlikten yüksek olduğu için, ancak 4 kanban kullanıldığı zaman 35 birimlik talep karşılanabilmektedir.



Şekil 4. Kanban sayısı-ortalama çıktı miktarı grafiği

### 5.3. Ortalama Çevrim Zamanı Üzerindeki Etki

Şekil 5'te kanban sayısının ortalama çevrim zamanı üzerindeki etkisi gösterilmiştir. Kanban sayısının artırılması her iki dağılım içinde, ortalama çevrim zamanını düşürmektedir. Fakat kanban sayısının 2'den fazla artırılması, her iki dağılım için de, ortalama çevrim zamanı üstünde fazla bir değişime neden olmamaktadır. Aynı sayıda kanban için, ortalama çevrim zamanı üstel dağılımın daha yüksek değişkenliğe sahip olmasından dolayı, normal dağılıma göre daha yüksek çıkmaktadır.



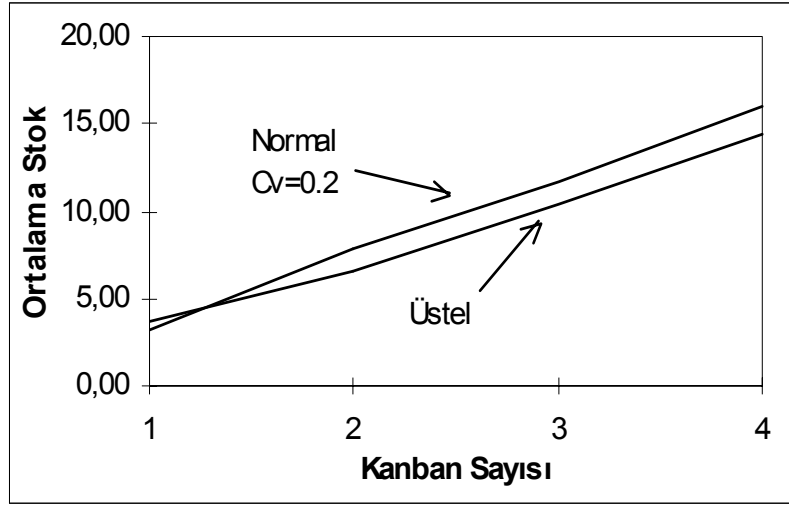
Şekil 5. Kanban sayısı-sistemde ortalama kalış zamanı grafiği

### 5.4. Aşamalar Arası Ortalama Stok Miktarı (WIP) Üzerindeki Etki

Şekil 6'da kanban sayısının aşamalar arasındaki ortalama stok miktarı üzerindeki etkisi gösterilmiştir. Herbir istasyondaki kanban sayısının artırılması, ortalama stok miktarını da artırmaktadır. Dağılımlar bakımından karşılaştıracak olursak, herbir istasyon için izin verilen



kanban sayısının 1'den fazla olması durumunda üstel dağılım daha az stok miktarına yol açmaktadır.



Şekil 6. Kanban sayısı-ortalama stok miktarı grafiği

## 6. SONUÇLAR

Bu çalışmada, tam zamanında üretim felsefesine dayalı olarak çalışan ve hücreli imalat sistemi olarak tasarlanan hipotetik bir üretim hattının, kanban sayıları ve farklı işlem zamanı dağılımları bakımından davranışı incelenmiştir. JIT sistemleri ile ilgili çalışmalar da en çok kullanılan performans ölçütlerinden olan kullanım oranı, çıktı miktarı, çevrim zamanı ve aşamalar arası stok miktarları performans ölçütleri olarak alınmıştır.

Ulaşılan sonuçlara göre, seçilen performans ölçütleri bazında işlem zamanlarına ait değişim katsayıları yükseldikçe sistemin performansının olumsuz etkilendiği, bu olumsuz etkilerinde daha fazla kanban kullanımıyla azaltılacağı görülmüştür. Ancak kanban sayısının artırılması aşamalar arası stok miktarlarını da artıracığından, çok sayıda kanban kullanımının da sistemde aşırı stok tutmalara yol açacağı gözden kaçırılmamalıdır. Çalışmada normal dağılım kullanıldığı zaman genel olarak performans ölçütlerini en iyileyen kanban sayısının iki olduğu görülmektedir. Üstel dağılım kullanımında ise sisteme gelen talebi karşılayabilmek için en az dört kanban kullanılması gereklidir. Sonuçlardan da görülmektedir ki, JIT sistemleri işlem zamanlarındaki değişime karşı oldukça duyarlıdır ve bu tip sistemlerden daha etkin sonuçlar alabilmek için bu değişkenliğin mümkün olduğunca en alt düzeyde tutulması gerekmektedir.

Üretim hattının bütünü içerisinde JIT felsefesini taşıması bakımından ilgili literatür içinde bir yenilik olarak düşünülmektedir. Söz konusu çalışmanın farklı varışlar arası zaman dağılımları, bu zamanlara ilişkin farklı değişim katsayıları, v.b. faktörlerin sistemin performansı üzerindeki etkilerinin araştırılması ve hücreli imalat ortamının seri sistemlere göre maliyet bazında ne ölçüde bir iyileşme sağlayacağına dair analizlere dayalı çalışmalarla geliştirilmesi mümkün olacaktır.

**KAYNAKLAR**

- Banks J., Carson J.S. (1984): "Discrete-Event System Simulation", Prentice Hall.
- Chaturvedi M., Golhar D.Y. (1992): "Simulation Modeling and Analysis of a JIT Production System", Production Planning&Control, V.3, N.1, p.81-92.
- Ertay T. (1998): "Simulation Approach in Comparison of a Pull System in a Cell Production System with a Push System in a Conventional Production System according to Flexible Cost: a Case Study", International Journal of Production Economics, V.56, p.145-155.
- Harhalakis G., Nagi R., Proth J.M. (1990): "An Efficient Heuristic in Manufacturing Cell Formation for Group Technology Applications", International Journal of Production Research, V.28, N.1, p.185-198.
- Hines W.W., Montgomery D.C. (1990): "Probability and Statistics in Engineering and Management Science", 3rd Edition, John Wiley and Sons.
- Min H., Shin D. (1993): "Simultaneous Formation of Machine and Human Cells in Group Technology: a Multiple Objective Approach", International Journal of Production Research, V.31, N.10, p.2307-2318.
- Muralidhar K., Swenseth S.R., Wilson R.L. (1992): "Describing Processing Time when Simulating JIT Environments", International Journal of Production Research, V.30, N.1, p.1-11.
- Sarker B.R. (1989): "Simulating a JIT Production System", Computers Ind. Eng, V.16, N.1, p.127-137.
- Sarker B.R., Fitzimmons J.A. (1989): "The Performance of Push and Pull Systems: A Simulation and Comparative Study", International Journal of Production Research, V.27, N.10, p.1715-1731.
- Sundaram R.M., Lian W.S. (1990): "An Approach for Designing Cellular Manufacturing Systems", Manufacturing Review, V.3, N.2, p.91-97.

**EK. ANOVA ÇİZELGELERİ****Two-way ANOVA: WIP versus Kanban; Distribution**

Analysis of Variance for WIP

Source	DF	SS	MS	F	P
Kanban	3	1223,209	407,736	2980,06	0,000
Distribu	1	14,078	14,078	102,90	0,000
Interaction	3	10,698	3,566	26,06	0,000
Error	56	7,662	0,137		
Total	63	1255,647			

**Two-way ANOVA: Output versus Kanban; Distribution**

Analysis of Variance for Output

Source	DF	SS	MS	F	P
Kanban	3	1882,05	627,35	366,43	0,000
Distribu	1	102,52	102,52	59,88	0,000
Interaction	3	40,05	13,35	7,80	0,000
Error	56	95,88	1,71		
Total	63	2120,48			

**Two-way ANOVA: Utility versus Kanban; Distribution**

Analysis of Variance for Utility

Source	DF	SS	MS	F	P
Kanban	3	0,64910	0,21637	48,23	0,000
Distribu	1	0,00237	0,00237	0,53	0,471
Interaction	3	0,00770	0,00257	0,57	0,636
Error	56	0,25124	0,00449		
Total	63	0,91041			

**Two-way ANOVA: Cycle Time versus Kanban; Distribution**

Analysis of Variance for Cycle Ti

Source	DF	SS	MS	F	P
Kanban	3	1151,936	383,979	409,63	0,000
Distribu	1	199,025	199,025	212,32	0,000
Interaction	3	20,306	6,769	7,22	0,000
Error	56	52,493	0,937		
Total	63	1423,760			