

TAM ZAMANINDA İMALAT ORTAMINDA SIRALAMA KURALLARININ KARŞILAŞTIRILMASI İÇİN BİR BENZETİM MODELİ

Orhan Torkul, Esra Kurt

Özet- Bu çalışmada tam zamanlı bir imalat ortamında üretim yapan bir benzetim modeli geliştirilmiştir. Model üzerinde, ilk olarak, hücre ve iş karakteristiklerinin sisteme etkisi incelenmiş, daha sonra sıralama kurallarının üç başarının ölçütüne (ortalama tezgah yararlanma oranı, ortalama akış zamanı, ortalama üretim miktarı) göre karşılaştırılması için deneyler yapılmış ve sonuçlar irdelenmiştir. Geliştirilen benzetim modeli koşullarında Son Gelen İlk İşlenir (LCFS) sıralama kuralının daha iyi sonuçlar verebileceği görülmüştür.

I. GİRİŞ

Son on yıldır imalatçılar verimliliği ve karlılığı artırmak için Tam Zamanında Üretim (TZÜ, just-in-time, JIT) metodlarının önemi üzerinde durdu. Gerçekte, araştırmalar TZÜ hakkındaki karışıklığın hala devam ettiğini, sadece nasıl uygulandığı konusunda değil, aynı zamanda pek çok imalatçı için tanımlamasının da anlaşamadığını gösteriyor. Bazıları bunun “sadece stok azaltım programı” olduğuna inanır. Bazıları da kanbanla eş anlamlı olduğunu ve MRP’ ye alternatif olduğunu düşünür [1].

TZÜ geniş anlamda “bir imalatçı kuruluşta sürekli olarak israfın önlenmesi yolu ile mükemmelliğe ulaşmak” (burada israf, ürüne değer katmayan herşey anlamındadır); dar anlamda ise “malzemelerin gerekli yerde gerekli zamanda hareketi” demektir. Tam zamanında üretimin gerçekleşmesinin ideal koşulu, imalatın bekleme ve yığılma olmaksızın su gibi akıp gitmesidir. Bu akışın gerçekleşmesini sağlayan unsurlar;

- . ürün odaklı organizasyon
- . tek parça akış tipi imalat
- . yakın istasyonlar
- . U tipi yerleşim
- . çekme sistemi
- . çok taraflı yetenekli personel ve karma ürün bazında dengeli imalattır.

O.Torkul, Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Esentepe Kampüsü torkul@sakarya.edu.tr

E.Kurt, Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Esentepe Kampüsü ekurt@sakarya.edu.tr

Süreçler sanki aralarında görünmez bir taşıma bandı varmış gibi birbirleriyle bağlanmalıdır. Kanban; imalatın yönlendirilmesinde uygun bir araç olup; Japoncada “tanımlama kartı” anlamını taşır. Fabrikada kanban; üzerinde parça numarası , sayısı , imalat yeri, stok yeri vs. gibi bilgilerin yazılı olduğu bir karttır.

TZÜ , bir ürünün bir işlemden sonra yeni bir işleme tam zamanında başlaması demek olan bir çekme sistemidir. Bir sonraki süreç, yani müşteri, istediği miktarda ve zamanında parçaları temin etmek için bir önceki sürece gitmektedir. Bir önceki süreç de yine bundan sonra bir sonraki süreç için istenilen miktarda parçayı imal edecektir.

Yalnızca gerekli olanların atölye üzerinde bulunması stoklarda bir azalmaya yol açacaktır. Fazla olan malzemeler için envanter taşıma maliyetlerini önleyerek ve gereksiz stoğa para harcamayarak elde edilen düşük stok seviyesi işletme için maliyetin düşürülmesi demektir. Atölyedeki düşük stok seviyesi ile daha kısa çevrim zamanları oluşacak ve malzemeler daha hızlı ve düzgün akar hale gelecektir.

Tam zamanında üretim sisteminin uygulanmasına geçebilmek için, firmada uygulanan üretim sistemi yeniden ele alınıp, hücresel ve akış tipi sistemlere dönüştürülmeli ve parti büyüklükleri (ideali tek parça) son montaj hücrelerine olan talebe göre azaltılmalıdır. Az yığınlar, çalışma sisteminde düzgün dağılan iş yüküne ulaşmaya yardım ederler. Oysa büyük miktarlar, işlem zamanının büyük kalın parçalarını temsil etmeye eğilimlidirler ve bu yüzden iş istasyonlarında düzgün dağılan çizelgelemeyi engellerler; küçük miktarlar verimliliği daha etkili değiştirebilirler [2].

Hücreler, benzer operasyonların yapıldığı makineler gruplanarak oluşturulur. Hücresel imalat, malzeme taşınmasının azaltılması, toplam akış zamanlarının düşürülmesi, süreç içi stoğun azaltılması, tezgah operatörünün uzmanlığının artırılması hususlarında önemli faydalar sağlar.

Akış hatları (Flow lines) nisbi olarak daha az esnekliğe sahiptir, çünkü operasyonların atlaması mümkün olmasına

rağmen, esnek rotalama yoktur. Akış tipi atölye, tüm İdeal olarak bir hücrenel imalat sisteminde hücreler akış tipi atölye olarak tasarlanmalıdır. Hücreler, akış tipi atölye olarak tasarlanırsa hücrenel imalatın yararları en büyüklenir.

Tam zamanında üretimin en önemli özelliklerinden biri, akış tipi üretim olmasıdır. Akış olgusu, malzemenin fabrika içindeki hareketini belirtir ve ham malzemenin satın alınmasından başlayıp bitmiş ürünlerin, yani mamullerin sevkiyatına kadar bu hareketin sürekliliği anlamını taşır.

Sürekli düzgün bir imalat akışının sağlanmasında, ürün odaklı yerleşim ileri düzeyde bir iyileştirmedir. İşçilerin bir üretim hattında görev almaları belirli bir fonksiyonu üstlenmelerinden daha iyidir. Tezgahların iyileştirilerek süreçlerin daha basit hale getirilmesi sonucu işçiler farklı süreçlerin uygulandığı tezgahlarda çalışabilecek bilgi seviyesine erişirler. İşçilerin iş yapabilme kabiliyetlerinin bu şekilde artırılması sonucu çalışma zamanından yararlanma da artacak, süreçler tek tek birbirleri ile daha iyi koordine edileceklerdir.

Yöntem odaklı yerleşimden kaynaklanan israf ve diğer problemler ürün odaklı yerleşime geçince çözülürler. Bu şartlarda lüzumsuz taşıma, ara stokların birikmesi ve uzun imalat geçişleri önlenecektir. Yöntem odaklı yerleşimde istasyonlar arası mesafe büyük olduğundan parçaların birer birer taşınması çok zordur.

Bir ürün odaklı imalat sisteminde karar verildiğinde ve işçilerin çeşitli görevleri yürütecek seviyeye geldiklerinde uygulanacak en akıllı yerleşim - U - şeklinde olacaktır. Bu imalat tipine 'Tek parça akış tipi imalat' adı verilir. U şeklinde bir yerleşim tezgahlar arası işçilerin dolaşımını ve lüzumsuzca uzun mesafeleri gidip gelmesini asgariye indirmektedir. Bunun sonucu verimlilik önemli derecede artmaktadır. Aynı çerçevede taşıyıcı bantların çoğuna ihtiyaç kalmadığı gibi, imalattaki parça sayısında büyük miktarda azalma olmuştur. Yeni yerleşimde yer ihtiyacı daha da azalmakta, taşıma mesafeleri kısaltmakta ve tümü ile taşıyıcı bantlara ihtiyaç olmamaktadır [3].

II. BENZETİM TEKNİĞİ

Benzetim modellerinde uygulamada karşılaşılan gerçek değerler ve olaylar incelenir. Bu gerçek değerlere benzer değerlerin bilgisayardan yararlanılarak rassal olarak üretilmesi sağlanır. Üretilen bu değerler birçok kez gerçek uygulamaya benzetilerek, tekrar edilerek gerçek uygulama hakkında bir sonuca varılır. Yapılan tanımlardan bir tanesinde benzetim; "Bir sistemin benzetimi (simülasyonu), bu sistemi temsil edebilecek bir model oluşturma işlemidir. Bu model, temsil ettiği sistem üzerinde yapılması çok pahalı olan veya mümkün gözükmeyen işlemlerin yapılmasına imkan verir. Bu işlemlerin etkisi altındaki model incelenir. Bundan gerçek sistemlerin veya ona ait alt sistemlerin davranışları ile ilgili özellikler, tepkiler öngörülür" şeklinde tanımlanmaktadır [5].

işlerin aynı rotayı takip ettiği basitleştirilmiş bir atölyedir.

III. BENZETİM MODELİNİN YAPISI

ProModel (Production Moduler) özellikle üretim sistemlerinin modellenmesi için tasarlanmış benzetim yazılımına dayanan Microsoft Windows'tur. Promodel benzetim ve tüm boyut ve tipteki üretim sistemlerini analiz etmek için güçlü bir yazılımdır. Bu yazılım aşağıdaki ana bölümleri içermektedir.

Yerleşimler (Locations): Atölye içindeki tezgahların ve tampon bölgelerin yerleşim planını göstermektedir.

Girdiler (Entities): Sisteme gelen iş tiplerini göstermektedir.

Gelişler (Arrivals): Oluşturulan sisteme gelen işlerin gelme sıklıklarını ve gelme sayılarını göstermektedir.

Süreçleme (Process): Sistemdeki her yerleşime gelen her girdi için yolları ve işlemleri belirlemektedir.

Yol Ağları (Path Networks): Girdi ve kaynaklar için yerleşimden yerleşime gidiş geliş yollarını göstermektedir.

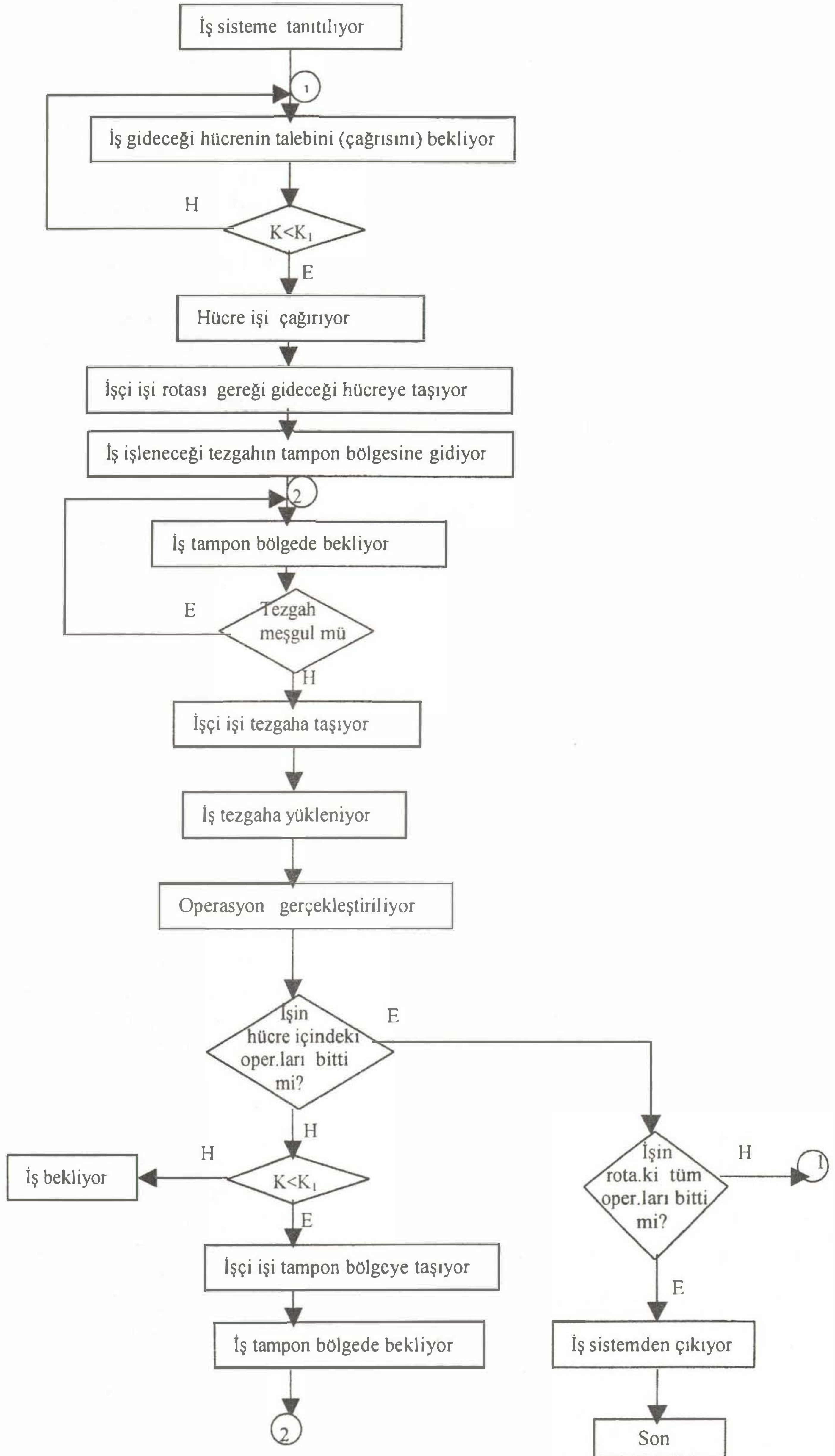
Kaynaklar (Resources): Kaynaklar, işleri taşıma işlemi yapan işçilerdir ve belirlenen yollar boyunca hareket ederler [6].

IV. DENEYİN TASARIMI

Oluşturulan sistem içerisinde sıralama kurallarının karşılaştırılması istenmektedir. Bu karşılaştırma ele alınan 3 başarımlı ölçütü ile yapılacaktır. Hesaplanan 3 başarımlı ölçütü: ortalama tezgah yararlanma oranı, ortalama akış zamanı ve ortalama üretim miktarıdır. Bu çalışmada PROMODEL benzetim dili kullanılarak bir benzetim modeli geliştirilmiştir.

Sistem tam zamanında imalat ortamında, benzer işlemleri gerçekleştiren tezgahlar gruplanıp hücreler oluşturularak tasarlanmıştır. İşler yükleme deposuna gelirler ve buradan hücrelere dağılırlar. Hücreler arasında, tam zamanlı imalat ortamının prensibi olan çekme sistemi uygulanmıştır. İş rotası gereği gideceği hücre talep ettiğinde yükleme deposundan ya da işlemlerini tamamladığı bir önceki hücreden hareket eder. Tampon bölge ve tezgahlar arası hücreler arası taşıma işlemlerini işçiler gerçekleştirir. Her hücreyi bir işçi kontrol eder. Kalan hücre (atölyenin hücrenel sisteme dönüştürülemeyen kısmı) için, artı bir işçi kullanılmamaktadır.

Tam zamanlı imalat sisteminin gerekleri olarak; hücreler ve tezgahlar tek parça akış tipi imalatın mümkün kılındığı U tipi yerleşime göre düzenlendi. 4 model için Promodel benzetim dili kullanılarak oluşturulan yerleşim planı Ek-1'de verilmiştir. Transfer partisi 1 alındı (tek parça akış). Hücreler içerisinde her tezgahın önüne geçici depolama bölgesi olarak kapasitesi K_1 iş olan tampon bölgeler yerleştirildi. (Ek-1). İş işlemini tamamladığı tezgahdan sonra, gideceği tezgahın önce tampon bölgesine rotalanır.



K : İşin rotası gereği gideceği tezgahın tampon bölgesinin kapasitesi
 K₁ : İşin rotası gereği gideceği tezgah tampon bölge kapasitesinin üst sınırı

Şekil 1. Benzetim Modelinin Kontrol Yapısı

Sistemde aynı anda birden fazla iş tipine hizmet verilebilmekte.

İşlerin sisteme geliş aralıkları üstel dağılıma göre belirlenmekte. Benzetim deneylerinde üstel dağılım, benzer olayların meydana gelmeleri arasındaki zaman aralığını açıklamak için kullanılır. Verilen bir zaman aralığında bir olayın meydana gelme olasılığı az ve diğer olaylardan istatistiksel olarak bağımsız ise, olayların oluşları arasındaki zaman aralıkları üstel olarak dağılırlar [5].

İşlerin gelme sayıları poisson dağılıma göre belirlenmekte. Benzer olaylar arasındaki zaman aralıkları üstel olarak dağılmış ise birim zaman aralığında meydana gelen olay sayısı bir Poisson Dağılıma sahiptir [5].

İşler tezgahlarda normal dağılıma uyan operasyon sürelerinde işlenir.

Tampon bölge ve tezgahlar arası birimlerin hareketi için geçiş zamanı, TZÜ gereği yerleşimde yakın istasyonlar prensibi uygulandığından kısa ve 1 dakikadır. Hurda ve hatalılar üretilmez. Hattın durma zamanı yoktur.

IV.1. ÖN TEST MODELLERİ

Sıralama yöntemleri üzerine etkiye sahip olabilecek pek çok sayıda iş ve hücre karakteristikleri vardır. Sonuçlanan deneyin boyutundan dolayı tüm karakteristiklerin içerilmesi imkansızdır. Bunun yerine ön test, hangi iş ve hücre karakteristiklerinin sıralama kuralları üzerinde etkisi olabileceğini belirlemek üzere uygulandı. Hücre boyutu 3 olan 3 hücreli bir model geliştirildi. Daha sonra bu model üzerinden değişkenler değiştirilerek 3 ek model daha geliştirildi.

Tablo 1. Ön Test Modelleri

DEĞİŞKENLER	MODEL 1A	MODEL 2A	MODEL 3A	MODEL 4A
Hücre Sayısı	3	3	3	3
Hücre Boyutu (İçerdiği tezgah sayısı)	3	3	2	3
Kalan Hücre	Evet	Hayır	Evet	Evet
Farklı Tezgah Tip. nin Top. Sayısı	9	8	6	9
Farklı İş Tipi Sayısı	3	3	3	5

İş tiplerinin izleyeceği rota sabit alındı.

Tablo 2. İş Tiplerinin İzleyeceği Rota

İşler	OPERASYON SIRASI			
	Hücre 1	Hücre 2	Hücre 3	Kalan Hücre
N1	M1 M2 M3	-----	M7 M8 M9	M10
N2	-----	M4 M5 M6	M7 M8 M9	M10
N3	-----	M4 M5 M6	-----	M10
N4	M1 M2 M3	M4 M5 M6	-----	M10
N5	-----	-----	M7 M8 M9	M10

Hücre karakteristiklerinde, Kalan Hücre durumu değiştirilerek Model 2A ve Hücre Boyutu değiştirilerek Model 3A; İş karakteristiklerinde, Farklı İş Tipi Sayısı değiştirilerek Model 4A elde edildi.

Oluşturulan toplam 4 model, 5 deney ile 3 başarımlı ölçütü için ANOVA (F testi) ile test edildi. Anova (F testi) testinin seçilme nedeni; bu testte birden fazla grubun birarada ele alınarak, aralarında anlamlı (önemli) bir farklılık bulunup bulunmadığı konusunda sonuca ulaşılmasıdır. 40 saatlik (1Haftalık) yükleme için benzetim (simülasyon) çalıştırıldığında 3 başarımlı ölçütü için de bu modeller istatistiksel olarak farklı çıktı. Kullanılan sistem karakteristiklerinin, 3 başarımlı ölçütü için sıralama kuralını etkilediği görüldü. Deney sonuçları grafiksel olarak Ek-2 de verilmiştir.

Tablo 3. Anova Test Sonuçları

Anova Test Sonuçları		
Kaynak	F Değerleri	% 5 seviyesinde oran
Ort. Tezgah Yarar. Oranı	16.325	3.24
Ort. Akış Zamanı	3.39	3.24
Ort. Üretim Mik.	14.16	3.24

IV.2. SİSTEM KARAKTERİSTİĞİ DEĞİŞKENLERİNİN ÖZETİ

Değişkenlerin tümü genel olarak, performans ölçümleri üzerinde önemli etkiye sahiptir. Aşağıda her sistem karakteristiklerinin başarımlı ölçütlerinin nasıl değiştiğini anlatan özet bulunmaktadır.

Kalan Hücre: Kalan hücrenin kaldırılması ile ortalama tezgah yararlanma oranında azalma olmuştur. Bu yükleme seviyesinin, tezgahların verimli kullanımı için yetersiz olabileceği düşünülmüştür. Ortalama akış zamanında azalma ve ortalama üretim miktarında da artma olmuştur. (Ek-2).

Hücre Boyutu: Hücreler içerisindeki tezgah sayısının azaltımı ile ortalama tezgah yararlanma oranında hafifçe bir artış, ortalama akış zamanında ve ortalama üretim miktarında çok az azalma olmuştur. (Ek-2).

Farklı İş Tipi Sayısı: Farklı iş tipi sayısındaki artış ortalama tezgah yararlanma oranında artma, ortalama akış zamanında ve ortalama üretim miktarında azalma oluşturdu. Ortalama akış zamanında azalmaya rağmen ortalama üretim miktarında artma olmaması, 5 iş tipinin bu sistemi fazla yüklediği ve tıkanıklıklara sebebiyet verdiğini gösterebilir. (Ek-2).

V. DENEY ve SONUÇLARI

Ön test, sistem karakteristiklerinin sıralama kuralı üzerindeki etkisi olabileceğini belirtmiş ve bu yüzden deney kapsamıştır. Deneyin amacı sıralama kurallarını birbirlerine üstün olup olmadığını belirlemektir. Karşılaştırılan sıralama kuralları FCFS (ilk gelen ilk işlenir) LCFS (son gelen ilk işlenir) ve RND (tampon bölge)

bekleyen işlerden herhangi biri tezgaha rastgele olarak alınır) dir.

Tablo 4. Deneyler İçin Değişkenler

Değişkenler	
Hücre Sayısı	3
Hücre Boyutu	3
Kalan Hücre	Evet
Farklı Tezgah Tipi Top. Sayısı	9
Farklı İş Tipi Sayısı	3

İki farklı deney grubu ve her iki grup için de deney sayısı ayrı ayrı 10 alındı. Benzetim modeli farklı sürelerde çalıştırılarak elde edilen sonuçlarda sistemin ilk deney grubu ile 160 saatte, ikinci deney grubu ile 80 saatte dengeye ulaştığı görüldü. Bu farklı deney gruplarının sonuçları (3 başarımlı ölçütü için ayrı ayrı) EK-3 de grafiksel olarak verilmiştir.

Benzetim ilk deney grubu ile 160 saat (1 aylık) çalıştırıldığında; başarımlı ölçütlerinin alınan sonuçlarına yapılan testte, sıralama kuralının tezgah yararlanma oranı üzerinde etkili değilken, ortalama akış zamanı ve ortalama üretim miktarı üzerinde etkili olduğu görüldü.

Tablo 5. İlk Deney Grubu İle Anova Test Sonuçları

Anova Test Sonuçları		
Kaynak	F Değerleri	% 5 seviyesinde oran
Ort. Tezgah Yarar. Oranı	0.023	3.35
Ort. Akış Zamanı	7.58	3.35
Ort. Üretim Mik.	4.88	3.35

Benzetim ikinci deney grubu ile 80 saat (2 hafta) çalıştırıldığında yapılan test ile sıralama kuralının ortalama tezgah yararlanma oranı üzerinde etkili olmadığı görülürken, ortalama akış zamanı ve ortalama üretim miktarı üzerinde etkili olduğu sonucu ortaya çıktı.

Tablo 6. İkinci Deney Grubu İle Anova Test Sonuçları

Anova Test Sonuçları		
Kaynak	F Değerleri	% 5 seviyesinde oran
Ort. Tezgah Yarar. Oranı	0.0037	3.35
Ort. Akış Zamanı	4.73	3.35
Ort. Üretim Mik.	3.54	3.35

Alınan farklı deney grupları ile yapılan deneyler sonucunda; tezgah yararlanma oranı başarımlı ölçütünün sıralama kuralları üzerinde etkili olmadığı, diğer iki başarımlı ölçütünün ise sıralama kuralları üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Geliştirilen benzetim modeli koşullarında ortalama akış zamanı ve ortalama üretim miktarı başarımlı ölçütlerinin her ikisi içinde en iyi sonucu, LCFS sıralama kuralının verdiği gözlemlenmiştir (Tablo 7 ve 8). İki deney grubu ile 3

başarımlı ölçütü için ayrı ayrı alınan sonuçların grafiksel gösterimi Ek-2 de verilmiştir.

Tablo 7. İlk Deney Grubunun 160 saat (1 aylık) Çalıştırılması Sonucunda Sıralama Kurallarının Karşılaştırılması

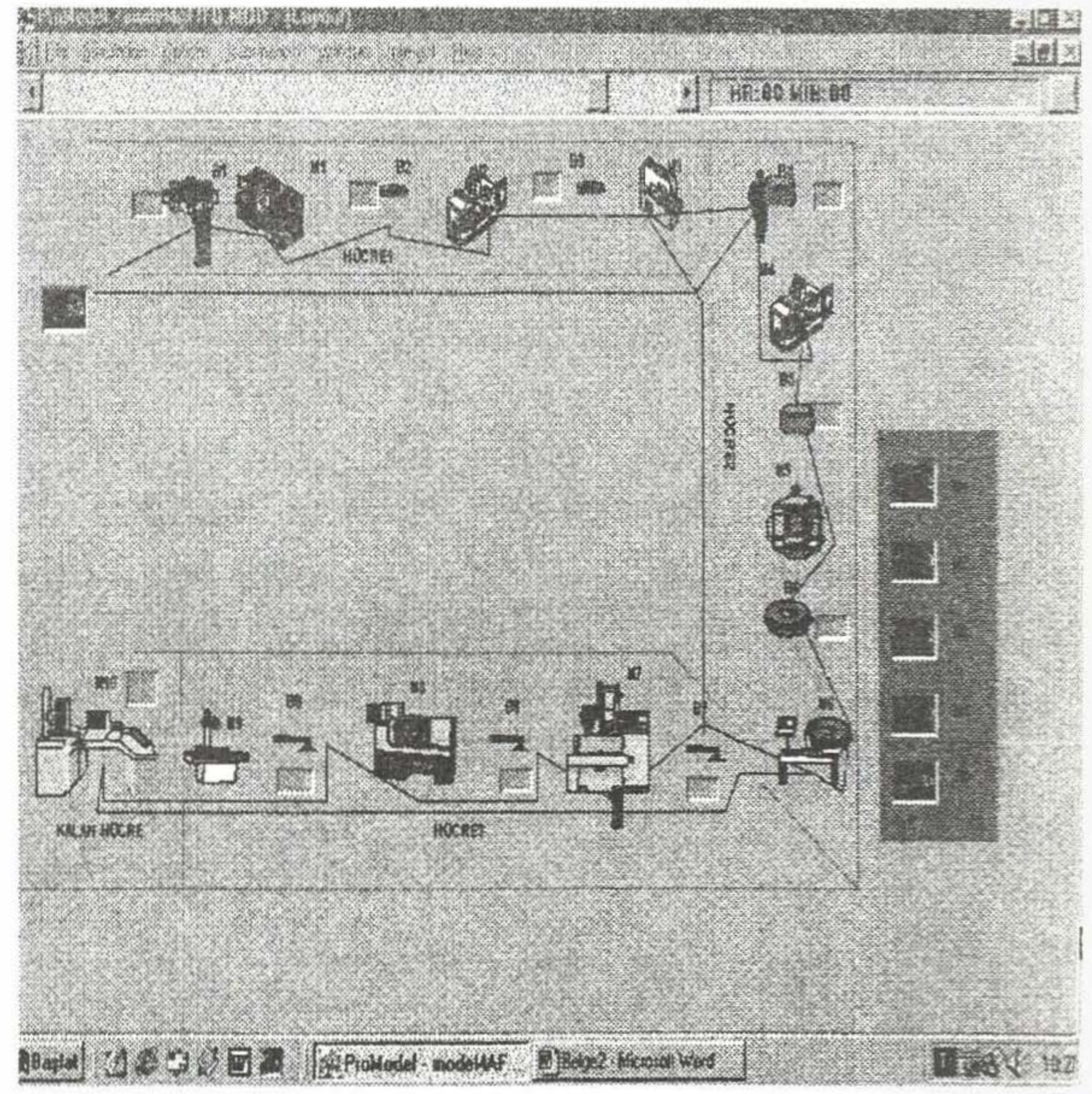
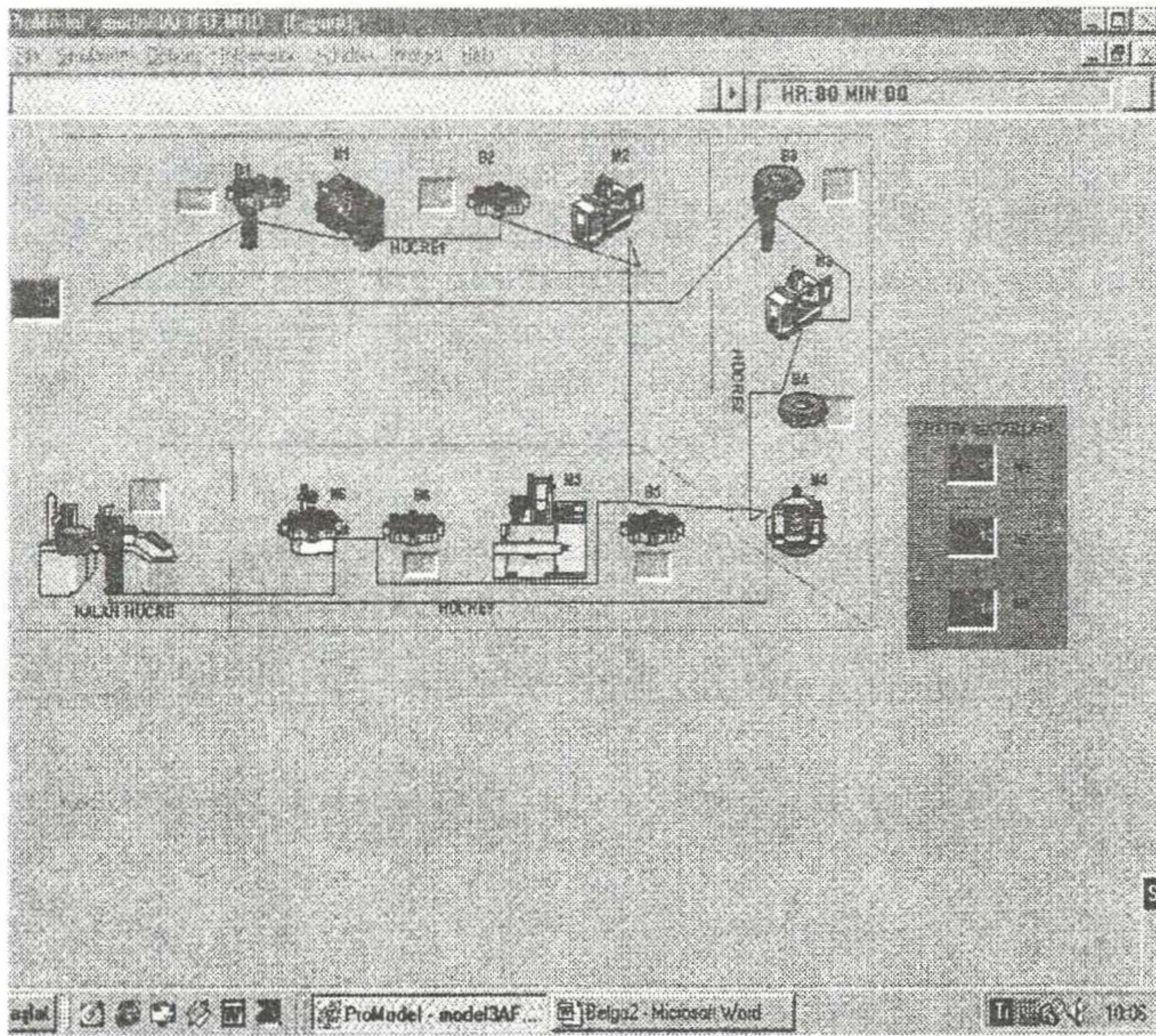
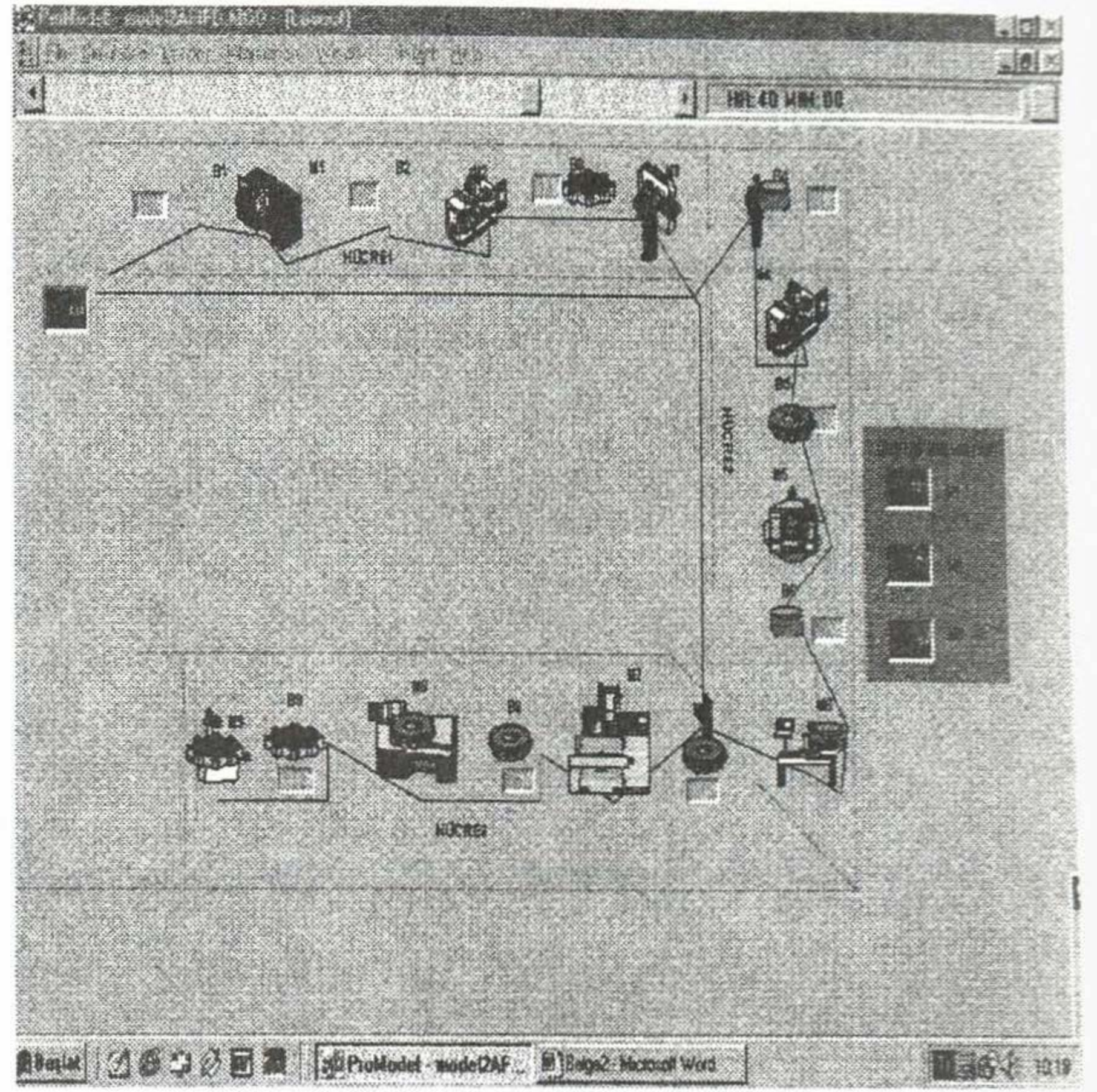
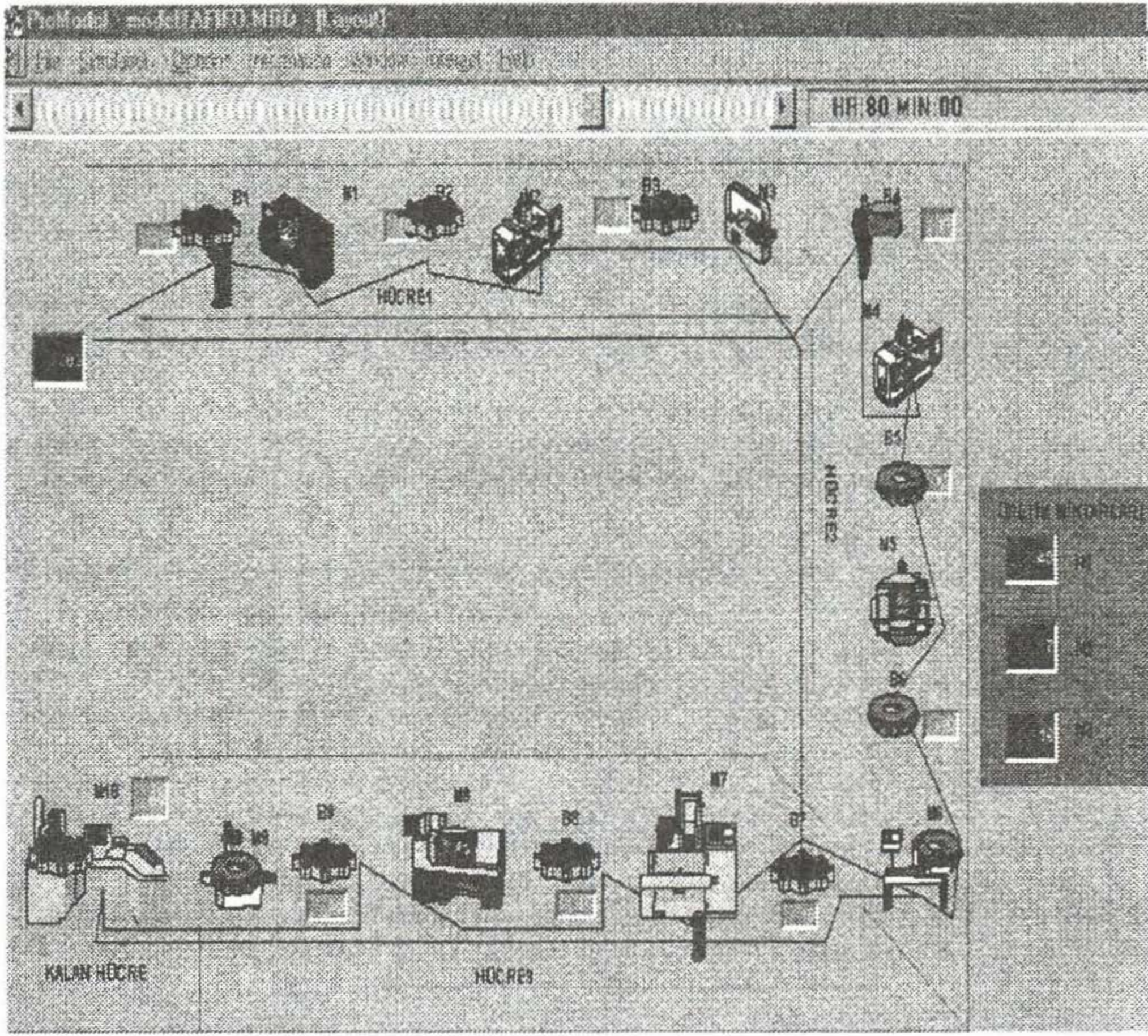
Başarımlı Ölçütleri	Sıralama kuralları		
	FCFS	LCFS	RND
Ort. Tezgah Yarar. Oranı	92.19	91.89	91.52
Ort. Akış Zamanı	4976.18	4601.13	4785.07
Ort. Üretim Miktarı	45.6	47.165	45.366

Tablo 8. İkinci Deney Grubunun 80 saat (2 hafta) Çalıştırılması Sonucunda Sıralama Kurallarının Karşılaştırılması

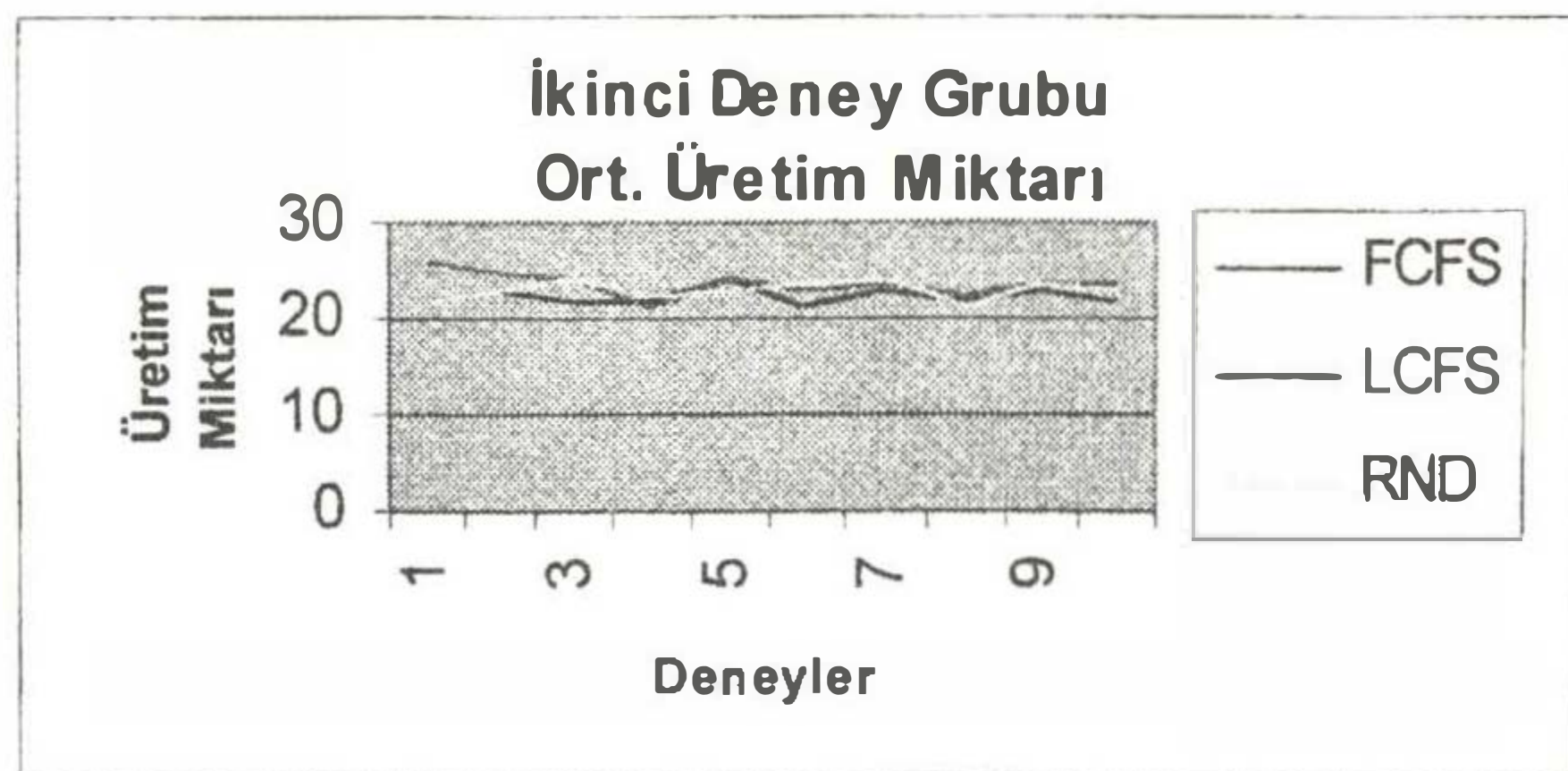
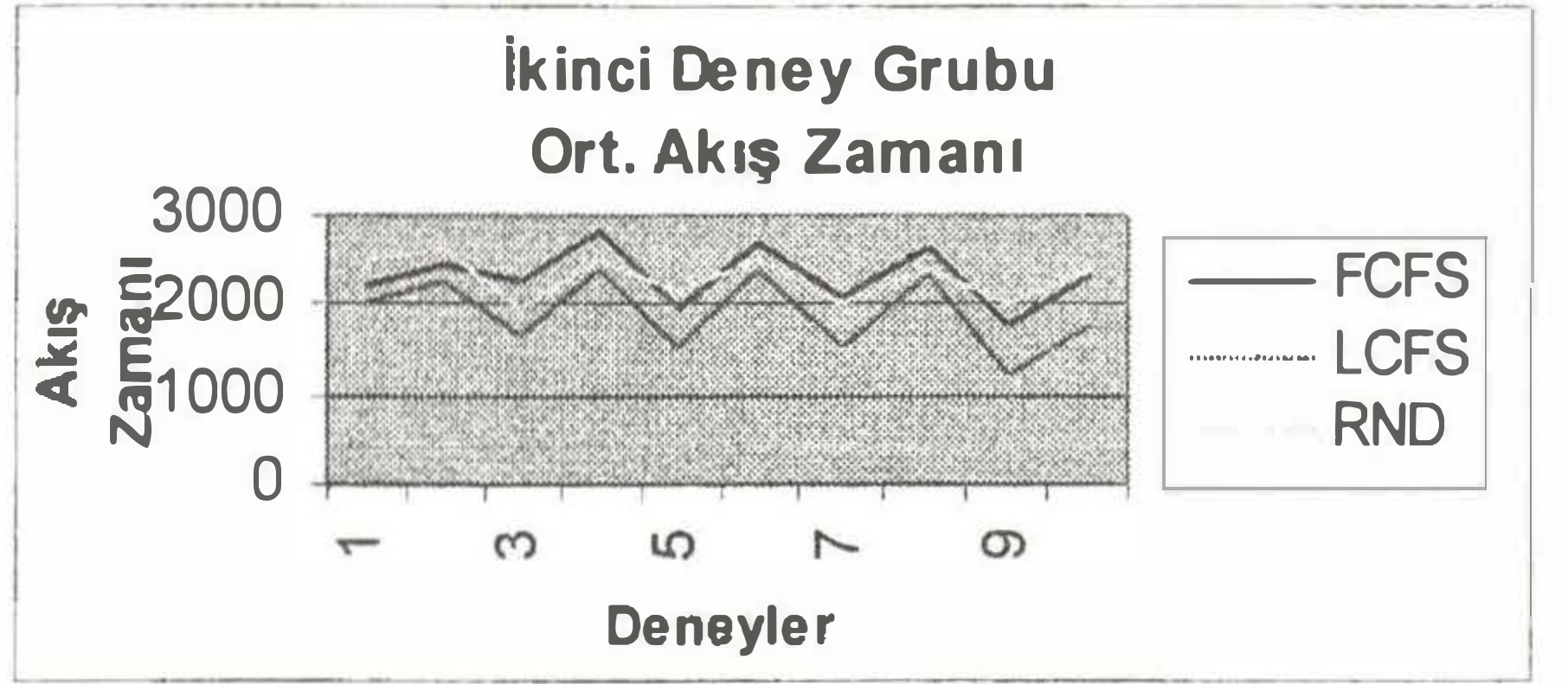
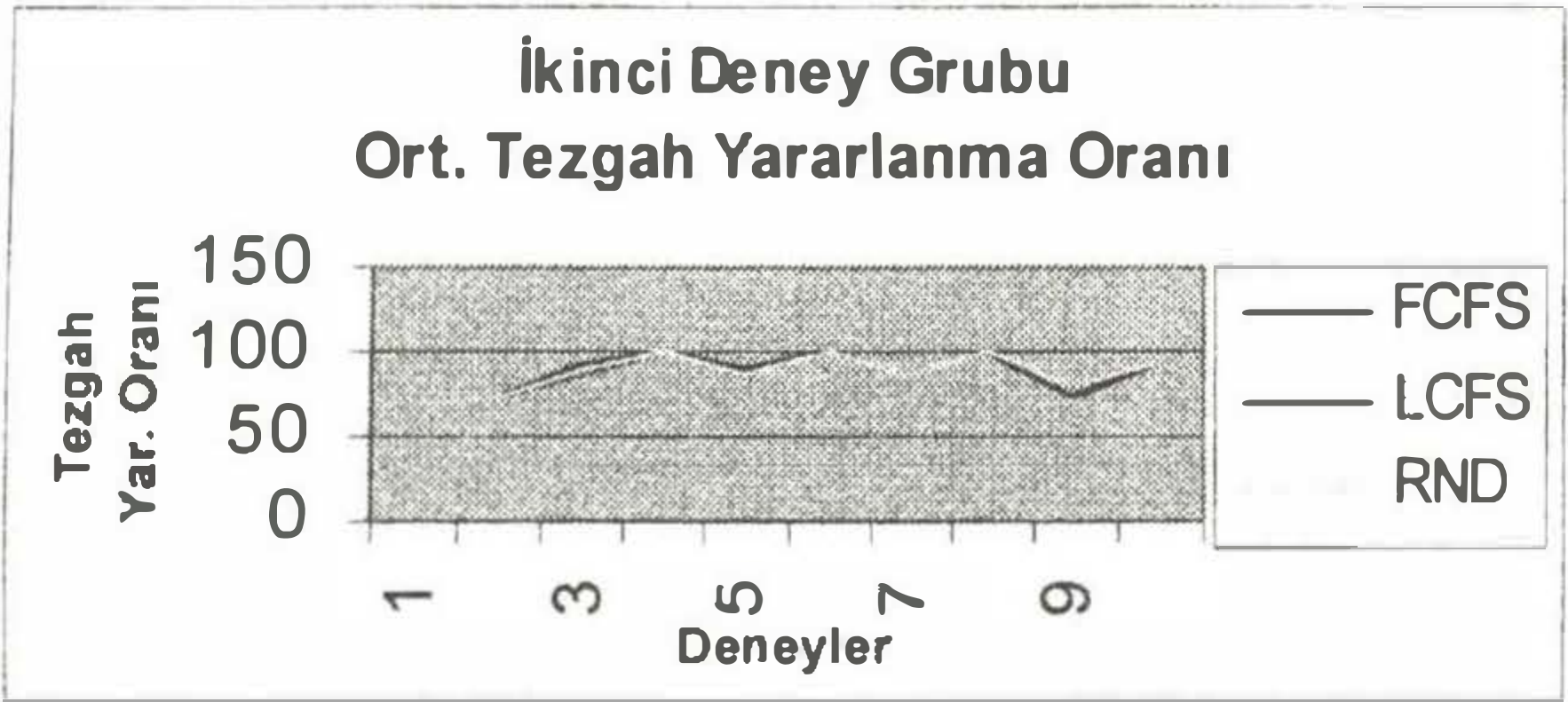
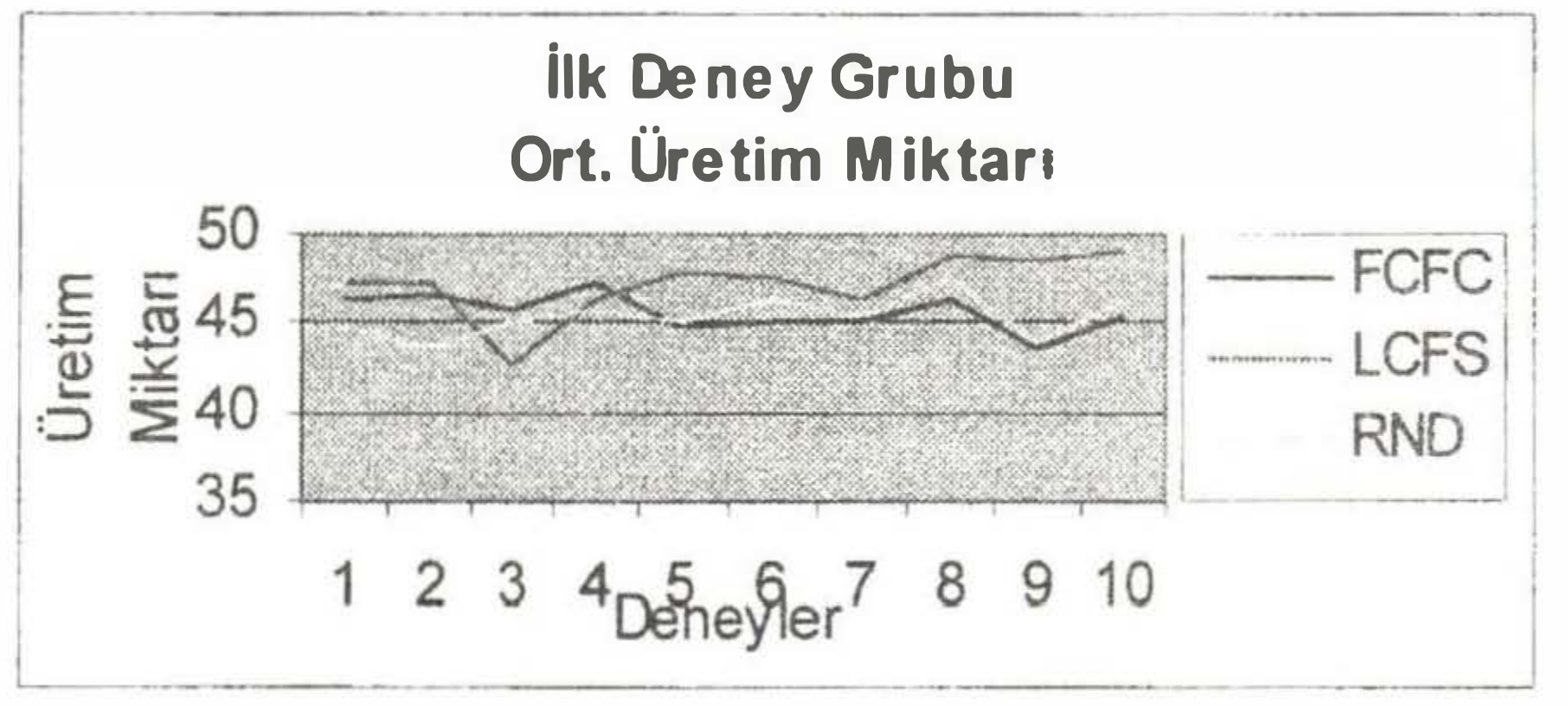
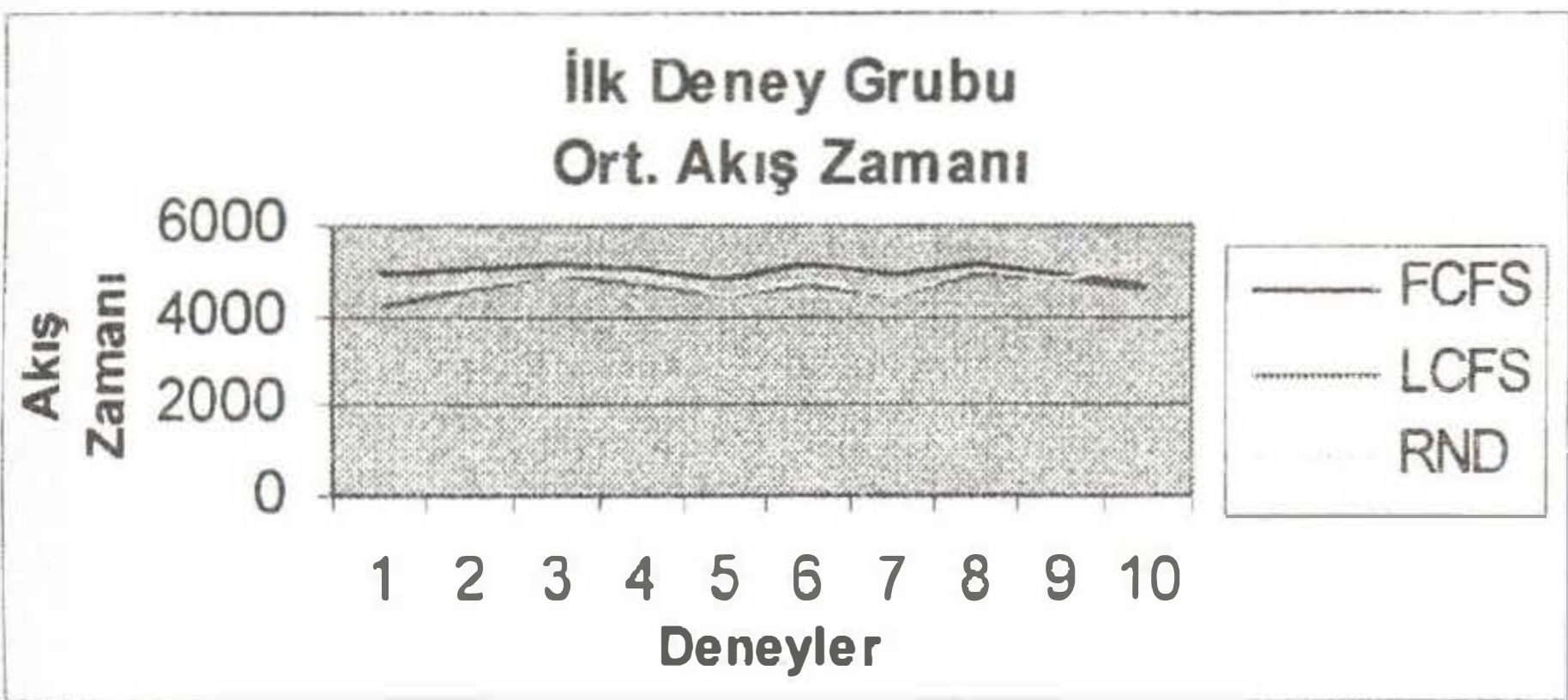
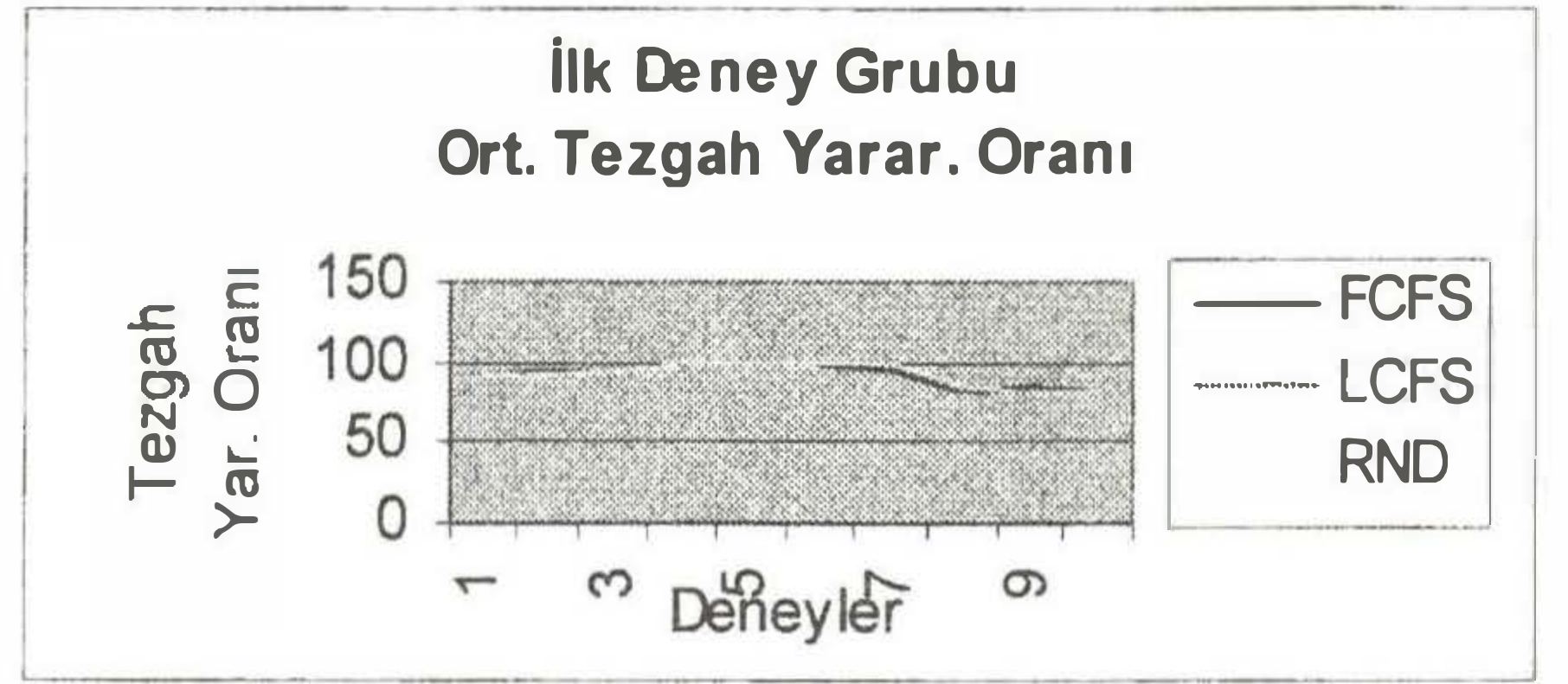
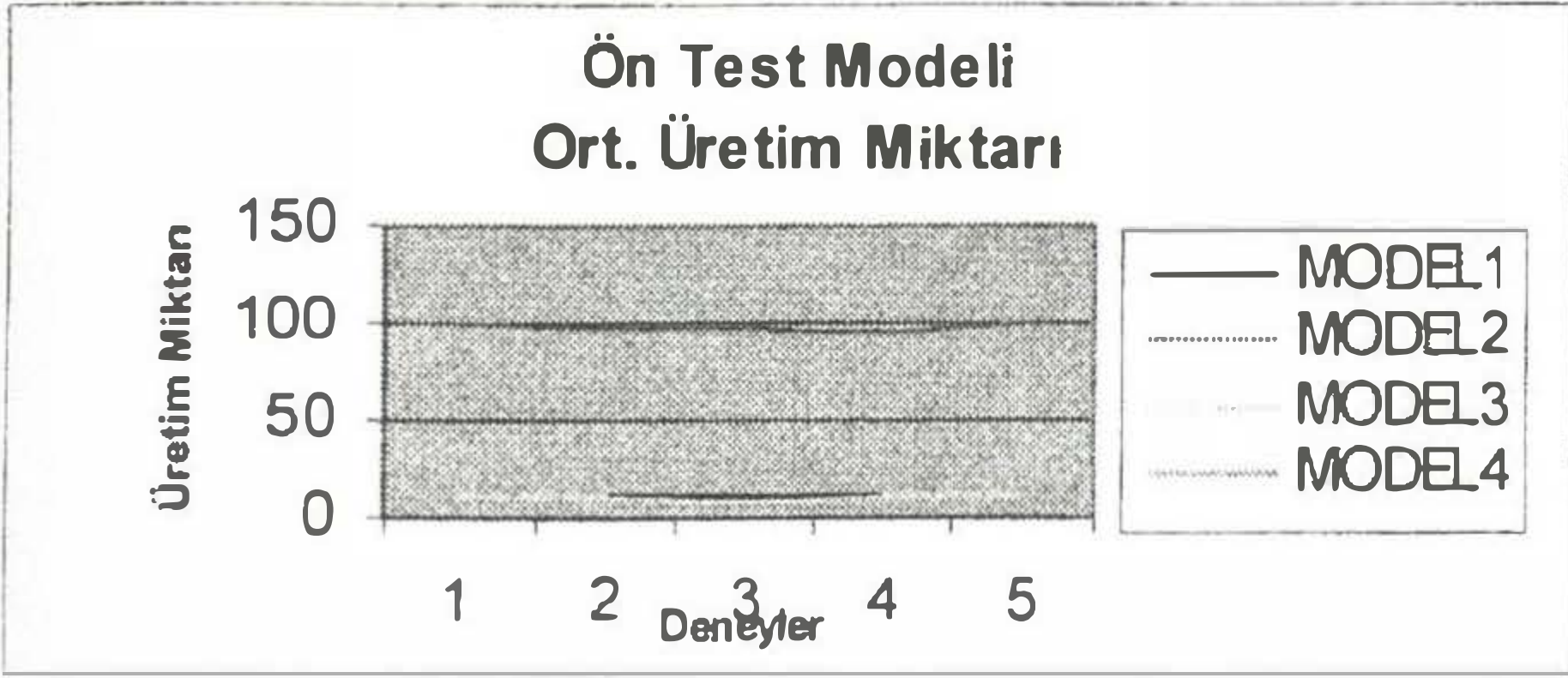
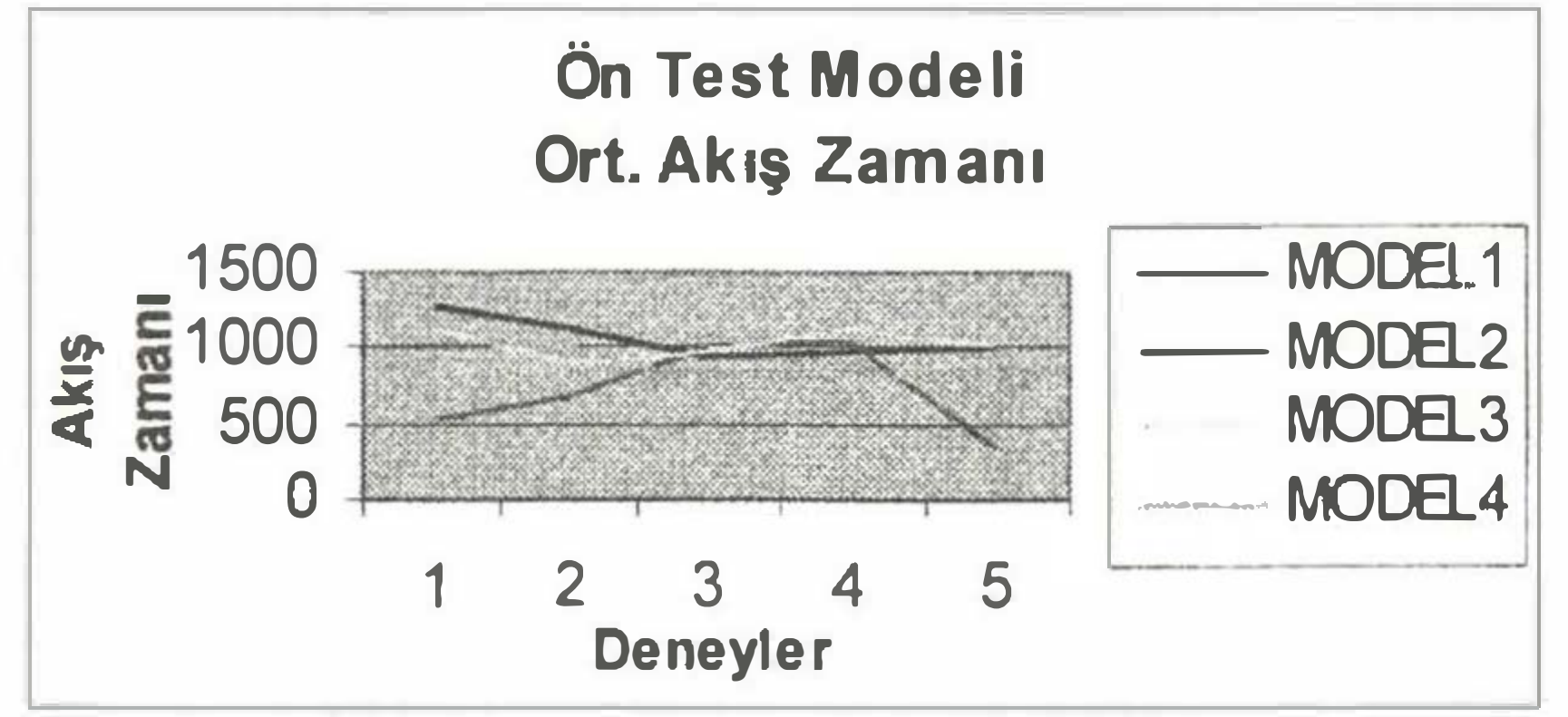
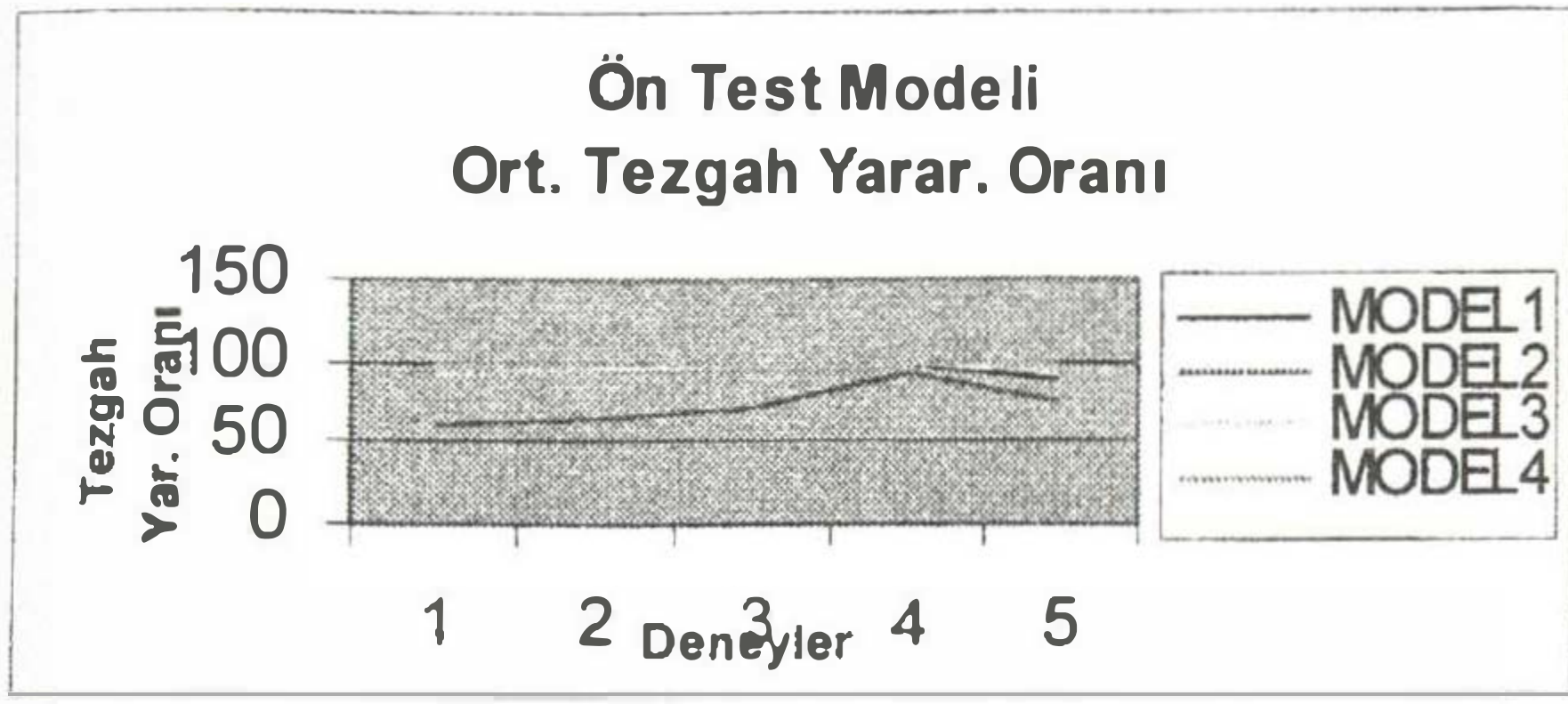
Başarımlı Ölçütleri	Sıralama kuralları		
	FCFS	LCFS	RND
Ort. Tezgah Yarar. Oranı	87.58	87.29	87.69
Ort. Akış Zamanı	2319.55	1906.39	2315.01
Ort. Üretim Miktarı	22.3	23.63	22.93

KAYNAKLAR

- [1] By D. Jerry Browman, 1991, If You Dont Understand JIT How Can You Implement it?
- [2] Vollman T. E., Berry W.L., D. Clay Whybark, 1992, Manufacturing Planning and Control Systems
- [3] Suzaki K., Nisan 1994, Çeviri: Dr. S. İzgiz, Üretim İşletmelerinde Modern Yönetim
- [4] Martinich J. S., 1997, Production And Operations Management An Applied Modern Approach
- [5] Erkut H., 1992, Yönetimde Simülasyon Yaklaşımı
- [6] Promodel Training Workbook, Introductory Course Notes and Modeling Exercises, 1995
- [7] Acar N., 1995, Tam Zamanında Üretim
- [8] Greene T. J., 1980, Loading Concepts for the Cellular Manufacturing System, Ph. D. Thesis, Purdue University
- [9] SERPER, Ö., "Uygulamalı İstatistik", Cilt: 2, 1993.



Ek 1. Model Yerleşim Planları



Ek 2. Deney Sonuçlarının Grafıksel Gösterimi

