

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SİPARİŞ ÜZERİNE ÜRETİM
YAPAN BİR SİSTEMDE
HÜCRESEL ÜRETİM UYGULAMASI**

Prof. Nurullah Güllük

Mak.Müh. Selim EROL

95074

**F.B.E. Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Doç.Dr.Mesut ÖZGÜRLER

Doç.Dr. Mesut ÖZGÜRLER
Y. Doç. Dr. H. İbrahim EROL

İSTANBUL, 2000

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KISALTMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vii
ÖNSÖZ.....	viii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT.....	x
1. GRUP TEKNOLOJİSİ ve HÜCRESEL ÜRETİM.....	1
1.1 Grup Teknolojisinin Tanımı ve Teorisi.....	2
1.2 Grup Teknolojisinin Rolü.....	3
1.3 Grup Teknolojisinin Başlıca Kavramları.....	4
1.3.1 Sınıflandırma.....	4
1.3.2 Ailelerin Oluşturulması.....	5
1.3.2.1 Deneyim Tabanlı Yaklaşım.....	6
1.3.2.2 Üretim Akış Analizi.....	6
1.3.2.3 Sınıflandırma ve Kodlama.....	8
1.3.3 Basitleştirme.....	10
1.3.4 Standardizasyon.....	10
1.4 Üretim Kaynaklarının Yerleşimi.....	10
1.5 Grup Teknolojisinde Parça ve Üretim Ailesi Kavramı.....	14
1.6 Hücresel Üretim.....	16
1.6.1 Hücresel Üretimde Yerleşim.....	16
1.6.2 Hücrelerin Tasarımı.....	18
1.6.3 Hazırlık Sürelerinin Düşürülmesi.....	20
2. GRUP TEKNOLOJİSİNDE KÜMELENDİRME METOTLARI.....	24
2.1 Parça Ailesi Oluşturma: Kodlama ve Sınıflandırma Sistemleri.....	25
2.1.1 Kodlama Sistemleri.....	25
2.1.2 Parça Ailesi Oluşturma.....	25
2.1.3 Küme Analizi.....	26
2.1.3.1 Hiyerarşik Kümeleme Algoritması.....	26
2.1.3.2 P-Medyan Yöntemi.....	26
2.1.3.3 Çok Amaçlı Kümelendirme Algoritması.....	26
2.1.3.4 Değerlendirme.....	27
2.2 Parça-Makina Gruplama Analizi: Hücre Oluşturma Metotları.....	27
2.2.1 Bağ Enerjisi Algoritması(BEA)	28
2.2.1.1 BEA Algoritmasındaki Sınırlamalar.....	28
2.2.2 Derece Sırası Kümelendirmesi(ROC)	28
2.2.2.1 ROC Kümelendirmesindeki Sınırlamalar.....	29
2.2.3 Derece Sırası Kümelendirmesi 2(ROC2)	29
2.2.3.1 Darboğaz Makinaların Ele Alınması.....	29
2.2.3.2 İstisnai Elemanların Ele Alınması.....	30

2.2.4	Değiştirilmiş Derece Sırası Kümelendirmesi (MODROC)	30
2.2.5	Direkt Kümelendirme Algoritması (DCA)	30
2.2.6.	Küme Tanımlama Algoritması(CIA)	30
2.2.7	Değiştirilmiş Küme Tanımlama Algoritması (MODCIA)	31
2.2.8	Matris Manipülasyonlu Algoritmaların Karşılaştırılması.....	31
3.	BİRDEN FAZLA ROTA ESASLI BİR SEZGİSEL KÜMELENDİRME YÖNTEMİ.....	33
3.1	Yaklaşımın Temelleri.....	33
3.2	Problemin Tanımlanması.....	35
3.2.1	Sistemin Tanımlanması ve Giriş Verileri.....	35
3.2.2	Problemin Formülasyonu.....	36
3.3	Algoritma.....	38
3.3.1	Algoritmanın Temelleri.....	38
3.3.2	Geliştirilmiş Hücreler Arası Trafik Minimizasyonu Yöntemi(GHATMY)	40
3.3.3	Yakınsama.....	41
3.4	Başlangıç Kümelendirmesi.....	42
3.5	Parça Ailelerinin Belirlenmesi.....	42
3.6	Değerlendirme Kriterleri.....	43
4.	YÖNTEMİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ UYGULAMASI.....	45
4.1	Yöntemin Üstünlükleri.....	45
4.2	TRAFFIC ile TRAFİK'in karşılaştırılması.....	47
4.3	Programın Kullanımı.....	48
4.3.1	Yeni Problem Girişi.....	48
4.3.2	Varolan Problemi Çağırma.....	49
4.3.3	Problemin Çözümü.....	50
4.3.3.1	Yaklaşım.....	50
4.3.3.2	Programın Akışı.....	52
4.3.4	Programın Kullanılması ve Sonuçların Gösterilmesi.....	53
4.3.5	Dikkat Edilecek Noktalar.....	54
4.3.6	Örnek Bir Problem.....	55
5.	BİR TALAŞLI ÜRETİM SİSTEMİNDE BİRDEN ÇOK ROTA ESASLI HÜCRESEL ÜRETİM UYGULAMASI.....	60
5.1	Firmanın Tanıtılması.....	60
5.2	Üretimin Karakteristik Özellikleri.....	61
5.3	Hücresel Üretimin Uygulanması.....	64
5.3.1	Mevcut Durum.....	64
5.3.2	Verilerin Toplanması ve Analizi.....	65
5.3.2.1	Operasyon Akışlarının Belirlenmesi.....	66
5.3.2.2	Parçaların Gruplanması.....	67
5.3.2.3	Tezgah Seçimi.....	67
5.3.2.3.1	Tezgah Kapasitelerinin Belirlenmesi.....	68
5.3.2.4	Rotaların Belirlenmesi.....	69
5.3.2.5	Parçaların Önem Derecelerinin Belirlenmesi.....	70
5.3.3	Hücrelerin Oluşturulması.....	70
5.3.3.1	Senaryo 1.....	71

5.3.3.2	Senaryo 2.....	72
5.3.3.3	Senaryo 3.....	74
5.3.3.4	Senaryo 4.....	75
6.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	77
	KAYNAKLAR.....	79
	EKLER.....	81
Ek 1	Üretilcek Parçalardan Bazı Örnekler.....	82
Ek 2	Modüler Bağlama Düzenekleri.....	88
Ek 3	Parça ve Makina Bilgileri	93
Ek 4	TRAFİK Programı.....	106
Ek 5	Mevcut ve Önerilen Yerleşim.....	123
	ÖZGEÇMİŞ.....	129



KISALTMA LİSTESİ

CAPP	Bilgisayar Destekli Proses Planlama
CAD/CAM	Bilgisayar Destekli Tasarım ve Üretim
CM	Hücrelerdeki Maksimum Tezgah Sayısı
ESM	Ekonomik Sipariş Miktarı
GT	Grup Teknolojisi
HATMY	Hücreler Arası Trafik Minimizasyonu Yöntemi
HÜ	Hücreyel Üretim
KK	Kalekalıp Makina ve Kalıp A.Ş.
ME	Etkinlik Ölçütü
PFA	Üretim Akış Analizi(Production Flow Analysis)
PDK	Parça Dolaşım Kartı(Production Route Sheet)



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1	Hammadde ve parçaların geometrik özelliklerine göre sınıflandırılması.....	5
Şekil 1.2	Üretim Akış Analizinde hiyerarşi.....	8
Şekil 1.3	Malzemelerin geometrik ve ölçüsel özelliklerine göre kodlama	9
Şekil 1.4	Tesis içinde ekipmanların yerleşim tipleri.....	12
Şekil 1.5	Görünüş ve üretim açısından benzer parçaların oluşturduğu bir grup...	14
Şekil 1.6	Üretim açısından farklı görünüş açısından benzer parçaların oluşturduğu bir grup.....	15
Şekil 1.7	Görünüş açısından farklı üretim açısından benzer parçaların oluşturduğu bir grup.....	16
Şekil 1.8	Fonksiyonel yerleşimden grup yerleşime geçişte malzeme hareketlerinin rasyonelleşmesi.....	17
Şekil 1.9	6 makinadan ve bir çok fonksiyonlu işgörenden oluşan bir hücre ve bu hücredeki iş akışı.....	18
Şekil 1.10	Birbirine bağlı 7 montaj hücresinde akış	19
Şekil 1.11	Atölye tipi üretimde parçaların üretim alanında geçirdiği sürenin dağılımı.....	20
Şekil 1.12	Hazırlık sürelerini azaltmak için uygulanan metodoloji: 4 adım.....	22
Şekil 3.1	Algoritmanın akış diyagramı.....	39
Şekil 4.1	TRAFİK programının giriş menüsü.....	49
Şekil 4.2	TRAFİK programının problem çağırma menüsü.....	50
Şekil 4.3	TRAFİK programının sonuçları gösterme penceresi.....	54
Şekil 5.1	Kalekalp'ta talaşlı üretimin genel iş akışı.....	62
Şekil 5.2	Üretim Akış Analizinin şematik anlatımı: rotalardaki benzerlikleri baz alarak ürün ailelerini belirleyen bir teknik.....	71

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1	Tesis yerleşim tiplerinin temel karakteristiklerin karşılaştırılması.....	13
Çizelge 2.1	Kodlama sistemlerinin genel özellikleri.....	25
Çizelge 4.1	Klasik makina /parça matrisi	45
Çizelge 4.2	Geliştirilmiş makina /operasyon matrisi.....	46
Çizelge 4.3	Örnek probleme ait veriler.....	55
Çizelge 4.4	Örnek probleme ait makina-rota-operasyon matrisi.....	56
Çizelge 4.5	Örnek problemin trafik değerlerinin belirlenmesi	57
Çizelge 4.6	Örnek problemde 1.iterasyon sonunda makina-rota-operasyon matrisi.....	58
Çizelge 4.7	Örnek problemde 2.iterasyon sonunda makina-rota-operasyon matrisi.....	58
Çizelge 5.1	Kalekalıp Makina Listesi ve Makina Özellikleri.....	68
Çizelge 5.2	Senaryo 1'in trafik, hücreler arası hareket ve etkinlik değerleri.....	71
Çizelge 5.3	Senaryo 1'de farklı iki kapasite için tezgah yükleri.....	72
Çizelge 5.4	Senaryo 2'in trafik, hücreler arası hareket ve etkinlik değerleri.....	73
Çizelge 5.5	Senaryo 2'de farklı iki kapasite için tezgah yükleri.....	73
Çizelge 5.6	Senaryo 3'in trafik, hücreler arası hareket ve etkinlik değerleri.....	74
Çizelge 5.7	Senaryo 3'de farklı iki kapasite için tezgah yükleri.....	74
Çizelge 5.8	Senaryo 4'in trafik, hücreler arası hareket ve etkinlik değerleri.....	75
Çizelge 5.9	Senaryo 4'de tezgah yükleri.....	75
Çizelge 5.10	Elde edilen nihai tezgah gruplaması ve hücreler.....	76

ÖNSÖZ

Grup teknolojisinin bir uygulaması olan hücresel üretimin ilk ve temel adımını meydana getiren parça ve makina ailelerinin oluşturulmasını ve eldeki tezgah parkının bu yaklaşım kullanılarak yeniden organize edilmesini konu alan bu tezin hazırlanmasında bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım danışman hocam Doç.Dr. Mesut ÖZGÜRLER'e ve hocam Prof.Dr.Bülent DURMUŞOĞLU'na teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Ayrıca teze konu olan DELPHI dilindeki TRAFİK adlı bilgisayar programın hazırlanmasında yardımlarına başvurduğum Araşt.Gör. Mustafa SARI'ya teşekkür ederim.



ÖZET

Grup Teknolojisi parçalar ve prosesler arasındaki benzerlikleri belirleyip bunları beraber ele alarak üretimdeki etkinlik ve üretkenliği arttırmayı hedefleyen bir kavramdır. Geleneksel üretim sistemlerinin aksine Grup Teknolojisi kavramının bir uygulaması olan hücreli üretim kütleli üretimin ekonomiklik faydalarının küçük parti üretiminden de elde edilmesine olanak sağlamaktadır.

Hücreli üretim özellikle sipariş üzerine küçük partiler halinde çok çeşitli ve birbirine benzer parçalar üreten sistemler için kaçınılmaz bir uygulama haline gelmiştir. Bu çalışma savunma sanayi alanında benzer özelliklerde ve küçük parti büyüklüklerinde üretim yapan Kalekalıp bünyesindeki tezgahların hücreli üretim yaklaşımı ile üretim alanına yerleştirilmesi konu alınmıştır.

Geliştirilmiş hücreler arası trafik minimizasyonu yöntemi kullanılarak ve mevcut üretim verileri temel alınarak üretim sistemi yeniden düzenlenmiştir. Bu yöntemin başlıca üstünlükleri alternatif rotaları gözönüne alabilmesi ve birden çok kısıtı aynı anda optimize edebilmesidir.

Temel alınan bu yöntemin önerdiği algoritma ve Altuntemir(1993) tarafından Q Basic'te hazırlanmış program yeniden düzenlenerek Delphi ortamına aktarılmıştır. Trafik adı verilen bu program yardımıyla muhtemel senaryolar çözümlenip sisteme en uygun rotalama ve yerleşim bulunmuştur.

Bu tezin ilk bölümünde genel hatları ile grup teknolojisi ve hücreli üretim kavramları tanıtılmıştır. İkinci bölümde grup teknolojisinde kullanılan kümlendirme metotları ele alınmıştır. Üçüncü bölümde çözüme ulaşmak üzere kullanılacak olan birden çok rota esaslı bir sezgisel yöntemle ait alogortima anlatılmıştır. Dördüncü bölümde ise bu metodun bilgisayar destekli uygulaması ve program hakkında bilgi verilmesi konu alınmıştır. Son bölümde geliştirilen program kullanılarak işletmede yapılan hücreli yerleşim çalışması anlatılmaktadır.

ABSTRACT

Group technology is an organizational technique to improve manufacturing productivity by exploiting the underlying commonality between parts and manufacturing processes. From a manufacturing viewpoint, group technology is to partition a manufacturing system into cells and part types to be manufactured into part families, based on the similarity of part manufacturing characteristics. The objective is to decrease production cost by reducing material handling and transportation costs, work in process, and by simplifying production management.

Today, it is inevitable to implement cellular manufacturing, which is an application of GT, for companies manufacturing similar but diversified products with small batch sizes. This study aims to solve a layout problem by implementing a proper cellular manufacturing technique.

In first chapter group technology and cellular manufacturing are to be explained in general. Then in the following chapter clustering methods used in group technology is to be explained. In the third part a multiple routings and capacity consideration based clustering method is explained in detail. In the fourth chapter a computer based application of this method is presented. In the last part a practical implementation of this computer programme in a production facility is to be summarised.

A developed intercellular traffic minimisation technique is utilised in order to reorganise current manufacturing system. Major advantages of this method are its ability to handle alternative routings and its ability to optimize multiple constraints.

Proposed algorithm by this method and Q Basic based computer programme by Altuntem (1993) are rearranged and they are combined under Delphi platform as a new programme. The programme, named Trafik, is used to solve possible feasible scenarios. At the end the most suitable layout and routings for the system are determined.

1. GRUP TEKNOLOJİSİ ve HÜCRESEL ÜRETİM

Grup teknolojisi oldukça geniş bir kavramdır. Üretim ve endüstri mühendisliği alanlarında pek çok problemin benzer özellikler taşıdığı ve dolayısıyla beraberce çözüldüklerinde büyük bir verimlilik artışının ve ekonomikliğin elde edilebileceği prensibine dayanır. Üretimden satınalmaya, pazarlamadan üretim yönetimi ve planlamanın her aşamasında uygulanabilme esnekliğine sahiptir.

Grup teknolojisi kavramı ilk önce 1950'li yıllarda Rus mühendis Mitrafanov tarafından ortaya atıldı(Kalpajian,1989). Oradan Batı ve Doğu Avrupa'ya, Japonya'ya ve ABD'ye yayıldı. 1960'lı yılların sonlarında ve 1970'lerde üretim hücrelerinin uygulamaları belirgin bir şekilde ilgi odağı olmuş ve bu konuda yoğun akademik çalışmalar başlamıştır. Günümüzde ise grup teknolojisi özellikle gelişmiş ülkelerde yaygın bir uygulama alanı bulmuştur.

Günümüzde şirketler birim zamanda üretim alanında aylak parça miktarını azaltmayı ve şartların gerektirdiği başdöndürücü değişim hızına ayak uydurabilmeyi istemekte ve kuruluşlarında hücresel üretime geçiş yapmaktadır. Tipik olarak bu yolu tercih eden şirketlerin oldukça fazla çeşitlilikte, karmaşık ama benzer parçalar üreten firmalar arasından olduğu gözlenmektedir.

Artan ürün çeşitliliği ve bunlara olan talep ve azalan pazara arz süresi ve ürün ömrü genel amaçlı tezgahlarda çok sayıda mamülün küçük partiler halinde üretilmesini mümkün kılan atölye tipi üretimin ön plana çıkmasına neden olmuştur. Bunun bir sonucu olarak atölye tipi üretimde tezgahların ihtiyaçları karşılayacak şekilde yerleştirilmesi sorunu karşımıza çıkmaktadır.

Bütün halinde ele alınması oldukça zor olan bu problem, sistemin benzer özellikler gösteren parçalarının ayrı ayrı tanımlanarak incelenmesi yöntemiyle çözülebilir. Bu noktada hücresel üretim modeli ortaya atılmıştır. Burada esas büyük sistemden bağımsız olacak şekilde oluşturulan küçük sistemlerin etkin ve kontrol edilebilir olma özelliğini büyük sisteme yansıtmaktır (Altunterim,1993).

1.1 Grup Teknolojisinin Tanımı ve Teorisi

Literatürde yapılan araştırmalar bu konuda çalışma yapan yazar ve araştırmacıların grup teknolojisi kavramını kendi tecrübe ve gözlemlerine dayanarak tanımladığını göstermiştir. Dolayısıyla oldukça farklı tanımlarla karşılaşmak mümkündür. Bunlardan bazıları aşağıda sunulmuştur.

Önceleri grup teknolojisi bir işletmenin tüm aktivitelerinin seri üretimin faydalarının çok çeşitli tiplerde ve miktarlarda üretim için de kullanılabilmesi için mantıksal olarak düzenlenip sıraya sokulması olarak tanımlanıyordu (Ranson, 1972).

Teknolojinin gelişimi anlayışların ve tanımların da değişmesine neden olmuştur. Böylelikle grup teknolojisi yaklaşımı, parçaların geometrilerine, fonksiyonlarına ve işleme verilerine göre sınıflandırılıp üretim fonksiyonların bu sınıflandırmaya göre düzenlenmesini ifade eden bir kavram olarak tanımlanmıştır. Diğer bir ifadeyle grup teknolojisi ürünler ve aktivitelerdeki benzerlikleri belirgin hale getirip üretim ve mühendislik yönetimine farklılıkları yönetme konusunda yardımcı olan bir araçtır. (Schey, 1987) Bu benzerlikler üretim sürecinin etkinlik ve veriminin artırılmasında belirleyici faktörlerdir.

Bütün bu tanımlar incelendiği zaman grup teknolojisi kavramının tek bir teori altında toplanması mümkün olduğu görülmüştür. Bu, “karar alınması gereken farklı durumlar için daha önceden seçilmiş ve genel kabul gören kriterler kullanılarak oluşturulan grup için alınan bir kararın tüm grup için de geçerli olması” olarak ifade edilmektedir (Charles, 1989). Benimsenen bu teorinin başlıca önemli noktaları şunlardır:

- i. Karşılaşılan durumlar yada problemler daha önceden seçilmiş kriterlere göre gruplanacaktır. Fakat bu gruba ait kararlar daha önceden tahmini yada sezgisel olarak alınmamış olmalıdır. Bunun yerine toplanmış ve toplanan veriler analiz edilerek karar alınmalıdır.
- ii. Karar verme mekanizması veri analizine dayandığına göre bir karar destek veri tabanının oluşturulması esastır.
- iii. Hiçbir kararın %100 çözüm olmadığı kabul edilmeli, karar alma prosedürü bir alternatif kümesi içinden en iyinin seçilmesi şeklinde olmalıdır.

Yine grup teknolojisi hakkında literatür tarandığı zaman görüleceği gibi çalışmaların bir çoğu sınıflandırma ve kodlama ekseninde etrafında yapılmaktadır (Charles,1989). Hatta bazı çalışmalarda sınıflandırma ve kodlama grup teknolojisi olarak tanımlanmaktadır. Fakat gerçekte sınıflandırma ve kodlama karar almak için gerekli olan veri tabanının oluşturulmasında kullanılan birer metottan başka birşey değildir. Grup teknolojisinin faydalarından tamamıyla yararlanabilmek için veri tabanının uygulamalar ile desteklenmesi ve sürekli güncellenmesi gerekmektedir (Charles, 1989).

1.2 Grup Teknolojisinin Rolü

Üretim fonksiyonları içinde pekçok yerde değişik uygulamalarda (tasarım, üretim, planlama vb.) grup teknolojisi kullanılabilmektedir. Grup teknolojisinin tasarımdaki uygulamasıyla tekrar eden işler ortadan kaldırılmış olur. Yapılan gözlemler harcanan zaman bazında tasarım faaliyetlerinin %40'ının aynı işin tekrar edilmesinden, %40'ının varolan tasarımda ufak değişiklikler yapılmasından ve %20'sinin de tasarım işinin kendisinden oluştuğunu göstermektedir (Schey, 1987).

Üretimde ise belli bir parça grubunun NC tezgahta işlenmesi için CAD/CAM sistemleri kullanılarak optimize edilmiş şekilde hazırlanan NC programlar saklanarak ileride aynı aileye ait benzer parçaların işlenmesi şeklinde olabilir. Üretimde kullanılan takımların gruplanması da programlamaya yardımcı olması açısından bir grup teknolojisi uygulamasıdır. Temel olarak aynı ailedeki parçalar benzer geometrik özellikler gösterdiğinden yaklaşık aynı proses sırasını takip etmeleri beklenir.

Üretim planlama açısından ise işleme süresinin kestirilmesi hız ve hassasiyet kazanır. İş parçasının üretim alanındaki hareketleri daha rasyonel hale gelir. Ayrıca proses tasarımı daha yalın hale getirilmiş olur. Bütün bunlar sonuç olarak maliyet ile ilgili çalışmalarda ciddi bir kısalma ve kesinliğe yol açar.

Grup teknolojisine artarak yönelen ilginin arkasında Tam Zamanında (JIT) Üretim felsefesinin kazandığı popülerite yatmaktadır. Temel olarak grup teknolojisi, benzerliklerden kaynaklanan gereksiz çeşitliliğin ortadan kaldırılmasını hedefleyen bir felsefedir. Bu yolla, grup teknolojisi başarılı bir Tam Zamanında (JIT) Üretim uygulaması için önşart olan düzensizliğin yokedilmesi, iş akışlarının basitleştirilmesi

ve proseslerin standartizasyonu gibi fonksiyonları yerine getirir. Grup teknolojisinin en başta gelen uygulaması olan hücreli üretim, üretim sürecinin organizasyonunda Tam Zamanında (JIT)Üretim'i destekleyen anahtar bir yaklaşımdır.

Bu kavramı üretime uygularken herbir parça tasarım özellikleri, uygulanan üretim operasyonları ve bunların sıralamasındaki benzerlikler gibi kriterlere göre incelenir. Bu sayede parça aileleri oluşturulabilir ve ekonomiklik sağlanabilir.

1.3 Grup Teknolojisinin Başlıca Kavramları

Tüm grup teknolojisi uygulamaları için başlıca 4 önemli kavram vardır: sınıflandırma, ailelerin oluşturulması, basitleştirme, standardizasyon.

1.3.1 Sınıflandırma

Bu teknik, belirli verilerin benzerlikler ve temel farklılıklar baz alınarak düzenlenerek organize edilmesini içerir. Endüstriyel uygulamalarda sınıflandırma alışlagelen bir yaklaşımdır. Örneğin malzeme stokları hammaddeler, işlenmekte olan parçalar (yarı mamül), aramamüller, parçalar ve mamüller şeklinde sınıflandırılır. Parçalar prizmatik ve silindirik olanlar şeklinde ikiye ayrıldıktan sonra prizmatik olanlar kendi içinde çelik ve plastikten yapılanlar şeklinde ayrılabilir. Şekil 1.1'de parçaların geometrilerine ve tasarım özelliklerine göre sınıflandırılmasına bir örnek verilmiştir (Schey, 1987).

Sınıflandırma parça ailelerin belirlenmesi ve standardizasyonu için gerekli temeli oluşturması açısından grup teknolojisinin uygulamaya alınma sürecinde en önemli adımdır. Veriler sınıflandırılmadan önce benzerliklerin belirlenmesinde kullanılacak kriterler seçilmelidir. Seçilecek kriter uygulama yapılacak alana göre farklılık gösterebilir. Örneğin geometrik benzerlik, tasarımcı açısından bir kriter olmasına rağmen her zaman proses benzerliliğini anlamına gelmeyebilir. Yada üretim mühendisi açısından bir kriter olan proses benzerliği her zaman tasarım benzerliği ile birebir örtüşmeyebilir. Bu yüzden sınıflandırma sürecinde karakteristik özelliklerin seçimi için bir veri havuzunun oluşturulması ve bunun ilgili tüm bölümler tarafından kullanılarak kriterlerin belirlenmesi tercih edilecek bir yöntemdir.

KISALTMALAR	ARTAN KARMAŞIKLIK →							
	0 Sabit Kesitler	1 Uçta Değişenler	2 Merkezde Değişenler	3 Dairesel Bükülmüşler	4 Bir Uçtan Kapatılar	5 Her İki Uçtan Kapatılar	6 Kademelliler	7 Karmaşıklar
Y(uvarlaklar)								
L(amalar)								
P(rofiller)								
B(orular)								
S(aclar)								
K(üreler)								

Şekil 1.1 Hammadde ve parçaların geometrik özelliklerine göre sınıflandırılması

1.3.2 Ailelerin Oluşturulması

Aile, belirli bir amaç açısından ortak karakteristik özellikleri taşıyan parça yada nesnelerin bir araya getirilmesinden meydana gelir. Aileye üye parça yada nesneler arasındaki farklılık aile dışındakilere göre daha az olacaktır. Örneğin malzeme akışını basitleştirmek üzere oluşturulacak bir rotalama ailesi aynı yada benzer rotaları izleyen parçalardan meydana gelmelidir. Benzeri bir yaklaşım bir makina hazırlığı ailesi için de uygulanabilir. Böylelikle benzer hazırlık aktiviteleri ve araçları (bağlama düzenekleri, takımlar vb.) gerektiren parçalar bir aileye toplanarak hazırlık süreci kısaltılabilir, hatta yokedilebilir.

Sınıflandırma ve ailelerin oluşturulması birbirleriyle oldukça ilişkisi olan, hatta tamamen aynı olarak değerlendirilebilecek aktivitelerdir. Gerçekte sınıflandırma bir parçaya ait karakteristik özelliklerin çeşitli fonksiyonel alanlarla (tasarım, üretim,

satınalma vb.) olan ilişkilerine göre ayrılıp, ayıklanmasını ifade eder. Diğer yandan ailelerin oluşturulması ise çoklu özelliklerin gözönüne alınarak oluşturulan popülasyon içinden belirli bir amaca uygun olanların seçilmesini tanımlar. Örneğin bir makina hazırlık ailesi oluşturmak için gerekecek verileri parça ölçüleri, malzeme, parçaların şekli, hacmi, özel toleranslar vb. içerebilir. Ama aynı zamanda parçalar özel olarak bu özellikler için sınıflandırılmamış olabilirler.

Grup teknolojisinde ilk adımı parçaların ailelere ayrılmasıdır. Başlıca yaklaşımlar şunlardır (Charles, 1989):

1.3.2.1 Deneyim tabanlı yaklaşım

Bu yaklaşım sadece çok basit parçaların ele alındığı durumlarda uygun sonuçlar verebilir. Parçalar şekil ve geometrik özelliklerine göre görsel olarak ailelere ayrılırlar. Daha sonra bilinen üretim deneyimleri kullanılarak her bir aileye ait üretim sırası kestirilir. Belirlenen sıranın ve ailelerin optimum çözümler olması beklenemez.

1.3.2.2 Üretim akış analizi

İşletmede süregelmekte olan üretime ait operasyon sıraları ve süreleri ile ilgili bilgiler parça dolaşım kartları ve operasyon akış çizelgelerinde belirtilmiştir. Aynı aileye ait parçaların aynı yada benzer işlemler göreceği varsayılırsa eldeki verileri kullanan iyi bir mühendislik tecrübesi, ailelerin nasıl oluşturulacağına ve yeni bir parçanın hangi aileye dahil olacağına karar verebilir. Bu yaklaşımda aile dışında kalan bazı parçalar için daha kritik bir inceleme yapılarak işlem sıraları yakın bir aileye benzetilmeye çalışılır. Üretim sisteminin esnekliği izin verdiği sürece aynı işlemleri farklı sıralarda yapılan parçalar aynı aileye konulabilir.

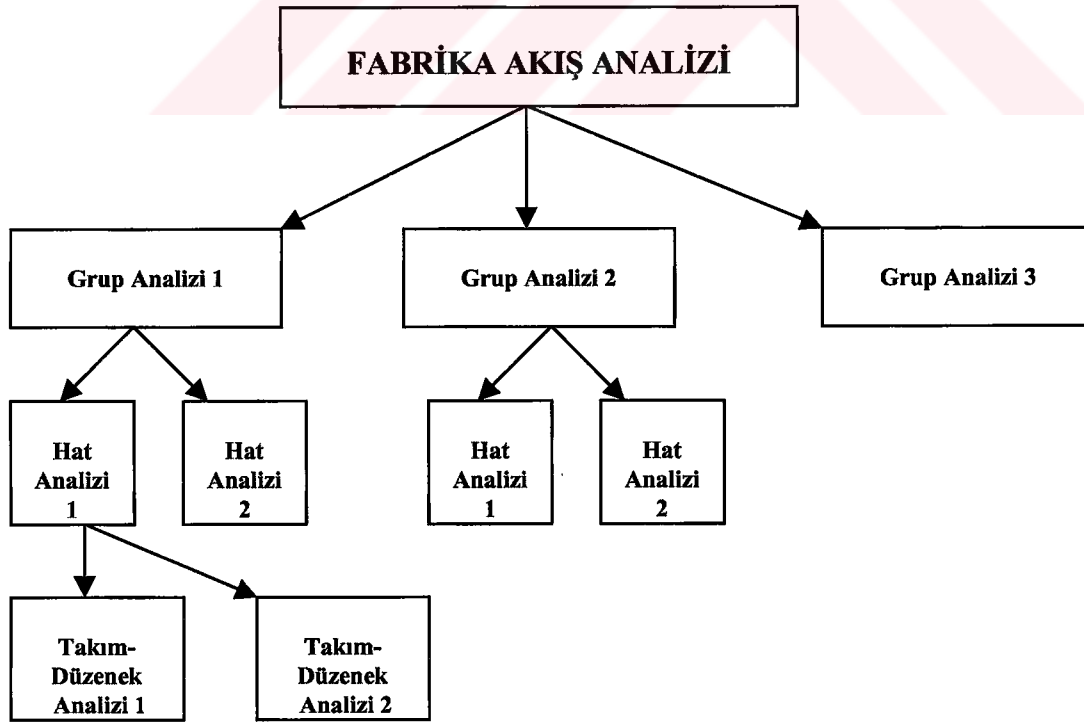
Üretim Akışı Analizi temel olarak parçaların tasarım ve şekillerini gözönüne almadan üretimin geliştirilmesini hedefler. Ayrıca proses ve ekipmanlar hakkında yeterince bilgi sağlamamakla birlikte fabrikada uygulanan teknoloji ile arasında sıkı bir bağ vardır. Üretim Akışı Analizi, 4 hiyerarşik alt başlığa ayrılır (Charles, 1989):

- i. *Fabrika Akış Analizi*: Fabrika Akışı Analizi bütün parçaların oluşturulacak ana makina gruplarında ait oldukları aileye göre işlenebilmesi amacıyla fabrikadaki farklı üretim prosesleri arasındaki malzeme akışını inceler.

Burada amaç parçaların ara operasyonlar için makina gruplarını terk etmemesini sağlamaktır.

- ii. *Grup Analizi:* Grup Analizi ana parça ailelerinin ve ana makina gruplarının herbir ailenin tek bir hücrede işlenebilecek şekilde alt bileşenlere ayrılmasını inceleyer.
- iii. *Hat Analizi:* Ailedeki parçaların iş akışlarının analizine dayanarak gruptaki ekipmanların en uygun şekilde düzenlenmesini inceler.
- iv. *Takım-Düzenek Analizi:* İşlenecek parçalar için kullanılacak takım ve düzenekler gruplanarak her tezgahta kullanılacak takım ve düzeneklerin optimum yükleme sırasının belirlenmesini inceler.

Şekil 1.2 Üretim Akış Analizinin hiyerarşik yapısını göstermektedir. Bu hiyerarşik yapı sırasıyla Fabrika Akış Analizi, Grup Analizi, Hat Analizi ve Takım ve Düzenek Analizinden oluşmaktadır.



1.2 Üretim Akış Analizinin hiyerarşik yapısı

1.3.2.3 Sınıflandırma ve kodlama

Diğerlerine göre oldukça formal bir yaklaşımdır. Aslında evrensel olarak kabul edilmiş bir yaklaşım bulunmamakla beraber muhtemelen hiçbir zaman da olmayacaktır. Bazı sistemler tasarım için daha uygun iken, bazıları özel proseslerle (döküm, dövme, talaşlı üretim vb.) yapılan parçalar için oluşturulmuştur. Hemen hepsinde sınıflandırmaya temel iş parçası geometrisinden başlanılmaktadır.

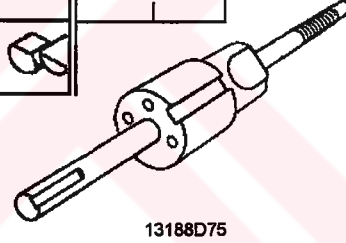
Kodlama yönteminde parçaların kompozisyonu, yüzey kalitesi gibi geometrik özelliklerine karşılık gelen rakam kodun ilgili hanesine yazılarak kaydedilir. Eklenen haneler sayesinde proses parametreleri ve proses sıraları gibi bilgiler de koda girebilir. Bu yöntemde kod atama işi, Bilgisayar Destekli Tasarım(CAD) sistemleri tarafından gerçekleştirilmektedir. Buna ek olarak kurulan tasarım veri tabanında kodu geri çağırma mekanizması sayesinde gereksiz yeni parçaların oluşturulması engellenir.

Sınıflandırma güçlü bir araç olmakla beraber oldukça fazla zaman alan ve problemleri tümüyle ortadan kaldıramayan bir yaklaşımdır. Gerçi karşılaşılabilecek muhtemel sorunlar tasarım aşamasında parçaların önceden belirlenmiş bir aileye girecek şekilde tasarlanmasıyla ve eldekilerinin yeniden bu açıdan gözden geçirilmesiyle bir ölçüde azaltılmaktadır. Bu mantık yeni bir tesisin kurulması yada mevcut tesisin yerleşiminin yeniden gözden geçirilmesi durumunda da geçerlidir.

Kodlama belli kod alanlarına sembol atanması işlemidir. Bu semboller parçaya yada niteliğe ait bilgilerin sayısal, rakamsal yada her ikisinin karışımı şeklinde ifade edilmesini sağlar. Kodlamanın grup teknolojisindeki rolü mevcut parça çeşitliğinin azaltılmasına yardımcı olmasıdır. Şekil 1.3'te bir kodlama uygulaması örneği görülmektedir (Charles, 1989).

Proses planlamanın belirli bir parça yada ürünü üretmek için gereken rotaların ve işleme sıralarının belirlenmesi süreci olduğu düşünülürse grup teknolojisi prensipleri uygulandığı zaman planların oluşturulması için harcanacak zaman ve emek miktarında gözle görülür bir düşmenin olacağı söylenebilir. Kodlama, Bilgisayar Destekli Proses Planlama (CAPP) uygulaması için bir köşetaşı niteliğindedir. Bu sistem sayesinde eldeki veri ambarı kullanılarak bilgisayar mantığı ve geri çağırma yetenekleri devreye sokularak planlamanın etkinliği ve hassasiyeti artırılır.

1							
AYIRAC	İKİNCİ	ÜÇÜNCÜ	DÖRDÜNCÜ	BEŞİNCİ	ALTINCI	YEDİNCİ	SEKİZİNCİ
	DİŞ ÇAP YADA BÖLÜM	MERKEZİ DELİK	MERKEZDEN KAÇIK DELİK	KANALVE DİŞLER	ÇEŞİTLİ	MAKS.DİŞ ÇAP YADA KALINLIK	MAKS. UZUNLUK
0	FARKLI	FARKLI	FARKLI YADA HİÇ YOK	FARKLI YADA HİÇ YOK	FARKLI YADA HİÇ YOK	> ≤ HİÇ YOK	> ≤ HİÇ YOK
1	SİLİNDİR tek başına	YOK	BOYDAN BOYA	KANALI	EŞ EKSENLİ	1 10	1 25
2	SİLİNDİR çoklu konik	İÇ DELİK boydan boya	RADYAL	DİŞ KANAL	ÇIKINTILI	10 2 16	25 2 40
3	SİLİNDİR çoklu konveks	İÇ DELİK kör	1&3		1 & 2	16 3 27	40
4	SİLİNDİR çoklu konik	SİLİNDİR boydan boya diş açılmış	RADYAL	YARIK	KANAL	27	
5	SİLİNDİR çoklu değişken	SİLİNDİR kör diş	1&4	1&4			110 5 180
6	KONİ	SİLİNDİR değişken iç çap					
7	KONİ çoklu konik	SİLİNDİR değişken iç çap kör				30 7 50	
8	ÇİFT YÖNLÜ KONVEKS	SİLİNDİR değişken iç çap boydan boya	VİDA ÇAPLI	VİDALILAR	DÜZ KESİT		
9	KÜRESEL						
A							



1, 4 & 8

Şekil 1.3 Malzemelerin geometrik ve ölçüsel özelliklerine göre kodlama

Kodlama sayesinde hammadde ihtiyaçlarının hassas şekilde biliniyor olması satınalma ekonomikliğinde ciddi artışlara sebep olur. Kodlama tarafından malzeme hakkında gerekli bilgilerin veriliyor olması bir parça grubundaki benzer parçaları gözönüne alınarak toplam ihtiyacın hızlı ve doğru şekilde belirlenmesini sağlar.

Yine kodlamaya işletmelerde oldukça zaman alan ve çoğu zaman yeterince doğru sonuçlar alınamayan fiyat ve maliyetlerin belirlenmesinde de değerli bir araç olarak başvurulabilir. Örneğin yeni bir parçaya ait tahmini fiyat parçanın ait olduğu aileye ait bilgilerden kolaylıkla belirlenebilir.

1.3.3 Basitleştirme

Basitleştirme bilgiler ve verilerin üzerindeki kontrolün arttırılması amacıyla gereksiz çeşitliliğin azaltılmasını ifade eder. Üretimde kullanılan verilerin miktarını azaltılması karışıklıkları azalmasına, tutarsızlık ve hataların daha seyrek oluşmasına ve aktivitelerin gereksiz yere tekrar edilmemesini sağlar. Diğer bir ifadeyle genel bir verimlilik ve hız artışına sebep olur.

1.3.4 Standardizasyon

Standardizasyon üretim prosedürleri, parça özellikleri, terminoloji, talimatlar gibi araç yada nitelikler arasından en iyi yada tercih edilen niteliklerin seçilmesini ifade eder. Basitleştirmenin amacı çeşitliliği standart hale getirilmiş opsiyonlar haline indirgeyerek kontrolü arttırmaktır. Standardizasyonun amacı ise bu niteliklerin standardize edilmiş aralığın dışında kullanılmasına meydan vermemektir.

1.4 Üretim Kaynaklarının Yerleşimi

Tesis yerleşiminin ana amacı ve faaliyet konusu üretim yapan bir işletmede ekipmanların (işmerkezi, tezgah vb.) nasıl yerleştirileceğinin belirlenmesidir. Genel olarak üç tip yerleşim yöntemi kullanılmaktadır. Şekil 1.4'te bu yerleşim tipleri gösterilmiştir (Burbinge, 1975).

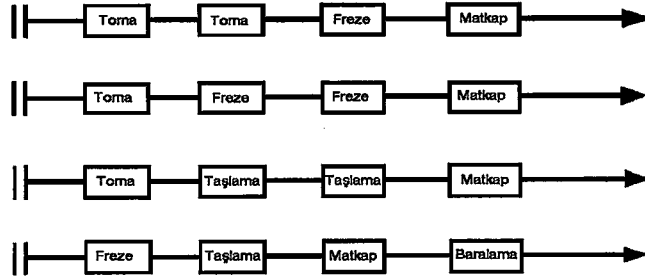
i. *Fonksiyonel Yerleştirme:*

Bu yerleşim tipinde herbir proses tipi için kullanılan makinalar gruplanarak aynı atölye yada üretim bölümüne yerleştirilir. Parti tipi üretim yapan işletmelerde yoğun olarak kullanılan bu yerleşimde torna, freze, taşlama vb. tezgahlar bir bölümde toplanır. Bu yerleşimin en belirgin özelliği belirli bir proseste uzmanlaşmadır.

ii. *Grup Yerleştirme:*

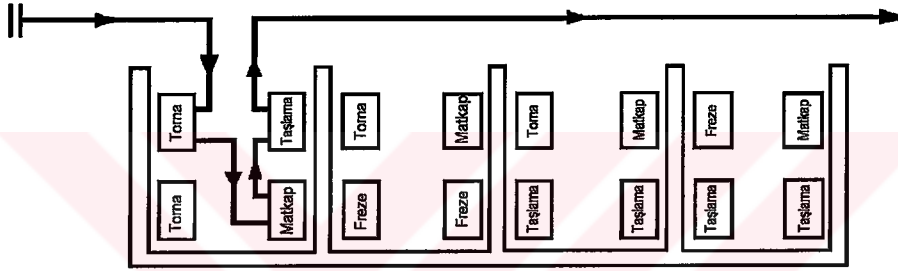
Bu yerleşim tipinde üretim fonksiyonları (tezgahlar ve işgörenler vb.) benzer parçalardan oluşan parça ailelerini işleyecek şekilde organize edilir. Bu yerleşimin en belirgin özelliği belirli bir parça grubunda uzmanlaşmadır.

I. Hat Tipi Yerleşim
parçaya göre uzmanlaşma



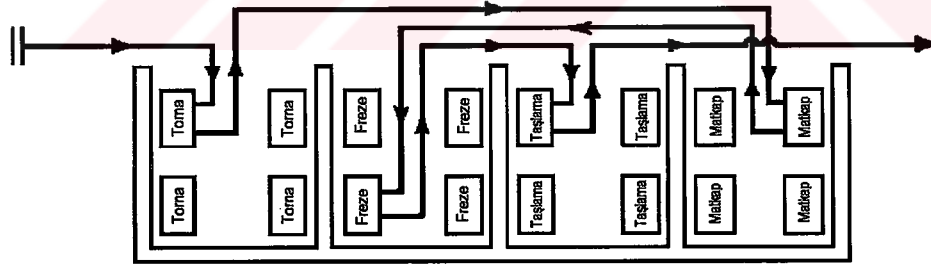
Makinalar sıra ile dizilmiştir ve sabittirler.

II. Grup Tipi Yerleşim
parçaya göre uzmanlaşma



Makinalar gruplanarak yerleştirilmiştir ve aynı sırada olmak zorunda değildir.

III. Fonksiyonel Yerleşim
prosesse göre uzmanlaşma



Makinalar tiplerine göre ve aynı tipteki tezgahlar aynı yerde toplanacak şekilde yerleştirilir.

Şekil 1.4 Tesis içinde ekipmanların yerleşim tipleri

iii. *Hat Yerleştirme:*

Bu yerleşim tipinde üretim fonksiyonları parçalara göre gruplara ayrılır. Klasik hat üretiminde makinalar sadece belirli bir parça için çok miktarlarda yüklenmek üzere bir hat üzerinde yerleştirilir.

Farklı yerleşim tiplerinin temel karakteristik özelliklerinin birbiriyle karşılaştırılmasını gösteren tablo Çizelge 1.1'de (Altuntemir, 1993, Groover, 1996) sunulmuştur.

Çizelgeden de görülebileceği gibi fonksiyonel yerleşim ile grup yerleşim arasında önemli farklar bulunmaktadır. Grup yerleşim ile hat yerleşim arasında ise benzerlikler mevcuttur.

Fonksiyonel yerleşimden grup yerleşime geçişte proses merkezli üretimden parça merkezli üretime doğru değişim olması gerekmektedir. Ayrıca toplam işleme ve üretimde kalma süresinde, taşıma ve hazırlık sürelerinde kayda değer düşmeler yaşanır. Dolayısıyla üretim, taşıma ve takım-düzenek maliyetleri düşürülmüş olacaktır. Öte yandan birleşen parçalarla birlikte sorumluluklar da birleşir.

Elemanların tecrübe ve ustalık seviyelerinin artan sorumlulukları karşılayacak şekilde arttırılması ve birleşen tezgahların bakımları konusunda değişik önlemlerin uygulamaya alınması gerekecektir. Grup teknolojisinin yerleşim bazında özellikleri Bölüm 1.6'da hücresel üretim başlığı altında daha detaylı olarak anlatılacaktır.

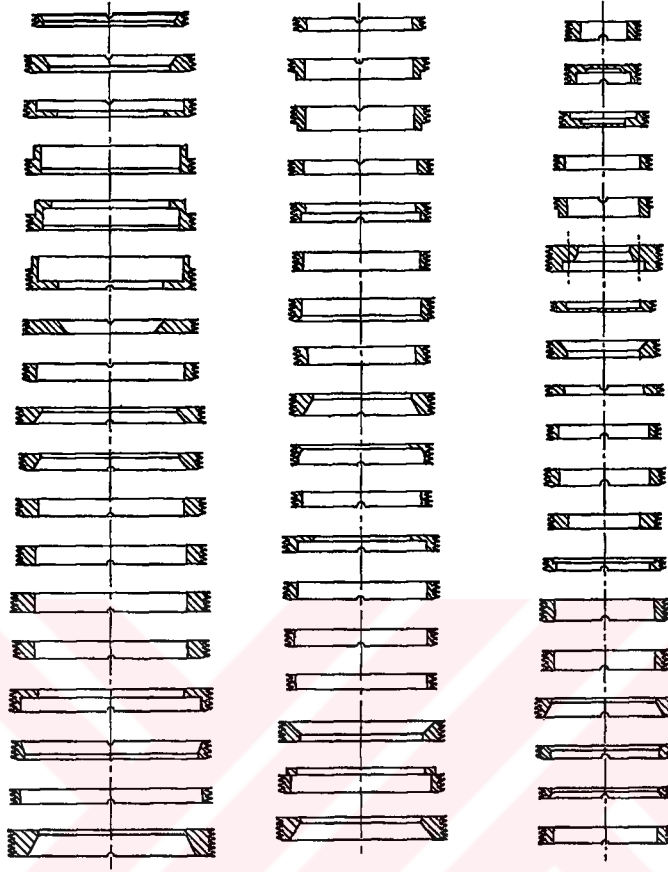
Çizelge 1.1 Tesis yerleşim tiplerinin temel karakteristiklerin karşılaştırılması

YERLEŞİM TİPİ KARAKTERİSTİK	FONKSİYONEL YERLEŞİM	GRUP TİPİ YERLEŞİM	HAT TİPİ YERLEŞİM
Uzmanlaşma Tipi	Proses	Parça	Parça
Malzeme Akışı	Parti	Yaklaşık Sürekli	Sürekli
Parti Büyüklüğü	Küçük-Orta	Çok Küçük	Büyük
Üretim Zamanı	Uzun	Kısa	Daha Kısa
Hazırlık Süresi ve Tipi	Uzun- Değişken,Sık	Çok Kısa- Sabit,Sık	Uzun- Karmaşık
Ara Stok Miktarı	Yüksek-çeşitliliği sağlayabilme amaçlı	Daha Düşük	Yüksek- emniyet amaçlı
Malzeme Akış Kontrolü	Karışık	Basit	Daha Basit
Esneklik	Daha Az Esnek	Esnek	Esnek Değil
Kalite/Üretim Sorumluluğu	Parça Başına Birçok İşgören	Parça Başına Bir İşgören	Parça Başına Bir İşgören
İşgörenlerin Yetenekleri	Tek fonksiyonlu- belirli bir işte uzmanlaşma	Tek fonksiyonlu- vasıfsız işgücü	Çok fonksiyonlu- Katılımcı
Makina Yatırım Tutarı	Düşük	Daha Düşük	Yüksek
Takım-Düzenek Yatırım Tutarı	Düşük parça başına her işlem için bir takım seti	Daha Düşük parça ailesi başına bir takım seti	Yüksek hat başına bir takım seti

1.5 Grup Teknolojisinde Parça ve Üretim Ailesi Kavramı

Parça ailesi birbirine benzer niteliklere sahip parçaların bir araya getirilmesi ile oluşan grup olarak tanımlanabilir. Üretim ailesi ise aynı makina grubunda işlenebilen

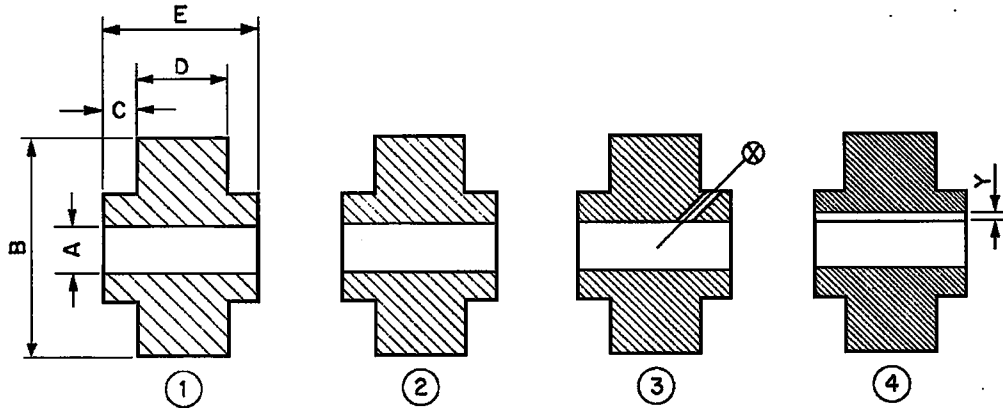
parça ailelerini tanımlar (Burbidge, 1975). Bir üretim ailesi dış görünüş ve üretim özellikleri açısından benzer parçalardan oluşabilir.



Şekil 1.5 Görünüş ve üretim açısından benzer parçaların oluşturduğu bir grup

Şekil 1.5 tamamı torna tezgahında üretilecek halka şeklinde dış kısımlarına diş açılan bir üretim ailesini göstermektedir.

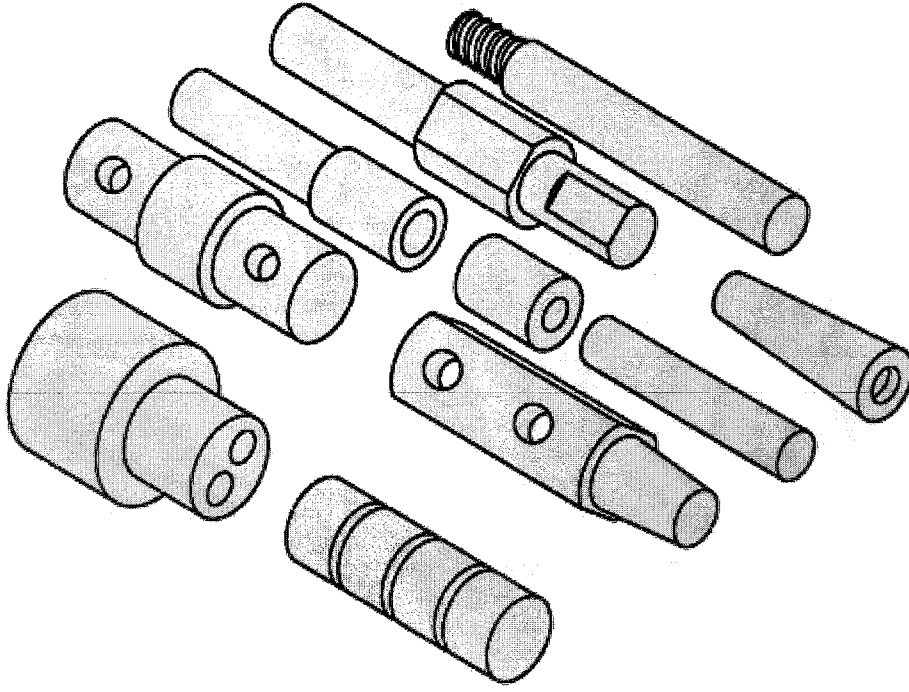
Öte yandan sadece dış görünüş ve üretim prosesi açısından benzer olmak çoğu zaman üretim ailesi oluşturmaya yeterli olmamaktadır. Aileleri oluştururken parçaların üretim adetleri, özel toleranslar, taşıdıkları değişik özellikler gibi faktörler de gözönüne alınmalıdır. Örneğin Şekil 1.6'te (Burbidge, 1975) görülen görünüş açısından birbirinin aynı dört parçayı aynı üretim ailesine altında toplamak mümkün değildir. Bunun nedeni parçaların yıllık üretim adetlerinin, üzerlerindeki özel işlemlerin (ısıl işlem, kaplama vb.) malzemelerinin ve dolayısıyla işleme özelliklerinin birbirinden oldukça farklı olmasıdır.



Parça No	toleranslar ±0.02mm					Yıllık Üretim Adedi	Özellikler	Malzeme
	ÖLÇÜLER (mm)							
	A	B	C	D	E			
1	10	50	50	20	50	100.000	Isıl işlem	Isıl İşlem Çeliği
2	20	50	100	30	50	2.000	Krom Kaplama	Isıl İşlem Çeliği
3	10	20	50	30	60	2	Yağ deliği açılmış	Dökme Çelik
4	10	100	20	50	100	70	Kama kanalı açılmış	Dökme Çelik

Şekil 1.6 Üretim açısından farklı görünüş açısından benzer parçaların oluşturduğu bir grup

Sonuçta gruplanacak parçalarda malzeme, üretim adedi, toleranslar, ebatlar gibi özellikler benzer yada aynı ise bu parçaların oluşturulacak üretim ailesinde yer alması mümkündür. Bu parçalar arasından dış görünüşleri birbirine yakın olan yada olmayan parçalar proses gereksinimlerine göre aileye dahil edilirler. Şekil 1.7 (Groover, 1996) görünüş açısından farklı üretim açısından benzer parçaların oluşturduğu bir üretim ailesini görülmektedir.



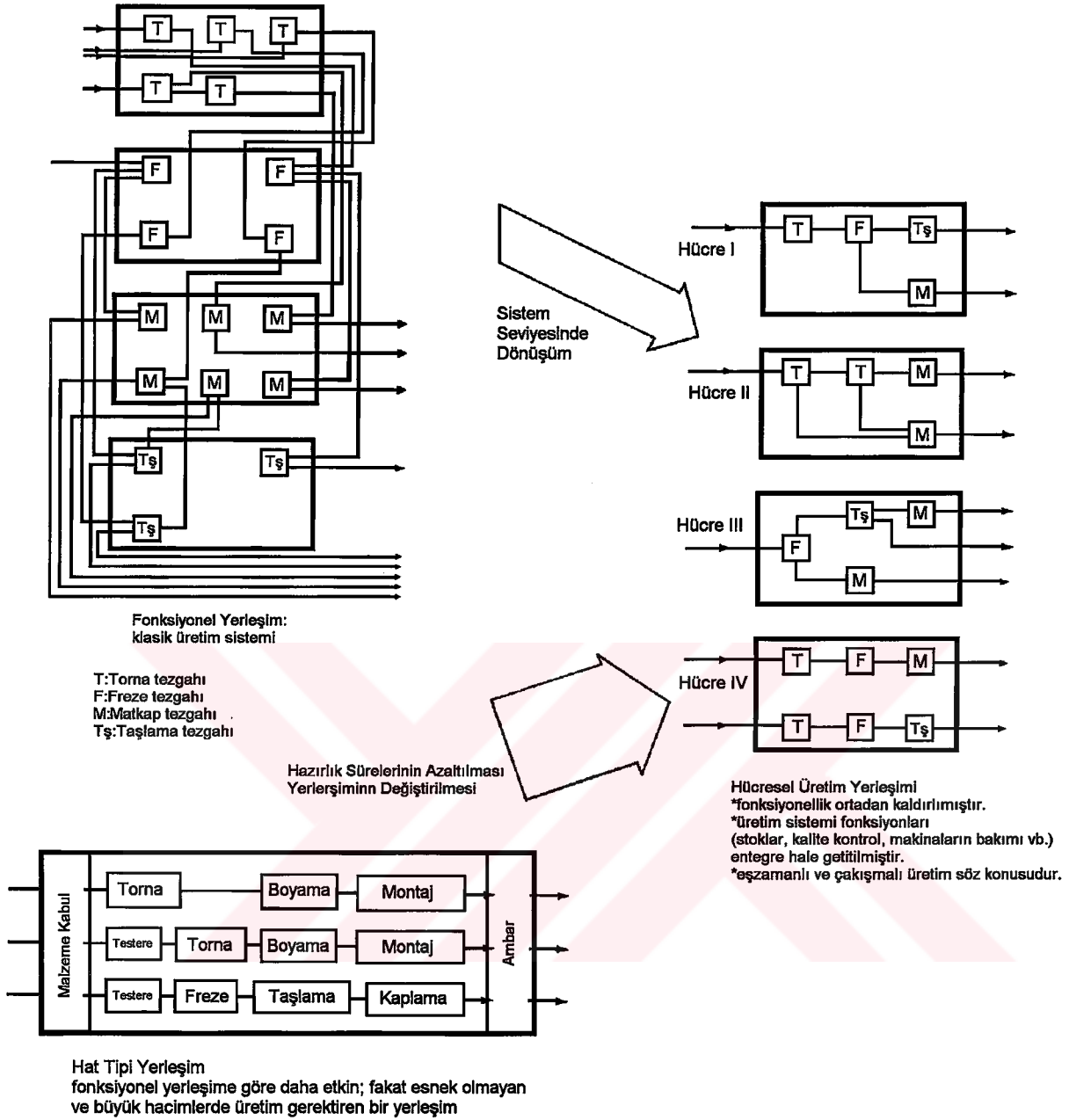
Şekil 1.7 Görünüş açısından farklı üretim açısından benzer parçaların oluşturduğu grup

1.6 Hücresel Üretim

Hücresel üretimin omurgasını belirli parça ailelerini üretmek üzere tasarlanmış hücreler oluşturur. Hücrenin yerleşimi, oldukça küçük miktardaki parça kümelerinin en az malzeme hareketine ve işlenmekte olan parça miktarına neden olacak şekilde hücreden çıkmasını sağlamasına izin verecek şekilde belirlenmelidir. Böylelikle işlem aralarında oluşan arastoklar da en aza indirilmiş olur. Gerçekte parçalar hücre içerisinde işlem sıralarına göre sürekli bir akış halindedirler (DeGarmo ve diğerleri, 1988).

1.6.1 Hücresel Üretimde Yerleşim

Fonksiyonel yerleşimden grup yerleşime geçişte proses merkezli üretimden parça merkezli üretime doğru dönüşüm olacağı daha önce belirtilmişti. Bu durum ise malzeme hareketlerini rasyonelleştirmesi (Şekil 1.8) (DeGarmo ve diğerleri, 1988) ve beklemelerin azalması gibi nedenlerden dolayı maliyetlerde ciddi düşüslere sebep olmaktadır.

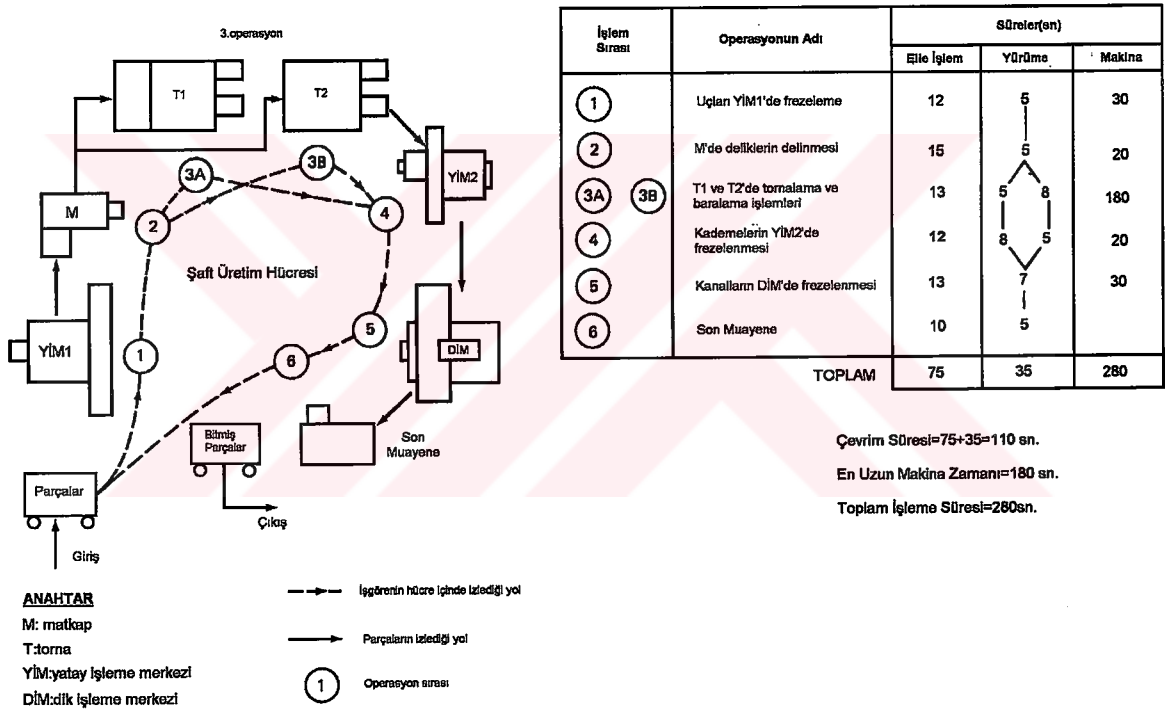


Şekil 1.8 Fonksiyonel tipten grup yerleşime geçişte malzeme hareketlerinin rasyonelleşmesi

Şekilden de görüleceği üzere fonksiyonel yerleşimde tezgahlar tiplerine göre belirli bölümlere toplanmıştır. Bunun sonucu olarak farklı operasyonları değişik tezgahlarda gerçekleştirilmesi gereken parçalar tezgahlar arasında mekik dokumak zorunda kalmaktadır. Dolayısıyla oldukça karışık bir malzeme hareketi şebekesi karşımıza çıkmaktadır. Bu durum ise üretimin izlenmesini ve kontrolünü imkansızlaştırmakta ve teslimatların planlandığı zamanda gerçekleşmesi önceden hazırlanmış planlara değil şansa bağlı hale gelmektedir.

1.6.2 Hücrelerin Tasarımı

Hücresel üretimde prosesler bir parçayı üretmek için takip edilen işlem sırasına ve operasyonlara göre gruplanır. Bu düzenleme, hat tipi yerleşimin esneklik için tasarlanmış şekli olarak da adlandırılabilir. Hücreler genellikle işgören tarafından çevrimi başlatılan ve çevrimini kendi tamamlayan makinalardan oluşur. Tercih edilen yerleşim biçimi U şeklinde olanıdır. Böylelikle hücreye malzemelerin giriş ve çıkış noktaları birbirine yakın olacaktır. Şekil 1.9'da (DeGarmo ve diğerleri, 1988) 6 tezgahtan oluşan U şeklindeki bir hücrede işgörenin hücre içinde hareketi ve üretim süreleri detay bazında gösterilmiştir.



Şekil 1.9 6 makinadan ve çok fonksiyonlu işgörenden oluşan bir hücre ve hücredeki iş akışı

İşgörenin hücre içindeki bir turunu tamamlaması ile bir parçanın üretimi bitmiş olur. Çevrim süresi ile makina süresi birbirine direkt olarak bağlıdır. Çevrim süresi işgörenin hücre içindeki turunu tamamlamasına bağlı olduğundan yeni işgücü eklenerek yada çıkarılarak bu süre esnek bir şekilde kontrol altında tutulabilmektedir. Bu hücrede çevrim süresi sistemin gereksinimlerine göre belirlendiğinden, hücre istenilen miktarda parçayı ve istenilen sürede üretecek şekilde organize edilmiştir. Bu yapılanmada hazırlık süreleri ve çapak alma, temizleme gibi yan işlemler gözönüne

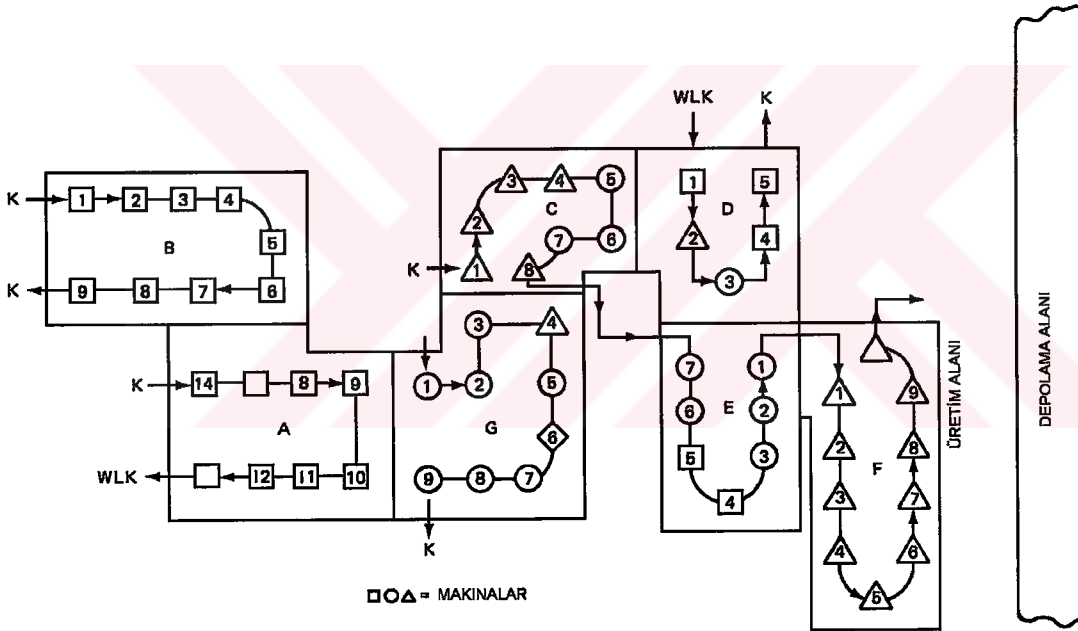
alınmamıştır. Bu tarz işlemlerin hücre dışında gerçekleştirilmesi öngörülmüştür. Çevrim süresi aşağıdaki denklemler yardımıyla kolayca hesaplanabilir.

günlük talep= aylık talep(tahminler+siparişler)/ aydaki gün sayısı

üretim miktarı=günlük talep/gündeki saat sayısı

çevrim süresi=1/üretim miktarı

Bu sistemde makina sürelerinin dengelenmesine gerek yoktur. Tek dikkat edilecek nokta istenilen makina süresinin çevrim süresinden büyük olmamasıdır. Eğer bu kaçınılmazsa bazı makinalarda işlemin tekrarlanması çözüm olabilir. Çevrim süresini kontrol altına alabilmek için işleme hızları ve ilerlemeler düşürülerek aşınmanın azalması ve takım ömürlerinin arttırılması sağlanabilir.

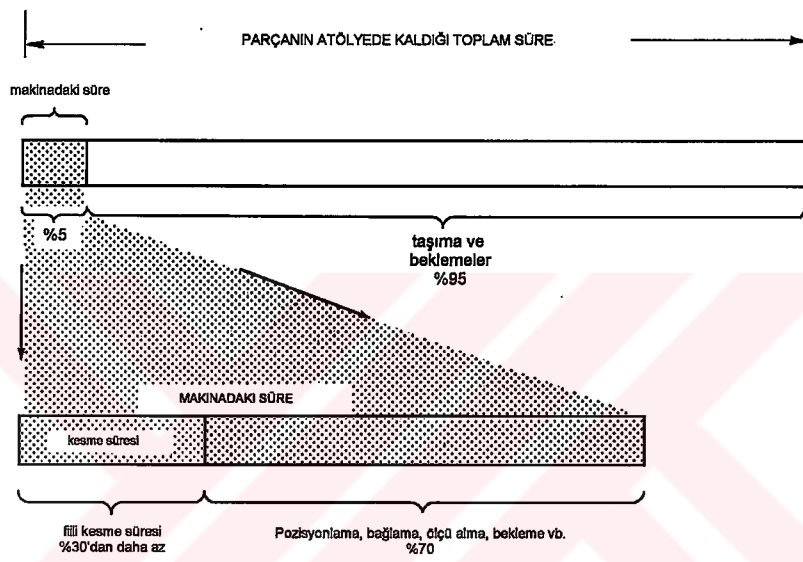


Şekil 1.10 Birbirine bağlı 7 montaj hücresinde akış

Şekil 1.10 (DeGarmo ve diğerleri, 1988) 6 montaj hücresini ve 1 alt montaj hücresini göstermektedir. Bu 7 hücre birbirlerine bağlıdır. Birbirlerine direkt bağlı bu hücrelerde amaç iş akışını kesintisiz hale getirmek ve hücrelerdeki ara stokları en aza indirmektir. Birbirine bağlı bir iş akışı söz konusu olduğundan bunun altyapısının (malzeme tedariki, makina bakımı, taşıma sistemleri vb) bunu karşılayacak şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Bu hücre sistemi için en uygun kanban en uygun yönetim sistemi olacaktır.

1.6.3 Hazırlık Sürelerinin Düşürülmesi

Hücreyel üretimin uygulama aşamasında karşılaşılan ve öncelikle ele alınması gereken bir problem de atölye tipi üretime has uzun hazırlık süreleridir. Bu durum Şekil 1.11’da gösterilmiştir (Groover, 1996). Bu tabloya göre işparçası atölyede kaldığı sürenin %93’de üzerinde hiçbir işlem yapılmamaktadır. Diğer bir ifadeyle parça makinalar arasında hiç beklemeden hareket etseydi, %90’lara yakın maliyetten tasarruf olacaktı. Bu ideal duruma hücreyel üretimle yaklaşmak mümkün olabilir.



Şekil 1.11 Atölye tipi üretimde parçaların üretim alanında geçirdiği sürenin dağılımı

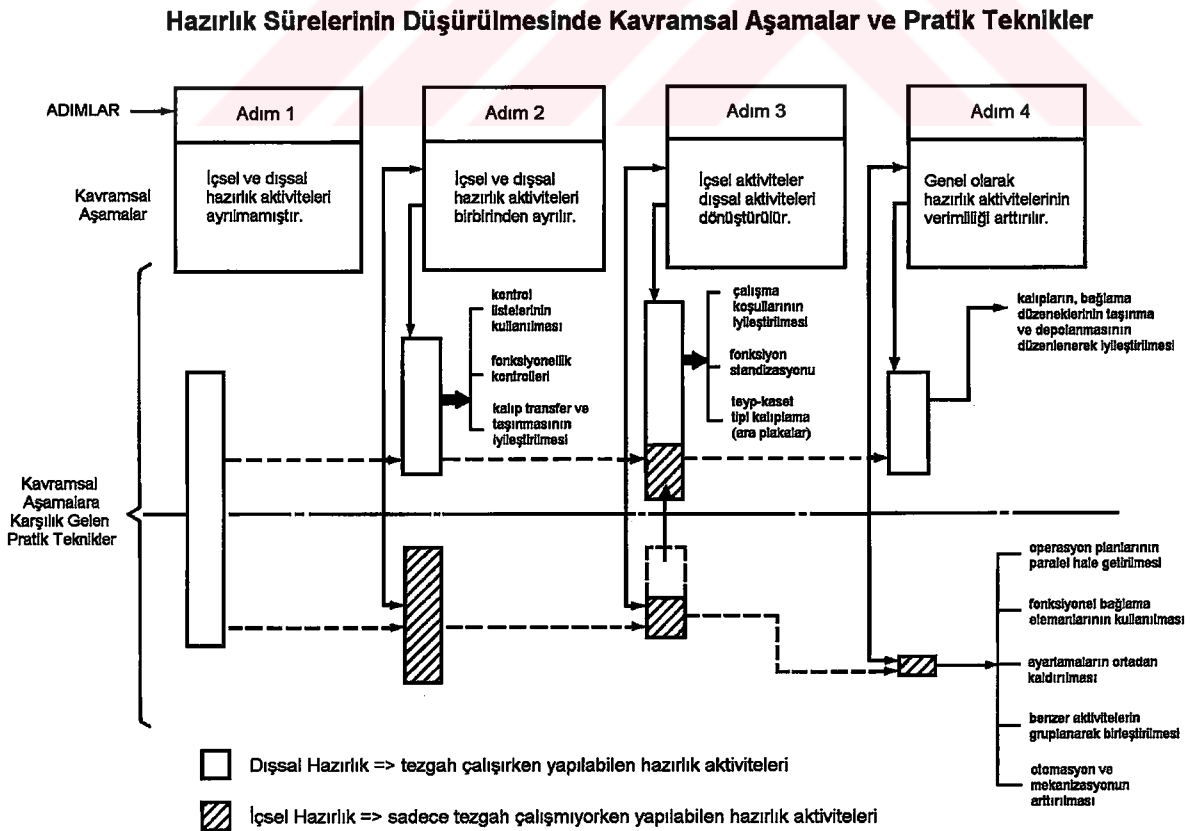
Düşük ekipman kullanım seviyesi bu yaklaşımın görece olarak zayıf olduğu yön olarak gösterilebilir. Bu seviye zamanla iyileşse de hiçbir zaman fonksiyonel yerleşimdeki durumuna gelemeyecektir. Ama zaten hücreyel üretimin birincil hedefi işgörenlerin iş genişletme ve iş zenginleştirme gibi yöntemler kullanılarak çok fonksiyonlu hale getirilerek tümüyle kullanılmasıdır. Diğer bir ifadeyle işgörenler birden çok tezgahı çalıştırabilecek ve birden çok görevi gerçekleştirecek bilgi ve beceriye sahip hale geleceklerdir.

Bu yüzden uygulamaya geçilmeden önce oluşturulan hücreyel yerleşim parça ailelerinin gruplanması, hücre tasarımı ve işgörenlerin atanması gibi açılardan dikkatlice gözden geçirilerek ekonomik fizibilitesinin de yapılması gerekmektedir.

Günümüzün modern üretim sistemi yaklaşımı küçük parti büyüklüklerinin ekonomik olarak üretimini gerekli kılmaktadır. Fakat bu hedefe ulaşmak makinaların hazırlık sürelerinin saatler aldığı bir sistemde mümkün değildir.

Klasik yöntemde uzun ve maliyeti yüksek bir hazırlık süresinde en az kaç parça üretilmesi gerektiğini belirlemek için Ekonomik Sipariş Miktarı (ESM) hesaplanır. Gerçekte ESM yanlış ve optimal olmayan bir yöntemdir. Yapılması gereken hazırlık aktivitelerini uzun süreli aktiviteler olarak kabul edip bunlara göre üretilecek parti büyüklüklerine karar vermek değil, bu süreleri olabildiğince düşürmektir. Böylelikle parti büyüklükleri de düşürülmüş olacaktır. Bunun amaca ulaşmak için aşağıda anlatılan mühendislik metodolijisinin kullanılması gerekmektedir.

Bir parça ailesindeki şekil ve proses benzerlikleri hazırlık sürelerinin azaltılmasını hatta ortadan kaldırılmasını mümkün kılar. 10dak. altındaki hazırlık sürelerine Tek Dakikalık Kalıp Değiştirme (SMED) adı verilir. Hazırlık süresinin azaltılması 4 adımda gerçekleştirilebilir. Bu adımlar Şekil 1.12’de gösterilmiştir (De Garmo ve diğerleri, 1988).



Şekil 1.12 Hazırlık sürelerini azaltmak için uygulanan metodoloji: 4 adım

İlk adım hazırlık operasyonu olarak neler yapıldığını belirlemektir. Bu aşamada yapılması gereken tüm hazırlık aktivitelerini iç ve dış olarak ikiye ayırmaktır. İçsel aktiviteler sadece makina çalışmıyor durumda yapılabilen aktivitelerdir. Dışsal aktiviteler ise makina çalışır durumda yapılabilir. Bu temel ayrım bile hazırlık sürelerini oldukça düşürmek için yeterlidir.

Adım 2 ve 3 ise içsel aktivitelerin azaltılmasını hedefler. Bu faaliyetler işgörenlerin ve hazırlık aktivitelerinden sorumlu personelin süreleri düşürme prensipleri ve tekniklerini öğrenmeleri ve bunları uygulamaları temeli üzerine kurulmuştur. Eğer şirket, süreleri düşürmek üzere oluşturulacak takımın tüm prosesleri incelemesini beklerse üretim sisteminin değişimini sağlamak mümkün olmayacaktır. SMED'in son adımı ihtiyaç duyulan yatırımların yapılmasıdır. Otomatik kalıp pozisyonlama, destek plakaları ve bağlama düzenekleri sistemlerinin tasarlanıp uygulamaya alınması gerekecektir. Böylelikle benzer hazırlık aktiviteleri ve araçları (bağlama düzenekleri, takımlar vb.) gerektiren parçalar bir aileye toplanarak hazırlık süreci kısaltılabilir, hatta yokedilebilir.

Hazırlık sürelerini düşürmek ve grup teknolojisinin uygulanmasına temel oluşturmak amacıyla Kalekalıp'ta modüler bağlama sistemleri, hızlı bağlama sistemleri ile takımların gruplandırılması uygulamaları gerçekleştirilmektedir. Bir sonraki aşama hazırlık aktivitelerinin gruplanarak ayrı ayrı ele alınması ve parça ailelerine özel bağlama düzeneklerinin belirlenmesidir.

2. GRUP TEKNOLOJİSİNDE KÜMELENDİRME METOTLARI

Nesnelerin özelliklerine bağlı olarak onları türdeş kümelerde gruplandırılmasında kullanılan kümelendirme analizi günümüzde üzerinde yoğunlukla çalışılan bir konudur. Söz konusu teknik, değişik alanlarda yoğun bir şekilde kullanılmasına karşın kümelendirme algoritmalarının üretim alanındaki uygulamaları son yıllarda yoğunluk kazanmıştır.

Hücreyel üretimin ilk ve en önemli adımı, parçaları benzer tasarım özelliklerine yada proses gereksinimlerine göre ‘parça ve üretim aileleri’ şeklinde kümelendirdikten sonra ailelerin üretiminde kullanılan makinalarıda ‘makina hücreleri’ şeklinde kümelendirmektir

En basit kümelendirme yaklaşımlarından biri Deneyim Tabanlı Yaklaşımdır. Bu tamamiyle görsel bir yöntemdir. Bu yöntem, parçaların şekilsel özelliklerine göre sınıflandırıldığı yarı simetrik bir prosedürdür. Bir başka deyişle bu yöntem, üretim mühendisinin yeteneği sayesinde makina ve parçaların direkt gözlenmesi ile yapılır. Yöntemin anlaşılması çok kolay olmakla birlikte başarısı büyük ölçüde kişilerin deneyim özelliklerine bağlıdır ve ele alınabilecek parça sayısı oldukça sınırlıdır .

Bölüm 1.’ de anlatılan sınıflandırma ve kodlama sistemi görsel yöntemin geliştirilmiş bir şeklidir. Parçalar çeşitli tasarım özelliklerine göre kodlanarak benzer kodlara sahip parçalar aynı aile içerisine alırlar. Bu yöntem, parçaların kodlanması ve hazırlanmış uygun bir veri tabanının yaratılması gerekmektedir. Genellikle bu adımlar çok fazla zaman ve çaba gerektirmesine rağmen tasarım ve imalat özellikleri arasında zayıf bir bağlantı kurabilmektedir.

Hücrelerin oluşturulmasında diğer bir yöntem de rota ve operasyon sırası bilgilerine göre parçaları aileler şeklinde gruplayan Üretim Akış Analizidir. Bu yaklaşım ardışık ve sürekli adımlardan oluşmaktadır (Bknz Şekil 1.2). Birinci adım Fabrika Akış Analizi olarak adlandırılır ve sistemdeki makinalar arasındaki tüm malzeme akışının elde edilmesi için parçaların proses gereksinimleri incelenmesini içerir. İkinci adım Grup Analizi olarak adlandırılır. Bu adımda parça ve makinalar arasındaki ilişkilerden faydalanılarak bir makina ve parça matrisi oluşturulur. Daha sonra bu matrisin satır ve sütunlarını yeniden düzenlenerek makina ve parça ailelerini oluşturur. Üçüncü ve son adım olan Takım-Düzenek Analizi’nde

ise grup içinde detay bazda düzenlemeler yapılır. Bu aşamada, mevcut her makina grubu içindeki tesislerin fiziksel düzenlemeleri son şeklini alır.

Aşağıda grup teknolojisinde kullanılan kümelenendirme yöntemleri kullanıldıkları amaçlara göre gruplanarak kısaca anlatılacaktır. Her ana başlığın sonunda genel bir değerlendirme yapılarak yöntemler birbirleriyle karşılaştırılacaktır (Singh, Rajaman,1996).

2.1 Parça Ailesi Oluşturma: Kodlama ve Sınıflandırma Sistemleri

2.1.1 Kodlama Sistemleri

Daha önce Bölüm 1.3.2.1’de anlatılan kodlama sistemleri aşağıdaki çizelgede özetlenmiştir. Yine Şekil 1.2’de bir çoklu kodlama örneği görülebilir.

Çizelge 2.1 Kodlama sistemlerinin genel özellikleri

<u>Tekli Kodlama</u>	<u>Çoklu Kodlama</u>	<u>Karışık Kodlama</u>
• Oluşturulması zordur. • Derinlemesine analiz mümkündür. • Daha çok, kalıcı ve uzun ömürlü bilgiler (parça özellikleri vb.) için kullanılır. • Daha az hane sayısı yeterli olur. • Özellikle tasarım bölümleri tarafından kullanılır.	• Oluşturulması ve değiştirilmesi kolaydır. • Daha çok değişken özelliğe sahip bilgiler(üretim özellikleri vb.) için kullanılır. • Oldukça fazla hane sayısı gerekebilir. • Özellikle üretim bölümleri tarafından kullanılır.	• Her iki sistemin karışımıdır. • Amaç kodun depolama kapasitesinin artırılmasıdır.

2.1.2 Parça Ailesi Oluşturma

Daha önceden belirlenmiş kriterlere göre eldeki parçaların benzer ve farklı olanlarını ayıklama işlemi olan parça ailesi oluşturma işlemi Bölüm 1.3.2’de detaylı olarak anlatılmıştı. Tekli, çoklu ve karışık kodlama sistemleri aileleri oluşturmak için kullanılan araçlardan bazılarıdır. Yine Uzunluk Ölçüsü (Distance Measures) kullanılan diğer bir yöntemdir.

2.1.3 Küme Analizi

Küme Analizinin amacı bazı uzunluk ölçütlerini minimize edecek şekilde P adet parçayı f parça ailesine atamaktır. İki boyutlu bir dizide saklanan uzunluk ölçütleri kümeleme algoritması tarafından grupların oluşturulmasında kullanılır.

2.1.3.1 Hiyerarşik Kümelenendirme Algoritması

Bu prosedürde önce parçalar birkaç geniş aileye ayrılır. Daha sonra bu aileler daha küçük ailelere ayrılır. En son aileler elde edilinceye kadar prosedür devam ettirilir. Kümelenendirme her aşamada parça ile ailenin ortalaması yada medyanı arasındaki etkileşimi azaltıcak şekilde gerçekleştirilir. Bu şekilde geliştirilen ağaç benzeri yapı dendogram olarak adlandırılır.

2.1.3.2 P-Medyan Yöntemi

Bu yöntem, küme analizi problemine bir matematik programlama yaklaşımıdır. Burada amaç her ailenin medyanına göre ailedeki parçalar arasındaki uzaklıkları minimize edecek şekilde f parça ailesinin optimal olarak belirlemektir. Modelde medyanların sayısı, f , verilen bir parametredir. Model f adet parçayı medyan olarak seçer ve kalan parçaları aile içindeki parçaların aralarındaki uzaklığı minimum yapacak şekilde bu medyanlara atar. Hiyerarşik Kümeleme Algoritması'nın tersine bu model parçaların optimum çözümü bulmak üzere bir aileden diğerine geçmelerine izin verir (Kusiak,1983).

2.1.3.3 Çok Amaçlı Kümeleme Algoritması

Ailelerin etkin bir şekilde oluşturulabilmesi için çeşitli özelliklerin bazı önceliklere göre değerlendirilmesi gerekmektedir. Kümeleme prosedüründe ve P-medyan yönteminde n boyutlu özellikler n adet nokta olarak ele alınmıştır. Her bir nokta çifti arasındaki benzer olmamayı temsil edecek şekilde bir uzunluk ölçütü hesaplanmıştır. Parça ailelerini oluşturulmak için bu uzunluklar iki boyutlu diziler şeklinde düzenlenmiştir. Her özelliğin ayrı ayrı göreceli önem derecelerine göre ele alınacağı durumlarda çok amaçlı kümeleme yaklaşımının kullanılması daha uygundur. Han ve Ham (1986) tarafından önerilen model esnek parça ailelerinin oluşturulmasında kullanılır. Buradaki esneklik, kullanıcının giriş basamak önceliğini ve benzerlik basamak setini belirleme özgürlüğünü tanımlamaktadır.

2.1.3.4 Değerlendirme

Parça ailelerinin oluşturulması üretim, tasarım, satınalma vb. açısından birçok fayda sağlamaktadır. Ailenin tüm elemanlarının benzer yönetim ve tasarım özelliklerine sahip olması hazırlık zamanlarının azalmasını, çizelgeleme sisteminin gelişmesini, proses kontrolünün artmasını ve standart proses planlarının oluşmasını mümkün kılmaktadır. Parçaların kodlanması parça ailelerinin oluşturulmasında önemli bir adımdır.

Literatürde pekçok kodlama sistemi bulunmasına rağmen henüz evrensel bir sınıflandırma ve kodlama yapısı mevcut değildir. Halbuki bu tercih edilecek bir seçenek olabilirdi. Üretimin karmaşık atmosferi her bir işletmenin kendi ihtiyaçları doğrultusunda kendi sistemini kurmasının oluşacak veri tabanının sağlıklı olması açısından gerekli olduğunu göstermektedir.

Genellikle kodlama yapısının oluşturulması ve parçaların kodlanması pahalı ve zaman alıcı bir işlemdir. Buna rağmen kodlama, tasarım ve üretim arasında bağı kurmakla beraber CAD/CAM aktiviteleri için entegre bir veri tabanının oluşmasını sağlamaktadır. Hyer ve Wemmerlov(1989)'a göre 'Grup teknolojisi ve onun kapsamlı veritabanı sadece kullanıcının hayal gücü ile sınırlıdır'. Vurgulanması gereken bir diğer nokta Grup teknolojisinin organizasyonun genelinde performansını arttırmayı hedefleyen bir felsefe olduğudur. Kodlama ve sınıflandırma sadece bu amaca hizmet etmek için kullanılan birer araçtan ibarettir.

2.2 Parça-Makina Gruplama Analizi: Hücre Oluşturma Metotları

Geleneksel kodlama yapıları parça özellikleri üzerine temel alarak parçaları fonksiyonellik, benzerlik vb. gibi açılardan gruplara ayırır. Fakat bu grupların işleneceği makina gruplarının belirlenmesinde herhangi bir yardımları yoktur. Burbidge(1989,1991) tarafından önerilen Üretim Akış Analizi (PFA) parça ailelerine ek olarak eldeki tüm makinaları üretim açısından da gruplamayı hedeflemektedir. Bunu yaparken Parça Dolaşım Kartları (PDK)'nı baz almaktadır. Aslında parça aileleri oluşturmak üzere üretim özellikleri sınıflandırma ve kodlama yöntemleri tarafında ele alındığında da PFA'nınkine benzer bir ayrıştırma elde edilmektedir. Fakat PFA'yı çekici kılan nokta kullanım kolaylığı ve sonuca ulaşma hızıdır.

Bu başlık altında PFA'yı kullanarak parça ailelerini ve makina gruplarını belirleyen algoritmalar ele alınacaktır. PFA tüm organizasyonu parçalara ayırmak için kullanılan sistematik prosedürdür. Burada ele alınan hücrelerin oluşturulması olarak ifade edilen parça

ailelerinin ve makina gruplarının belirlenmesi PFA'nın adımlarından biridir. Hücre oluşturma problemini çözmek için literatürde pek çok yaklaşım vardır. Bu yaklaşımlar ayırım işlemi için ya ardışık yada eşzamanlı prosedürler kullanmaktadır. Ardışık prosedür önce parça ailelerini belirler, sonra da makinaları bu aileye atar. Yada bunun tam tersi sıra izlenir. Eşzamanlı prosedürde ise heriki işlem aynı anda gerçekleştirilir. PFA ve aşağıdaki algortimalar eşzamanlı prosedür grubundadır.

2.2.1 Bağ Enerjisi Algoritması(BEA)

McCormick, Schweitzer ve White(1972) tarafından önerilen bağ enerjisi algoritması doğal değişken gruplarının yada karmaşık veri dizilerindeki kümelerinin belirlenmesinde ve gösterilmesinde kullanılır. Bir etkinlik ölçütü(ME) tanımlanmıştır. Sayısal olarak büyük elemanlara sahip bir dizi, aynı dizinin satır ve sütunlarına permütasyon uygulanarak sayısal olarak büyük elemanları daha düzenli hale getirilmiş halinde göre yüksek bir ME değerine sahiptir.

2.2.1.1 BEA Algoritmasındaki Sınırlamalar

En son elde edilen sıralama, satırların yada sütunların seçilme sırasından bağımsızdır. Fakat prosesi başlatmak için seçilen ilk satır yada sütuna bağlıdır. Fakat McCormick, Schweitzer ve White(1972) tesbitlerine göre farklı satır yada sütunlar alınarak yapılan başlangıçlar sonucunda elde edilen çözümler birbirlerine yakın sonuçlar vermektedir.

2.2.2 Derece Sırası Kümelenilmesi(ROC)

Bu algoritma King(1980) tarafından parça ve makinaların gruplanmasında kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Bilgisayar uygulamalarında kolaylıkla kullanılabilir basit, etkin ve analitik bir yöntemdir. Ayrıca hızlı yakınsama ve düşük hesaplama süresi özelliklerine sahiptir. Parça makina matrisindeki her satır yada sütun ikili kelime ile okunur. Prosedür her satır yada sütun için bu ikili kelimeleri ondalık karşılıklarına çevirir. Daha sonra algoritma ardışık olarak satır yada sütunları yüksek değerden alçak değere tekrar düzenler. Bu işlem değerlerde hiçbir değişiklik olmayıncaya kadar devam eder.

2.2.2.1 ROC Kümelenmesindeki Sınırlamalar

- i. Giriş verilerinin ikili kelimeler olarak okunması bazı hesaplama güçlüklerine yol açmaktadır. Bir çok bilgisayar için en büyük tam sayı değeri $2^{48}-1$ yada daha azdır. Dolayısıyla maksimum satır yada sütun sayısı 47 ile sınırlıdır.
- ii. Sonuçlar başlangıç matrisine bağlı olduğundan son çözüm en iyi çözüm olmayabilir. Bu nedenle istisnai elemanların ele alınması da önemsiz hale gelmektedir.
- iii. 1'leri matrisin sol üst köşesinde toplama eğilimi vardır. Matrisin kalan kısmı düzenli değildir.
- iv. İyi düzenlenmiş matrisler için bile ROC'nin blok köşegen yapıyı bulamayabilir.
- v. Bir sonraki grupta için hayati önem taşıyan darboğaz makinaların ve istisnai elemanların belirlenmesi işlemi rastgele bir işlem olabilmektedir.

2.2.3 Derece Sırası Kümelenmesi 2(ROC2)

Bu algoritma King ve Nakornchai (1982) tarafından ROC kümelenmesindeki sınırlamaları ortadan kaldırmak için geliştirilmiştir. Algoritma en sağ tarafı 1 olan sütunları satırlarını belirlemekle başlar. Bu satırlar birbirleri arasındaki sıra korunarak sütunun en tepesine taşınır. İkili kelime kullanma zorunluluğu kaldırılmıştır. Fakat derece sıralandırma aynen korunmuştur ve dolayısıyla sınırlandırmaları da aynen sürmektedir. Bu prosedür etkileşimli bir program olarak ta uygulanabilir. Bu sebeple oldukça karmaşık matrisler için bile istisnai elemanların çeşitli atamaları ve aynı tipteki parçaların transferleri yapılabilir. Sonuçlar hızlı bir şekilde elde edilebilmektedir.

2.2.3.1 Darboğaz Makinaların Ele Alınması

- Adım 1. Darboğaz makinaların bulunduğu satırlar ihmal edilir. Bu problemin büyüklüğünü azaltıcı bir etki yapar.
- Adım 2. ROC2 algoritması problemin kalan kısmına uygulanır.
- Adım 3. Kaç adet darboğaz makinanın bulunduğuna bağlı olarak çeşitli blok köşegen kombinasyonları mümkündür.
- Adım 4. ROC2 algoritmasını genişletilmiş probleme uygular.

2.2.3.2 İstisnai Elemanların Ele Alınması

Adım 1. ROC2 algoritması kullanılarak köşegenel yapı oluşturulur.

Adım 2. İstisnai elemanlar tesbit edilir.

Adım 3. Bu elemanlar geçici olarak 1'leri 0'larla değiştirerek ihmal edilir. ROC2 algoritmasına devam edilir.

Adım 4. En son matriste bu istisnai elemanlar 1 yerine asteriks(*) olacak şekilde orjinal yerlerine geri konulur

2.2.4 Değiştirilmiş Derece Sırası Kümelenmesi (MODROC)

ROC kümelenmesinin tüm 1'leri sol üst köşede toplama eğilimi olduğu ilk önce Chandrasekaran ve Rajagopalan (1986a) tarafından farkedilmiştir. Bu sütun bloklarını matristen alarak ve ROC'yi tekrar uygulayarak, MODROC diğer bir 1'ler kümesini sol üst köşede toplar. Bu prosedür matriste hiç eleman kalmayncaya kadar devam eder. Bu proses aynı anda bulunması mümkün olmayan parça ailelerini belirlemekle beraber çözümde çakışan makinalar içerebilir. Makina grup çiftleri arasındaki ortaklık ölçütünü baz alan bir hiyerarşik kümelenme yöntemine başvurulur. Kümelenme gruplar kesişmediğinde yada sadece tek bir grup oluştuğunda sonlandırılır. Bir sonraki durumda grupların sayısı uygun bir kriter kullanılarak belirlenir. Yine darboğaz makinalar kümelenme prosesinde uygun hiyerarşik seviyelerde belirlenir.

2.2.5 Direkt Kümelenme Algoritması (DCA)

Chan ve Milner(1982) tarafından önerilen DCA en sol pozitif satırlar(1'ler) en tepeye ve en tepe pozitif sütunlar en sola gelecek şekilde yerleştirir. Algortima köşegenel çözümün elde edilmesi mümkün olan bir küme için bile bu çözümü bulamayabilir.

2.2.6 Küme Tanımlama Algoritması(CIA)

Iri(1968) mevcut oldukları zaman mükemmel köşegenelleri belirlemek için en kolay yolun maskeleme tekniği olduğunu ileri sürmüştür. Bu yöntem şöyle çalışır. Herhangi bir satırdan başlayarak bu satırı 1'le kesen tüm sütunlar maskelenir. Sonra bu sütunları 1'le kesen tüm satırlar maskelenir. Bu işleme satır ve sütunların sayıları artmayncaya kadar devam edilir. Bu

satır ve sütunlar bir blok oluştururlar. Eğer mükemmel köşegenel bloklar mevcutsa, tüm matris tek bir grup olarak maskelenir.

Kusiak ve Chow (1987) CIA'yı bu yöntemin bir uygulaması olarak düşünmüşlerdir. Önerilen bu prosedür matrisi parçalarına ayırmaktan çok mevcut birbiriyle bağı olmayan blokları belirlemeye çalışır.

Eldeki verinin doğası gereği eğer matris karşılıklı ayrıştırılabilir değil ise CIA tüm matrisi maskeleyecektir. Her ne kadar hesapsal gücü çekici olsa da CIA sınırlı bir kullanma sahiptir.

2.2.7 Değiştirilmiş Küme Tanımlama Algoritması (MODCIA)

Kusiak ve Chow (1987) tarafından önerilen prosedürde matrisin her elemanı iki kez elden geçiriliyordu. Boctor (1991) 'un önerdiği yeni metotta ise matrisin herbir elemanı tek bir kez elden geçirilmektedir.

2.2.8 Matris Manipülasyonlu Algoritmaların Karşılaştırılması

Bu bölümde anlatılan algortimalar (BEA, ROC ve CIA) aşağıdaki kriterlere göre birbirleriyle karşılaştırılmıştır (Chu ve Tsai ,1990):

- Toplam bağ enerjisi
- İstisnai elemanların yüzdesi
- Makina kullanımı
- Gruplama etkinliği

Karşılaştırma sonuçları şu şekildedir:

- i. Hangi performans kriteri seçilirse seçilsin her veri seti için BEA en iyi sonucu vermiştir.
- ii. Eğer veri seti iyi yapılandırılmışsa her üç metotta parçalara tamamiyle parça ailelerine ayırabilmekteler.
- iii. Eğer veri setinde istisnai elemanlar bulunuyorsa, BEA'nın kullanılması daha etkin ve verimli olacaktır. Çünkü bu metot daha iyi sonuçlar elde etmek için ek prosedürler gerektirmemektedir.

- iv. Eğer darboğaz makinalar mevcutsa ek prosedürler olmaksızın metotların hiçbirı kabuledilebilir kümelenclirmeler üretmemektedir.
- v. Son olarak BEA ROC ve DCA gibi prosedürlere ek olarak literatürdeki diğer metotlarla da yarışabilir niteliktedir. Özellikle firma istisnai elemanların yüzdesini azaltmak ve kümelenclirmenin yığma yeteğini arttırmak istiyorsa BEA oldukça iyi bir alternatiftir.



3. BİRDEN FAZLA ROTA ESASLI BİR SEZGİSEL KÜMELENDİRME YÖNTEMİ

3.1 Yaklaşımın Temelleri

Üretim açısından grup teknolojisi kavramının üretim sisteminin hücrelere ve benzer üretim karakteristiklerine göre parça ailelerine ayrılmasını ifade ettiği daha önce belirtilmişti. Temel amaç malzeme taşıma maliyetini ve üretimdeki duraksamalardan kaynaklanan beklemekte olan parça miktarını azaltarak yönetimi kolaylaştırmak ve üretim maliyetini düşürmektir.

Literatürde grup teknolojisinde üretim hücrelerinin oluşturulması ve parça ailelerinin belirlenmesi problemleri genellikle önceden belirlenmiş rotalı uygulamalar şeklindedir (Altuntemir,1993).

Günümüze kadar geliştirilmiş sezgisel ve sezgisel olmayan metotlar sistemi daha önceden belirlenmiş ve değiştirilmesi mümkün olmayan rotalandırmaları (her parça için bir adet rota) gözönüne alarak çözülmüştür. Halbuki pratik uygulamalarda karşılaşılan durum ise belirli bir üretim prosesinin alternatif proses kümesi içinden seçilmesidir. Çeşitli proses planlama faaliyetleri ile tesbit edilmiş uygulanabilir proses planları arasında üretim maliyeti açısından daha az optimum olanlar sürecin ilk aşamasında elenmelidirler. Bu noktadan sonra elde birbiriyle kıyaslanabilir değerde planlar kalması muhtemeldir. Yine grup teknolojisi kavramı referans alınarak bir parçayı belirli bir hücreye yerleştirebilmek için daha az uygun (optimum olmayan) bir plan seçilmesi mümkündür.

Alternatifli rotalamaların kullanılmasının bir nedeni de benzer fonksiyona sahip iş merkezlerinin mevcudiyetidir. Fonksiyonel tesis yerleşiminde böyle bir durumun oluşması söz konusu değildir. Çünkü bu yerleşimde parçalar kolaylıkla mevcut herhangi bir iş merkezine yönlendirilebilirler. Örneğin bir p parçası tornada işlenecek olsun. Torna bölümünde de birbirinin aynı iki torna tezgahı mevcut olsun. p parçası bunlardan hangisine yönlendirilirse o tezgahda işlenebilir. Grup teknolojisi ortamında üretim hücreleri genellikle fonksiyonel olarak farklı tezgahlardan meydana geldiğinden bu iki torna tezgahı büyük ihtimalle farklı hücrelerde yer alacaklardır.

Bu durumda p parçası ait olduğu hücredeki tezgaha yönlendirilecektir. Bu yüzden çoklu rotalamanın oluşmasına her işmerkezinin ayrı ayrı tezgahlar olarak tanınmasının sebep olduğu söylenebilir.

Literatürdeki yaklaşımlar alternatif rotalamaya ek olarak işmerkezlerinin kapasite kısıtlarını da gözardı etmektedir. Aslında parça rotalarının seçiminde ve üretim hücrelerinin oluşturulmasında iş merkezlerinin kapasiteleri de gözönünde bulundurulmalıdır.

Bu yaklaşım üretim hücrelerinin oluşturulmasında grup teknolojisi kavramını çoklu parça rotalama ve fonksiyonel olarak benzer işmerkezlerini hesaba katarak ele alacaktır. Ayrıca işmerkezlerinin kısıtlı kapasiteleri de gözönüne alınacaktır. Bunlara ek olarak aşağıdakileri konuları çözümleme kapasitesine sahiptir:

- i. kısıtları çiğneyen bir kümelandirmelere engel olma
- ii. bir işmerkezindeki ardışık olmayan işlemler
- iii. operasyon sıraları

Önerilen sezgisel method (Nagi, Harhalakis, Proth ,1990a) atölye tipi imalat için malzeme hareketlerini en aza indirecek şekilde üretim hücrelerini belirlemektedir. Ayrıca rotalar aşağıdaki kriterleri sağlayacak şekilde belirlenir:

- i. hücrelerarası trafik açısından üretim sisteminin en uygun ayrıştırılmasını gerçekleştirmek
- ii. her parçanın talebini karşılayacak miktarda üretimi gerçekleştirmek
- iii. her işmerkezine ait kapasitelerin ayrı ayrı gözönüne alınması

Önerilen algoritma temel olarak iki problemi çözmeyi amaçlamaktadır:

- i. rotaların seçilmesi
- ii. hücrelerin oluşturulması

Prosedür, hücreler arası trafiği en az seviyeye indirecek uygulanabilir rotalar bulununcaya kadar iterasyon yapılması prensibine dayanır. Problemlerden birincisi(P1) bir doğrusal programlama problemi olarak formüle edilirken, ikincisi(P2) Hücreler Arası Trafik Minimizasyonu Yöntemi (HATMY) kullanılarak

çözülecektir. Hücreler Arası Trafik Minimizasyonu Yönetimi bir aşağıdan yukarıya toplama metodu olup, işmerkezlerini bir araya getirip hücreleri oluşturmak için normalize hücrelerarası trafik değerini baz alır. Ayrıca, yapılan atamaların geçerliliğini de kontrol eder. Bu birleştirme-kontrol prosedürü hücreler oluşturulup belirlenmiş hücre büyüklüğü kısıtları için trafik değerlerinde bir azalma elde edilemeyinceye kadar sürer.

3.2 Problemin Tanımlanması

3.2.1 Sistemin Tanımlanması ve Giriş Verileri

$M=\{m_1, m_2, \dots, m_m\}$ sistemdeki işmerkezlerini gösterebilir. Burada herbir işmerkezinden bir adet olduğu varsayılmaktadır. Dolayısıyla fonksiyonel olarak aynı olan işmerkezleri farklı kodlarla belirtilecektir.

H seçilen periyodu ifade eder. Burada $e_j(j=1,2,\dots,m)$, m_j işmerkezinin H periyodu süresince ortama kullanılabilir kapasitesini ifade etmektedir. Bu kapasite bakım ve arıza tablolarından elde edilebilir.

$P=\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ sistemdeki parça tipleri kümesini tanımlar.

N_i ise p_i parçasının H periyodu süresince üretim miktarını tanımlar.

$R_i=\{r_1^1, r_2^2, \dots, r_n^{q(i)}\}$, c parçasının $q(i)(i=1,2,\dots,n)$ adet alternatif rotasını ifade eder.

$r_i^k=\{m_i^k(1), m_i^k(2), \dots, m_i^k(s_i^k)\}$, $(i=1,2,\dots,n)$, $(k=1,2,\dots,q(i))$ p_i parçasının k . alternatif rotasındaki makinaların sırasını, $m_i^k(y) \in M$ i parçasının k . alternatif rotasının y . operasyonunda kullanılan işmerkezinin kodunu, s_i^k ise p_i parçasının k . alternatif rotasındaki operasyon sayısını ifade eder.

Ayrıca her r_i^k rotasının o rotadaki işleme süreleri, $\tau_i^k(j)$, ile ilişkilendirilmesi gerekmektedir. $\tau_i^k(j)$ p_i parçasının k . alternatif rotasındaki j . iş merkezindeki işleme süresidir. Burada dikkat edilecek noktalar,

- i. m_j işmerkezi r_i^k rotasında kullanılmıyorsa $\tau_i^k(j)=0$.
- ii. m_j işmerkezi r_i^k 'da iki yada daha fazla ardışık olmayan operasyonda kullanılıyorsa, $\tau_i^k(j)$ o işmerkezindeki toplam operasyon süresini gösterir.

iii. Orjinal yaklaşımda parti büyüklükleri ve hazırlık süreleri gözardı edilmişse de bu çalışmada üretimin karakteristik özelliklerinden dolayı işlem sürelerinin bulunmasında parti büyüklükleri ve hazırlık süreleri gözönüne alınmıştır(Ek İşlem Verileri).

u_i , p_i parçasının malzeme taşıma maliyeti ve parça maliyetinin kombinasyonu ile oluşturulmuş önem derecesini gösterebilir. MN bir hücrede kullanılabilecek en fazla işmerkezi sayısını gösterir. Bu sayı oldukça önemli olmakla beraber aşağıda belirtilen teknik ve pratik kısıtlar gözönüne alınarak belirlenmelidir.

- i. hücre içi taşıma ve yükleme araçlarının hizmet edebileceği işmerkezi sayısı
- ii. hücreler arası stok limitleri
- iii. yönetim ve kontrol kolaylığı

Genellikle şirket yönetimi tarafında bu kısıtların herbiri için üretim tesisine özgü işmerkezlerinin ölçüleri, esneklik, hücre içi ve arası taşıma ve yükleme araçları ve parçaların karmaşıklığı gözönüne alınarak dar bir aralık belirlenir.

Buraya noktaya kadar verilen bilgiler problem formülasyonunun girdilerini oluşturmaktadır. Aşağıda problem formülasyonunu ifade edilecektir.

3.2.2 Problemin Formülasyonu

$C=\{c_1, c_2, \dots, c_w\}$ M işmerkezinin w adet altküme yada hücreye ayrılmış hali olsun. Bu durumda $x_i^k(a,b)$, $r_i^k(i=1,2,\dots,n)$, $(k=1,2,\dots, q(i))$ rotasında c_a hücresindeki bir işmerkezinin hemen ardından c_b hücresindeki herhangi bir işmerkezinin yer almasının sayısı olarak tanımlanmaktadır. c_a ve c_b hücreleri arasında miktar ve önem derecesi ile çarpılarak elde edilmiş trafik

$$t_{ab} = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{q(i)} u_i \times n_i^k (x_i^k(a,b) + x_i^k(b,a)) \quad (3.1)$$

şeklinde tanımlanmaktadır.

c_a ve c_b hücreleri arasında normalize edilmiş trafik ise

$$T_{ab} = \frac{t_{ab}}{g_a + g_b} \quad (3.2)$$

formülü kullanılarak hesaplanır. Burada g_a ve g_b , a ve b hücrelerindeki işmerkezi sayılarını ifade eder.

$$z_i^k(a,b) = u_i(x_i^k(a,b) + x_i^k(b,a)) \quad (3.3)$$

(3.3) nolu ifade (3.1) nolu ifadede yerine yazılırsa, c_a ve c_b hücreleri arasında trafik aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$t_{ab} = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{q(i)} n_i^k x_i^k(a,b) \quad (3.4)$$

Bu yöntemin esası,

$$\sum_{a=2}^w \sum_{b=1}^{a-1} t_{ab} \quad (3.5)$$

(3.5) nolu ifadeyi aşağıdaki kısıtlar altında minimize edersek

$$g_a \leq MN \quad a = 1, 2, \dots, w \quad (3.6)$$

$$\sum_{k=1}^{q(i)} n_i^k = N_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.7)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{q(i)} n_i^k \tau_i^k(j) \leq e_j \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (3.8)$$

$C = \{c_1, c_2, \dots, c_w\}$ hücrelerini ve n karar değişkeni vektörünü bulmaya dayanmaktadır.

(3.4) nolu ifade kullanılarak (3.5) nolu ifade aşağıdaki şekilde de yazılabilir.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{q(i)} \sum_{a=2}^w \sum_{b=1}^{a-1} z_i^k(a,b) x_i^k \quad (3.5')$$

(3.5') nolu ifade ile gösterilen amaç fonksiyonu hücreler arası toplam trafiği göstermektedir. Kısıtlar ise (3.6) nolu ifade ile belirtilen hücre büyüklüğü sınırı, (3.7) nolu ifade ile verilen her bir parça çeşidi için üretilmesi gereken miktarlar ve (3.8) nolu ifade ile verilen kapasite sınırlarıdır.

3.3 Algoritma

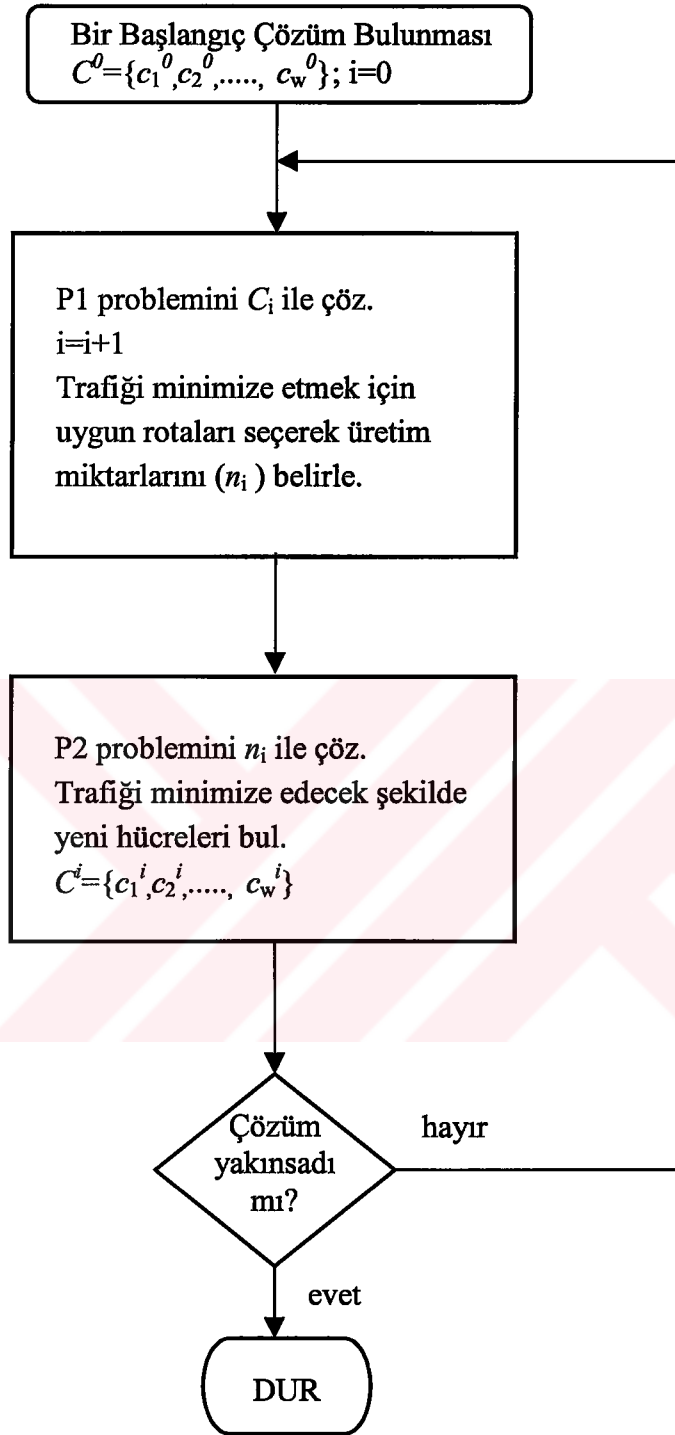
3.3.1 Algoritmanın Temelleri

Bir önceki bölümde formüle edilmiş problem, karar değişkeni n olan linear programlama problemi olarak alınabilir. Öte yandan amaç denkleminde yer alan katsayılar ile kısıtların sağlanması $C=\{c_1, c_2, \dots, c_w\}$ hücrelerinin belirlenmesine bağlıdır. Bu nedenle iteratif bir sezgisel algoritma kullanılarak problemi çözme yoluna gidilerek problem amaç fonksiyonunu minimize edecek şekilde iki alt probleme, P1 ve P2, ayrılmıştır.

P1 problemi (3.6) nolu kısıt kümesine uyan bir başlangıç kümelendirmesi ile (3.5) nolu amaç denklemini (3.7) ve (3.8) nolu kısıtlar altında çözmektedir. P2 problemi ise (3.7) ve (3.8) nolu kısıtları sağlayacak şekilde verilen bir n vektörü ile (3.5) nolu ifadeyi (3.6) nolu kısıt altında minimize etmektir.

P2 probleminin çözümünden elde edilen yeni C_i bir sonraki aşamada P1 probleminin çözümü için kullanılacaktır. Aynı şekilde P1 probleminin çözümünden elde edilen yeni n_i bir sonraki aşamada P2 probleminin çözümü için kullanılacaktır. Bu şekilde P2 problemi ardışık olarak iki defa aynı sonuç buluncaya diğer bir ifadeyle yakınsayuncaya kadar devam ettirilecektir.

Şekil 3.1’de önerilen methodun akış diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Önerilen methodun akış diyagramı

3.3.2 Geliştirilmiş Hücreler Arası Trafik Minimizasyonu Yöntemi

Nagi, Harhalakis, Proth (1990) tarafından önerilen yöntem iki aşamalıdır.

- i. İlk aşama temel üretim hücrelerini tanımlamak amacıyla hiyerarşik sıraraya göre yapılan aşağıdan yukarıya toplama (bottom-up aggregation procedure) yöntemidir.
- ii. İkinci aşama bir makinanın atanmış olduğu hücredeki öneminin doğrulanması (validation) yoluyla gerçekleştirilen yerel iyileştirme (local improvement procedure) prosedürüdür .

Geliştirilmiş algoritma aşağıda anlatılmıştır.

Algoritmanın başlangıcında herbir işmerkezi ayrı hücrelere yerleştirilir. Minimizasyon prosedürünün her aşamasında herbir “uygulanabilir birleşme” için normalize edilmiş trafik değeri hesaplanır. Uygulanabilir birleşmeden kasıt, kısıtları (3.6,3.7,3.8 nolu ifadeler) sağlayacak şekilde tezgahların bir araya getirilebilmesidir.

Normalize edilmiş trafik değerleri en fazla olan iki hücre, tek bir hücre içinde bir araya getirilir. Böylelikle sistemdeki toplam hücreler arası akış birleştirilen iki hücre arasındaki trafik değeri kadar azalmış olur.

Bu aşamada hücreler arasındaki trafik aşağıdaki kurallara göre yeniden belirlenecektir:

- i. İçinden eleman alınmayan hücreler (unaffected cell) arasındaki trafik değeri aynı kalacaktır.
- ii. İçinden eleman alınmayan hücre ile bir araya getirilmiş hücre arasındaki trafik değeri, bir araya getirilmiş hücrenin herbir parçasının ele alınmamış hücrelerle arasındaki trafik değerlerinin toplamı şeklinde hesaplanacaktır.

Herbir birleştirme işleminden sonra atamanın yapıldığı hücredeki herbir işmerkezinin söz konusu hücre içindeki önemini ortaya koyacak olan bir doğrulama (validation step) uygulanmaktadır. Her ne kadar işmerkezleri büyük ölçüde gruplandırılmış olsa da aşağıdan yukarıya toplama yönteminin hiyerarşik kümelenendirme olması bu adımı gerektirmektedir. Daha önemlisi bir işmerkezi bir hücreye atandıktan sonra ilerideki adımlarda başka bir hücre için daha uygun gözükse de başta atandığı hücreden geri alınamayacaktır.

Doğrulama adımında iki yada daha fazla iş merkezine sahip fazla işmerkezine sahip hücreler ele alınmakta ve bu hücreler azalan hücre sayılarına göre sıralanmaktadır. Sonra ilk hücreye ait bir işmerkezi ayrı bir varlık gibi ele alınarak bu işmerkezinin diğer hücreler ile olan trafiği hesaplanıp, bu işmerkezi karşılıklı etkileşiminin yada trafiğin en fazla olduğu hücreye atanmaktadır. Elbette bu atamanın gerçekleşebilmesi için (3.6) nolu kısıt denkleminde şartların sağlanması gerekmektedir. Doğrulama adımı ikiden fazla işmerkezi olan her hücre ve bunlardaki işmerkezleri için tekrarlanmaktadır.

Birleştirme ve doğrulama prosedürleri herhangi uygulanabilir bir birleştirme kalmayınca ya da hücreler arasındaki trafik sıfır oluncaya kadar (mükemmel kompozisyon) devam ettirilmektedir.

3.3.3 Yakınsama

Bölüm 3.3.1’de problemin çok terimli (polinomsal) olmadığı fakat çözümde kullanılan algoritmanın çok terimli olduğu belirtilmişti. Rotaların seçimi ile ilgilenen P1 problemi doğrusal programlama problemidir ve karmaşıklık derecesi kullanılan algoritmaya bağlıdır. Burada simpleks metodunun kullanılıyor olmasına rağmen bu iş için çok terimli algoritmalar da mevcuttur. İşmerkezleri kümesi M ’in hücrelere ayrılması ile ilgilenen P2 problemini çözmeye çalışan ve Bölüm 3.1’de anlatılan algoritma ise çok terimlidir. Bu algoritmanın yakınsayacağı iddia edilmişti. Bunun ispatı aşağıdadır:

- P1 problemi ilk defa çözüldükten sonra, uygulanabilir rotalardan oluşan bir P1 çözümü elde edilmiş olur. Herhangi bir iterasyonda P1 probleminin çözümüne başlarken (3.5) nolu ifadedeki amaç denklemi uygulanabilir bir P1 çözümüne karşılık gelir. Bu yüzden P1’nin optimum çözümü ya bu aşamada elde edilmiş uygulanabilir çözüm olacak ya da uygulanabilirliği daha fazla azaltılmış amaç fonksiyonu olacaktır. Bu nedenle (3.5) nolu ifadedeki amaç denklemi azalmış ya da en azından aynı kalmış olacaktır.
- P1 probleminin çözümü eldeki rotalar(n vektörü) için hücreler arası trafiği minimize edecek M kümelenmesinin bulunmasını ifade etmektedir. P2 probleminin çözümüne başlarken seçilen n vektörü için uygulanabilir bir M

kümelenmesi ve buna karşılık gelen amaç denklemleri bilinmektedir. Optimum M kümelendirmesi (3.5) nolu ifadedeki amaç denkleminin bir öncekine göre azalmış yada aynı kalmış bir değer almasını sağlar. Anlaşılacağı gibi (3.5) nolu ifadedeki amaç denklemi sürekli azalarak yakınsayan değerler alır.

3.4 Başlangıç Kümelendirmesi

Algoritma seçilen bir başlangıç kümelendirmeye C^0 bağlı olarak farklı sonuçların elde edilmesine sebep olacaktır. Algoritma kümelendirmeyi iteratif olarak iyileştirdiği için bir yerel optimuma ulaşmak mümkündür. Genellikle yakınsama genellikle en fazla üç iterasyonda sağlanabilmektedir.

Birkaç başlangıç kümelendirmeyi rassal olarak seçerek hangisinin en iyi olduğuna karar vermek mümkündür. Ama buradaki yaklaşımda basit ama oldukça iyi sonuçlar veren başlangıç kümelendirmesi önerilecektir. Bu yaklaşım yalnızca doğru rotalar seçildiğinde sıfır hücreler arası trafik değerine sahip kümelendirmeler üzerinde başarısını ispatlamıştır. Bunun yanında az miktarda hücreler arası trafik değerine sahip kümelendirmelerde de orjinal çözümü bulabilmiştir.

Başlangıç kümelendirme önerilirken makina kapasitesi kısıtları gözardı edilir. Başlangıçta parça üretim hacimleri parçanın alternatif rotaları arasında eşit şekilde dağıtılır. Sonra hücreler arası trafik minimizasyonu yönetimi kullanılarak ilk ayrıştırma yapılır. Bu kümelendirme yöntemi özellikle bazı parçaların bir tek yada birbirine çok benzeyen rotalara sahip olduğu durumlarda çok iyi sonuçlar vermektedir. Birçok durumda bu varsayım makinalar arasındaki gerçek trafik değerini vererek kabuledilebilir başlangıç hücrelerini oluşturmaktadır.

3.5 Parça Ailelerinin Belirlenmesi

Üretim sisteminin hücrelere ($C^* = \{c_1, c_2, \dots, c_w\}$ kümelendirmesi ve n^* rota vektörü) ayrılmasıyla işe başlanılır. Parça aileleri Garcia, Proth (1985, 1986) ve Harhalakis (1990b) önerilen yaklaşımlar kullanılarak hesaplanabilir. Bu yöntemin amacı bir parçaya hücre dışında uygulanan operasyon sayısını minimuma indirmektir. Ama burada daha basit bir yaklaşım kullanılacaktır.

Her bir parça operasyonlarının çoğunun gerçekleştirildiği hücreye atanır. Bu şekilde aynı üretim kaynaklarına ihtiyaç duyan parçalar aynı ailede gruplanacaktır. Gözardı edilmemesi gereken nokta, atamalarla elde edilecek ailelerin sayısı üretim hücrelerinin sayısına eşit yada küçük olacaktır.

3.6 Değerlendirme Kriterleri

Bulunan bir çözümün ne derece iyi olduğunu belirleyebilmek ve farklı çözüm kümelenlendirmeleriyle karşılaştırabilmek için Harhalakis (1990a) tarafından önerilen değerlendirme kriterleri kullanılacaktır.

- *Global Etkinlik:* Önerilen hücrede hücre içinde yapılan operasyon sayılarının toplamının sistemde yapılan bütün operasyonların sayına olan oranı ifade eder.
- *Grup Etkinliği:* Ziyaret edilen dış hücrelerin toplam sayısı ile tüm parçalar tarafından ziyaret edilen dış hücrelerin toplam sayısı arasındaki farkın ziyaret edilen dış hücrelerin toplam sayısına oranını ifade eder.
- *Grup Teknolojisi Etkinliği:* Muhtemel hücreler arası hareketin maksimum sayısı ile sistem tarafından elde edilen ve gerçekte geçerli olan hücreler arası hareket sayısı arasındaki farkın muhtemel hücreler arası hareketin sayısına oranıdır.

Sistemde mümkün olan en fazla hücreler arası trafik şu şekilde ifade edilir:

$$I = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{q(i)} u_i \times n_i^k \times (s_i^k - 1) \quad (3.9)$$

r_i^k rotalamasını tanımlamak için

$$s_i^k(y) = \begin{cases} 0 & \text{eğer } y \text{ ve } y+1 \text{ operasyonları aynı hücrelerde gerçekleştiriliyorsa} \\ 1 & \text{eğer } y \text{ ve } y+1 \text{ operasyonları farklı hücrelerde gerçekleştiriliyorsa} \end{cases}$$

Bu noktada sistemdeki gerçek hücreler arası trafik;

$$U = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{q(i)} \sum_{y=1}^{s_i^k-1} u_i \times n_i^k \times x_i^k(y) \quad (3.10)$$

$$\text{Grup Teknolojisi Etkinliği} = 1 - \frac{U}{I} \quad (3.11)$$

Sonuç olarak bu yaklaşım operasyonların hangi hücrelerde gerçekleştirildiğine ek olarak hangi sırayla gerçekleştirildiğini de gözalmakta ve böylelikle pratikte uygulanabilirliği yüksek kümelendirmeler vermektedir.



4. YÖNTEMİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ UYGULAMASI

4.1 Yöntemin Üstünlükleri

Yöntemin bilgisayar destekli uygulaması aşamasında algoritmanın temel verisi olan makina/parça (yada makina/rota) matrislerinin işleme sokulması için literatürde yer almayan yeni bir matris yapısı geliştirilmiştir.

Çizelge 4.1’de literatürde operasyon sıralarını dikkate alan yöntemlerde kullanılan makina/parça matrisi görülmektedir (Altunterim,1993).

Çizelge 4.1 Klasik makina /parça matrisi

		Parça yada Rotalar													
Makinalar		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	1		2			1			1	3					2
	2	1			1	3	3	1							
	3										1	1	1	1	
	4			1				2		1		2	2		
	5		1						2						1
	6	2					2		3						
	7	3			2	2	1			2	2				

Bu matrisin i.satır ve j.sütunundaki bir sayı, j.parçanın kaçınıcı operasyonunun i.makinada gerçekleştirildiğini ifade etmektedir. Bu tip gösterimin en büyük deavantajı bir parçanın bir makinadaki ardışık olmayan operasyonlarının gösterilememesidir. Örneğin 1 nolu parçanın 3 nolu operasyonun yine 2. makinada yapılması gerekseydi matriste bu durumu göstermek mümkün olmayacaktı. Çünkü matrisin her bir elemanı yalnız bir değer saklayabilmektedir.

Klasik makina/parça matrisinin kullanımının bir diğer olumsuzluğu da matriste fazla miktarda kullanılmayan bilgi (sıfır değeri almış elemanlar) bulunabilmesi ve bunların saklanması için gereksiz bellek harcanmasıdır. Bunlara ek olarak makinalar arası akış net olarak görülememektedir.

Bu olumsuzlukları ortadan kaldırmak üzere geliştirilen yeni makina/parça matrisi ile Çizelge 4.1’de ele alınan örneğin yeni hali Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 Geliştirilmiş makina /operasyon matrisi

		Parça yada Rotalar													
Operasyonlar		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	1	2	5	4	2	1	7	2	1	4	3	3	3	3	5
	2	6	1		7	7	6	4	5	7	7	4	4		1
	3	7				2	2		6	1					

Bu matrisin i.satır ve j.sütunundaki bir sayı, j. parçanın i. operasyonunun hangi makinada gerçekleştirildiğini ifade etmektedir. Çizelge 4.1 ve 4.2'den de görüleceği gibi klasik yöntemde makina ve parçalar arasındaki ilişkiyi göstermek için $7 \times 14 = 98$ eleman gerekirken geliştirilen yöntemle $3 \times 14 = 42$ eleman yeterli olmaktadır. Dolayısıyla bellek kullanımında %57'ye yakın tasarruf söz konusudur. Buradaki tasarruf şu formülle hesaplanabilir.

$$\% \text{tasarruf} = \frac{(M \times N) - (MO \times N)}{M \times N}$$

Bu formülde M makina sayısını, N parça sayısını, MO maksimum operasyon sayısını göstermektedir. Önerilen yeni yöntemden elde edilen tasarruf yalnızca sistemdeki bir parçanın sahip olduğu operasyon sayısına bağlıdır. Genellikle üretim sistemlerinde bu sayı mevcut makina sayısının altında kalacağından tasarruf yüzdesi %50'nin altına düşmeyecektir.

Tasarrufa ek olarak bu yeni yöntemle bir parçanın aynı makinadaki ardışık olmayan operasyonları kolaylıkla gösterilebilmekte ve parçaların makinalar arasındaki hareketleri net olarak görülebilmektedir.

4.2 TRAFFIC ile TRAFİK'in karşılaştırılması

Bu çalışmada Altunterim(1993) tarafından QBASIC programlama dilinde yazılmış olan TRAFFIC adlı bilgisayar programı DELPHI programlama diline aktarıldı. MSDOS ortamında çalışan ve yürütülmesinde çeşitli zorluklar olan program, algoritmasına sadık kalınarak DELPHI ortamına aktarıldı. TRAFFIC programdaki kullanım zorlukları ve eksikliklerden bazıları şöyle sıralanabilir:

- i. MSDOS ortamında programın çalıştırılması ve veri girişi zaman alıcı ve düzeltmeye imkan vermeyecek şekildeydi. Özellikle girilen matrisin hiçbir değer yazılmayacak elemanlarının bile üzerinden geçmek gerekiyordu. Ve daha önemlisi hatalı bir veri girişi durumunda geriye dönüş imkanı yoktu.
- ii. Programın menüsünde bulunan “daha önceden hazırlanmış bir problemi çağırma”, “verilerin ekranda görüntülenmesi yada yazıcıdan çıktı alınması” ve “problem verilerinin modifiye edilmesi” seçenekleri hiçbir işlev görmemekteydi.
- iii. Yine herbir iterasyon sonrasında elde edilen hücre bazında kapasite ve rota bilgileri görsel olarak yeterince anlaşılır şekilde sunulmamakta idi.

Bu çalışmada ise TRAFİK adı verilen ve DELPHI platformu üzerinde yazılmış program ile daha kullanıcı dostu olan, kullanımı ve görsel özellikleri daha üstün olan bir program ortaya çıkarmak amaçlanılmıştır. Bu programda yapılan geliştirmeler aşağıda belirtilmiştir.

- i. Öncelikle yazılan program bir WINDOWS uygulaması olduğu için çalıştırmak için herhangi bir klasör altına yerleştirdikten sonra üzerine çift tıklamak yeterli olmaktadır. QBASIC gibi herhangi bir editör gerektirmeyip kendi kendine çalışır bir uygulamadır.
- ii. Girilen temel 4 parametreye göre program gerekli matris tablolarını gereken boyutlarda ekranda oluşturmaktadır. Kullanıcının her matris tablosuna tıklayıp sadece ilgili pencereye gereken değerleri yazması yeterlidir.

- iii. Veri girişi sırasında yapılan bir hata kolaylıkla geri gelinerek düzeltilenmektedir. Veri girişi tamamlandıktan sonra menüden çıkmak istenildiğinde program mutlaka değişikliklerin kayıt edilip edilmeyeceği sorarak kullanıcıya yardımcı olmaktadır.
- iv. Yine en son iterasyon sonucunda elde edilen veriler tablolar şeklinde sunulmakta ve daha anlaşılır bir şekilde kullanıcıya sunulmaktadır.

4.3 Programın Kullanımı

Alternatif rotaları ve makina kapasite kısıtlarını gözönüne alan hücreler arası trafik minimizasyonu yönteminin (Nagi, Harhalakis, Proth ,1990a) bilgisayar destekli uygulaması için hazırlanan programın özellikleri takip eden bölümlerde anlatılmıştır.

4.3.1 Yeni Problem Girişi

Adı TRAFİK olan uygulama dosyası çalıştırıldığında kullanıcının karşısına bir sorgu penceresi gelmektedir. Burada kullanıcıya yeni bir problem mi gireceği yoksa varolan bir problemin verilerinde değişiklik mi yapacağı sorulmaktadır. İlk aşamada yeni seçeneği seçilip probleme bir ad verilip onaylandıktan sonra kullanıcı öncelikle sol üst köşedeki temel parametre değerlerini girmelidir. Bunlar;

- Makina Sayısı
- Parça Sayısı
- En Çok İşlem Sayısı
- Hücredeki En Çok Makina Sayısı

Program girilen parametrelere göre gerekli boyutlarda tabloları oluşturmakta ve bunların ilk değerlerini 0 olarak atamaktadır. Böylelikle bu kutulara veri girilmeyecekse olduğu gibi bırakmak yeterli olacaktır.

Daha sonra her parçaya ait rota sayıları girilmelidir. Girilen rota sayılarına göre Toplam Rota Sayısını program kendi bularak ilgili kutucuğa yazmaktadır. Bundan sonra sırasıyla her parçaya ait önem derecesi ve talepler girilmez.

En alt kısımdaki tabloya makina numaraları ve her makinanın kapasiteleri girilmelidir. Burada dikkat edilecek nokta kapasite için kullanılan birimin(dakika yada saat) işlem süreleri için kullanılacak olanla aynı olmasıdır.

Bu aşamadan sonra rota-operasyon-makina ve rota-operasyon-işleme süresi matrislerini oluşturmak üzere ilgili matrise parçaların ilgili operasyonuna ait makina numaraları ve bu makinalardaki işleme süreleri girilmektedir.

Bütün bu veriler girildikten sonra giriş işlemi tamamlanmış olmakta ve kullanıcının verileri kaydedip çözümleme aşamasına geçmesi gerekmektedir. Şekil 4.1 TRAFİK programının giriş menüsünü göstermektedir. İlgili bölgeler doldurulduktan sonra giriş bilgileri kaydedilmelidir.

Şekil 4.1 TRAFİK programının giriş menüsü

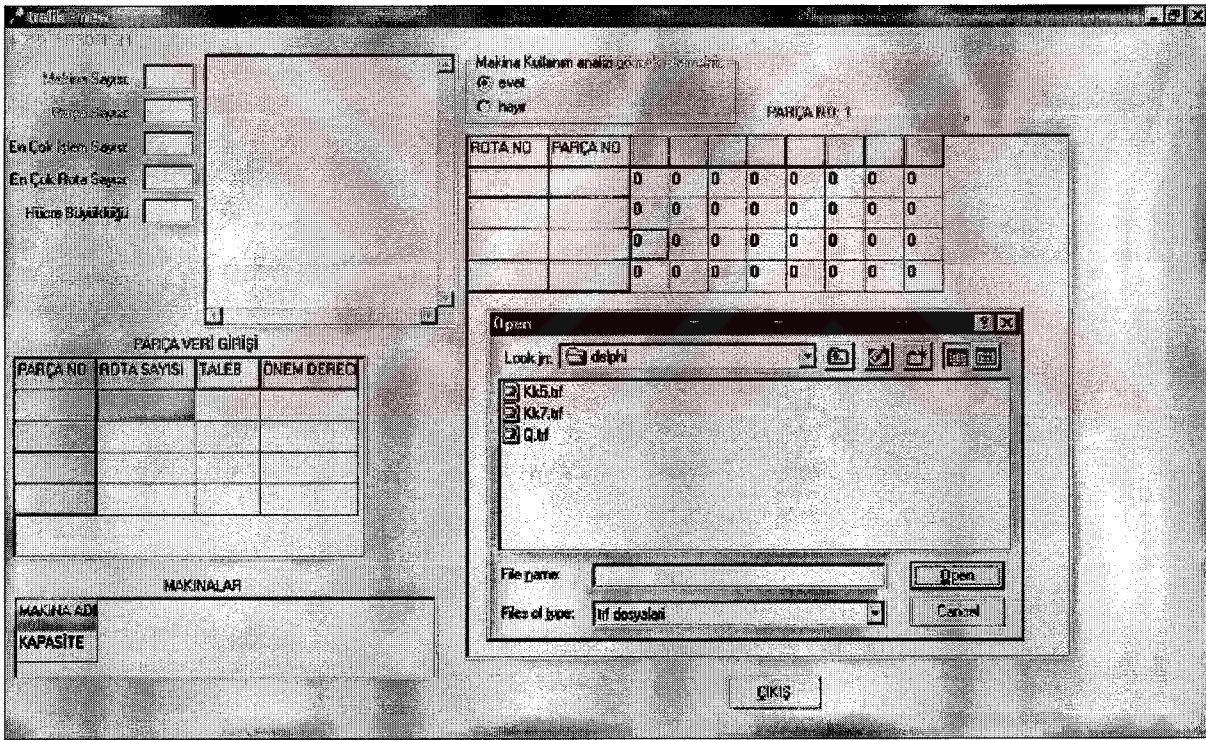
4.3.2 Varolan Problemi Çağırma

Daha önceden girilmiş olan bir problemi çağırmak için programın başlangıcında açılan pencereden “var olan problemi yükle” seçeneğini seçip “gözet” ikonuna tıklayarak TRF uzantılı dosyanın bulunduğu klasörden seçilmesi gerekmektedir.

Dosyanın bulunup çağrılmasından sonra istenilen değişiklikler kolaylıkla yapılabilir. Menüden çıkmadan önce program yapılan değişikliklerin kayıt edilemek istenip istenmediğini kullanıcıya soracaktır.

Programda ayrıca girilmiş problemin adınının değiştirilebilmesi amacıyla “farklı adla kaydet” seçeneği de bulunmaktadır. Böylelikle istenildiğinde problemin adı değiştirilebilecektir.

Şekil 4.2 TRAFİK programının varolan programı yükleme menüsünü göstermektedir. Kullanıcı daha önceden girdiği verileri TRF uzantılı dosyayı açarak görebilmektedir. Veriler üzerinde değişiklik yapmak için kutuların üzerine tıklamak ve yeni değeri girmek yeterli olacaktır.



Şekil 4.2 TRAFİK programının problem çağırma menüsü

4.3.3 Problemin Çözümü

4.3.3.1 Yaklaşım

Problemin çözümünde kullanılan algoritma Bölüm 3.'te anlatılmıştı. Yine iterasyonlarda takip edilecek adımlar Şekil 3.1'deki akış diyagramında gösterilmiştir. Problemin çözümüne P2 probleminden başlanmaktadır. Bu sebeple ilk iterasyonda parçaların üretim miktarları, her bir parçanın kendi rotaları arasında eşit olarak

dağılmaktadır. Daha sonra her bir makina ayrı bir hücreye yerleştirilerek hücreler arası normalize edilmiş trafik değerleri hesaplanmaktadır.

Bu aşamada, hesaplamaları oldukça basitleştiren ve kolaylaştıran bir yöntem geliştirilmiştir. Yöntemin esası, makinalar arasında bir geliş-gidiş matrisinin oluşturulmasına dayanmaktadır. a makinasından b makinasına olan akış sayısının ele alınan rotadaki üretim miktarının bu rotanın ait olduğu parçanın önem derecesi ile çarpımı sonucunda elde edilen değerin tüm rotalar üzerinden toplanması ile elde edilen değer a'dan b'ye ağırlıklı akış miktarını verecektir.

$$\text{FromTo}(a,b) = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{q(i)} u_i \times n_i^k(x_i^k(a,b)) \quad a,b=1,2,\dots,m \quad (4.1)$$

(4.1) nolu eşitlik sistemdeki tüm makina çiftleri için uygulanarak geliş-gidiş matrisi tamamlanmaktadır. Bu matris bir sonraki iterasyona kadar hiç değişmeden kalmakta ve hücreler arası trafiğin hesaplanmasının gerektiği her aşamada bundan faydalanılmaktadır.

c_a ve c_b hücreleri arasındaki trafik değeri bu iki hücredeki makinaların karşılıklı olarak geliş-gidiş değerlerinin toplamına eşit olacaktır. Yani,

$$t_{ab} = \sum_{i=1}^{a(i)} \sum_{j=1}^{b(i)} \{ \text{FromTo}(cm(a,i), cm(b,j)) + \text{FromTo}(cm(i,a), cm(j,b)) \} \quad (4.2)$$

(4.2) nolu ifadedeki $cm(a,i)$ a hücresindeki i. makina ve benzer şekilde $cm(b,j)$ de b hücresindeki j.makina göstermektedir. $a(i)$ ve $b(j)$ değerleri de sırasıyla a ve b hücrelerindeki makina sayısını ifade etmektedir.

Sistemdeki tüm hücreler arasındaki trafik değeri hesaplandıktan sonra bu değerler sıralanmaktadır. Daha sonra en yüksek normalize trafik değerine sahip hücre çifti belirlenir. Bunlar birleştirilmeye aday hücrelerdir. Eğer iki hücredeki makinaların toplamı hücre limitini aşmıyorsa bu hücreler birleştirilmekte, aksi halde sıralamadaki diğer hücre çifti ele alınmaktadır.

Bir birleşme gerçekleştirildikten sonra, ortaya çıkan yeni makina/hücre kombinasyonunun doğruluğu incelenmektedir. Bu amaçla önce ikiden fazla makinası olan hücreler belirlenmekte ve bunlar sahip oldukları makina sayılarının azalan değerine göre sıralanırlar. En fazla makinaya sahip olan hücrenin ilk makinası ait olduğu hücreden alınarak tek başına ayrı bir hücreye yerleştirilir ve bu makinanın ait olduğu hücre ve diğer makinalar arasındaki trafik değeri (4.2) nolu eşitlik kullanılarak hesaplanır. Eğer ait olduğu hücre ile arasındaki trafik değeri diğerlerinden daha büyük ise makina çıkarıldığı hücreye iade edilir, aksi halde makina ait olduğu hücreden çıkarılarak aralarındaki trafik değerinin maksimum olduğu hücreye atanır ve doğrulama işlemine yeniden başlanır.

Birleştirme ve doğrulama prosedürü hiçbir mümkün birleştirme kalmayınca ya da sistemin toplam trafik değeri sıfır oluncaya kadar devam ettirilmektedir.

4.3.3.2 Programın Akışı

Herbir hücreye atanacak olan rotalar Bölüm 3.5'te "Parça Ailelerinin Belirlenmesi" başlığı altında verilen yöntem ile bulunmakta ve değerlendirme kriterleri hesaplanmaktadır. Yukarıdaki bölümde anlatılan adımlar takip edilerek imalat hücreleri oluşturulduktan sonra önce sonuç TRAFIK.SNC dosyasında saklanmaktadır.

İlk iterasyonda parçalara olan talepler parçaların rotalarına olan eşit olarak dağıldığı varsayılmakta, daha sonraki iterasyonlarda optimum talepler bulunmaktadır. Sonuçta her bir rotanın talebi kısıtlar gözönünde tutularak hesaplanmakta ve TRAFIK.DMD dosyasına yazılmaktadır.

Parça aileleri de belirlendikten sonra P1 probleminde kullanılacak olan modelin oluşturmasına başlanmaktadır. Model LINDO isimli bir paket program kullanılarak çözüldüğünden, paketin kullandığı formatta TRAFIK.MDL dosyası yaratılmaktadır. Bu dosya önce, amaç denklemi olarak her bir rotadaki hücreler arası hareket sayıları daha sonra da talep ve makina kısıtları oluşturularak yazılmaktadır. Oluşturulan model dosyası daha sonra herhangi bir müdahale gerekmeksizin LINDO'da çözülmekte ve sonuçlar AKTAR adlı ara bir programla tekrar bir sonraki iterasyonda

kullanılacak hale getirilmektedir. Kaydedilen bilgiler, trafik değerini minimum kılacak şekilde belirlenmiş olan her bir rotadaki üretim miktarlarıdır.

Model çözüldükten sonra yine herhangi bir müdahale olmaksızın ana programa geri dönülmektedir. Bu aşamada son iterasyondaki bilgiler alınarak rotalardaki üretim miktarları saptanmakta ve P1 problemi yeniden çözülmektedir. Elde edilen yeni çözüm TRAFİK.SNC dosyasında saklanan bir önceki iterasyondaki çözüm ile karşılaştırılmakta, eğer sonuçlar aynı ise yönteme son verilmekte değilse P2 problemi için yeni bir model oluşturularak çözüme devam edilmektedir.

En son durumda SNC uzantılı dosyadaki çözümler aynı olmakta ve bu durum için elde edilen CEL uzantılı dosya rota-makina bazında hücreleri göstermektedir.

4.3.4 Programın Kullanılması ve Sonuçların Gösterilmesi

Veriler girildikten sonra kullanıcı problemin çözümüne başlamak için Problem seçeneğinden çözümle seçeneğini seçmeli yada sadece F5 tuşuna basmalıdır. Böylelikle ilk iterasyonum trafik, hareket ve etkinlik değerleri sonuç penceresinde görülecektir. Yapılan iterasyon sonucunda tezgah gruplarını, tezgahlarda, işlenen parça ve rota bilgilerini ve yükleri görebilmek için “workcent.txt” dosyasına ve makinalarla rotalar arasındaki ilişkiyi 0-1 matrisi şeklinde görebilme için “yerlesim.sel” dosyasına bakılmalıdır. Bu dosyalar her iterasyon sonunda programın bulunduğu klasörde oluşacaktır. Şekil 4.3’te yapılan iterasyonlar sonunda sonuç penceresinde oluşan değerler görülmektedir.

trafik - new

MENÜ PROBLEM

Makine Sayısı: 21
Parça Sayısı: 91
En Çok İşlem Sayısı: 9
En Çok Rota Sayısı: 138
Hücre Bütünlüğü: 4

1.İrasyonun
trafik değeri= 7978
istisnai operasyon sayısı= 144
hücreler arası operasyon sayısı= 306
grup teknoloji etkinliği= 372
global etkinliği= 368
grup etkinliği= 378

2.İrasyonun
trafik değeri= 6695
istisnai operasyon sayısı= 87
hücreler arası operasyon sayısı= 210
grup teknoloji etkinliği= 280

Makine Kullanım analizi görmek istemisiniz:
☒ evet
☐ hayır

PARÇA NO: 1

ROTA NO	PARÇA NO	1.OP	2.OP	3.OP	4.OP	5.OP	6.OP	7.OP	8.OP	9.OP
1	1	6	7	8	0	0	0	0	0	0
2	1	6	7	8	0	0	0	0	0	0
3	1	6	7	8	0	0	0	0	0	0
4	2	2	1	4	20	17	0	0	0	0
5	2	3	2	19	20	17	0	0	0	0
6	2	4	1	20	1	17	0	0	0	0
7	3	2	3	19	14	0	0	0	0	0
8	3	3	2	19	14	0	0	0	0	0
9	3	15	16	14	0	0	0	0	0	0
10	4	9	6	0	0	0	0	0	0	0
11	4	6	9	0	0	0	0	0	0	0
12	5	9	6	0	0	0	0	0	0	0
13	5	6	9	0	0	0	0	0	0	0
14	5	12	21	18	0	0	0	0	0	0
15	5	11	21	18	0	0	0	0	0	0

PARÇA VERİ GİRİŞİ

PARÇA NO	ROTA SAYISI	TALEB	ÖNEM DEREJESİ
1	3	450	1
2	3	450	4
3	3	1800	1
4	2	40	10
5	2	40	10

MAKİNELER

makine adı	1	2	3	4
kapasite	35000	35000	35000	35000

ÇIKIŞ

Şekil 4.3 TRAFİK programının sonuçları gösterme penceresi

4.3.5 Dikkat Edilecek Noktalar

Programın sağlıklı bir şekilde çalışabilmesi için dikkat edilmesi gereken noktalar şunlardır:

- 1- Programın kullanılacağı bilgisayarda ondalık ayracı '.' nokta olmalıdır. Eğer ',' virgül ise kontrol panelinden bölgesel ayarlar seçeneğinden bu ayarın yapılması gerekmektedir.
- 2- Bilgi girişi sırasında kutulara harf girilmemelidir. Aksi takdirde program hata verecektir.
- 3- Programın her çalıştırılışında programın bulunduğu klasördeki trf, txt, sel uzantılı dosyalar otomatik olarak silinecektir. Dolayısıyla saklanması gereken sonuçlar klasörden başka bir yere kopyalanmalıdır.
- 4- TRAFİK programı Dos tabanlı Lindo adlı bir çözüm programı içerdiğinden her iterasyondan sonra bir Dos pencereciği açılacaktır. Bunun elle kapatılması gerekmektedir.
- 5- Program her ne kadar DELPHI platformunda yazılmış olsa da LINDO gibi Dos tabanlı programlarla arayüzü vardır. Dolayısıyla dosyalama tipi FAT16 olan bilgisayarlarda sorunsuz olarak çalışmakla beraber FAT32 dosyalama tipine sahip

bilgisayarlarda CONFIG.SYS dosyasının ilk 3 satırı programın daha fazla hafıza kullanmasını sağlamak üzere aşağıdaki şekilde düzeltilmelidir.

DEVICE=C:\WINDOWS\HIMEM.SYS,

DEVICE=C:\WINDOWS\EMM386.EXE NOEMS

deviceHIGH=C:\WINDOWS\COMMAND\display.sys con=(ega,,1)

4.3.6 Örnek Problem

Yöntemin işleyişini daha iyi açıklayabilmek için 6 makina ve 5 parçanın yer aldığı bir örnek ele alındı. Bu örneğe ait talepler, rota sayıları, operasyonlara ait makina numaraları ve süreler Çizelge 4.3'te gösterilmiştir. Sistemde toplam 9 rota bulunmaktadır (Durmuşoğlu, 1999).

Çizelge 4.3 Örnek probleme ait veriler

Parça No	Talep	Rota Sayısı	Kümülatif Rota No	Makina No				Operasyon Süresi			
				1	2	3	4	1	2	3	4
1	2	2	1	2	5	3		6	3	4	
			2	4	3	2		5	2	7	
2	4	1	3	5	1			4	8		
3	3	3	4	6	4	2	1	1	4	7	3
			5	4	6	1		3	3	6	
			6	6	4	1	3	1	4	6	2
4	5	2	7	5	2			8	5		
			8	5	3			8	5		
5	3	1	9	5	3	2		6	2	5	

Bölüm 3.'te anlatılan yöntemle bu sistemi ifade etmek istersek, bir başlangıç çözüm aşağıdaki gibi formüle edilir. Burada n_a^b , a. parçanın b. rotasına ait talebi ve r_a^b , a. parçanın b. rotasındaki operasyon numarasını göstermektedir. Çizelge 4.4 probleme ait parça numarası ve makina numarası bazında operasyon sıralarının dağılımını göstermektedir.

Çizelge 4.4 Örnek probleme ait makina-rota-operasyon matrisi

Makina No	Parça No								
	P ₂	P ₃			P ₁		P ₄		P ₅
	r ₂ ¹	r ₃ ¹	r ₃ ²	r ₃ ³	r ₁ ¹	r ₁ ²	r ₄ ¹	r ₄ ²	r ₅ ¹
1	2	4	3	3					
2		3			1	3	2		3
3				4	3	2		2	2
4		2	1	2		1			
6		1	2	1					
5	1				2		1	1	1

Problemde CM değeri 3 olarak verilmiştir. Yani bir hücrede izin verilen en fazla işmerkezi sayısı 3 olarak belirlenmiştir. Burada amaç kısıtlarını aşmayacak ve alternatif rotaları gözönüne alan bir yaklaşımla aralarındaki trafiğin en az olacağı 2 ayrı hücre belirlemektir. Buna göre çözüm aşağıdaki gibi olacaktır.

amaç denklemi,

$$\min. 0.n_1^1 + 1.n_1^2 + 1.n_2^1 + 2.n_3^1 + 0.n_3^2 + 1.n_3^3 + 0.n_4^1 + 0.n_4^2 + 0.n_5^1$$

kısıtlar,

$$n_1^1 + n_1^2 = 2 \quad (1. \text{ parça})$$

$$n_2^1 = 4 \quad (2. \text{ parça})$$

$$n_3^1 + n_3^2 + n_3^3 = 3 \quad (3. \text{ parça})$$

$$n_4^1 + n_4^2 = 5 \quad (4. \text{ parça})$$

$$n_5^1 = 3 \quad (5. \text{ parça})$$

kısıt kümesi ise,

$$8 n_2^1 + 3 n_3^1 + 6 n_3^2 + 6 n_3^3 \leq 100 \quad (1 \text{ nolu tezgah})$$

$$6 n_1^1 + 7 n_1^2 + 7 n_3^1 + 5 n_4^1 + 5 n_5^1 \leq 100 \quad (2 \text{ nolu tezgah})$$

$$4 n_1^1 + 2 n_1^2 + 2 n_3^1 + 5 n_4^2 + 2 n_5^2 \leq 100 \quad (3 \text{ nolu tezgah})$$

$$5 n_1^2 + 4 n_3^1 + 3 n_3^2 + 4 n_3^3 \leq 100 \quad (4 \text{ nolu tezgah})$$

$$3 n_1^1 + 4 n_2^1 + 8 n_4^1 + 5 n_4^2 + 6 n_5^1 \leq 100 \quad (5 \text{ nolu tezgah})$$

$$1 n_3^1 + 3 n_3^2 + 1 n_3^3 \leq 100 \quad (6 \text{ nolu tezgah})$$

bu durumda rotaların taleplerini ifade eden çözüm,

$$n_1^1 = 2, n_1^2 = 0, n_2^1 = 4, n_3^1 = 0, n_3^2 = 3, n_3^3 = 0, n_4^1 = 0, n_4^2 = 5, n_5^1 = 3.$$

Oluşacak hücreleri belirlemek için ise makina-makina matrisi üzerinden bir from-to analizinin yapılması gerekmektedir. Çizelge 4.5'te bu örnek için makinalar arasında oluşan trafik değerlerinin tezgahlar biraraya getirilerek düşürülüşü gösterilmiştir.

Çizelge 4.5 Örnek problemin trafik değerlerinin belirlenmesi

	1	2	3	4	5	6
1	-					
2	1	-				
3	1	4	-			
4	1	1		-		
5	4	3.5	(6.5)	0	-	
6	1	0	0	3	0	-

0. Adım:hücreler arası trafik=27

	1	2	3,5	4	6
1	-				
2	1	-			
3,5	5	(7.5)	-		
4	1	1	1	-	
6	1	0	0	3	-

1. Adım:hücreler arası trafik=20,5

	1	2,3,5	4	6
1	-			
2,3,5	-	-		
4	1	-	-	
6	1	-	(3)	-

2. Adım:
hücreler arası trafik=5

	1	2,3,5	4,6
1	-		
2,3,5	-	-	
4,6	(2)	-	-

3. Adım:
hücreler arası trafik=2

	1,4,6	2,3,5
1,4,6	-	
2,3,5	-	-

4. Adım:
hücreler arası trafik=0

Burada yapılan, her adımda aralarındaki trafik değeri en fazla olan tezgahların bir araya getirilmesidir. Toplam trafik değeri ayrı ayrı trafik değerlerinin toplanmasıyla oluşmaktadır. Böylelikle her adımda trafik değeri azaltılmış ve nihai hücrede bulunacak tezgahlar belirlenmiş olacaktır.

1.iterasyon için parça rota matrisi aşağıdaki çizelge gösterildiği şekilde oluşmaktadır.

Çizelge 4.6 Örnek problemde 1.iterasyon sonunda makina-rota-operasyon matrisi

Makina No	Parça No									
	P ₂	P ₃				P ₁		P ₄		P ₅
	r ₂ ¹	r ₃ ¹	r ₃ ²	r ₃ ³		r ₁ ¹	r ₁ ²	r ₄ ¹	r ₄ ²	r ₅ ¹
1	2	4	3	3	1					
4		2	1	2						
6		1	2	1						
2	3					1	3	2		3
3					4	3	2		2	2
5	1					2		1	1	1

Böylelikle ilk iterasyon tamamlanmış olmaktadır. Elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

1.iterasyon sonucu

Hücre No	Makinalar	Rotalar
1	1,4,6	3,4,5,6
2	2,3,5	1,2,7,8,9

Trafik değeri	8
İstisnai eleman sayısı	4
Hücre içi operasyon sayısı	22
Hücreler arası operasyon sayısı	5
Grup Teknolojisi Etkinliği	70%
Global Etkinlik	85%
Grup Etkinliği	83%

Bu başlangıç çözümü baz alarak ikinci iterasyon yapılmalıdır. Bu iterasyon sonucunda parça rota matrisi aşağıda Çizelge 4.7'deki hali alacaktır.

Çizelge 4.7 Örnek problemde 2.iterasyon sonunda makina-rota-operasyon matrisi

Makina No	Parça No				
	r ₂ ¹	r ₃ ²	r ₁ ¹	r ₄ ²	r ₅ ¹
4	1				
6	2				
1	2	3			
3			3	2	2
5	1			2	1
2			1		3

Bunun sonucunda ise aşağıdaki sonuçlar elde edilecektir.

2.iterasyon sonucu

Hücre No	Makinalar	Rotalar
1	1,4,6	3,5
2	2,3,5	1,8,9

Trafik değeri	4
İstisnai eleman sayısı	1
Hücre içi operasyon sayısı	12
Hücreler arası operasyon sayısı	4
Grup Teknolojisi Etkinliği	84%
Global Etkinlik	92%
Grup Etkinliği	87%

Böylelikle problem çözülmüş, nihai yerleşim, rotalama, rotaların talepleri ve etkinlikler bulunmuştur.



5. SİPARİŞ ESASLI BİR TALAŞLI ÜRETİM SİSTEMİNDE BİRDEN ÇOK ROTALI HÜCRESEL ÜRETİM UYGULAMASI

5.1 Firmanın Tanıtılması

Kalekalıp Makina ve Kalıp A.Ş. 1969 yılında İstanbul'da bağlı bulunduğu H.İbrahim Bodur Holding'e ait seramik sektörünün önde gelen firmaları olan Kalebodur ve Çanakkale Seramik'in ihtiyaç duyduğu seramik kalıplarının üretilmesi amacıyla kurulmuştur. Daha sonraki yıllarda piyasanın ihtiyacı doğrultusunda hassas metal ve plastik kalıpları üretimine başlamıştır.

Uzun yıllar bu amaçlar için hizmet veren firma 1980'li yıllarla değişen koşullar doğrultusunda savunma sektörüne adım atmıştır. Sahip olduğu hassas üretim kapasitesi sayesinde başlangıçta Makina Kimya Endüstrisi ve Türk Silahlı Kuvvetlerine silah ve miğfer kalıpları temin etmiştir. 1987'de Nato çerçevesinde Maverick projesinde yer alan firma ardından bugünkü vizyonun oluşmasını sağlayan EuroStinger projesinde yer almıştır. Bu proje süresince Kalekalıp üretim ve kalite güvence yeteneklerini geliştirmiş, tezgah parkını güçlendirmiş ve uluslararası proje tecrübesi kazanmıştır.

İlerleyen yıllarda Türk Silahlı Kuvvetlerinin ihtiyacı doğrultusunda Sakarya Sistemi (Bora) adı verilen orta menzilli çok namlulu roketatar projesinde ana yüklenici rolünü üstlenmiştir.

1990'ların sonlarına doğru değişen şartlar doğrultusunda havacılık sektörüne giriş yapılmıştır. Bu kapsamda halen Lockheed Martin, Matra British Aerospace, Allied Signal ve Honeywell gibi sektörlerinin önde gelen firmaları için mekanik parça ve avionik sistem üretimi devam etmektedir. Kısa ve orta vadede gerçekleştirilecek projelerin başlıcaları Matra British Aerospace ile Rapier MkII güdümlü füzesi için mekanik parça üretimi, Allied Signal firması ile DA-1503B ADU Saldırı Savunma Anten Sürücü Ünitesi, Lockheed Martin için ATACMS taktik güdümlü roketatar sistemi için parça üretimi, TUSAŞ(TEI) için Boeing firmasına satılmak üzere sivil havacılık parçaları üretimi, Roketsan ve Aselsan gibi firmalar için çeşitli sistemlerin alt parçalarının üretimidir. Ayrıca yine Türk Silahlı Kuvvetleri için Bombaatar geliştirme projesi de devam etmektedir.

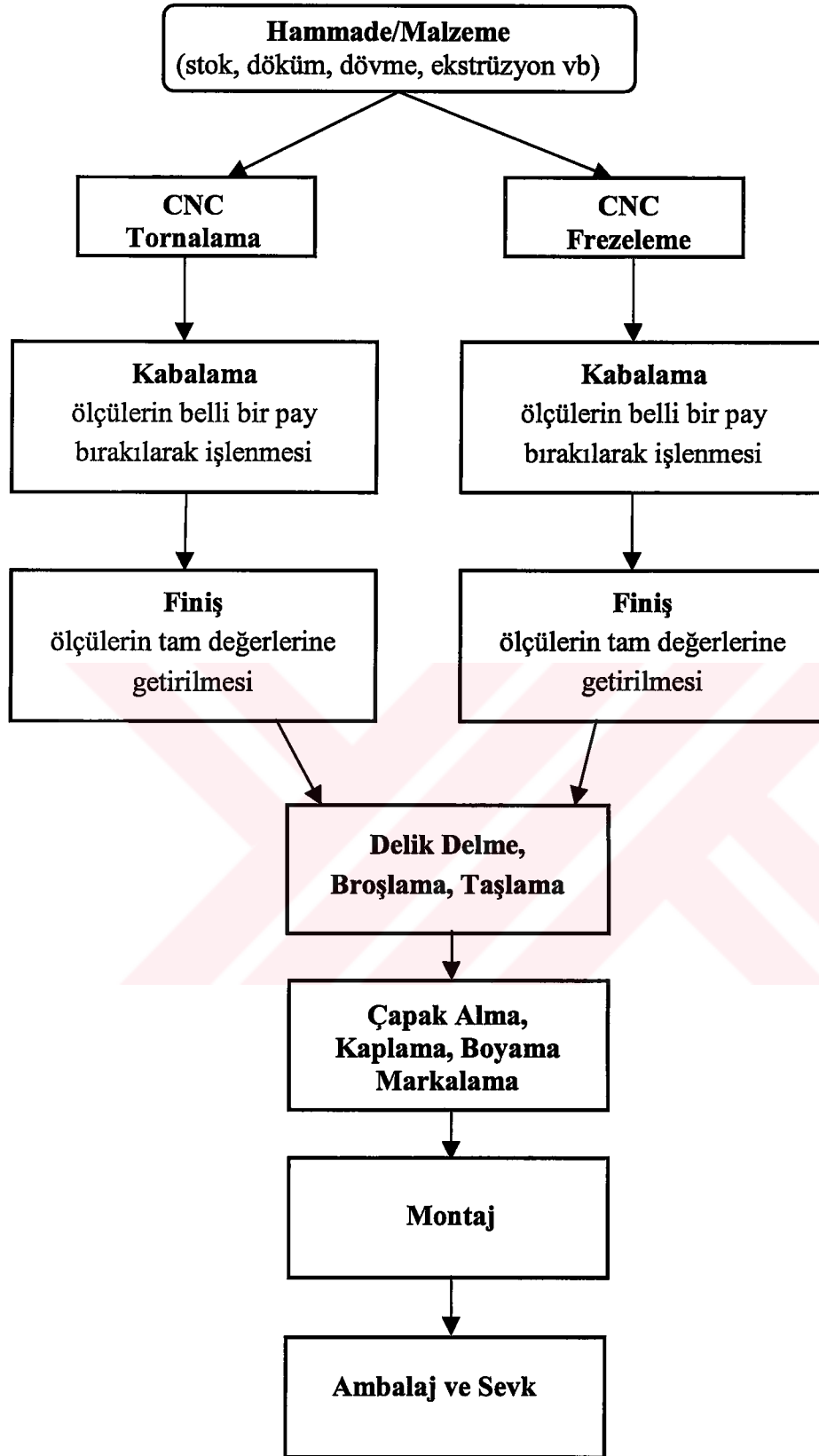
Görüldüğü gibi firmanın vizyonu ve hedefi savunma sanayi ve havacılık sektörü için güvenilir ve kendini ispatlamış bir alt yapımcı olmaktır. Bu bağlamda kalite geliştirme çalışmalarına hız veren firma ISO 9001 ve AQAP 120 kalite güvence belgelerine sahiptir.

Yapılan tanıtımdan da anlaşılacağı gibi Kalekalıp talaşlı üretim üzerine yoğunlaşmış ve bu konuda uzmanlaşmış bir alt yapımcıdır. Yapılan anlaşmalar ve sektörün yapısı gereği projeler uzun yıllar sürmekte ve üretimi yapılacak adetler proje başında aylık bazda belirlenmiş olmaktadır. Başlangıçta belirlenen ve proje boyunca küçük revizyonlar dışında sadık kalınan bu teslimat planları planlama fonksiyonları ve özellikle tezgah yükleme açısından bir avantaj olarak kabul edilebilir. Sonuçta ele alınan sistem sipariş esaslı bir üretim sistemidir.

5.2 Üretimin Karakteristik Özellikleri

Savunma sanayi sektöründe üretilecek parçalar genellikle bir füze sistemine, radar sistemine yada motor ünitesine aittir. Dolayısıyla benzer yönleri oldukça fazladır. Özellikle füze sistemleri için üretilen tüm mekanik parçalar silindirik olup benzer özellikler taşırlar. Bu parçalara ait Ek 1’de sunulan örneklerde bu durum görülebilir.

Üretimin yapısı gereği genel amaçlı CNC frezeler, tornalar ve broş tezgahları kullanılmaktadır. Bu genel amaçlı tezgahlar üzerinde hassas üretim toleranslarını karşılamak üzere özel bağlama yada sabitleme düzenekleri kullanılmaktadır. Bu sistemlere ek olarak özellikle yatay frezeler için modüler bağlama kütükleri ve dik frezeler için modüler bağlama tablaları kullanılmaktadır. Bu bağlama sistemlerine örnekler Ek 2’de verilmiştir. Bu düzenekler sayesinde genel amaçlı tezgahlar çok fonksiyonlu ve özel amaçlı olarak kullanılabilir. Ayrıca bu modüler düzenekler bağlama ve ölçmeye harcanan süreyi oldukça düşürmektedirler. Genel olarak üretimin akışı aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 5.1 Kalekalıp'ta talaşlı üretimde genel iş akışı

Şekilde gösterildiği gibi iş akışı hammadde ile başlamaktadır. Savunma ve havacılık sanayinde kullanılan malzemeler genellikle yüksek nitelikli alaşımlı levha, çubuk, ekstrüzyon yada dövme malzemelerdir. Bu hammaddeler üzerinde uygulanan talaşlı üretim prosesleri tornalama, frezeleme ve broşlama işlemleri olarak üçe ayrılmaktadır. Tornalama işlemi çubuk yada boru malzemeler üzerinde yapılan her türlü kesme, kanal açma, konik işleme, baralama, delik delme ve diş açma işlemlerini kapsar. Frezeleme işlemi ise levha, kütük yada çubuk şeklindeki malzemeler üzerinde yapılan her türlü kesme, kanal işleme, delik açma, kılavuz çekme ve raybalama işlemlerini kapsar. Broşlama işlemi ise kesici takımlar taşıyan hareketli miller kullanılarak parçanın gerekli yerlerinden talaş kaldırılması işlemidir.

Genellikle işlenen parçalardaki üretim toleransları oldukça dar bir aralıktadır. Kesmenin daha homojen olması, malzeme üzerinde oluşan artık gerilmelerin azaltılması, yüzey kalitesinin arttırılması ve istenilen toleransların tüm üretim süresince korunabilmesi gibi sebeplerden dolayı parçalar önce kabalama denilen ön işleme ve daha sonra da parçaya son ölçülerinin verildiği ve finiş olarak adlandırılan hassas işleme aşamalarından geçmektedirler. Bu, bir frezeleme işleminde bir kanalın son ölçüye belli bir pay bırakılarak işlenmesi olabileceği gibi deliğin önce daha küçük ölçüde bir matkapla delinip daha sonra tam ölçüde matkapla delinmesi de olabilir.

Bu ilk aşamayı tamamlamış parçaların üzerinde eğer gerekiyorsa diğer işlemler uygulanır. Bunlar taşlama, broşlama yada tornalama yada frezeleme ve tornalama işlemlerinde gerçekleştirilemeyen bazı işlemler olabilir. Bu işlemlerde parçanın son ölçüsüne getirilmesi hedeflendiğinden bir önceki işlemde kesme payı bırakılmaktadır.

Parça üzerindeki talaş kaldırma işlemleri tamamlandıktan sonra parça tesviye, kaplama ve montaj işlemlerinin yapılacağı bölüme taşınır. Burada parçanın üzerinde gerekli çapak alma ve tesviye işlemleri gerçekleştirilir. Ayrıca istenilen yüzey kaplama işlemleri ve ısıl işlem ile montaj işlemleri bu bölümde gerçekleştirilir.

Siparişe göre üretim sisteminde sorun, birbirine benzer yada farklı parçaların aylık teslimatları karşılayacak şekilde küçük parti büyüklüklerinde üretilmesidir. Ayrıca parçaların pek çok farklı tezgahları dolaşması kesikli bir akışa neden olmaktadır. Dolayısıyla bu durum hazırlık ve bekleme süreleri ile ara stokların ve işlenmekte olan parça miktarlarının oldukça fazla olmasına neden olmaktadır. Bütün bunlar atölye tipi üretimin olumsuz yönleri olup verimsizlik ve maliyetlerin yüksekliği gibi sonuçlar doğurmaktadır.

Üretimdeki iş akışı Parça Dolaşım Kartı(PDK) adı verilen rota kartları ile izlenmektedir. Örnek bir PDK formu Ek 3'da gösterilmiştir. Bu formlarda parçaya ait bilgilere ek olarak parça üzerinde gerçekleştirilen işlemler ve bunların yapıldıkları bölümlerin isimleri mevcuttur. Fakat o bölümde işlemin yapılacağı tezgah belirtilmemiştir. Tezgah seçimi ve işleme sürelerine ait bilgiler kullanımda olan MRP sistemine girilmiş verilerden izlenebilir. Yine bu bilgilere ait çıktılar Ek 3'de gösterilmiştir.

Henüz bu iki ayrı sistem entegre edilememiş ve şu aşamada tezgah yükleme o bölümde boş olan tezgahta işlemin gerçekleştirilmesi şeklinde olmaktadır. Bu durum hem üretim kontrolünü güçleştirmekte hem de gerekli denetimin sağlanmasına ve dolayısıyla verimin oldukça düşük seviyelerde gerçekleşmesine neden olmaktadır.

5.3 Hücresel Üretimin Uygulanması

5.3.1 Mevcut Durum

Kalekalıp farklı zamanlarda artan kapasite ihtiyacını karşılamak amacıyla yapılan ilave binalar üzerinde atölye bazında yerleştirilmiş bir işletmeydi. Bu durum malzeme akışı ve üretimin kontrolü açısından oldukça problemli bir yapı çıkarmaktaydı. Bu yerleşim katlar arası yüklü miktarda malzeme taşınmasına sebep olmakta ve bu nedenle üretimin izlenmesi ve yönetilmesi güçleşmekteydi. Sonuçta işgücü ve üretim kaynaklarının verimsiz kullanılmasına neden olan bir yerleşim söz konusuydu. Bu çarpık yerleşimin olumsuzluklarından kurtulabilmek ve akışı daha pürüzsüz hale getirmek üzere mevcut fabrikanın yan kısmına yeni bir tesis inşaa edilmiş olup Mart 2000'de devreye alınacaktır.

Bu tesisin amacı firmada savunma sanayii için üretim yapan tüm CNC freze, torna ve diğer tezgahları tek bir çatı altında toplayabilmektir. Mevcut durum üretimin gerek kapasite yetersizliğinden gerekse yerleşimdeki olumsuzluklardan kaynaklanan sebeplerden CNC tezgahlardan yeterince yararlanmak yerine klasik tezgahlarla gerçekleştirilmesiydi.

Şirket yeni binaya taşınacak tezgahların yerleşimini belirleyebilmek için bir üniversiteye çalışma yaptırdı. Bu çalışmada kilogrammetre yönetimi kullanılarak tezgahlar tek katlık alana yerleştirildi. Mevcut yerleşim EK 5'te görülebilir. Yine bu yerleşime alternatif olarak TRAFİK programı kullanılarak geliştirilen hücresel yerleşim de Ek 5'te sunulmuştur.

Bu çalışmanın amacı bu mevcut yerleşimle, hücresel üretim yaklaşımını kullanarak oluşturulan alternatif yerleşimi karşılaştırmaktır. Burada amaç her iki yerleşimin olumlu ve olumsuz yönlerini belirlemek, hücresel yerleşim uygulaması için gerekli alt yapı için önerilerde bulunmaktır.

5.3.2 Verilerin Toplanması ve Analizi

Parçaların tümünün CNC tezgahlarda üretilmesi düşünüldüğünden bu tezgahların sahip olduğu esneklik ve hassasiyetinden yararlanılarak bir parçanın herhangi bir operasyonu farklı bir çok tezgahta yapılabilmektedir. Bunun anlamı her operasyon için bir çok alternatifin mevcut olmasıdır.

Bölüm 2.'de de anlatıldığı gibi literatürdeki yöntemlerin pek çoğu parçanın belirli bir rotada üretileceğini varsaymaktadır. Oysa eldeki sistem için bu durum söz konusu değildir. Bölüm 3.'te anlatılan yöntemin seçilmesinin nedeni budur. Sonraki aşama bu yöntemin ihtiyaç duyacağı verilerin toplanmasıdır. Bu amaçla aşağıdaki adımlar izlenecektir.

5.3.2.1 Operasyon Akışlarının Belirlenmesi

Ön gruplama yapmak üzere parçalar hakkında mevcut veri tabanı (MRP sistemi) ve tecrübelerden yararlanarak veriler toplanmıştır. Bu amaçla Ek 3’de gösterilen İşlem Planları temel alınmıştır. Bu planlarda parçadaki işlemler, kullanılan tezgah, hazırlık süresi ve makina süresi gibi bilgiler mevcuttur. Eski sistem için hazırlanmış bu bilgiler tecrübeler ışığı altında alternatif rotalar da düşünülerek yeni rotalar hazırlanmıştır. Parçalardaki yerleşimi yapılacak tezgahlarla ilgili operasyonlar şu başlıklar altında toplanabilir:

❖ Üretim Öncesi işlemler

- Ön Hazırlık İşlemleri(malzemenin hazır edilmesi vb.)
- Hazırlık İşlemleri(takımların yerleştirilmesi ve tezgah ayarları vb.)
- Bağlama(düzeneklerin ve parçanın tezgaha yerleştirilmesi vb.)
- Ölçme ve Ayarlama(ölçüm yapma ve düzeneği ayarlama vb)

❖ Makinada İşleme

- Frezeleme
- Tornalama
- Taşlama
- Broşlama

❖ Üretim Sonrası İşlemler

- Çapak Alma
- Kimyasal İşlemler
 - Kimyasal Film Kaplama
 - Kadmiyum Kaplama
 - Anodik Oksidasyon
 - Pasivasyon
 - Isıl İşlem
- Astarlama
- Boyama
- Markalama
- Montaj

5.3.2.2 Parçaların Gruplanması

Parçaları gruplamak için Bölüm 1.'de anlatılan Üretim Akış Analizi'nden yararlanılmıştır. Parçaların gruplanmasında ana kriter operasyon tiplerindeki ve sıralarındaki benzerliklerdir. Daha sonraki kriterler parçaların ebatları ve üretim toleranslarıdır. Bu aşamada benzer fiziksel yada üretim özellikleri taşıyan parçaların aynı grup altında toplanması hedeflenmiştir.

5.3.2.3 Tezgah Seçimi

Tezgahların seçim sürecinde en önemli adım tezgahların yetenek ve kapasitelerinin tam olarak belirlenmesidir. Bu tesbit tezgahların işleme kapasitesi(frezeler için en, boy, yükseklik; tornalar için çap ve boy), işleme hassasiyeti, eksen sayısı, bağlanılabilen takım adedi gibi somut kriterlere bağlı olmalıdır. Operasyonlar için en uygun tezgahların belirlenmesinde izlenen yol parçaların ve tezgahların çeşitli kriterler altında sezgisel olarak karşılaştırılmasıdır. Kullanılan temel kriterler şunlardır:

- ❖ iş parçasının boyutları
- ❖ iş parçasının malzemesi
- ❖ iş parçasının toleransları
- ❖ tezgahın üretim hassasiyeti
- ❖ tezgahın modüler bağlamaya uygunluğu
- ❖ özel yükleme sisteminin bulunması
- ❖ tezgahın gücü
- ❖ tezgahın eksen sayısı
- ❖ tezgahın işleme kapasitesi
- ❖ tezgahın üretken olduğu süre

Bu kriterler ışığı altında oluşturulan gruplara ait özellikler sınıflandırılarak o grup için en uygun tezgah yada tezgahlar belirlenmiştir.

5.3.2.3.1 Tezgah Kapasitelerinin Belirlenmesi

Tezgah kapasiteleri belirlenirken Makina Bakım ve Planlama Bölümlerinden alınan 1999 yılına ait verilerinden yararlanılmıştır. Makinaların CNC tezgahlar olması ve gerektiğinde tüm gün çalıştırılabilmesi geniş bir kapasite kullanımı sağlamaktadır. Tezgahlara ait ortalama arıza ve problemlerden kaynaklanan duraklama süreleri belirlenmiştir. Bu duraklamaların o tezgahın toplam çalışma süresine oranı o tezgahın kullanılabilirliğini yada verimini vermektedir.

Çizelge 5.1’de yerleştirilmesi düşünülen mevcut CNC tezgahların listesi sahip oldukları özelliklerle birlikte sunulmuştur.

Çizelge 5.1 Kalekalıp Makina Listesi ve Makina Özellikleri

Kalekalıp Makina Listesi

KK Kodu	Program Kodu	Tanımı/Adı	Eksen Sayısı	Ebatlar (enxboy) cmxcm	Tezgahın Teorik Maksimum Kapasitesi (dak/ay)
32301	1	Sigma Mission 3P Dik CNC Freze	3	270x350	35,000
32302	2	Sigma Mission 5 Dik CNC Freze	3+1	300x400	35,000
32303	3	Sigma Ek110-50 Dik CNC Freze	4	500x520	35,000
32304	4	Sigma Ek110-50 Dik CNC Freze	3+1	500x520	35,000
33301	5	Matrix Churchill Yatay CNC Torna	2+1	210x460	35,000
33302	6	Index GFG250 Yatay CNC Torna	2	230x470	35,000
33304	7	Index GS100 Yatay CNC Torna	4	270x850	35,000
33307	8	Emco Compact Torna	2	50x120	35,000
33308	9	Vigor Dik CNC Torna	2	220x380	35,000
33309	10	Mazak Integrex CNC Torna-Freze	4	240x650	35,000
33401	11	Enshu VMC40 Dik CNC Freze	3	200x280	35,000
33402	12	Enshu VMC40 Dik CNC Freze	3	200x280	35,000
33403	13	Enshu DT Center Dik CNC Freze	3	250x350	35,000
33405	14	Walther Titreşimli Çapak Alma	-	120x140	35,000
33408	15	Cardinal Dik Broş Tezgahı	-	200x300	35,000
33413	16	Quantum Yatay CNC Freze	3	250x350	35,000
33415	17	Varinelli Dik Broş Tezgahı	-	250x350	35,000
335	18	Kimyasal Kaplama	-	500x2400	35,000

Yapılan araştırmalar ve Planlama Bölümünden alınan verilerin incelenmesi sonucunda tezgahların arazılar ve bakım dışında kullanılabilirliğinin 1999 yılı için %85-90 arasında değiştiği görölmüştür. Ortalama olarak %87 alınabilir. Kalekalıp'ta tek vardiyada 9 saat, uzatmalı ikinci vardiyada 13 saat çalışıldığı düşünölürse mevcut maksimum kapasite yaklaşık 35.000 dak/ay olarak hesaplanmıştır.

5.3.2.4 Rotaların Belirlenmesi

Sistemdeki tezgahların birçoğunun CNC tezgahlar olması bir parçanın üretilmesi için pekçok farklı rota sečilmesini mümkün kılmaktadır. Operasyonların gerçekleştirilebileceği en uygun tezgahların sečilmesi sonucu mümkün rota sayısının azaltılmış olmasına rağmen tüm ardışık operasyonlar için olası tezgah kombinasyonları düşünöldüğünde alternatiflerin halen oldukça fazla olduğu görölecektir. Ayrıca kümelenendirme yönteminin sonunda oluşacak doğrusal matematik problemin çözümünde kullanılan LINDO'nun ele alabileceği değişken sayısı kısıtlıdır.

Her bir parça için atanacak rota sayısının saptanması için gözönünde bulundurulması gereken kriterler şunlardır:

- operasyon süreleri
- talep miktarları

Operasyon süreleri MRP sistemindeki ve fiili üretim sürelerinden derlenen veriler kullanılarak belirlenmiştir. Sistemin en tipik özelliği sipariş üzerine çalışması ve dolayısıyla aylık ve yıllık üretim adetlerinin ve parti büyüklüklerinin belli olmasıdır.

Sonuç olarak alternatif rotalar mevcut duruma ait veriler kullanılarak sezgisel olarak belirlenmiştir. Mevcut üretim hattı ve eldeki tecrübelerin tümü gözönünde bulundurularak alternatif rotalar ve operasyon sıraları oluşturulmuştur.

5.3.2 Parçaların Önem Derecelerinin Belirlenmesi

Sistemde üretilecek tüm parçalar ağırlıkları, boyutları, özel taşıma gerektirip gerektirmediği, bağlı oldukları gruba temsil dereceleri gibi kriterler gözönüne alınarak değerlendirilmiş ve bu parçalara 10 üzerinden önem dereceleri atanmıştır. Bu dereceler program tarafından rotaların atanması aşamasında öncelik belirlemede kullanılacaktır. Diğer bir ifadeyle tezgahlara ait kapasite kısıtları çiğnenmeyecek şekilde önem derecesi yüksek olanların tezgahlara atanmasına öncelik verilecektir. Belirlenen önem dereceleri Ek 3’de parça bilgileri kısmında görülebilir.

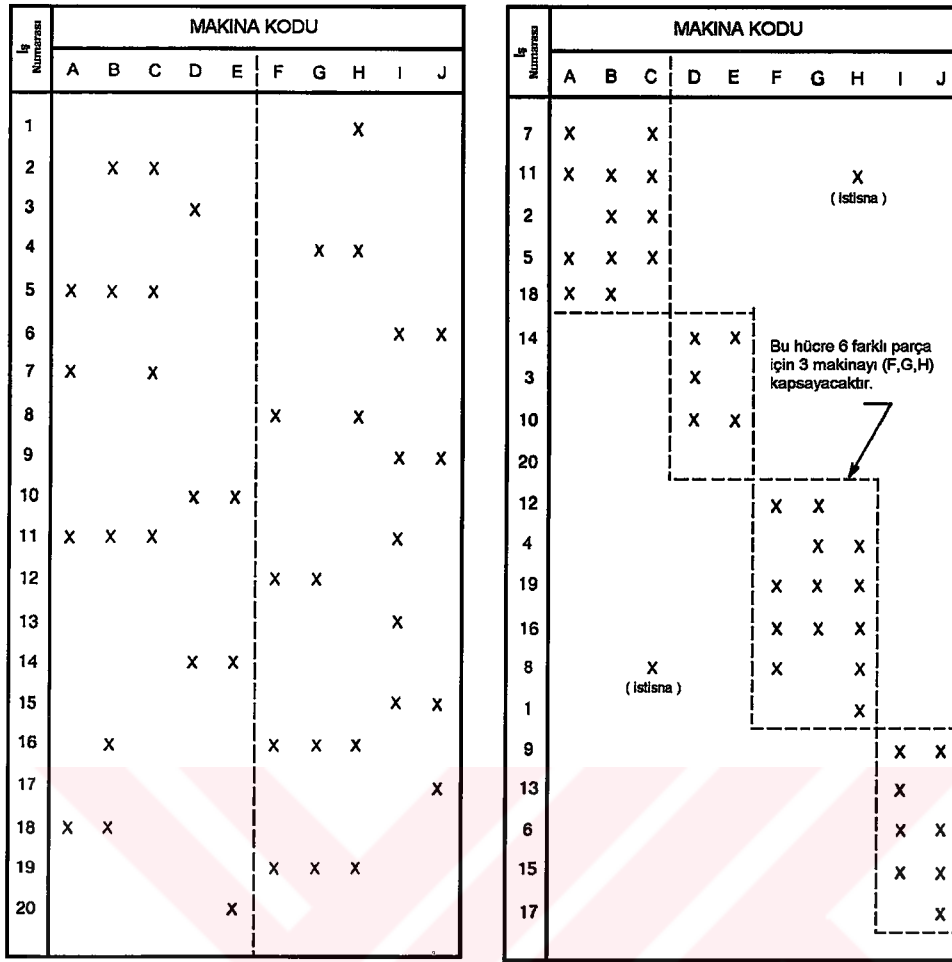
5.3.3 Hücrelerin Oluşturulması

Kullanılacak olan kümelenendirme yönetimi için gerekli olan veriler yukarıda anlatılan adımlar sonucunda elde edildikten sonra geliştirilen TRAFİK programında çeşitli senaryolar çözülerek hücrelerin oluşturulması hedeflenmiştir.

Uygulama için öncelikle Ek 3’de sunulan operasyon-rota-makina ve operasyon-rota-işleme süresi bilgileri matris formuna sokulacaktır. Daha sonra Ek 4’de sunulan TRAFİK program yardımıyla bu matrisler çözülerek nihai yerleşime karar verilecektir.

Şekil 5.2 Üretim Akış Analizi(PFA)nin şematik olarak anlatımını göstermektedir. PFA yaklaşımı mevcut PDK’lar üzerindeki bilgileri temel olarak alır. PDK’ların üzerindeki rota bilgileri kullanarak tüm parçalar matris tabanlı bir sınıflandırma ve gruplandırmaya tabi tutulurlar. Bu metod kodlama/sınıflandırma yöntemine göre daha az kapsamlı olmakla beraber tecrübe esaslı yöntemlere göre daha analitik bir yaklaşımdır. PFA karar almada belirsizlikleri gidermek açısından ve özellikle yeniden organizasyon problemleri için değerli bir araçtır (DeGarmo ve diğerleri,1988).

Bu çalışma benimsenen yöntem rotalardaki benzerlikleri baz alarak ürün ve tezgah ailelerini belirlemektir. Böylelikle parçaların işlenmesi için kısıtları çiğnemeyecek en uygun hücrelerin oluşturulmasına çalışılacaktır.



Şekil 5.2 Üretim Akış Analizinin şematik anlatımı: rotalardaki benzerlikleri baz alarak ürün ailelerini belirleyen bir teknik

5.3.3.1 Senaryo 1

İlk senaryoda KK1 (bkz.Ek 3) adı verilen rotalama için TRAFİK programı çalıştırılarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 5.2 Senaryo 1'in trafik, hücreler arası hareket ve etkinlik değerleri

Hücredeki En Çok Makina Sayısı(CM)	Hücre Sayısı	Hücreler Arası Trafik Değeri	İstisnai Eleman Sayısı	Hücreiçi Operasyon Sayısı	Hücreler Arası Operasyon Sayısı	Grup Teknoloji Etkinliği	Global Etkinlik	Grup Etkinliği
4	6	13,032	137	291	141	50%	68%	73%
5	6	10,273	107	321	104	59%	75%	71%
6	3	8,477	99	329	95	67%	77%	67%
7	3	7,127	99	329	92	73%	77%	67%

Çizelge 5.3 Senaryo 1’de farklı iki kapasite için tezgah yükleri

KK Kodu	Program Kodu	Tanımı/Adı	Tezgah Yüğü (%)	
			CM=6 Kap.=10100d/ay	CM=6 Kap.=35000d/ay
32301	1	Sigma Mission 3P Dik CNC Freze	44%	12%
32302	2	Sigma Mission 5 Dik CNC Freze	318%	91%
32303	3	Sigma Ek110-50 Dik CNC Freze	327%	94%
32304	4	Sigma Ek110-50 Dik CNC Freze	374%	108%
33301	5	Matrix Churchill Yatay CNC Torna	224%	64%
33302	6	Index GFG250 Yatay CNC Torna	321%	92%
33304	7	Index GS100 Yatay CNC Torna	131%	37%
33307	8	Emco Compact Torna	6%	1%
33308	9	Vigor Dik CNC Torna	43%	12%
33309	10	Mazak Integrex CNC Torna-Freze	218%	63%
33401	11	Enshu VMC40 Dik CNC Freze	817%	235%
33402	12	Enshu VMC40 Dik CNC Freze	749%	216%
33403	13	Enshu DT Center Dik CNC Freze	449%	129%
33405	14	Walther Titreşimli Çapak Alma	72%	20%
33408	15	Cardinal Dik Broş Tezgahı	156%	45%
33413	16	Quantum Yatay CNC Freze	222%	64%
33415	17	Varinelli Dik Broş Tezgahı	122%	35%
335	18	Kimyasal Kaplama	290%	83%

Çizelge 5.2 farklı CM değerleri için trafik değerlerini, hareket sayılarını ve etkinlikleri vermektedir. Görüldüğü üzere CM değeri arttıkça trafik değerleri azalmakta ve etkinlikler artmaktadır. Bölüm 5.3.2.3.1’de tezgah kapasiteleri en az 10.100d/ay ve en çok 35.000 d/ay olarak belirlenmişti. Çizelge 5.3’ten bu iki kapasitede örnek olarak seçilen CM=6 değeri için tezgah yüklerini göstermektedir. Görüldüğü gibi her iki durumda da bazı tezgahların yükü diğerlerine göre oldukça fazladır.

5.3.3.2 Senaryo 2

Algoritmanın optimize etmeye çalıştığı parametreler arasında kapasite kısıtlarının da bulunduğu düşünülürse öncelikle tezgah yüklerinin dağılımının dengelenip %100’ün altına düşürecek yeni bir rotalama yapılması gerekmektedir. Aksi takdirde ilk iterasyondan sonra program anlamsız sonuçlar vermektedir. Yapılması gereken iş

yükü limitini aşan tezgahların yükünü alternatif tezgahlara kaydırmak olacaktır. Bu amaçla KK2 rotalaması (bkz.Ek 3) oluşturulmuştur.

Çizelge 5.4 Senaryo 2'in trafik, hücreler arası hareket ve etkinlik değerleri

Hücredeki En Çok Makina Sayısı(CM)	Hücre Sayısı	Hücreler Arası Trafik Değeri	İstisnai Eleman Sayısı	Hücreiçi Operasyon Sayısı	Hücreler Arası Operasyon Sayısı	Grup Teknoloji Etkinliği	Global Etkinlik	Grup Etkinliği
6	3	9,363	100	328	102	64%	76%	66%

Çizelge 5.5 Senaryo 2'de farklı iki kapasite için tezgah yükleri

KK Kodu	Program Kodu	Tanımı/Adı	Tezgah Yüğü (%)
			CM=6 Kap.=35000d/ay
32301	1	Sigma Mission 3P Dik CNC Freze	100%
32302	2	Sigma Mission 5 Dik CNC Freze	99%
32303	3	Sigma Ek110-50 Dik CNC Freze	99%
32304	4	Sigma Ek110-50 Dik CNC Freze	100%
33301	5	Matrix Churchill Yatay CNC Torna	64%
33302	6	Index GFG250 Yatay CNC Torna	92%
33304	7	Index GS100 Yatay CNC Torna	37%
33307	8	Emco Compact Torna	15%
33308	9	Vigor Dik CNC Torna	12%
33309	10	Mazak Integrex CNC Torna-Freze	63%
33401	11	Enshu VMC40 Dik CNC Freze	142%
33402	12	Enshu VMC40 Dik CNC Freze	205%
33403	13	Enshu DT Center Dik CNC Freze	115%
33405	14	Walther Titreşimli Çapak Alma	20%
33408	15	Cardinal Dik Broş Tezgahı	45%
33413	16	Quantum Yatay CNC Freze	64%
33415	17	Varinelli Dik Broş Tezgahı	35%
335	18	Kimyasal Kaplama	83%

KK2 rotalamasından elde edilen sonuçlar incelendiğinde görüleceği gibi 11, 12 ve 13 nolu tezgahlarda aşırı yüklenme ve kapasite aşımı söz konusudur. Toplam fazla yük %187 civarındadır. Bunun anlamı bu işleme merkezleri ile benzer yetenek ve kapasitede 2 yeni tezgaha ihtiyaç duyulduğudur. Bu durumda yeni bir senaryoya ihtiyaç duyulacaktır.

5.3.3.3 Senaryo 3

İhtiyaç duyulan iki yeni tezgaha 19 ve 20 makina numaraları verilmiştir. Bunlar 11, 12, 13 nolu tezgahlar üzerindeki fazla yükü alması planlanan tezgah yatırımlarıdır. Bu amaçla KK3 rotalaması oluşturulmuştur. Bu rotalama bilgisayar programı yardımıyla çözümlenerek aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 5.6 Senaryo 3'in trafik, hücreler arası hareket ve etkinlik değerleri

Hücredeki En Çok Makina Sayısı(CM)	Hücre Sayısı	Hücreler Arası Trafik Değeri	İstisnai Eleman Sayısı	Hücreiçi Operasyon Sayısı	Hücreler Arası Operasyon Sayısı	Grup Teknoloji Etkinliği	Global Etkinlik	Grup Etkinliği
6	3	9,363	100	328	102	64%	76%	66%

Çizelge 5.7 Senaryo 3'de farklı iki kapasite için tezgah yükleri

KK Kodu	Program Kodu	Tanımı/Adı	Tezgah Yüklü (%)
			CM=6 Kap.=35000d/ay
32301	1	Sigma Mission 3P Dik CNC Freze	99%
32302	2	Sigma Mission 5 Dik CNC Freze	99%
32303	3	Sigma Ek110-50 Dik CNC Freze	99%
32304	4	Sigma Ek110-50 Dik CNC Freze	99%
33301	5	Matrix Churchill Yatay CNC Torna	64%
33302	6	Index GFG250 Yatay CNC Torna	92%
33304	7	Index GS100 Yatay CNC Torna	37%
33307	8	Emco Compact Torna	15%
33308	9	Vigor Dik CNC Torna	12%
33309	10	Mazak Integrex CNC Torna-Freze	63%
33401	11	Enshu VMC40 Dik CNC Freze	95%
33402	12	Enshu VMC40 Dik CNC Freze	99%
33403	13	Enshu DT Center Dik CNC Freze	92%
33405	14	Walther Titreşimli Çapak Alma	20%
33408	15	Cardinal Dik Broş Tezgahı	45%
33413	16	Quantum Yatay CNC Freze	64%
33415	17	Varinelli Dik Broş Tezgahı	35%
335	18	Kimyasal Kaplama	83%
33419	19	Yeni Dik İşleme Merkezi 1	99%
33420	20	Yeni Dik İşleme Merkezi 2	100%

5.3.3.4 Senaryo 4

Elde edilen çözüm her ne kadar kabul edilebilir olarak görünse de elde edilen etkinlikler tatmin edici değildir. Ayrıca pekçok tezgahın limitlerine yakın yüklenmesi de istenilen bir durum değildir. Ayrıca elde edilen yerleşimden CM=6 değerinin sistem için uygun olmadığı da görülebilmektedir. Bütün bu gerçekler gözönüne alınarak KK4 adlı yeni bir rotalama yapılmış ve bu rotalama bilgisayar programı yardımıyla çözülerek CM'in 4 ve 5 değerleri için aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 5.8 Senaryo 4'in trafik, hücreler arası hareket ve etkinlik değerleri

Hücredeki En Çok Makina Sayısı(CM)	Hücre Sayısı	Hücreler Arası Trafik Değeri	İstisnai Eleman Sayısı	Hücreiçi Operasyon Sayısı	Hücreler Arası Operasyon Sayısı	Grup Teknoloji Etkinliği	Global Etkinlik	Grup Etkinliği
4	6	5,695	87	210	79	%80	%71	%78
5	5	5,494	66	233	76	%81	%78	%74

Çizelge 5.9 Senaryo 4'de tezgah yükleri

KK Kodu	Program Kodu	Tanımı/Adı	Tezgah Yüklü (%)
			CM=4 Kap.=35000d/ay
32301	1	Sigma Mission 3P Dik CNC Freze	%37
32302	2	Sigma Mission 5 Dik CNC Freze	%99
32303	3	Sigma Ek110-50 Dik CNC Freze	%100
32304	4	Sigma Ek110-50 Dik CNC Freze	%99
33301	5	Matrix Churchill Yatay CNC Torna	%28
33302	6	Index GFG250 Yatay CNC Torna	%100
33304	7	Index GS100 Yatay CNC Torna	%53
33307	8	Emco Compact Torna	%4
33308	9	Vigor Dik CNC Torna	%35
33309	10	Mazak Integrex CNC Torna-Freze	%50
33401	11	Enshu VMC40 Dik CNC Freze	%58
33402	12	Enshu VMC40 Dik CNC Freze	%74
33403	13	Enshu DT Center Dik CNC Freze	%78
33405	14	Walther Titreşimli Çapak Alma	%27
33408	15	Cardinal Dik Broş Tezgahı	%13
33413	16	Quantum Yatay CNC Freze	%99
33415	17	Varinelli Dik Broş Tezgahı	%25
335	18	Kimyasal Kaplama	%73
33419	19	Yeni Dik İşleme Merkezi 1	%94
33420	20	Yeni Dik İşleme Merkezi 2	%32
33421	21	Yeni Titreşimli Çapak Alma	%6

Elde edilen trafik,etkinlik değerleri ve tezgah yükleri kabul edilebilir görülmektedir. Bu sonuçlara göre hücreler izelge 5.10'daki gibi oluşmaktadı. Yine bu yerleşime ait detay bazında yerleşim Ek 3'te ve tezgah yükleri ve rotalar Ek 5'te görülebilir.

Çizelge 5.10 Elde edilen nihai tezgah gruplaması ve hücreler

Hücre No	İş Merkezleri			
1	16	18	15	
2	6	7	8	9
3	5	10		
4	11	12	21	13
5	1	20	17	4
6	14	19	2	3

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Grup teknolojisinin bir uygulaması olan hücresel üretim yaklaşımı mevcut üretim sisteminin belli parça gruplarının yine belli tezgah gruplarında üretilmesine izin verecek şekilde yeniden organize edilmesini amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda öncelikle mevcut parçalar sınıflanarak kodlanmalıdır. Bu sınıflama şekilsel benzerlik ve proses benzerliklerinin beraberce gözönüne alınması ile gerçekleştirilebilir. Bütün bu çabanın amacı üretim maliyetini düşürmek, üretim kontrolünü basitleştirmek ve esnek, kendini değişikliğe uyarlama gücü yüksek bir üretim sistemi oluşturmaktır.

Hücresel üretim uygulamasının ilk adımı makina hücrelerinin ve parça ailelerinin belirlenmesidir. Fakat kümelenendirme algoritmalarının kümelenendirme ölçütlerinin ve performans ölçütlerinin çokluğu uygun bir kümelenendirme yöntemini seçmeyi ve sonucu belirlemeyi güçleştirmektedir. Bu nedenle kümelenendirme yöntemi seçilmeden önce üretim sisteminin özellikleri tam olarak belirlenip bunlara göre seçim yapılmalıdır.

Bu çalışmada ele alınan tezgahların birçoğunun birbirinin alternatifi olması, alternatif rotaları dikkate alan bir kümelenendirme yönteminin seçilmesine neden olmuştur. Çalışmayı yapan kişi olarak üretim sistemi hakkında detaylı bilgiye sahip olunması verilerin sağlıklı ve doğru şekilde toplanmasını sağlanmıştır. Seçilen yöntemi temel alan bilgisayar programı yardımıyla hazırlanan matrisler çözümlenerek kapasite kısıtlarını da göz önüne alan optimum bir yerleşim belirlenmiştir.

Üretim sisteminin değiştirilmesi ve yeniden düzenlenmesi buna bağlı tüm sistemlerin ve fonksiyonların yeniden yapılanmasını gerektirecektir. Fonksiyonel yerleşimden hücresel yerleşime geçmek ürün tasarımını, takım ve düzenek tasarımını ve mühendislik faaliyetlerini, üretim planlama ve kontrolünü, envanter ve kontrolünü, satınalmayı, kalite kontrol ve muayeneyi, iş görenlerin ve yöneticilerin tümünü etkileyecek ve entegre bir sistem haline getirecektir. Böyle bir değişimin ise bir gecede gerçekleşmesini beklemek hayalcilik olur. Dolayısıyla bu süreç bir üretim sisteminden diğere uzun vadeli bir geçiş olarak görülmelidir.

Tüm atölye yada fabrika bir seferde ve anında aileler üzerine çalışan bir yapıya dönüştürülemeyeceği kesindir. Bu yüzden sistem önceleri bir süre için karma bir yapıya sahipken zamanla birbirine bağlı hücrelerden oluşan yapıya doğru gelişmesi beklenmelidir. Bu durum da muhtemel çizelgeleme problemlerine yolaçabilir. Fakat fonksiyonel yerleşim

yada yaklaşımla yapılan faaliyetler azaltıldıkça tüm sistem daha verimli ve etkin hale gelecektir.

Bu çalışmada Kalekalıp bünyesinde farklı atölyelerde mevcut tezgahların Fabrika Akış Analizi yaklaşımıyla tek bir çatı altında toplanmasını ve aralarındaki ilişkilerin belirlenmesini konu almıştı. Yapılan çalışmalar sonucunda eldeki 18 tezgahın üzerine 3 adet yeni tezgah yatırımı gerektiği tesbit edilmiştir. Elde edilen yerleşimin hayata geçirilebilmesi için bu yatırımlar şarttır.

Uygulama konusunda programın görsel ve işlevsel daha da geliştirilmesi mümkündür. Ama bu oldukça yüksek bir programlama bilgisi gerektirmektedir.

Bu yerleşimin uygulanmasıyla firma, başlıcaları üretim kontrolünün artması, parçaların üretim alanında kalma süresinin ve gezinme mesafelerinin azalması, maliyetlerin azalması, tezgahların ve işgörenlerin çok fonksiyonlu hale gelmesi, iş akışının olabildiğince kesiksiz hale gelmesi gibi pek çok fayda elde edecektir. Sonuç olarak hücreli yaklaşımın uygulamaya alınmasıyla tüm üretim sisteminin ve firmanın etkinliği artırılmış olacaktır.

KAYNAKLAR

Altunterim, B., (1993), Bir Kalıp Üretimi Sisteminde Alternatif Rota Esaslı Grup Teknolojisi Uygulaması, YTÜ FBE Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Burbidge, J.L.,(1975), The Introduction of Group Technology, William Heinemann Ltd., London.

Burbidge, J.L. ,(1989), Production Flow Analysis for Planning Group Technology, Oxford Science Publications, Oxford.

Burbidge, J.L. ,(1991), "Production Flow Analysis for Planning Group Technology", Journal of Manufacturing Systems, 12(5),428-9.

Gallegher C.C., (1973), W.A.Knight, Group Technology, Butterworth and Co., London.

Chandrasekaran M.P., Rajagopalan R.,(1986a), "An extension of rank order clustering of group technology" International Journal of Production Research, 24(5), 1221-33.

Charles, S.Snead, (1989), Group Technology- Foundation for Competetitive Engineering, MacMillian Publishing Co., USA.

Chu, C.H. ve Tsai M.,(1990), "A comparison of three array based clustering techniques for manufacturing cell formation". International Journal of Production Research, 28(8), 1471-33.

DeGarmo, E.P., Black J.T., Kosher R. A.,(1988), Material and Processes in Manufacturing, MacMillian Publishing Co., USA.

Durmuoğlu, B.,(1999) Grup Teknolojisi ve Esnek Üretim Sistemleri Ders Notları, İTÜ.

Garcia, H., Proth J.M.,(1986), "A new cross-decomposition algorithm, the GPM. Comparison with the bond energy method" Control and Cybernetics, 15(2),155-164.

Groover, M. P.,(1996), Fundamentals of Modern Manufacturing, Materials, Processes and Systems, Prentice-Hall International Co., London.

Han, C., Ham I. ,(1986), "Multi objective clustering analysis for part family formation", Journal of Manufacturing Systems, 5(4), 223-30.

Hyer, N.L., Wemmerlov U.,(1989) "Group technology in US manufacturing industry:a survey of current practices", International Journal of Production Research, 27(8), 1278-304.

Iri, M.,(1968), On the synthesis of loop and cutset matrices and the related problems. SAAG Memoirs, 4(A-XIII), 376.

Kalpajian, S., (1989), Manufacturing Engineering and Technology, Addison Wesley Publishing Co., USA.

King, J.R., (1980a), "Machine-component grouping in production flow analysis: a rank order clustering algorithm" International Journal of Production Research, 18(2), 213-32.

- King, J.R., (1980b), "Machine-component group formation" OMEGA, 8(2), 193-9.
- King, J.R., Nakornchai V. ,(1982), "Machine-component group formation in group technology: review and extension" International Journal of Production Research, 20(2), 117-33.
- Kusiak, A. ,(1983) "Part families selection model for flexible manufacturing systems", in Proceedings of the Annual Industrial Engineering Conference, Louisville, pp.575-80.
- Kusiak, A. ve Chow, W.S. ,(1987), "Efficient solving of group technology problem. Journal of Manufacturing Systems", 10(4), 332-43.
- McCormick, W.T, Schwiter P.J, White T.W ,(1972), "Problem decomposition and data reorganization by a clustering technique", Operations Research, 20(5), 993-1009.
- Nagi, R., Harhalakis G., Proth J.M. ,(1990a), "Multiple Routeing and Capacity Considerations in Group Technology Applications", International Journal of Production Research, 28(12), 2243-57.
- Nagi R. ,Harhalakis G., Hilger R, Proth J.M. ,(1990b), "The density approach: a tool for the design of manufacturing cells and part families". Journal of Applied Stochastic Models and Data Analysis, July 1990.
- Nyman, Lee R.,(1992), Making Manufacturing Cells Work, McGraw Hill Book Co., International Ed.
- Ranson, G.M, (1972), Group Technology, McGraw Hill Book Co.,USA.
- Schey, A.J., (1987), Introduction to Manufacturing Processes, Int. Edition, McGraw Hill Book Co., USA.
- Singh, N., Rajamani, D., (1996), Cellular Manufacturing Systems, Chapman&Hall, London.

EKLER

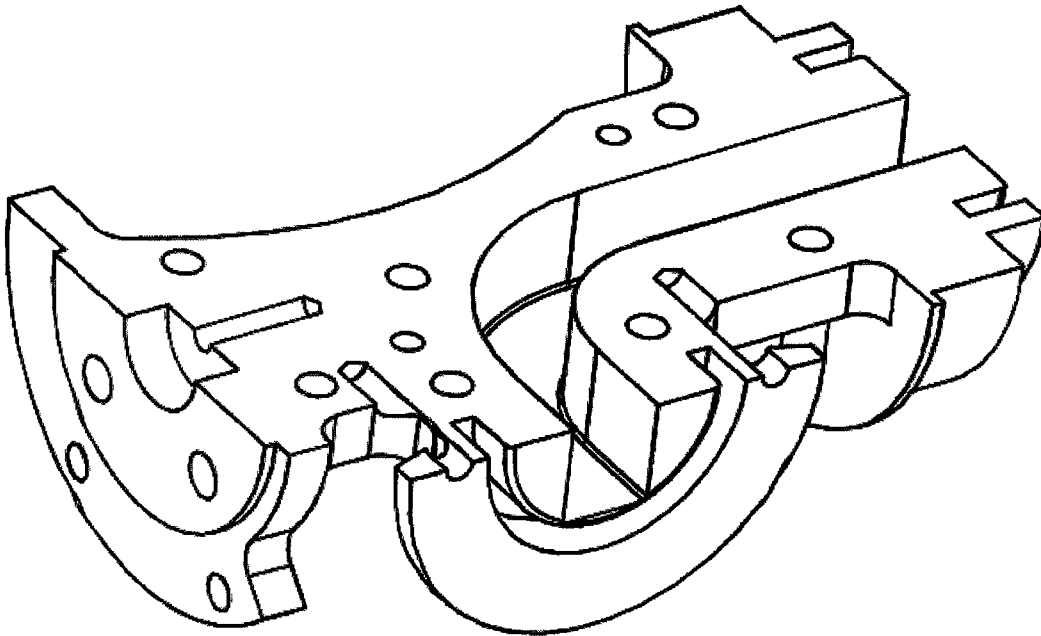
- Ek 1 Üretilcek Parçalardan Bazı Örnekler
- Ek 2 Modüler Parça Bağlama Sistemlerine Örnekler
- Ek 3 Parça, Makina ve Rota Bilgileri
- Ek 4 Trafik Programı
- Ek 5 Mevcut ve Önerilen Yerleşim



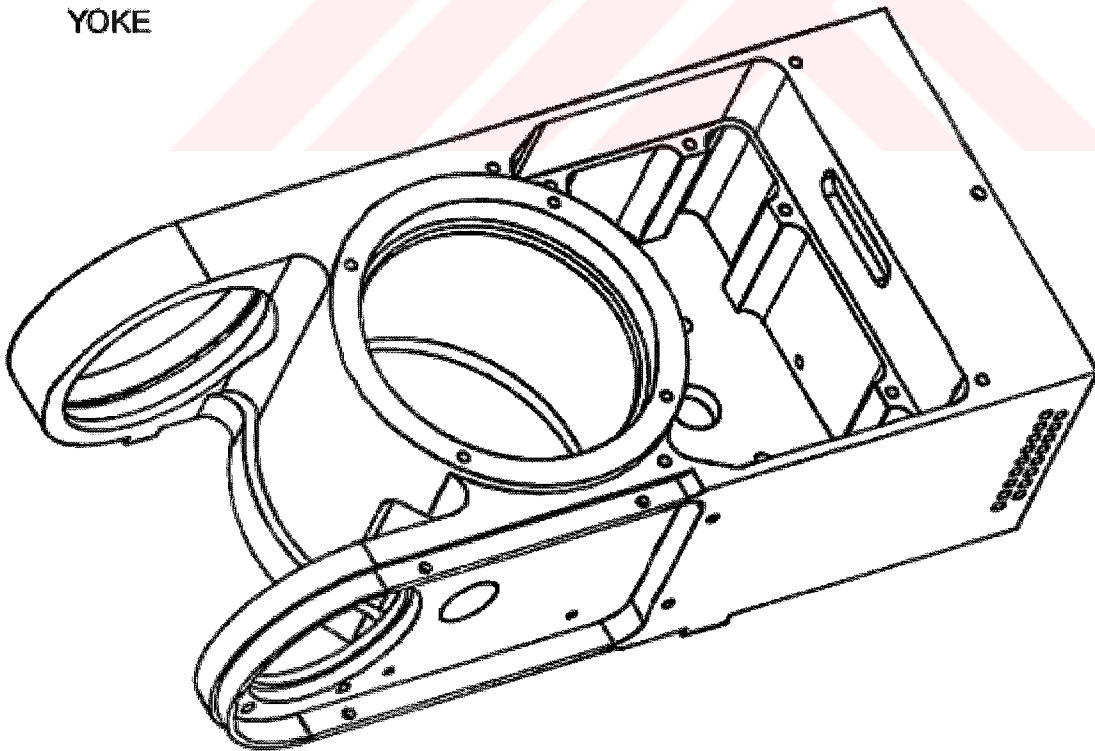
EK 1

ÜRETİLECEK PARÇALARDAN BAZI ÖRNEKLER

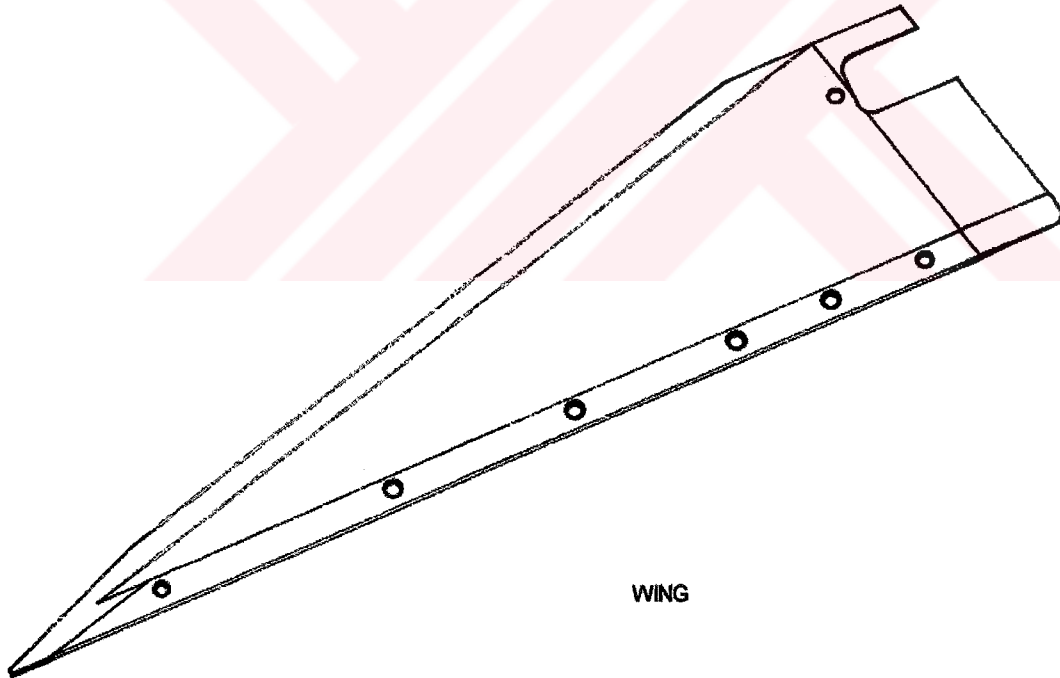
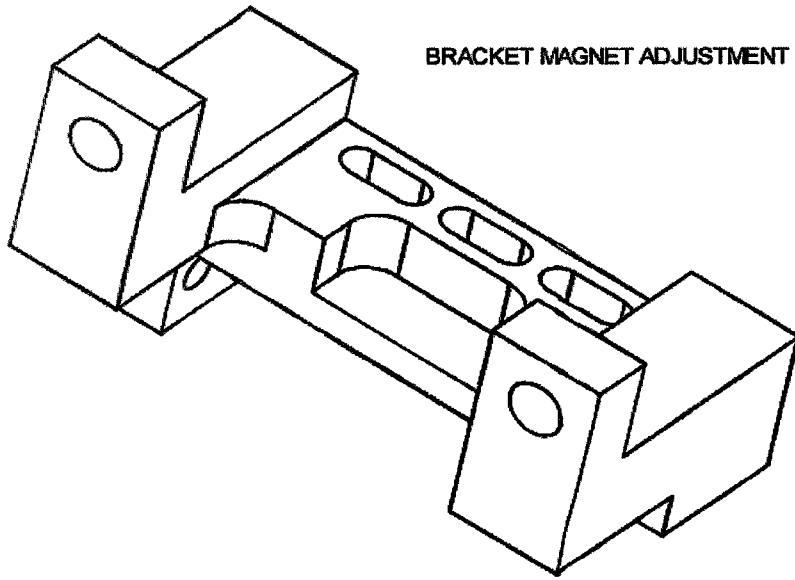
ROTOR ELEVATION



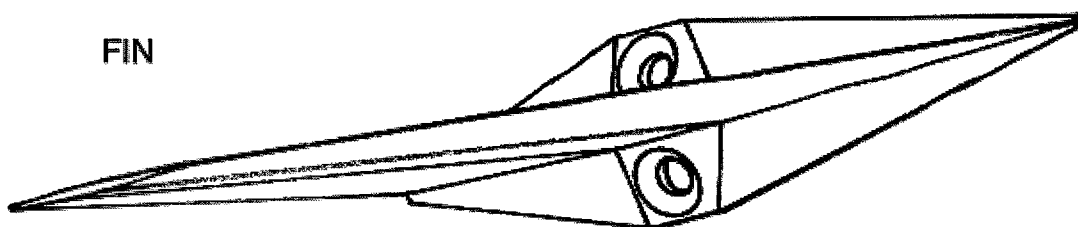
YOKE



BRACKET MAGNET ADJUSTMENT

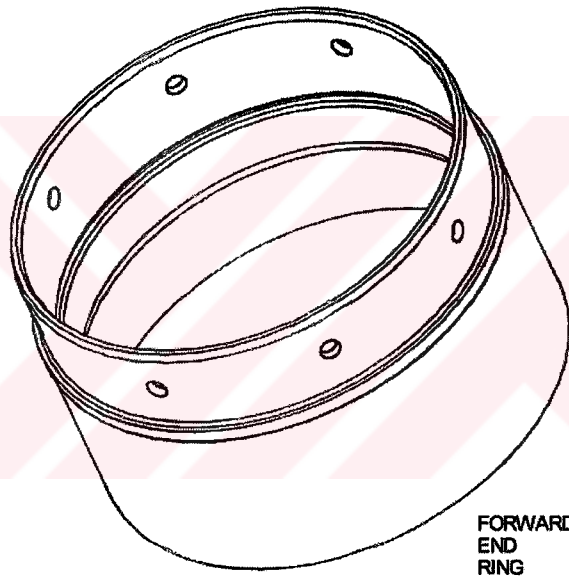
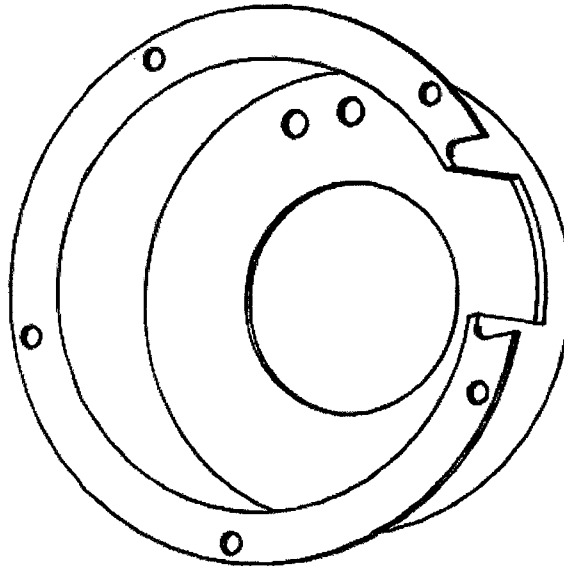
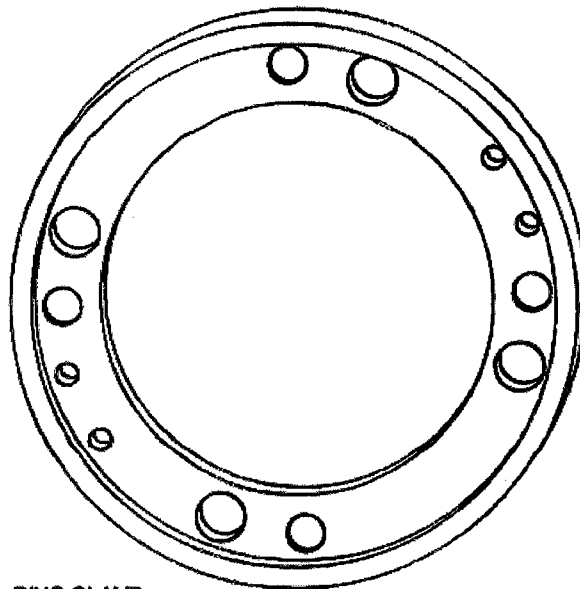


WING

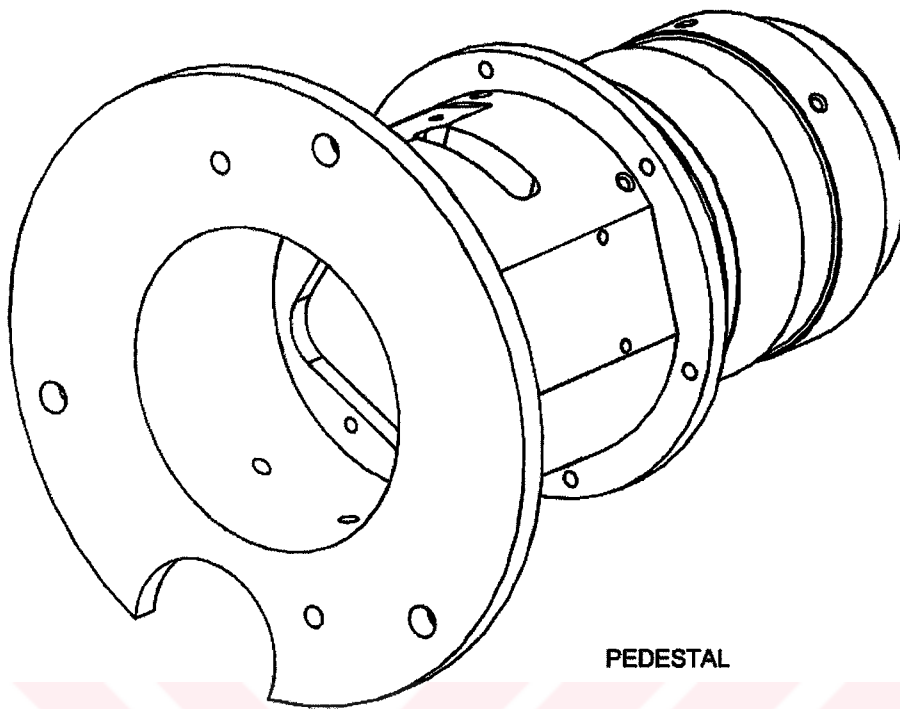


FIN

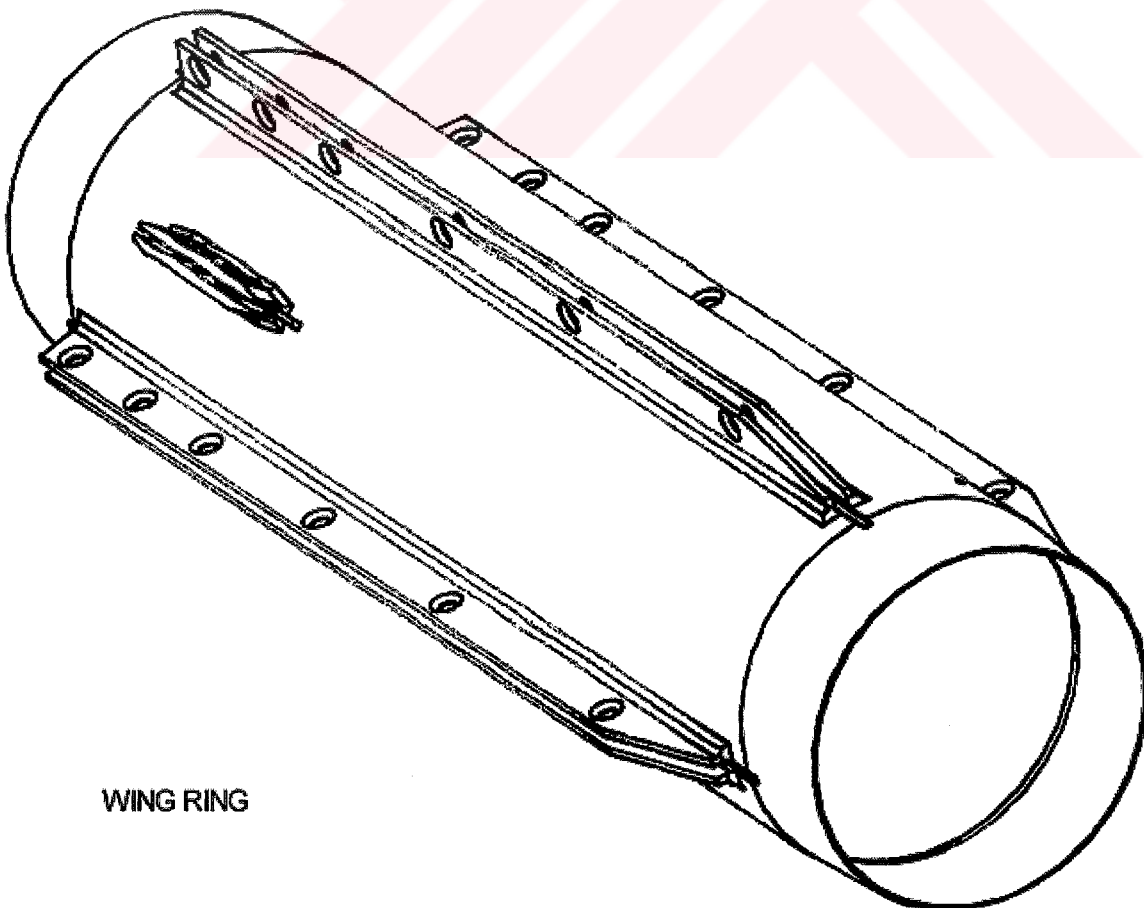
COVER SLIP RING

FORWARD
END
RING

RING CLAMP

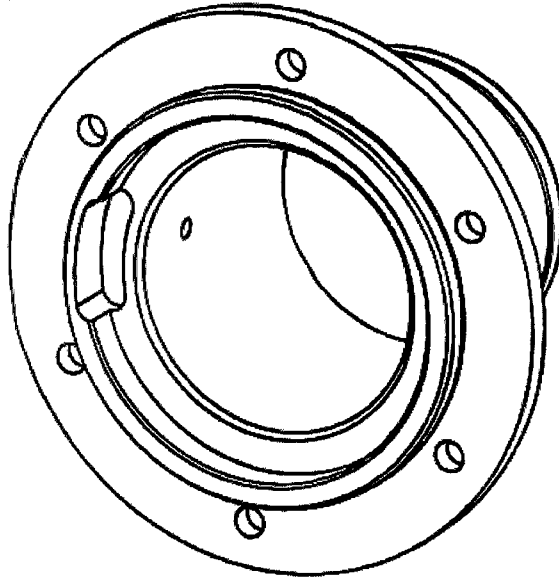


PEDESTAL

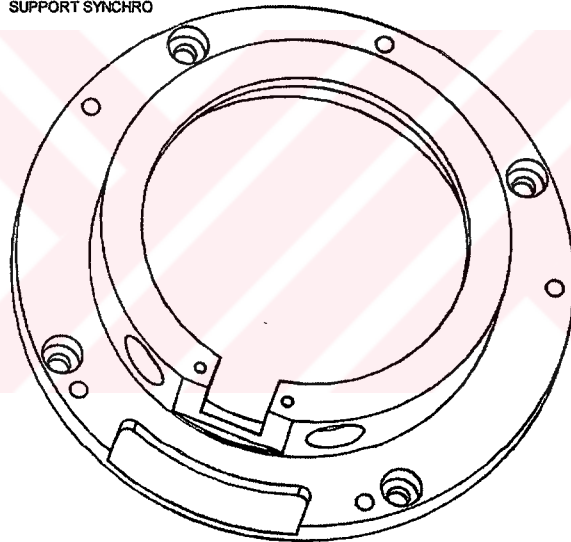
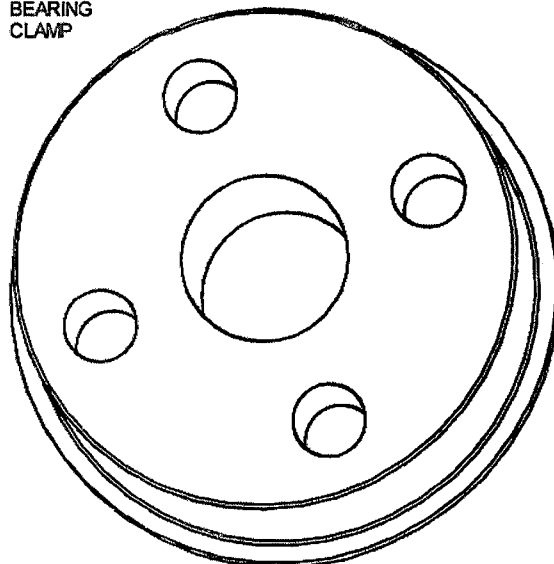


WING RING

SUPPORT SLIPRING

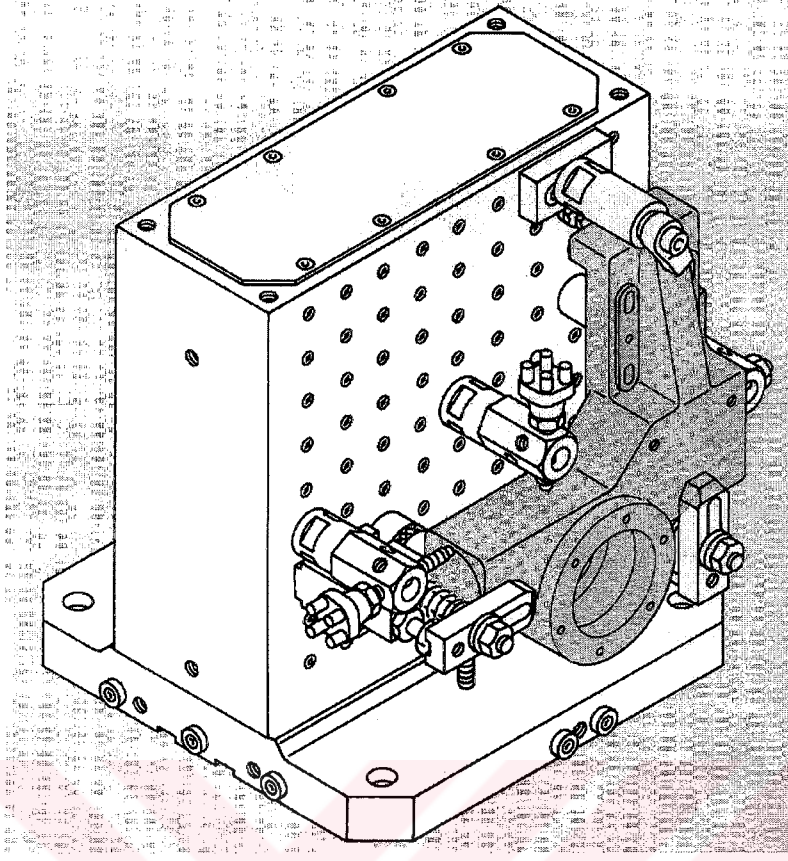


SUPPORT SYNCHRO

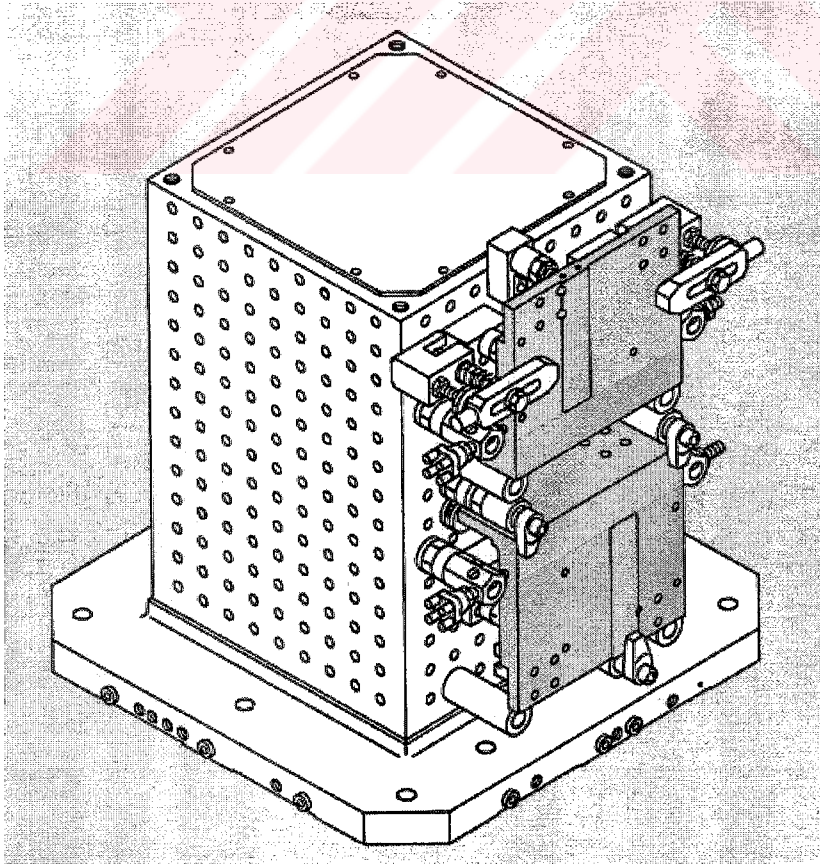
BEARING
CLAMP

EK 2

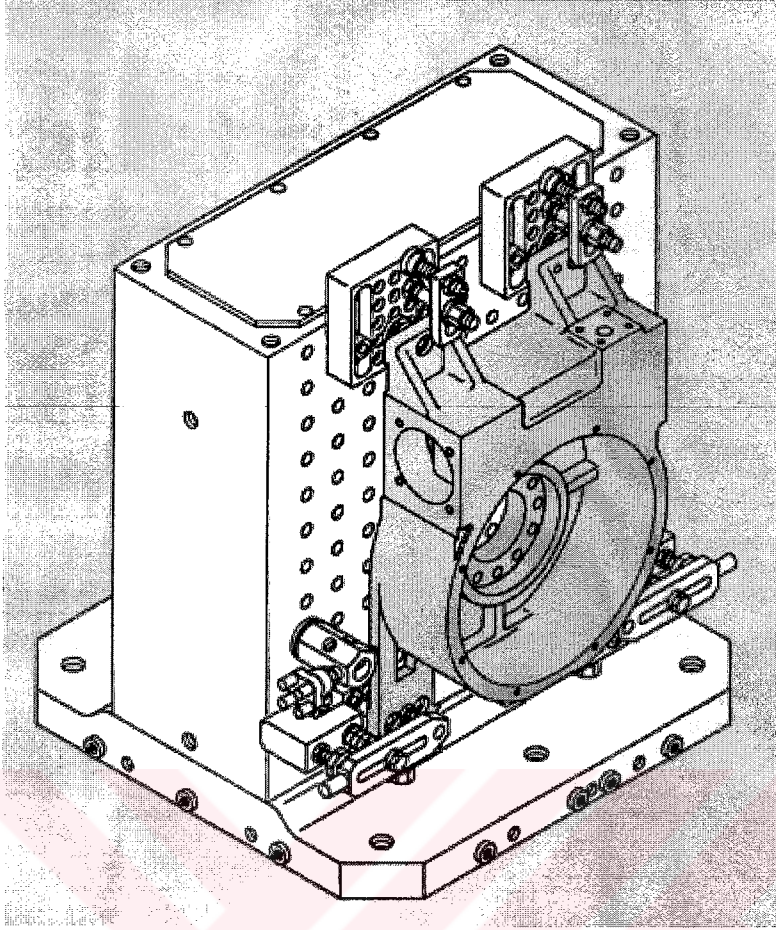
MODÜLER PARÇA BAĞLAMA SİSTEMLERİNE ÖRNEKLER



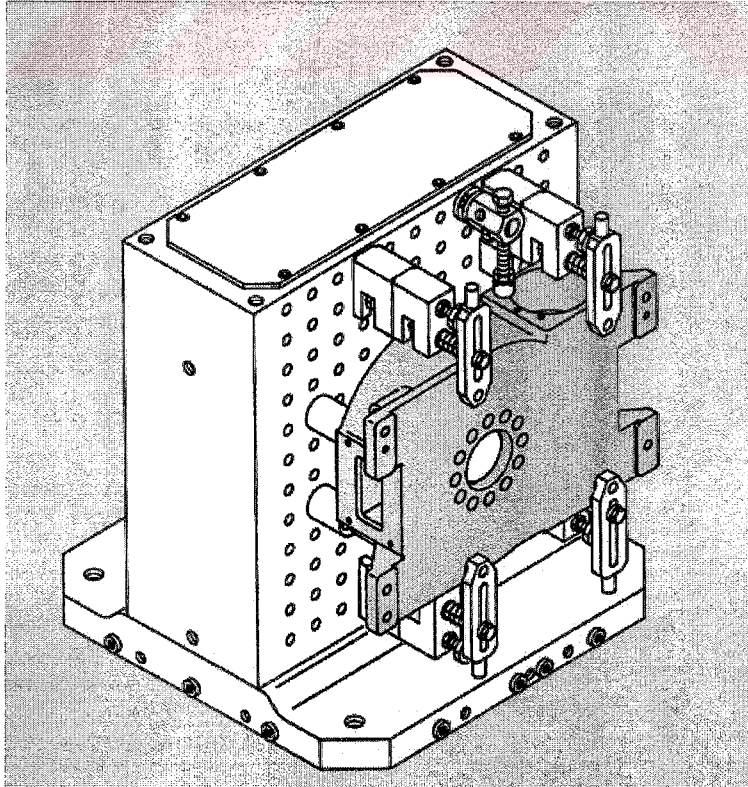
Modüler bağlama ile alın işleme ve delik delme



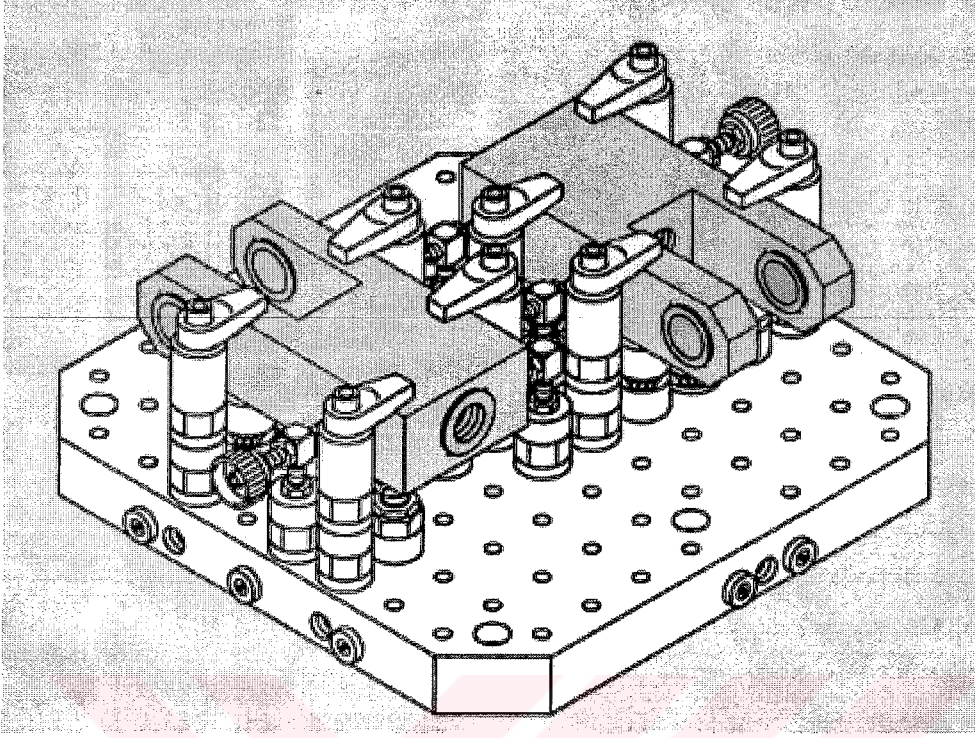
Modüler bağlamada çoklu bağlama ile yüzey frezeleme



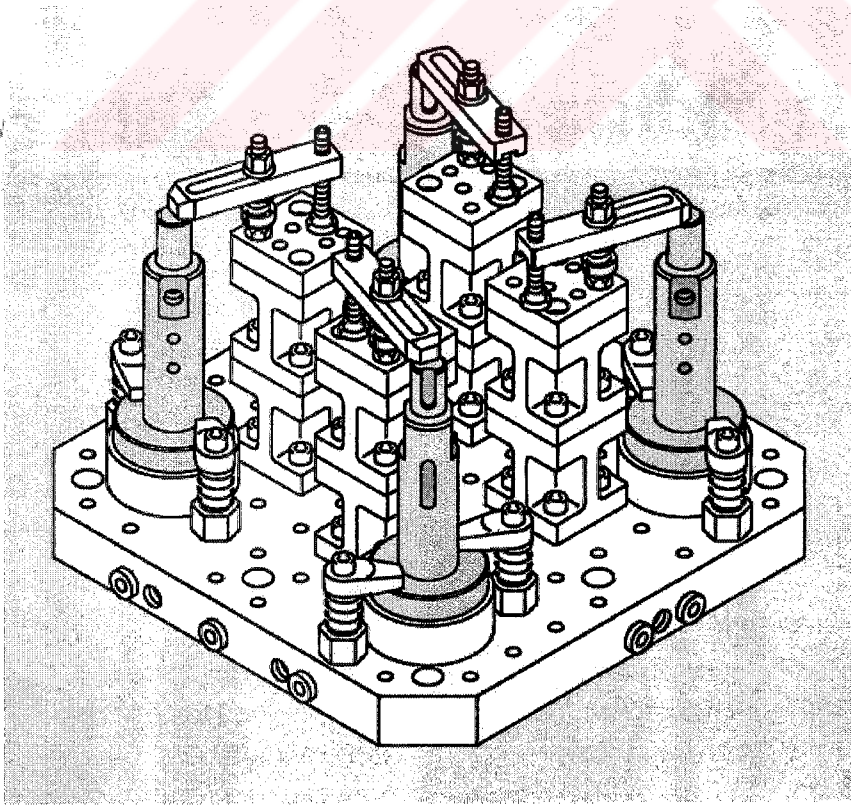
Modüler bağlama ile alın işleme ve delik delme



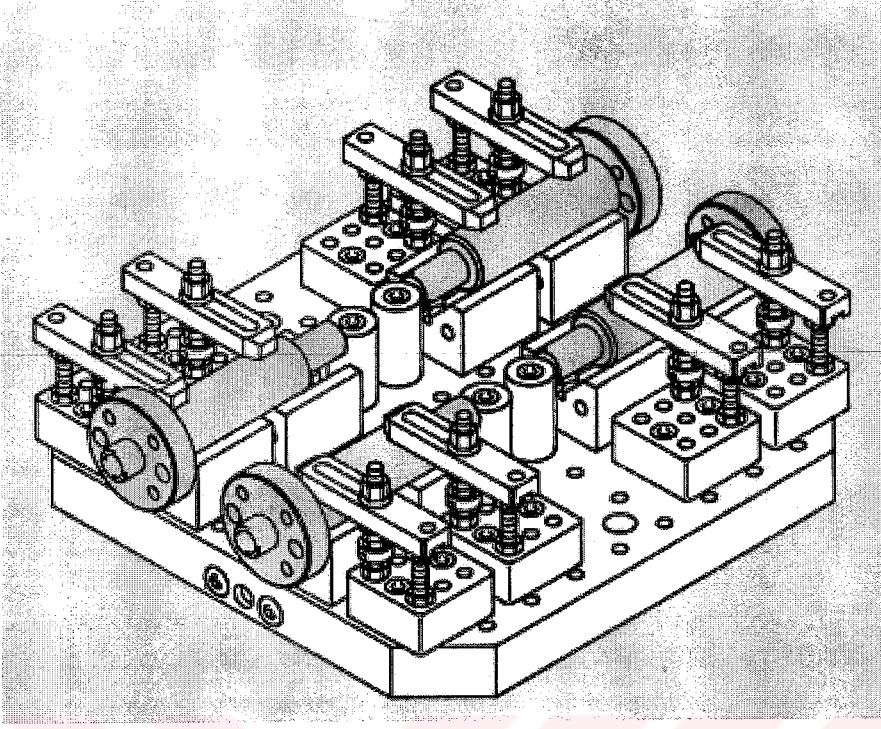
Modüler bağlama ile alın işleme ve delik delme



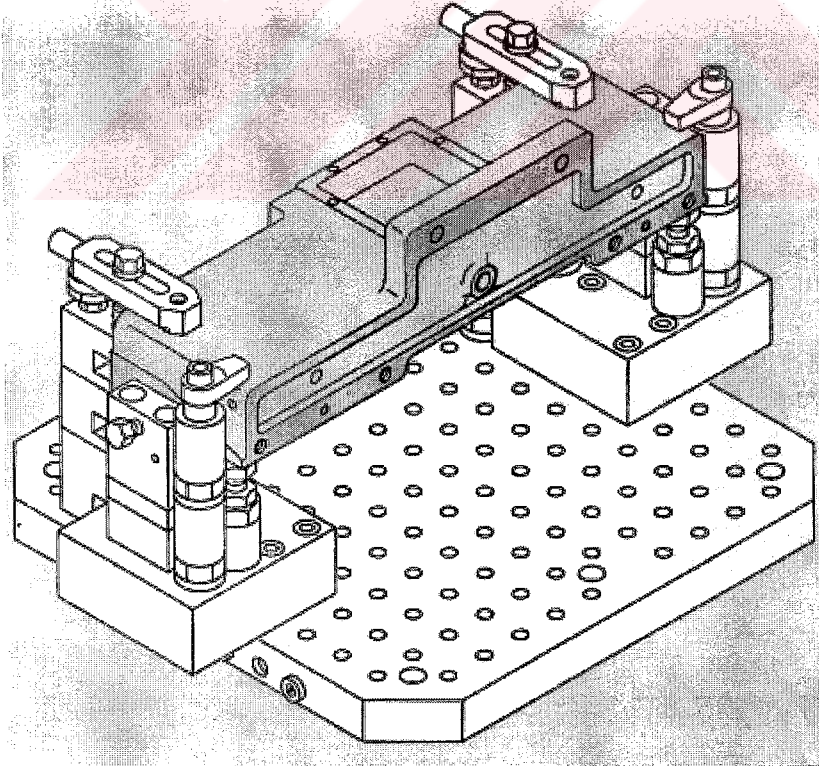
Modüler bağlamada çoklu bağlama ile delik işleme



Modüler bağlamada çoklu bağlama ile kanal işleme



Modüler bağlamada çoklu bağlama ile delik delme



Modüler bağlamada yüzey işleme

EK 3

PARÇA, MAKİNA ve ROTA BİLGİLERİ

Parça ve Makina Bilgileri-KK1 Rotalaması

Parça No	Referans			Makina Kodu								
		Firma/Proje	Tanımı	Oper.1	Oper.2	Oper.3	Oper.4	Oper.5	Oper.6	Oper.7	Oper.8	Oper.9
1	1	Roketsan/Mızrak	Kanat Halkası	5	7	0	0	0	0	0	0	0
1	2	Roketsan/Mızrak	Kanat Halkası	6	7	0	0	0	0	0	0	0
1	3	Roketsan/Mızrak	Kanat Halkası	5	6	0	0	0	0	0	0	0
2	4	Roketsan/Mızrak	Nozul Yuvası Ön	2	1	11	12	17	0	0	0	0
2	5	Roketsan/Mızrak	Nozul Yuvası Ön	3	1	11	12	17	0	0	0	0
2	6	Roketsan/Mızrak	Nozul Yuvası Ön	4	1	11	12	17	0	0	0	0
3	7	Roketsan/Mızrak	Kanatçık	2	3	11	0	0	0	0	0	0
3	8	Roketsan/Mızrak	Kanatçık	3	2	12	0	0	0	0	0	0
3	9	Roketsan/Mızrak	Kanatçık	15	11	0	0	0	0	0	0	0
4	10	TEI/Inconel Parçaları	M80	9	0	0	0	0	0	0	0	0
4	11	TEI/Inconel Parçaları	M80	6	0	0	0	0	0	0	0	0
5	12	TEI/Inconel Parçaları	M40	9	0	0	0	0	0	0	0	0
5	13	TEI/Inconel Parçaları	M40	6	0	0	0	0	0	0	0	0
6	14	LFK/Stinger	Ring Outer After	12	14	18	0	0	0	0	0	0
6	15	LFK/Stinger	Ring Outer After	1	14	18	0	0	0	0	0	0
7	16	LFK/Stinger	Nut After Cover	6	7	18	0	0	0	0	0	0
7	17	LFK/Stinger	Nut After Cover	5	6	18	0	0	0	0	0	0
8	18	LFK/Stinger	Cover	11	14	18	0	0	0	0	0	0
8	19	LFK/Stinger	Cover	12	14	18	0	0	0	0	0	0
9	20	LFK/Stinger	Ring Inner	11	14	18	0	0	0	0	0	0
9	21	LFK/Stinger	Ring Inner	12	14	18	0	0	0	0	0	0
10	22	LFK/Stinger	Bumper Sector	12	14	0	0	0	0	0	0	0
10	23	LFK/Stinger	Bumper Sector	13	14	0	0	0	0	0	0	0
11	24	LFK/Stinger	Ring Outer After	11	13	14	18	0	0	0	0	0
11	25	LFK/Stinger	Ring Outer After	12	13	14	18	0	0	0	0	0
12	26	LFK/Stinger	Nut Coupling	5	6	7	12	18	0	0	0	0
12	27	LFK/Stinger	Nut Coupling	7	6	5	13	18	0	0	0	0
13	28	LFK/Stinger	Retainer	5	6	8	18	0	0	0	0	0
13	29	LFK/Stinger	Retainer	5	7	8	18	0	0	0	0	0
14	30	LFK/Stinger	Ring Load	5	6	8	18	0	0	0	0	0
14	31	LFK/Stinger	Ring Load	5	7	8	18	0	0	0	0	0
15	32	LFK/Stinger	Body	5	6	7	11	12	13	14	15	18
15	33	LFK/Stinger	Body	7	5	6	13	11	12	14	15	18
16	34	LFK/Stinger	Fin	11	12	13	14	15	18	0	0	0
16	35	LFK/Stinger	Fin	13	11	12	14	15	18	0	0	0
17	36	LFK/Stinger	Header	6	18	0	0	0	0	0	0	0
18	37	LFK/Stinger	Ballast	7	18	0	0	0	0	0	0	0
19	38	BGT/Stinger	Ring Coupling	6	7	11	18	0	0	0	0	0
19	39	BGT/Stinger	Ring Coupling	5	7	12	18	0	0	0	0	0
20	40	BGT/Stinger	Housing Shell	6	7	18	0	0	0	0	0	0
20	41	BGT/Stinger	Housing Shell	7	6	18	0	0	0	0	0	0
21	42	Lockheed Martin/ATACMS	Bracket Ballast	12	18	0	0	0	0	0	0	0
21	43	Lockheed Martin/ATACMS	Bracket Ballast	13	18	0	0	0	0	0	0	0
22	44	Lockheed Martin/ATACMS	Rail 1	11	12	0	0	0	0	0	0	0
22	45	Lockheed Martin/ATACMS	Rail 1	12	13	0	0	0	0	0	0	0
23	46	Lockheed Martin/ATACMS	Rail 2	11	12	0	0	0	0	0	0	0
23	47	Lockheed Martin/ATACMS	Rail 2	12	13	0	0	0	0	0	0	0
24	48	Lockheed Martin/ATACMS	Pin	5	6	12	0	0	0	0	0	0
24	49	Lockheed Martin/ATACMS	Pin	6	7	13	0	0	0	0	0	0
25	50	Lockheed Martin/ATACMS	Rail Bottom 1	11	14	0	0	0	0	0	0	0
26	51	Lockheed Martin/ATACMS	Rail Bottom 2	11	14	0	0	0	0	0	0	0
27	52	Lockheed Martin/ATACMS	Sidewall	11	12	0	0	0	0	0	0	0
27	53	Lockheed Martin/ATACMS	Sidewall	12	13	0	0	0	0	0	0	0
28	54	Lockheed Martin/ATACMS	Base	11	12	0	0	0	0	0	0	0
28	55	Lockheed Martin/ATACMS	Base	12	13	0	0	0	0	0	0	0
29	56	Lockheed Martin/ATACMS	Cover	12	13	11	0	0	0	0	0	0
29	57	Lockheed Martin/ATACMS	Cover	11	13	12	0	0	0	0	0	0
30	58	Lockheed Martin/ATACMS	Pin Retaining	5	11	18	0	0	0	0	0	0
30	59	Lockheed Martin/ATACMS	Pin Retaining	6	12	18	0	0	0	0	0	0
31	60	Lockheed Martin/ATACMS	Bracket Angle Pn.M.1	11	18	0	0	0	0	0	0	0
32	61	Lockheed Martin/ATACMS	Bracket Angle Pn.M.2	11	18	0	0	0	0	0	0	0
33	62	Lockheed Martin/ATACMS	Bracket Angle Pn.M.3	11	18	0	0	0	0	0	0	0
34	63	Lockheed Martin/ATACMS	Bracket Angle Fr.In.Pn.M.1	12	18	0	0	0	0	0	0	0
35	64	Lockheed Martin/ATACMS	Bracket Angle Fr.In.Pn.M.2	12	18	0	0	0	0	0	0	0
36	65	Lockheed Martin/ATACMS	Bracket Angle Fr.Out.Pn.M.1	13	18	0	0	0	0	0	0	0
37	66	Lockheed Martin/ATACMS	Guide Plate Door Strain RI.	11	12	14	18	0	0	0	0	0
37	67	Lockheed Martin/ATACMS	Guide Plate Door Strain RI.	12	13	14	18	0	0	0	0	0
38	68	Lockheed Martin/ATACMS	Guide Plate Cable Strain RI.	11	12	14	18	0	0	0	0	0
38	69	Lockheed Martin/ATACMS	Guide Plate Cable Strain RI.	12	13	14	18	0	0	0	0	0
39	70	Lockheed Martin/ATACMS	Brace Top 1	12	13	0	0	0	0	0	0	0

Parça ve Makina Bilgileri-KK1 Rotalaması

Parça No	Referans	Firma/Proje	Tanımı	Makina Kodu								
				Oper.1	Oper.2	Oper.3	Oper.4	Oper.5	Oper.6	Oper.7	Oper.8	Oper.9
40	71	Lockheed Martin/ATACMS	Bruce Top 2	12	13	0	0	0	0	0	0	0
41	72	Matra Bae/Rapier	Fin-Control Surface	11	12	13	14	18	0	0	0	0
41	73	Matra Bae/Rapier	Fin-Control Surface	11	16	14	18	0	0	0	0	0
42	74	Matra Bae/Rapier	Centerbody	6	3	4	7	18	0	0	0	0
42	75	Matra Bae/Rapier	Centerbody	5	10	4	18	0	0	0	0	0
43	76	Matra Bae/Rapier	Bracket Lower	5	10	18	0	0	0	0	0	0
43	77	Matra Bae/Rapier	Bracket Lower	6	10	18	0	0	0	0	0	0
44	78	Matra Bae/Rapier	Bracket Upper	5	10	18	0	0	0	0	0	0
44	79	Matra Bae/Rapier	Bracket Upper	6	10	18	0	0	0	0	0	0
45	80	Matra Bae/Rapier	Aft End Ring	5	6	7	18	6	0	0	0	0
45	81	Matra Bae/Rapier	Aft End Ring	5	10	6	18	10	0	0	0	0
46	82	Matra Bae/Rapier	Forward End Ring	5	6	7	18	6	0	0	0	0
46	83	Matra Bae/Rapier	Forward End Ring	5	10	6	18	10	0	0	0	0
47	84	Matra Bae/Rapier	Wing	4	16	18	0	0	0	0	0	0
48	85	Matra Bae/Rapier	Screw Machined	6	18	0	0	0	0	0	0	0
49	86	Matra Bae/Rapier	Nut Sleeve	6	18	0	0	0	0	0	0	0
50	87	Matra Bae/Rapier	Aftbody Tubeshell	5	10	4	18	0	0	0	0	0
50	88	Matra Bae/Rapier	Aftbody Tubeshell	6	10	4	18	0	0	0	0	0
51	89	Matra Bae/Rapier	Plate Machined	7	18	0	0	0	0	0	0	0
52	90	Matra Bae/Rapier	Tail Guided Missile	6	13	18	0	0	0	0	0	0
52	91	Matra Bae/Rapier	Tail Guided Missile	10	18	0	0	0	0	0	0	0
53	92	Matra Bae/Rapier	Launching Shoe	5	18	0	0	0	0	0	0	0
54	93	Matra Bae/Rapier	Wingring	5	4	5	0	0	0	0	0	0
54	94	Matra Bae/Rapier	Wingring	5	10	0	0	0	0	0	0	0
55	95	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Interface Cable	12	13	18	0	0	0	0	0	0
56	96	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Interface Board	13	11	18	0	0	0	0	0	0
57	97	Allied Signal/ADU DA-1503	Plate Adjustment	12	13	18	0	0	0	0	0	0
58	98	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Control Board	13	11	18	0	0	0	0	0	0
59	99	Allied Signal/ADU DA-1503	Mounting Magnet Bracket	11	12	18	0	0	0	0	0	0
60	100	Allied Signal/ADU DA-1503	Bracket Mounting Adjustment	13	12	11	18	0	0	0	0	0
61	101	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Yoke	11	12	13	18	0	0	0	0	0
61	102	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Yoke	16	18	0	0	0	0	0	0	0
62	103	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Sensor	13	11	18	0	0	0	0	0	0
63	104	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Gearbox	11	12	13	18	0	0	0	0	0
64	105	Allied Signal/ADU DA-1503	Sensor Shield	12	13	18	0	0	0	0	0	0
65	106	Allied Signal/ADU DA-1503	Heatsink Control Board	13	11	18	0	0	0	0	0	0
66	107	Allied Signal/ADU DA-1503	Bracket Waveguide	11	12	18	0	0	0	0	0	0
67	108	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Cable Inside	12	13	18	0	0	0	0	0	0
68	109	Allied Signal/ADU DA-1503	Retaining Clamp	13	11	18	0	0	0	0	0	0
69	110	Allied Signal/ADU DA-1503	Bracket Sensor Cable	11	12	18	0	0	0	0	0	0
70	111	Allied Signal/ADU DA-1503	Yoke	1	16	18	0	0	0	0	0	0
71	112	Allied Signal/ADU DA-1503	Yoke Kapak	16	18	0	0	0	0	0	0	0
72	113	Allied Signal/ADU DA-1503	Rotor Elevation	1	16	18	0	0	0	0	0	0
73	114	Allied Signal/ADU DA-1503	Pedestal	5	6	11	18	0	0	0	0	0
73	115	Allied Signal/ADU DA-1503	Pedestal	5	10	18	0	0	0	0	0	0
74	116	Allied Signal/ADU DA-1503	Housing Interface Board	1	16	18	0	0	0	0	0	0
75	117	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Slip Ring	5	6	11	18	0	0	0	0	0
75	118	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Slip Ring	5	10	18	0	0	0	0	0	0
76	119	Allied Signal/ADU DA-1503	Support Slip Ring	5	6	11	18	0	0	0	0	0
76	120	Allied Signal/ADU DA-1503	Support Slip Ring	5	10	18	0	0	0	0	0	0
77	121	Allied Signal/ADU DA-1503	Support Brush	5	6	11	18	0	0	0	0	0
77	122	Allied Signal/ADU DA-1503	Support Brush	5	10	18	0	0	0	0	0	0
78	123	Allied Signal/ADU DA-1503	Support Syncro	5	6	11	18	0	0	0	0	0
78	124	Allied Signal/ADU DA-1503	Support Syncro	5	10	18	0	0	0	0	0	0
79	125	Allied Signal/ADU DA-1503	Spacer Bearing	5	6	18	0	0	0	0	0	0
80	126	Allied Signal/ADU DA-1503	Stop Elevation	6	11	18	0	0	0	0	0	0
81	127	Allied Signal/ADU DA-1503	Adapter Syncro	7	11	18	0	0	0	0	0	0
82	128	Allied Signal/ADU DA-1503	Housing Gear Elevation	11	16	18	0	0	0	0	0	0
82	129	Allied Signal/ADU DA-1503	Housing Gear Elevation	12	16	18	0	0	0	0	0	0
83	130	Allied Signal/ADU DA-1503	Housing Gear Elevation Kapak	11	16	18	0	0	0	0	0	0
84	131	Allied Signal/ADU DA-1503	Screw Magnet	5	18	0	0	0	0	0	0	0
85	132	Allied Signal/ADU DA-1503	Screw Adjustment	5	18	0	0	0	0	0	0	0
86	133	Allied Signal/ADU DA-1503	Magnet Insert	5	18	0	0	0	0	0	0	0
87	134	Allied Signal/ADU DA-1503	Bearing Clamp	7	18	0	0	0	0	0	0	0
88	135	Allied Signal/ADU DA-1503	Syncro Pin	5	18	0	0	0	0	0	0	0
89	136	Allied Signal/ADU DA-1503	Clamp Ring	7	18	0	0	0	0	0	0	0
90	137	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Azimuth Gear Right	5	16	18	0	0	0	0	0	0
91	138	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Azimuth Gear Left	5	16	18	0	0	0	0	0	0

Parça ve Makina Bilgileri-KK4 Rotalaması

Parça No	Referans			Makina Kodu								
		Firma/Proje	Tanımı	Oper.1	Oper.2	Oper.3	Oper.4	Oper.5	Oper.6	Oper.7	Oper.8	Oper.9
1	1	Roketsan/Mızrak	Kanat Halkası	5	7	8	0	0	0	0	0	0
1	2	Roketsan/Mızrak	Kanat Halkası	6	7	8	0	0	0	0	0	0
1	3	Roketsan/Mızrak	Kanat Halkası	5	6	8	0	0	0	0	0	0
2	4	Roketsan/Mızrak	Nozul Yuvası Ön	2	1	4	20	17	0	0	0	0
2	5	Roketsan/Mızrak	Nozul Yuvası Ön	3	2	19	20	17	0	0	0	0
2	6	Roketsan/Mızrak	Nozul Yuvası Ön	4	1	20	1	17	0	0	0	0
3	7	Roketsan/Mızrak	Kanatçık	2	3	19	14	0	0	0	0	0
3	8	Roketsan/Mızrak	Kanatçık	3	2	19	14	0	0	0	0	0
3	9	Roketsan/Mızrak	Kanatçık	15	16	14	0	0	0	0	0	0
4	10	TEI/Inconel Parçaları	M80	9	6	0	0	0	0	0	0	0
4	11	TEI/Inconel Parçaları	M80	6	9	0	0	0	0	0	0	0
5	12	TEI/Inconel Parçaları	M40	9	6	0	0	0	0	0	0	0
5	13	TEI/Inconel Parçaları	M40	6	9	0	0	0	0	0	0	0
6	14	LFK/Stinger	Ring Outer After	12	21	18	0	0	0	0	0	0
6	15	LFK/Stinger	Ring Outer After	11	21	18	0	0	0	0	0	0
7	16	LFK/Stinger	Nut After Cover	6	7	8	18	0	0	0	0	0
7	17	LFK/Stinger	Nut After Cover	7	6	8	18	0	0	0	0	0
8	18	LFK/Stinger	Cover	11	21	18	0	0	0	0	0	0
8	19	LFK/Stinger	Cover	12	21	18	0	0	0	0	0	0
9	20	LFK/Stinger	Ring Inner	11	21	18	0	0	0	0	0	0
9	21	LFK/Stinger	Ring Inner	12	21	18	0	0	0	0	0	0
10	22	LFK/Stinger	Bumper Sector	12	21	0	0	0	0	0	0	0
10	23	LFK/Stinger	Bumper Sector	13	21	0	0	0	0	0	0	0
11	24	LFK/Stinger	Ring Outer After	11	13	21	18	0	0	0	0	0
11	25	LFK/Stinger	Ring Outer After	12	13	21	18	0	0	0	0	0
12	26	LFK/Stinger	Nut Coupling	5	6	7	10	8	18	0	0	0
12	27	LFK/Stinger	Nut Coupling	7	6	5	10	8	18	0	0	0
13	28	LFK/Stinger	Retainer	5	6	8	18	0	0	0	0	0
13	29	LFK/Stinger	Retainer	5	7	8	18	0	0	0	0	0
14	30	LFK/Stinger	Ring Load	5	6	8	18	0	0	0	0	0
14	31	LFK/Stinger	Ring Load	5	7	8	18	0	0	0	0	0
15	32	LFK/Stinger	Body	5	6	7	11	12	13	21	15	18
15	33	LFK/Stinger	Body	7	5	6	13	11	12	21	15	18
16	34	LFK/Stinger	Fin	11	12	13	21	15	18	0	0	0
16	35	LFK/Stinger	Fin	13	11	12	21	15	18	0	0	0
17	36	LFK/Stinger	Header	7	8	18	0	0	0	0	0	0
18	37	LFK/Stinger	Ballast	7	8	18	0	0	0	0	0	0
19	38	BGT/Stinger	Ring Coupling	6	7	16	18	0	0	0	0	0
19	39	BGT/Stinger	Ring Coupling	5	7	16	18	0	0	0	0	0
20	40	BGT/Stinger	Housing Shell	6	7	18	0	0	0	0	0	0
20	41	BGT/Stinger	Housing Shell	7	6	18	0	0	0	0	0	0
21	42	Lockheed Martin/ATACMS	Bracket Ballast	4	18	0	0	0	0	0	0	0
21	43	Lockheed Martin/ATACMS	Bracket Ballast	16	18	0	0	0	0	0	0	0
22	44	Lockheed Martin/ATACMS	Rail 1	11	13	21	0	0	0	0	0	0
22	45	Lockheed Martin/ATACMS	Rail 1	12	11	21	0	0	0	0	0	0
23	46	Lockheed Martin/ATACMS	Rail 2	1	4	0	0	0	0	0	0	0
23	47	Lockheed Martin/ATACMS	Rail 2	19	2	0	0	0	0	0	0	0
24	48	Lockheed Martin/ATACMS	Pin	5	6	1	0	0	0	0	0	0
24	49	Lockheed Martin/ATACMS	Pin	6	7	1	0	0	0	0	0	0
25	50	Lockheed Martin/ATACMS	Rail Bottom 1	19	14	0	0	0	0	0	0	0
26	51	Lockheed Martin/ATACMS	Rail Bottom 2	2	14	0	0	0	0	0	0	0
27	52	Lockheed Martin/ATACMS	Sidewall	11	12	0	0	0	0	0	0	0
27	53	Lockheed Martin/ATACMS	Sidewall	1	20	0	0	0	0	0	0	0
28	54	Lockheed Martin/ATACMS	Base	11	12	0	0	0	0	0	0	0
28	55	Lockheed Martin/ATACMS	Base	12	13	0	0	0	0	0	0	0
29	56	Lockheed Martin/ATACMS	Cover	12	13	11	0	0	0	0	0	0
29	57	Lockheed Martin/ATACMS	Cover	11	13	12	0	0	0	0	0	0
30	58	Lockheed Martin/ATACMS	Pin Retaining	5	16	18	0	0	0	0	0	0
30	59	Lockheed Martin/ATACMS	Pin Retaining	6	12	18	0	0	0	0	0	0
31	60	Lockheed Martin/ATACMS	Bracket Angle Pn.M.1	16	18	0	0	0	0	0	0	0
32	61	Lockheed Martin/ATACMS	Bracket Angle Pn.M.2	4	18	0	0	0	0	0	0	0
33	62	Lockheed Martin/ATACMS	Bracket Angle Pn.M.3	3	18	0	0	0	0	0	0	0
34	63	Lockheed Martin/ATACMS	Bracket Angle Fr.In.Pn.M.1	16	18	0	0	0	0	0	0	0
35	64	Lockheed Martin/ATACMS	Bracket Angle Fr.In.Pn.M.2	3	18	0	0	0	0	0	0	0
36	65	Lockheed Martin/ATACMS	Bracket Angle Fr.Out.Pn.M.1	13	18	0	0	0	0	0	0	0
37	66	Lockheed Martin/ATACMS	Guide Plate Door Strain RI.	19	2	14	18	0	0	0	0	0
37	67	Lockheed Martin/ATACMS	Guide Plate Door Strain RI.	2	3	14	18	0	0	0	0	0
38	68	Lockheed Martin/ATACMS	Guide Plate Cable Strain RI.	19	2	14	18	0	0	0	0	0
38	69	Lockheed Martin/ATACMS	Guide Plate Cable Strain RI.	2	3	14	18	0	0	0	0	0
39	70	Lockheed Martin/ATACMS	Brace Top 1	3	2	0	0	0	0	0	0	0
40	71	Lockheed Martin/ATACMS	Brace Top 2	20	1	0	0	0	0	0	0	0
41	72	Matra Bae/Rapier	Fin-Control Surface	1	4	20	18	0	0	0	0	0

Parça ve Makina Bilgileri-KK4 Rotalaması

Parça No	Referans	Makina Kodu										
		Firma/Proje	Tanımı	Oper.1	Oper.2	Oper.3	Oper.4	Oper.5	Oper.6	Oper.7	Oper.8	Oper.9
41	73	Matra Bae/Rapier	Fin-Control Surface	2	3	14	18	0	0	0	0	0
42	74	Matra Bae/Rapier	Centerbody	6	3	2	7	18	0	0	0	0
42	75	Matra Bae/Rapier	Centerbody	5	10	16	18	0	0	0	0	0
43	76	Matra Bae/Rapier	Bracket Lower	5	10	16	0	0	0	0	0	0
43	77	Matra Bae/Rapier	Bracket Lower	10	16	18	0	0	0	0	0	0
44	78	Matra Bae/Rapier	Bracket Upper	5	10	18	0	0	0	0	0	0
44	79	Matra Bae/Rapier	Bracket Upper	10	16	18	0	0	0	0	0	0
45	80	Matra Bae/Rapier	Aft End Ring	5	6	7	8	18	0	0	0	0
45	81	Matra Bae/Rapier	Aft End Ring	5	10	6	8	18	0	0	0	0
46	82	Matra Bae/Rapier	Forward End Ring	5	6	7	18	0	0	0	0	0
46	83	Matra Bae/Rapier	Forward End Ring	5	10	16	18	0	0	0	0	0
47	84	Matra Bae/Rapier	Wing	2	3	18	0	0	0	0	0	0
48	85	Matra Bae/Rapier	Screw Machined	16	18	0	0	0	0	0	0	0
49	86	Matra Bae/Rapier	Nut Sleeve	16	18	0	0	0	0	0	0	0
50	87	Matra Bae/Rapier	Aftbody Tubeshell	5	10	16	18	0	0	0	0	0
50	88	Matra Bae/Rapier	Aftbody Tubeshell	6	10	16	18	0	0	0	0	0
51	89	Matra Bae/Rapier	Plate Machined	7	18	0	0	0	0	0	0	0
52	90	Matra Bae/Rapier	Tail Guided Missile	6	16	18	0	0	0	0	0	0
52	91	Matra Bae/Rapier	Tail Guided Missile	10	18	0	0	0	0	0	0	0
53	92	Matra Bae/Rapier	Launching Shoe	16	18	0	0	0	0	0	0	0
54	93	Matra Bae/Rapier	Wingring	5	19	14	0	0	0	0	0	0
54	94	Matra Bae/Rapier	Wingring	7	2	14	0	0	0	0	0	0
55	95	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Interface Cable	12	13	18	0	0	0	0	0	0
56	96	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Interface Board	1	20	18	0	0	0	0	0	0
57	97	Allied Signal/ADU DA-1503	Plate Adjustment	12	13	18	0	0	0	0	0	0
58	98	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Control Board	2	19	18	0	0	0	0	0	0
59	99	Allied Signal/ADU DA-1503	Mounting Magnet Bracket	12	13	18	0	0	0	0	0	0
60	100	Allied Signal/ADU DA-1503	Bracket Mounting Adjustment	13	12	11	18	0	0	0	0	0
61	101	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Yoke	11	12	13	18	0	0	0	0	0
61	102	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Yoke	16	18	0	0	0	0	0	0	0
62	103	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Sensor	13	12	18	0	0	0	0	0	0
63	104	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Gearbox	11	12	13	18	0	0	0	0	0
64	105	Allied Signal/ADU DA-1503	Sensor Shield	12	13	18	0	0	0	0	0	0
65	106	Allied Signal/ADU DA-1503	Heatsink Control Board	2	19	18	0	0	0	0	0	0
66	107	Allied Signal/ADU DA-1503	Bracket Waveguide	13	12	18	0	0	0	0	0	0
67	108	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Cable Inside	11	13	18	0	0	0	0	0	0
68	109	Allied Signal/ADU DA-1503	Retaining Clamp	13	12	18	0	0	0	0	0	0
69	110	Allied Signal/ADU DA-1503	Bracket Sensor Cable	11	12	18	0	0	0	0	0	0
70	111	Allied Signal/ADU DA-1503	Yoke	1	16	18	0	0	0	0	0	0
71	112	Allied Signal/ADU DA-1503	Yoke Kapak	16	18	0	0	0	0	0	0	0
72	113	Allied Signal/ADU DA-1503	Rotor Elevation	2	16	18	0	0	0	0	0	0
73	114	Allied Signal/ADU DA-1503	Pedestal	5	6	16	18	0	0	0	0	0
73	115	Allied Signal/ADU DA-1503	Pedestal	5	10	18	0	0	0	0	0	0
74	116	Allied Signal/ADU DA-1503	Housing Interface Board	1	16	18	0	0	0	0	0	0
75	117	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Slip Ring	6	7	16	18	0	0	0	0	0
75	118	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Slip Ring	5	10	18	0	0	0	0	0	0
76	119	Allied Signal/ADU DA-1503	Support Slip Ring	5	10	16	18	0	0	0	0	0
76	120	Allied Signal/ADU DA-1503	Support Slip Ring	5	10	18	0	0	0	0	0	0
77	121	Allied Signal/ADU DA-1503	Support Brush	5	10	16	18	0	0	0	0	0
77	122	Allied Signal/ADU DA-1503	Support Brush	5	10	18	0	0	0	0	0	0
78	123	Allied Signal/ADU DA-1503	Support Syncro	6	7	16	18	0	0	0	0	0
78	124	Allied Signal/ADU DA-1503	Support Syncro	5	10	18	0	0	0	0	0	0
79	125	Allied Signal/ADU DA-1503	Spacer Bearing	7	6	18	0	0	0	0	0	0
80	126	Allied Signal/ADU DA-1503	Stop Elevation	6	16	18	0	0	0	0	0	0
81	127	Allied Signal/ADU DA-1503	Adapter Syncro	7	16	18	0	0	0	0	0	0
82	128	Allied Signal/ADU DA-1503	Housing Gear Elevation	19	16	18	0	0	0	0	0	0
82	129	Allied Signal/ADU DA-1503	Housing Gear Elevation	12	16	18	0	0	0	0	0	0
83	130	Allied Signal/ADU DA-1503	Housing Gear Elevation Kapak	19	16	18	0	0	0	0	0	0
84	131	Allied Signal/ADU DA-1503	Screw Magnet	6	8	18	0	0	0	0	0	0
85	132	Allied Signal/ADU DA-1503	Screw Adjustment	6	8	18	0	0	0	0	0	0
86	133	Allied Signal/ADU DA-1503	Magnet Insert	7	8	18	0	0	0	0	0	0
87	134	Allied Signal/ADU DA-1503	Bearing Clamp	7	8	18	0	0	0	0	0	0
88	135	Allied Signal/ADU DA-1503	Syncro Pin	7	8	18	0	0	0	0	0	0
89	136	Allied Signal/ADU DA-1503	Clamp Ring	7	8	18	0	0	0	0	0	0
90	137	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Azimuth Gear Right	7	16	18	0	0	0	0	0	0
91	138	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Azimuth Gear Left	7	16	18	0	0	0	0	0	0

Parça ve Makina Bilgileri-İşlem Süreleri-KK4

Parça No	Referans			Operasyon Süreleri(dak)								
		Firma/Proje	Tanımı	Oper.1	Oper.2	Oper.3	Oper.4	Oper.5	Oper.6	Oper.7	Oper.8	Oper.9
1	1	Roketsan/Mızrak	Kanat Halkası	6	3	0	0	0	0	0	0	0
1	2	Roketsan/Mızrak	Kanat Halkası	6	3	0	0	0	0	0	0	0
1	3	Roketsan/Mızrak	Kanat Halkası	6	3	0	0	0	0	0	0	0
2	4	Roketsan/Mızrak	Nozul Yuvası Ön	81	5	20	20	15	0	0	0	0
2	5	Roketsan/Mızrak	Nozul Yuvası Ön	83	5	20	20	20	0	0	0	0
2	6	Roketsan/Mızrak	Nozul Yuvası Ön	85	5	20	20	20	0	0	0	0
3	7	Roketsan/Mızrak	Kanatçık	11	5	9	2	0	0	0	0	0
3	8	Roketsan/Mızrak	Kanatçık	11	4	8	2	0	0	0	0	0
3	9	Roketsan/Mızrak	Kanatçık	12	6	2	0	0	0	0	0	0
4	10	TEI/Inconel Parçaları	M80	150	245	0	0	0	0	0	0	0
4	11	TEI/Inconel Parçaları	M80	275	145	0	0	0	0	0	0	0
5	12	TEI/Inconel Parçaları	M40	175	264	0	0	0	0	0	0	0
5	13	TEI/Inconel Parçaları	M40	286	164	0	0	0	0	0	0	0
6	14	LFK/Stinger	Ring Outer After	5	2	3	0	0	0	0	0	0
6	15	LFK/Stinger	Ring Outer After	4	2	3	0	0	0	0	0	0
7	16	LFK/Stinger	Nut After Cover	19	6	2	3	0	0	0	0	0
7	17	LFK/Stinger	Nut After Cover	19	6	2	3	0	0	0	0	0
8	18	LFK/Stinger	Cover	4	2	6	0	0	0	0	0	0
8	19	LFK/Stinger	Cover	4	2	6	0	0	0	0	0	0
9	20	LFK/Stinger	Ring Inner	3	2	7	0	0	0	0	0	0
9	21	LFK/Stinger	Ring Inner	3	2	7	0	0	0	0	0	0
10	22	LFK/Stinger	Bumper Sector	3	2	0	0	0	0	0	0	0
10	23	LFK/Stinger	Bumper Sector	3	2	0	0	0	0	0	0	0
11	24	LFK/Stinger	Ring Outer After	7	6	2	6	0	0	0	0	0
11	25	LFK/Stinger	Ring Outer After	7	6	2	6	0	0	0	0	0
12	26	LFK/Stinger	Nut Coupling	5	9	13	5	3	9	0	0	0
12	27	LFK/Stinger	Nut Coupling	5	9	13	5	3	9	0	0	0
13	28	LFK/Stinger	Retainer	10	3	2	5	0	0	0	0	0
13	29	LFK/Stinger	Retainer	10	3	2	5	0	0	0	0	0
14	30	LFK/Stinger	Ring Load	7	4	3	3	0	0	0	0	0
14	31	LFK/Stinger	Ring Load	7	4	3	3	0	0	0	0	0
15	32	LFK/Stinger	Body	21	11	19	44	73	46	5	11	5
15	33	LFK/Stinger	Body	19	14	18	44	73	46	5	11	5
16	34	LFK/Stinger	Fin	37	17	17	1	7	8	0	0	0
16	35	LFK/Stinger	Fin	36	17	19	1	7	8	0	0	0
17	36	LFK/Stinger	Header	26	3	8	0	0	0	0	0	0
18	37	LFK/Stinger	Ballast	17	2	8	0	0	0	0	0	0
19	38	BGT/Stinger	Ring Coupling	42	4	25	6	0	0	0	0	0
19	39	BGT/Stinger	Ring Coupling	43	4	24	6	0	0	0	0	0
20	40	BGT/Stinger	Housing Shell	42	4	6	0	0	0	0	0	0
20	41	BGT/Stinger	Housing Shell	42	4	6	0	0	0	0	0	0
21	42	Lockheed Martin/ATACMS	Bracket Ballast	51	2	0	0	0	0	0	0	0
21	43	Lockheed Martin/ATACMS	Bracket Ballast	49	2	0	0	0	0	0	0	0
22	44	Lockheed Martin/ATACMS	Rail 1	52	22	3	0	0	0	0	0	0
22	45	Lockheed Martin/ATACMS	Rail 1	49	20	4	0	0	0	0	0	0
23	46	Lockheed Martin/ATACMS	Rail 2	52	22	0	0	0	0	0	0	0
23	47	Lockheed Martin/ATACMS	Rail 2	49	20	0	0	0	0	0	0	0
24	48	Lockheed Martin/ATACMS	Pin	7	4	9	0	0	0	0	0	0
24	49	Lockheed Martin/ATACMS	Pin	7	4	9	0	0	0	0	0	0
25	50	Lockheed Martin/ATACMS	Rail Bottom 1	36	11	0	0	0	0	0	0	0
26	51	Lockheed Martin/ATACMS	Rail Bottom 2	34	12	0	0	0	0	0	0	0
27	52	Lockheed Martin/ATACMS	Sidewall	3	5	0	0	0	0	0	0	0
27	53	Lockheed Martin/ATACMS	Sidewall	3	6	0	0	0	0	0	0	0
28	54	Lockheed Martin/ATACMS	Base	4	10	0	0	0	0	0	0	0
28	55	Lockheed Martin/ATACMS	Base	4	11	0	0	0	0	0	0	0
29	56	Lockheed Martin/ATACMS	Cover	17	3	7	0	0	0	0	0	0
29	57	Lockheed Martin/ATACMS	Cover	17	3	7	0	0	0	0	0	0
30	58	Lockheed Martin/ATACMS	Pin Retaining	5	6	8	0	0	0	0	0	0
30	59	Lockheed Martin/ATACMS	Pin Retaining	5	6	8	0	0	0	0	0	0
31	60	Lockheed Martin/ATACMS	Bracket Angle Pn.M.1	18	2	0	0	0	0	0	0	0
32	61	Lockheed Martin/ATACMS	Bracket Angle Pn.M.2	14	2	0	0	0	0	0	0	0
33	62	Lockheed Martin/ATACMS	Bracket Angle Pn.M.3	11	2	0	0	0	0	0	0	0
34	63	Lockheed Martin/ATACMS	Bracket Angle Fr.In.Pn.M.1	25	2	0	0	0	0	0	0	0
35	64	Lockheed Martin/ATACMS	Bracket Angle Fr.In.Pn.M.2	25	2	0	0	0	0	0	0	0
36	65	Lockheed Martin/ATACMS	Bracket Angle Fr.Out.Pn.M.1	21	2	0	0	0	0	0	0	0
37	66	Lockheed Martin/ATACMS	Guide Plate Door Strain RI.	17	6	3	4	0	0	0	0	0
37	67	Lockheed Martin/ATACMS	Guide Plate Door Strain RI.	17	6	3	4	0	0	0	0	0
38	68	Lockheed Martin/ATACMS	Guide Plate Cable Strain RI.	3	18	3	4	0	0	0	0	0
38	69	Lockheed Martin/ATACMS	Guide Plate Cable Strain RI.	3	18	3	4	0	0	0	0	0
39	70	Lockheed Martin/ATACMS	Brace Top 1	15	11	0	0	0	0	0	0	0
40	71	Lockheed Martin/ATACMS	Brace Top 2	16	11	0	0	0	0	0	0	0

Parça ve Makina Bilgileri-İşlem Süreleri-KK4

Parça No	Referans	Operasyon Süreleri(dak)										
		Firma/Proje	Tanımı	Oper.1	Oper.2	Oper.3	Oper.4	Oper.5	Oper.6	Oper.7	Oper.8	Oper.9
41	72	Matra Bae/Rapier	Fin-Control Surface	15	14	29	6	0	0	0	0	0
41	73	Matra Bae/Rapier	Fin-Control Surface	14	21	11	6	0	0	0	0	0
42	74	Matra Bae/Rapier	Centerbody	10	21	26	14	13	0	0	0	0
42	75	Matra Bae/Rapier	Centerbody	10	31	13	13	0	0	0	0	0
43	76	Matra Bae/Rapier	Bracket Lower	5	7	5	0	0	0	0	0	0
43	77	Matra Bae/Rapier	Bracket Lower	6	7	5	0	0	0	0	0	0
44	78	Matra Bae/Rapier	Bracket Upper	5	7	5	0	0	0	0	0	0
44	79	Matra Bae/Rapier	Bracket Upper	6	7	5	0	0	0	0	0	0
45	80	Matra Bae/Rapier	Aft End Ring	11	16	9	3	11	0	0	0	0
45	81	Matra Bae/Rapier	Aft End Ring	10	18	6	2	11	0	0	0	0
46	82	Matra Bae/Rapier	Forward End Ring	11	17	9	11	0	0	0	0	0
46	83	Matra Bae/Rapier	Forward End Ring	10	20	6	11	0	0	0	0	0
47	84	Matra Bae/Rapier	Wing	10	40	13	0	0	0	0	0	0
48	85	Matra Bae/Rapier	Screw Machined	6	1	0	0	0	0	0	0	0
49	86	Matra Bae/Rapier	Nut Sleeve	6	1	0	0	0	0	0	0	0
50	87	Matra Bae/Rapier	Aftbody Tubeshell	6	31	6	9	0	0	0	0	0
50	88	Matra Bae/Rapier	Aftbody Tubeshell	7	31	6	9	0	0	0	0	0
51	89	Matra Bae/Rapier	Plate Machined	13	6	0	0	0	0	0	0	0
52	90	Matra Bae/Rapier	Tail Guided Missile	30	49	11	0	0	0	0	0	0
52	91	Matra Bae/Rapier	Tail Guided Missile	75	11	0	0	0	0	0	0	0
53	92	Matra Bae/Rapier	Launching Shoe	9	2	0	0	0	0	0	0	0
54	93	Matra Bae/Rapier	Wingring	9	151	29	0	0	0	0	0	0
54	94	Matra Bae/Rapier	Wingring	9	161	0	0	0	0	0	0	0
55	95	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Interface Cable	12	10	8	0	0	0	0	0	0
56	96	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Interface Board	12	7	9	0	0	0	0	0	0
57	97	Allied Signal/ADU DA-1503	Plate Adjustment	10	14	7	0	0	0	0	0	0
58	98	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Control Board	15	9	8	0	0	0	0	0	0
59	99	Allied Signal/ADU DA-1503	Mounting Magnet Bracket	12	11	8	0	0	0	0	0	0
60	100	Allied Signal/ADU DA-1503	Bracket Mounting Adjustment	7	33	17	8	0	0	0	0	0
61	101	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Yoke	68	17	25	10	0	0	0	0	0
61	102	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Yoke	98	10	0	0	0	0	0	0	0
62	103	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Sensor	10	12	8	0	0	0	0	0	0
63	104	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Gearbox	68	20	37	10	0	0	0	0	0
64	105	Allied Signal/ADU DA-1503	Sensor Shield	12	15	7	0	0	0	0	0	0
65	106	Allied Signal/ADU DA-1503	Heatsink Control Board	13	7	7	0	0	0	0	0	0
66	107	Allied Signal/ADU DA-1503	Bracket Waveguide	7	14	7	0	0	0	0	0	0
67	108	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Cable Inside	8	9	7	0	0	0	0	0	0
68	109	Allied Signal/ADU DA-1503	Retaining Clamp	7	6	7	0	0	0	0	0	0
69	110	Allied Signal/ADU DA-1503	Bracket Sensor Cable	5	5	6	0	0	0	0	0	0
70	111	Allied Signal/ADU DA-1503	Yoke	31	605	15	0	0	0	0	0	0
71	112	Allied Signal/ADU DA-1503	Yoke Kapak	36	8	0	0	0	0	0	0	0
72	113	Allied Signal/ADU DA-1503	Rotor Elevation	41	241	15	0	0	0	0	0	0
73	114	Allied Signal/ADU DA-1503	Pedestal	16	176	29	13	0	0	0	0	0
73	115	Allied Signal/ADU DA-1503	Pedestal	16	185	13	0	0	0	0	0	0
74	116	Allied Signal/ADU DA-1503	Housing Interface Board	8	46	8	0	0	0	0	0	0
75	117	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Slip Ring	4	7	7	11	0	0	0	0	0
75	118	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Slip Ring	8	10	11	0	0	0	0	0	0
76	119	Allied Signal/ADU DA-1503	Support Slip Ring	7	31	13	11	0	0	0	0	0
76	120	Allied Signal/ADU DA-1503	Support Slip Ring	7	49	11	0	0	0	0	0	0
77	121	Allied Signal/ADU DA-1503	Support Brush	8	37	11	10	0	0	0	0	0
77	122	Allied Signal/ADU DA-1503	Support Brush	5	53	10	0	0	0	0	0	0
78	123	Allied Signal/ADU DA-1503	Support Syncro	5	25	11	8	0	0	0	0	0
78	124	Allied Signal/ADU DA-1503	Support Syncro	5	35	8	0	0	0	0	0	0
79	125	Allied Signal/ADU DA-1503	Spacer Bearing	13	22	8	0	0	0	0	0	0
80	126	Allied Signal/ADU DA-1503	Stop Elevation	11	15	8	0	0	0	0	0	0
81	127	Allied Signal/ADU DA-1503	Adapter Syncro	9	19	7	0	0	0	0	0	0
82	128	Allied Signal/ADU DA-1503	Housing Gear Elevation	15	63	8	0	0	0	0	0	0
82	129	Allied Signal/ADU DA-1503	Housing Gear Elevation	15	63	8	0	0	0	0	0	0
83	130	Allied Signal/ADU DA-1503	Housing Gear Elevation Kapak	13	13	7	0	0	0	0	0	0
84	131	Allied Signal/ADU DA-1503	Screw Magnet	17	2	7	0	0	0	0	0	0
85	132	Allied Signal/ADU DA-1503	Screw Adjustment	16	2	7	0	0	0	0	0	0
86	133	Allied Signal/ADU DA-1503	Magnet Insert	11	2	7	0	0	0	0	0	0
87	134	Allied Signal/ADU DA-1503	Bearing Clamp	27	2	7	0	0	0	0	0	0
88	135	Allied Signal/ADU DA-1503	Syncro Pin	14	2	7	0	0	0	0	0	0
89	136	Allied Signal/ADU DA-1503	Clamp Ring	34	2	7	0	0	0	0	0	0
90	137	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Azimuth Gear Right	15	35	9	0	0	0	0	0	0
91	138	Allied Signal/ADU DA-1503	Cover Azimuth Gear Left	12	31	9	0	0	0	0	0	0

KK4 ROTALAMASINA AİT TEZGAH GRUPLAMASI VE TEZGAH YÜKLERİ

HÜCRE İŞMERKEZLERİ

1	16	18	15	
2	6	7	8	9
3	5	10		
4	11	12	21	13
5	1	20	17	4
6	14	19	2	3

İŞMERKEZİ YÜK ANALİZİ

Makina No : 1

P 2(R 6): 9200 P 24(R 49): 1800 P 27(R 53): 300 P 40(R 71): 1100 P 56(R 96): 144 P 70(R 111): 372 P 74(R 116): 96

Toplam Yük (dak.) : 13012

Boş kapasite(dak.) : 21988

Kapasite kullanım oranı (%): 37

Makina No : 2

P 2(R 5): 410 P 3(R 7): 8899 P 3(R 8): 3964 P 23(R 47): 2000 P 26(R 51): 3400 P 37(R 66): 600 P 38(R 68): 1800 P 39(R 70): 1650 P 41(R 73): 2856 P 47(R 84): 510 P 54(R 94): 8050 P 58(R 98): 180 P 65(R 106): 156 P 72(R 113): 492

Toplam Yük (dak.) : 34967

Boş kapasite(dak.) : 33

Kapasite kullanım oranı (%): 99

Makina No : 3

P 2(R 5): 6806 P 3(R 7): 4045 P 3(R 8): 10901 P 33(R 62): 2200 P 35(R 64): 2500 P 39(R 70): 2250 P 41(R 73): 4284 P 47(R 84): 2040

Toplam Yük (dak.) : 35026

Boş kapasite(dak.) : -26

Kapasite kullanım oranı (%): 100

Makina No : 4

P 2(R 6): 31280 P 21(R 42): 918 P 32(R 61): 2800

Toplam Yük (dak.) : 34998

Boş kapasite(dak.) : 2

Kapasite kullanım oranı (%): 99

Makina No : 5

P 12(R 27): 1300 P 13(R 29): 1000 P 14(R 31): 700 P 15(R 32): 2100 P 30(R 58): 500 P 42(R 75): 510 P 43(R 76): 255 P 44(R 78): 1020 P 45(R 80): 561 P 46(R 83): 850 P 50(R 87): 306 P 54(R 93): 315 P 73(R 115): 192 P 75(R 118): 96 P 76(R 120): 84 P 77(R 122): 60 P 78(R 124): 60

Toplam Yük (dak.) : 9909

Boş kapasite(dak.) : 25091

Kapasite kullanım oranı (%): 28

Makina No : 6

P 1(R 2): 2700 P 4(R 10): 9800 P 5(R 12): 792 P 5(R 13): 10582 P 7(R 17): 600 P 12(R 27): 900 P 15(R 32): 1100 P 19(R 38): 5040 P 20(R 41): 480 P 24(R 49): 1400 P 45(R 80): 816 P 79(R 125): 264 P 80(R 126): 132 P 84(R 131): 204 P 85(R 132): 192

Toplam Yük (dak.) : 35002

Boş kapasite(dak.) : -2

Kapasite kullanım oranı (%): 100

Makina No : 7

P 1(R 2): 1350 P 7(R 17): 1900 P 12(R 27): 500 P 13(R 29): 300 P 14(R 31): 400 P 15(R 32):
 1900 P 17(R 36): 1820 P 18(R 37): 1190 P 19(R 38): 480 P 20(R 41): 5040 P 24(R 49): 800 P
 45(R 80): 459 P 51(R 89): 663 P 54(R 94): 450 P 79(R 125): 156 P 81(R 127): 108 P 86(R 133):
 132 P 87(R 134): 324 P 88(R 135): 168 P 89(R 136): 408 P 90(R 137): 180 P 91(R 138): 144

Toplam Yk (dak.) : 18872

Boş kapasite(dak.): 16128

Kapasite kullanım oranı (%): 53

Makina No : 8

P 7(R 17): 200 P 12(R 27): 300 P 13(R 29): 200 P 14(R 31): 300 P 17(R 36): 210 P 18(R 37):
 140 P 45(R 80): 153 P 84(R 131): 24 P 85(R 132): 24 P 86(R 133): 24 P 87(R 134): 24 P 88(R
 135): 24 P 89(R 136): 24

Toplam Yk (dak.) : 1647

Boş kapasite(dak.): 33353

Kapasite kullanım oranı (%): 4

Makina No : 9

P 4(R 10): 6000 P 5(R 12): 525 P 5(R 13): 6068

Toplam Yk (dak.) : 12593

Boş kapasite(dak.): 22407

Kapasite kullanım oranı (%): 35

Makina No : 10

P 12(R 27): 500 P 42(R 75): 1581 P 43(R 76): 357 P 44(R 78): 1428 P 46(R 83): 1700 P 50(R
 87): 1581 P 52(R 91): 6375 P 73(R 115): 2220 P 75(R 118): 120 P 76(R 120): 588 P 77(R 122): 636
 P 78(R 124): 420

Toplam Yk (dak.) : 17506

Boş kapasite(dak.): 17494

Kapasite kullanım oranı (%): 50

Makina No : 11

P 6(R 15): 400 P 9(R 20): 300 P 11(R 24): 700 P 15(R 32): 4400 P 16(R 35): 8500 P 22(R 45):
 2000 P 28(R 54): 400 P 29(R 57): 1700 P 60(R 100): 204 P 61(R 101): 816 P 63(R 104): 816 P
 67(R 108): 96 P 69(R 110): 60

Toplam Yk (dak.) : 20392

Boş kapasite(dak.): 14608

Kapasite kullanım oranı (%): 58

Makina No : 12

P 8(R 19): 400 P 10(R 22): 300 P 15(R 32): 7300 P 16(R 35): 9500 P 22(R 45): 4900 P 28(R 54):
 1000 P 29(R 57): 700 P 55(R 95): 144 P 57(R 97): 120 P 59(R 99): 144 P 60(R 100): 396 P
 61(R 101): 204 P 62(R 103): 144 P 63(R 104): 240 P 64(R 105): 144 P 66(R 107): 168 P 68(R 109):
 72 P 69(R 110): 60 P 82(R 129): 180

Toplam Yk (dak.) : 26116

Boş kapasite(dak.): 8884

Kapasite kullanım oranı (%): 74

Makina No : 13

P 11(R 24): 600 P 15(R 32): 4600 P 16(R 35): 18000 P 29(R 57): 300 P 36(R 65): 2100 P 55(R
 95): 120 P 57(R 97): 168 P 59(R 99): 132 P 60(R 100): 84 P 61(R 101): 300 P 62(R 103): 120 P
 63(R 104): 444 P 64(R 105): 180 P 66(R 107): 84 P 67(R 108): 108 P 68(R 109): 84

Toplam Yk (dak.) : 27424

Boş kapasite(dak.): 7576

Kapasite kullanım oranı (%): 78

Makina No : 14

P 3(R 7): 1618 P 3(R 8): 1982 P 25(R 50): 1100 P 26(R 51): 1200 P 37(R 66): 300 P 38(R 68): 300 P 41(R 73): 2244 P 54(R 93): 1015

Toplam Yk (dak.) : 9759

Boş kapasite(dak.) : 25241

Kapasite kullanım oranı (%): 27

Makina No : 15

P 15(R 32): 1100 P 16(R 35): 3500

Toplam Yk (dak.) : 4600

Boş kapasite(dak.) : 30400

Kapasite kullanım oranı (%): 13

Makina No : 16

P 19(R 38): 3000 P 21(R 43): 8918 P 30(R 58): 600 P 31(R 60): 3600 P 34(R 63): 2500 P 42(R 75): 663 P 43(R 76): 255 P 46(R 83): 510 P 48(R 85): 306 P 49(R 86): 306 P 50(R 87): 306 P 53(R 92): 765 P 70(R 111): 7260 P 71(R 112): 432 P 72(R 113): 2892 P 74(R 116): 552 P 80(R 126): 180 P 81(R 127): 228 P 82(R 129): 756 P 83(R 130): 156 P 90(R 137): 420 P 91(R 138): 372

Toplam Yk (dak.) : 34977

Boş kapasite(dak.) : 23

Kapasite kullanım oranı (%): 99

Makina No : 17

P 2(R 5): 1640 P 2(R 6): 7360

Toplam Yk (dak.) : 9000

Boş kapasite(dak.) : 26000

Kapasite kullanım oranı (%): 25

Makina No : 18

P 6(R 15): 300 P 7(R 17): 300 P 8(R 19): 600 P 9(R 20): 700 P 11(R 24): 600 P 12(R 27): 900 P 13(R 29): 500 P 14(R 31): 300 P 15(R 32): 500 P 16(R 35): 4000 P 17(R 36): 560 P 18(R 37): 560 P 19(R 38): 720 P 20(R 41): 720 P 21(R 42): 36 P 21(R 43): 364 P 30(R 58): 800 P 31(R 60): 400 P 32(R 61): 400 P 33(R 62): 400 P 34(R 63): 200 P 35(R 64): 200 P 36(R 65): 200 P 37(R 66): 400 P 38(R 68): 400 P 41(R 73): 1224 P 42(R 75): 663 P 44(R 78): 1020 P 45(R 80): 561 P 46(R 83): 935 P 47(R 84): 663 P 48(R 85): 51 P 49(R 86): 51 P 50(R 87): 459 P 51(R 89): 306 P 52(R 91): 935 P 53(R 92): 170 P 55(R 95): 96 P 56(R 96): 108 P 57(R 97): 84 P 58(R 98): 96 P 59(R 99): 96 P 60(R 100): 96 P 61(R 101): 120 P 62(R 103): 96 P 63(R 104): 120 P 64(R 105): 84 P 65(R 106): 84 P 66(R 107): 84 P 67(R 108): 84 P 68(R 109): 84 P 69(R 110): 72 P 70(R 111): 180 P 71(R 112): 96 P 72(R 113): 180 P 73(R 115): 156 P 74(R 116): 96 P 75(R 118): 132 P 76(R 120): 132 P 77(R 122): 120 P 78(R 124): 96 P 79(R 125): 96 P 80(R 126): 96 P 81(R 127): 84 P 82(R 129): 96 P 83(R 130): 84 P 84(R 131): 84 P 85(R 132): 84 P 86(R 133): 84 P 87(R 134): 84 P 88(R 135): 84 P 89(R 136): 84 P 90(R 137): 108 P 91(R 138): 108

Toplam Yk (dak.) : 25866

Boş kapasite(dak.) : 9134

Kapasite kullanım oranı (%): 73

Makina No : 19

P 2(R 5): 1640 P 3(R 7): 7281 P 3(R 8): 7928 P 23(R 47): 4900 P 25(R 50): 3600 P 37(R 66): 1700 P 38(R 68): 300 P 54(R 93): 5285 P 58(R 98): 108 P 65(R 106): 84 P 83(R 130): 156

Toplam Yk (dak.) : 32982

Boş kapasite(dak.) : 2018

Kapasite kullanım oranı (%): 94

Makina No : 20

P 2(R 5): 1640 P 2(R 6): 7360 P 27(R 53): 600 P 40(R 71): 1600 P 56(R 96): 84

Toplam Yk (dak.) : 11284

Boş kapasite(dak.) : 23716

Kapasite kullanım oranı (%): 32

Makina No : 21

P 6(R 15): 200 P 8(R 19): 200 P 9(R 20): 200 P 10(R 22): 200 P 11(R 24): 200 P 15(R 32): 500 P 16(R 35): 500 P 22(R 45): 400

Toplam Yk (dak.) : 2400

Boş kapasite(dak.) : 32600

Kapasite kullanım oranı (%): 6

Rotaların Talepleri

R 1= 0	R 2= 450	R 3= 0	R 4= 0	R 5= 82	R 6= 368
R 7= 809	R 8= 991	R 9= 0	R 10= 40	R 11= 0	R 12= 3
R 13= 37	R 14= 0	R 15= 100	R 16= 0	R 17= 100	R 18= 0
R 19= 100	R 20= 100	R 21= 0	R 22= 100	R 23= 0	R 24= 100
R 25= 0	R 26= 0	R 27= 100	R 28= 0	R 29= 100	R 30= 0
R 31= 100	R 32= 100	R 33= 0	R 34= 0	R 35= 500	R 36= 70
R 37= 70	R 38= 120	R 39= 0	R 40= 0	R 41= 120	R 42= 18
R 43= 182	R 44= 0	R 45= 100	R 46= 0	R 47= 100	R 48= 0
R 49= 200	R 50= 100	R 51= 100	R 52= 0	R 53= 100	R 54= 100
R 55= 0	R 56= 0	R 57= 100	R 58= 100	R 59= 0	R 60= 200
R 61= 200	R 62= 200	R 63= 100	R 64= 100	R 65= 100	R 66= 100
R 67= 0	R 68= 100	R 69= 0	R 70= 150	R 71= 100	R 72= 0
R 73= 204	R 74= 0	R 75= 51	R 76= 51	R 77= 0	R 78= 204
R 79= 0	R 80= 51	R 81= 0	R 82= 0	R 83= 85	R 84= 51
R 85= 51	R 86= 51	R 87= 51	R 88= 0	R 89= 51	R 90= 0
R 91= 85	R 92= 85	R 93= 35	R 94= 50	R 95= 12	R 96= 12
R 97= 12	R 98= 12	R 99= 12	R 100= 12	R 101= 12	R 102= 0
R 103= 12	R 104= 12	R 105= 12	R 106= 12	R 107= 12	R 108= 12
R 109= 12	R 110= 12	R 111= 12	R 112= 12	R 113= 12	R 114= 0
R 115= 12	R 116= 12	R 117= 0	R 118= 12	R 119= 0	R 120= 12
R 121= 0	R 122= 12	R 123= 0	R 124= 12	R 125= 12	R 126= 12
R 127= 12	R 128= 0	R 129= 12	R 130= 12	R 131= 12	R 132= 12
R 133= 12	R 134= 12	R 135= 12	R 136= 12	R 137= 12	R 138= 12

1	1	1	6	7	8	9	5	1	1	1	2	1	1	2	1	4	1	1	2	3
6	8	5						0	1	2	1	3		0	7		4	9		

Rota-38	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

KALEKALIP MAKİNA VE KALIP SANAYİ A.Ş.

İŞ EMRİ BAĞIMSIZ İŞLEM PLANI

320-34-1220-10	AFT END RING DRU:1W120522	AD		
İşin Kodu	İşin Adı	Öb	Resin No	İş Plan No

İŞLEM NO	İŞLEM ADI	M.YERİ	TEZGAH KODU	KALIP KODU	tr	te	ter	tv	teB	ÖB	ÖG
03412201005	KABA TORNALAMA	333	33301		90	14000			14000	Dk	
03412201010	1.HASSAS TORNALAMA	333	33304		300	13000			13000	Dk	
03412201015	CAPAK ALMA	333				5000				Dk	
03412201020	KADMIYUN KAPLAMA	335				5000				Dk	
03412201025	2.HASSAS TORNALAMA	333	33304		300	7000			7000	Dk	
03412201030	MARKALAMA	334				2000				Dk	

KALEKALIP MAKİNA VE KALIP SANAYİ A.Ş.

İŞ EMRİ BAĞIMSIZ İŞLEM PLANI

320-31-1240-10	UP424 FIN ASSY.FOLDING	AD		
İşin Kodu	İşin Adı	Öb	Resin No	İş Plan No

İŞLEM NO	İŞLEM ADI	M.YERİ	TEZGAH KODU	KALIP KODU	tr	te	ter	tv	teB	ÖB	ÖG
03112401005	MARKALAMA	334			30	1000				Dk	
03112401010	ON MONTAJ	334			30	4000				Dk	
03112401015	ON MONTAJ KONTROL	334				2000				Dk	
03112401030	SÖN MONTAJ	334			30	3000				Dk	
13112402105	1.TORNALAMA	333	33301		240	3000			3000	Dk	
13112402110	2.TORNALAMA	333	33301		240	5000			5000	Dk	
13112402115	CAPAK ALMA(ELDE)	333				8000				Dk	
13112402120	CAPAK ALMA-TANBUR	334	33405		90	2000			2000	Dk	
13112402130	ULTRASONİK TEHİZLEME	335			30	1000				Dk	
13112402135	ISIL İŞLEM	335			30	1000				Dk	
13112402140	KADMIYUN KAPLAMA	335			30	1000				Dk	
13112402145	PASİVASYON	335			30	1000				Dk	
13112460205	1.TORNALAMA	333	33301		300	6500			6500	Dk	
13112460210	2.TORNALAMA	333	33301		300	2000			2000	Dk	
13112460215	CAPAK ALMA	333			15	2000				Dk	
13112460220	ULTRASONİK TEHİZLEME	335			30	1000				Dk	
13112460225	ANODİZASYON	335			30	1000				Dk	
13112460240	MARKALAMA	334			15	1000				Dk	
13112460405	KESME	312	31202		60	3000			3000	Dk	
13112460410	FATURA+İC CAP TORNALAMA	313	31307		120	20000			20000	Dk	
13112460412	KANAL YARI FİNİŞ-CNC	333	33302		900	18500			18500	Dk	
13112460413	KLASİK TORNADA CAPAK ALMA	313	31306		30	1000			1000	Dk	
13112460415	HONLAMA	334	33404		60	3000			3000	Dk	
13112460420	KABA FREZELEME	314	31414		15	17000			17000	Dk	
13112460425	ÇEVRE FREZELEME	334	33402		810	50000			50000	Dk	
13112460430	BROSLAMA	334	33406		300	9000			9000	Dk	
13112460433	CAPAK ALMA-ELDE	334				2000				Dk	
13112460435	CAPAK ALMA-TANBUR	334	33405		90	3500			3500	Dk	
13112460445	1.KUNLAMA	334	33407		60	2000			2000	Dk	
13112460450	DELİK DELME	334	33403		540	42000			42000	Dk	
13112460455	İC CAP FREZELEME	334	33402		540	40000			40000	Dk	
13112460458	HASSAS CAPAK KONTROLU	334				6000				Dk	
13112460460	2.KUNLAMA	334	33407			11000			11000	Dk	
13112460465	ULTRASONİK TEHİZLEME	335			30	1000				Dk	
13112460470	AKIMSIZ NİKEL KAPLAMA	335			30	3000				Dk	
13112460485	MARKALAMA	334			30	1000				Dk	
13112460505	KESME	334	31202		25	4000			4000	Dk	
13112460510	CAPAK ALMA-TANBUR	334	33405		90	4000			4000	Dk	
13112460515	FORNALAMA	334				4000				Dk	
13112460520	KANAL FREZELEME	314	31403		30	12000			12000	Dk	
13112460525	1.KENAR 15 DERECE	334	33401		360	12000			12000	Dk	
13112460530	2.KENAR 3 DERECE	334	33401		360	12000			12000	Dk	
13112460535	3.KENAR 10 DERECE	334	33401		360	12000			12000	Dk	
13112460540	PROFİL ACHA-BROS	334	33408		540	60000			60000	Dk	
13112460545	1.DELİK DELME.031"	334	33401		240	16000			16000	Dk	
13112460550	2.DELİK DELME.0945"	334	33403		240	16000			16000	Dk	
13112460560	ULTRASONİK TEHİZLEME	335			30	2000			2000	Dk	
13112460565	KİMYASAL FİLM KAPLAMA	335			30	6000			6000	Dk	
13112460575	KURU FİLM YAĞLAMA	334				8000				Dk	

2 örnek parça için MRP Sisteminden alınan çıktı

EK 4

TRAFİK PROGRAMI

```

unit trafikunit;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, Menus, Grids, FMXUtils, ComCtrls, ExtCtrls;
type
  TForm1 = class(TForm)
    MainMenu1: TMainMenu;
    file1: TMenuItem;
    load1: TMenuItem;
    save1: TMenuItem;
    execute1: TMenuItem;
    new1: TMenuItem;
    solve1: TMenuItem;
    makinasayisi: TEdit;
    Label1: TLabel;
    k1: TMenuItem;
    parcasayisi: TEdit;
    Label2: TLabel;
    maxoperasyonsayisi: TEdit;
    Label3: TLabel;
    maxrotasayisi: TEdit;
    Label4: TLabel;
    mn: TEdit;
    Label5: TLabel;
    SG1: TStringGrid;
    Label6: TLabel;
    SG2: TStringGrid;
    PARCANO: TLabel;
    KAPAT: TButton;
    MAKINALAR: TStringGrid;
    Label7: TLabel;
    yenile: TMenuItem;
    problemadndeitir1: TMenuItem;
    StBar: TStatusBar;
    RadioGroup1: TRadioGroup;
    Memo1: TMemo;
    hakknda1: TMenuItem;
    procedure FormCreate(Sender: TObject);
    procedure parcasayisiExit(Sender: TObject);
    procedure SG1SelectCell(Sender: TObject; Col, Row: Integer;
      var CanSelect: Boolean);
    procedure maxrotasayisiExit(Sender: TObject);
    procedure SG1SetEditText(Sender: TObject; ACol, ARow: Integer;
      const Value: String);
    procedure SG1Enter(Sender: TObject);
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure KAPATClick(Sender: TObject);
    procedure k1Click(Sender: TObject);
    procedure maxoperasyonsayisiExit(Sender: TObject);
    procedure makinasayisiExit(Sender: TObject);
    procedure save1Click(Sender: TObject);
    procedure FormActivate(Sender: TObject);
    procedure Button2Click(Sender: TObject);
    procedure FormPaint(Sender: TObject);
    procedure FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
    procedure SG2Enter(Sender: TObject);
    procedure load1Click(Sender: TObject);
    procedure yenileClick(Sender: TObject);
  end;

```

```

procedure problemadndeitir1Click(Sender: TObject);
procedure solve1Click(Sender: TObject);
procedure hakknda1Click(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
var
  Form1: TForm1;
  FILENAME:STRING="";
  ITN:INTEGER;
FUNCTION MAXROTA:INTEGER;
FUNCTION STOI(S:STRING):INTEGER;
implementation
uses acilis, Unit1;
{$R *.DFM}
function newfilename(FN:STRING;EXT:STRING):STRING;
BEGIN
NEWFILENAME:=COPY(FN,1,LENGTH(FN)-3)+EXT;
END;
procedure solve;
var DMDFILE,SNCFILE,cellfile,MDLFILE,OUTFILE:TEXTFILE;
DMDVAR,MDLVAR,SNCVAR,cellvar:BOOLEAN;A:WORD;
HNO,MAX,ROTASAYISI,OPERASYONSAYISI,DBI,DBD,J,B,MTOS,mr,Q,Z,Y,I,ROTANO,KOLON,mnv,K,M,
sss,eskihs,eskimm,RNS:integer; adolar:STRING; RN:VARIANT;
X,MOS,HS,GE:INTEGER;
hahs,trafik,toptr,etkinlik,NGIRIS,aktarma,TOP:REAL;
HUCRENO,BS,OSMAK, OSROTA,N,U,OS,SAYAC,SURE,KAPASITE,
CM,CP,AMACDENKKAT,BUF,MS,PS,TALEP,MAKINADI,PARCANO:VARIANT;
ST:STRING;
LABEL BASLA;
PROCEDURE MAKINASAYILARI;
VAR SAYI,X,Y:INTEGER;
BEGIN
// 'Alt program -III : Hucrelerdeki makina sayilari
MS:=VarArrayCreate([0, HS+1], varINTEGER);
FOR x := 1 TO hs DO
BEGIN
sayi := 0;
  FOR y := 1 TO mnV DO
    IF cm[x, y] <> 0 THEN sayi := sayi + 1;
ms[x] := sayi;
END;
END;
// 'Alt program -IV : Hucrelerdeki makina sayilari
PROCEDURE MakinaSayilari2;
VAR X,Y,SAYI:INTEGER;
BEGIN
MS:=VarArrayCreate([0, HS+1], varINTEGER);
FOR x := 1 TO hs + 1 DO
BEGIN
sayi := 0;
  FOR y := 1 TO mnV DO
    IF buf[x, y] <> 0 THEN sayi := sayi + 1;
ms[x] := sayi;
END;
END;

```

```

procedure parcaaileleri;
VAR KK,I,X,Y,K:INTEGER;
begin
MR:=MAXROTA;
CP:=VarArrayCreate([0, HS,1,MR], varINTEGER);
SAYAC:=VarArrayCreate([0, HS], varINTEGER);
HUCRENO:=VarArrayCreate([0, HS], varINTEGER);
    dbi := 0;
    dbd := 0;
FOR i := 1 TO MR DO
    BEGIN
    FOR x := 1 TO hs DO sayac[x] := 0;
    IF n[i] < 0 THEN
    BEGIN
    FOR K := 1 TO STOI(FORM1.MaxOperasyonSayisi.TEXT) DO
    IF os[i, K] < 0 THEN
    BEGIN
    hno := 0;
    FOR x := 1 TO hs DO
    FOR y := 1 TO mnV DO
    IF os[i, K] = cm[x, y] THEN hno := x;
    sayac[hno] := sayac[hno] + 1;
    END;
    FOR x := 1 TO hs DO hucreno[x] := x;
    FOR x := 1 TO hs - 1 DO
    FOR y := x + 1 TO hs DO
    IF sayac[x] < sayac[y] THEN
    BEGIN
    KK:=sayac[x]; SAYAC[X]:=sayac[y];SAYAC[Y]:=KK;
    KK:=HUCRENO[x]; HUCRENO[X]:=HUCRENO[y];HUCRENO[Y]:=KK;
    END;
    max := hucreno[1];
    dbi := dbi + sayac[1];
    x := 0;
    REPEAT
    x := x + 1;
    UNTIL cp[max, x] = 0;
    cp[max, x] := i;
    END;
    END;
    OperasyonSayisi := 0;
    FOR i := 1 TO MR DO
    BEGIN
    IF n[i] < 0 THEN
    FOR K := 1 TO STOI(FORM1.MaxOperasyonSayisi.TEXT) DO
    IF os[i, K] < 0 THEN OperasyonSayisi := OperasyonSayisi + 1;
    END;
    dbd := OperasyonSayisi - dbi;
    end;
procedure PARCASAYILARI;
VAR X,Y,SAYI:INTEGER;
begin
PS:=VarArrayCreate([0, HS+1], varINTEGER);
FOR x:= 1 TO hs DO
BEGIN
sayi := 0;
    FOR y := 1 TO STOI(FORM1.PARCASAYISI.TEXT) DO
    IF cp[x, y] < 0 THEN sayi := sayi + 1;
    ps[x] := sayi;

```

```

END;
end;
procedure etkinlikhesabi;
var agirlik,n1,n2:REAL; X,Y:integer;
begin
MakinaSayilari;
ParcaSayilari;
top := 0;
FOR x := 1 TO hs DO top := top + ms[x] * ps[x];
RotaSayisi := 0;
FOR x := 1 TO MR DO
  IF n[x] <> 0 THEN RotaSayisi := RotaSayisi + 1;
agirlik := 0.5;
n1 := dbi / top;
IF STOI(FORM1.MakinaSayisi.TEXT) * RotaSayisi <> top THEN n2 := 1 - (dbd /
(STOI(FORM1.MakinaSayisi.TEXT) * RotaSayisi - top));
etkinlik := n1 * agirlik + n2 * (1 - agirlik);
etkinlik := round(etkinlik * 100);
etkinlik := etkinlik / 100;
toptr := 0;
FOR x := 1 TO mr do
  IF n[x] <> 0 THEN
  BEGIN
sayac := 0;
FOR y := 1 TO STOI(FORM1.MaxOperasyonSayisi.TEXT) DO
  IF os[x, y] <> 0 THEN sayac := sayac + 1;
sayac := sayac - 1;
toptr := toptr + u[x] * n[x] * sayac;
END;
end;
procedure katsayilar1;
var i,x,y,k,s,a,b,okey1,okey2,okey3,okey4:integer; ab:real;
ABDOLAR:STRING;
begin
AMACDENKKAT:=VarArrayCreate([0, MR], varolestr);
trafik := 0;
hahs := 0;
FOR i := 1 TO MR DO
  BEGIN
ab := 0;
FOR a := 1 TO hs - 1 DO
  FOR B := a + 1 TO hs DO
    FOR s := 1 TO stoi(FORM1.MaxOperasyonSayisi.TEXT) - 1 DO
      BEGIN
okey1 := 0; okey2 := 0; okey3 := 0; okey4 := 0;
IF NOT ((os[i, s] = 0) OR (os[i, s + 1] = 0)) THEN
  BEGIN
FOR x := 1 TO mnv do
  BEGIN
IF os[i, s] = cm[a, x] THEN okey1 := 1;
IF os[i, s] = cm[B, x] THEN okey3 := 1;
END;
FOR y := 1 TO mnV DO
  BEGIN
IF os[i, s + 1] = cm[B, y] THEN okey2 := 1;
IF os[i, s + 1] = cm[a, y] THEN okey4 := 1;
END;
IF ((okey1 = 1) AND (okey2 = 1)) OR ((okey3 = 1) AND (okey4 = 1)) THEN ab := ab + 1;
END;

```

```

END;
IF n[i] <> 0 THEN hahs := hahs + ab;
trafik := trafik + ab * u[i] * n[i];
ab := ab * u[i];
STR(ab:1:0,ABDOLAR);
AmacDenkKat[i]:=ABDOLAR;
END;
end;
procedure tamam;
begin
SHOWMESSAGE(' TAMAMA GELDI ');
end;
procedure kontrol;
var x,T,Q,y,SAYI:integer;
begin
BUF:=VarArrayCreate([0, HS,1, mnv], varINTEGER);
FOR x := 1 TO hs do
FOR y := 1 TO mnv do
BEGIN read(SNCFIL, SSS);buf[x,y]:=SSS;END;
SAYI:=0;
FOR x:=1 TO hs DO
BEGIN
z := 0;
REPEAT
y := 0; z:=z + 1;
REPEAT
y := y + 1;
UNTIL (cm[x, 1] = buf[z, y]) OR (y = mnV);
UNTIL (cm[x, 1] = buf[z, y]) OR (z = hs);
FOR t := 1 TO mnV DO
FOR q := 1 TO mnV DO
IF cm[x, t] = buf[z, q] THEN sayi := sayi + 1;
END;
IF sayi = hs * mnV THEN Tamam ;
end;
procedure modelkur;
var x,Y,z:integer; zaman, zaman1 :real; maxrotasa:integer;
workfile:textfile;
MAKKULOR:REAL;
begin
assignfile(workfile,'workcent.txt');
rewrite(WORKFILE);
WRITELN(WORKFILE, 'CELL NO          WORKCENTRES');
WRITELN(WORKFILE, '-----');
FOR X := 1 TO HS DO
BEGIN
WRITE(WORKFILE, X:4, ' ');
FOR y := 1 TO MNV DO
BEGIN
IF cm[X, y] <> 0 THEN
WRITE(WORKFILE, makinadi[cm[X, y]]:6);
END;
WRITELN(WORKFILE);
END;
WRITELN(WORKFILE);
WRITELN(WORKFILE,'WORKCENTRE WORKLOAD ANALYSIS');
FOR x := 1 TO stoi(form1.MakinaSayisi.text) do
begin
WRITELN(WORKFILE,'Makina No : ',makinadi[x]:4);

```

```

zaman := 0 ; maxrotasa:=maxrota;
FOR y := 1 TO maxrotasa do
begin
zaman1 := 0;
IF n[y] < 0 THEN
BEGIN
FOR z:=1 TO stoi(form1.MaxOperasyonSayisi.text) do
IF os[y,z] = x THEN
zaman1 := zaman1 + sure[y, z] * n[y];
IF zaman1 < 0 THEN
WRITE(workfile,'P',strtoint(form1.sg2.cells[1,y]):4,'(R', y:4,'):',zaman1:6:0,' ');
end;
zaman := zaman + zaman1;
end;
writeln(workfile);
writeln(workfile,'Toplam Yük (dak.) : ', zaman:8:0);
writeln(workfile,'Boş kapasite(dak.) : ', (strtoint(form1.makinalar.cells[x,1]) - zaman):8:0);
if strtoint(form1.makinalar.cells[x,1])=0 then showmessage('kapasitede bölme hatası');
makkulor := INT((zaman / (strtoint(form1.makinalar.cells[x,1]))) * 100);
writeln(workfile,'Kapasite kullanım oranı ( % ) : ', makkulor:4:0);
writeln(workfile);writeln(workfile);
END;
WRITELN(WORKFILE,'Rotalarin Talepleri');
K:=MAXROTA;
FOR y := 1 TO K DO
WRITELN(WORKFILE,'R',Y:4,'=', n[y]:6);
CLOSEFILE(WORKFILE);
end;
begin
mr:=maxrota; MOS:=STRTOINT('0'+FORM1.MAXOPERASYONSAYISI.TEXT);
HS:=STRTOINT('0'+FORM1.MAKINASAYISI.TEXT);
mnv:=STRTOINT(FORM1.MN.TEXT);
RN:=VarArrayCreate([0, MR], VAROLESTR);
U:=VarArrayCreate([0, MR], varinteger);
OS:=VarArrayCreate([0, MR,1,MOS], varINTEGER);
SAYAC:=VarArrayCreate([0, HS], varINTEGER);
SURE:=VarArrayCreate([0, MR,1,MOS], varSINGLE);
KAPASITE:=VarArrayCreate([0,HS], varINTEGER);
CM:=VarArrayCreate([0, HS,1,mnv], varINTEGER);
CP:=VarArrayCreate([0, HS,1,MR], varINTEGER);
AMACDENKKAT:=VarArrayCreate([0, MR], VAROLESTR);
BUF:=VarArrayCreate([0, HS,1, mnv], varINTEGER);
MS:=VarArrayCreate([0, HS], varINTEGER);
PS:=VarArrayCreate([0, HS], varINTEGER);
TALEP:=VarArrayCreate([0, STRTOINT(FORM1.PARCASAYISI.TEXT)], varINTEGER);
MAKINADI:=VarArrayCreate([0, HS], VARINTEGER);
PARCANO:=VarArrayCreate([0, MR], varINTEGER);
K:=MAXROTA;
FOR X:=1 TO K DO
FOR Y:=1 TO STRTOINT(FORM1.MAXOPERASYONSAYISI.TEXT) DO
BEGIN
OS[X,Y]:=STRTOINT(FORM1.SG2.CELLS[ Y+1, X ] );
END;
K:=0;
FOR A:=1 TO STOI(FORM1.PARCASAYISI.TEXT) DO
FOR B:=1 TO STOI(FORM1.SG1.CELLS[1,A]) DO
BEGIN
K:=K+1;
U[K]:=STRTOINT(FORM1.SG1.CELLS[3,A]);

```

```

END;
K:=MAXROTA;
FOR X:=1 TO K DO
  FOR Y:=1 TO STRTOINT(FORM1.MAXOPERASYONSAYISI.TEXT) DO
    BEGIN
      sure[X,Y]:=STRTOINT(FORM1.SG2.CELLS[ Y+1+STRTOINT(FORM1.MAXOPERASYONSAYISI.TEXT),
X ] );
    END;
  FOR X:=1 TO STRTOINT(FORM1.MAKINASAYISI.TEXT) DO
    MAKINADI[X]:=FORM1.MAKINALAR.CELLS[X,0];
  FOR x:=1 TO mr do
    begin
      aDOLAR := inttostr(x);
      rn[X] := 'rota' + aDOLAR;
    end;
  FOR x := 1 TO hs DO cm[x, 1] := x;
  ASSIGNFILE(DMDFILE,'TRAFIK.DMD');
  {$I-}
  RESET(DMDFILE);
  {$I+}
  IF IORESULT=0 THEN DMDVAR:=TRUE
  ELSE BEGIN DMDVAR:=FALSE; REWRITE(DMDFILE);END;
  CLOSEFILE(DMDFILE);
  N:=VarArrayCreate([1, MR], 12);
  IF NOT(DMDVAR) THEN
    BEGIN
      REWRITE(DMDFILE);
      ROTANO:=1;
      FOR x:=1 TO STRTOINT('0'+FORM1.PARCASAYISI.TEXT) DO //herbir rotadaki uretim miktari
      FOR y:=1 TO STOI(FORM1.SG1.CELLS[1,X]) DO
      BEGIN
        aktarma:=(STOI(FORM1.SG1.Cells[2,X])+0.0) / STOI(FORM1.SG1.CELLS[1,X]);
        n[RotaNo]:=aktarma;
        WRITE(DMDFILE, ' ',n[RotaNo], ' ');
        RotaNo := RotaNo + 1;
      END;
      CLOSE(DMDFILE);
      END
    ELSE
      BEGIN
        RESET(DMDFILE);
        FOR I := 1 TO MR DO
          BEGIN READ(DMDFILE,NGIRIS); N[I]:=NGIRIS; END;
        CLOSE(DMDFILE);
      END;
  ASSIGNFILE(SNCFILE,'TRAFIK.SNC');
  REWRITE ( SNCFILE);
  WRITELN( SNCFILE, ' '+INTTOSTR(HS)+' ' +INTTOSTR(MNV)+' ');
  FOR x:=1 TO hs DO
    BEGIN
      FOR y:=1 TO MNV DO WRITE (SNCFILE, ' ',inttostr(cm[x, y]), ' ');
      WRITELN(SNCFILE,"");
    END;
  CLOSEFILE(SNCFILE);
  basla:
  EXECUTEFILE('trafik1.exe',filename,"sw_showminimized);
  assignfile (cellfile, 'trafik.cel');
  repeat
  {$I-}

```

```

reset(cellfile);
{$I+}
until ioresult=0;
readln (cellfile, hs,mnv);
CM:=VarArrayCreate([0, HS,1,mnv], varINTEGER);
  FOR x := 1 TO hs do
    FOR y := 1 TO mnv do
      begin read(cellfile, sss); cm[x,y]:=sss; end;
    closefile(cellfile);
  ParcaAileleri;
  Katsayilar1;
  EtkinlikHesabi;
  OSMak:=VarArrayCreate([0, STOI(FORM1.MAKINASAYISI.TEXT)], varINTEGER);
  OSROTA:=VarArraycreate([0, MAXROTA], varINTEGER) ;
  K := 0;
  FOR x := 1 TO hs DO
  FOR y := 1 TO mnV DO
  IF cm[x, y] < 0 THEN
    BEGIN
      K := K + 1 ;
      osmak[K] := makinadi[cm[x, y]];
    END;
  m := 0; K:=MAXROTA;
  FOR x := 1 TO hs DO
  FOR y := 1 TO K DO // MAX ROTA OLARAK K ATANDI.
  IF cp[x, y] < 0 THEN
    BEGIN
      m:=m+1;
      osrota[m] := cp[x,y];
    END;
  BS:=VarArrayCreate([0, MAXROTA,1, STOI(FORM1.MAKINASAYISI.TEXT)], varINTEGER);
  K:=MAXROTA;
  FOR x := 1 TO K DO
    BEGIN
      q := 0;
      FOR y := 1 TO STOI(FORM1.MakinaSayisi.TEXT) DO
        BEGIN
          q := 0;
          FOR z := 1 TO STOI(FORM1.MAXOPERASYONSAYISI.TEXT) DO
            BEGIN
              IF osmak[y] = os[osrota[x], z] THEN q := 1;
            END;
            IF q = 1 THEN bs[x, y] := 1 ELSE bs[x, y] := 0;
          END;
        END;
      reset(sncfile);
      readln ( sncfile,eskihs,eskimn);
      IF (eskihs = hs) AND (eskimn = mnv) THEN kontrol;
      closefile(sncfile);
      if form1.radiogroup1.itemindex=0 then modelkur;
      form1.stbar.simpletext:='model kuruluyor';
      REWRITE(SNCFIL);
      writeln(sncfile,' ', hs, ' ', mnv, ' ');
      FOR x := 1 TO hs do
        begin
          FOR y := 1 TO mnV do
            write(sncfile,' ', cm[x, y], ' ');
          writeln(sncfile,"");
        end;

```

```

closefile(sncfile);
ASSIGNFILE(MDLFILE,'TRAFIK.MDL');
rewrite(mdlfile);
WRITE(MDLFILE,'MIN ');
KOLON := 0;      K:=MAXROTA;
FOR x := 1 TO K DO
BEGIN
    KOLON := KOLON + 1 ;
    IF KOLON = 4 THEN BEGIN WRITELN(MDLFILE,""); KOLON:=0; END;
    IF X=K THEN ST:="" ELSE ST:='+';
    WRITE (MDLFILE, AmacDenkKat[x]+rn[x]+ST);
END;
WRITELN(MDLFILE,"");
WRITELN(MDLFILE, 'S.T. ');
rns := 0;
FOR i := 1 TO STRTOINT('0'+FORM1.PARCASAYISI.TEXT) do
begin
    top := 0;
    KOLON := 0;
    WRITE ( MDLFILE, ' ');
    FOR j := 1 TO STRTOINT(FORM1.SG1.CELLS[1,i]) DO
        BEGIN
            rns := rns + 1;
            top := top + n[rns];
            KOLON := KOLON + 1;
            IF KOLON = 4 THEN
                BEGIN
                    WRITELN(MDLFILE,"");
                    KOLON := 0;
                END;
            WRITE (MDLFILE,RN[RNS]);
            IF j <> STRTOINT(FORM1.SG1.CELLS[1,i]) THEN WRITE(MDLFILE, '+');
        END;
    WRITELN (MDLFILE, '=',top:2:1);
END;
BUF:=VarArrayCreate([0, STRTOINT(FORM1.makinasayisi.TEXT),1, 1], varINTEGER);
FOR x:= 1 TO STRTOINT(FORM1.MakinaSayisi.TEXT) DO
BEGIN
    mtos := 0; MR:=MAXROTA;
    FOR i := 1 TO MR DO // MR MAXROTASAYISI OLARAK KULLANILDI.
        FOR K := 1 TO STRTOINT(FORM1.MaxOperasyonSayisi.TEXT) DO
            IF os[i, K] = x THEN mtos := mtos + 1;
    buf[x, 1] := mtos;
END;
FOR x := 1 TO STRTOINT(FORM1.MakinaSayisi.TEXT) DO
    BEGIN
        mtos := 0;
        KOLON := 0;
        WRITE(MDLFILE, ' ');
        FOR i := 1 TO MR DO
            FOR K := 1 TO STRTOINT(FORM1.MaxOperasyonSayisi.TEXT) DO
                BEGIN
                    IF os[i, K] = x THEN
                        BEGIN
                            KOLON := KOLON + 1;
                            aDOLAR := INTTOSTR(sure[i, K]);
                            mtos := mtos + 1;
                            IF KOLON = 5 THEN
                                BEGIN

```

```

        WRITELN(MDLFILE,"");
        KOLON := 0;
        END;
        WRITE (MDLFILE, ADOLAR, m[i]);
        IF mtos = buf [x, 1] THEN
            WRITE ( MDLFILE, ")
        ELSE
            WRITE (MDLFILE, '+');
        END;
    END;
    WRITELN (MDLFILE, '<', form1.makinalar.cells[x,1]);
    END;
    WRITELN (MDLFILE, 'END. ');
    CLOSEFILE(MDLFILE);
    EXECUTEFILE ('MODEL2.BAT',"",SW_SHOWMINIMIZED);
    form1.memo1.Lines.Add(inttostr(itn)+' iterasyonun');
    form1.memo1.Lines.Add(' trafik değeri= '+floattostr(trafik));
    form1.memo1.Lines.Add(' istisnai operasyon sayısı= '+floattostr(dbd));
    form1.memo1.Lines.Add(' hücreiçi operasyon sayısı= '+floattostr(dbi));
    form1.memo1.Lines.Add(' hücreler arası operasyon sayısı= '+floattostr(hahs));
    form1.memo1.Lines.Add(' grup teknolojisi etkinliği= %'+floattostrf(100*(1 - (trafik / toptr)),ffGeneral,2,6));
    form1.memo1.Lines.Add(' global etkinlik= %'+floattostrf(100*dbi / (dbi + dbd),ffGeneral,2,6));
    form1.memo1.Lines.Add(' grup etkinliği= %'+floattostrf(100*etkinlik,ffGeneral,2,6));
    form1.memo1.Lines.Add("");
    { ASSIGNFILE(OUTFILE,'TRAFIK.OUT');
    x := 0;
    REPEAT
        x := x + 1;
        READLN (OUTFILE, aDOLAR);
        UNTIL COPY(aDOLAR, 1, 3) = 'VAR';
    FOR y := x + 1 TO MR + x DO
        BEGIN
            READLN(OUTFILE,ADOLAR);
            A:=STRTOINT(COPY(ADOLAR,2, 8));
            B := STRTOINT(COPY(aDOLAR, 9, 13));
            n[a] := ROUND(B);
        END;
    CLOSEFILE(OUTFILE);
    REWRITE(DMDFILE);
    FOR x := 1 TO MR DO WRITELN (DMDFILE, n[x]);
    hs := STRTOINT( FORM1.MakinaSayisi.TEXT);
    CM:=VarArrayCreate([1, HS,1, MNV], varINTEGER);
    CP:=VarArrayCreate([1, HS,1, MR], varINTEGER);
    MS:=VarArrayCreate([1, HS], varINTEGER);
    PS:=VarArrayCreate([1, HS], varINTEGER);
    FOR x := 1 TO hs DO CM[x, 1] := x;
    CLOSEFILE(DMDFILE);
    REWRITE(CELLFILE);
    FOR x := 1 TO hs DO
        BEGIN
            FOR y := 1 TO mnv DO WRITE (CELLFILE, cm[x, y]);
            WRITELN (CELLFILE,"");
        END;
    CLOSEFILE(CELLFILE);
    ASSIGNFILE(OUTFILE, 'YERLESIM.SEL');
    REWRITE(OUTFILE);
    WRITELN(OUTFILE, '
                                M A K I N A L A R ');
    WRITELN(OUTFILE);

```

```

GE:=1; X:=1;
WHILE (X<=GE) DO
  BEGIN
    WRITE(OUTFILE,' ');
    FOR y := 1 TO STRTOINT(FORM1.MakinaSayisi.TEXT) DO
      BEGIN
        IF COPY(INTTOSTR(osmak[y]),X,1)="" THEN WRITE (OUTFILE,' ')
        ELSE BEGIN WRITE(OUTFILE,COPY(INTTOSTR(osmak[y]),X,1),' ');GE:=X+1;END;
      END;
    WRITELN(OUTFILE);
    X:=X+1;
  END;
WRITELN(OUTFILE);
K:=MAXROTA;
FOR X := 1 TO K DO
  BEGIN
    GE:=OSROTA[X];
    WRITE(OUTFILE,'Rota-',GE:3);
    FOR y := 1 TO STRTOINT(FORM1.MakinaSayisi.TEXT) DO
      WRITE(OUTFILE,' ',bs[X, y],' ');
    WRITELN(OUTFILE);
  END;
CLOSEFILE(OUTFILE);
end;
FUNCTION STOI(S:STRING):INTEGER;
BEGIN
IF S<>" THEN STOI:=STRTOINT(S) ELSE STOI:=0;
END;
FUNCTION MAXROTA:INTEGER;
VAR A,TOP:INTEGER;
BEGIN
TOP:=0;
FOR A:=1 TO FORM1.SG1.ROWCOUNT DO
  TOP:=TOP+STOI(FORM1.SG1.CELLS[1,A]);
  MAXROTA:=TOP;
END;
PROCEDURE ROTAYAZ;
VAR A:INTEGER;
BEGIN
FOR A:=1 TO MAXROTA
  DO FORM1.SG2.Cells[0,A]:=INTTOSTR(A);
END;
procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
VAR A:INTEGER;
begin
ITN:=1;
A:=SG1.Cols[0].ADD('PARÇA NO');
A:= SG1.Cols[1].ADD('ROTA SAYISI');
A:= SG1.Cols[2].ADD('TALEB');
A:= SG1.Cols[3].ADD('ÖNEM DERECESİ');
SG2.CELLS[0,0]:='ROTA NO';
SG2.CELLS[1,0]:='PARÇA NO';
MAKINALAR.Cells[0,0]:='MAKINA ADI';
MAKINALAR.CELLS[0,1]:='KAPASİTE';
deletefile('trafik.dmd');
deletefile('trafik.snc');
deletefile('trafik.cel');
deletefile('trafik.mdl');
deletefile('01.cel');

```

```

deletefile('yerlesim.sel');
deletefile('workcent.txt');
end;
procedure TForm1.parcasayisiExit(Sender: TObject);
VAR A,B:INTEGER;
begin
SG1.ROWCOUNT:=STOI(PARCASAYISI.TEXT)+1;
FOR B:=1 TO STOI(PARCASAYISI.TEXT) DO
A:=SG1.Cols[0].ADD(INTTOSTR(B));
end;
procedure TForm1.SG1SelectCell(Sender: TObject; Col, Row: Integer;
var CanSelect: Boolean);
begin
PARCANO.CAPTION:='PARCA NO: '+INTTOSTR(ROW);
end;
procedure TForm1.maxrotasayisiExit(Sender: TObject);
VAR A:INTEGER;
begin
SG2.RowCount:=STOI(MAXROTASAYISI.TEXT)+1;
FOR A:=1 TO STOI(MAXROTASAYISI.TEXT) DO
SG2.CELLS[0,A]:=INTTOSTR(A);
end;
procedure TForm1.SG1SetEditText(Sender: TObject; ACol, ARow: Integer;
const Value: String);
VAR A,B,C,D,E:INTEGER;
begin
IF ACol=1 THEN
BEGIN
SG2.ROWCOUNT:=MAXROTA+1; ROTAYAZ;
MAXROTASAYISI.TEXT:=INTTOSTR(MAXROTA+1);
C:=0; IF (PARCASAYISI.TEXT<>") THEN e:=STOI(PARCASAYISI.TEXT) ELSE E:=0;
FOR A:=1 TO E DO
BEGIN
TRY
IF SG1.Cells[1,A]<>" THEN D:= STOI(SG1.CELLS[1,A]) ELSE D:=0;
EXCEPT
ON EConvertError DO SHOWMESSAGE ( 'HATA YAA...');
END;
FOR B:=1 TO D DO
BEGIN
C:=C+1; SG2.CELLS[1,C]:=INTTOSTR(A);
END;
END; END;
end;
procedure TForm1.SG1Enter(Sender: TObject);
VAR A,B:INTEGER;
begin
FOR B:=1 TO 3 DO
FOR A:=1 TO STOI(PARCASAYISI.TEXT) DO
IF SG1.Cells[B,A]=' ' THEN SG1.CELLS[B,A]:='0';
end;
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
VAR A,B,C :INTEGER;
begin C:=0;
FOR A:=1 TO STOI(PARCASAYISI.TEXT) DO
BEGIN
FOR B:=1 TO STOI(SG1.CELLS[1,A]) DO
BEGIN
C:=C+1;

```

```

    SG2.Cells[1,C]:=INTTOSTR(A);
    END;
END;
end;
procedure TForm1.KAPATClick(Sender: TObject);
begin
CLOSE;
end;
procedure TForm1.k1Click(Sender: TObject);
begin
KAPATCLICK(SENDER);
end;
procedure TForm1.maxoperasyonsayisiExit(Sender: TObject);
VAR MOS,A,B:INTEGER;
begin
MOS:=STOI(MAXOPERASYONSAYISI.TEXT);
SG2.COLCOUNT:=2*MOS+2;
FOR A:=1 TO MOS DO
    BEGIN
    SG2.Cells[1+A,0]:=INTTOSTR(A)+'.OM';
    SG2.Cells[1+A+MOS,0]:=INTTOSTR(A)+'.OS';
    END;
end;
procedure TForm1.makinasayisiExit(Sender: TObject);
VAR A,MS:INTEGER;
begin
IF MAKINASAYISI.TEXT<>" THEN MS:=STOI(MAKINASAYISI.TEXT) ELSE MS:=0;
MAKINALAR.COLCOUNT:=MS+1;
end;
procedure TForm1.save1Click(Sender: TObject);
var tf:textfile; S:STRING; A,B:INTEGER; LINE:STRING;
begin
AssignFile(TF, FileName); { File selected in dialog box }
ReWRITE(TF);
WRITELN(TF, '+MAKINASAYISI.TEXT+' '+PARCASAYISI.TEXT+' '+MAXOPERASYONSAYISI.TEXT+' '+INTTOSTR(MAXROTA)+' '+MN.TEXT);
// PARÇALARIN ALTERNATİF ROTA ADETLERİ
LINE:="";
FOR A:=1 TO STOI(PARCASAYISI.TEXT) DO LINE:=LINE+' '+SG1.CELLS[1,A]+' ';
WRITELN(TF,LINE);
// PARÇALARIN TALEBLERİ
LINE:="";
FOR A:=1 TO STOI(PARCASAYISI.TEXT) DO LINE:=LINE+' '+SG1.CELLS[2,A]+' ';
WRITELN(TF,LINE);
// PARÇALARIN ÖNEM DERECELERİ
LINE:="";
FOR A:=1 TO STOI(PARCASAYISI.TEXT) DO FOR B:=1 TO STOI(SG1.CELLS[1,A]) DO LINE:=LINE+' '+SG1.CELLS[3,A]+' ';
WRITELN(TF,LINE);
// A.NINCI ROTANIN B.NİNCİ OPERASYONUNU YAPAN MAKİNALAR.....
FOR A:=1 TO MAXROTA DO
    BEGIN
    LINE:="";
    FOR B:=1 TO STOI(MAXOPERASYONSAYISI.TEXT) DO LINE:=LINE+' '+SG2.CELLS[B+1,A]+' ';
    WRITELN(TF,LINE);
    END;
// MAKİNA KAPASİTELERİ
LINE:="";
FOR A:=1 TO STOI(MAKINASAYISI.TEXT) DO LINE:=LINE+' '+MAKINALAR.CELLS[A,1]+' ';

```

```

    WRITELN(TF,LINE);
// MAKİNA KODLARI
    LINE:="";
    FOR A:=1 TO STOI(MAKINASAYISI.TEXT) DO LINE:=LINE+' '+MAKINALAR.CELLS[A,0]+' ';
    WRITELN(TF,LINE);
// A.NINCI ROTANIN B.NINCI OPERASYONUNU YAPAN MAKİNALARIN İŞLEM SÜRELERİ.....
    FOR A:=1 TO MAXROTA DO
        BEGIN
            LINE:="";
            FOR B:=1 TO STOI(MAXOPERASYONSAYISI.TEXT) DO LINE:=LINE+'
'+SG2.CELLS[B+1+STRTPOINT('0'+MAXOPERASYONSAYISI.TEXT),A]+' ';
            WRITELN(TF,LINE);
        END;
    CloseFile(TF);
end;
procedure TForm1.FormActivate(Sender: TObject);
begin
end;
procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
begin
    FORM2.SHOW;
end;
procedure TForm1.FormPaint(Sender: TObject);
var a:integer;
begin
    for a:=2 to sg2.ColCount-1 do sg2.ColWidths[a]:=30;
    for a:=1 to makinalar.colcount-1 do makinalar.colwidths[a]:=40;
    IF FILENAME="" THEN FORM2.SHOW;
end;
procedure TForm1.FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
VAR A:WORD;
begin
    A:=MessageDlg('Değişiklikleri Kaydet?', mtConfirmation, mbYesNoCancel, 0);
    IF A=MRYES THEN save1Click(Sender)
    ELSE IF A=MRCANCEL THEN action:=canone;
end;
procedure TForm1.SG2Enter(Sender: TObject);
var a,b:integer;
begin
    for a:=2 to sg2.colcount do
        for b:=1 to sg2.RowCount do
            if sg2.cells[a,b]='' then sg2.cells[a,b]:='0';
end;
procedure TForm1.load1Click(Sender: TObject);
var tf:textfile; A,B,C,D,E:INTEGER; st:string;
begin
    if form2.OpenDialog1.Execute then
        BEGIN
            FILENAME:=FORM2.OpenDialog1.FileName;
            yenileclick(sender);
        END;
end;
procedure TForm1.yenileClick(Sender: TObject);
var tf:textfile; A,B,C,D,E:INTEGER; st:string;
begin
    assignfile(tf,filename);
    {$I-}
    reset(tf);
    {$I+}

```

IF IORESULT<>0 THEN SHOWMESSAGE(FILENAME +' DOSYASI BULUNAMADI')

ELSE

BEGIN

READ(TF,a,b,c,d,e);

makinasayisi.text:=inttostr(a);

parcasayisi.text:=inttostr(b);

maxoperasyonsayisi.text:=inttostr(c);

mn.text:=inttostr(e);

for a:=1 to stoi(parcasayisi.text) do

begin

read(tf,b);

sg1.Cells[1,a]:=inttostr(b);

end;

sg1.rowcount:=stoi(parcasayisi.text)+1;

for a:=1 to stoi(parcasayisi.text) do

sg1.cells[0,a]:=inttostr(a);

for a:=1 to stoi(parcasayisi.text) do

begin

read(tf,b);

sg1.Cells[2,a]:=inttostr(b);

end;

for a:=1 to stoi(parcasayisi.text) do

begin

for c:=1 to stoi(sg1.cells[1,a]) do read(tf,b);

sg1.Cells[3,a]:=inttostr(b);

end;

sg2.RowCount:=maxrota+1;

sg2.colcount:=stoi(maxoperasyonsayisi.text)*2+2;

c:=0;

for a:=1 to maxrota do

begin

sg2.cells[0,a]:=inttostr(a);

end;

for a:=1 to stoi(parcasayisi.text) do

begin

for b:=1 to stoi(sg1.cells[1,a]) do

begin

c:=c+1;

sg2.Cells[1,c]:=inttostr(a);

end;

end;

for b:=1 to maxrota do

for a:=1 to stoi(maxoperasyonsayisi.text) do

begin

read(tf,c);

sg2.cells[a+1,b]:=inttostr(c);

end;

makinalar.cells[0,0]:='makina adı';

makinalar.cells[0,1]:='kapasite';

makinalar.rowcount:=2;

makinalar.colcount:=stoi(makinasayisi.text);

for a:=1 to stoi(makinasayisi.text) do

begin

read(tf,c);

makinalar.Cells[a,1]:=inttostr(c);

end;

for a:=1 to stoi(makinasayisi.text) do

begin

read(tf,c);

```

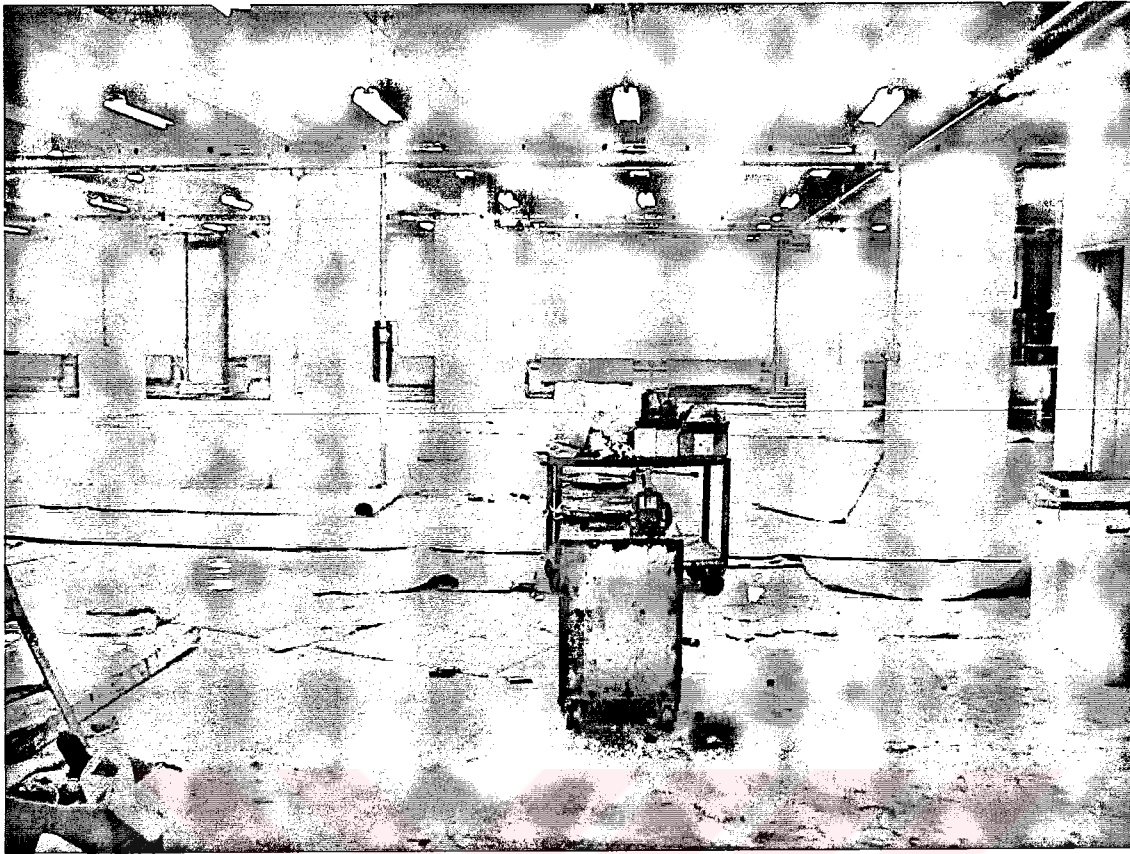
    makinalar.Cells[a,0]:=inttostr(c);
end;
for b:=1 to maxrota do
for a:=1 to stoi(maxoperasyonsayisi.text) do
    begin
    read(tf,c);
    sg2.Cells[a+1+stoi(maxoperasyonsayisi.text),b]:=inttostr(c);
    end;
for a:=1 to stoi(maxoperasyonsayisi.text) do
    begin
    sg2.Cells[1+a,0]:=inttostr(a)+'OP';
    sg2.Cells[1+a+stoi(maxoperasyonsayisi.text),0]:=inttostr(a)+'O.S';
    end;
    closefile(tf);
    maxrotasayisi.text:=inttostr(maxrota);
END;
end;
procedure TForm1.problemadndeitir1Click(Sender: TObject);
begin
filename:=inputbox('Problemin yeni ismi','isim:',filename);
form1.caption:='trafik - '+filename;
end;
procedure TForm1.solve1Click(Sender: TObject);
begin
    solve; ITN:=ITN+1;
end;
procedure TForm1.hakknda1Click(Sender: TObject);
begin
aboutbox.show;
end;
end.

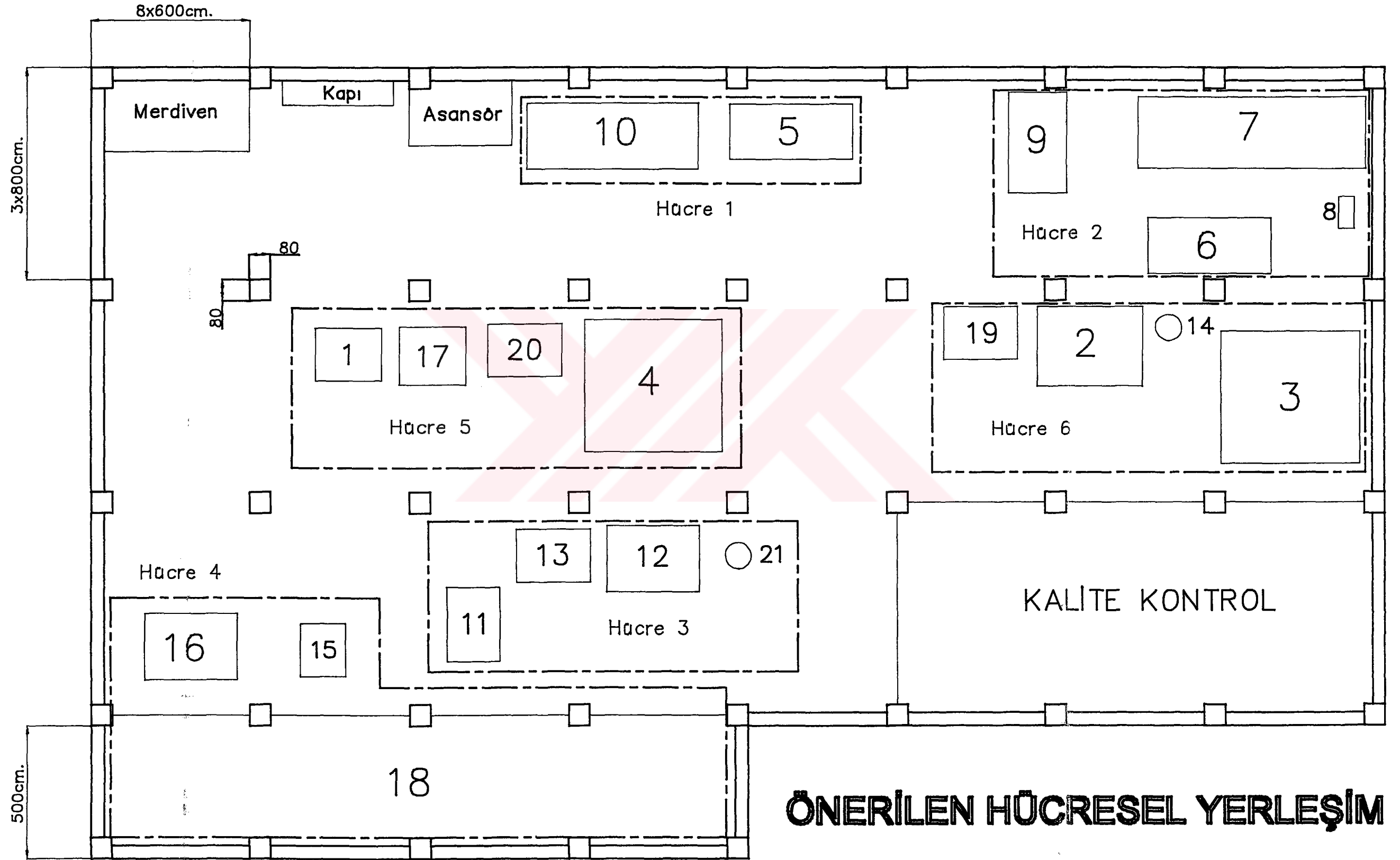
```

EK 5

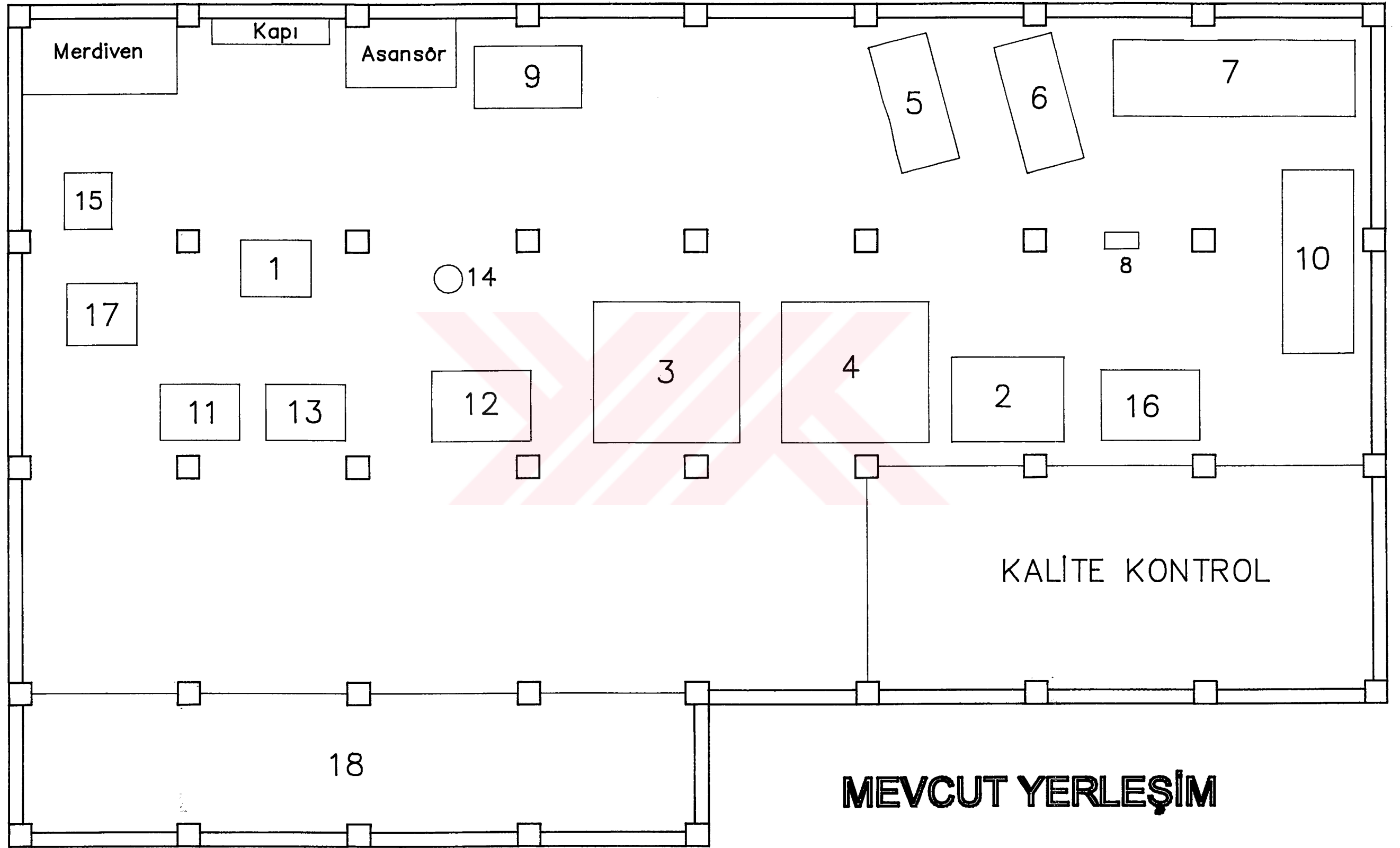
MEVCUT ve ÖNERİLEN YERLEŞİM

TEZGAHLARIN YERLEŐTİRİLECEĐİ ALANIN RESİMLERİ





ÖNERİLEN HÜCRESEL YERLEŞİM



ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi 01.10.1974

Doğum Yeri İstanbul

Lise 1989-1992 Gaziantep Fen Lisesi

Yab. Dil Haz. 1992-1993 Ortadoğu Teknik Üniversitesi
Yabancı Diller Yüksek Okulu İngilizce Bölümü

Lisans 1993-1997 Ortadoğu Teknik Üniversitesi
Makina Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 1997-2000 Yıldız Teknik Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

Çalıştığı Kurum

1997-devam ediyor Kalekalıp Makina ve Kalıp A.Ş.
Üretim ve Sistem Mühendisi