

BİR İMALAT SİSTEMİNİN YERLEŞİM DÜZENİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

Mustafa Yurdakul^{1*}, Salur Eşkin², Yusuf Tansel İç³

¹Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 06570, Maltepe, Ankara

²Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Ankara

³Başkent Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 06530, Bağlıca, Ankara

Özet

Bu çalışmada MAPSAN firmasında işgücü, malzeme, makine ve teçhizat gibi fiziksel kaynakların, toplam malzeme taşıma maliyetini en aza indirecek tarzda üretimin yapılacağı bir alan üzerine yerleşiminin yeniden düzenlenmesinin performans etkileri incelenmiştir. Çalışmada ilk olarak mevcut sistem ARENA paket programı ile modellenmiş ve sistemin performansı belirlenmiştir. Ardından LayOPT paket programı ile yeni bir yerleşim planı elde edilmiştir ve yeni yerleşim planının performans üzerindeki etkileri ARENA ile modellenerek incelenmiştir. Yeni yerleşim planı kullanılarak kurulan model sistem üzerinde yapılabilecek diğer iyileştirmelerin etkilerinin incelenebileceği tarzda tasarlanmıştır. Çalışmada örnek olarak üretim miktarını kısıtlayan darboğaz makinelerin sayısının artırılmasının üretim miktarı üzerindeki etkileri de incelenmiştir. Yapılan çalışmada, yeni yerleşim planının ve yapılacak iyileştirmelerin performans üzerinde önemli etkileri olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışma benzer çalışmalar yapacak kesikli üretim yapan imalat firmaları için yol gösterici niteliktedir.

Anahtar Kelimeler: İmalat sistemi iyileştirmesi, benzetim, makine yerleşim planlaması

IMPROVEMENT OF MACHINE LAYOUT IN A MANUFACTURING PLANT

Abstract

In this study, a new plant layout, which reduces total material handling cost in the plant, is obtained with the usage of LayOPT in MAPSAN manufacturing firm. To measure the improvement brought by the new plant layout the existing and the proposed systems are modeled using the ARENA simulation program. In the study, first, the existing system is modeled and its performance output is recorded. Then a new layout is obtained using LayOPT program. The system is again modeled with the Arena simulation program and the obtained performance values are compared with the previously recorded ones. Furthermore, the bottleneck machines are obtained and the performance improvement with the increase in the number of bottleneck machines is also analyzed. The study shows significant improvements can be obtained with the proposed changes in MAPSAN. This study shows the importance of performance improvement programs in similar manufacturing firms.

Key Words: Manufacturing system improvement; simulation; machine layout planning

* E-posta: yurdakul@gazi.edu.tr

Semboller

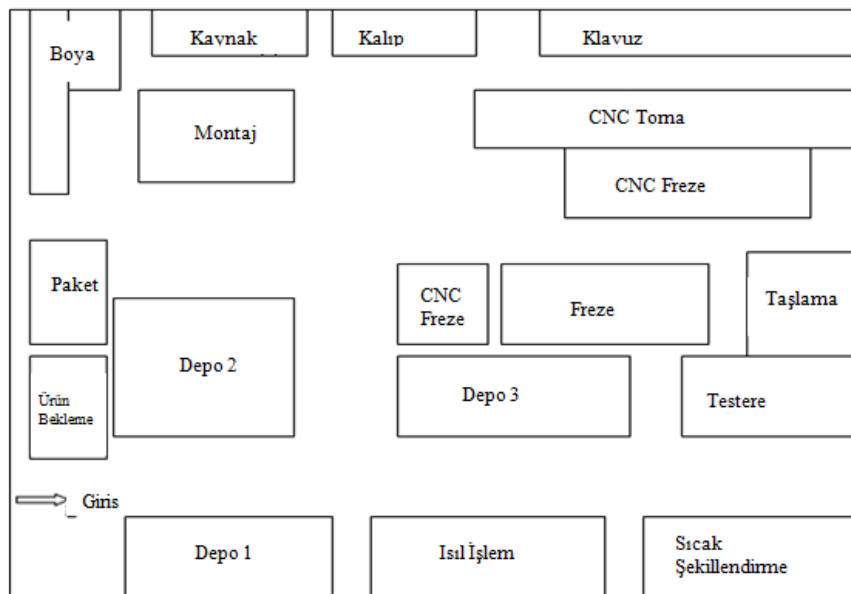
Kgm : Kilogram metre
 CNC : Computer Numeric Control
 LayOPT : Layout Optimization
 MAPSAN : Makine Parçaları İmalat Sanayi ve Ticaret A.Ş

1. Giriş

Bu çalışmadaki temel amaç, bir otomotiv yan sanayi işletmesinde (MAPSAN) fabrika içi yerleşiminden kaynaklanan yüksek malzeme taşıma maliyetini en aza indirecek yeni bir yerleşim planı oluşturmak ve yeni yerleşimin getirdiği performans artışını hesaplamaktır. Çalışmamızda daha iyi bir yerleşim elde etmek amacıyla LayOPT paket programı ve performans artışını hesaplamak amacıyla Arena benzetim programı kullanılmıştır. Literatürde çalışmamıza benzer şekilde daha iyi yerleşimler elde etmek amacıyla LayOPT, CORELAP, CRAFT gibi hazır paket programları veya kendi geliştirdikleri algoritmaları kullanan çeşitli çalışmalar bulunmaktadır [1-7]. Ayrıca özellikle kesikli imalat yapan imalat sistemlerinin performans değerlendirmeleri için benzetim programları yoğun bir şekilde kullanılmaktadır [8].



Şekil 1. MAPSAN makine parkı görüntüleri



Şekil 2. Fabrika içi mevcut yerleşim planı

Bu çalışmadaki fabrika yerleşiminin yeniden düzenlenmesi işlemi MAPSAN Makine Parçaları İmalat Sanayi ve Ticaret A.Ş. fabrikasında gerçekleştirilmiştir. MAPSAN, zirai makine ve savunma sanayi için dövme, talaşlı imalat, ısıl işlem ağırlıklı imal usullerini gerektiren ürünler üretmektedir. MAPSAN’da üretim tek katlı 4500 m² kapalı alanda günde 9’ar saatten oluşan iki vardiya şeklinde yapılmaktadır. Fabrika kurulurken makineler herhangi bir bilgisayar programı ya da sistematik yerleşim yaklaşımı kullanılmadan, üretilmesi planlanan ürünlerin gereksinimlerine göre tecrübeye dayanarak yerleştirilmiştir. Daha sonra satın alınan makineler ise uygun görülen boş yerlere yerleştirilmiştir. MAPSAN’ın fabrika üretim alanında çekilen örnek fotoğraflar Şekil 1’de, bölümlerin yerleşim planını gösteren basit bir kroki ise Şekil 2’de verilmiştir.

Siparişe göre üretim yapan firmanın 20 civarında değişik ebatlarda ürünü bulunmaktadır. Yapılan iyileştirme çalışması için yıllık üretim miktarı yüksek ve bileşen sayısı fazla olan beş adet ürün seçilmiştir (Çizelge 1-2).

Çizelge 1. Çalışma kapsamındaki 5 adet ürünün yıllık üretim miktarları ve ağırlıkları

	İfade ettiği nihai ürün	Yıllık üretim miktarı	Ağırlık (gr)
A ürünü	İtalyan mili	10.000	500
B ürünü	Albero Centrale (mil)	4.000	9.800
C ürünü	Magirus komple kovan borusu	500	37.350
D ürünü	Lama	2.000	11.500
E ürünü	Çeki oku kompleksi	3.000	13.500

Çizelge 2. Çalışma kapsamındaki seçilen ürünlerin bileşenlerinin gerekli bilgileri

Harf kodu	Açıklama	Yıllık üretim miktarı	Ağırlık (gr)
A1	A ürününün 1 numaralı bileşeni (pim)	10.000	47
A2	A ürününün 2 numaralı bileşeni (makara)	10.000	128
A3	A ürününün 3 numaralı bileşeni (mil)	10.000	105
A4	A ürününün 4 numaralı bileşeni (sac)	10.000	220
C1	C ürününün 1 numaralı bileşeni (D.K flanşı)	1.000	9.850
C2	C ürününün 2 numaralı bileşeni (D.K flanşı)	500	10200
C3	C ürününün 3 numaralı bileşeni (D.K flanşı)	500	8.000
C4	C ürününün 4 numaralı bileşeni (D.K flanşı)	500	3.000
C5	C ürününün 5 numaralı bileşeni (D.K flanşı)	500	700
C6	C ürününün 6 numaralı bileşeni (D.K flanşı)	500	4.000
C7	C ürününün 7 numaralı bileşeni (D.K flanşı)	500	100
C8	C ürününün 8 numaralı bileşeni (D.K flanşı)	500	800
C9	C ürününün 9 numaralı bileşeni (D.K flanşı)	500	700
CY1	C1+C2+C5 bileşimi	500	20.750
CY2	CY1+C6 bileşimi	500	24.750
CY3	CY2+C7+C8+C9 bileşimi	500	26.350
CY4	C3+C4 bileşimi	500	11.000
E1	E ürününün 1 numaralı bileşeni (Z demiri)	3.000	3.500
E2	E ürününün 2 numaralı bileşeni (Çeki oku laması)	3.000	10.000

Firmanın ürettiği ürünlerden merkez mili (Albero centrale) ve Lama tek parça ürün iken İtalyan mili, Çeki oku kompleksi ve Magirus komple kovan borusu birden çok parçanın bileşiminden meydana gelmektedir. Aşağıda örnek olarak İtalyan milinin iş planı (Çizelge 3), akışın şematik gösterimi (Ek-1) ve iş akış şeması (Şekil 3) verilmiştir.

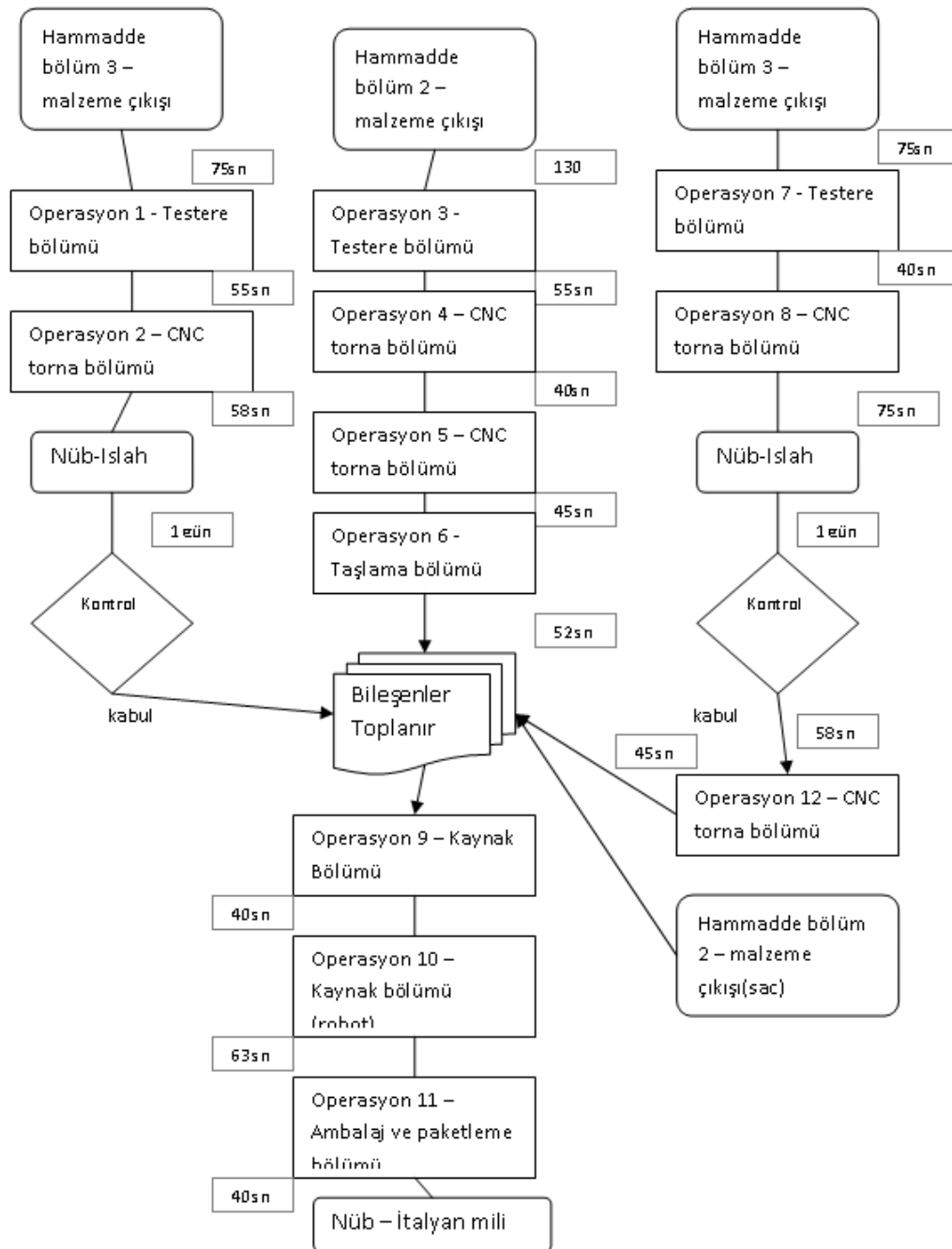
Çizelge 3. İtalyan mili iş planı

Parça ismi / Numarası	Ağırlık (gr)	Bileşen parçası	İşlem sırası	İşlem süresi (dk/ adet)	Bir önceki işlemden Taşıma süresi (dk/parti)
İtalyan mili / 2.791.7110.00	47	1-Pim	1-Kesme	1,125	1,25*
			2-Komple Torna	0,65	0,91
			3-Taşeron firmada ıslah	1gün	0,96
	128	2-Makara	1-Kesme	2	1,25*
			2-Komple Torna	1,2	0,66
			3-Taşeron firmada ıslah	1gün	1,25
			4-Delik Tornalama	1,08	0,96
	220	3-Sac	Dışardan satın alınır	-	-
			1-Kesme	2,5	2,16*

105	4-Ana bileşen	2-Komple Torna	37,5	1,58
		3-Ortadan Kesme	6	0,66
		4-Taşlama	0,83	0,75
		1-Birleştirme	0,83	0,86
500	5-Birleşim	2-Birleştirme	3,5	0,66
		3-Ambalaj	3	1,71

*Bir önceki işlemden depodan gelmekte

Çalışmada, sırasıyla MAPSAN’da mevcut işleyişin benzetimi ARENA programı kullanılarak yapılmıştır. Ardından LayOPT ile yerleşim geliştirmesi yapılarak, yeni önerilen sistemin ARENA ile tekrar benzetimi yapılmış ve performans değişimi incelenmiştir. Son kısımda ise sistemde kullanım oranı en yüksek makineler tespit edilip, sayılarının artırılması halinde performansta oluşabilecek iyileşme incelenmiştir.



Şekil 3. İtalyan mili iş akış şeması

2. Mevcut İmalat Sisteminin Arena Modelinin Kurulması

ARENA programı; animasyon, girdi ve çıktı veri analizi gibi fonksiyonları kapsamlı bir şekilde içeren, araç çubukları, menüler ve pencerelerle çalışan, Windows ara yüzüne sahip bir benzetim programıdır [9]. Çalışmada, çalışma kapsamına alınan her parça için ayrı bir model oluşturulup daha sonra birleştirilmiştir. Modelin oluşturulmasında ürünlerin iş planlarından ve üretim sırasında yapılan ölçümlerden elde edilen veriler kullanılmıştır. Şekil 4, bu verilerin Arena'ya aktarılmasına örnek bir veri girişini göstermektedir.

Şekil 4. Model oluşumunda ilk verilerin girilmesi

İtalyan mili için kurulan ARENA Modeli Ek-2'de sunulmuştur. Diğer dört ürün için kurulan ARENA modelleri ve tüm sistemin genel Arena modeli ayrıca oluşturulmuştur [10]. Kurulan model tutarlı bir sonuç alabilmek için 5 kez çalıştırılmıştır. Modelin bir yıl (265 iş günü (286.200 dakika)) çalışması sonucunda sisteme giriş yapan toplam 152 partiden (toplam 39.000 nihai ürün) 124 partisi son ürün olarak çıkış yapmıştır. 152 parti ürünün tam üretilmesi ise 313 iş günü (338.393 dakika) tutmaktadır.

Toplam taşıma maliyeti mevcut yerleşim ile oluşturulacak yerleşim arasındaki farkı ortaya koymada kullanılan önemli ölçütlerden birisidir. Çalışmada toplam taşıma maliyeti yıllık toplam akış şiddeti olarak nitelendirilmiş ve beş farklı ürün için ayrı olarak hesaplanıp toplandıktan sonra elde edilmiştir. Her ürünü oluşturan elemanların, yıllık taşıma miktarlarının ağırlıkları (Çizelge 4) ve taşındıkları mesafe ile çarpımlarının toplamı, o ürünün yıllık toplam akış şiddetini verir. Çalışma kapsamına alınan beş adet ürünün toplam akış şiddeti ve toplamaları ise Çizelge 5'te sunulmuştur.

Çizelge 4. İtalyan mili için akış şiddeti hesabı

	Miktar	Ağırlık(kg)	Hareket(m)	Akış şiddeti(kgm)
A1(pim)	10.000	0,047	106	49.820
A2(makara)	10.000	0,128	168	215.040
A3(mil)	10.000	0,105	166	174.300
A4(sac)	10.000	0,220	20	44.000
A(İtalyan mili)	10.000	0,500	32	160.000
Toplam				643.160

Çizelge 5. Yıllık toplam akış şiddetleri

Nihai ürün:	Yıllık akış şiddeti (kgm)
A	483.160
B	7.448.000
C	6.750.550
D	3.726.000
E	8.505.000
Toplam	27.056.710

3. Layopt Kullanarak Yeni Yerleşim Planının Oluşturulması

LayOPT programıyla iyileştirme yapabilmek için, girdi olarak bölümlerin grid cinsinden alanlarına ve MAPSAN’da taşımada forklift kullanıldığından bölümler arası forkliftin bir seferde taşıyabileceği miktar (birim yük) cinsinden malzeme taşıma miktarlarına ihtiyaç bulunmaktadır. Çalışmada MAPSAN’ın üretim alanı LayOPT için her biri alanı 36 m² ve şekli kare olan 70 (10 x 7) gride bölünmüştür (Çizelge 6).

Çizelge 6 MAPSAN üretim alanının gridlere ayrılması

Bölüm İsmi	Mevcut Alan(m ²)	Alan için ayrılan Grid sayısı
1-Isıl işlem	96	= 2,66 ~ 3
2-Sıcak şek bölümü	80	= 2,26 ~ 3
3-Taşlama bölümü	96	= 2,66 ~ 3
4-Testere bölümü	128	= 3,55 ~ 4
5-Freze bölümü	128	= 3,55 ~ 4
6-Hammadde B1	160	= 4,44 ~ 5
7-Hammadde B2	48	= 1,33 ~ 2
8-Nihai Ürün bekl.	64	= 1,77 ~ 2
9-Hammadde B3	168	= 4,66 ~ 5
10-Ambalaj ve Pkt.	96	= 2,66 ~ 3
11-Montaj böl.	144	= 4
12-Boyahane	144	= 4
13-CNC freze böl.	256	= 7,11 ~ 8
14-CNC torna böl.	256	= 7,11 ~ 8
15-Kaynakhane	112	= 3,11 ~ 4
16-Kalıp aparat böl.	96	= 2,66 ~ 3
17-Klavuz ve matkp.	160	= 4,44 ~ 5
Toplam	18.072	70

Çizelge 7. Forklift ile taşıma sayısının hesaplanması

Parça/Ürün	Yıllık Üretim Miktarı	Forkliftin Taşıma Kapasitesi	Taşıma Sayısı
A1	10.000	2.000	5
A2	10.000	2.000	5
A3	10.000	500	20
A4	10.000	1.000	10
A	10.000	250	40
B	4.000	250	16
C1	1.000	50	20
C2	500	70	7,14 = 8
C3	500	70	7,14 = 8
C4	500	200	2,5 = 3
C5	500	500	1
C6	500	150	3,33 = 4
C7	500	500	1
C8	500	200	2,5 = 3
C9	500	500	1
CY1	500	20	25
CY2	500	20	25
CY3	500	20	25
CY4	500	70	7,14 = 8
C	500	20	25
D	2.000	100	20
E1	3.000	150	20
E2	3.000	150	20
E	3.000	100	30

Taşıma miktarlarının hesaplanmasında, taşınan parçaların boyutlarının değişmesi nedeniyle her parça için forkliftin dolu olarak bir seferde taşıyabileceği miktar esas alınmıştır (Çizelge 7). Parçaların taşınma miktarları kullanılarak bölümler arası yıllık malzeme taşıma miktarları hesaplanmıştır (Çizelge 8).

Çizelge 8. Forklift cinsinden bölümler arası yıllık taşıma sayıları

DEN E:	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	R
A-Klavuz			25												8		
B-Kalıp														20			
C-Kaynak				33	33		25	40									
D-CNC Torna	36		30				8			10	16		20		11		
E-CNC Freze			25	8				16							60		
F-Boya							40	45									
G-Montaj						25		30									
H-Paket										131							
I-Depo 3												34					
J-Ürün Bekletme			5	5													
K-Freze				36	16	20											
L-Testere		20		46	20						28			36	20		
M-Taşlama			20														
N-Sıcak	20				40						8	28			40		
O-Isıl İşlem			8	8		40					20			60			
P-Depo 1												68					
R-Depo 2	1		19	3								40					

LayOUT programına yukarıda açıklanan girdilerin girilmesi Şekil 5-7’de verilmektedir.

Şekil 5. Grid ile ilgili satır ve sütunların girilmesi

LayOUT programına son olarak iyileştirmesi yapılacak mevcut yerleşim girilmiş ve program çalıştırılmıştır. Program “benzetim tavlama” ve “en dik eğim hesaplaması” yöntemlerini kullanarak iki farklı sonuç elde edebilmektedir. Benzetim tavlama yöntemi toplam akış şiddetini 27.056.710 kgm’dan 25.202.380 kgm’ye düşürerek taşıma maliyetlerinde %6,85’lik bir iyileşme sağlamış ve daha iyi bir yerleşim planı önermiştir (Çizelge 9). Yeni yerleşim planını gösteren kroki ise Şekil 8’de gösterilmiştir.

Yeni yerleşim planı kullanılarak MAPSAN’ın üretim süreci Arena ile yeniden modellenmiştir. Modelin çalıştırılması sonucu 152 parti nihai ürünün tam üretilmesi 313 iş gününden (338.393 dakika) 268 iş gününe (289.441 dakika) düşmüştür. Bu düşüş % 14,3 oranında bir iyileşmeye karşılık gelmektedir. Modelin bir yıl (265 iş günü) çalıştırılması durumunda ise üretilen parti sayısı 124’ten 141’e çıkmıştır (Çizelge 10). Çizelge 10’da sistemde bekleyen parça sayısı ve ürünlerin tamamlanma sürelerinde yeni yerleşim ile oluşan azalmalar her ürün için karşılaştırmalı olarak gösterilmektedir.

Edit Department

Current Department: depo3 Dept No. 6

DEPARTMENT DATA

Area: 180
 Sq. Meters
 Grids

Type: Free
 Fixed

Shape Parameters: Minimum Shape Factor: 1, Maximum Shape Factor: 10

Floor Restrictions: Floors: [Dropdown]
 This department is never allowed on the following floors: [List]

<< Previous >> Next
 Clear
 Restore
 Cancel Exit

Şekil 6. Mevcut bölümler ile ilgili bilgilerin girilmesi

Interdepartmental Flows

FROM Department: 12 KlpKlvz TO Department: 4 isilsck
 FLOW: 23 Alternate?

Matrix Fill Value: 0.0
 Whole Matrix
 Upper Triangle
 Lower Triangle
 Cell Range

Mirror Direction: Upper to Lower
 Lower To Upper

Clear Mode: Whole Matrix
 Upper Triangle
 Lower Triangle
 Cell Range

Existing Values: Preserve
 Overwrite

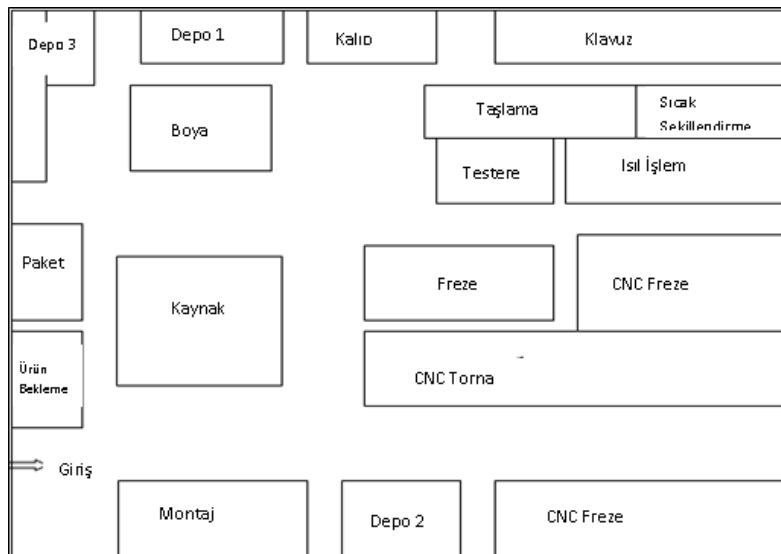
Fill Mirror Clear

Enable Cell Range Selection

From/To	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-	45						
2		-						5
3			-		68			
4	40			-	28			48
5				56	-			66
6					34	-		
7					40		-	3
8		26		71	20			-
9	20							52

Restore OK Cancel

Şekil 7. Bölümler arası malzeme taşıma miktarlarının girişi



Şekil 8. Yeni önerilen yerleşim planı

Çizelge 9. Karşılaştırmalı akış şiddetleri

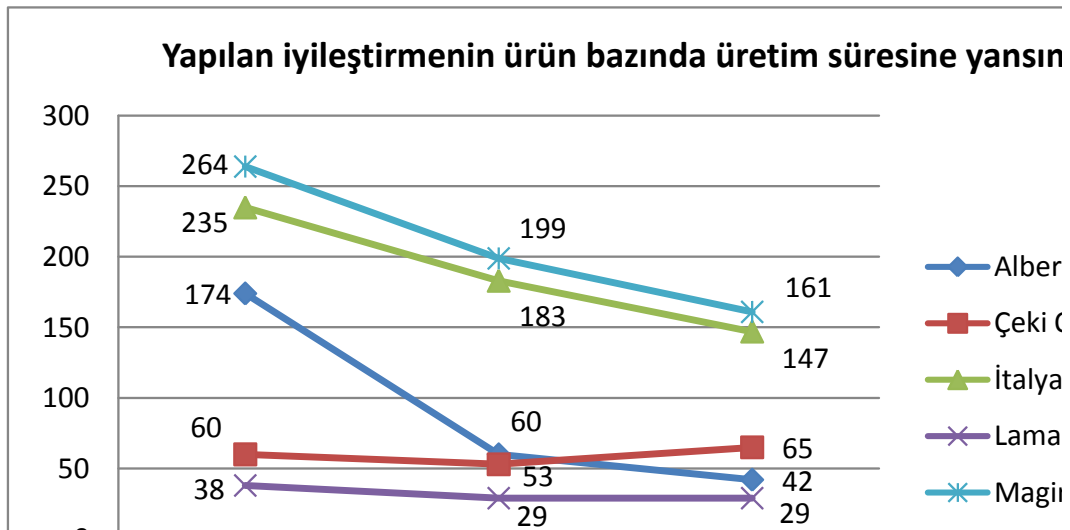
Nihai ürün	Yıllık akış şiddeti (kgm)	
	Mevcut yerleşim Planı	Önerilen Yerleşim Planı
İtalyan mili (A)	483.160	587.621
Albero Centrale (B)	7.448.000	7.639.943
Magirus komple kovan borusu(C)	6.750.550	6.037.001
Lama (D)	3.726.000	3.680.000
Çeki Oku kompleksi (E)	8.505.000	7.258.815
Toplam	27.056.710	25.202.380

Çizelge 10. Bir yıl içerisinde mevcut ve yeni yerleşim planlarının karşılaştırılması

YERLEŞİM PLANI	Bir Parti Ürünün Ortalama Tamamlanma Süresi		Bir Yıl İçinde Üretilmesi Planlanan Parti Sayısı	Bir Yıl İçinde Tamamlanan Parti Sayısı		Bir Yıl İçinde Tamamlanamayan Parti Sayısı	
	MEVCUT	YENİ		MEVCUT	YENİ	MEVCUT	YENİ
Albero Centrale	174 gün	81 gün	32	13	32	19	-
Çeki Oku Kompleksi	60 gün	71 gün	40	40	40	-	-
İtalyan Mili	235 gün	244 gün	20	20	20	-	-
Lama	38 gün	38 gün	40	40	40	-	-
Magirus Komple Kovan Borusu	264 gün	262 gün	11	11	9	9	11
	TOPLAM:		152	124	141	28	11

CNC TORNA					
Usage	Average	Half Width	Minimum	Maximum	
Number Busy	3.9993	(Correlated)	0	4.0000	
Number Scheduled	4.0000	(Insufficient)	4.0000	4.0000	
Utilization	0.9998	(Correlated)	0	1.0000	

Şekil 9. Arena programının CNC Torna kullanım raporu



Şekil 10. Yapılan iyileştirmenin ürün bazında üretim süresine yansımaları (gün)

Yeni oluşturulan Arena modeli yerleşim planı iyileştirmesinin yanında farklı iyileştirme imkanlarını da sağlamıştır. Örnek olarak üretim hızını daha fazla artırmamızı engelleyen darboğaz makineler Arena programının bir çıktısı olan kullanım oranları ile belirlenip sayıları artırılabilir. Örneğin Şekil 9 herhangi bir talep kısıtlaması olmaksızın sisteme yükleme yapılması durumunda 4 adet CNC Tornanın % 100 kullanım oranına ulaştığı ve üretim hızını kısıtladığını

göstermektedir. CNC Torna sayısının artırılması durumunda kullanım oranı artmakta, üretim hızını kısıtlayabilecek makine olarak % 44 kullanım oranına sahip Üniversal Freze görülmektedir. Bu aşamada MAPSAN'ın CNC Torna sayısını 4 den 5' e çıkarması durumunda bir yıl içerisinde üretilmesi planlanan 152 parti ürünün tamamının 217 iş gününde üretilmediği görülmüştür. Bu sonuç yeni yerleşimin sağladığı 152 parti ürünün tamamının 268 iş gününde üretilmesine göre % 19'luk bir iyileşmeyi işaret etmektedir. Şekil 10'da yeni yerleşim ile 152 parti ürünün 217 iş gününde üretilmesinin ürün bazında grafik gösterimi verilmektedir. Grafikte, mevcut yerleşimde, yeni yerleşim planında ve darboğaz giderildikten sonra kademeli olarak elde edilen ürün bazındaki gün cinsinden üretim miktarlarındaki iyileşme görülmektedir.

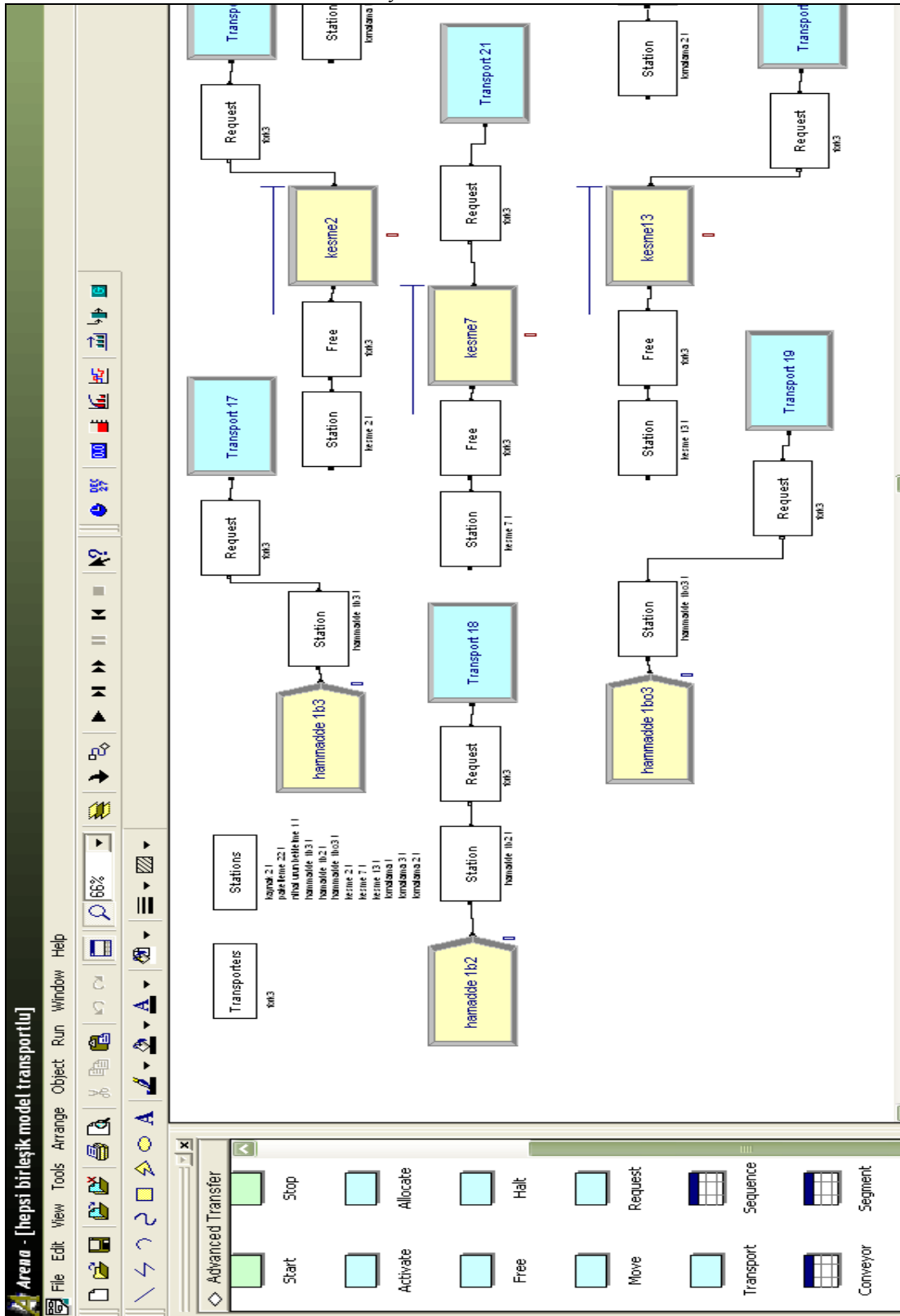
4. Sonuç

MAPSAN'da yapılan çalışma, çeşitli imalat firmalarında yapılacak benzer çalışmalara örnek teşkil etmektedir. Elde edilen yüksek iyileşme oranları, benzer üretim süreçleri ve yerleşim planlarına sahip imalat firmalarının ne kadar iyileşmeye açık olduklarını göstermektedir. Çalışmanın önemli diğer bir sonucu ise sistem üzerinde yapılacak darboğaz oluşturan makinelerin sayısının artırılması gibi küçük değişimlerin yeni yerleşim planı gibi önemli bir değişikliğe göre daha fazla fayda sağlayabileceğidir.

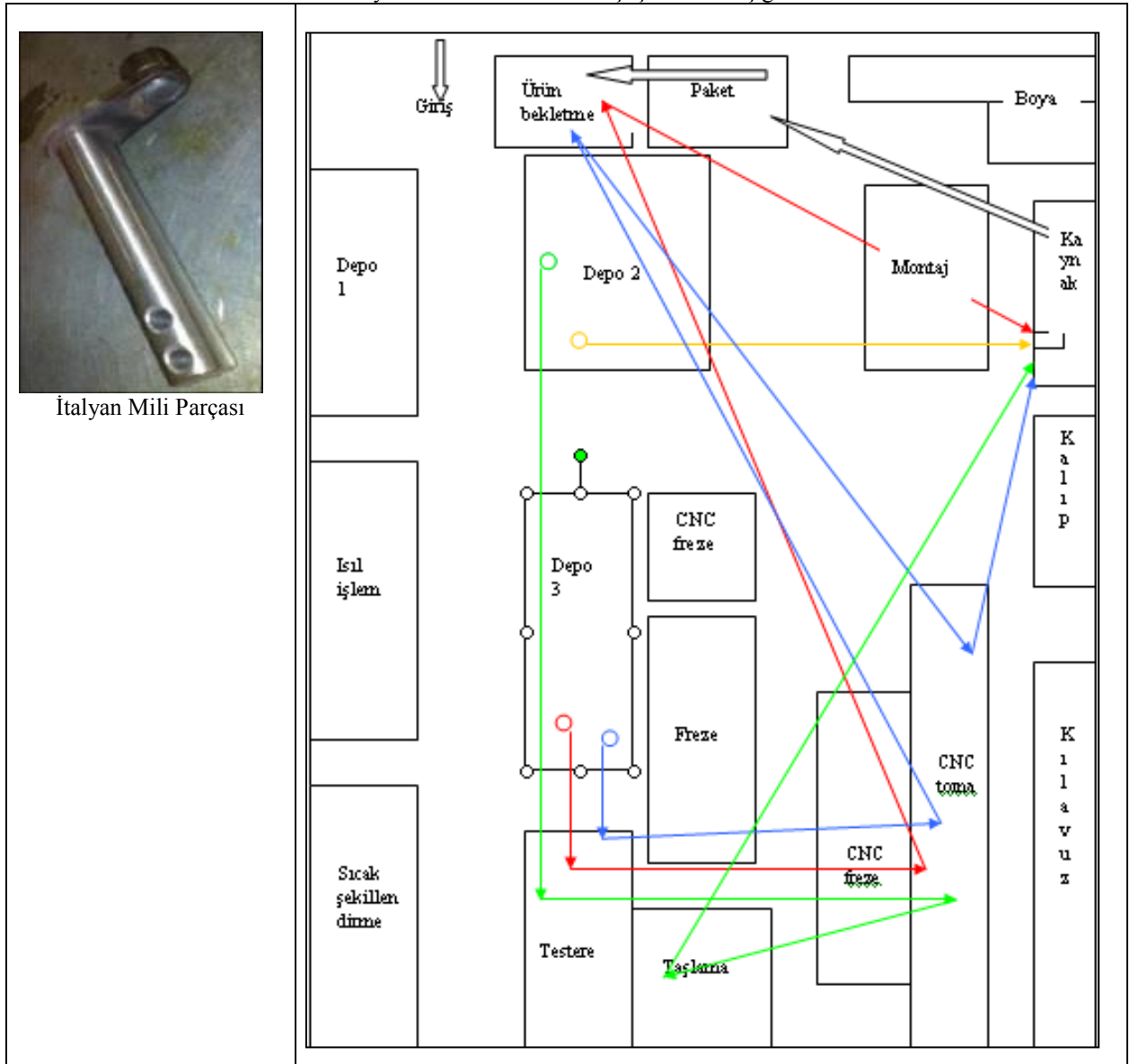
Çalışmada, Arena benzetim programının kullanılması, sistem üzerinde yapılan değişikliklerin etkisini görmede önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Bir kere kurulan model üzerinde yapılan değişiklikler kolaylıkla yapılmakta ve program yeniden çalıştırıldığında elde edilen sonuçlar ile önceki sonuçlar karşılaştırılarak değişikliklerin sistem performansı üzerindeki etkisi incelenmektedir. Arena ile bu etki sadece hesaplanması kolay malzeme taşıma maliyeti ile değil üretim hızları, ürünlerin tamamlanma süresi, makinelerin kullanım oranları gibi ölçütler ile de ölçülebilmektedir.

5. Ekler

Ek-1. İtalyan mili ARENA modeli



Ek-2. İtalyan mili üretimi fabrika içi şematik akış gösterimi



- “○” hammadde bölümünden çıkan her bir bileşenin çıkışını (farklı renk farklı bir bileşeni ifade etmekte), “□” ise birleşim (montaj/kaynak) olduğunu göstermektedir.
- Her ok parçanın ilerleyiş yönünü, kalın oklar ise birleşim den sonraki ilerleyiş yönünü göstermektedir.

Kaynaklar

- [1] C. Özkale, “Tesis Yerleşim düzenlemesi ve Otomotiv Yan Sanayi’nde Bilgisayar Destekli Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli (2002) .
- [2] U.R. Tuzkaya, “Modern Üretim Yapısına Uygun Bilgisayar Destekli Tesis Yerleşim Teknikleri ve Buna Yönelik Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2002).
- [3] C. Mukaddes, “Tesis Planlama”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul (1991).
- [4] E., Bayraktar, “Endüstri mühendisliği gözüyle hastane iş akış ve yerleşimlerinin değerlendirilmesi ve bir performans ölçütü geliştirilmesi”, *19. National Conference on Operational Research and Industrial Engineering*, Ankara, 1 – 31, (1998).
- [5] R.S. Gutierrez, N. Kannambadi “Facilities Design Analysis Using Production Flow Analysis and Point of Use

Storage Systems, *Simulation and Logistics Laboratory Papers*, University of Texas at El Paso (2001).

[6] A. Gomez, Q.I. Fernansez, P.J, Garcia, “Using Genetic Algorithms to Resolve Layout Problems in Facilities Where There Are Aisles”, *International Journal of Production Economics*, 84 : 271 – 282, (2003).

[7] M. Mir, M.H. İmam, “A Hybrid Optimization Approach for Layout Design of Unequal – Area Facilities”, *Computers & Industrial Engineering* , 39: 49 – 63, (2001).

[8] M. Bahtiyar., “Simulation Modeling of Shop floor Activities for SME’s in Virtual Enterprises”, Yüksek Lisans Tezi, *Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2005).

[9] D.A. Takus, D.M. Profozich, “Arena Software”, *Proceedings of the Winter Simulations Conference, Pennsylvania*, 541- 544 (1997).

[10] S. Eşkin, “Bir İmalat Sisteminin Yerleşim Düzeninin İyileştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2008).