

T. C.
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HÜCRE TİPİ ÜRETİM SİSTEMLERİNDE HÜCRELERİN
OLUŞTURMASINA YÖNELİK AĞ KURAMINA DAYALI BİR YÖNTEM VE BİLGİSAYAR
DESTEĞİ İLE BİR MAKİNA FABRİKASINDA UYGULAMA DENEMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN : ÖĞR. GÖR. DR. MEHMET ÇINAR

MÜŞERREF KURTULMUŞ

ESKİŞEHİR, 1985

Ö Z E T

Son yıllarda mamul sayı^{sın}ndaki artış, özellikle küçük ve orta büyüklükte, çok sayıda farklı mamulü küçük partiler halinde üreten atölye tipi işletmelerin tasarım, planlama ve üretim sorunlarının önemli boyutlara ulaşmasına yolaçmıştır. Bu sorunlara köklü çözümler vaadeden grup teknolojisi, özellikle küçük ve orta büyüklükteki atölyelerin yoğun olduğu ülkemizde önem kazanmaktadır. Bu çalışmada, grup teknolojisi kavramı ve grup teknolojisi felsefesinin olanaklı kıldığı hücre tipi üretim incelendikten sonra, orta büyüklükte bir makina fabrikasının bir atölyesinde, ağ teorisine dayalı bir yöntemle hücreler oluşturulmuştur. Bu amaçla özel amaçlı iki bilgisayar programı geliştirilmiş ve farklı hücre yapıları bu programlar aracılığıyla karşılaştırılmıştır. Son olarak hücreler MEDAT algoritması yardımıyla konumlandırılmıştır.

A B S T R A C T

The number of products in industrialized societies is increased rapidly in last decades and the medium and small sized job-shops faced with great design, planning, and manufacturing problems for this reason. Group technology promises for complete solutions to these problems and gains importance in our country of which the industry is mainly based on medium and small sized job-shops. In this study, the concepts of group technology and cellular manufacturing which became possible by the philosophy of group technology are examined first, and then for a job-shop of a medium sized machinery factory, the manufacturing cells are designed. The two special-purpose computer programs which are developed for the design purposes are also used to test the performances of different cell combinations. Finally the layout of job-shop is performed through the use of MEDAT algorithm.

İ Ç İ N D E K İ L E R

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÇİZELGELER LİSTESİ	vi
ÇİZİMLER LİSTESİ	vii
G İ R İ Ő	1

B İ R İ N C İ B Ö L Ü M

ÜRETİM SİSTEMLERİ

I.1. ÜRETİM SİSTEMİ KAVRAMI	5
I.2. ÜRETİM SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI	8
I.2.1. Seri Üretim - Akım Tipi Üretim	11
I.2.2. Atölye Tipi Üretim - Görev Tipi Üretim	13
I.2.3. Geçiş Durumunda Üretim Sistemleri	16
I.2.4. Proje Tipi Üretim - Tek Çeşit, Tek Mamul Üretimi	17
I.2.5. Hücre Tipi Üretim Sistemi	18

İ K İ N C İ B Ö L Ü M

GRUP TEKNOLOJİSİ

II.1. GRUP TEKNOLOJİSİ KAVRAMI	19
II.2. GRUP TEKNOLOJİSİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ	23
II.3. GRUP TEKNOLOJİSİ UYGULAMA AŞAMALARI	26

II.4. GRUP TEKNOLOJİSİNDE PARÇA - MAKİNA GRUPLARININ OLUŞTURULMASI	30
II.4.1. Sübjektif Yöntemler	32
II.4.2. Kodlama Sistemiyle Gruplandırma	33
II.4.2.1. OPITZ Kodlama Sistemi	33
II.4.2.2. CODE Kodlama Sistemi	34
II.4.2.3. SAGT Kodlama Sistemi	34
II.4.3. Üretim Sırasının Analiziyle Parça Gruplama	36
II.4.3.1. Üretim Akış Analizi	36
II.4.3.2. Parça Akış Analizi	38
II.4.4. Gruplandırmada Benzerlik Katsayılarının Kullanımı	38

Ü Ç Ü N C Ü B Ö L Ü M

HÜCRELERİN OLUŞTURULMASI İÇİN BİR YÖNTEM

III.1. HÜCRE OLUŞTURULMASINDA AĞ TEORİSİNİN KULLANIMI	42
III.1.1. Hücrelerin Oluşturulmasına Yönelik Ağ Teorisine Dayalı Bir Yöntem	43
III.1.1.1. Tezgah Ağının Oluşturulması	
III.1.1.2. Tezgah Hücrelerinin Bulunması	47
III.1.1.3. Parçaların Hücrelere Atanması	48

III.2. KULLANILAN BİLGİSAYAR PROGRAMLARI	52
III.2.1. MKTEZ1 Programı	52
III.2.2. MKTEZ2 Programı	65

D Ö R D Ü N C Ü B Ö L Ü M

UYGULAMANIN YAPILDIĞI İŞLETMENİN TANITIMI

VE UYGULAMA SONUÇLARI

IV.1. UYGULAMA YAPILAN İŞLETMENİN TANITIMI	78
IV.2. UYGULAMA SONUÇLARI	82
S O N U Ç	106
YARARLANILAN KAYNAKLAR	111
EK - 1	115
EK - 2	118
EK - 3	120
EK - 4	121
EK - 5	122

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge I.1. Çeşitli yazarlara göre Üretim Sistemlerinin sınıflandırılması ve adlandırılması	9
Çizelge IV.1. Yıllara göre dişli kutusu ve pompa üretimi	83-85
Çizelge IV.2. 3000 ton/gün kapasiteli bir şeker fabrikasında mevcut dişli kutusu ve pompa adetleri	85
Çizelge IV.3. Değişik talep ortalamalarına göre benzerlik katsayıları	87
Çizelge IV.4. Değişik hücre bileşenlerine göre makina sayıları ve taşımalar . . .	91-100
Çizelge IV.5. Çeşitli yerleşimlerde parçaların işlem gördüğü bölüm sayıları	103

ÇİZİMLER LİSTESİ

Çizim I.1.	Üretim Sistemi ve diğer alt sistemlerle ilişkisi	7
Çizim I.2.	Klasik üretim sistemlerinde yerleşim düzenleri	14
Çizim II.1.	1700'lü yıllardan günümüze kadar bazı mamullerin buluş zamanları	21
Çizim II.2.	Hücre Tipi Üretim	28
Çizim III.1.	Bir ağ ve klikleri	47
Çizim III.2.	Kullanılan yöntemin akış şeması	50-51
Çizim III.3.	MKTEZ1 Programı akış şeması	57-63
Çizim III.4.	MKTEZ2 Programı akış şeması	70-75
Çizim IV.1.	Benzerlik Katsayılarının değişimine göre tezgah ağının kenar sayısı	88
Çizim IV.2.	Tezgah ağı ve klikleri	89
Çizim IV.3.	MEDAT Algoritmasına ilişkin başlangıç ve sonuç düzenlemeler	105

G İ R İ Ő

Günümüzde teknolojik ilerlemeye paralel olarak kısalmakta olan buluş zamanı, piyasada bulunan mamullerin daha gelişmişlerinin giderek daha kısa bir süre sonra piyasaya sürülebilmesini sağlamakta, böylece bir yandan mamul ömrü kısalırken, bir yandan da mamul sayısı hızla artmaktadır. Mamul çeşitliliğinin artışı, genel amaçlı tezgahlarda çok sayıda mamulün küçük partiler halinde üretilmesini olanaklı kılan atölye tipi üretimi ön plana çıkarmaktadır. Bunun doğal sonucu olarak, atölye tipi üretimin ve bu üretim tipinin yerleşim tarzı olan işleme göre yerleştirmenin sorunları ve bu sorunların çözümü de önem kazanmaktadır.

Atölye tipi üretim sistemlerinin sorunlarına çözüm bulmanın bir yolu, bütün halinde ele alınması zor olan bu sorunları, sistemi küçük alt sistemler halinde tanımlayarak basitleştirmektir. Küçük alt sistemlerde planlama, denetim ve üretim daha etkin bir şekilde yapılabilir.

Üretilen parçaların tasarım ya da üretim özelliklerine göre gruplandırılması ve daha sonra bu parça gruplarının işleneceği makinaların belirlenmesiyle parça-makina gruplarının oluşturulmasına dayanan grup teknolojisi, çok çeşitli mamulün küçük partiler halinde üretildiği atölyelerde, hücre tipi üretim tarzıyla, sorunlara köklü çözümler önermektedir. Grup teknolojisinin uygulanmasıyla, üretim hattına yeni girecek bir mamulün üretilmekte olan benzerlerinin sağlamış olduğu bilgiden yararlanılması mümkün olmaktadır. Böylelikle tasarım, planlama ve denetim sorunlarını enaza indirilebilmektedir. Öte yandan, daha küçük sistemlerle çalışılıyor olması, her alt sistemin belirli ürünlere tahsis edilmesi sonucu, işletmedeki karışıklığın azalmasını sağlamaktadır.

Bu çalışmada, bir makina fabrikasında, işleme göre yerleşimin neden olduğu sorunları azaltacak bir hücre tipi yerleşim için gerekli verilerden bir kısmının derlenmesi için gereken parça-makina gruplama işi uygulanmıştır. Gruplama için, işlem yükünün düşüklüğü, yerleşim planlamasına doğrudan uygulanabilir bilgileri türetmekteki başarısı ve uygulamanın yapıldığı işletmenin koşullarına uygunluğu nedeniyle benzerlik katsayılarını ve ağ teorisini kullanan bir yöntem seçilmiştir. Ülkemizde yapılan az sayıdaki grup teknolojisi çalışmasının hiçbirinde ağ teorisinden yararlanılmamış olması da, bu yöntemin tanıtılması açısından, seçimde etkili olmuştur.

Çalışmanın birinci bölümünde, grup teknolojisi kavramına genel bir giriş olmak üzere üretim sistemleri üzerinde durulmuştur. Üretim tipi seçeneklerinin tanıtıldığı bu bölümde, grup teknolojisi ile geleneksel üretim tipleri karşılaştırılmıştır.

İkinci bölümde grup teknolojisi, bu konudaki çalışmalar ve tarihçesiyle birlikte, ayrıntılı olarak tartışılmıştır. Ayrıca grup teknolojisi yöntemleri içinden parça gruplandırma sistemleri sınıflandırılmış ve karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Üçüncü bölümde, çalışmada kullanılan yöntem ve bu yöntemin uygulanabilmesi için geliştirilmiş olan bilgisayar programları tanıtılmıştır.

Uygulamanın yapıldığı işyerine ilişkin bilgiler dördüncü ve son bölümde verilmiştir. Bu bölümde ayrıca, yapılan analizlerin sonuçları tartışılmış ve karşılaştırmalar yapılmıştır.

Sonuç başlığı altında ise, çalışmada elde edilen sonuçlar yorumlanmış ve uygulamaya ilişkin öneriler sunulmuştur.

Çalışmada kullanılan veriler, genellikle her işletmede kolayca elde edilebilecek verilerdir. Ancak, işlem sıra ve süreleri gibi verilerin kullanılan teknolojiye bağlı olduğu bilinmektedir. Oysa çoğu işletmemizde, kullanılan teknoloji değiştiği halde, bu tür bilgiler gün-

celleştirilmemektedir. Uygulamanın yapıldığı işletme de çok eski bir kuruluş olduğu için böyle bir olasılık olduğu halde, çalışmanın konusunu doğrudan ilgilendirmediği için verilerin doğruluğu sınırlanmamıştır. Öte yandan, işletmede üretilen çok sayıda mamulün bütün parçalarına ilişkin bir analizin veri derleme ve işleme sorunları gözönüne alınarak, grup teknolojisi çalışmasının en yararlı olacağı umulan, üretimde en çok pay tutan ürünler, örneklenerek analize alınmışlardır.

BİRİNCİ BÖLÜM

ÜRETİM SİSTEMLERİ

Bu bölümde üretim sistemi kavramı ve bu sistemlerin sınıflandırılması konusundaki bazı yaklaşımlar ele alınmaktadır.

I.1. Üretim Sistemi Kavramı

"Sistemler, parçalardan oluşan kümenin, bütünüün genel amacına doğru birlik halinde çalışmasından meydana gelir⁽¹⁾." Bu tanıma göre sistemin üç temel ögesi ortaya çıkmaktadır:

i. Amaçlar: Her sistem belli bir amaca ya da amaçlara yönelmiştir.

ii. Bölümler: Sistem karmaşık bir bütündür. Ama birden çok bölümü vardır.

(1) CHURCHMAN, C.West, The System Approach, Dell Publishing Co., Inc., New York, N.Y., 1968, s.126.

iii. İşbirliği: Amaçlara yönelen bölümlerin "uyumlu bir birliği" sözkonusudur.

Bu tanımlar ışığında her firma bir sistem olarak düşünülebilir. Firmanın bir alt sistemi olan üretim sistemi de aynı kavramlar yardımıyla şu şekilde tanımlanabilir:

"Üretim sistemi, mallar veya hizmetler üretmek amacıyla, fiziksel elemanların (insan-gücü, hammadde, makina v.b.) bir araya gelerek uyumlu bir şekilde çalışmasıdır⁽²⁾."

Üretim sistemleri, faaliyet alanları ne olursa olsun, girdilerini bazı işlemler aracılığıyla, tümüyle değişik nitelikleri olan çıktılara dönüştürmektedirler. Diğer bir deyişle, her üretim sistemi bir girdi-çıkıtı sistemidir. Çizim 1.1'de verilen, Buffa'nın⁽³⁾ üretim modeli de üretim sistemini bir girdi-çıkıtı sistemi olarak ele almaktadır. Bu modele göre sistemin girdileri beş grupta toplanabilir: (a) üretim sistemine firma içinden ve dışından sunulan bilgiler, (b) parasal girdiler, (c) personel alt sistemince sağlanan işgücü, (d) satınalma tarafından sağlanan hammadde ve gereçler ve (e) pazarlama

(2) İLYASOĞLU, Eyüp, Yönetim Açısından Üretim Sistem Tipleri, İstanbul İ.T.İ.A. Yayını, Yayın No 1976/6, İstanbul, 1976, s.11.

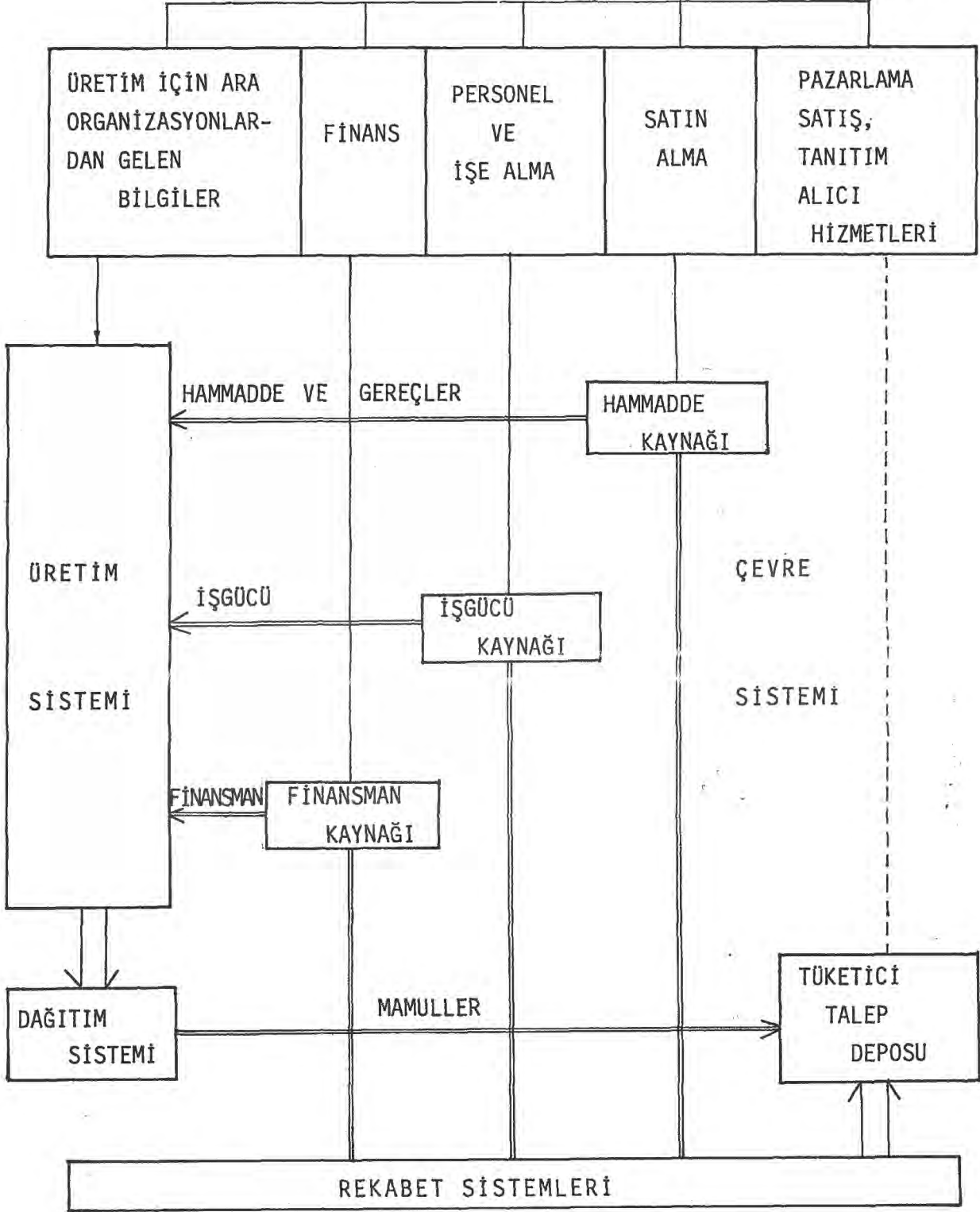
(3) BUFFA, Elwood S., Modern Production Management, John Wiley and Sons, Inc., New York, N.Y., 1980, s.187.

POLİTİKA

BİLGİSİ

KONTROL SİSTEMİNDEN GELEN

KALİTE VE PERFORMANS ÖZELLİKLERİ



Çizim 1.1. Üretim Sistemi ve diğer alt sistemlerle ilişkisi.

alt sistemi ve çevre sistemlerden sağlanan, mamulle ilgili bilgiler. Çizimde sistemin çıktıları ise üretim sisteminden dağıtım sistemine akışla gösterilmiştir. Bu çıktılar pazarlama alt sisteminden gelen girdilerle birleşerek, mamulün sistem dışına çıkışını sağlarlar.

Üretim sistemlerini girdiler üzerinde dönüştürmeler yaparak çıktılar üreten girdi-çıkıtı sistemleri olarak ele almak, bu sistemlerin problemlerine sistem yaklaşımını uygulamaya olanak hazırlamaktadır⁽⁴⁾.

I.2. Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması

Çeşitli yazarlar üretim sistemlerini değişik şekilde sınıflandırıp adlandırmaktadırlar. İlyasoğlu⁽⁵⁾ bu sınıflandırmaların bir bölümünü karşılaştırmalı olarak vermiştir. Çizelge 1.1'de görülen bu karşılaştırma, bundan sonraki kesimlerde ele alınacak olan üretim tiplerinin incelenmesine ışık tutacaktır.

Çizelgede, üretim tiplerini aynı şekilde adlandırıp üçlü bir sınıflandırma yapan Gavett ve Starr dışındaki yazarların genellikle ikili bir sınıflamayı yeğledikleri görülmektedir.

(4) BLACK, J.T., "Cellular Manufacturing Systems Reduce Setup Time, Make Small Lot Production Economical", Industrial Engineering, November, 1983, s.37.

(5) İLYASOĞLU, a.g.e., s.39.

MARTIN K. STARR	ELWOOD S. BUFFA	JOHN F. MAGEE	WILLIAM VORIS	JAMES H. GREENE	ADAM ABRUZZI	RAYMOND R. MAYER	J. WILLIAM GAVETT	RICHARD J. HOPEMAN
SERİ ÜRETİM	DEVAMLI	MAMUL HATTI	DEVAMLI	MAMUL HATTI	YATAY (DÜZ HAT)	DEVAMLI	SERİ ÜRETİM	DEVAMLI
ATÖLYE TİPİ ÜRETİM	ARALIKLI	FONKSİYONEL	ARALIKLI	ATÖLYE TİPİ ÜRETİM	DİKEY (ATÖLYE TİPİ)	ARALIKLI	ATÖLYE TİPİ ÜRETİM	ARALIKLI
TEK ÇEŞİT TEK MAMÜL ÜRETİMİ	(ARALIKLI ÜRETİM İÇİNDE)	-	-	-	(DİKEY ÜRETİM İÇİNDE)	-	TEK ÇEŞİT TEK MAMÜL ÜRETİMİ	-

Çizelge 1.1. Çeşitli yazarlara göre üretim sistemlerinin sınıflandırılması ve adlandırılması.

Yaygın olarak kullanılan "seri üretim", atölye tipi üretim" ve "proje tipi üretim" adlarının dışında, mamulün üretim içi akımını ön plana alan Buffa, Mayer, Boris ve Hopeman gibi yazarlar, üretim sistemlerini sınıflandırırken "devamlı" ve "kesikli" terimlerini kullanırlar.

Starr ve Gavett'in yaptığı sınıflandırmada, her üretim sistemi sınıfı geleneksel yerleşim türlerinden birine karşı gelmektedir. Bu çalışmada yerleşim planlaması ağırlıklı bir yer tuttuğundan, bu sınıflama önem kazanmaktadır. Starr ve Gavett⁽⁶⁾, üretim sistemlerini aşağıdaki gibi adlandırılan üç ana grupta toplamışlardır:

- i. Seri Üretim - Akım Tipi Üretim (Flow-shop),
- ii. Atölye Tipi Üretim - Görev Tipi Üretim (Job-shop),
- iii. Proje Tipi Üretim - Tek Çeşit, Tek Mamul Üretimi (Project-shop).

Birçok yazar, seri üretim ile atölye tipi üretimi ayrı ayrı sınıflandırmakla birlikte, proje tipi üretimi ya atölye tipi üretimin içinde ya da bu sınıflardan birinin özel bir durumu olarak ele almaktadır.

Yukarıda anılan üç üretim tipinin dışında, son yıllarda yeni bir üretim felsefesi olarak ortaya çıkan grup teknolojisi fikrinden hareketle geliştirilen "hücre tipi üretim", ayrı bir sınıf olarak ortaya çıkmaktadır.

(6) STARR, M.K., System Management of Operations, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1971, s.13.

Black⁽⁷⁾, Starr ve Gavett'in üçlü sınıflamasını geleneksel üretim sistemleri başlığı altında inceledikten sonra hücre tipi üretimi ayrıca tartışmıştır.

I.2.1. Seri Üretim - Akım Tipi Üretim

Seri üretim sistemlerinde etkinlikler sürekli, hammadde ve yarımamuller seri olarak bir işlem noktasından diğerine geçerek akarlar. Bu devamlılık nedeniyle malzemeler genellikle bir taşıyıcı (konveyör) aracılığıyla taşınırlar.

Seri üretimde, sınırlı sayıda standart çıktı üretilir. Sistemin en verimli halini Buffa⁽⁸⁾ yüksek hacimde standart mamuller, Broom⁽⁹⁾ da bir mamulün büyük sayılarda üretilmesi olarak tanımlamışlardır.

Tek ve standart mamul üretmek üzere tasarlanmış sistemler, mamul değişikliği için yeterince esnek olamazlar. Bu nedenle, sistemin başarılı olabilmesi için mamule olan talebin uzun süreli ve dengeli olması önemli bir koşuldur. Sistem bir bütün olarak gözönüne alın-

(7) BLACK, a.g.e., s.39.

(8) BUFFA, a.g.e., s.33.

(9) BROOM, H.N., Production Management, Richard D. Irwin, Inc., Honeywood, Illionis, 1967, s.505.

dığında tek ve tümüyle standartlaşmış bir mamul yerine sınırlı sayıda da olsa, kısmen farklı mamullerin bulunması çok avantajlı olabilir.

Seri üretimde kullanılan tezgahlar genellikle özel amaçlı olduğundan çalışma hızı ve tezgahların kapasite kullanım oranları genellikle oldukça yüksektir. Üretilcek mamul miktarları, piyasanın ve işletmenin koşulları dikkate alınarak, oldukça uzun zaman önceden kestirilebilmekte ve bu bilgi ile mamul sayısının kısıtlılığı, ayrıntılı üretim planlarının hazırlanmasına olanak vermektedir. Bu avantaj, üretim planlarının çeşitli nedenlerle aksaması durumunda, büyük hacimlerde üretim yapıyor olması nedeniyle, önemli zararlara yol açabilir. Üretim planlarının aksaması, başta talep kestirimlerinin başarısızlığı olmak üzere birçok hatadan kaynaklanabilir. Örneğin üretim hattında ortaya çıkacak bir arıza, planların uygulanmasında beklenmedik sorunlar yaratabilir. Bu tür sorunların önüne geçmek, arızalara karşı gelişmiş bir koruyucu bakım sisteminin geliştirilmesi gibi, genellikle çok yüksek maliyetli önlemlerle ancak mümkün olur.

Seri üretimde yerleşim, mamulün işlem sırası esas alınarak yapılır. Mamulün hammadde halden son hale gelene kadar işlem göreceği tezgahlar bir hat şeklinde dizilir. Bu ünitelerin her birine "iş istasyonu" adı verilir.

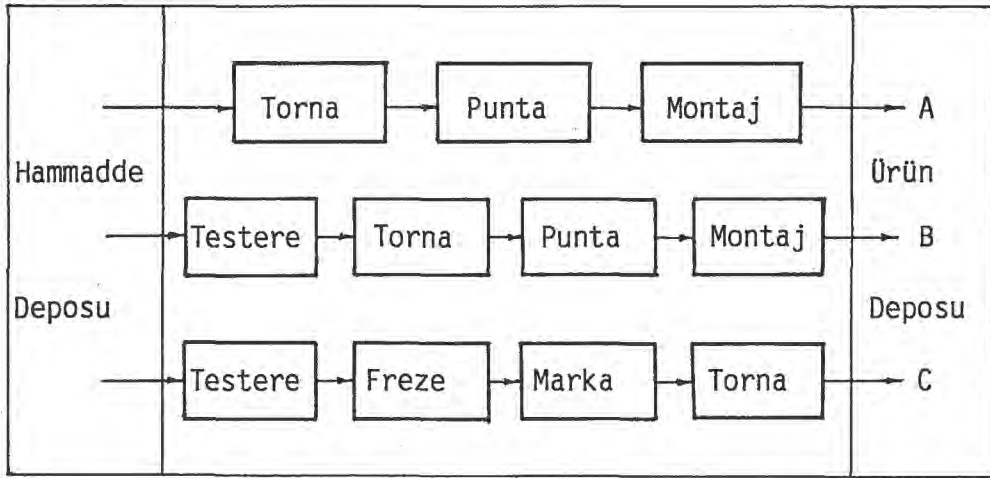
lır. Mamuller birbiri ardısına gelen iş istasyonlarındaki tezgahlarda birbirinin aynı ya da çok benzer işlem sıralarıyla işlenirler. Çizim 1.2.a'da seri üretimde kullanılan "akış hattı yerleşimi" (mamule göre yerleşim) için bir örnek görülmektedir.

I.2.2. Atölye Tipi Üretim - Görev Tipi Üretim

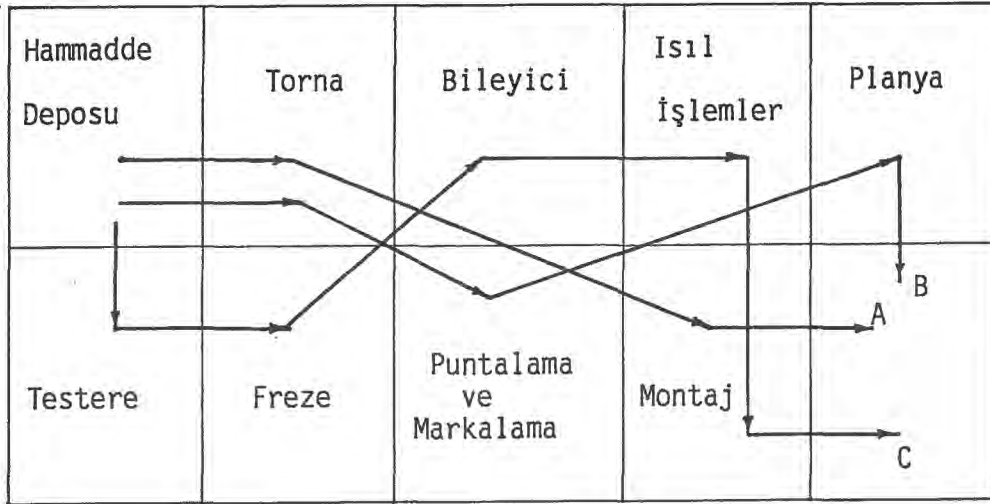
Atölye tipi üretim sistemi, çok çeşitli girdilerin partiler halinde, çeşitli amaçlar için kullanılabilir esnek işlem ünitelerinden geçerek, çeşitli çıktılara dönüştürüldüğü üretim sistemidir.

Atölye tipi üretimin temel karakteristikleri; esneklik, değişkenlik, kalifiye işçilik, dolaylı işçilik maliyetlerinin yüksekliği ve malzeme taşıma yoğunluğudur. Bunların yanı sıra atölye tipi üretimde tezgah yükleme, boşaltma, hazırlama ve ayarlama süreleri uzundur.

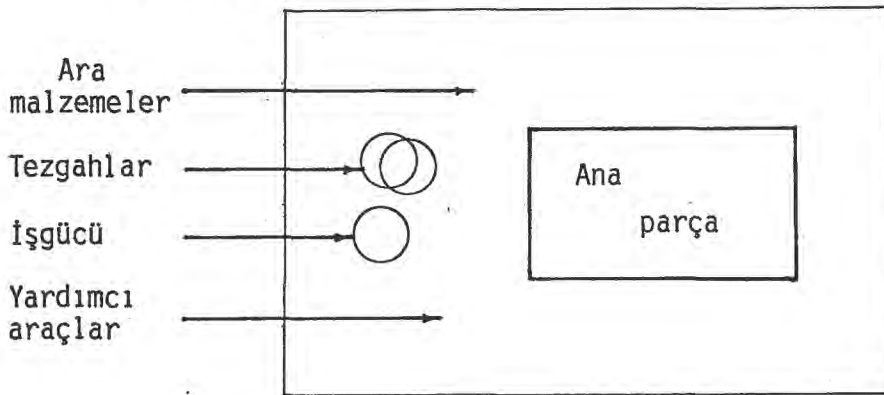
Atölye tipi üretimde genellikle üretilen mamul miktarı düşük, ürün çeşidi fazladır. Bu tip üretimde üretilen malın cinsinin ve miktarlarının genellikle siparişlere bağlı olması, orta ve uzun dönemli üretim planlarının başarısını olumsuz yönde etkilemektedir. Buna bağlı olarak atölye tipi üretimde iş hazırlama faaliyetleri, malzeme istekleri, iş takip ve kontrolüne ilişkin faaliyetler yoğunudur. İş yükü dengesinde ortaya çıkabilecek aksaklıklar, iş istasyonlarında beklemelere ve ara stokların artmasına yolaçar.



a. Seri Üretim - Akış Hattı (Ürüne Göre Yerleşim)



b. Atölye Tipi Üretim - İşleme Göre Yerleşim



c. Proje Tipi Üretim - Sabit Konumlu Yerleşim

Çizim I.2. Klasik üretim sistemlerinde yerleşim düzenleri (10).

Bu tip sistemlerde, yapılan işlemler ürün cinsine göre değiştiğinden, üretimde kullanılan tezgahlar çoğunlukla genel amaçlı tezgahlardır. Bu nedenle bir parti mamulün üretimi tamamlandıktan sonra makina ve tesisler başka bir tür mamulün üretimine tahsis edilebilir. Genel amaçlı tezgahların işlem türü bakımından sağladığı bu geniş kullanım esnekliği, uzayan hazırlık ve ayar zamanına yolaçar. Bu durumda tezgahların hız ve verimliliği daha düşük olur.

Atölye tipi üretimde düşük tezgah verimliliği dışında bir başka olumsuzluk da, sistemde aynı anda çok sayıda farklı mamulün üretiliyor olması nedeniyle mamulün üretim ünitelerinden geçişindeki karışıklıktır. Bu karışıklık ve karışıklığın yolaçtığı düşük akış hızı nedeniyle üretim üniteleri arasında yüksek ara stoklar oluşur. Bu ara stoklar, tezgahların çok sık ayarlanmalarının önüne geçmek için de yarar sağlar. Öte yandan, atölye tipi üretimde, yüksek ara stoklara karşılık, mamul stokları genellikle çok düşüktür.

Atölye tipi üretim yapan işletmelerde genellikle benzer işlemleri yapan tezgahlar birarada bulunacak şekilde "fonksiyonel" (işleme göre) yerleştirme yapılır (Çizim I.2.b). Taşıma maliyetlerini düşürmek için, ara stoklar tezgah çevrelerinde yığılırlar. İzleyen tezgahların üretim hızlarındaki farklılıkların ortaya çıkar-

dığı bu stoklar, işletmelerde önemli sorunlara yolaçmaktadır. Ayrıca, stok alanlarının tezgah çevrelerinde tanımlanmasına rağmen, bu tip yerleşimde taşıma seri üretime göre önemli ölçüde fazladır. Taşımanın çokluğu, mamulün üretim süresinde uzamaya neden olur.

Nümerik kontrollu makinaların üretime girişi ve makina parkı yaklaşımındaki gelişmeler, atölye tipi üretimde ve fonksiyonel yerleşimde etkenliğin ve makina verimliliğinin artmasına ve kontrolün gelişmesine yardımcı olmuştur. Ancak bu makinalar yatırım, bakım ve planlama maliyetlerinin yüksekliği nedeniyle, pek çok işletmede kullanılamazlar⁽¹¹⁾.

I.2.3. Geçiş Durumunda Üretim Sistemleri

Seri ve atölye tipi üretimi uygulamada birbirinden kesin çizgilerle ayırmak kolay olmayabilir. Bazı üretim sistemlerinde bu iki tipin özelliklerine bir arada rastlamak mümkündür.

Örnek olarak, atölye tipi üretim sistemi özellikleri taşıyan ve küçük nikelajlı parçalar üreten bir otomotiv yan sanayi kuruluşu, yeni otomobil modellerinin çıkması ya da otomobil talebinin artması sonucu, giderek daha az sayıda mamulü daha yüksek hacimlerde üretme ola-

(11) BİLGİN, Lütfü, "Master Thesis Proposal", Yayınlanmamış Çalışma, O.D.T.Ü., Ankara, 1980, s.3.

nağı bulabilir. Bu duruma yolaçan nedenler sürdükçe, iş-letme, seri üretimin özelliklerini daha çok taşıyan bir atölye görünümü kazanabilir.

I.2.4. Proje Tipi Üretim - Tek Çeşit, Tek Mamul Üretimi

Proje tipi üretim sistemi belirli bir tek mamul veya aynı mamulün çok sınırlı sayıda yapımı için düzenlenir. Bu tip üretimde mamulün ana parçası genellikle çok büyüktür.

Proje tipi üretimde girdiler çok sayıda ve çeşitli olup, işlem faaliyetleri genellikle bir işlem merkezinde toplanmış ve bir tek amaca yönelmiş ünitelerden oluşur. Bu üretim tipi, seri üretim ya da atölye tipi üretim gibi çok yaygın işkollarında uygulanabilir bir üretim tipi değildir, belirli özel koşulların varlığında ancak kullanılabilir.

Daha önce de değinildiği gibi, bu tip üretimde mamulün ana parçası genellikle büyük olduğundan, bu tür sistemlerin yerleşiminde ana parçanın sabit konumda olduğu bir yerleştirme uygulanır. Diğer malzemeler, tezgahlar, işgörenler ana parçanın çevresine yerleştirilirler (Çizim I.2.c). Mamul sabit konumda olduğundan mamul taşınması söz konusu değildir. Buna karşılık tezgahlar, işgörenler ve diğer malzemeler hareketli durumdadır.

Proje tipi üretimde ürün sayısının çok az (genellikle tek) oluşu, iş akışının ve işlemlerin belirli olması planlama ve kontrolde kolaylıklar sağlar. Ancak iş emirleri ve diğer programlama faaliyetlerinin ayrıntılı olarak hazırlanması çok önemlidir.

I.2.5. Hücre Tipi Üretim Sistemi

Buraya kadar anlatılan geleneksel üretim sistemlerinin yanısıra, grup teknolojisi fikrinden hareketle bir üretim sistemi tipi daha geliştirilmiştir. Bu üretim tipi "hücre tipi üretim sistemi" (cellular manufacturing) olarak adlandırılır.

Hücre tipi üretimde mamuller ve mamul gruplarının üretiminde kullanılacak makina ve işgörenler gruplandırılır. Bu yolla üretim sistemi, planlanması ve yönetimi daha kolay olan küçük alt sistemlere ayrılır ve üretim bu alt sistemlerde gerçekleştirilir.

İzleyen kesimde hücre tipi üretim ve grup teknolojisi konusu ayrıntılı olarak incelenecektir.

İKİNCİ BÖLÜM

GRUP TEKNOLOJİSİ

Bu bölümde ilk olarak grup teknolojisi kavramı tanıtılmış ve grup teknolojisinin gerekliliği kısaca tartışılmıştır. Daha sonra grup teknolojisi konusunda yapılan araştırmalar taranmış ve konunun tarihçesi özetlenmiştir. Son olarak grup teknolojisinde parça-makina gruplarının oluşturulmasında kullanılan yöntemlerden bazıları incelenmiştir.

II.1. Grup Teknolojisi Kavramı

Grup teknolojisi, mamul tasarımı ve üretiminde mamuller arasındaki benzerliklerden yararlanmak amacıyla, mamulleri benzerliklerine göre gruplandırmaya dayanan yeni bir üretim felsefesidir⁽¹²⁾.

(12) DURIE, F.R., "A Survey of Group Technology And Its Potential For User Application in U.K.", The Prod. Eng., February 1970, s.50.

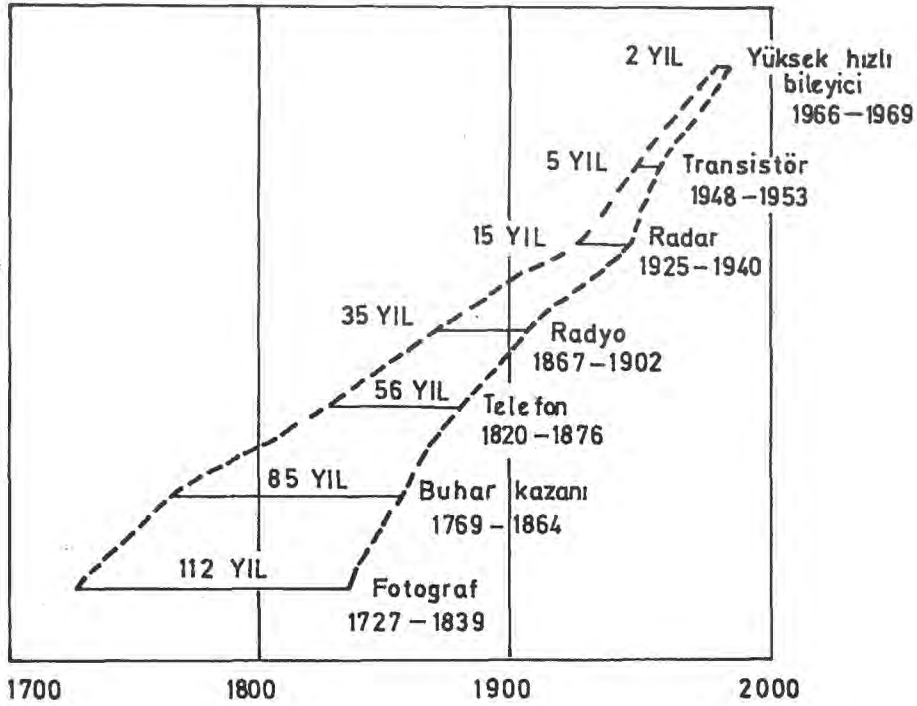
Saloja grup teknolojisini "üretimde benzer problemler olduğunda ve bu problemler gruplanabildiğinde, grup teknolojisi bu problemler kümesine tek bir çözüm bularak zaman ve emekten tasarruf sağlama olanağı veren bir üretim felsefesidir" şeklinde tanımlamıştır⁽¹³⁾.

Grup teknolojisinin amacı belirli bir grupta işlenip mamul hale gelebilecek parçaların belirlenmesi, her ayrı tip tezgahın mümkün olduğunca yalnız bir grupta yer almasının sağlanması, toplam taşıma miktarlarının ve taşıma uzaklığının azaltılması ve gereksiz iş ve malzeme akışının giderilmesidir.

Son on yılda, özellikle makina sanayiinde grup teknolojisine duyulan ilgi ve bu üretim felsefesinin kullanımı önemli ölçüde artmıştır. Grup teknolojisi fikri ilk olarak Sovyet Mühendis Mitrafanov tarafından 1960'lı yıllarda ortaya atıldığı halde, sanayideki uygulamalar oldukça yenidir. Günümüzde buluş zamanının giderek azalması ürün sayısının hızla artmasına yolaçmıştır. Bu durum, atölye tipi üretim sistemlerinde çok büyük sayıda farklı ürünün üretilmesi zorunluğunu doğurmuş, bu üretim tipinin yolaçtığı sorunların giderilebilmesi için yeni bir üretim felsefesini zorunlu kılmıştır. Grup teknolojisi bu ihti-

(13) ABOU-ZEID, M.R., "Group Technology", Industrial Eng., May 1975, s.32.

yaca bir cevap olarak uygulanmaya başlamıştır⁽¹⁴⁾. Çizim II.1'de buluş zamanının son üç yüzyıldaki azalışı görülmektedir. Çizimden de görülebileceği gibi, fotoğrafın fikir olarak ortaya atılması ile endüstriyel kullanımı arasında geçen süre 112 yıl iken, bu süre telefon için 56 yıla, transistör için 5 yıla, yüksek hızlı bileyici için ise 3 yıla düşmüştür. Buluş zamanının azalması bir yandan mamul ömrünün kısalmasına yolaçarken bir yandan da ürün çeşidinin artmasına neden olmuştur.



Çizim II.1. 1700'lü yıllardan günümüze kadar bazı mamullerin buluş zamanları (15).

(14) OPITZ H., WIENDAHL H.P., "G.T. and Manufacturing Systems for Small and Medium Quantity Production", Int. J. Prod. Res., Vol.9, No.1, 1971, s.182.

(15) OPITZ ve WIENDAHL, a.g.e., s.183.

Bu durum, tek tek firmalar için bile her yıl çok sayıda yeni mamulün tasarlanması ve üretilmesi gereğini ortaya çıkarmaktadır. İngiltere'de makina endüstrisinden beş firmada yapılan bir araştırmaya⁽¹⁶⁾ göre, her yıl, üretilmekte olan parça sayısının yüzde 9-48'i arasında yeni parçanın üretime katıldığı görülmüştür.

Üretime katılan yeni parçalar, tasarım, planlama ve kontrol faaliyetlerinin yoğunluğunu ve karmaşıklığını büyük ölçüde arttırabilmektedir. Bu durumda, yeni ürünün üretime katılması durumunda ortaya çıkacak yeni faaliyetleri azaltacak, basitleştirecek ya da ortadan kaldıracak bazı olanakların araştırılması gerekir. Her yeni ürün için bu faaliyetlerin yeni baştan ve bütün ayrıntılarıyla gerçekleştirilmesi zaman kaybına ve yüksek maliyete neden olur.

Ürün sayısının artması ve bu ürünlerin belli zaman aralıklarında küçük ya da orta büyüklükte partiler halinde üretilmesinin sonucu olarak günümüzde atölye tipi üretim giderek yaygınlaşmaktadır. Öte yandan mamul sayısının çokluğu nedeniyle mamule göre düzenleme olanaksızlaşmaktadır. Bu nedenle atölye tipi üretim ve fonksiyonel yerleştirmenin sorunları ve bu sorunların çözümü giderek önem kazanmaktadır.

(16) OPITZ ve WIENDAHL, a.g.e., s.193.

Buraya kadar anlatılan gelişmeler ve bu gelişmelerin sonuçları, günümüzde grup teknolojisinin önem kazanmasına neden olmuştur. Ürünleri gruplandırarak tasarım, planlama ve üretim faaliyetlerini bu gruplara göre yönlendirmek, tasarım ve üretimde mamuller arasındaki benzerliklerden yararlanarak zaman ve maliyet açısından tasarruf sağlamak ve sistemin karmaşıklığını büyük ölçüde azaltmaktadır.

II.2. Grup Teknolojisinin Tarihsel Gelişimi

Grup teknolojisiyle ilgili ilk çalışmalar Sovyet mühendis S.P.Mitrafanov tarafından yapılmıştır. Mitrafanov çalışmasında, üretim verimliliğinin artırılmasıyla ilgilenmiş, bu amaçla, üretilen parçaları gruplara ayırmış, daha sonra her grup için gruptaki bütün parçaların özelliklerini taşıyan bir "bileşik parça" tasarlamıştır. Daha sonra bu parçayı işleyecek makina veya makina gruplarını belirlemiştir. Mitrafanov çalışmalarını "Scientific Principles of Group Technology" adı altında 1955 yılında yayınlamıştır. 1963'de Dermanyuk'un⁽¹⁷⁾ ve 1968'de Ivanov'un⁽¹⁸⁾ yayınladığı kitaplar, Mitrafanov'un birer uzantısı olarak düşünülebilir⁽¹⁹⁾.

(17) DERMANYUK, F.S., Technological Principles of Flow-line and Automated Production, Pergamon Press, 1963.

(18) IVANOV, E.K., Group Production Organization and Technology, Business Publication Ltd., 1968.

(19) DURIE, a.g.e., s.51.

Grup teknolojisine ilişkin Batı'daki çalışmalar 1960'lı yılların ortalarına doğru başlamıştır. Bu çalışmaların başında, Opitz'in, parçaları tasarım özelliklerine göre kodlamayı ve sınıflamayı amaçlayan ve kendi adıyla anılan kodlama sistemi sayılabilir. Tasarıma dayalı diğer sistemlerden "Code", J.H.Bergen ve "Sagt", M.R.Abou-Zeid tarafından geliştirilmiştir. J.Gombinski'nin geliştirdiği "Brisch" sistemi Opitz ile aynı temele dayanmaktadır ve Opitz'in özel bir hali olarak nitelenmektedir⁽²⁰⁾.

Grup teknolojisinin endüstriyel uygulamaları, F.R. Durie, E.A.Hawort, H.Opitz, W.Eversheim, H.P.Wiendahl, A.G.Ginouves ve J.Gallagher tarafından çeşitli işletmelerde yapılmıştır. Ayrıca Opitz kodlama sistemi, H.Bergen, K.Brunkamp, W.Junghans tarafından tesis düzenlemeye uygulanmıştır. W.D.Beeby ve A.R.Thompson, 1969'da grup teknolojisi ilkelerini bir uçak fabrikasında uygulamışlardır⁽²¹⁾. Benzer bir uygulama 1980'de, H.İ.Nişancı ve R.J.Sury tarafından bir ayakkabı fabrikasında yapılmıştır^(22,23).

(20) DURIE, a.g.e., s.53.

(21) BEEBY, W.D., THOMPSON, A.R., "A Broader View of Group Technology", Comput. and Indust. Eng., Vol.3, 1979, s.289-312.

(22) NİŞANCI, H.İ., SURY, R.J., "An Application of Group Technology Concepts in Shoe Manufacturing", Int. J. Prod. Res., 1981, s.267-275.

(23) NİŞANCI, H.İ., "Production Analysis by Simulation in Shoe Manufacturing", Int.J.Prod.Res., 1980, s.31-41.

Parça gruplandırma parçaların işlem sıralarını kullanan teknikler olan "Üretim Akış Analizi (1971)", J.L. Burbidge'nin⁽²⁴⁾, "Parça Akış Analizi (1972)" ise I.G.K. El-Essawy'nin⁽²⁵⁾ çalışmalarıdır.

J. McAuley ve A.S. Carrie, gruplandırmada benzerlik katsayılarından yararlanma fikrini ortaya atmışlardır. R. Rajagopalan ve J.L. Batra, daha sonra bu fikri, ağ teorisini de uyguladıkları çalışmalarında kullanmışlardır (1975).1980 yılında J. R. King⁽²⁶⁾ gruplandırmada matris yaklaşımını kullanan bir algoritma geliştirmiştir. L. Bilgen bu yaklaşımı 1982'de Türk Traktör Fabrikasında uygulamıştır.

M. Fazakerley, grup teknolojisi uygulamalarının işgörenler üzerindeki etkilerini incelemiştir⁽²⁷⁾. Ayrıca hücre tipi üretimde tesis düzenleme ile ilgili bir çalışma, M. B. Durmuşoğlu tarafından yapılmıştır⁽²⁸⁾.

(24) BURBIDGE, J.L., "A Manual Method of Production Flow Analysis", The Prod. Eng., October 1977, s.37.

(25) EL-ESSAWY, I.G.K., "Component Flow Analysis", The Prod. Eng., May 1972, s.165.

(26) KING, J.R., "Machine-Component Grouping in Production Flow Analysis, An Approach Using Rank Order Clustering Algorithm", Int. J. Prod. Res., Vol.18,1980,s.215

(27) FAZAKERLEY, M., "A Research Report on the Human Aspects of GT and Cellular Manufacture", Int.J.Prod. Res., 1967, Vol.14, No.1, s.123.

(28) DURMUŞOĞLU, M.B., "Grup Üretiminde Tesis Düzenleme", Y.A. IX. Ulusal Kongresi Bildirileri, İstanbul,1984.

V.B. Saloja grup teknolojisi kavram ve teknikleriyle ilgili çalışmalar yapmış ve bir önceki kesimde verilen grup teknolojisi tanımı, bu alanda çalışan pek çok kişi tarafından benimsenmiştir⁽²⁹⁾.

Görevli buldukları işyerlerinde yaptıkları uygulamalarla adlarını duyuran bazı araştırmacılar arasında D.T.N. Williamson, R.C. Parker ve G.Huddy sayılabilir. F. Koenigsberger çalışmalarını grup teknolojisinde makina parçalarının rolü ve bunların tasarımı konularında yoğunlaştırmıştır⁽³⁰⁾. G.A.B. Edwards ise grup teknolojisi ile hem kuramcı hem de uygulamacı olarak ilgilenmiştir⁽³¹⁾.

II.3. Grup Teknolojisi Uygulama Aşamaları

Grup teknolojisinin uygulanabilmesi için öncelikle birbirinden olabildiğince bağımsız alt üretim sistemlerinin, diğer bir deyişle hücrelerin oluşturulması gerekir. Grup teknolojisinin ve hücre tipi üretimin amacı oluşturulan bu hücrelerin etkin ve denetlenebilir olmalarını daha az koordinasyonla sağlamaktır.

(29) DURIE, a.g.e., s.51.

(30) KOENIGSBERGER, F., EDWARDS, G.A.B., "Group Technology, the Cell System and Machine Tools", The Prod. Eng., July/August 1973, s.249.

(31) EDWARDS, G.A.B., Readings in Group Technology, Machinery Books, 1971.

Grup teknolojisinde parça grupları oluşturulduktan sonra, bu parçaları işleyecek tezgahların biraraya getirilmesi gerekir. Gruplanmış tezgahlardan oluşan "hücre" lerde gerçekleştirilen üretim tipine "hücre tipi üretim" adı verilir⁽³²⁾.

Çizim II.2'den de görülebileceği gibi, hücre tipi üretim için ön koşul, üretilen parçalar arasında şekil, boyut ya da teknolojik olarak benzerliklerin bulunmasıdır. Bu benzerliklere göre parçaları gruplandırmak için uygun bir parça sınıflandırma sistemi gereklidir.

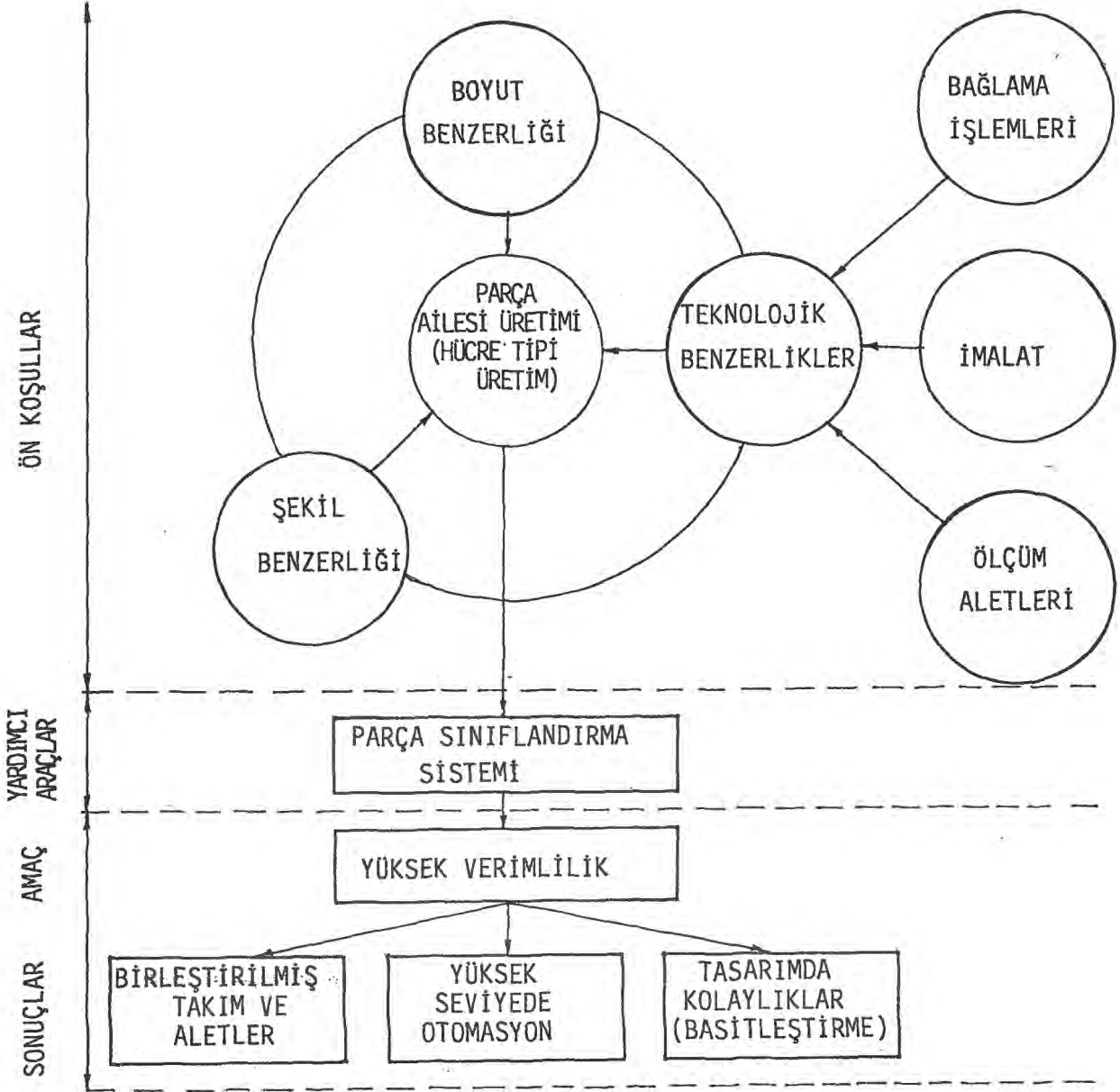
Hücre tipi üretimin sonucunda, tasarım işlemlerinde basitleştirmeler sağlanabileceği gibi, takım ve aletlerde birleştirmeler yapılabilir. Ayrıca bazı otomasyon olanakları da ortaya çıkar. Grup teknolojisi bu yollarla verimliliğin artmasına önemli katkılarda bulunabilir.

Grup teknolojisinin endüstriyel uygulamalarındaki aşamalar aşağıdaki gibi sıralanabilir⁽³³⁾:

Birinci Aşama: Parçaların üretim sıraları ve çizimleri incelenerek, gruplandırma olanakları araştırılır.

(32) SCHONBERGER, R.J., "Plant-Layout Becomes Product-Oriented With Cellular, Just in Time Production Concepts", Industrial Eng., November 1983, s.66.

(33) ABOU-ZEID, a.g.e. s.37.



Çizim II.2. Hücre tipi üretim(34).

Bu araştırmanın sonucunda parçaların büyük ölçüde farklılıklar gösterdiği ve gruplamanın uygun olmadığı sonucuna varılırsa grup teknolojisinin uygulanması yararlı olmayacaktır. Aksi halde ikinci adıma geçilir.

(34) OPITZ, H., EVERSHEIM W., WIENDAHL H.P., "Workpiece Classification and Its Industrial Application", Int.J.Mach. Tool Des. Res., 1969, s.39.

İkinci Aşama: Üretim sisteminin özelliklerine uygun bir gruplandırma yöntemi seçilir ya da yeni bir gruplandırma yöntemi geliştirilir.

Üçüncü Aşama: İkinci aşamada belirlenen yönteme göre gerekli parça bilgileri toplanır. Daha sonra seçilen yöntemin kriterine göre (sözgelimi büyüklük, şekil, tolerans gereksinimi, işlem sırası v.b.) benzer özellikleri gösteren aynı grupta olacak şekilde parça gruplandırma işlemi yapılır. Özellikle parça sayısının büyük olması durumunda, bu aşamada bilgisayar kullanımı uygun olur.

Dördüncü Aşama: Bir önceki aşamada belirlenen gruplardaki parçaların işlem sıralarına göre her gruptaki parçaları işleyecek tezgahlar belirlenir. Böylelikle hücreler oluşturulmuş olur.

Beşinci Aşama: Bir önceki aşamada belirlenen hücreler için gerekli tezgah sayısı ve işgücü miktarı bulunur.

Altıncı Aşama: Hücreler için tezgah sayıları belirlendikten sonra hücre içi tezgah yerleşimi yapılır. Hücre içi yerleşimler tamamlandıktan sonra, hücrelerin birbirleriyle ve sistemin diğer birimleriyle olan ilişkileri gözönüne alınarak genel yerleşim yapılır. Bir tek hücrede tamamlanamayan parçalar varsa, bu parçalar hücreler arası ilişkilerde gözönüne alınmalı ve bu parçaların neden olduğu hücreler arası taşımalar enküçüklenmelidir.

Yedinci Aşama: Bu aşama, hücrelerde işlem gören parçalar için tezgahlarda en uygun işleme sırasının bulunması aşamasıdır. Böylelikle son aşamada her parçanın üretimi çizelgelenmiş olur.

Görüldüğü gibi grup teknolojisi felsefesinin temel karakteristiği gruplandırmadır. İşlenecek parçaların gruplandırılması dışındaki aşamalar, genel olarak her üretim sisteminde yapılagelen genel planlama faaliyetlerinden meydana gelmektedir. Bu bölümün izleyen kesiminde grup teknolojisinde parça gruplandırma ve bu konudaki yöntemler ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

II.4. Grup Teknolojisinde Parça - Makina Gruplarının Oluşturulması

Daha önce de söz edildiği gibi, grup teknolojisinin temeli parça gruplandırmadır. Grup teknolojisinin endüstriyel uygulamalarındaki en önemli ve zor aşama da bu aşamadır. Gerçekte, uygulamanın başarısı, büyük ölçüde gruplamanın başarısına bağlıdır. Bu aşamada gruplar ne kadar uygun belirlenirse izleyen aşamalar ve uygulama sonuçları o kadar başarılı olur. Parça gruplandırmanın başarısı ise gruplandırma işlemine girdi olan parça bilgilerinin doğru ve tutarlı olmasıyla doğrudan ilişkilidir.

Grup teknolojisinde parça gruplandırma amacıyla geliştirilmiş yöntemler, geliştirilme tarihlerinin sırasıyla aşağıda verilmiştir⁽³⁵⁾.

1. Başparmak Kuralı (Edward 1971)
2. Bileşik Parça Tasarımı (Edward 1971)
3. Kodlama Sistemleri (Gombinski 1966, Opitz 1970, Bergen ve Ginouves 1973, Abou-Zeid 1973)
4. Akış Analizleri
 - i. Üretim Akış Analizi (Crook 1969, Burbidge 1971)
 - ii. Parça Akış Analizi (El-Essawy ve Torrance 1972)
5. Benzerlik Katsayılarını Kullanan Yöntemler
 - i. Grup Analizleri (Mc Auley 1972, Tarsuslugil ve Bloor 1979)
 - ii. Gruplandırmada Ağ Teorisinden Yararlanma (Rajagapolan ve Batra 1973)
 - iii. Sayısal Ayrıştırma (Carrie 1973)
 - iv. Üç tür benzerlik katsayısını bir arada kullanma (De Witte 1980)
6. Monte Carlo Benzetimi (Crokall ve Baldwin 1972)
7. Matematiksel Sınıflama (Purcheck 1975)
8. Parça İstatistikleri (Mansoor ve Leonard 1975)
9. Matris Yaklaşımı (King 1979, King ve Nakornchai 1982).

(35) WAGHODEKAR, P.H., SAHU, S., "Machine-Component Cell Formation in Group Technology: MACE", Int. J. Prod. Res., 1984, Vol.22, No.6, s.937.

Parça gruplamada parçanın ya tasarım ya üretim ya da hem tasarım hem üretim özelliklerinden yararlanılır. Tasarım özelliklerine göre gruplandırmada parçanın, temel dış ve iç şekli, uzunluk/çap oranı, malzeme tipi, ana boyutları, toleransları, yüzey yapısı gibi bazı tasarım özellikleri esas alınır. Üretim özelliklerine göre gruplandırmada genellikle kullanılan üretim özellikleri ise işlem sıraları, işlem süreleri, parti büyüklüğü, yıllık üretim miktarı, kullanılan tezgahlar, gerekli bağlama elemanları veya kesici takımları gibi özelliklerdir.

Parça gruplandırma için pek çok yöntem önerilmiştir. Bu yöntemler genel olarak üç grupta toplanabilir: (a) sübjektif yöntemler, (b) kodlama ile gruplandırma ve (c) üretim sırasının analizi ile gruplandırmadır.

II.4.1. Sübjektif Yöntemler

Bu yöntemlerin başlıcaları bakarak ya da başparmak yöntemiyle gruplandırmadır. Her iki yöntemde de parçanın fiziksel yapısı ve teknik çizimleri esas alınır. Yöntemlerin başarısı, gruplandırmayı yapacak olan kişinin ölçü, büyüklük ve şekil gibi bazı gruplandırma kriterlerini doğru olarak seçmesine ve kullanmasına bağlıdır. Çalışma hızı yüksek ve ucuz olmalarına karşılık, bu yöntemlerin başarı şansı düşüktür. Ayrıca çok sayıda parçanın olduğu sistemlerde kabul edilebilir bir başarı oranıyla kullanımı neredeyse olanaksızdır.

II.4.2. Kodlama Sistemleriyle Gruplandırma

Kodlama sistemleri kullanıldığında, parçanın tasarım veya üretim özelliklerine göre parçaya bir kod atanır. Bütün parçalar kodlandıktan sonra, kodların özellikleri yardımıyla parçalar gruplara ayrılır.

Parça kodlama için bir çok sistem geliştirilmiştir. Bu sistemlerin en önemlileri OPITZ, CODE ve SAGT'tır.

II.4.2.1. OPITZ Kodlama Sistemi

Yaygın bir kullanıma kavuşan ilk kodlama sistemi olan OPITZ, 1970'de H.OPITZ tarafından geliştirilmiştir^(36,37). OPITZ kodu 13 haneden oluşur. İlk beş hane parçanın genel tasarım özelliklerini gösterir. Bu hanelerin ilki parçanın dönmeli olup olmadığını, dönme-lyse uzunluk/çap oranını, dönmesizse uzunluk/genişlik oranını gösterir. İkinci hane parçanın dış yüzey işleme özelliklerini (engelsiz düz işleme, dış açmalı, kama yuvalı gibi), üçüncü hane ise parçanın iç şeklini (kör delik, dış açmalı, kama yuvalı gibi) gösterir. Dördüncü hanede parçanın düzlemsel yüzey işlemleriyle ilgili bilgiler, beşinci hanede ise tali delikler ve dış yuvalarına ilişkin bilgiler kodlanır.

(36) OPITZ, H., WIENDAHL, H.P., a.g.e., s.178.

(37) HAWORT, E. A., "G.T. - Using the OPITZ System", The Prod. Eng., January 1968, s.25.

Opitz kodlama sisteminin dört haneli ikinci grubunun ilk hanesi parçanın boyutlarına, ikincisi malzemesine, üçüncüsü hammaddenin ilkel şekline ve sonuncusu hassasiyet ve toleranslara ayrılmıştır.

Üçüncü grubu oluşturan dört hane üretim işlemlerini tanımlamak amacıyla kullanılır. Bu grup için genel bir kodlama yoktur ve bu nedenle "ikincil kod" olarak adlandırılır. Bu grup, sistemi uygulayan firma tarafından, mamulün ve üretimin özelliklerine göre belirlenir.

II.4.2.2 CODE Kodlama Sistemi

CODE kodlama sistemi Bergen ve Ginouves tarafından geliştirilmiştir⁽³⁸⁾. Sekiz haneden oluşan kodun ilk hanesi parçanın şeklini gösterir. İkinci hane boyutlarla ilgilidir. Üçüncü hanede parçanın iç şekliyle ilgili bilgiler vardır. Dördüncü hane parçadaki iç ve dış deliklerle ilgilidir. Beşinci hane kesimleri, altıncı hane kesim derinliklerini, yedinci hane en büyük dış çapı ve son hane ise uzunluğu gösterir.

II.4.2.3. SAGT Kodlama Sistemi

M.R. Abou-Zeid tarafından geliştirilmiş olan SAGT kodlama sisteminde kod 18 hanedir⁽³⁹⁾. İlk

(38) GINOUVES, A.G., BERGEN, J.H., "G.T. - A Means to Reduce Part", Automation, March 1973, s.48.

(39) ABOU-ZEID, a.g.e., s.39.

hane en büyük dış çapı, ikinci hane uzunluk/çap oranını, üçüncüden altıncıya kadar olan haneler dış şekille ilgili bilgileri, yedi ve sekizinci haneler iç şekli, dokuzuncu hane parçanın ana deliklerini, onuncu hane dişli ve kama yuvalarını, onbirinci hane yüzey işleme bilgilerini, oniki ve onüçüncü haneler hammadde cinsini ve şeklini, ondördüncüden onaltıncıya kadarki haneler ise parçanın bitmiş boyutlarını ve toleranslarını gösterirler. Son iki hanede ise üretime ilişkin bilgiler özetlenir.

Kodlama sistemiyle parça gruplamada, kodlama işlemleri tamamlandıktan sonra bu kodlar yardımıyla parçamakina grupları oluşturulur. Daha sonra, bir önceki kelimede açıklanan aşamalar sırayla izlenir.

Kodlama, basitleştirme ve standartlaştırma açısından büyük kolaylık sağlar. Kodlamanın bir başka avantajı da, kodlama sırasında bazı tasarım hatalarının farkedilebilmesidir. Bunun yanı sıra, yeni ürün tasarımında, tasarımın baştan ele alınması yerine, sistemde varolan benzer parçaların bilgilerinden yararlanılması mümkündür. Bütün bu avantajlarına karşın, yukarıda tanıtılan hazır kodlama sistemleri bütün işletmeler için uygun olmayabilir. Genellikle makina endüstrisi için geliştirilmiş olan kodlama sistemleri, bu endüstri kolundaki kimi işletmelere bile yarar sağlamayabilir. Bu nedenle, kodlama sistemlerinin kullanılacağı durumlarda, ya varolan

sistemlerin birinde uygun değişikliklerin yapılması ya da yeni ve uygun bir sistemin geliştirilmesi gerekir. Bu gibi kod geliştirme, kodları geliştirmek için birçok konuda yetkin olunmasını gerektirdiği gibi büyük ölçüde zaman ve maliyet ihtiyacı doğurur.

II.4.3. Üretim Sırasının Analiziyle Parça Gruplama

Üretim sırasının analiziyle parçalar gruplanacağı zaman, işlem gördükleri makinalara göre benzer akışları izleyen parçalar bir grupta toplanır. Üretim sırasının analizi için işlenecek veri hacminin diğer yöntemler için gerekenlere göre düşük olması ve hemen her işletmede kolayca elde edilebilmesi, yöntemin önemli avantajlarındanıdır. Buna karşılık gruplamanın başarısı, işlem sıralarının doğru ve tutarlılığına bağlıdır.

Üretim sırasının analiziyle parça gruplandırmada kullanılan yöntemlerden en önemlileri üretim akış analizi, parça akış analizi ve benzerlik katsayıları yaklaşımıdır.

II.4.3.1. Üretim Akış Analizi

Bu yöntem 1971'de J.L. Burbidge tarafından geliştirilmiştir⁽⁴⁰⁾. Üretim akış analizinde parçalar akış kartları incelenerek, işlem gördükleri makina-

(40) BURBIDGE, J.L., "Production Flow Analysis", The Prod. Eng., April/May 1971, s.139.

lara göre gruplandırılırlar. Sonuçta, benzer makinalarda işlenen ve benzer akışları izleyen parçalar bir grupta toplanır.

Üretim akış analizinde ilkin fabrika bölümlere ayrılır. Bu bölümlerdeki tezgahlar belirlenir. Bölümler arasında taşınan parça miktarlarını gösteren genel akış diyagramları çizilir. Daha sonra her parça için, parçanın işlem gördüğü bölümlere göre proses rota numarası (PRN) bulunur. Her parça için bulunan PRN'ları gruplandırılır. Gruplandırma işleminden sonra, daha önce bulunmuş olan PRN'ları, bunların toplam akış içindeki ağırlıkları da gözönüne alınarak tek tek incelenir. Çok farklı PRN'ları varsa, bunların değiştirilip değiştirilemeyeceği araştırılır. Değişiklikler varsa akış diyagramı yeniden çizilir.

Bölümler ve bölümlerdeki tezgahlar yukarıda anlatıldığı gibi belirlendikten sonra, grup analizi aşamasında, bütün bölümler tek tek incelenir. Bunun için, her bölümde işlem gören parçaların ve bu parçaların işleneceği tezgahların gruplandırılması yapılır.

Son olarak, her grup için, gruptaki tezgahlar arasındaki parça akışları incelenir ve tezgahlar bu akışları kolaylaştıracak ve taşımayı azaltacak şekilde konumlandırılır. Bu aşamada grup içi yerleşim yapılmış olur.

II.4.3.2. Parça Akış Analizi

1972'de El-Essawy ve Torrance tarafından geliştirilmiş olan bu yöntem⁽⁴¹⁾ üretim akış analizine çok benzer bir yöntemdir. Parça akış analizinde kullanılan veriler ürün-parça listeleri, malzeme gereksinimleri, parçaların üretim sıraları, her işlem için hazırlık ve işlem süreleri, parça talepleri ve benzeri bilgilerdir.

Parça akış analizinde ilk aşamada parçaların işlem gördükleri makinalar ve alet ihtiyaçları gözönüne alınarak parçalar gruplandırılır. İkinci aşamada, ilk aşamada bulunan parça gruplarına göre tezgahlar gruplandırılır. Bu yolla oluşturulan hücrelerin yerleşimi, hücre içi yerleşimler gibi işlemlerden sonra iş sıralamaları ve tezgah yüklemeleri gerçekleştirilebilir.

II.4.4. Gruplandırmada Benzerlik Katsayılarının Kullanımı

Parça gruplandırmada benzerlik katsayılarının kullanımı fikrini ilk olarak Mc Auley ve Carrie ortaya atmışlardır. Daha sonra benzerlik katsayıları çok yaygın olarak kullanım alanı bulmuştur.

Benzerlik katsayısı iki makina arasındaki ilişkinin düzeyini belirlemeye yarayan bir orandır. Bu katsa-

(41) EL-ESSAWY, I.F.K., TORRANCE, J., "Component Flow Analysis", The Prod. Eng., May 1972, s.165.

yının hesaplanmasında makinalar arasında taşınan ve makinalarda işlenen parça sayısı kullanılır. j ve k makina indisleri olmak üzere;

N_{jk} : Hem j hem k'da işlem gören parça sayısı

N_{jj} : j'de işlem gören toplam parça sayısı

iken, j ve k makinaları arasındaki benzerlik katsayısı S_{jk} aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır⁽⁴²⁾:

$$S_{jk} = \frac{N_{jk}}{N_{jj} + N_{kk} - N_{jk}}$$

Bu katsayı 0 ile 1 arasında değer alır ve iki makina arasındaki ilişki arttıkça 1'e yaklaşır.

Makina çiftleri arasındaki benzerlik katsayıları hesaplandıktan sonra makinalar bu katsayılar yardımıyla gruplandırılırlar. Daha sonra parçalar işlem sıralarına göre bu makina gruplarına atanırlar ve böylelikle parça-makina grupları elde edilmiş olur.

Benzer olarak iki parça arasındaki ilişkiyi gösteren bir benzerlik katsayısı da bulunabilir. Bu durumda, m ve l parça indisleri iken;

N_{lm} : l ve m'nin^{ortak} işlem gördüğü makina sayısı

N_{mm} : m'in işlem gördüğü toplam makina sayısı

(42) McAULEY, J., "Machine Grouping for Efficient Production", The Prod. Eng., February 1972, s.53.

sayıları olmak üzere m ve l parçaları arasındaki benzerlik katsayısı,

$$S_{ml} = \frac{N_{ml}}{N_{mm} + N_{ll} - N_{ml}}$$

olarak hesaplanır.

Bu durumda benzerlik katsayıları yardımıyla parça grupları belirlenir. Daha sonra gruptaki parçaların işlem sıraları gözönüne alınarak makinalar bulunur ve parça-makina grupları oluşturulur.

Ancak benzerlik katsayılarıyla gruplandırmada, bu katsayılar genellikle makina çiftleri için hesaplanır. Bunun nedeni, parça sayısının yüksekliği nedeniyle, parçalar arasındaki benzerlik katsayılarının hesaplanmasının, işlem yoğunluğunu çok arttırmasıdır⁽⁴³⁾.

(43) McAULEY, a.g.e., s.57.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

HÜCRELERİN OLUŞTURULMASI İÇİN BİR YÖNTEM

Bu bölümde, hücrelerin oluşturulmasında yararlanılan bir yöntem tanıtılmış ve kullanılan bilgisayar programları hakkında bilgi verilmiştir. Hücrelerin oluşturulmasında kullanılan, ağ teorisine dayalı yöntemin tanıtılmasından önce, ağ teorisine dayalı yöntemlerden genel olarak kısaca sözedilecektir.

Uygulama yapılan işyerinde prosese göre yerleştirmenin neden olduğu sorunların bir kısmına bir çözüm olmak ve ortaya çıkan kayıpları azaltmak için grup teknolojisinin yararlı olacağı beklenebilir. İşletmenin koşulları gereği, kullanılacak yöntemin üretim özelliklerine dayalı bir yöntem olması ve özellikle parça işlem sıralarının kullanılması uygun görülmüştür. Uygulama sırasında bilgisayar desteğine yoğun bir şekilde başvurulmuştur.

III.1. Hücre Oluşturulmasında Ağ Teorisinin Kullanımı

Hücre tipi üretim sistemlerinin tasarımında ağ teorisinin kullanımını deneyen daha önce yayınlanmış iki çalışma vardır. Bu çalışmaların ilki 1968 yılında P.H.A. Sneath tarafından yapılmıştır⁽⁴⁴⁾. Bu çalışmadaki yöntem benzerlik katsayılarını kullanarak çalışmakta, hücrelerin oluşturulmasında bu benzerlik katsayılarından hareketle çizilen dendogramın minimum kapsayan ağacından yararlanmaktadır.

Bu konudaki ikinci çalışma ise 1974 yılında J.L. Batra ve R. Rajagopalan tarafından gerçekleştirilmiştir⁽⁴⁵⁾. Bu yöntem de benzerlik katsayılarını kullanmaktadır. Benzerlik katsayıları yardımıyla tezgah ağı oluşturulmakta , daha sonra bu ağın kliklerinden hareketle, ağ ayrıştırma yardımıyla hücreler elde edilmektedir. Yöntem, bu çalışmada kullanıldığı kadarıyla, ^{izleyen kısımda} ~~dördüncü~~ bölümde ayrıntılı olarak açıklanacaktır. Bu çalışmada kullanılan yöntem, büyük ölçüde Rajagopalan ve Batra'nın geliştirdiği yönteme dayandırılmıştır.

(44) KING, a.g.e., s.217.

(45) RAJAGOPALAN, R., BATRA, J.L., "Design of Cellular Production Systems, A Graph Theoretic Approach", Int. J. Prod. Res., 1975, Vol.13, No.6, s.567-579.

III.1.1. Hücrelerin Oluşturulmasına Yönelik Ağ Teorisine Dayalı Bir Yöntem

Bu çalışmada ikinci bölümde açıklanan, grup teknolojisi uygulama aşamalarının ilk ikisi, bir anlamda uygulamaya karar verme ve yöntem seçme aşamalarıdır. Bir önceki kesimde sözedildiği gibi, fonksiyonel yerleşimin önemli sorunlara yolaçtığı bir makina fabrikasında grup teknolojisinin yararlı sonuçlar yaratabileceği düşüncesiyle uygulamaya karar verildikten sonra, işletmenin koşulları gözönüne alınarak, ağ teorisine dayalı ve benzerlik katsayılarını kullanan bir yöntem seçilmiştir.

Üçüncü ve dördüncü aşamalar, izleyen kesimlerde ayrıntılı olarak tanıtılacak olan MKTEZ1 ve MKTEZ2 bilgisayar programlarıyla gerçekleştirilmiştir. Özel amaçlı bu programlar, bu iki aşamanın hemen hemen bütün adımları için yeterli olmuş, sadece birkaç karar noktasında dış etki gerekmiştir.

MKTEZ2 programı yardımıyla gerekli işgücü ve tezgah miktarları da hesaplanmıştır. Uygulama sonucunda elde edilen hücrelerde gerekli makina sayıları gözönüne alınarak, tezgah verimliliğini yükseltmek amacıyla bazı makinalar birden fazla hücrenin ortak kullanımına sunulmuştur. Altıncı aşamadaki hücre ve hücre içi tez-

gah yerleştirmesi yapılırken bu durum gözönüne alınmıştır. Bu çalışmada grup teknolojisinin uygulaması, hücre düzenlemesi aşamasına kadar gerçekteştirilmiştir.

Önerilen yöntemin uygulanması için gerekli veriler şu şekilde özetlenebilir:

- i. Gelecekte üretilecek ürünlerin kestirimi
- ii. Bu ürünlere ilişkin talep kestirimi
- iii. Her parça için işlem sıraları
- iv. Her parçanın işleneceği makinalarda işlem ve hazırlık süreleri.

Yöntem üç aşamada ele alınmıştır. Bu aşamalar,

- i. İşlem sıra ve süre bilgilerini içeren parça akış formlarından hareketle tezgah ağının belirlenişi
 - ii. Tezgah ağının hücrelerinin bulunması
 - iii. Bulunan hücrelere parça atamalarının yapılması
- olarak sıralanabilir.

III.1.1.1. Tezgah Ağının Oluşturulması

Bu aşamada ilk olarak parça akış formlarından tüm parçaların işlem sıraları incelenerek,

T_{ii} : i'inci makinada işlenen toplam parça sayısı

T_{ij} : i ve j makinalarında işlenen parça sayısı

olmak üzere, T toplam akış matrisi, izleyen sayfada görüldüğü gibi oluşturulmuştur. Matrisin girdileri, firmada üretim planlarına ve iş emirlerine esas olan verilerdir.

$$T = \begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} & \dots & T_{1ms} \\ T_{21} & T_{22} & \dots & T_{2ms} \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ T_{ms1} & T_{ms2} & \dots & T_{msms} \end{bmatrix}$$

(msXms) (ms:makina
sayısı)

Daha sonra toplam akış matrisinden hareketle,

$$S_{ij} = \frac{T_{ij}}{T_{ii} + T_{jj} - T_{ij}}$$

formülü kullanılarak makina çiftleri arasındaki benzerlik katsayıları hesaplanır ve T matrisi ile aynı boyutta bir S benzerlik katsayıları matrisi bulunur. S matrisi, tezgah ağının oluşturulmasında kullanılır.

Tezgah ağında her nokta bir makinaya karşı gelir. Ağdaki iki nokta ya da iki düğüm arasında bir kenar olması, bu düğümlerin temsil ettiği makinaların arasındaki benzerlik katsayılarının belirli bir değerden (t) büyük olması anlamına gelir.

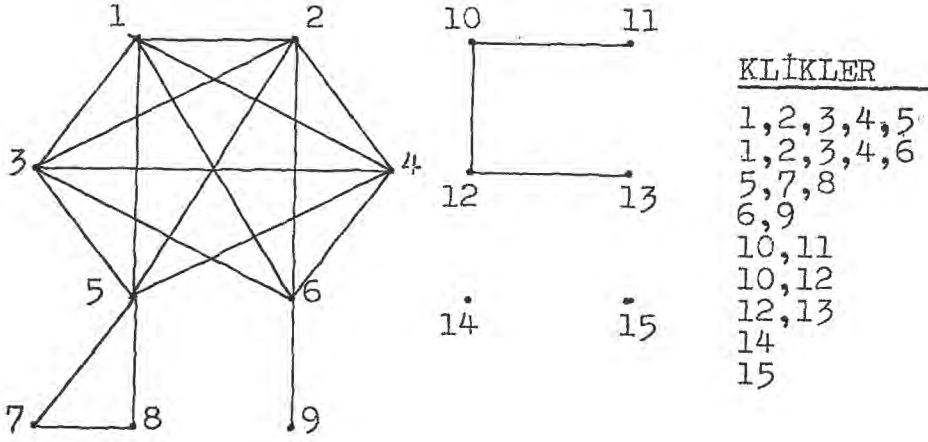
t'nin seçimi oldukça önemlidir. Eğer t çok büyük seçilirse, sonuçta bunu aşan S_{ij} 'ler sayıca çok az olacağından seyrek bir ağ elde edilir. İzleyen aşamada, hücreler oluşturulurken ağın kliklerinin bulunması kolaylaşır. Ancak t'nin büyük olması birçok ilişkinin gözardı

edilmesi demektir. t değerinin çok küçük olması durumunda sık bir tezgah ağı elde edilir ve hücrelerin oluşturulması zorlaşır. Buna karşılık olabildiğince çok ilişki gözönüne alınmış olur. Bu nedenlerle hem sık bir ağın karmaşıklığından hem de seyrek bir ağın yetersizliğinden kaçınacak şekilde bir t değeri seçilmelidir.

Tezgah ağında hücrelerin bulunmasında ağ teorisinde klik tanımından hareketle tezgah ağının klikleri bulunmakta ve bu klikler hücreler olarak alınmaktadır. Bu nedenle burada kısaca klik tanımı üzerinde durulacaktır.

Ağ teorisinde klik, maksimum sayıda nokta içeren tamamlanmış alt ağ olarak tanımlanır. Buna göre klik, bir ağda düğümler alt kümesidir ve bu düğümleri kenarlar birbirine bağlarlar.

Bir ağın tamamlanmış olması, bu ağda bütün düğüm çiftleri arasında bir kenar olması demektir. Çizim III.1' deki ağda (1,2,4) ve (3,4,6) alt ağları tamamlanmış olmalarına karşın bir başka klik tarafından (1,2,3,4,6), kapsandıklarından, bir başka deyişle maksimum sayıda nokta içermedikleri için klik değildirler. (1,2,3,4,5,6) alt ağı ise 5 ve 6 numaralı düğümler arasında bir kenar olmadığından yani tamamlanmış olmadığı için klik sayılmaz. Ayrıca bir ağın klikleri bulunurken, ağda hiçbir kenarı olmayan ayırık noktalar da klik olarak alınır (14 ve 15 numaralı noktalar).



Çizim III.1. Bir ağ ve klikleri

III.1.1.2. Tezgah Hücrelerinin Bulunması

Birinci aşamanın sonunda bulunan tezgah ağının klikleri hücreler olarak alınabilir. Ancak böyle bir yaklaşım sakıncalı olabilir, çünkü bu yolla klikler arası bazı kuvvetli ilişkiler gözardı edilmiş olabilir. Bir başka sakınca da makina kullanımının verimsizliği açısından ortaya çıkabilir. Örneğin Çizim III.1'deki ağda (1,2,3,4,5) ve (1,2,3,4,6) klikleri beşer düğümlüdür ve dörder düğümleri ortaktır. Eğer 5 ve 6 düğümleri arasında bir kenar olsaydı (1,2,3,4,5,6) alt ağı bir klik olarak ortaya çıkacaktı. (1,2,3,4,5) ve (1,2,3,4,6) kliklerinin ayrı ayrı hücreler olarak alınması, 1,2,3 ve 4 numaralı makinelerin verimsizliğine yolaçabilir. Kliklerin hücreler olarak alınmamasının bir başka nedeni de orta büyüklükte bir ağda bile klik sayısının oldukça yüksek olmasıdır. Büyük sayıda hücre, üretim kontrolü

ve makina kullanımı açısından istenmeyen durumların ortaya çıkmasına neden olabilir. Bu nedenlerle kliklerin ^{parçaları} gevşetmek ve hücreleri oluştururken benzer klikler arasındaki ortaklıkları gözönüne almak gerekir.

Kliklerin hücreler olarak alınmasının sakıncalarını ortadan kaldırmak için ilkin, her klik bir hücre olarak alınır ve parçalar hücrelere atanır. Kliklerin hücre olarak hizmet etme yeteneği kısıtlı olduğunda, parça atamaları sonucu, genellikle bir çok parça birden çok hücrede işlenmek zorunda kalır. Bu durum, hücreler arasında yoğun taşımaya neden olur. Hücreler arasında taşınan parça sayısı hesaplanır ve taşımayı azaltacak şekilde, hücreler birleştirilerek yeni hücreler bulunur. Böylece ikinci aşama tamamlanmış olur.

III.1.1.3. Parçaların Hücrelere Atanması

Bu aşamada, bir önceki aşamada bulunan hücrelere parçalar atanır. Klik tanımından görülebileceği gibi, bir ağın klikleri genellikle birbirinden tümüyle ayrık değildir. Aynı durum, ikinci aşamada bulunan hücreler için de söz konusudur. Diğer bir deyişle, birden çok hücrede aynı makinanın bulunması mümkündür. Bunun sonucu olarak, parçaların işlenmesi için birkaç seçenek hücre ortaya çıkabilir. Bu seçenekler arasında seçim yapacak bir kriter olmadan parça atama gerçekleştirilemez.

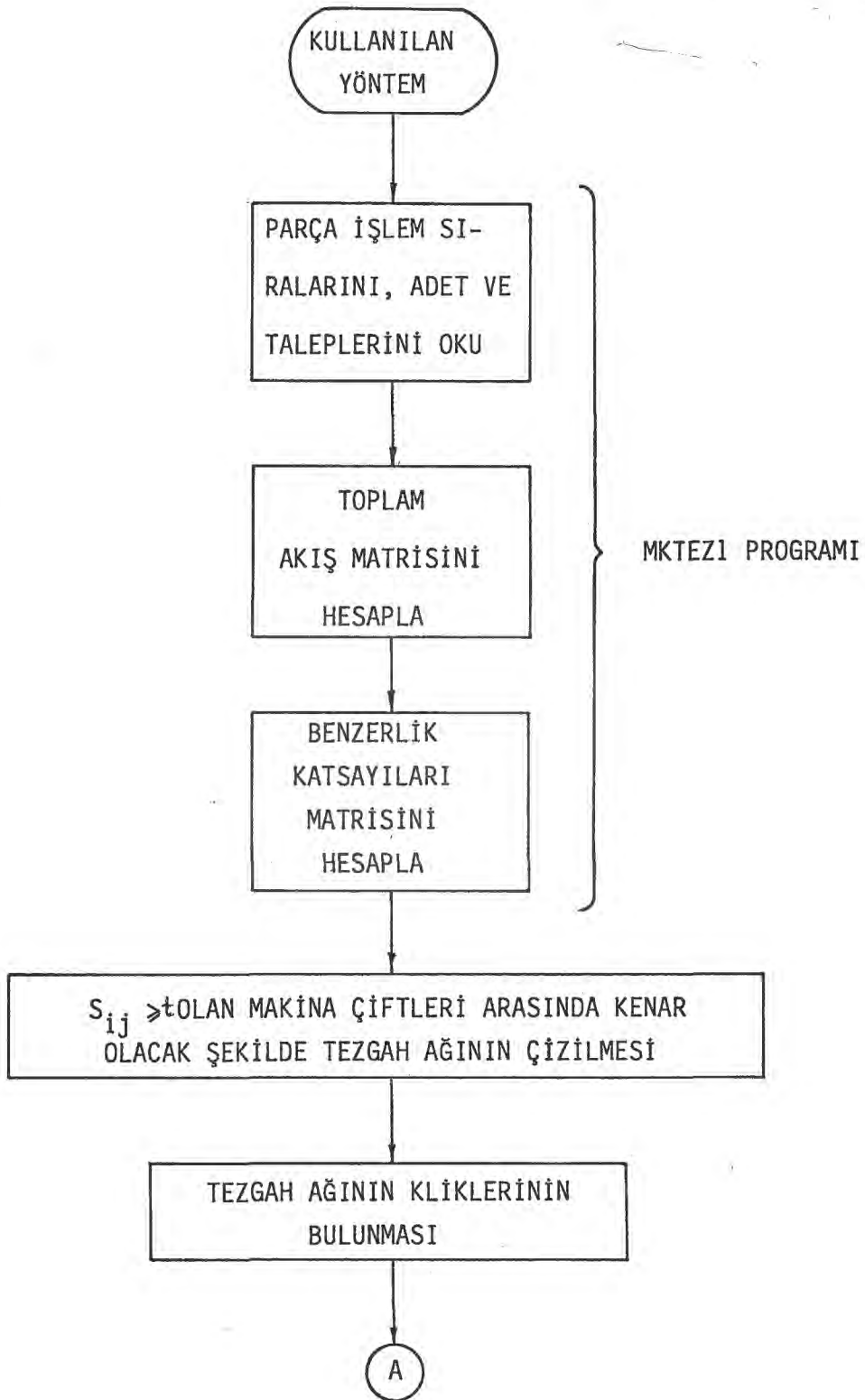
Bu çalışmada uygulanan yöntemde parça atamada kullanılan kriter, parçayı işlemek için gerekli en fazla sayıda makinayı bulunduran en küçük hücreye parçayı atamayı sağlamaktadır. Eğer parçanın işlenmesi için gerekli işlemlerin tümü bir hücrede yapılamıyorsa, bu kriter gere göre atama yapıldıktan sonra, kalan işlemler için bir kez daha atama yapılır. Bu işlem, parçanın bütün işlemleri için atama yapılana kadar tekrarlanır. Bu yöntemle parçanın mümkün olduğu kadar az sayıda hücrede işlenmesi ve hücrelerde mümkün olduğunca o hücre içinde tamamlanacak parçaların bulunması sağlanmaya çalışılır.

Üçüncü aşamanın sonunda parça-makina grupları belirlenmiş olur. Daha sonra yapılan atamalara göre, parçaların işlem süreleri ve talepler gözönüne alınarak, hücrelerdeki makinaların toplam yükleri ve bu yüklerden hareketle gerekli makina sayıları hesaplanır.

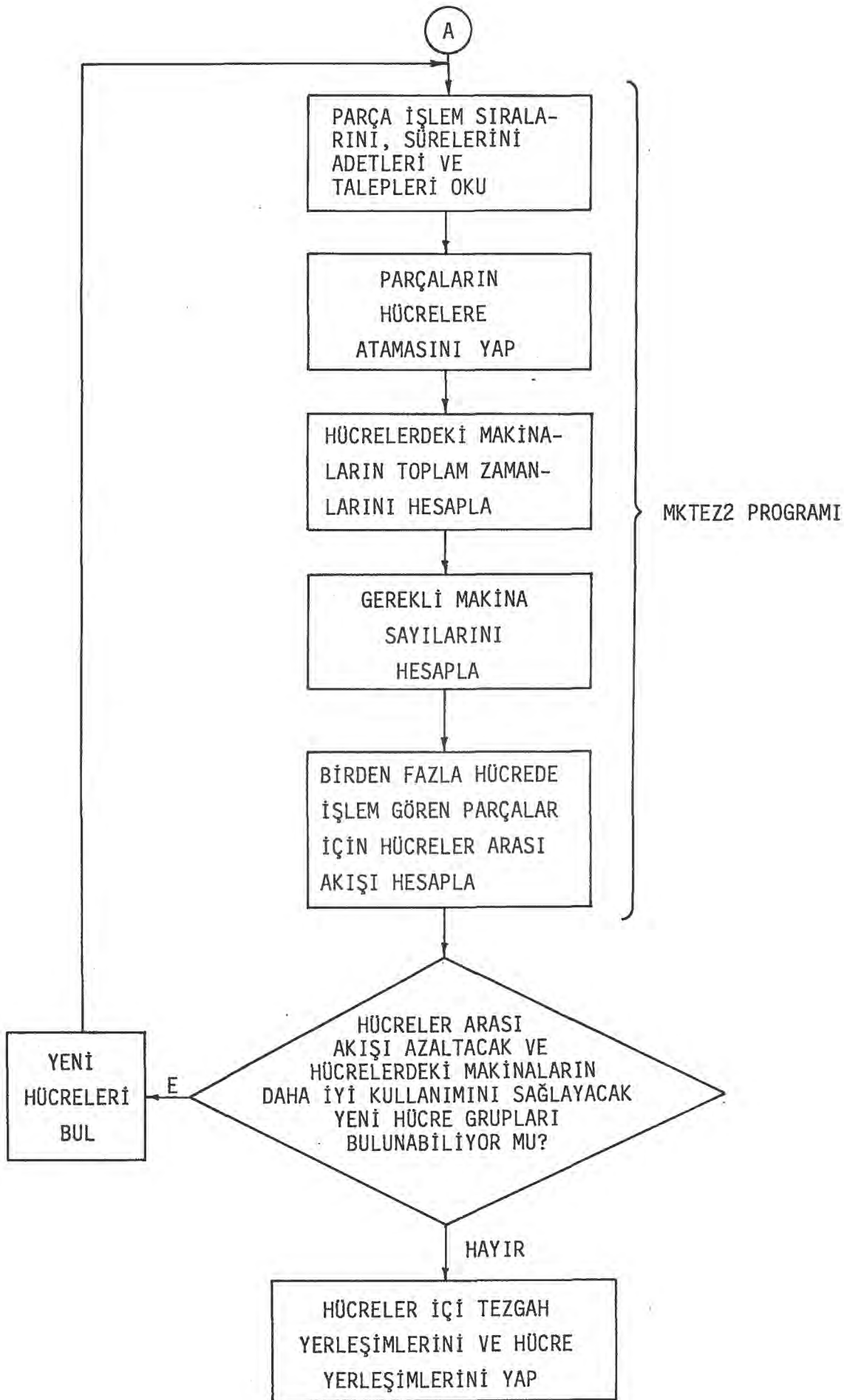
Son olarak da hücrelerin makina yerleşimleri ve genel olarak hücre yerleşimleri yapılır.

Çizim III.2'de uygulanan yöntemin genel bir akış şeması verilmiştir. Şemadan da görülebileceği gibi, yöntemin ilk aşamasındaki toplam akış matrisinin ve benzerlik katsayıları matrisinin hesabı MKTEZ1 bilgisayar programı yardımıyla gerçekleştirilmektedir.

Tezgah ağının oluşturulması ve kliklerin bulunmasından sonra bir başka bilgisayar programından yararlanıl-



Çizim III.2. Kullanılan yöntemin akış şeması.



Çizim III.2. (Devamı)

maktadır. Parçaların hücrelere atanması, hücrelerdeki makina yüklerinin ve gerekli makina sayılarının bulunması ve hücreler arası taşımanın hesaplanması MKTEZ2 programıyla yapılmaktadır.

III.2. Kullanılan Bilgisayar Programları

Bu kesimde, geliştirilen ve kullanılan iki özel amaçlı bilgisayar programı tanıtılacaktır.

III.2.1. MKTEZ1 Programı

MKTEZ1 programı bir ana program ve beş altprogramdan oluşmaktadır. Programın girdileri aşağıda sırayla verilmiştir. Bunlar;

1. Her parça için iki satırdan oluşan ve aşağıdaki formatta verilmiş olan işlem sıra, süre ve adet bilgileri.

A101	1	2	3	4	6
3	.50	.33	.20	.75	1.50

Burada A101 parça kodu olup, A parçanın bir dişli kutusu parçası olduğunu, 1 dişli kutusunun tipini, 01 ise parça numarasını gösterir⁽⁴⁶⁾. 1,2,3,4 ve 6, A101 parçasının sırayla işlem gördüğü makinalardır. İkinci satırdaki tamsayı, A1 ürününde 01 numaralı parçadan üç adet kullanıldığını göstermektedir. Diğer sütunlardaysa,

(46) Parçalara ilişkin bu bilgiler Ek 3'te örneği görülen parça listelerinden elde edilmiştir.

```

C*****
C          MKTEZ1 PROGRAMI DEĞİSKENLERİ
C      AKIS(I,K,J):I NGLU URUN İÇİN GRUP AKİŞ MATRİSİ
C      TAKIS(K,J) :TOPLAM AKİŞ MATRİSİ
C      BKMAT(I,J) :BENZERLİK KATSAYILARI MATRİSİ
C      TALEP(I)   :I NGLU URUNUN ORTALAMA TALEBİ
C      GRUP(I)   :I NOLU URUNUN PARÇA SAYISI
C      N         :URUN (GRUP) SAYISI
C*****
      INTEGER AKIS(15,12,12),TAKIS(12,12)
      INTEGER GRUP(15),TALEP(15)
      REAL BKMAT(12,12)
      DATA AKIS/2160*0/
      DATA TAKIS/144*0/
      DATA BKMAT /144*0.0/
      DATA N,GRUP(1),GRUP(2),GRUP(3),GRUP(4)/15,21,29,37,31/
      DATA GRUP(5),GRUP(6),GRUP(7),GRUP(8),GRUP(9)/25,30,24,23,18/
      DATA GRUP(10),GRUP(11),GRUP(12),GRUP(13)/24,24,21,22/
      DATA GRUP(14),GRUP(15)/21,73/
      IX=50
      WRITE(6,50)
C      ***** ORTALAMA TALEPLERİN BULUNMASI*****
      CALL ATALEP (IX,TALEP)
      DO 100 I=1,N
C      ***** i İNCİ GRUP İÇİN AKİŞ MATRİSİNİN BULUNMASI*****
      CALL AAKIS (I,GRUP(I),AKIS)
C      ***** TOPLAM AKİŞİN BULUNMASI*****
      DO 90 K=1,12
      DO 90 J=1,12
90      TAKIS(K,J)=TAKIS(K,J)+AKIS(I,K,J)*TALEP(I)
100     CONTINUE
C      ***** AKİŞ MATRİSİNİN KATLANMASI*****
      DO 5 L=1,12
      DO 5 K=1,12
      IF(L.EQ.K) GO TO 5
      TAKIS(K,L)=TAKIS(K,L)+TAKIS(L,K)
      TAKIS(L,K)=0
5      CONTINUE
      WRITE(6,30)
      DO 6 I=1,11
      DO 6 J=1,11
      IF(TAKIS(I,J).EQ.0)GOTO 6
      WRITE(6,20)I,J,TAKIS(I,J)
6      CONTINUE
C      ***** BENZERLİK KATSAYILARININ HESAPLANMASI*****
      CALL ABKAT (TAKIS,BKMAT)
      WRITE(6,40)
C      ***** BENZERLİK KATSAYILARININ SIRALANMASI*****
      CALL SIRALA (BKMAT)
20     FORMAT(5X,I2,' DEN',I3,' E TOPLAM AKİŞ= ',I6)
30     FORMAT(//10X,'TOPLAM AKİŞ (ADET/YIL):'//)
40     FORMAT(//10X,'SIRALI BENZERLİK KATSAYILARI:'//)
50     FORMAT(1H1//10X,'GRUPLARIN TALEPLERİ (ADET/YIL):')
      STOP
      END

```

```

C *****
C AAKIŞ ALTPROGRAMI DEĞİŞKENLERİ
C AKIŞ(I,K,J) : I NUMARALI URUN İÇİN GRUP AKIŞ MATRİSİ
C SURE(I,J) : I İNCİ PARÇANIN J İNCİ İŞLEMİNİN SURESİ
C SIRA(I,J) : I İNCİ PARÇANIN J İNCİ SIRADA İŞLEM GÖRDÜĞÜ
C MAKİNANIN KODU
C ADET(I) : BİR URUNDE I İNCİ PARÇADAN KULLANILAN MİKTAR
C K : URUN (GRUP) NUMARASI , K=1,15
C N : GRUPTAKİ PARÇA SAYISI
C *****
SUBROUTINE AAKIŞ(K,N,AKIŞ)
REAL SURE(73,12)
INTEGER ADET
INTEGER AKIŞ(15,12,12)
INTEGER SIRA(73,12)
DO 3 I=1,N
READ(5,10)(SIRA(I,J),J=1,8)
READ(5,15)ADET,(SURE(I,J),J=1,8)
DO 2 J=1,7
JJ=SIRA(I,J)
AKIŞ(K,JJ,JJ)=AKIŞ(K,JJ,JJ)+ADET
IF(SIRA(I,J+1).EQ.0) GO TO 3
II=SIRA(I,J)
JJ=SIRA(I,J+1)
AKIŞ(K,II,JJ)=AKIŞ(K,II,JJ)+ADET
2 CONTINUE
3 FORMAT(4X,8I6)
10 FORMAT(12,3X,8F6.2)
15 RETURN
END

```

```

C *****
C ABKAT ALTPROGRAMI DEĞİŞKENLERİ
C B(I,J) : BENZERLİK KATSAYILARI MATRİSİ
C T(I,J) : TOPLAM AKIŞ MATRİSİ
C *****
SUBROUTINE ABKAT(T,B)
INTEGER T(12,12)
REAL B(12,12)
DO 1 I=1,12
DO 1 J=1,12
A=T(I,I)+T(J,J)-T(I,J)
IF(A.EQ.0) GO TO 1
B(I,J)=1.0*T(I,J)
B(I,J)=B(I,J)/A
1 CONTINUE
RETURN
END

```

```

C *****
C          SIRALA ALTPROGRAMI DEĞİŞKENLERİ
C  SSRI(I,J) :SIRALI BENZERLİK KATSAYILARININ İNDİS MATRİSİ
C  R(I,J)    :BENZERLİK KATSAYILARI MATRİSİ
C  SSR(I)    :SIRALI BENZERLİK KATSAYILARI VEKTÖRÜ
C *****
SUBROUTINE SIRALA(R)
REAL R(12,12),SR(132),SSR(200)
INTEGER SRI(132,2),SSRI(200,2)
K=0
DO 1 I=1,12
DO 1 J=1,12
IF (I.EQ.J) GO TO 1
K=K+1
SR(K)=R(I,J)
SRI(K,1)=I
SRI(K,2)=J
1 CONTINUE
DO 3 J=1,200
MI=1
RMAX=0.0
DO 2 I=1,132
IF(SR(I).LT.RMAX) GO TO 2
RMAX=SR(I)
MI=I
2 CONTINUE
SSRI(J,1)=SRI(MI,1)
SSRI(J,2)=SRI(MI,2)
SR(MI)=0.0
SSR(J)=RMAX
3 CONTINUE
4 WRITE(6,20)
DO 5 I=1,200
IF(SSR(I).EQ.0)RETURN
5 WRITE (6,10) SSRI(I,1),SSRI(I,2),SSR(I)
10 FORMAT(5X,I2,' İLE',I3,' ARASINDAKİ BENZERLİK KATSAYISI=',
*F6.2)
20 FORMAT(///)
RETURN
END

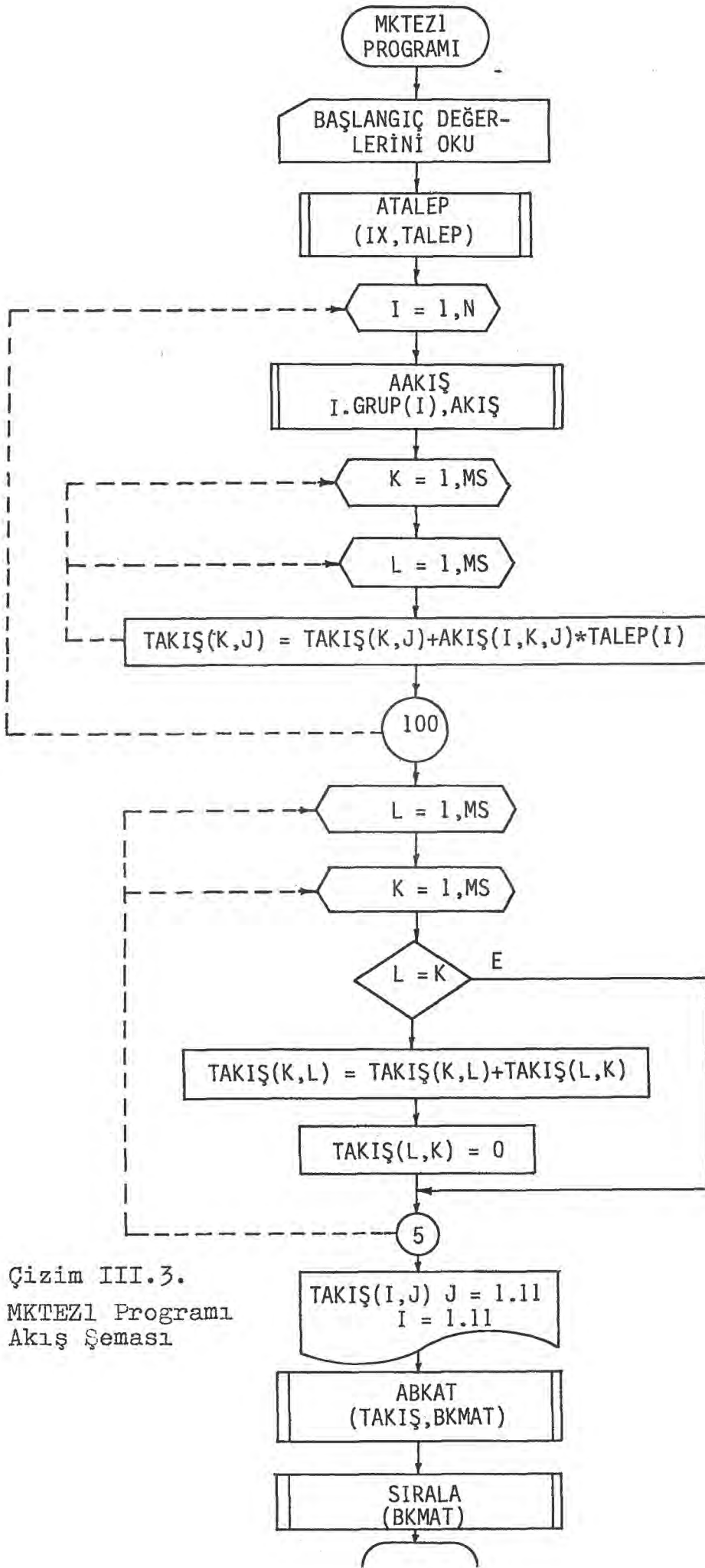
```

```

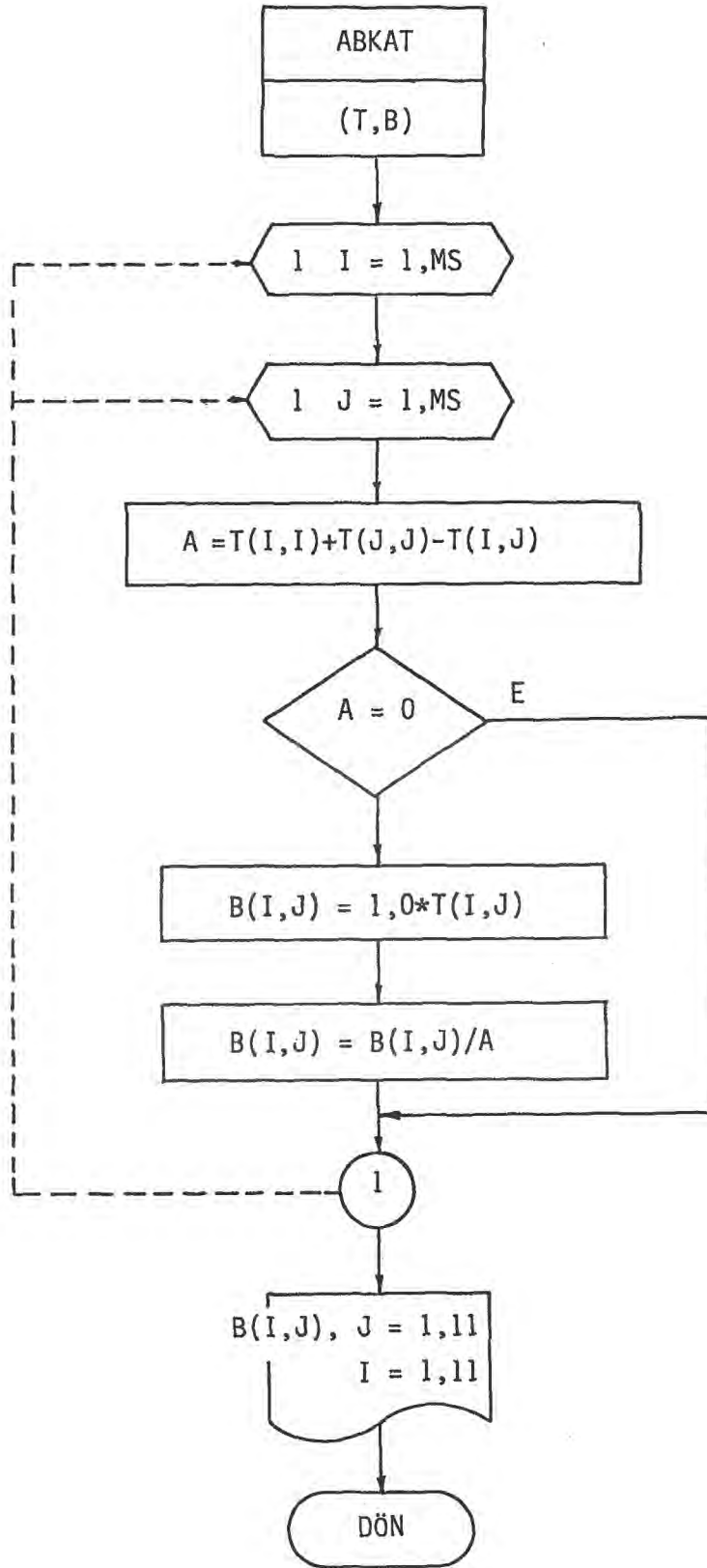
C *****
C           ATALEP ALTPROGRAMI DEĞİŞKENLERİ
C TALEP(I)   : I İNCİ GRUBUN (URUNUN) ORTALAMA TALEBİ
C YILLIK(I,J) : I İNCİ GRUBUN J İNCİ YILDAKİ ÜRETİM MİKTARI
C *****
C SUBROUTINE ATALEP(IX,TALEP)
C INTEGER TALEP(15),YILLIK(15,7)
C DO 2 I=1,15
C READ(5,10)(YILLIK(I,J),J=1,7)
C SUM=0
C DO 1 J=1,7
1  SUM=SUM+YILLIK(I,J)
C TALEP(I)=SUM/7
C CALL RANDU(IX,IY,SAPMA)
C IX=IY
C TALEP(I)=TALEP(I)*(0.4*SAPMA+0.8)
2  WRITE(6,20)I,TALEP(I)
10  FORMAT(3X,7I4)
20  FORMAT(5X,I2,' NOLU GRUBUN TALEBİ=',I3)
C RETURN
C END

C *****
C SUBROUTINE RANDU(IX,IY,YFL)
C IY=IX*65539
C IF(IY)5,6,6
5  IY=IY+2147483647+1
6  YFL=IY
C YFL=YFL*.4656613E-9
C RETURN
C END

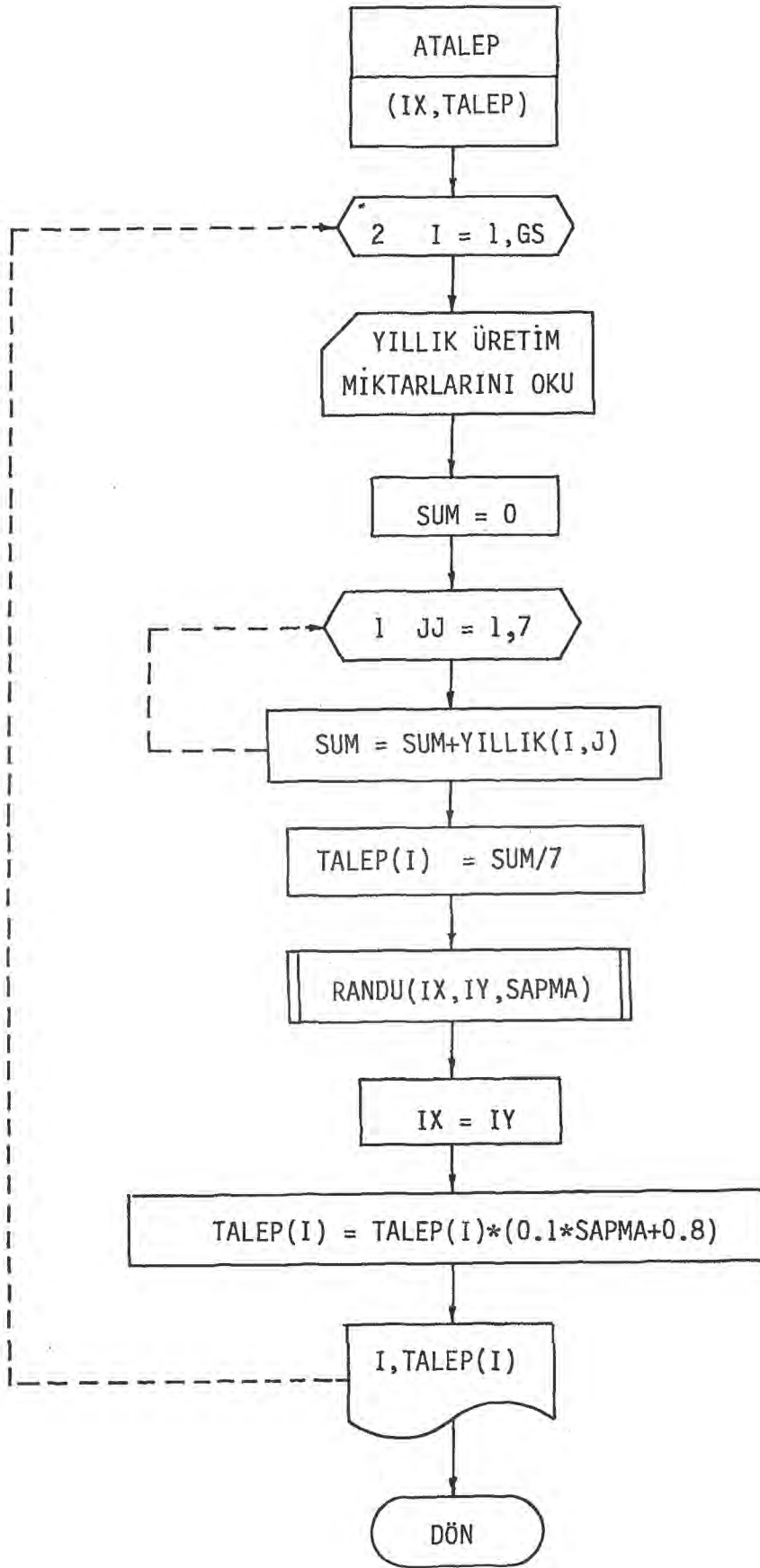
```



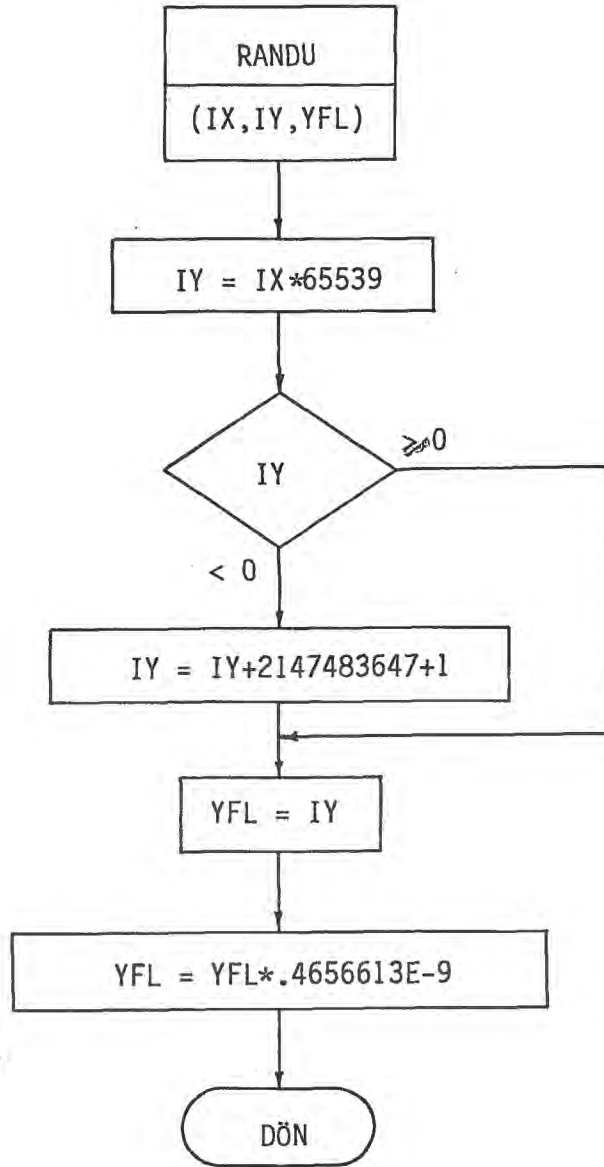
Çizim III.3.
MKTEZ1 Programı
Akış Şeması



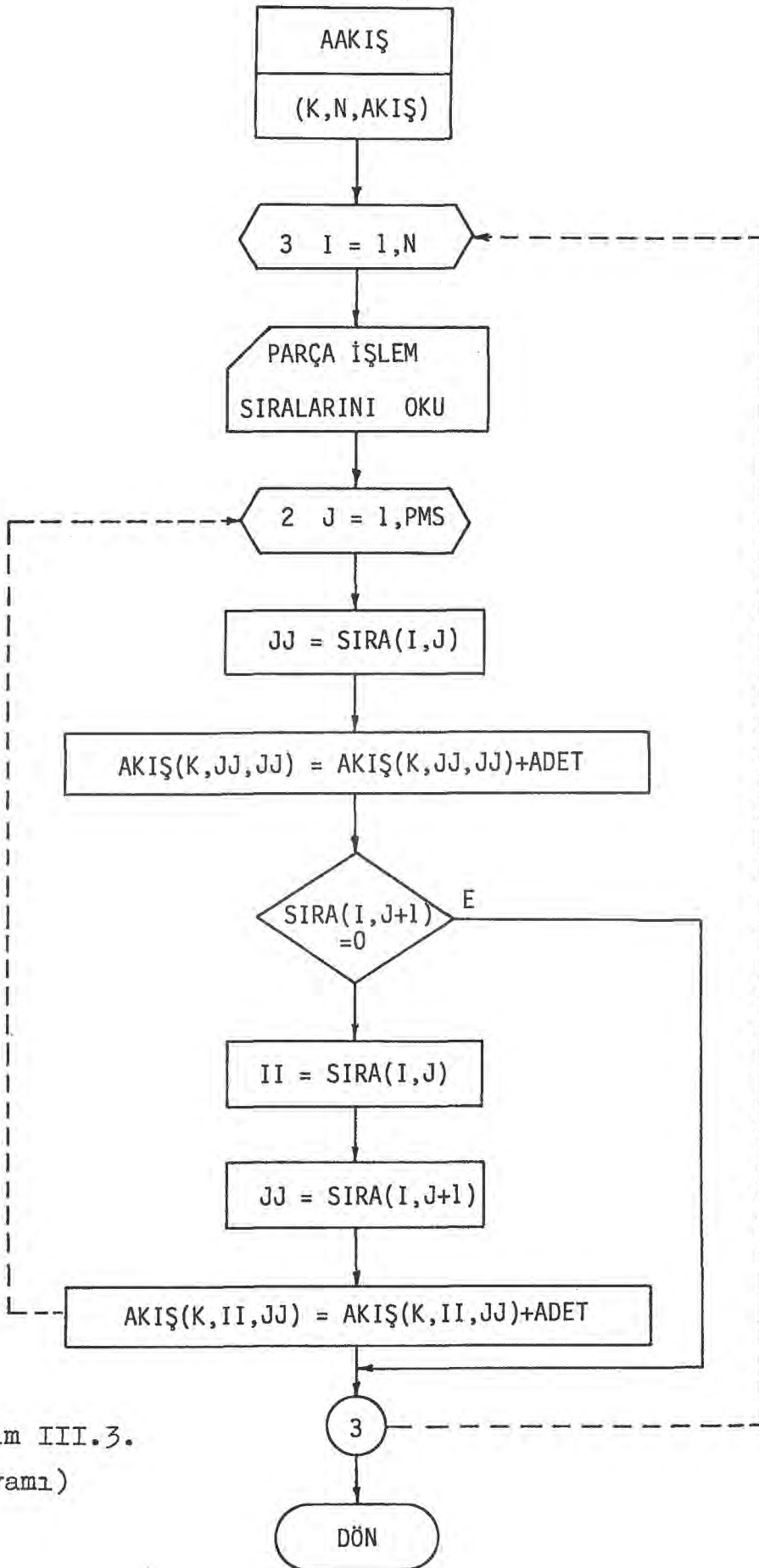
Çizim III.3. (Devamı)



Çizim III.3. (Devamı)

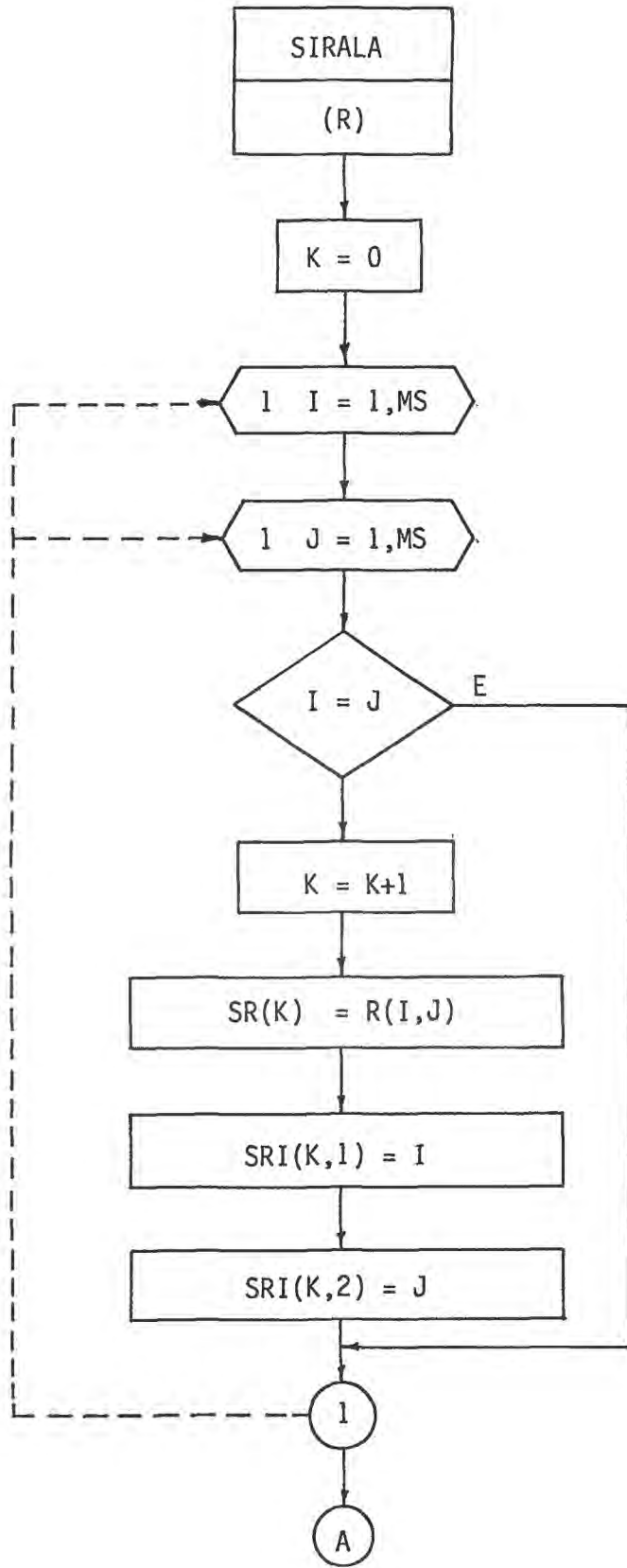


Çizim III.3. (Devamı)

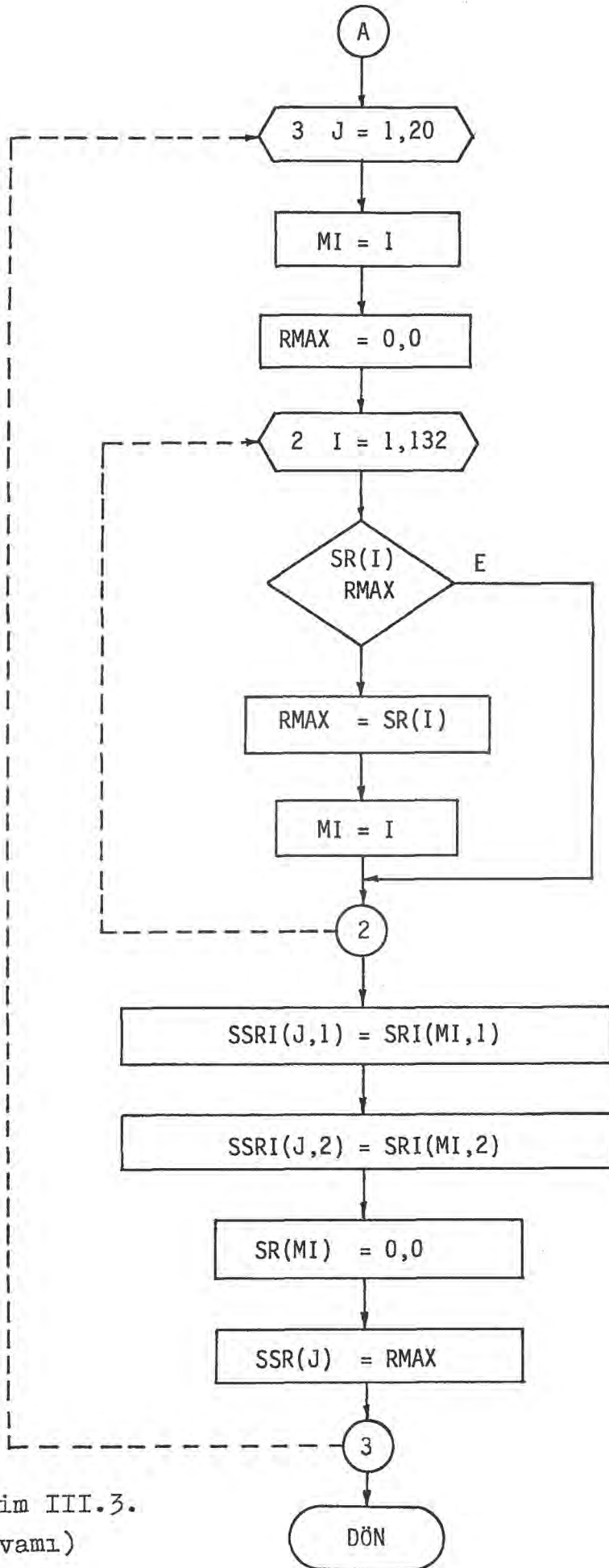


Çizim III.3.

(Devamı)



Çizim III.3. (Devamı)



Çizim III.3.
(Devamı)

parçanın işlem süreleri, işlem gördükleri makina sırasıyla ve saat cinsinden yer almaktadır. Analize alınan 15 farklı ürünün 423 parçası için düzenlenen bu verilerle bir kütük hazırlanmıştır.

2. Bütün ürünler için geçmiş yedi yıllık üretim miktarlarına ilişkin bilgiler.

Programlarda kullanılan değişkenler her iki programın başında açıklandığından, bu açıklamalara burada değinilmeyecektir.

Programın çıktıları, grup talebi olarak kullanılan değerler, toplam akış matrisi ve büyükten küçüğe sıralanmış benzerlik katsayılarıdır. MKTEZ1 programının çıktılarına bir örnek Ek 1'de verilmiştir.

MKTEZ1'in altprogramları aşağıda sırayla açıklanmıştır:

1. ATALEP Altprogramı: ATALEP, ürünlerin son yedi yıllık taleplerinin ortalamasını bulmakta ve daha sonra, gerçekleşecek talebin bu ortalamanın etrafında uygun aralıklar arasında düzgün dağılmış olduğu varsayımından hareketle her ürün için talep değerleri bulmaktadır. Bir dizi rassal değişken için alınan bu taleplere göre sistemin genel davranışında önemli bir farklılık görülmemesi üzerine, bu yolla elde edilen talep bilgisinin kullanım amacına uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Bu bilgi toplam akış matrisinin hesaplanmasında gereklidir.

2. AAKIŞ Altprogramı: AAKIS, her grup için bir kez, (bu çalışmada 15 ürün çeşidi için 15 kez) çağırılarak, grup taleplerine göre makineler arasındaki taşıma miktarlarının bulunmasında kullanılır.

3. ABKAT Altprogramı: ABKAT, toplam akış matrisinden hareketle benzerlik katsayılarını hesaplar ve bunları bir matris halinde saklar.

4. SIRALA Altprogramı: SIRALA aracılığıyla benzerlik katsayılarından sıfırdan büyük olanlar büyükten küçüğe sıralanıp yazdırılır.

Çizim III.3'de MKTEZ1 ve altprogramlarının akış şemaları görülebilir.

III.2.2. MKTEZ2 Programı

MKTEZ2, MKTEZ1 tarafından kullanılan veriler ve programın başında belirtilen klik bilgilerini kullanan, her parça için hücrelere atama yapan, hücrelerde makina yük ve sayılarını ve hücreler arası taşınan miktarları bulan bir programdır.

Hücre sayısı, hücrelerdeki makina sayısı, toplam makina sayısı, parça sayısı, grup sayısı ve gruplardaki parça sayısı programın başında atanmışlardır. Programın çıktılarına bir örnek, Ek 2'de verilmiştir.

```

C *****
C MKTEZ2 PROGRAMI DEĞİŞKENLERİ
C MATRIS(I,J,K) =1, EĞER I İNCİ PARÇANIN K İNCİ MAKİNADAKİ
C İŞİ J İNCİ HUCREDE YAPILYOR İSE
C =0, DİĞER DURUMLARDA
C SIRA(I,J) :I İNCİ PARÇANIN J İNCİ SIRADA İŞLEM
C GÖRÜCÜ MAKİNANIN KODU
C SURE(I,J) :I İNCİ PARÇANIN J İNCİ SIRADAKİ İŞLEM
C SURESİ
C TAŞIMA(I,J) :HUCRELER ARASI TAŞIMA MATRİSİ
C KLIK(I,J) :I İNCİ HUCREDEKİ J İNCİ MAKİNANIN KODU
C MY(I,J) :I İNCİ HUCREDEKİ J İNCİ MAKİNANIN TOPLAM
C ZAMANI
C GMS(I,J) :I İNCİ HUCREDE J İNCİ MAKİNADAN GEREKLİ
C MİKTAR
C IT(I,J) :I İNCİ GRUBUN J İNCİ YILDAKİ ÜRETİMİ
C PKLIK(I,J) :I İNCİ PARÇANIN HUCRE VEKTÖRÜ
C ORT(I) :I İNCİ GRUBUN ORTALAMA TALEBİ
C ADET(I) :URUNDE I İNCİ PARÇADAN KULLANILAN MİKTAR
C GS(I) :I İNCİ GRUBUN PARÇA SAYISI
C PMS(I) :I İNCİ PARÇANIN İŞLEM GÖRDÜĞÜ MAKİNA
C SAYISI
C KMS(I) :I İNCİ HUCREDEKİ MAKİNA SAYISI
C PARMAK(J)=PARM(J) :BİR PARÇA İÇİN İŞLEM SIRA VEKTÖRÜ
C PARCAD :PARÇA KODU
C PKS :PARÇANIN İŞLEM GÖRDÜĞÜ HUCRE SAYISI
C PS :TOPLAM PARÇA SAYISI
C IG :GRUP (URUN) SAYISI
C KS :HUCRE SAYISI
C MS :MAKİNA SAYISI
C *****
C INTEGER PARM(10),PKLIK(50,10),SIRA(500,10),ADET(500),PARC
C INTEGER IT(20,10),GS(15),MATRIS(423,10,12),KLIK(20,13),ARAPM
C INTEGER PMS,PS,PKS,KYUK(20),KMS(20),ATAMA(20,5),KS
C INTEGER IG,MS,TASIMA(10,10),PARM(10)
C REAL SURE(500,10),CRT(15),MY(10,15),GMS(10,15)
C CHARACTER*4,PARCAD
C DATA TASIMA/10C*0/
C DATA IG,MS,GMS/15,12,150*0.0/
C DATA PS,KS/423,8/
C DATA MY/150*0.0/
C DATA GS(1),GS(2),GS(3),GS(4)/21,29,37,31/
C DATA GS(5),GS(6),GS(7),GS(8),GS(9)/25,30,24,23,18/
C DATA GS(10),GS(11),GS(12),GS(13)/24,24,21,22/
C DATA GS(14),GS(15)/21,73/
C DATA PKLIK,KYUK/5020*0/
C DATA MATRIS/50760*0/
C DATA KMS/6,5,4,4*2,1,12*C/
C DATA (KLIK(1,J),J=1,6)/1,2,3,4,6,7/
C DATA (KLIK(2,J),J=1,5)/3,5,7,9,10/
C DATA (KLIK(3,J),J=1,5)/2,4,3,5,10/
C DATA (KLIK(4,J),J=1,5)/5,8,9,6,0/
C DATA (KLIK(5,J),J=1,5)/3,7,9,11,0/

```

```

DO 102 I=1,IG
READ(5,901)(IT(I,J),J=1,7)
ORT(I)=0
DO 101 J=1,7
101 ORT(I)=ORT(I)+IT(I,J)
ORT(I)=1.0*ORT(I)/7
102 CONTINUE
IP1=0
IG1=1
DO 214 PARCA=1,PS
IP1=IP1+1
IF(IP1.GT.GS(IG1)) THEN
IP1=1
IG1=IG1+1
ENDIF
READ(5,903) PARCAD,(SIRA(PARCA,J),J=1,10)
READ(5,904) ADET(PARCA),(SURE(PARCA,J),J=1,10)
PMS=0
DO 201 J=1,10
PARMAK(J)=SIRA(PARCA,J)
PARM(J)=PARMAK(J)
IF(PARMAK(J).GT.0) PMS=PMS+1
201 CONTINUE
IMS=PMS
KLIKNO=0
202 KLIKNO=KLIKNO+1
DO 203 I=1,KS
DO 203 J=1,KMS(I)
ATAMA(I,J)=0
DO 203 K=1,PMS
IF(PARMAK(K).EQ.KLIK(I,J)) ATAMA(I,J)=1
203 CONTINUE
MAXMAK=0
MINKAL=10
DO 206 I=1,KS
M=0
DO 204 J=1,KMS(I)
204 M=M+ATAMA(I,J)
L=KMS(I)-M
IF(M.GE.MAXMAK.AND.L.LE.MINKAL) THEN
MAXMAK=M
MINKAL=L
205 MAXI=I
ENDIF
206 CONTINUE
PKLIK(PARCA,KLIKNO)=MAXI
DO 207 I=1,PMS
DO 207 J=1,KMS(MAXI)
IF(PARMAK(I).EQ.KLIK(MAXI,J)) THEN
MATRIS(PARCA,MAXI,PARMAK(I))=1
PARMAK(I)=0
ENDIF
207 CONTINUE

```

```

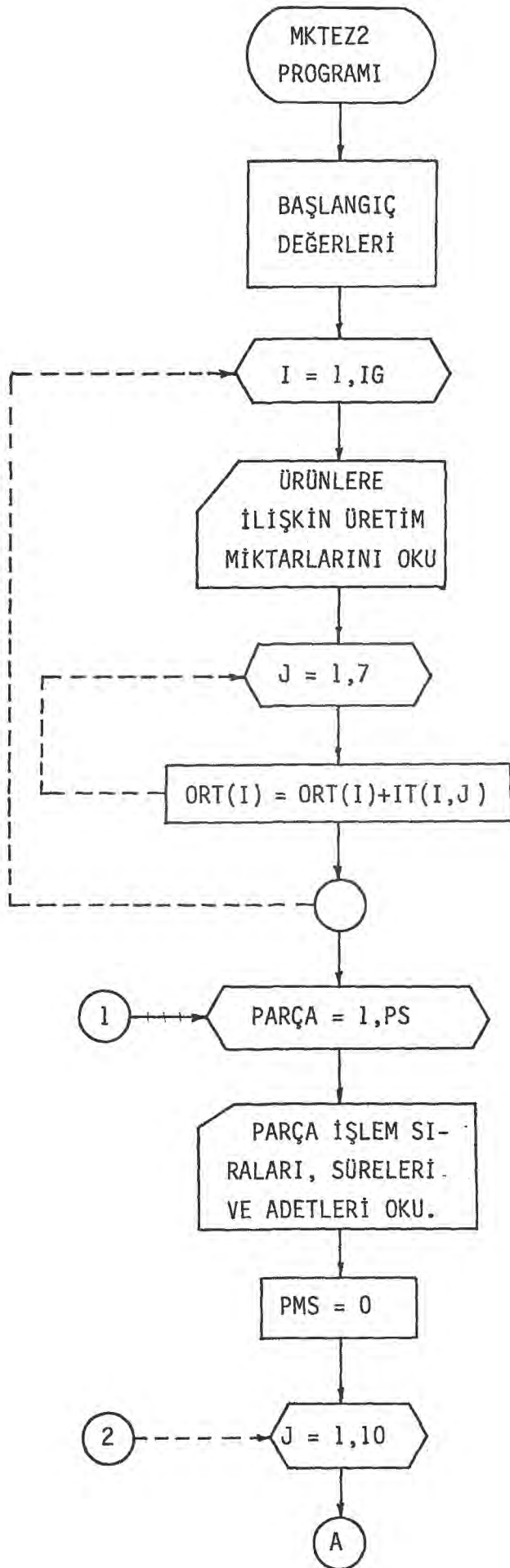
N=0
DO 208 I=1,PMS
ARAPM(I)=0
IF(PARMAK(I).NE.0) THEN
N=N+1
ARAPM(N)=PARMAK(I)
ENDIF
208 CONTINUE
PMS=PMS-MAXMAK
IF(PMS.GT.0) THEN
DO 209 I=1,PMS
209 PARMAK(I)=ARAPM(I)
GOTO 202
ENDIF
PKS=KLIKNO
DO 210 I1=1,KS
IF(MATRIS(PARCA,I1,PARM(I)).NE.1) GO TO 210
KNO1=I1
J=2
GO TO 211
210 CONTINUE
211 DO 212 I2=1,KS
IF(MATRIS(PARCA,I2,PARM(J)).NE.1) GO TO 212
KNO2=I2
GO TO 213
212 CONTINUE
213 IF(KNO1.NE.KNO2) THEN
IIT=10*ORT(IG1)
IIY=IIT-IIT/10*10
IIT=IIT/10
IF(IIY.GE.5) IIT=IIT+1
TASIMA(KNO1,KNO2)=TASIMA(KNO1,KNO2)+ACET(PARCA)*IIT
ENDIF
J=J+1
IF(J.GT.IMS) GO TO 214
KNO1=KNO2
GO TO 211
214 CONTINUE
I1=0
I2=1
DO 304 I3=1,PS
I1=I1+1
IF(I1.GT.GS(I2)) THEN
I1=1
I2=I2+1
ENDIF

```

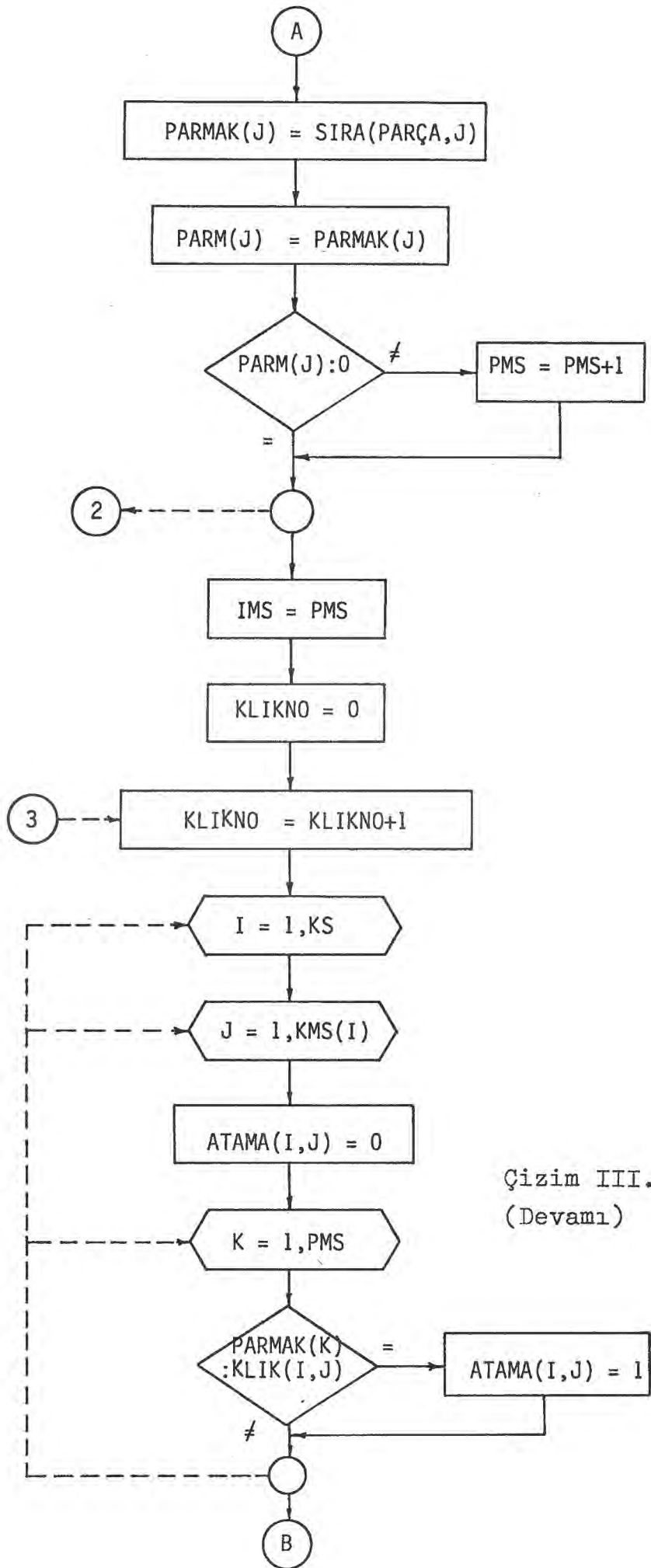
```

DO 303 I4=1,KS
DO 302 I5=1,MS
IF(MATRIS(I3,I4,I5).EQ.1) THEN
DO 301 I6=1,MS
IF(SIRA(I3,I6).EQ.I5) THEN
MY(I4,I5)=MY(I4,I5)+ADET(I3)*ORT(I2)*SURE(I3,I6)
GO TO 302
ENDIF
301 CONTINUE
ENDIF
302 CONTINUE
303 CONTINUE
304 CONTINUE
WRITE(6,902)
DO 501 I=1,KS
WRITE(6,905) I
DO 501 J=1,MS
IF(MY(I,J).NE.0.0) THEN
GMS(I,J)=(10/3)*(MY(I,J)/(16*300))
WRITE(6,906) J,MY(I,J),GMS(I,J)
ENDIF
501 CONTINUE
WRITE(6,907)
DO 401 I=1,KS
DO 401 J=I+1,KS
IF(TASIMA(I,J).EQ.0.AND.TASIMA(J,I).EQ.0)GOTO 401
WRITE(6,910)
WRITE(6,908) I,J,TASIMA(I,J)
WRITE(6,908) J,I,TASIMA(J,I)
WRITE(6,909) TASIMA(J,I)+TASIMA(I,J)
401 CONTINUE
901 FORMAT(3X,7I4)
902 FORMAT(1H1)
903 FORMAT(A4,10I6)
904 FORMAT(I2,3X,1GF6.2)
905 FORMAT(//5X,I3,' NUMARALI KLIKTE MAKINA YUK (SAAT/YIL) VE',
*' SAYILARI:')
906 FORMAT(10X,'MAKINA NO=',I3,3X,'MAKINA YUKU=',F8.2,
*' MAKINA SAYISI=',F6.2)
907 FORMAT(1H1////,5X,'HUCRELER ARASINDA TASINAN MIKTARLAR',
*' (ADET/YIL) :')
908 FORMAT(5X,I2,' INCI KLIKTE',I2,' INCI KLIĞE TASINAN MIKTAR=
*I5)
909 FORMAT(42X,' TOPLAM=',I5)
910 FORMAT(//)
STOP
END

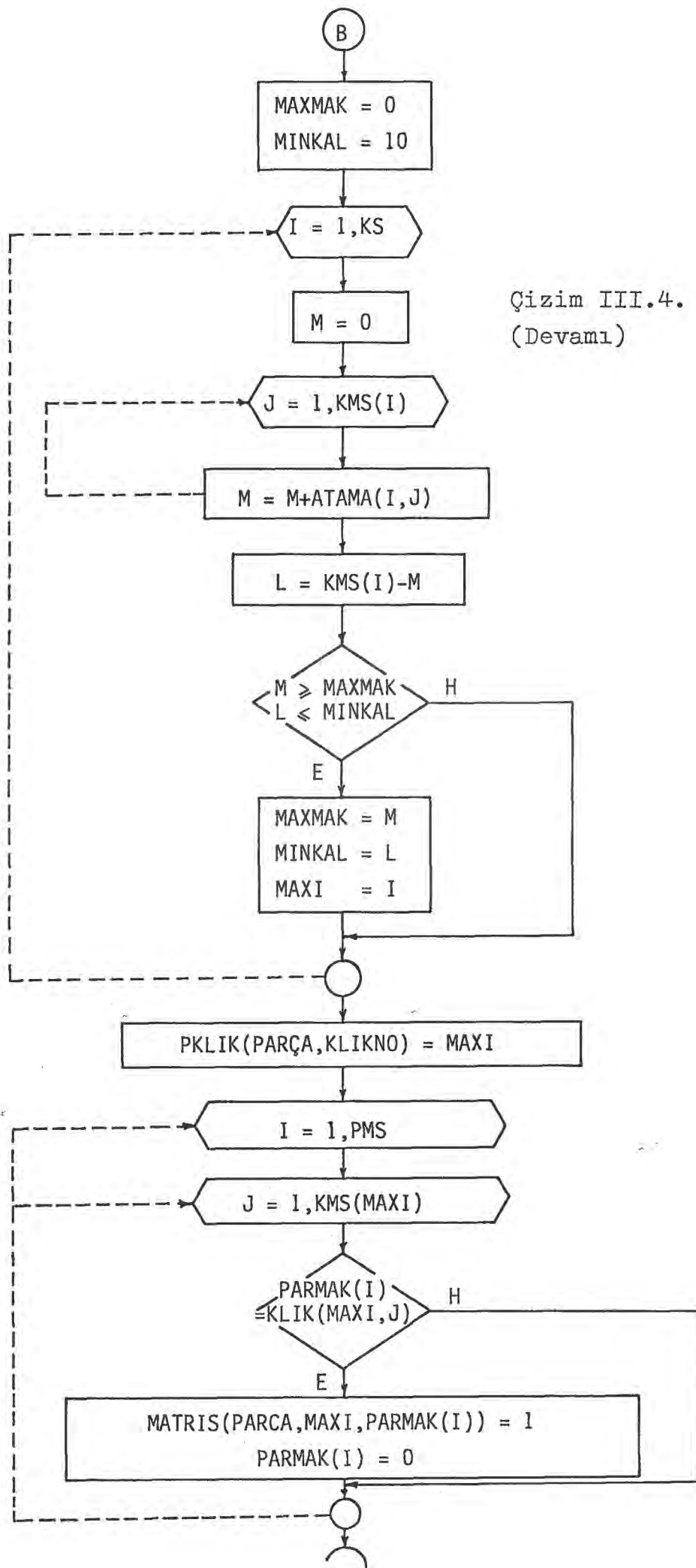
```



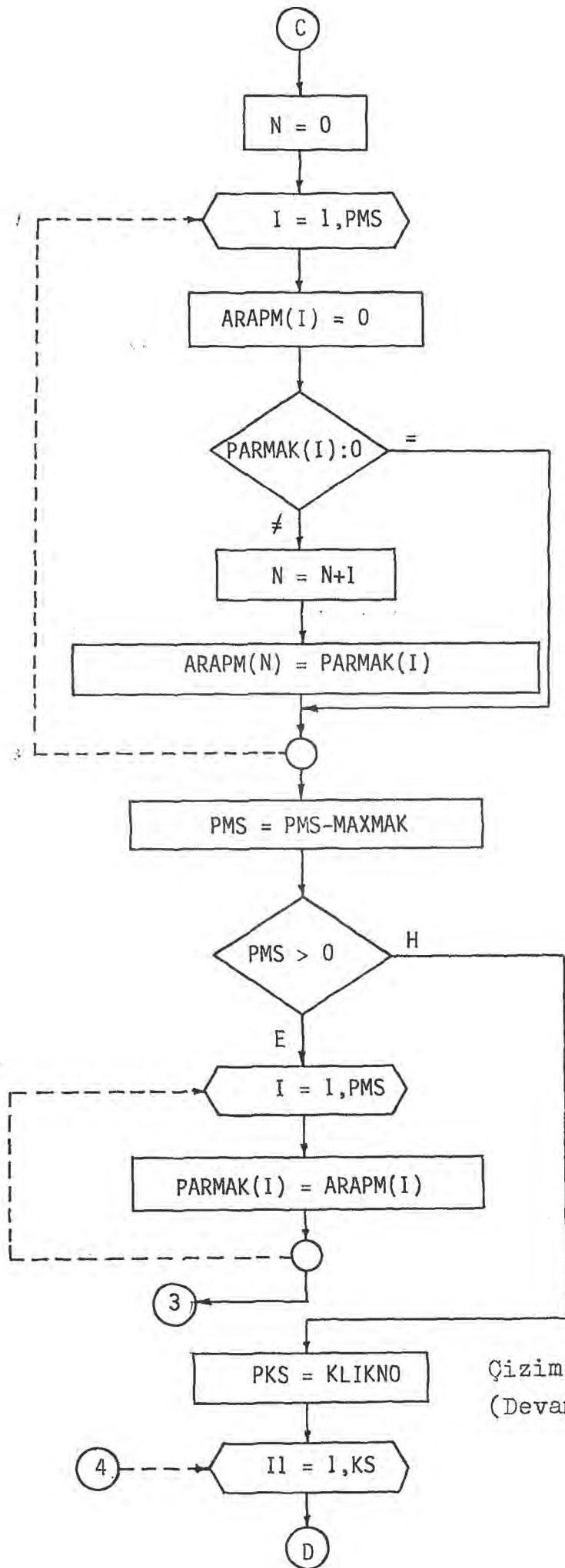
Çizim III.4.
MKTEZ2 Programı
Akış Şeması



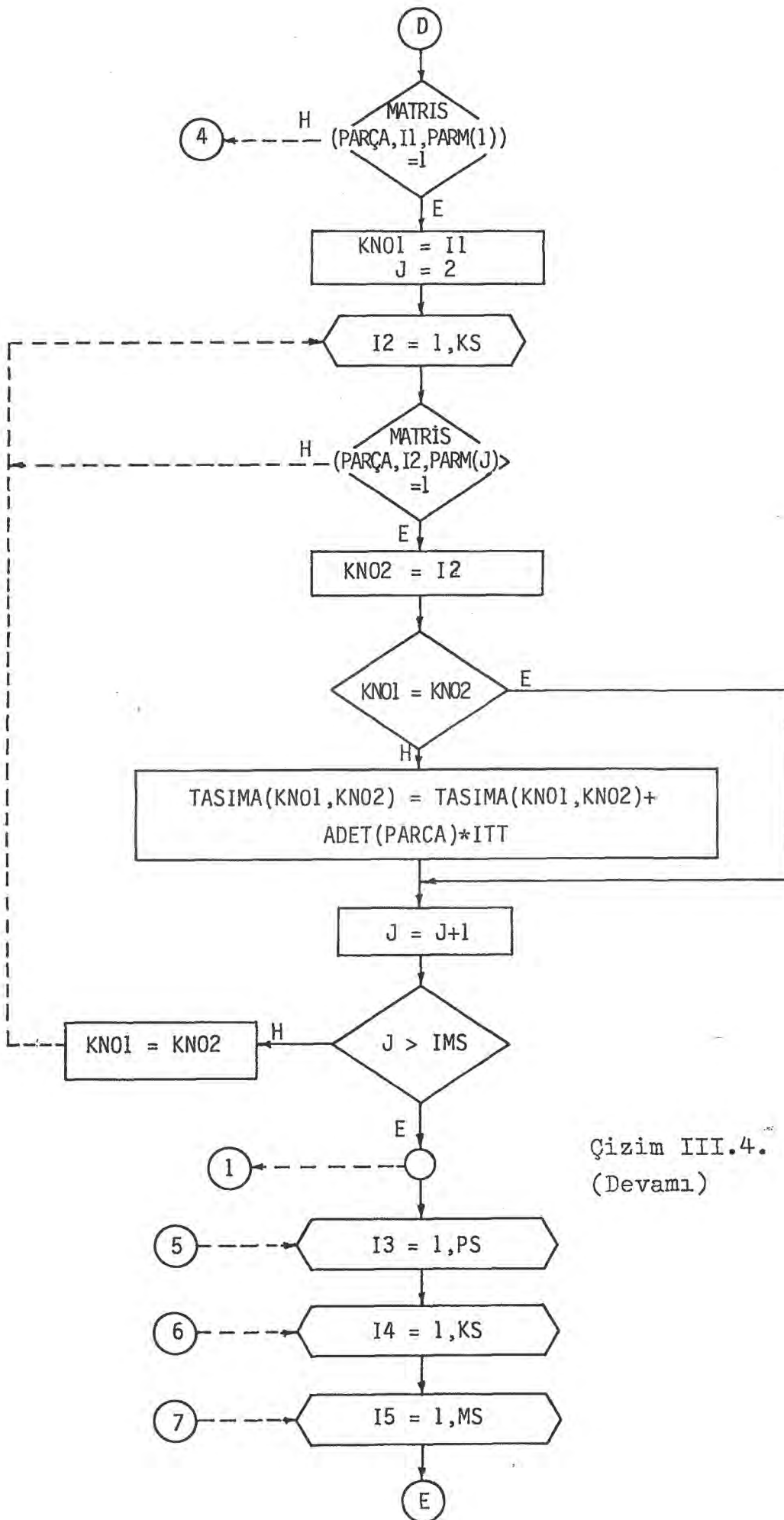
Çizim III.4.
(Devamı)



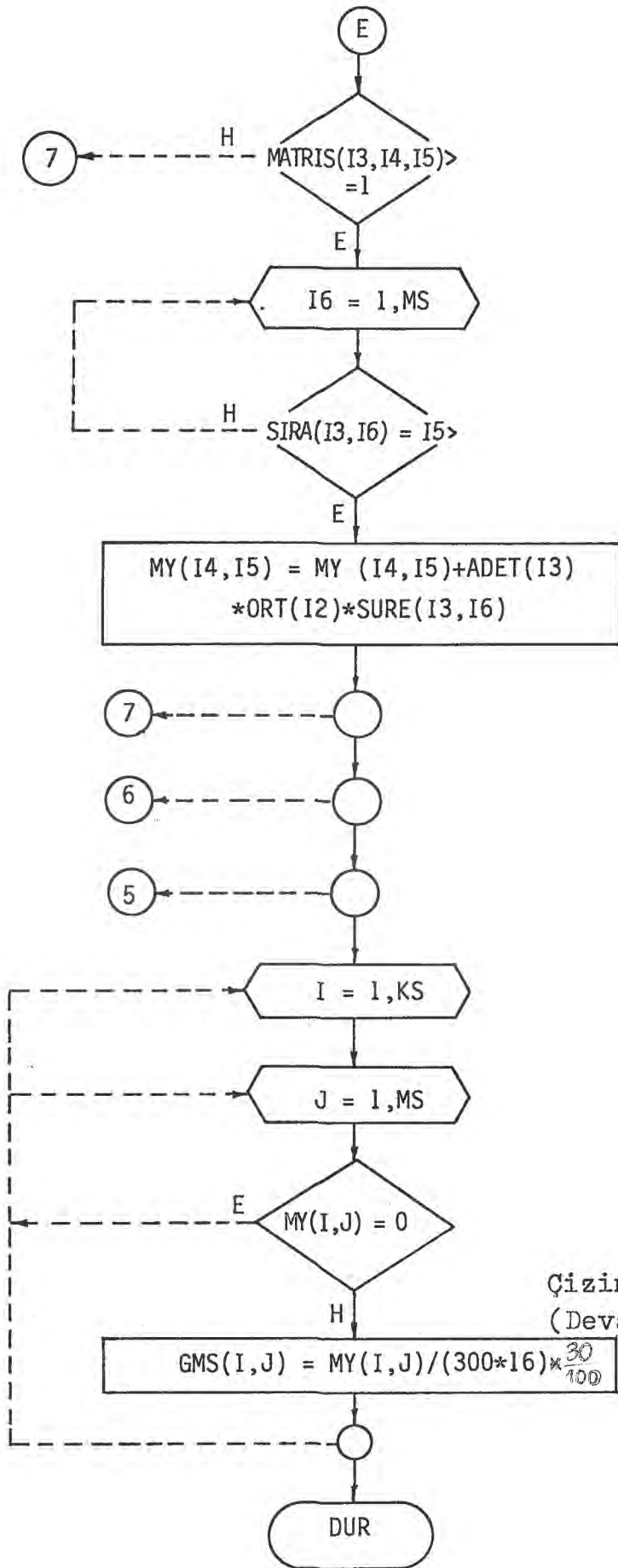
Çizim III.4.
(Devamı)



Çizim III.4.
(Devamı)



Çizim III.4.
(Devamı)



Çizim III.4.
(Devamı)

Program ilk olarak hücre makina yüklerini ve hücreler arası taşıma miktarları bulmak için kullanmak üzere grup ortalama taleplerini bulmaktadır. Daha sonra, önceki kesimde açıklanan parça atama kriterini kullanarak parça atamaları yapılır. Bu atamalara göre hücreler arası taşıma miktarları bulunur. Son olarak hücrelerdeki makinaların toplam kullanımları saat/yıl cinsinden ve gerekli makina sayıları bulunur.

Programın akış şeması Çizim III.4'de verilmiştir. Programda kullanılan değişkenler, program listesinin başında verilmiştir.

MKTEZ1 ve MKTEZ2 programları FORTRAN 77 dili kullanılarak geliştirilmiş ve IBM 4341 sisteminde çalıştırılmışlardır. Programların çalışma süreleri, çözümlenen sistemin küçüklüğü nedeniyle önemsenmeyecek kadar kısadır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

UYGULAMANIN YAPILDIĞI İŞLETMENİN TANITIMI VE UYGULAMA SONUÇLARI

Grup teknolojisinin bir endüstri kuruluşunda uygulamasını denemek amacıyla Eskişehir Şeker Makina Fabrikası uygulama yeri olarak seçilmiştir. İşletmede atölye tipi üretimde bulunulması ve işleme göre yerleşimin uygulanmış olması, grup teknolojisi uygulamasının bu işletme için yararlı olacağı beklentisini yaratmaktadır. Gerçekten de fabrikada bölümler arası taşımanın çok, ara stokların yüksek, üretim ve hazırlık sürelerinin uzun ve planlama ve denetimin güç olduğu gözlenmiştir. Fabrikanın bir atölyesinde gerçekleştirilen grup teknolojisi çalışmalarının sonunda elde edilen hücreler, MEDAT algoritması yardımıyla yerleştirilmiştir. Bu bölümde Eskişehir Şeker Makina Fabrikası tanıtılacak, daha sonra uygulama sonuçları tartışılacaktır.

IV.1. Uygulama Yapılan İşletmenin Tanıtımı

Eskişehir Şeker Makina Fabrikası Türkiye Şeker Fabrikaları Anonim Ortaklığı'na bağlı beş makina fabrikasından biridir. Fabrika, şeker fabrikalarında kampanya sırasında ortaya çıkacak arızaları gidermek ve kampanya sonu yenileme dönemindeki ihtiyaçları karşılamak üzere 1932 yılında bir bakım-onarım atölyesi olarak kurulmuştur. Daha sonraki yıllarda, zaman zaman yapılan eklerle fabrika bugünkü durumuna gelmiştir.

Eskişehir Şeker Makina Fabrikası, şeker fabrikalarının ihtiyaçlarını karşılamak yanında, serbest kalan kapasitesiyle dış kuruluşlara da iş yapmaktadır. Şeker sanayii tesislerinin onarımı için gerekli yedek parçalarla yeni kurulacak şeker fabrikalarının çeşitli makina ve teçhizatından oluşan ürünler üç grupta toplanabilir. İlk grupta yer alan standart tip imalatlar, dişli kutuları, santrifüj pompaları, vakum pompaları, götürücüler, atölye vinçleri, kamyon ve treyler kantarlarıdır. İkinci grupta şeker sanayi makinaları, pancar kesme makinaları, küspe presleri, şeker santrifüjleme makinaları, küp şeker makinaları, profil bükme kupolu ve alkol üretme tesisleri sayılabilir. Son gruptaysa sanayi tipi ızgaralı, su borulu buhar kazanları gibi özel ürünler yer almaktadır.

Üretimde döküm hammaddesi olarak bakır, kalay, kurşun, pik ve lehim, talaşlı imalatta ise demir ve çelik fabrikalarından sağlanan çeşitli çap ve ebatlarda yuvarlak ve dört köşe çelik kütükler, köşebentler, saç levha, demir ve çelik lamalar, kauçuk ve plastik kullanılmaktadır. Ayrıca piyasadan hazır olarak edinilen bilyalı yataklar, civatalar, tapalar, klingrit, yağ keçesi, salmastra, emniyet sekmanları, zincirler, rondelalar, V kayışları, kaplin, kaplama, elektromotor ve contalar da üretimde kullanılmaktadır.

Fabrikada halen dokuz atölye vardır. Bunlar model atölyesi, döküm (demir döküm, çelik döküm) atölyesi, çelik konstrüksiyon atölyesi, pres işleri atölyesi, bakım onarım atölyesi, ısıtma işlem atölyesi, takım hazırlama atölyesi, talaşlı üretim atölyesi, tesviye ve mamul montaj atölyesidir.

Bu atölyelerden takım hazırlama ve bakım onarım atölyesi yardımcı üniteler olup, bu atölyelerde fabrikanın bakım onarım işleriyle fabrikadaki tezgahların takımlarının hazırlanması işleri yapılır. Model atölyesi, dökümü yapılacak parçaların modellerinin hazırlanmasında döküm atölyesine destek sağlar. Talaşlı imalat atölyesi büyük ölçüde dişli kutusu ve pompa üretimi için kullanılır. Ayrıca diğer ürünlerin talaşlı imalat işleri de bu atölyede gerçekleştirilir. Yapılan analizlere göre, bu

atölyedeki tezgahların toplam zamanlarının yüzde 78'i dişli kutusu ve pompa üretimine ayrılmış durumdadır. Çelik konstrüksiyon ve pres işleri atölyesinde buhar kazanları ve diğer çelik konstrüksiyon imalatlar yapılır. Tesviye ve mamul montaj atölyesi ise büyük kazanların montajının yapıldığı atölyedir.

İşletmenin 150 civarında tezgahı vardır ve bu tezgahlarda işlenen parça sayısı 5000'i aşmaktadır. Üretimin büyük bir bölümünü dişli kutusu ve pompa üretimi almaktadır. Şeker fabrikalarında dişli kutularının yaklaşık ömrü 4 yıl, pompaların ise 3 yıldır.

Fabrikada işleme göre yerleşim düzeni vardır. Benzer makineler ve işlemler belli bölümlerde toplanmışlardır. Fabrika genelinde nasıl atölyeler belirli işleri yapacak şekilde örgütlenmişlerse, atölye içinde de tezgahlar aynı şekilde gruplandırılıp yerleştirilmişlerdir. Bu atölyelerden, bu çalışmaya konu olan talaşlı imalat atölyesinin yerleşim planı Ek 4'de verilmiştir.

Fabrikada toplam üretim yüksektir. Buna karşılık, çok sayıda ürün olması nedeniyle, genellikle küçük partiler halinde üretim yapılmaktadır. Örneğin bazı buhar kazanlarının 5-6 yılda bir adet üretildiği bilinmektedir.

Üretilecek her mamul çok çeşitli parçalardan oluşmaktadır ve üretimde çok çeşitli tezgah kullanımı gerekmektedir. Mamul tamamlanana kadar, mamulün parçaları,

genellikle, fabrika içinde çeşitli yollar boyunca uzun süre taşınmak zorunda kalmaktadır. Bu nedenle zaman kaybı ve maliyet yüksek olmaktadır.

İşlem sürelerindeki farklılıklar ve tezgahların birçok farklı parçayı işleyebilecek genel amaçlı tezgahlar olması nedeniyle ara stoklar yüksek olmaktadır.

Fabrika organizasyon açısından doğrudan doğruya genel müdürlüğe bağlı olduğundan, yıllık plan ve programları ihtiyaçlara göre Ankara'daki genel merkez tarafından yapılmaktadır. Genel olarak, ilkin Eskişehir Şeker Fabrikası'nın, daha sonra diğer şeker fabrikalarının, son olarak da kapasite elverdiği oranda piyasanın isteklerinin karşılanmasına çalışılmaktadır. Üretim siparişe dayandığından, orta ve uzun vadeli üretim planlarının yapılması güçleşmektedir. Öte yandan, zaman zaman günden gelen öncelikli siparişler, yapılmış olan planları da aksatmaktadır. Planların uygulanamaması ya da aksaması ise her zaman olduğu gibi düşük makina verimliliğine ve uzun üretim zamanına, dolayısıyla yüksek maliyete yolaçmaktadır.

Bir önceki kesimde ayrıntılı olarak açıklanmış olan yöntemin işleyişini denemek amacıyla dişli kutuları ve pompalar seçilmiş, fabrikanın diğer ürünleri çalışmanın sınırları dışında tutulmuştur. Çok sayıda ürünle çalışılması, yöntemde önemli bir farklılaşmaya neden olmaya-

cak buna karşılık veri hacminin artışı yüzünden, örneğin bilgisayara veri girişi gibi işlemler zaman kaybına neden olacaktır. Bu nedenle, bir tür pilot çalışma olarak, sınırlı sayıda ürün seçilmesi uygun görülmüştür.

Fabrikada çok çeşitli dişli kutuları ve pompanın üretilmesi nedeniyle, işlem sırası ve süresi açısından dişli kutularını temsil etmek üzere 9 dişli kutusu ve pompaları temsil etmek üzere 6 pompa seçilmiştir. Çizelge IV.1'de dişli kutuları ve pompalar için geçtiğimiz yedi yılın üretim miktarları, Çizelge IV.2'de ise 3000 ton/gün kapasiteli bir şeker fabrikasında bulunan dişli kutusu ve pompa adetleri, yalnızca çalışmaya konu olan ürünler için verilmiştir. Daha önce de sözü edildiği gibi dişli kutularının kullanım süresi 4, pompaların 3 yıldır. Çizelge IV.2'deki sayılar, ülkemizdeki bütün şeker fabrikaları gözönüne alındığında, fabrikanın üretiminde dişli kutusu ve pompa üretim miktarının boyutları hakkında fikir verebilir.

IV.2. Uygulama Sonuçları

Bir önceki kesimde de sözedildiği gibi, fabrikada çok sayıda mamul üretilmektedir. Bütün mamullerin incelenmesinin getireceği zaman yükünü azaltmak amacıyla, üretimin karakteristiklerini temsil edecek 15 ürün seçilmiş ve çalışma bu 15 ürünün 423 parçası için gerçekleştirilmiştir.

Mamul Adı	Y ı l l a r						
	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
3H 65	5	64	93	242	70	150	59
3H 100	24	41	99	172	22	120	26
3H 125	11	28	106	90	16	17	7
2H 200	-	28	12	30	1	19	10
1H 250	3	12	22	58	5	36	4
2H 250	34	13	37	85	7	30	10
2H 360	13	12	20	45	2	27	6
SSA100x164	32	15	131	106	6	102	11
KHH180x320x400	4	-	2	6	-	4	1
KHHH(V)	7	4	4	8	2	2	4
2HF 125	8	-	-	14	-	5	1
SB300, SC300, SB180	-	-	-	7	17	37	11
VARYATÖR	-	-	-	11	2	-	3
BELİRSİZ	-	-	10	19	1	12	6
S100, S180	-	-	-	4	4	5	1
2HL 285	-	-	-	2	2	-	1
K 180	-	-	-	-	-	17	11
TOPLAM	141	207	536	889	157	583	172

Çizelge IV.1.a. Yıllara göre dişli kutusu üretimi.

Mamul Adı	Y ı l l a r						
	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
A 32.180			13	8	7	14	
A 100.385	4						
A 200.430	9		2	8	2	4	4
AD 50.180	17			36	12	20	
B 40.180	1						
B 40.200	5		4	6		1	3
B 50.200	2			3		4	3
B 40.210						5	3
B 40.260						3	
B 100.385	5	4		13		8	4
B 150.420			2			3	
BNS 350			26		2		4
BLK 150.400		8	7	16		15	9
BLK 175.400						5	
BLK 200.400		8		8		4	
BLK 250.400		11		16	1	4	10
BNK 40.200	5		2	12			
BNK 40.260						2	
BNK 50.200			7	4	6	8	
B 50.210							3
BNK 80.200				10	10	11	
E 40.5,E50.3	2			3	1	9	
E 80.7			15			2	1
FNE 65.200	12	3	4	31	3	38	4
FNE 65.315	24	25	8	53	12	50	22
FNE 65.400		15	2	22	12	22	8
FNE 80.250	9		1	9		10	
FNE 80.400	14		1	18	1	15	8
FNE 100.250			2	2			
FNE 100.315	7	2	1	11	2	3	

Çizelge IV.1.b. Yıllara göre pompa üretimi

Y ı l l a r

Mamul Adı	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
FNE 100.400	8		2	16		2	
FNE 150.315		7	3	13			
VP 32x40.						1	
VP 45x52	5	4	2	12		4	1
VP 60x60	5		2	10		5	
VP 65x65	13	5	3	17	1	15	3
Sat.Sür.pomp.	10		2	14		8	1
Fuel oil pomp.		2		4			
Lapa pomp.	8		7	8		2	1
Pancar pomp.	2			9		5	
Membran Çamur p.						6	5
Belli olmayan				42	24	3	4
RR 2" Viking p.	13	2		15		7	1
B 32.180					4	8	
E 65.4/185.11						6	
TOPLAM	180	96	118	449	100	332	102

Çizelge IV.1.b.Yıllara göre pompa üretimi (Devamı)

KHHH (V)	SSA 100164	2H 360	3H 100	3H 65	2H 250	3H 125	2H 250	2H 200
8	19	10	60	57	20	8	16	11
AD 50.180	BLK 250.400	A 200.420	V 65.65	V 45.52	FNE 65.315			
3	5	4	4	4	31			

Çizelge IV.2. 3000 ton/gün kapasiteli bir şeker fabrikasında mevcut dişli kutusu ve pompa adedi.

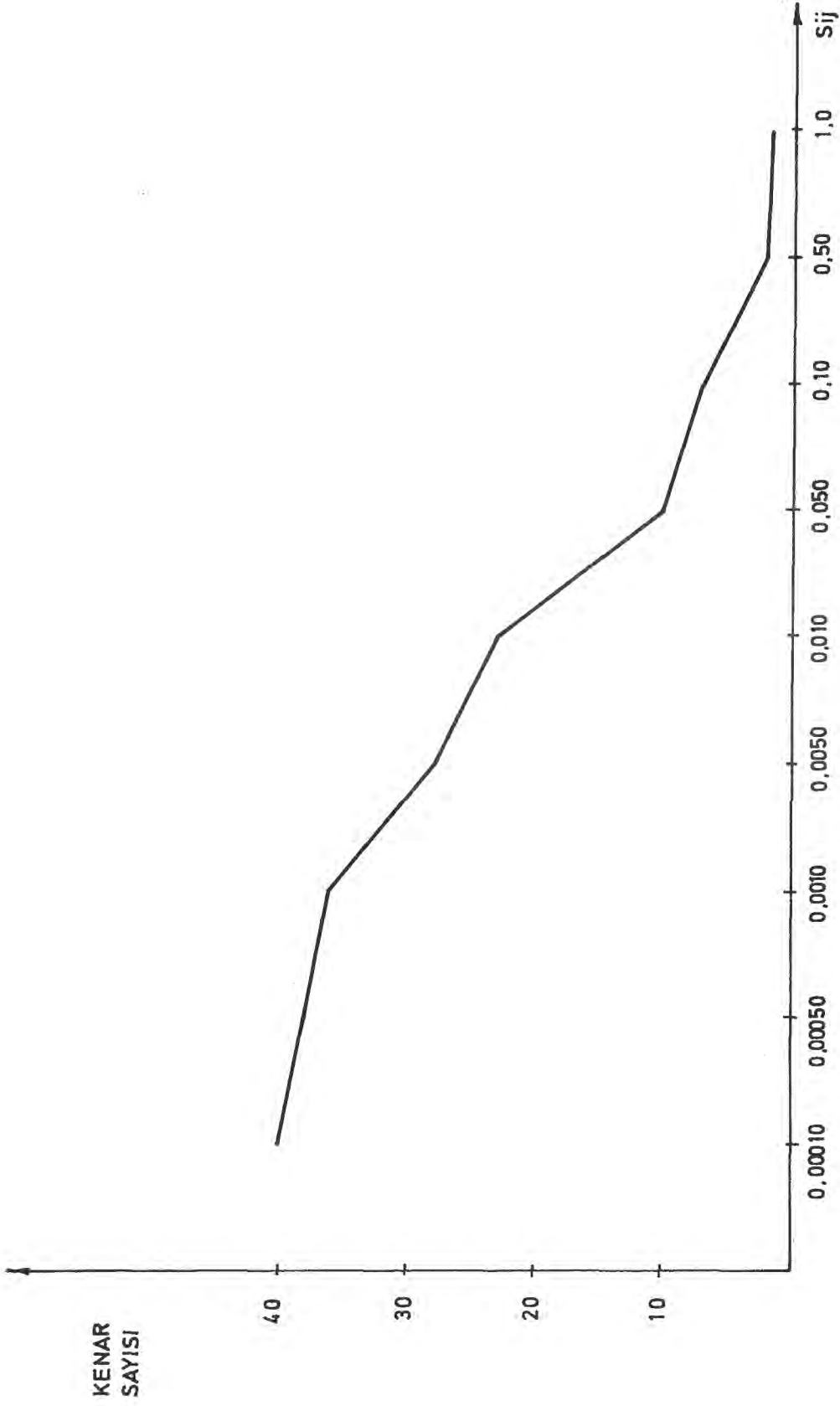
MKTEZ1 programı ürün taleplerinin ortalamadan sapması durumunda benzerlik katsayılarındaki değişimleri incelemek amacıyla değişik rassal sayı üreticileriyle on kez çalıştırılmıştır. Çizelge IV.3'den de görüldüğü gibi değişik talep ortalamaları için benzerlik katsayılarında çok küçük değişimler olmakta ve bu katsayıların sıralanması durumunda en yüksek katsayılara sahip çiftler genellikle değişmemektedir. Bu nedenle sistemin taleplerdeki oynamalara duyarlılığının yüksek olmadığı varsayılarak, işlemlerde ortalama talepler kullanılmıştır.

Hangi düzeyin üstündeki benzerlik katsayılarının dikkate alınacağını kararlaştırmak için (diğer bir deyişle, uygun t değerini bulmak için) değişik t değerlerine karşılık ağdaki kenar sayısını gösteren bir grafik çizilmiştir. Çizim IV.1'de gösterilen grafikte t değeri büyüdükçe ağdaki kenar sayısı azalmaktadır. Bu azalış t 'nin 0.01'den büyük değerleri için daha hızlı olmaktadır. Sık bir ağın karmaşıklığından ve seyrek bir ağın yetersizliğinden kaçınmak için t değeri 0.010 olarak seçilmiştir.

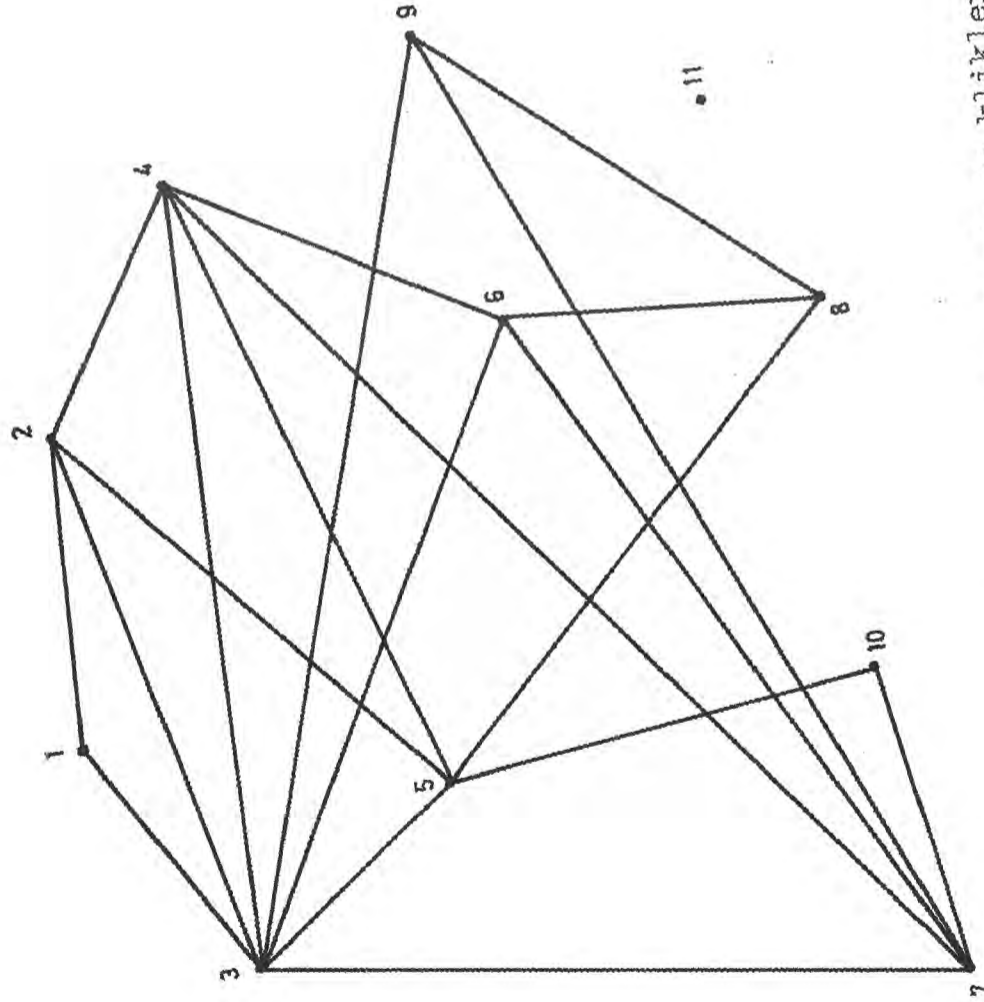
MKTEZ1 programı sonunda bulunan benzerlik katsayıları ve seçilen t değerine göre, Çizim IV.2'deki tezgah ağı oluşturulmuştur. Daha sonra tezgah ağının klikleri bulunmuş ve bulunan bu klikler hücreler olarak kabul edilip MKTEZ2 programı çalıştırılmıştır. Çizelge IV.4.a'da

BİRİNCİ DENEME				İKİNCİ DENEME				ÜÇÜNCÜ DENEME				DÖRDÜNCÜ DENEME				BEŞİNCİ DENEME				ALTINCI DENEME				YEDİNCİ DENEME				SEKİZİNCİ DENEME				DOKUZUNCU DENEME				ONUNCU DENEME							
GRUP TALEPLERİ		BENZERLİK KATSAYILARI		GRUP TALEPLERİ		BENZERLİK KATSAYILARI		GRUP TALEPLERİ		BENZERLİK KATSAYILARI		GRUP TALEPLERİ		BENZERLİK KATSAYILARI		GRUP TALEPLERİ		BENZERLİK KATSAYILARI		GRUP TALEPLERİ		BENZERLİK KATSAYILARI		GRUP TALEPLERİ		BENZERLİK KATSAYILARI		GRUP TALEPLERİ		BENZERLİK KATSAYILARI		GRUP TALEPLERİ		BENZERLİK KATSAYILARI									
GRUP NO	ORTALAMA TALEP	i→j	S _{ij}	GRUP NO	ORTALAMA TALEP	i→j	S _{ij}	GRUP NO	ORTALAMA TALEP	i→j	S _{ij}	GRUP NO	ORTALAMA TALEP	i→j	S _{ij}	GRUP NO	ORTALAMA TALEP	i→j	S _{ij}	GRUP NO	ORTALAMA TALEP	i→j	S _{ij}	GRUP NO	ORTALAMA TALEP	i→j	S _{ij}	GRUP NO	ORTALAMA TALEP	i→j	S _{ij}	GRUP NO	ORTALAMA TALEP	i→j	S _{ij}								
1	21	2→3	.577	1	26	2→3	.577	1	21	2→3	.593	1	29	2→3	.583	1	21	2→3	.578	1	22	2→3	.579	1	21	2→3	.575	1	22	2→3	.579	1	21	2→3	.577	1	21	2→3	.583				
2	6	1→2	.495	2	8	1→2	.505	2	6	1→2	.482	2	8	1→2	.498	2	6	1→2	.495	2	7	1→2	.492	2	6	1→2	.494	2	7	1→2	.495	2	6	1→2	.501	2	6	1→2	.502				
		5→10	.372			5→10	.354			5→10	.397			5→10	.369			5→10	.368			5→10	.378			5→10	.362			5→10	.380			5→10	.360			5→10	.368				
3	4	3→4	.249	3	5	3→4	.253	3	4	3→4	.244	3	5	3→4	.249	3	4	3→4	.250	3	5	3→4	.248	3	4	3→4	.247	3	4	3→4	.248	3	4	3→4	.251	3	4	3→4	.251				
4	3	7→10	.216	4	3	7→10	.213	4	3	7→10	.216	4	4	7→10	.211	4	3	7→10	.209	4	3	7→10	.215	4	4	7→10	.213	4	3	7→10	.215	4	3	7→10	.216	4	3	7→10	.204				
5	6	3→5	.141	5	4	3→5	.137	5	4	3→5	.152	5	5	3→5	.142	5	5	3→5	.143	5	6	3→5	.144	5	6	3→5	.141	5	5	3→5	.144	5	6	3→5	.139	5	7	3→5	.143				
		3→7	.136			3→7	.135			3→7	.139			3→7	.134			3→7	.137			3→7	.136			3→7	.139			3→7	.135			3→7	.138			3→7	.137				
6	1	4→6	.130	6	1	4→6	.128	6	1	4→6	.122	6	1	4→6	.122	6	2	4→6	.124	6	1	4→6	.128	6	2	4→6	.125	6	2	4→6	.131	6	1	4→6	.131	6	1	5→8	.076				
7	19	5→8	.079	7	17	5→8	.080	7	17	5→8	.069	7	22	5→8	.068	7	18	5→8	.080	7	19	5→8	.080	7	18	5→8	.079	7	23	5→8	.081	7	22	5→8	.081	7	22	4→6	.072				
8	27	4→7	.056	8	26	4→7	.056	8	24	4→7	.060	8	24	4→7	.058	8	19	4→7	.055	8	22	4→7	.057	8	21	4→7	.058	8	23	4→7	.058	8	25	4→7	.055	8	24	6→8	.063	8	24	6→8	.061
		6→8	.055			6→8	.045			6→8	.051			6→8	.057			6→8	.051			6→8	.054			6→8	.052			4→7	.055			4→7	.055			4→7	.055			3→6	.037
9	41	4→5	.046	9	51	3→6	.044	9	50	4→5	.039	9	52	3→6	.042	9	39	1→3	.041	9	43	1→3	.040	9	47	4→5	.041	9	38	1→3	.040	9	37	4→5	.044	9	53	1→3	.037				
10	34	1→3	.039	10	35	4→5	.041	10	28	3→6	.038	10	31	4→5	.040	10	39	4→5	.038	10	38	4→5	.039	10	35	1→3	.040	10	36	4→5	.039	10	33	1→3	.038	10	36	7→4	.030				
11	93	3→6	.039	11	81	1→3	.039	11	109	1→3	.033	11	99	1→3	.036	11	91	3→6	.036	11	95	3→6	.039	11	77	3→6	.037	11	104	3→6	.038	11	82	3→6	.036	11	97	5→4	.028				
		8→9	.034			8→9	.031			8→9	.028			8→9	.031			8→9	.032			2→4	.027			8→9	.033			2→4	.027			8→9	.033			2→4	.026				
12	62	2→4	.027	12	70	2→4	.026	12	82	2→4	.023	12	85	2→4	.024	12	78	2→4	.026	12	74	8→9	.025	12	83	2→4	.027	12	72	8→9	.024	12	76	2→4	.028	12	68	8→9	.026				
13	17	6→7	.019	13	21	6→7	.023	13	21	6→7	.022	13	21	6→7	.021	13	15	6→7	.018	13	17	6→7	.020	13	18	6→7	.022	13	21	6→7	.017	13	22	6→7	.017	13	20	1→7	.024				
14	50	2→5	.015	14	63	2→5	.013	14	49	2→5	.012	14	67	2→5	.012	14	66	4→10	.011	14	52	2→5	.012	14	56	2→5	.012	14	56	2→5	.012	14	57	2→5	.014	14	67	6→7	.023				
		3→9	.011			3→9	.012			3→9	.010			3→9	.011			2→5	.011			3→9	.011			3→9	.011			3→9	.010			3→9	.011			2→5	.013				
15	4	7→9	.010	15	4	4→10	.011	15	3	4→10	.008	15	4	4→10	.010	15	4	3→9	.010	15	3	4→10	.009	15	4	4→10	.010	15	3	4→10	.009	15	4	4→10	.010	15	3	3→8	.013				

Çizelge IV.3. Değişik Talep Ortalamaları için Benzerlik Katsayıları



Çizim IV.1. Benzerlik katsayılarının değişimine göre tezgah ağının kenar sayısı.



- KLIKLER
- 2, 3, 4, 5, 7
 - 3, 4, 6, 7
 - 1, 2, 3, 9
 - 3, 7, 9
 - 3, 8, 9
 - 5, 8, 10
 - 5, 7, 10
 - 6, 7, 8, 11

Çizim IV.2. $S_{ij} \geq 0.010$ için tezgah ağı ve klikleri

bu kliklerin makina yükleri ve hücreler arası taşıma miktarları özetlenmiştir. Bu deneme için hücreler arasında taşınan toplam miktar 9473 parça/yıl'dır. Bu toplamın içinde en büyük pay 3152 ile 2 ve 3'üncü hücreler arasındaki taşımaya aittir. Bu durumda 2 ve 3 numaralı hücreler birleştirilmiş ve yeni bir deneme yapılmıştır. Bu denemenin sonuçları Çizelge IV.4.b'de görülmektedir.

Çizelge IV.4.b'den de görülebileceği gibi 4, 5 ve 8 numaralı hücrelerde 8 numaralı makina için gerekli miktarlar sırasıyla 0.03, 0.08 ve 0.12'dir. Makinaların verimsiz kullanımını azaltmak için bu hücreler birleştirilmiş ve Çizelge IV.4.c'deki sonuçlar elde edilmiştir.

Hücreler arası taşıma miktarlarını azaltabilmek ve makina verimliliğini koruyabilmek için değişik hücre yapılarıyla on deneme yapılmıştır. Bu denemelerin sonuçları Çizelge IV.4'de toplu halde verilmiştir. Yerleştirme planına esas olacak hücrelerin seçiminde, toplam taşıma, gerekli makina sayıları ve hücrelerdeki toplam makina sayıları gözönüne alınmıştır. Sonuçta, Çizelge IV.4.b'de sonuçları verilen hücreler seçilmiş ve yerleştirmenin bu hücreler için yapılmasına karar verilmiştir.

		H ü c r e l e r									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
M a k i n a l a r	1	0.00	0.00	22.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	0.33	0.00	1.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	2.61	0.85	10.4	4.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	0.29	2.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.74	0.00	0.00
	6	0.00	3.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.17	0.00
	7	0.00	0.52	0.00	0.75	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00
	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.10	0.00	0.00	0.09	0.00
	9	0.00	0.00	0.00	0.09	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.82	3.13	0.00	0.00
	11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01

Hücrelerde Gerekli Makina Sayıları

		H ü c r e l e r									
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	
H ü c r e l e r	1	0	218	534	29	0	8	1216	80	0	
	2		3152	599	0	0	112	100	0	0	
	3			603	0	15	651	251	195	0	
	4				73	0	10	903	552	96	
	5					16	0	4	0	0	
	6						0	0	0	0	
	7							6	15	0	
	8								35	0	
	9									0	

Hücreler Arası Taşıma Miktarları
(Toplam Taşıma 9473 adet/yıl)

Çizelge IV.4.a. Hücrelerde makina yükü ve taşıma miktarları (Deneme 1)

		H ü c r e l e r								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
M a k i n a l a r	1	22.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	1.48	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	11.9	4.14	2.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	2.86	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	0.97	0.00	0.00	0.10	0.00	0.62	0.00	0.00
	6	4.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	1.57	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	0.00	0.00	0.00	0.03	0.08	0.00	0.00	0.12	0.00
	9	0.00	0.00	0.09	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.95	0.00	0.00
	11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01

Hücrelerde Gerekli Makina Sayıları

		H ü c r e l e r							
		2	3	4	5	6	7	8	9
H ü c r e l e r	1	785	2234	8	0	6	1584	115	4
	2		551	29	0	8	1394	23	0
	3			73	0	4	305	102	92
	4				16	0	4	0	0
	5					0	0	0	0
	6						0	0	0
	7							20	0
	8								0

Hücreler Arası Taşıma Miktarları
(Toplam Taşıma 7357 adet/yıl)

Çizelge IV.4.b. Hücrelerde makina yükü ve taşıma miktarları (Deneme 2)

		H ü c r e l e r				
		1	2	3	4	5
M a k i n a l a r	1	22.49	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	1.37	0.00	0.48	0.00	0.00
	3	9.94	0.12	5.91	0.00	2.60
	4	2.84	0.00	0.32	0.00	0.00
	5	0.00	0.00	0.97	0.72	0.00
	6	4.78	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	1.26	0.00	0.00	0.00	0.33
	8	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00
	9	0.00	0.02	0.00	0.02	0.58
	10	0.00	0.38	3.57	0.00	0.00
	11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01

Hücrelerde Gerekli Makina Sayıları

		H ü c r e l e r				
		1	2	3	4	5
H ü c r e l e r	1	4	847	971	2248	
	2		0	8	8	
	3			399	2161	
	4				102	

Hücreler Arası Taşıma Miktarları
(Toplam Taşıma 6748 adet/yıl)

Çizelge IV.4.c. Hücrelerde makina yükü ve taşıma miktarları (Deneme 3)

		H ü c r e l e r					
		1	2	3	4	5	6
M a k i n a l a r	1	0.00	0.00	0.00	0.00	22.49	0.00
	2	0.33	1.52	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	2.61	0.85	0.24	14.86	0.00	0.00
	4	0.29	2.88	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.83	0.00	0.00	0.14	0.00	0.72
	6	0.00	3.61	0.00	1.17	0.00	0.00
	7	0.00	0.52	0.03	0.00	0.00	1.04
	8	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00
	9	0.00	0.00	0.08	0.55	0.00	0.00
	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.95
	11	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00

Hücrelerde Gerekli Makina Sayıları

		H ü c r e l e r				
		2	3	4	5	6
H ü c r e l e r	1	0	8	109	744	1224
	2		0	100	3359	504
	3			65	110	0
	4				796	45
	5					3353

Hücreler Arası Taşıma Miktarları
(Toplam Taşıma 10417 adet/yıl)

Çizelge IV.4.d. Hücrelerde makina yükü ve taşıma miktarları (Deneme 4)

		H ü c r e l e r				
		1	2	3	4	5
M a k i n a l a r	1	22.49	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	0.96	0.88	0.00	0.00	0.00
	3	7.45	11.12	0.00	0.00	0.00
	4	0.00	3.17	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	1.03	0.00	0.66	0.00
	6	4.78	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	1.56	0.00	0.00	0.03	0.00
	8	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00
	9	0.12	0.00	0.51	0.00	0.00
	10	0.00	0.00	0.00	3.95	0.00
	11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01

Hücrelerde Gerekli Makina Sayıları

		H ü c r e l e r			
		2	3	4	5
H ü c r e l e r	1	6439	154	1388	4
	2		184	1799	92
	3			264	0
	4				0

Hücreler Arası Taşıma Miktarları
(Toplam Taşıma 10324 adet/yıl)

Çizelge IV.4.e. Hücrelerde makina yükü ve taşıma miktarları (Deneme 5)

		H ü c r e l e r				
		1	2	3	4	5
M a k i n a l a r	1	0.00	0.00	0.00	22.49	0.00
	2	0.00	0.00	0.00	1.85	0.00
	3	0.96	0.24	0.00	17.36	0.00
	4	3.17	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.29	0.00	0.17	0.00	1.23
	6	4.06	0.00	0.71	0.00	0.00
	7	0.52	0.03	0.00	0.00	1.04
	8	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00
	9	0.00	0.08	0.55	0.00	0.00
	10	0.00	0.00	0.00	0.00	3.95
	11	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00

Hücrelerde Gerekli Makina Sayısı

		H ü c r e l e r			
		2	3	4	5
H ü c r e l e r	1	8	133	4377	552
	2		65	110	0
	3			800	45
	4				4614

Hücreler Arası Taşıma Miktarları
(Toplam Taşıma 10714 adet/yıl)

Çizelge IV.4.f. Hücrelerde makina yükü ve taşıma miktarları (Deneme 6)

		H ü c r e l e r				
		1	2	3	4	5
M a k i n a l a r	1	0.00	22.49	0.00	0.00	0.00
	2	0.32	1.52	0.00	0.00	0.00
	3	2.61	11.35	4.60	0.00	0.00
	4	0.28	0.00	2.89	0.00	0.00
	5	0.83	0.00	0.00	0.86	0.00
	6	0.00	0.00	3.71	1.06	0.00
	7	0.00	1.31	0.28	0.00	0.00
	8	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00
	9	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00
	10	1.41	2.53	0.00	0.00	0.00
	11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01

Hücrelerde Gerekli Makina Sayısı

		H ü c r e l e r			
		2	3	4	5
H ü c r e l e r	1	218	654	465	0
	2		5595	1106	4
	3			376	92
	4				0

Hücreler Arası Taşıma Miktarları
(Toplam Taşıma 8510 adet/yıl)

Çizelge IV.4.g. Hücrelerde makina yükü ve taşıma miktarları (Deneme 7)

		H ü c r e l e r							
		1	2	3	4	5	6	7	8
M a k i n a l a r	1	22.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	1.38	0.00	10.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	10.13	1.94	6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	2.86	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	0.00	0.97	0.00	0.72	0.00	0.00	0.00
	6	4.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	1.26	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.15	0.00
	9	0.00	0.10	0.00	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00
	10	0.00	1.20	0.00	0.00	0.00	2.75	0.00	0.00
	11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01

Hücrelerde Gerekli Makina Sayıları

		H ü c r e l e r						
		2	3	4	5	6	7	8
H ü c r e l e r	1	4	3019	0	856	68	115	4
	2		664	65	0	0	20	0
	3			46	0	1711	125	92
	4				16	0	0	0
	5					356	0	0
	6						8	0
	7							0

Hücreler Arası Taşıma Miktarları
(Toplam Taşıma 6625 adet/yıl)

Çizelge IV.4.h. Hücrelerde makina yükü ve taşıma miktarları (Deneme 8)

		H ü c r e l e r							
		1	2	3	4	5	6	7	8
M a k i n a l a r	1	22.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	1.37	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	9.96	6.03	2.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	2.84	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	0.97	0.00	0.00	0.72	0.00	0.00	0.00
	6	4.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00
	7	1.26	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	0.00	0.00	0.00	0.03	0.08	0.00	0.12	0.00
	9	0.00	0.00	0.09	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00
	10	0.00	3.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01

Hücrelerdeki Gerekli Makina Sayıları

		H ü c r e l e r						
		2	3	4	5	6	7	8
H ü c r e l e r	1	351	2234	8	856	6	115	4
	2		856	33	356	1272	43	0
	3			73	0	4	102	92
	4				16	0	0	0
	5					0	0	0
	6						0	0
	7							0

Hücreler Arası Taşıma Miktarları
(Toplam Taşıma 6913 adet/yıl)

Çizelge IV.4.i. Hücrelerde makina yükü ve taşıma miktarları (Deneme 9)

		H ü c r e l e r			
		1	2	3	4
M a k i n a l a r	1	22.49	0.00	0.00	0.00
	2	1.85	0.00	0.00	0.00
	3	13.86	4.71	0.00	0.00
	4	3.17	0.00	0.00	0.00
	5	1.05	0.00	0.10	0.53
	6	4.78	0.00	0.00	0.00
	7	0.00	0.75	0.00	0.84
	8	0.00	0.00	0.23	0.00
	9	0.00	0.09	0.54	0.00
	10	0.00	0.00	0.00	3.95
	11	0.00	0.10	0.00	0.00

Hücrelerde Gerekli Makina Sayısı

		H ü c r e l e r		
		2	3	4
H ü c r e l e r	1	2168	142	2631
	2		193	913
	3			31

Hücreler Arası Taşıma Miktarları
(Toplam Taşıma 6078 adet/yıl)

Çizelge IV.4.j. Hücrelerde makina yükü ve taşıma miktarları (Deneme 10)

Sistemin şimdiki yerleşiminin fonksiyonel yerleşim olduğu daha önce belirtilmişti. Bu, bir anlamda, her klikte bir cins makina ya da tezgahın olduğu, özel bir hücre tipi yerleşim sayılabilir. Önerilen hücrelerle şimdiki durumu karşılaştırabilmek amacıyla MKTEZ2 programı, şimdiki durumun performansını ölçmek için de çalıştırılmıştır. Bu işlemin sonuçları Çizelge IV.4.k'da özetlenmiştir. Görülebileceği gibi, işleme göre yerleşimde, en iyi bir yerleşim düzenlemesinde bile birimler arasında 25.232 parça/yıl'lık bir taşıma olacaktır. Oysa Çizelge IV.4'de yer alan on hücre tipi yerleşim için en yüksek taşıma yılda 10.417 parçadır. En kötü sonucu veren bu sistem için bile yüzde 58'lik bir tasarruf sağlanmıştır. Seçilen hücre yapısı için bu tasarruf yüzde 73'tür (yerleştirme yapılırken hücrelerin komşuluklarının korunmaması nedeniyle tasarruf oranı yüzde 71'e düşmüştür).

Çizelge IV.5'de, Çizelge IV.4'de sonuçları özetlenen bazı denemeler için, işlem gördükleri hücre sayılarına göre parça sayıları verilmiştir. İlk satırda şimdiki sistemin durumu yer almaktadır. Buna göre, en çok birim dolaşan parçalar (yılda 78 adet) 6 birim dolaşmaktadırlar. Diğer satırlardaki bilgiler, hücre tipi yerleşimin, parçaların az sayıda hücrede bütün işlemlerini tamamlama olanağını ne ölçüde arttırdığını göstermektedir. Parçanın işlem gördüğü hücre sayısının az ol-

H ü c r e l e r

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
M a k i n a l a r	1	22.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	0.00	1.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	0.00	0.00	18.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	0.00	0.00	0.00	3.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	0.00	0.00	0.00	1.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.78	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.59	0.00	0.00	0.00
	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00
	9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00
	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.95
	11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01

Hücrelerde Gerekli Makina Sayıları

H ü c r e l e r

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
H ü c r e l e r	1	3478	576	0	0	0	0	0	0	0
	2		5949	264	120	62	9	0	0	0
	3			3441	1664	864	2958	106	123	337
	4				282	548	692	30	25	58
	5					81	612	259	4	1746
	6						45	60	0	0
	7							25	28	642
	8								20	24
	9									0
	10									0

Hücreler Arası Taşıma Miktarları

(Toplam Taşıma 25232 adet/yıl)

Çizelge IV.4.k. Hücrelerde makina yükü ve taşıma miktarları (Şimdiki Durum)

	B ö l ü m S a y ı s ı					
	1	2	3	4	5	6
Şimdiki Durum	4822	773	1167	4586	803	78
Deneme 1	5832	5675	722	0	0	0
Deneme 2	9674	2285	266	4	0	0
Deneme 4	5875	6103	251	0	0	0
Deneme 5	6405	5477	343	4	0	0
Deneme 7	8179	3894	156	0	0	0
Deneme 8	9674	2290	261	4	0	0
Deneme 9	10824	1370	35	0	0	0
Deneme 10	9248	2932	49	0	0	0

Çizelge IV.5. Çeşitli yerleşimlerde parçaların işlem gördüğü bölüm sayıları.

ması, hem taşımaları azaltması ve hem de karmaşıklığın önüne geçmesi açısından olumludur. Bu yolla atölye içinde yarı mamul kontrolu kolaylaşır, sipariş izlemenin başarısı artar.

Yerleşime esas olacak hücreler seçildikten sonra, hücrelerin birbirlerine göre konumlandırılması MEDAT algoritması yardımıyla yapılmıştır.

MEDAT, yerleşim düzenlemesinde maliyet ve yakınlık düzeyi ölçütlerini birlikte kullanan bir algoritmadır⁽⁴⁷⁾. Hücreler arası taşıma maliyetlerinin belirlenmesi, bu çalışmanın konusu değildir. Bu çalışmada maliyetler sabit (bütün hücre çiftleri arasında aynı) kabul edilmiştir. Yerleşime baz olan değerler, bu durumda, hücre çiftleri arasındaki taşıma miktarları olmuştur.

Algoritmaya veri olarak hücre sayısı, yeri değiştirilmeyecek hücre sayısı, hücreler arası taşıma matrisi ve başlangıç düzenleme verilmiş, en küçük taşımayı veren düzenleme bulunmuştur. Verilen başlangıç düzenleme Çizim IV.3.a'da verilmiştir. Başlangıç düzenleme için toplam taşıma 12.883 adettir. Çizim IV.3.b'de algoritmanın bulduğu, en küçük taşıma miktarı veren düzenleme gösterilmiştir. Burada taşıma miktarı 7717 adettir.

(47) ÇINAR, M., Yerleşim Düzenlemesinde Maliyet ve Yakınlık Düzeyi Ölçütlerinin Birlikte Kullanımına İlişkin Bir Algoritma MEDAT, Doktora Tezi, Kütahya, 1984.

1	2	3
4	5	6

a. Başlangıç düzenleme

1	5	2
4	3	6

b. Eniyi düzenleme

Çizim IV.3. MEDAT Algoritmasının ilk ve son düzenlemesi.

Hücrelerin birbirlerine göre konumları bu şekilde belirlendikten sonra, talaşlı imalat atölyesi için önerilen genel yerleşim düzeni ana hatlarıyla Ek 5'de verilmiştir. Ara stokların analizi ve tezgahların ergonomik incelemesi gibi konular bu tezin konusu dışında kaldığından, ayrıntılı düzenleme yapılmamıştır. Ekte verilen çizimde MEDAT algoritmasının çıktıları esas alınarak hücrelerin birbirlerine göre konumları ve MKTEZ2 çıktıları gözönüne alınarak hücrelerdeki makineler gösterilmiştir.

ladığı da gözönüne alınarak, atölyedeki üretimi, işlem sıra ve süreleri açısından örnekleyecek ve üretimde büyük payı olan 15 grupta 423 parça seçilmiş ve analizlerde bu parçalarla yetinilmiştir.

Grup teknolojisi konusu içinde gelişen benzerlik katsayıları kullanılarak ve ağ teorisine dayanan bir yöntem örnek alınarak geliştirilen bir yöntem, özel amaçlı iki bilgisayar programı aracılığıyla uygulanmıştır. Sonuçta elde edilen on farklı hücre yapısı, bu programlar aracılığıyla birbirleriyle ve mevcut durumla karşılaştırılmıştır. / Sonuç olarak, hücre tipi yerleşim uygulamasının, atölyede, niceliksel ve niteliksel yararlar sağlayacağı beklenebilir.

Atölyede sağlanacak niceliksel yararlar içinde en önemlisi taşımalarındaki azalmadır. Seçilen hücre yapısı makina verimliliğini de korumak amacıyla davranıldığından, en düşük taşıma değerlerini veren hücre yapısı olmadığı halde, taşımalarda yüzde 70'in üzerinde tasarruf sağlamaktadır.

Bir başka niceliksel yarar ise, parçaların tamamlanana kadar geçmek zorunda kaldıkları üretim alt birimi sayısında sağlanmıştır. Şimdiki durumda parçaların ancak yüzde otuz kadarı tek bölümde tamamlanmaktayken, önerilen sistemde bu oran iki katına çıkmaktadır. Bir parçanın en kötü ihtimalle üç birimde tamamlandığı önerilen sisteme

karşılık, şimdiki sistemde parçaların yüzde otuz kadari dört bölümde tamamlanmakta, bir bölümüyse altı bölümde işlenmek zorunda kalmaktadır.

Hücre tipi üretim sistemi seçenekleri içinden, beş hücreli bir hücre yapısı seçilmiştir. Ancak karar vericiler diğer seçeneklerin sağladığı avantajları daha önemli bulup tercih edebilirler. Seçilen hücre yapısı, bütün kriterlere göre belirli bir avantaj sağlayan, çok büyük hücrelere sahip olmayan, taşımada önemli tasarruf sağlayan ve parçaların tamamlanmak için çok dolaşmasını gerektirmeyen bir yapıdır. Bu yapının sağladığı niteliksel avantajlar arasında en önemlisi planlamanın kolaylaşmasıdır. Her biri orta büyüklükte bir atölye görünümünde olan beş hücre, atölyenin şimdiki durumuna göre, boyutları ve dolayısıyla sorunları daha küçük olan birimler durumundadırlar. Ayrıca herbiri daha uzmanlaşmış, diğer bir deyişle çok daha az sayıda parçayla uğraşmak durumunda olan atölyeler olarak düşünülebilirler. Bu durumda, planlama yapmak kolaylaşacaktır.

Bir başka önemli niteliksel avantaj, atölyede hangi ürünün üretimin hangi aşamasında olduğunu izlemek gibi, atölye yönetimlerinin en önemli sorunlarından birinde getirilen etkinliktir. Atölye içindeki akışların azalıp düzenlileşmesi denetimi büyük ölçüde kolaylaştıracaktır.

Eskişehir Şeker Makina Fabrikasının bir atölyesinde yapılan bu çalışma, beklenenden çok daha ümit verici sonuçlar vermiştir. İncelenen parçaların bütünü temsil ettiği düşünülürse bu çalışmanın sonuçları bir kaç küçük düzenlemeyle bir yerleşim planlaması çalışması için gir-di olarak kullanılabilir. Aksi halde çalışmada kullanılan yöntemin diğer mamuller için genelleştirilmesi gerekir. Bu da veri giriş ve benzeri sorunlar dışında önemli sakıncalara neden olmayacaktır.

Son olarak, bu çalışmanın sonunda elde edilen yerleşim planının ayrıntılı bir plan olmadığı, ayrıntılı bir yerleştirme için beklenen ara stokların hesaplanıp stok alanlarının ayrılması ve tezgahların birbirinden uzaklığı gibi niceliksel değerlerin belirlenmesi için ergonomik analizlerin yapılması gerektiği akıldan çıkarılmalıdır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

1. ABOU-ZEİD, M.R. : "Group Technology", Industrial Eng., May 1975.
2. BEEBY, W.D./ THOMPSON, A.R. : "A Broader View of Group Technology", Comput. and Indust. Eng., Vol.3, 1979.
3. BİLGEN, L. : "Master Thesis Proposal", Yayınlanmamış Çalışma, O.D.T.Ü. Ankara, 1980.
4. BLACK, J.T. : "Cellular Manufacturing Systems Reduce Setup Time, Make Small Lot Production Economical", Industrial Eng., November 1983.
5. BROOM, H.N. : Production Management, Richard D. Irwin, Inc., Honeywood, Illionis, 1967.
6. BUFFA, E.S. : Modern Production Management, John Wiley and Sons, Inc., New York, N.Y., 1980.
7. BURBRIDGE, J.L. : "A Manual Method of Production Flow Analysis", The Prod. Eng., October 1977.
8. BURBRIDGE, J.L. : "Production Flow Analysis", The Prod. Eng., April-May 1971.
9. CHURCHMAN, C.W. : The Systems Approach, Dell Publishing Co., Inc., New York, N.Y., 1968.

- 10.ÇINAR, M. : Yerleşim Düzenlemesinde Maliyet ve Yakınlık Düzeyi Ölçütlerinin Birlikte Kullanımına İlişkin Bir Algoritma MEDAT, Doktora Tezi, Kütahya, 1984.
- 11.DERMANYUK, F.S. : Technological Principles of Flowline Automated Production, Pergamon Press, 1963.
- 12.DURIE, F.R. : "A Survey of Group Technology and Its Potential for User Application in U.K.", The Prod. Eng., February 1970.
- 13.DURMUŞOĞLU, M.B. : "Grup Üretiminde Tesis Düzenleme", Y.A. IX Ulusal Kongresi Bildirileri, İstanbul, 1984.
- 14.EDWARDS, G.A.B. : Readings in Group Technology, Machinery Books, 1971.
- 15.EL-ESSAWY, I.F./ : "Component Flow Analysis", The Prod. TORRANCE, J. Eng., May 1972.
- 16.EL-ESSAWY, I.F. : "Component Flow Analysis", The Prod. Eng., May 1972.
- 17.FAZAKERLEY, M. : "A Research Report on the Human Aspects of Group Technology and Cellular Manufacture", Int. J. Prod. Res., Vol.14, 1967.
- 18.GINOUVES, A.G./ : "Group Technology - A Means to Reduce BERGEN, J. Part", Automation, March 1973.
- 19.HAWORT, E.A. : "Group Technology - Using the Opitz System", The Prod. Eng., January 1968.
- 20.İLYASOĞLU, E. : Yönetim Açısından Üretim Sistem Tipleri, İstanbul İ.T.İ.A. Yayını, Yayın No 1976/6, İstanbul, 1976.

- 21.IVANOV, E.K. : Group Production Organization and Technology, Business Publication Ltd., 1968.
- 22.KING, J.R. : "Machine Component Grouping in Production Flow Analysis, An Approach Using Rank Order Clustering Algorithm", Int. J. Prod. Res., Vol.18, 1980.
- 23.KOENIGSBERGER, F./ : "Group Technology, the Cell Systems
EDWARDS, G.A.B. and Machine Tools", The Prod.Eng., July-August 1973.
- 24.McAULEY, J. : "Machine Grouping for Efficient Production", The Prod. Eng., February 1972.
- 25.NIŞANCI, H.İ., : "Production Analysis by Simulation in Shoe Manufacturing", Int. J. Prod. Res., 1980.
- 26.NIŞANCI, H.İ./ : "An Application of Group Technology
SURY, R.J. Concepts in Shoe Manufacturing", Int. J. Prod. Res., 1981.
- 27.OPITZ, H./ : "Workpiece Classification and Its
EVERSHEIM, W./ Industrial Application", Int. J. Mach.
WIENDAHL, H.P. Tool Des. Res., 1969.
- 28.OPITZ, H./ : "Group Technology and Manufacturing
WIENDAHL, H.P. Systems for Small and Medium Quantity Production", Int. J. Prod. Res., Vol.9, 1971.
- 29.RAJAGOPALAN, R./ : "Design of Cellular Production Systems,
BATRA, J.L. A Graph Theoretic Approach", Int. J. Prod. Res., Vol.13. 1976.

- 30.SCHONBERGER, R.J.: "Plant-Layout Becomes Product Oriented With Cellular, Just in Time Production Concepts", Indust. Eng., November 1983.
- 31.STARR, M.K. : System Management of Operations, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1971.
- 32.WAGHODEKAR, P.H./: "Machine-Component Cell Formation in Group Technology: MACE", Int. J. Prod. Res., Vol.22, 1984.
SAHU, S.

EK-1. MKTEZ1 Programı Çıktısı

GRUPLARIN TALEPLERİ (ADET/YIL):

1	NOLU GRUBUN TALEBİ=	21
2	NOLU GRUBUN TALEBİ=	6
3	NOLU GRUBUN TALEBİ=	4
4	NOLU GRUBUN TALEBİ=	3
5	NOLU GRUBUN TALEBİ=	6
6	NOLU GRUBUN TALEBİ=	1
7	NOLU GRUBUN TALEBİ=	22
8	NOLU GRUBUN TALEBİ=	25
9	NOLU GRUBUN TALEBİ=	37
10	NOLU GRUBUN TALEBİ=	33
11	NOLU GRUBUN TALEBİ=	82
12	NOLU GRUBUN TALEBİ=	76
13	NOLU GRUBUN TALEBİ=	22
14	NOLU GRUBUN TALEBİ=	57
15	NOLU GRUBUN TALEBİ=	4

TOPLAM AKIŞ (ADET/YILI) :

1	DEN	1	E	TOPLAM AKIŞ=	3652
1	DEN	2	E	TOPLAM AKIŞ=	3186
1	DEN	3	E	TOPLAM AKIŞ=	458
2	DEN	2	E	TOPLAM AKIŞ=	5883
2	DEN	3	E	TOPLAM AKIŞ=	5432
2	DEN	4	E	TOPLAM AKIŞ=	263
2	DEN	5	E	TOPLAM AKIŞ=	121
2	DEN	6	E	TOPLAM AKIŞ=	60
2	DEN	7	E	TOPLAM AKIŞ=	7
3	DEN	3	E	TOPLAM AKIŞ=	8971
3	DEN	4	E	TOPLAM AKIŞ=	2540
3	DEN	5	E	TOPLAM AKIŞ=	1445
3	DEN	6	E	TOPLAM AKIŞ=	340
3	DEN	7	E	TOPLAM AKIŞ=	1264
3	DEN	8	E	TOPLAM AKIŞ=	6
3	DEN	9	E	TOPLAM AKIŞ=	98
3	DEN	10	E	TOPLAM AKIŞ=	34
4	DEN	4	E	TOPLAM AKIŞ=	3682
4	DEN	5	E	TOPLAM AKIŞ=	275
4	DEN	6	E	TOPLAM AKIŞ=	513
4	DEN	7	E	TOPLAM AKIŞ=	267
4	DEN	8	E	TOPLAM AKIŞ=	26
4	DEN	9	E	TOPLAM AKIŞ=	24
4	DEN	10	E	TOPLAM AKIŞ=	57
5	DEN	5	E	TOPLAM AKIŞ=	2883
5	DEN	6	E	TOPLAM AKIŞ=	21
5	DEN	7	E	TOPLAM AKIŞ=	14
5	DEN	8	E	TOPLAM AKIŞ=	245
5	DEN	9	E	TOPLAM AKIŞ=	4
5	DEN	10	E	TOPLAM AKIŞ=	1285
6	DEN	6	E	TOPLAM AKIŞ=	739
6	DEN	7	E	TOPLAM AKIŞ=	37
6	DEN	8	E	TOPLAM AKIŞ=	66
7	DEN	7	E	TOPLAM AKIŞ=	1462
7	DEN	8	E	TOPLAM AKIŞ=	11
7	DEN	9	E	TOPLAM AKIŞ=	16
7	DEN	10	E	TOPLAM AKIŞ=	606
7	DEN	11	E	TOPLAM AKIŞ=	3
8	DEN	8	E	TOPLAM AKIŞ=	382
8	DEN	9	E	TOPLAM AKIŞ=	20
8	DEN	10	E	TOPLAM AKIŞ=	24
9	DEN	9	E	TOPLAM AKIŞ=	252
10	DEN	10	E	TOPLAM AKIŞ=	1960
11	DEN	11	E	TOPLAM AKIŞ=	3

SIRALI BENZERLIK KATSAYILARI:

2	ILE	3	ARASINDAKI	BENZERLIK	KATSAYISI=	0.58
1	ILE	2	ARASINDAKI	BENZERLIK	KATSAYISI=	0.50
5	ILE	10	ARASINDAKI	BENZERLIK	KATSAYISI=	0.36
3	ILE	4	ARASINDAKI	BENZERLIK	KATSAYISI=	0.25
7	ILE	10	ARASINDAKI	BENZERLIK	KATSAYISI=	0.22
3	ILE	5	ARASINDAKI	BENZERLIK	KATSAYISI=	0.14
3	ILE	7	ARASINDAKI	BENZERLIK	KATSAYISI=	0.14
4	ILE	6	ARASINDAKI	BENZERLIK	KATSAYISI=	0.13
5	ILE	8	ARASINDAKI	BENZERLIK	KATSAYISI=	0.08
6	ILE	8	ARASINDAKI	BENZERLIK	KATSAYISI=	0.06
4	ILE	7	ARASINDAKI	BENZERLIK	KATSAYISI=	0.05
4	ILE	5	ARASINDAKI	BENZERLIK	KATSAYISI=	0.04
1	ILE	3	ARASINDAKI	BENZERLIK	KATSAYISI=	0.04
3	ILE	6	ARASINDAKI	BENZERLIK	KATSAYISI=	0.04
8	ILE	9	ARASINDAKI	BENZERLIK	KATSAYISI=	0.03
2	ILE	4	ARASINDAKI	BENZERLIK	KATSAYISI=	0.03
6	ILE	7	ARASINDAKI	BENZERLIK	KATSAYISI=	0.02
2	ILE	5	ARASINDAKI	BENZERLIK	KATSAYISI=	0.01
3	ILE	9	ARASINDAKI	BENZERLIK	KATSAYISI=	0.01
8	ILE	10	ARASINDAKI	BENZERLIK	KATSAYISI=	0.01
4	ILE	10	ARASINDAKI	BENZERLIK	KATSAYISI=	0.01
7	ILE	9	ARASINDAKI	BENZERLIK	KATSAYISI=	0.01
2	ILE	6	ARASINDAKI	BENZERLIK	KATSAYISI=	0.01
4	ILE	8	ARASINDAKI	BENZERLIK	KATSAYISI=	0.01
4	ILE	9	ARASINDAKI	BENZERLIK	KATSAYISI=	0.01
7	ILE	8	ARASINDAKI	BENZERLIK	KATSAYISI=	0.01
5	ILE	6	ARASINDAKI	BENZERLIK	KATSAYISI=	0.01

EK-2. MKTEZ2 Programı Çıktısı

KLİK 1	2,3,4,5,10
KLİK 2	1,2,3,7,10
KLİK 3	3,4,6,7
KLİK 4	5,6,8,9
KLİK 5	11

1	NUMARALI KLİKTE	MAKİNA YÜK (SAAT/YIL)	VE SAYILARI:	
	MAKİNA NC= 2	MAKİNA YÜKÜ= 517.75	MAKİNA SAYISI=	0.32
	MAKİNA NC= 3	MAKİNA YÜKÜ= 4178.64	MAKİNA SAYISI=	2.61
	MAKİNA NC= 4	MAKİNA YÜKÜ= 452.82	MAKİNA SAYISI=	0.28
	MAKİNA NC= 5	MAKİNA YÜKÜ= 1322.50	MAKİNA SAYISI=	0.83
	MAKİNA NG= 10	MAKİNA YÜKÜ= 2251.32	MAKİNA SAYISI=	1.41

2	NUMARALI KLİKTE	MAKİNA YÜK (SAAT/YIL)	VE SAYILARI:	
	MAKİNA NO= 1	MAKİNA YÜKÜ= 35978.91	MAKİNA SAYISI=	22.49
	MAKİNA NC= 2	MAKİNA YÜKÜ= 2437.69	MAKİNA SAYISI=	1.52
	MAKİNA NG= 3	MAKİNA YÜKÜ= 18164.18	MAKİNA SAYISI=	11.35
	MAKİNA NC= 7	MAKİNA YÜKÜ= 2096.93	MAKİNA SAYISI=	1.31
	MAKİNA NC= 10	MAKİNA YÜKÜ= 4055.78	MAKİNA SAYISI=	2.53

3	NUMARALI KLİKTE	MAKİNA YÜK (SAAT/YIL)	VE SAYILARI:	
	MAKİNA NG= 3	MAKİNA YÜKÜ= 7366.63	MAKİNA SAYISI=	4.60
	MAKİNA NO= 4	MAKİNA YÜKÜ= 4616.03	MAKİNA SAYISI=	2.89
	MAKİNA NO= 6	MAKİNA YÜKÜ= 5941.16	MAKİNA SAYISI=	3.71
	MAKİNA NO= 7	MAKİNA YÜKÜ= 449.35	MAKİNA SAYISI=	0.28

4	NUMARALI KLİKTE	MAKİNA YÜK (SAAT/YIL)	VE SAYILARI:	
	MAKİNA NC= 5	MAKİNA YÜKÜ= 1379.87	MAKİNA SAYISI=	0.86
	MAKİNA NC= 6	MAKİNA YÜKÜ= 1702.28	MAKİNA SAYISI=	1.06
	MAKİNA NC= 8	MAKİNA YÜKÜ= 362.60	MAKİNA SAYISI=	0.23
	MAKİNA NC= 9	MAKİNA YÜKÜ= 1006.46	MAKİNA SAYISI=	0.63

5	NUMARALI KLİKTE	MAKİNA YÜK (SAAT/YIL)	VE SAYILARI:	
	MAKİNA NO= 11	MAKİNA YÜKÜ= 8.29	MAKİNA SAYISI=	0.01

HÜCRELER ARASINDA TAŞINAN MİKTARLAR (ADET/YIL) :

1 İNCİ KLİKTEN 2 İNCİ KLİŞE TAŞINAN	MİKTAR=	0
2 İNCİ KLİKTEN 1 İNCİ KLİŞE TAŞINAN	MİKTAR=	218
	TOPLAM=	218

1 İNCİ KLİKTEN 3 İNCİ KLİŞE TAŞINAN	MİKTAR=	8
3 İNCİ KLİKTEN 1 İNCİ KLİŞE TAŞINAN	MİKTAR=	646
	TOPLAM=	654

1 İNCİ KLİKTEN 4 İNCİ KLİŞE TAŞINAN	MİKTAR=	105
4 İNCİ KLİKTEN 1 İNCİ KLİŞE TAŞINAN	MİKTAR=	360
	TOPLAM=	465

2 İNCİ KLİKTEN 3 İNCİ KLİŞE TAŞINAN	MİKTAR=	3335
3 İNCİ KLİKTEN 2 İNCİ KLİŞE TAŞINAN	MİKTAR=	2260
	TOPLAM=	5595

2 İNCİ KLİKTEN 4 İNCİ KLİŞE TAŞINAN	MİKTAR=	334
4 İNCİ KLİKTEN 2 İNCİ KLİŞE TAŞINAN	MİKTAR=	772
	TOPLAM=	1106

2 İNCİ KLİKTEN 5 İNCİ KLİŞE TAŞINAN	MİKTAR=	4
5 İNCİ KLİKTEN 2 İNCİ KLİŞE TAŞINAN	MİKTAR=	0
	TOPLAM=	4

3 İNCİ KLİKTEN 4 İNCİ KLİŞE TAŞINAN	MİKTAR=	310
4 İNCİ KLİKTEN 3 İNCİ KLİŞE TAŞINAN	MİKTAR=	66
	TOPLAM=	376

3 İNCİ KLİKTEN 5 İNCİ KLİŞE TAŞINAN	MİKTAR=	92
5 İNCİ KLİKTEN 3 İNCİ KLİŞE TAŞINAN	MİKTAR=	0
	TOPLAM=	92

Tesis İsmi : A.200.420 SANTRİFÜJ POMPA

EK - 3

Siparişin ait olduğu yer :

Parça No.	PARÇA ADI	Malzeme	Adet	Hafta Fiyatlık Kg.	Döküm	Marka	Torna	Radyal	Planya Vergel	V.Frez	Frez		
1	Yatak gövdesi	GG.20	1	250-	36 ⁰⁰	2 ⁰⁰		8 ⁰⁰		11 ⁰⁰			
2	Pompa gövdesi	"	1	300-	36 ⁰⁰	2 ⁰⁰	8 ⁰⁰	9 ⁰⁰		4 ⁰⁰			
4	Pompa ön kapağı	"	1	100-	16 ⁰⁰	1 ⁰⁰	6 ⁰⁰	4 ⁰⁰		1 ³⁰			
5	Fan ön karşılığı	"	1	35-	6 ⁰⁰	0 ²⁰	3 ³⁰	0 ³⁰					
8	Yatak gövdesi ön kapağı	"	1	5-	1 ⁰⁰	0 ¹⁵	3 ⁰⁰	0 ¹⁵					
9	Yatak gövd. Arka kapağı	"	1	5-	1 ⁰⁰	0 ¹⁵	3 ⁰⁰	0 ¹⁵					
10	Salmastra baskısı	"	1	4-	1 ⁰⁰	0 ¹⁵	1 ⁰⁰	0 ¹⁵					
16	Fan arka karşılığı	"	1	25-	4 ⁰⁰	0 ²⁰	2 ³⁰	0 ³⁰					
51	Kapak köprüsü	"	1	4-	1 ⁰⁰	0 ¹⁰		0 ¹⁵					
52	Kapak	"	1	8-	1 ⁰⁰	0 ⁰⁵	0 ³⁰	0 ¹⁰					
56	Kapak köprüsü	"	1	8-	1 ³⁰	0 ¹⁰		0 ¹⁵					
58	Kapak	"	1	10-	1 ³⁰	0 ⁰⁵	0 ³⁰	0 ¹⁰					
36	TŞN5 No 4 Gövde	"	2	60-	32 ⁰⁰	1 ⁰⁰	5 ⁰⁰	5 ⁰⁰	D.Pi. 1 ³⁰ Vergel				
62/1	Taban plakası	GG.25	1	680-	33 ⁰⁰	1 ⁰⁰		3 ⁰⁰	11 ⁰⁰ Vergel				
/2	Pompa takozu	GG.20	2	90-	8 ⁰⁰	1 ⁰⁰		2 ⁰⁰	6 ⁰⁰ Vergel				
11	Su kilidi	G-Ms65	1	2,5	0 ³⁰	0 ¹⁵	0 ⁴⁵	0 ²⁰			0 ³⁰		
12	Burç	G-SomsF45	1	2,5	0 ³⁰		1 ⁰⁰						
13	Mil burcu	"	1	11-	1 ⁰⁰	0 ¹⁵	3 ⁰⁰		D.Pi. 1 ⁰⁰				
69	"S. Fanı A.200.430	GS-45	1	22-	18 ⁰⁰	0 ³⁰	6 ⁰⁰		D.Pi. 1 ⁰⁰				
7	Mil $\phi 120 \times 1233$	St 60	1	120-		0 ³⁰	9 ⁰⁰				2 ⁰⁰		
19,24,44	Saplama $\phi 20 \times 105$	St 50	2+12=14	4,6			5 ³⁰						
25	" $\phi 12 \times 600$	"	1	0,6			3 ⁰⁰						
34	Sıkma Somunu $\phi 130 \times 30$	St 42	1	3,2		0 ¹⁰	0 ¹⁵				0 ³⁰		
42	Rondela $\phi 105 \times 26$	St 37	1	2-			0 ³⁰						
50/1	Sıkma kolu $\phi 16 \times 125$	"	1	0,2			0 ²⁰						
50/2	" " $\phi 20 \times 150$	"	1	0,4									
53	Pim $\phi 10 \times 35$	St 42	1	0,025			0 ¹⁰						
55	Sıkma kolu $\phi 26 \times 312$	St 37	1	1,750			0 ³⁰						
57	Pim $\phi 10 \times 45$	St 42	1	0,035			0 ¹⁰						
35	Kama $11 \times 18 \times 85$	St 60	1	0,3					D.Pi. 0 ¹⁵				
39	Kama $14 \times 22 \times 120$	"	1	0,6					D.Pi. 0 ¹⁵				
32	Rondela $\phi 140 / \phi 90$	St 37	1	1-			0 ³⁰						
36	TŞN5 No 4 Pompa	Montaj + Demiri			1 ³⁰		Komple Tesviye	Montaj			58 ⁰⁰		
					1 ³⁰		12 ⁰⁰	67 ⁰⁰	34 ⁰⁰	D.Pi. 4 ⁰⁰ Vergel 16 ⁰⁰	16 ⁰⁰	3 ⁰⁰	58 ⁰⁰