

GİYOTİNLE KESMEDE İKİ BOYUTLU  
DİLME PROBLEMİNİN ÇÖZÜMÜ İÇİN  
YORDAMSAL BİR YAKLAŞIM

Doğan Erol

Anadolu Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı  
Endüstri Mühendisliği Bilim Dalında  
DOKTORA TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman : Prof.Dr. İmdat Kara

**Anadolu Üniversitesi**  
**Merkez Kütüphane**

Temmuz - 1989

Dogan Erol'un DOKTORA tezi olarak hazırladığı "Giyotinle Kesmede İki Boyutlu Dilme Probleminin Çözümü İçin Yordamsal Bir Yaklaşım" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

18/07/1989

üye : Prof. Dr. Musa ŞENEL

üye : Prof. Dr. Murat DİNÇMEN

üye : Prof. Dr. İmdat KARA

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun **31. TEMMUZ 1989** gün ve **216/3**..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Rüstem Kaya  
Enstitü Müdürü

## ÖZET

Boyutları bilinen dikdörtgen şekilli bir malzemeden: herbirisinden belirli miktarda istenen dikdörtgen veya dikdörtgene tamamlanabilen karışık düzlemsel şekillerin kesilmesi problemi, uygulamada sık karşılaşılan iki boyutlu bir malzeme dilme problemidir. Bu tip problemlerin çözümünde, kesme kayıplarını (fireleri) enküçükleme amacına göre matematik programlama tekniklerinin kullanıldığı veya problem alanına bağlı olarak bazı yordamsal yaklaşımların (heuristics) geliştirildiği gözlenmektedir. Bu çalışmada açıklanan yordamsal çözüm yaklaşımında; giyotinle kesmede iki boyutlu malzeme dilme problemi, sıralama ve çizelgeleme problemi yaklaşımıyla ele alınıp; geliştirilen bir algoritmaya göre, önemli bir çözüm evresi olan kesme planları, benimsenen öncelik kurallarına göre türetilmektedir. Çözüm yaklaşımının ikinci aşamasında, türetilen kesme planlarının uygulama çizimleri hazırlanmakta ve son aşamada ise bunlardan hareketle hesaplanan maliyet bileşenlerinin karşılaştırması bir tablo halinde karar vericiye sunulmaktadır. Önerilen çözüm yaklaşımının bir gerçek hayat problemine uygulaması da gösterilmektedir.

### Anahtar kelimeler

Giyotin Kesmesi

Stok Kesme Problemi

Malzeme Dilme Problemi

iki boyutlu kesme

## S U M M A R Y

So far, many solution methods for the constrained two dimensional guillotine cutting stock problems have been developed. However, as most planners know, in real life, it is frequently improper to define the decision criterion as the minimisation of trim loss. In practice, the requirement is to determine cutting patterns which effectively balance and satisfy the conflicting goals such as, waste minimisation, low number of patterns, utilization of materials, low spread of order across pattern set.

In this study, a sequencing and scheduling problem based heuristic for two dimensional guillotine cutting stock problem is introduced. Using the pattern generated by the heuristic, the decision maker may take into account the above goals separately. The heuristic is applied to a real life problem and satisfactory results are obtained. Meantime, randomly generated problems are solved in order to see the efficiency of the approach.

### Key Words

Heuristics

Cutting-Stock

Two-Dimensional Cutting

Trim-Loss Problem

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	iv
SUMMARY .....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	ix
TABLOLAR DİZİNİ .....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xi
GİRİŞ .....	1

### BİRİNCİ BÖLÜM

#### MALZEME DİLME VE KESME KAYIPLARI PROBLEMİNE

##### GENEL BAKIŞ

1.1. Genel Açıklamalar .....	5
1.1.1. Temel kavramlar .....	5
1.1.2. Dilme planları .....	6
1.2. Dilme Problemlerinin Sınıflandırılması ve Endüstriyel Uygulamalar .....	11
1.2.1. Boyutlara göre sınıflandırma .....	11
1.2.2. Dyckhoff gösterimi .....	12
1.3. Dilme Problemlerinin Kısıtları .....	15
1.3.1. Malzeme kısıtları .....	15
1.3.2. Teknolojik kısıtlar .....	15
1.3.3. Yöntemsel kısıtlar .....	15
1.4. Dilme Probleminde Benimsenebilir Amaçlar .....	17
1.4.1. Kesme kaybı ölçütü .....	17
1.4.2. Malzeme miktarı ölçütü .....	18
1.4.3. Toplam maliyet ölçütü .....	18
1.4.4. Kapasite kullanım ölçütü .....	18
1.5. Dilme Problemlerinin Modellenmesi .....	19
1.5.1. Bir boyutlu dilme probleminin modellenmesi .....	20
1.5.2. İki boyutlu dilme probleminin modellenmesi .....	21

## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
1.5.3. Üç boyutlu dilme probleminin modellenmesi .....	22
1.6. Dilme Problemleri Çözüm Yöntemleri .....	23
1.6.1. Analitik yöntemler .....	23
1.6.2. Yordamsal yaklaşımlar .....	23
1.6.3. Diğer yaklaşımlar .....	24
1.7. Geleneksel Dilme Problemindeki Farklılaşmalar .....	24
1.7.1. Talepten fazla veya talepten az miktarlara izin verilmesi .....	25
1.7.2. Dilme planındaki parçaların konumu .....	26

## İKİNCİ BÖLÜM

### DİLME PROBLEMLERİ İÇİN MEVCUT ÇALIŞMALAR VE ÇÖZÜM YAKLAŞIMLARI

2.1. Çözüm Yaklaşımlarının Sınıflandırılması..	28
2.1.1. Geleneksel çözüm yaklaşımları .....	29
2.1.2. Gilmore-Gomory yöntemi .....	33
2.1.2.1. Bir boyutlu dilme problemlerinde Gilmore-Gomory yöntemi .....	33
2.1.2.2. İki boyutlu dilme problemlerinde Gilmore-Gomory yöntemi .....	35
2.1.3. Yordamsal yaklaşımlar .....	37
2.1.4. Diğer yaklaşımlar .....	41
2.5. Çözüm Yaklaşımlarının İrdelenmesi .....	45

## İÇİNDEKİLER (devam)

### ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

#### GİYOTİN KESME İŞLEMİNE BAĞIMLI İKİ BOYUTLU DİLME PROBLEMİNİN ÇÖZÜMÜNDE YENİ BİR YORDAM

	<u>Sayfa</u>
3.1. Yeni Yordam Gereksinimi .....	47
3.2. Dilme Problemi ile Sıralama ve Çizelgeleme Problemi Arasındaki Benzerlik .....	49
3.3. Giyotinde Kesme İşlemi .....	50
3.4. Önerilen Çözüm Yaklaşımının Temel Bileşenleri .....	51
3.4.1. Parçaların yerleştirilmesi .....	51
3.4.2. Kesme planlarının türetilmesi .....	54
3.4.3. Uygulama çizimlerinin hazırlanması.	56
3.4.4. Karşılaştırma tablosu .....	57
3.5. Kesme Planları Türetme Algoritması .....	63
3.5.1. Çözüm algoritmasının adımları .....	64
3.5.2. Bilgisayar Programları .....	67
3.6. Uygulama .....	69
SONUÇ .....	76
KAYNAKLAR DİZİNİ .....	78
EKLER .....	82

## SEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Bir Boyutlu Dilme Problemi .....	7
1.2. İki Boyutlu Dilme Problemi .....	8
1.3. Üç Boyutlu Yerleştirme Problemi .....	9
1.4. Kademeli Kesme Planları .....	10
2.1. Beş Parçalı Yerleşim Planı .....	35
3.1. Giyotin Kesme Kısıtına Uymayan ve Uyan Kesme Planları .....	51
3.2. Paralel Yerleşim Konumu .....	53
3.3. Dik Yerleşim Konumu .....	53
3.4. Kısa Kenar Paralelinin Alanları .....	55
3.5. Uzun Kenar Paralelinin Alanları .....	56
3.6. Kesme Planında Giyotin Ayarı .....	63
3.7. Çözüm Algoritması İşlem Akışı .....	66
3.8. Yazıcıdan Alınan Kesme Planı .....	67



## TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Bazı Dilme Problemlerinin Simgesel Gösterimi .....	14
3.1. Çözüm Değerleri Karşılaştırma Tablosu ..	58
3.2. Birinci Grup Parça Verileri .....	70
3.3. Birinci Grup Parçalar İçin Çözüm Değerleri .....	71
3.4. İkinci Grup Parça Verileri .....	72
3.5. İkinci Grup Parça Verileri İçin Çözüm Değerleri .....	73
3.6. İkinci Grup Parçalar İçin Maliyet Karşılaştırma Tablosu .....	74

## SIMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simge</u>	<u>Açıklama</u>
A1, A2, A3, A4	Listedeki ilk parçanın ana malzemeye yerleşiminden sonra oluşan alt alanlar
A <sub>i</sub>	Alan öncelik kuralı
a <sub>i,j</sub>	j planında bulunan i parçasının miktarı [Adet]
b <sub>i</sub>	Doğrusal karar modeline eklenecek olan yeni kesme planındaki i parçasının miktarı [Adet]
C <sub>j</sub>	j planının maliyeti [TL]
D <sub>i</sub>	i parçasının talep miktarı [Adet]
FO	Fire oranı [%]
H	Ana hacim yüksekliği [Uz. Birim]
H <sub>i</sub>	i parçasının yüksekliği [Uz. Birim]
i	Parça sayısı indisi
j	Plan sayısı indisi
k	Sonradan kullanılabilir alan miktarı [Adet]
L	Kesilmesi istenen ana malzeme boyu, kesilecek ana malzemenin uzun kenarı [Uz. Birim]
L <sub>i</sub>	i parçasının uzunluğu, i parçasının uzun kenarı, uzun kenar öncelik kuralı
m	Boyutları ve talep miktarları farklı parça çeşidi [Adet]
MKE	Malzeme kullanım etkinliği [%]
n	Kesme planı sayısı [Adet]
n <sub>te</sub>	Teorik ana malzeme gereksinimi [Adet]
n <sub>e</sub>	Enaz malzeme gereksinimi [Adet]
n <sub>s</sub>	Satın alınacak malzeme gereksinimi [Adet]
R <sub>i</sub>	i parçası gereksinim miktarı [Adet]
V <sub>i</sub>	Doğrusal karar modelinin enson çözümüne göre i parçasının şimdiki gölge fiyatı [TL]
W	Ana malzeme kısa kenarı [Uz. Birim]
W <sub>i</sub>	i parçasının kısa kenarı [Uz. Birim]
X <sub>j</sub>	j planından gerekli olan miktar [Adet]

## GİRİŞ

Kağıt, cam, tekstil, uçak, gemi, kundura ve mobilya benzeri endüstri alanlarında, boyutları bilinen bir malzemeden çeşitli biçim, miktar ve boyutlara sahip daha küçük parçaların kesilerek kullanılması gerektiği bilinmektedir. Bu tür problemler genel olarak dilme problemleri olarak anılmakta iseler de, çoğu kez işleme uygun olarak malzeme kesme problemleri (stock cutting) adıyla bilinmektedirler. Kesme işlemi için bir planlama çalışması yapabilmek amacıyla, işlemin teknolojik boyutu yanında ekonomik boyutunun da gözönüne alınması gerektiği, konuya yakın kişilerin görüşüdür. Kesilmesi istenen parçaların şekil karmaşıklığı, cinsi, boyutları, talep düzeyleri ile istenen parçaların boyutları ve temin edilebilen malzeme boyutları arasındaki farkın mertebesi, kullanılan kesme düzeneginin teknik yetenekleri, kesme planlarını türetme yöntemi, kesme işlemlerinin uygulanabilirliğini ve işlem ekonomisini etkilemektedir. Kesme işlemi ekonomisinin denetim altında tutulabilmesi veya etkin olarak izlenebilmesi gerekmektedir. Kesme ekonomisi üzerindeki en büyük etkiyi, kesme planları türetme yöntemi yaptığından buna ilişkin araştırmaların önemi büyüktür.

Istlenen parçaların bir veya birden fazla çeşitteki ana malzemeden dilinmesi probleminin, kişisel bilgi birikimine, sezgilere ve deneylere bağlı yöntemlerle veya şablonlarla sınaama yöntemi ile hazırlanan kesme planlarına göre çözülmek istenmesi, pratikte benimsenen bir eğilimdir.

Bu uygulamalarda kesme planları oluşturulurken, kısaca fire olarak tanımlanan kesme kayıplarının en aza indirgenmek istendiği, ancak diğer maliyet bileşenlerine yer verilmediği, karar vericiye tek seçenek üretildiği görülmektedir. İncelenen kaynaklara göre de malzeme dilme problemlerinin çözümü için bir çok yöntem ve yaklaşımın

geliştirildiği gözlenmektedir. Uygulama alanlarında karşılaşılabılır herhangi bir dilme probleminin çözümünü yapabilecek genel amaçlı çözüm yaklaşımının olmadığı, çözüm yöntemi olarak analitik veya yordamsal yaklaşımların kullanıldığı, yordamsal olanların ise problem bağımlılığı özelliği taşıdıkları, erişilebilen kaynaklarda ifade edilen diğer kayda değer noktalardır. Ele alınmalarına 1950 yılında başlanan dilme problemleri üzerindeki araştırma ve çalışmalar bugün de yoğun biçimde devam etmektedir.

Dilme problemlerinin çözüm yaklaşımlarını inceleyen araştırma ve çalışmalarda, dilme planları üzerine nedeni yeterince açıklanmayan kısıtların konulduğu, kesme düzeni ayarı ve kesme maliyetlerine açıkça değinilmediği, son anda belirebilecek isteklerin karşılanma konusunun ele alınmadığı, parçaların dilme planları arasındaki dağılımının açıklanmadığı, denetlenebilir maliyet bileşenlerine bilhassa iki boyutlu dilme problemlerinde çoğu endüstri alanında yer verilmediği, daha çok fire oranlarının enküçüklenmek istendiği dikkati çekmektedir. Aynı çalışmalarda, karar vericiye çok seçenekli çözüm değerleri üretebilen bir yaklaşımın, salt suntaların mobilya yapımında kullanıldığı alana ait olduğu, çelik ve benzeri malzemelerden dikdörtgensel parçaların giyotin makaslarda kesimine ait herhangi bir yaklaşımın önerilmediği görülmektedir. Giyotin makaslarda malzeme kesmenin yaygın bir uygulama olduğu gözönüne alındığında, bu işlemin ekonomisine yönelik bir planlamanın önemi artmaktadır. Benzer nedenlerle iki boyutlu giyotin makas kesmesine bağımlı bir dilme probleminin incelemege ve üzerinde çaba harcamağa değer problem olduğu, kullanıcı etkileşimli bir çözüm yaklaşımına gereksinim hissettirdiği belirtilebilir.

Atölye ve sipariş tipi üretimi benimsemiş işletmelerin çoğu, malzeme kesme problemlerini bir üretim planlama bütünü içinde ve eniyi şekilde planlamak, istenen parçaları üretim hatlarına zamanında ve gereken miktarda teslim etmek durumundadırlar. En iyi planlama ise, kesme planlarını mevcut kısıtlar altında en uygun yöntemle türetmekle mümkündür. İşyerlerinin çoğunun kesme planları türetiminde bilgisayar destekli çözüm yaklaşımlarından doyurucu düzeyde yararlandığı iddia edilemez. Bunda önemli sayılabilecek bir neden bu amaçla hazırlanan paket programların erişim ve kullanım maliyetlerinin şimdilik yüksek düzeylerde olduğunun sanılmasıdır. Kullanımı kolay, karar vericiye birden çok seçenek üretebilen ve kişisel mikrobilgisayarlarda çalıştırılabilecek özelliklere sahip bir çözüm yaklaşımının küçük işletmelerde benimseneceği umulur.

Yukarıdaki açıklamalar ışığında bu çalışmada, giyotin kesmede karşılaşılan iki boyutlu malzeme dilme problemini genel hatlarıyla ele alıp, esneklik getirebilen ve uygulaması kolay bir çözüm yaklaşımı geliştirmek, yanısıra da bu problemlerin çözümünde temel evre olan kesme planlarının türetilmesi için, kullanıcı etkileşimli bir yordam tasarlamak, böylelikle karar vericiye birden fazla seçenek üretecek bir karar destek sistemi ortamı oluşturmak amaçlanmıştır.

Geliştirilen çözüm yaklaşımı, dilme problemi ile sıralama ve çizelgeleme problemleri arasında saptanan benzerlikten yararlanarak oluşturulan parça aday listelerinden hareketle geliştirilen bir yordama göre kesme planlarını türetmektedir. Türetilen kesme planlarını, uygulama çizimlerinin hazırlanması ve bazı hesaplamalar izlemektedir.Çözüm yaklaşımının son aşamasında ise çözüm

değerleri, bir karşılaştırma tablosu halinde karar vericiye sunulmaktadır. Çalışma, belirtilen amaçlara uygun olarak üç bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde, temel tanım ve kavramlarıyla birlikte dilme problemlerinin türleri, kısıtları, matematiksel modelleri verilerek çözüm yöntemleri özetlenmektedir.

İkinci bölümde, dilme problemleri için bugüne kadar yapılan araştırma ve çalışmalar, erişilebilen kaynaklar esas alınarak bir sınıflandırma sistematigi içinde belirtilerek bunların irdelemesi yapılmaktadır.

Üçüncü bölümde, giyotin kesmesine bağımlı iki boyutlu bir malzeme dilme problemi için yeni bir çözüm yaklaşımına gereksinim duyulduğu belirtilmekte ve yaklaşımın yordamsal türden olmasının gerekçeleri açıklandıktan sonra yaklaşım, işlem adımları ve bilgisayar programlarıyla birlikte tanıtılmaktadır. Bu bölümde ayrıca, önerilen çözüm yaklaşımının, bir işletmede fırın saçlarının dilinmesi problemine, iki veri grubu halinde uygulanması ele alınarak, çözüm değerleri, karşılaştırma tablolarında verilmektedir.

Çalışmanın sonunda, genel bir değerlendirme ile birlikte ileride yapılabilecek değerlerde görülen çalışma ve ilgi konularına yer verilmektedir.

## BİRİNCİ BÖLÜM

### MALZEME DİLME VE KESME KAYIPLARI PROBLEMİNE GENEL BAKIŞ

#### 1.1 Genel Açıklamalar

Üretim veya ambalajlamada kullanılmak üzere, malzemelerin bir kesme işlemine tabi tutuldukları bilinmektedir. Malzemelerin istenen boyutlara indirgenmesi işleminin, bir amaç doğrultusunda ve bir plana göre yapılması gerekir. Bu bölümde malzeme kesme işlemiyle ilgili olarak dilme probleminin temel kavramları ve dilme planları üzerinde durulmaktadır.

##### 1.1.1. Temel kavramlar

Belirli boyutlarda temin edilebilen bir malzemenin, daha küçük boyuttaki malzemelere dilinmesi, **malzeme dilme problemi** olarak anılmaktadır. Dilinecek malzeme ifadesi yerine, çoğu zaman ana malzeme veya stok malzeme ifadesinin de kullanıldığı görülmektedir.

Bir malzemenin öngörülen bir plana göre dilinmesinden sonra ortaya çıkan ve boyutları itibariyle istenen parçaların en küçük boyutlara sahip olanından daha küçük olabilen parçalara, **kesme kayıpları** (fire) denir.

Fire sözcüğünün İngilizce kaynaklardaki karşılığı ise "waste" veya "trim loss" olarak bilinmektedir.

Benzer bir yaklaşımla, boyutları bilinen bir hacim içerisinde daha küçük boyutlu hacimlerin yerleştirilmesi sonucu ortaya çıkan ve başkaca bir yerleştirmeye olanak tanımayan hacimlere de yerleştirme kayıpları denmektedir.

Ana malzeme üzerinde kesme işlemi uygulanan doğrultu sayısı, dilme probleminin boyutunu ifade etmektedir. Sözgelimi, bir borunun yahut inşaat demirinin, herbirinden belirli bir boy ve miktarda olmak üzere daha küçük parçalara dilinmesi, bir boyutlu problemi temsil etmektedir. Aynı şekilde, bir dikdörtgen şekilli plakanın daha küçük dikdörtgen şekillere kesilmesi, iki boyutlu problemin örneğini oluşturmaktadır.

Bir, iki ve üç boyutlu dilme problemi için çizimsel açıklamalar, Şekil 1.1, Şekil 1.2 ve Şekil 1.3'de verilmektedir.

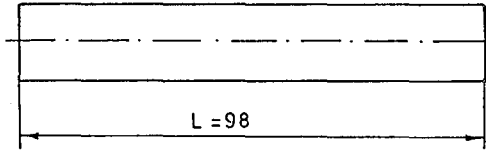
### 1.1.2. Dilme planları 1.2

Kesme işlemi için ana malzeme üzerine yapılabilir yerleştirmelerin herbirine, dilme planı denilmektedir. İstenen parçaların herbirisi belirli bir boyuta ve talep miktarına sahip olduğu için, bir parçanın birden fazla dilme planında yer alabilmesi olanaklıdır. Ancak bir parçanın tüm dilme planlarında bulunabilen miktarlarının toplamı, o parçanın talep miktarından küçük olmamalıdır.

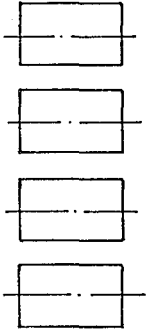
Dilme planları, istenen parçaların ana malzemeye yerleşim konumlarını ve yerleşim sayılarını belirten gösterimlerdir. Bu planlara, kesme işlemi yönlendirmeleri nedeniyle kesme planları da denilmektedir. Kesme planına karşılık olarak, İngilizce kaynaklarda "pattern" sözcüğü kullanılmaktadır. İki boyutlu dilme problemlerinde, istenen parçalara, iki, üç veya çok kademeli kesme yaptıktan sonra erişmek mümkündür. Çok kademeli planların uygulanması halinde daha düşük düzeyde fire miktarları ile



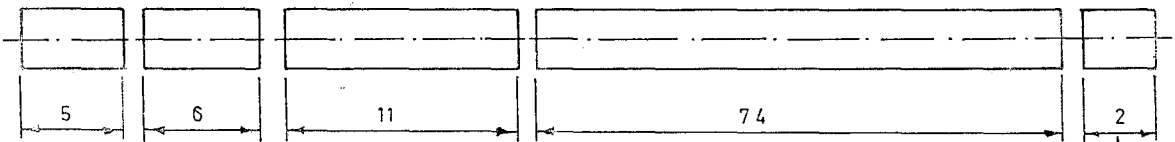
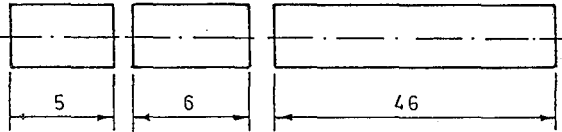
karşılaşılmasına rağmen kullanımda yaygın değildir. Çünkü çok kademeli kesme planlarının üretilmesi, külfetli bir uğraştır. İki kademeli kesme planlarının, uygulamadaki gereksinimleri karşılayabilecek düzeyde oldukları, bazı kaynaklarda belirtilmektedir (Farley, 1986). İki, üç ve çok kademeli kesme planları, Şekil 1.4 de verilmektedir.



l=98 birim boydaki boru (ana malzeme)

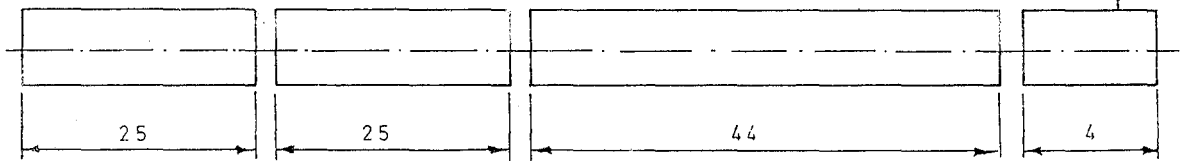


5-74 birim boylarda ve herbirinden belirli miktarlarda istenen borular



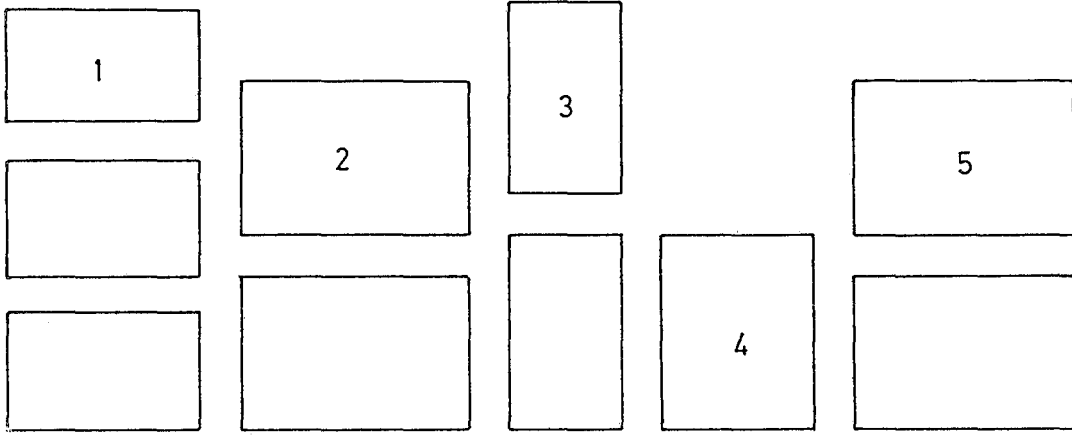
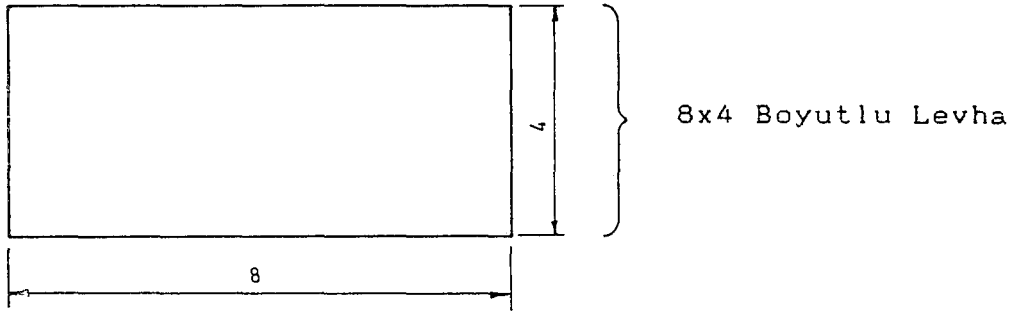
1. Dilme Planı

Fire

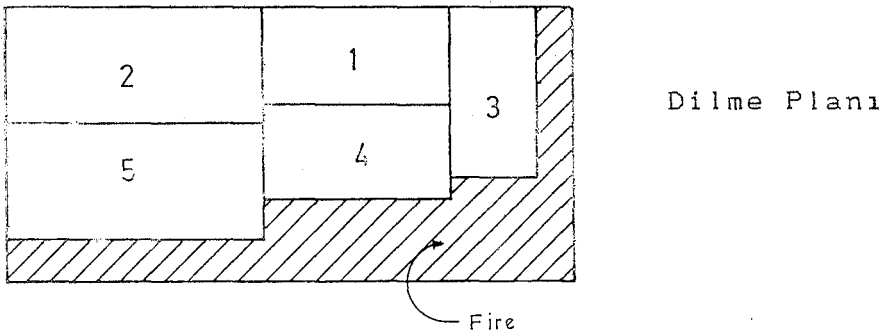


2. Dilme Planı

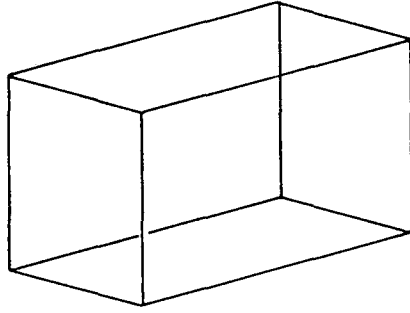
Şekil 1.1. Bir Boyutlu Dilme Problemi



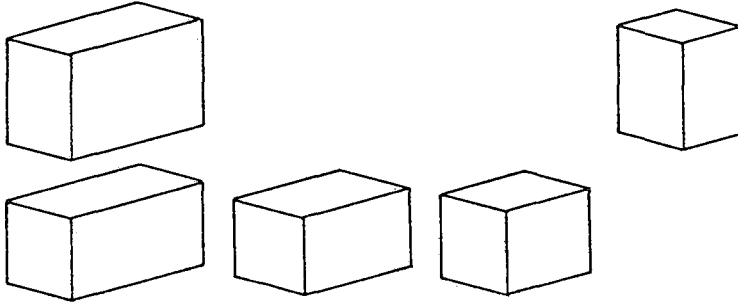
1x2 - 2x3 Boyutlarında ve herbirinden belirli miktarlarda istenen levhalar



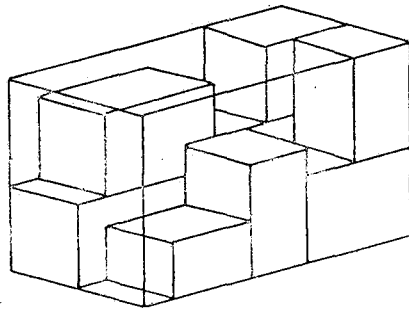
Şekil 1.2. İki Boyutlu Dilme Problemi



Yerleştirme Yapılacak Hacim

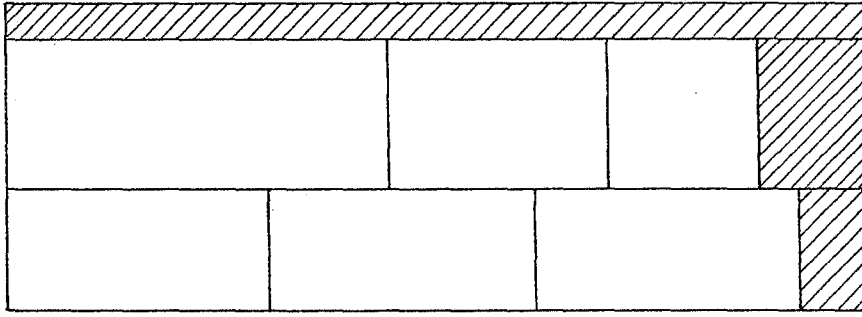


Yerleştirilmesi Gereken Kùçùk Hacimler

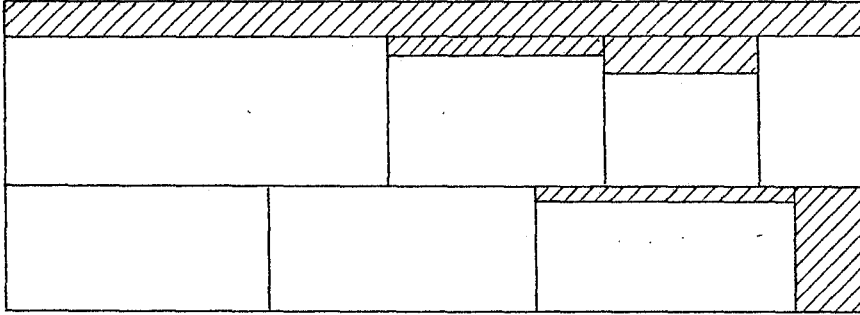


Örnek Yerleştirme Planı

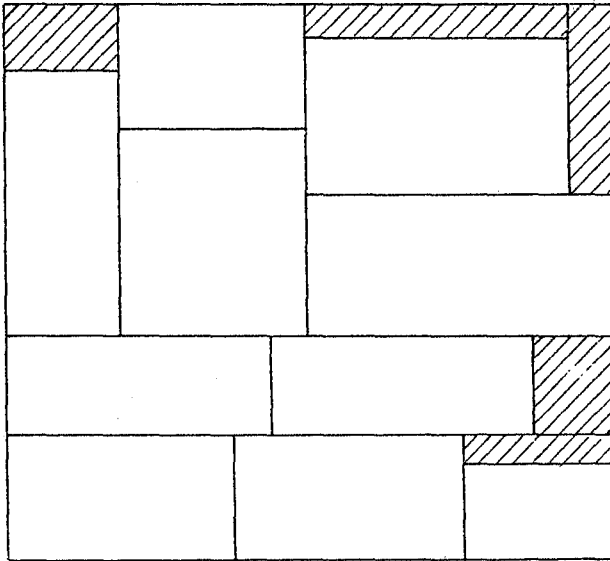
Şekil 1.3. Üç Boyutlu Yerleştirme Problemi



a)



b)



c)

Şekil 1.4. Kademeli Kesme Planları  
 a) İki kademeli kesme planı  
 b) Üç kademeli kesme planı  
 c) Çok kademeli kesme planı

Herhangi boyutlu bir dilme probleminin çözümünde dilme veya kesme planlarının üretilmesi, problemin birinci ve önemli aşamasını oluşturmaktadır. Etkin bir yöntemle üretilmiş ve önceden tanımlanan isteklere cevap verebilen bir plan, mümkün dilme planları kümesinin bir ögesini oluşturur. Bu kümenin belirli sayıda ögesi oluşturulduktan sonra, herbir ögeden ne miktarın süreçlenmesi gerektiğine ise, ikinci aşamada ve diğer bir yöntem kullanımı ile benimsenen bir veya birden fazla amaca göre karar verilir.

## 1.2 Dilme Problemlerinin Sınıflandırılması ve Endüstriyel Uygulamalar

Dilme problemlerinde, ana malzeme boyutları, istenen parça çeşidi, herbir parçanın boyutu ve talep miktarı, kesme tekniği, talep karşılama politikası, problemin karmaşıklık derecesini etkilemektedir (Wang, 1983).

Boyutlarına göre dilme problemlerini sınıflandırmak, gelenekleşmiş bir tutum olmakla beraber; son zamanlarda problemlerin simgelerle anlatıldığı da görülmektedir (Dyckhoff, 1988).

### 1.2.1. Boyutlara göre sınıflandırma

Endüstrinin çeşitli kesimlerinde bugüne kadar karşılaşılan dilme problemleri, boyutlarına göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir (Farley, 1986):

#### a) Bir boyutlu problemler

- (i) İnşaat demirlerinin kesilmesi,
- (ii) Tesisat borularının kesilmesi,
- (iii) Kağıt rulolarının kesilmesi,
- (iv) Karton rulolarının kesilmesi,

(v) Bilgisayar disklerinde kütüklere yer ayrılması.

• b) Birbuçuk boyutlu problemler

(i) Buzdolabı saçlarının kesilmesi,

(ii) Çamaşır makinası saçlarının kesilmesi,

(iii) Kağıt rulolarının kesilmesi.

• c) İki boyutlu problemler

(i) Pencere camlarının kesilmesi,

(ii) Kumaş rulolarının kesilmesi,

(iii) Çelik saç rulolarının kesilmesi,

(iv) Çelik plakaların kesilmesi,

(v) Mobilya suntalarının kesilmesi,

(vi) Paletlere yükleme yapılması.

• d) Üç boyutlu problemler

(i) Ambalaj kutularına yerleştirme yapılması,

(ii) Kamyonlara yükleme yapılması,

(iii) Gemilere yükleme yapılması,

(iv) Mermer bloklarının kesilmesi.

### 1.2.2. Dyckhoff gösterimi

Herhangi bir dilme veya yerleştirme problemi, simgesel olarak da ifade edilebilmektedir. (Dyckhoff, 1988). Buna göre;

- $\alpha$ : Problemin boyutunu,  $\alpha \in \{1,2,3,N\}$ ,
- B: Mevcut bir ana malzeme veya mevcut herhangi bir kapasite için küçük parçaların seçiminin yapılması gerektiğini,
- V: Mevcut küçük parçalar veya istenen parçalar için ana malzeme veya gerekli kapasite büyüklüğü seçiminin yapılması gerektiğini,
- $\beta$ : Problemin atama türünü,  $\beta \in \{B,V\}$ ,
- O: Bir büyük parçayı,
- I: Boyutsal ve geometrik olarak benzer parçaları,
- D: Boyutsal ve geometrik olarak farklı parçaları,
- $\gamma$ : Büyük parçaların türünü,  $\gamma \in \{O,I,D\}$
- C: Şekil olarak benzeyen parçaları,
- F: Az sayıdaki şekil ve boyut olarak değişik parçaları,
- M: Çok sayıdaki şekil ve boyut olarak değişik parçaları,
- R: Şekil ve boyut olarak az farklılık gösteren çok sayıda parçaları,
- $\delta$ : Küçük parçaların miktar ve türünü,  $\delta \in \{C,F,M,R\}$ ,

Simgeliyor olmak koşuluyla herhangi bir dilme problemi, genel olarak  $\alpha/\beta/\gamma/\delta$  biçimde gösterilebilir. Uygulamada karşılaşılan dilme problemlerinin önemli olanlarının Dyckhoff gösterimi Tablo 1.1'de verilmektedir.

**Tablo 1.1. Bazı Dilme Problemlerinin Simgesel Gösterimi**

<u>No</u>	<u>Acıklama</u>	<u>Simgesel Gösterim</u>
1	Geleneksel Sirt Çantası (S.Ç.) Problemi	1 / B / 0 / $\delta$
2	Herhangi Boyutlu S.Ç. Problemi	$\alpha$ / B / 0 / $\delta$
3	Palet Yükleme Problemi	2 / B / 0 / C
4	Araç Yükleme Problemi	1 / V / I / F
5	Gemi Yükleme Problemi	3 / V / I / $\delta$
	veya	3 / B / 0 / $\delta$
6	Bir Boyutlu Dilme Problemi	1 / V / I / R
	veya	1 / B / I / R
7	İki Boyutlu Dilme Problemi	2 / V / I / R
	veya	2 / B / D / R
8	Üç Boyutlu Dilme Problemi	3 / V / I / R
	veya	3 / B / D / R
9	Çok Periyotlu Sermaye Bütçeleme Problemi	$\alpha$ / B / 0 / F
	veya	$\alpha$ / B / 0 / M
10	Bilgisayar Disketinde Kütük Ayırma Problemi	1 / V / I / M
11	Montaj Hattı Dengeleme Problemi	1 / V / I / M
	veya	1 / V / D / M
12	Çokişlemlili Çizelgeleme Problemi	1 / V / I / M



### 1.3. Dilme Problemlerinin Kısıtları

Dilme problemleri, bir girdi/çıkıı süreci olduğundan; girişten çıkışa dek tüm süreç kısıtlarının bilinmesinde zorunluluk vardır. Dilme problemlerinin kısıtları, malzeme kısıtları, teknolojik kısıtlar ve yöntemsel kısıtlar olmak üzere üç başlık altında incelenebilir. İlgilenilen problemin uygulama alanı ve yapısı gereği, daha başka kısıtların da gözönüne alınabileceği unutulmamalıdır.

#### 1.3.1. Malzeme kısıtları

Dilinmesi gereken malzemenin geometrisi, boyutları, fiziksel özellikleri ve temin edilebilir miktarı, problemin malzeme kısıtlarını oluşturur. Sözgelimi, malzemenin kesiti, yapının lifli olup olmadığı, yoğunluğu, yüzey kusurlarının bulunma yerleri ve bunların bulunma olasılıkları vb. bilgiler, malzeme kısıtlarına örnek olarak gösterilebilirler.

#### 1.3.2. Teknolojik kısıtlar

Dilme olayında esas itibariyle bir malzemeye, herhangi bir makina veya düzende kesme işlemi uygulanmaktadır. Buna göre kullanılan kesme düzeneğinin, kesme kapasitesi, ayar yetenekleri vb. bilgiler, teknolojik kısıtları oluşturur.

Kesme işleminin, giyotin makaslarda destere tezgahlarında veya ergitme etkili bir ekipmanda yapıldığı duruma göre üretilecek kesme planları kesme kısıtına uyumluluk yönüyle farklı olacaktır (İsrani, 1984).

#### 1.3.3. Yöntemsel kısıtlar

Dilme problemlerinde, kesme planları, talebin karşılanma durumu ve çözümün tamsayı olması, yöntemsel kısıtlar başlığı altında toplanabilir.

Dilme problemi çözümünde amaç, yalnızca kesme kayıplarının en aza indirilmesi yerine, denetlenebilir tüm maliyetlerin toplamının enküçüklenmesi ise o vakit elden geçirme ve tezgahların ayar edilme maliyetlerini etkileyen kesme planı toplam sayısının da bir kısıt olarak ele alınması gerekmektedir. Bir boyutlu dilme problemlerinde, kesme düzeneginin kapasitesine bağımlı olarak herbir dilme planının içerdiği parça sayısı, bir kesme planı kısıtı olarak nitelenir. Ayrıca herbir kesme planı için öngörülen fire miktarı da bir başka kesme planı kısıtını oluşturmaktadır.

Kesme planları üzerine çok sayıda kısıt koymanın, çözüm süresini artırabileceği, uygulamalarda ortaya çıkmıştır (Christofides, 1977).

Istenen herbir parçanın talebinin tam olarak karşılanması ideal durum iken; bazen içinde bulunulan koşullar ve izlenen işletme politikaları nedeniyle istenen parçalardan bir kısmının talebinin kısmen karşılanması yahut talep miktarından daha fazla kesim yapılması düşünülebilir (Haessler, 1975). Bu düşünceler, kesme planları oluşturulma aşamasında talep karşılama kısıtı olarak değerlendirilir.

Temin edilebilen boyutlar itibariyle bir ana malzeme, bazı parçaların taleplerinin bir miktarını, sonradan karşılamayı gündeme getirebilir. Benzer olarak, kesme planlarının üretimi esnasında öngörülen boyutlardan daha büyük boyutlu ana malzeme temin edilmesi durumu ile karşılaşırsa, bu defa herhangi bir parçadan talep miktarının üstündeki değerlerde kesim yapılabilir. Bu durumda çıkan fazla parçalar, daha sonra kullanılmak üzere saklanabilecektir.

Talebin sonradan karşılanması veya talepten daha fazla kesim yapılmasının etkileri, Kesim 1.7.1'de incelenmektedir.

Uygulamada karşılaşılan dilme problemlerinin çözüm sonuçları, tamsayılı olmak zorundadır (Litton, 1977). Bir dilme probleminin çözüm yöntemi analitik ise, sözgelimi bir doğrusal programlama kullanılıyorsa, buna bir yuvarlatma işlemi eklenmelidir (Haessler, 1975). Herbir parçanın, herbir kesme planında bulunabilme miktarına bir kısıt konulmasının nedeni sonuçların tamsayıya yuvarlatılmasıyla ilgilidir. Analitik yöntemlerde, tamsayıya yuvarlatma işlemi sözkonusu olduğu halde; yordamsal yaklaşımlarda böyle bir işleme gerek kalmamaktadır (Sweeney, 1988).

#### 1.4 Dilme Problemlerinde Benimsenebilir Amaçlar

Dilme problemini, bir karar problemi olarak ele alabilmek için bir yahut birden fazla ölçütün benimsenerek, karşı gelen amaç fonksiyonunun tanımlanması gerekmektedir. Dilme problemlerinin çözümünde, kesme kaybı, malzeme miktarı, toplam maliyet ve kapasite kullanımı ölçütleri benimsenebilir (Harrison, 1984).

##### 1.4.1. Kesme kaybı ölçütü

Uygulanan bir yöntemle oluşturulan tüm kesme planları, uygun dilme planları kümesine alınmayabilir. Üretilen bir planın, uygun planlar kümesine girebilmesi için önceden belirlenen bir miktardan daha düşük miktarda veya eşit miktarda fire içermesi istenebilir. Her mümkün plan için bu istek tekrarlanırsa, kesme kayıpları toplamının enküçüklenmesi amaçlanmış demektir. Amaç fonksiyonunda, kesme kaybı ölçütünün benimsenmesi geleneksel ve yaygın bir tutumdur.

#### 1.4.2. Malzeme miktarı ölçütü

Temin edilebilir ana malzemenin, boyutları itibariyle birden fazla olması durumunda; giren malzeme miktarının enküçüklenmesi gerekebilir. Tek çeşit ana malzeme kullanılıyorsa, bu ölçütün benimsenmesi, fire ölçütünün benimsenmesi ile aynı anlamda düşünülmelidir.

#### 1.4.3. Toplam maliyet ölçütü

Bir dilme probleminde toplam maliyeti, kesme planlarını düzenleme ve elden geçirme maliyetleri, kesme süreci maliyeti ile fire maliyetleri oluşturmaktadır. Amaç fonksiyonu, bu üç maliyetin toplamı olarak tanımlanabilir ve bu toplamın enküçüklenmesi, karar verici tarafından benimsenebilir. Yüksek maliyetli malzemeler, pahalı düzeneklerde kesilecek ise, toplam maliyetin enküçüklenmek istenmesi önerilebilir. Ancak denetlenebilir tüm maliyetleri içeren bir toplam maliyetin tanımlanabilme olanakları araştırılmalıdır.

#### 1.4.4. Kapasite kullanım ölçütü

Taleplerin, kabul edilebilir bir süre içinde karşılanması istenir. Mevcut makina ve kesme düzeneklerinin kapasitelerinin kullanım oranları, talep karşılama sürelerini etkiler. Buna dayanarak, ekonomik sınırları zorlamaksızın kapasite kullanımının enbüyüklenmesi, bazı karar vericilerin benimseyebilecekleri bir ölçüttür (Harrison, 1984).

Ele alınan problemin ilgi alanına ve yapısına bağlı olarak benimsenebilir ölçütlerin farklılık göstermesi doğaldır. Ancak birden fazla ölçütün benimsenebilmesini olanaklı kılan bir çözüm yaklaşımının daha etkin olduğu söylenebilir (Harrison, 1984).

Mobilya endüstrisinde kullanılacak sunta levhaların kesilmesi probleminde, çok ölçütün benimsendiği belirtilmektedir (Harrison, 1984). Ancak, çelik plakaların iki boyutlu dilinmesi probleminin, çok ölçüt benimsenerek ele alındığı bir çalışmaya, gözden geçirilen kaynaklarda raslanamamıştır. İncelenen kaynaklarda bu problemin, kesme kaybı (fire) ölçütü ile ele alındığı görülmektedir.

### 1.5 Dilme Problemlerinin Modellenmesi

Araştırmacılar, dilme problemleri ile 1950 yılından itibaren sistematik biçimde ilgilenmeye başladılar (Dağlı, 1988). Problemin çözümü için, başlangıçta iki aşamadan oluşan geleneksel yaklaşım kullanıldı (Dyckhoff, 1985). Geleneksel yaklaşımın birinci aşamasında, sayımlama ile uygun kesme planları oluşturulur. İkinci aşamada ise uygulamaya konulacak kesme planlarının herbirisinin miktarı, doğrusal programlama kullanımı ile saptanır. Doğrusal programlama modelinin çözümünden elde edilen sonuçların tamsayıya dönüştürülmesiyle de beklenen değerlere erişilir. Geleneksel yaklaşımda toplam sayımlama, küçük ölçekli problemlerde bile çok sayıda mümkün kesme planı türeteceğinden; doğrusal programlamada sınırlı sayıda kesme planı kullanılır.

Dilme problemleri, ilk kez 1961 yılında Gilmore ve Gomory tarafından bir matematik model kurularak incelenmiştir (Farley, 1986). Gilmore - Gomory yönteminde, herbir ardıştıрма kademesinde sırt çantası yardımcı probleminin çözümü ile kesme planları türetilip, sonra bunlar doğrusal programlama modelinde kullanılarak herbir kesme planından işleme girecek eniyi miktarlar saptanır.

Bu kesimde bir, iki ve üç boyutlu dilme problemlerinin matematik modelleri kurulacak fakat çözüm yaklaşımlarından söz edilmeyecektir. Çözüm yaklaşımlarına izleyen kesimde değinilerek, ikinci bu yaklaşımlar özetlenecektir.

### 1.5.1. Bir boyutlu dilme probleminin modellenmesi

İnşaat demirlerinin ve tesisat borularının kesilmesi, bir boyutlu dilme problemine gösterilebilecek geleneksel uygulamalardır. Anılan bu malzemelerde kesme işlemi başlatılmadan önce, belirli bir uzunluktaki demirler veya borular, çapına, kesitine ve benzeri bir özelliğine göre gruplandırılır. Herbir grup kesme işlemine tabi tutularak istenen parçalara erişilir. Kesme işleminde kişisel deneyim ve beceri etkindir. Oysa kesme işleminin, benimsenen bazı ölçütlere göre oluşturulmuş kesme planlarıyla yürütülmesi gerekmektedir. Kesme planları analitik bir yöntemle üretilmek istenirse, Gilmore - Gomory'nin önerdiği matematik modele başvurulur. Buna göre, bir kaç çeşit ana malzeme kullanımına dayalı bir boyutlu dilme probleminde,

$L$ : Kesilecek ana malzeme uzunluğunu,

$m$ : Uzunluğu ve talep miktarı farklı parça çeşidini,

$L_i$ :  $i$ . parçanın boyunu,

$D_i$ :  $i$ . parçanın talep miktarını,

$a_{ij}$ :  $j$ . kesme planındaki  $i$ . parça sayısını,

$n$ : Kesme planı sayısını,

$C_j$ :  $j$ . planın maliyetini,

$X_j$ :  $j$ . plandan gerekli miktarı,

simgeliyorsa, karar modeli

$$\sum_{j=1}^m a_{ij} \cdot X_j \leq L \quad j=1, n$$

(kesme planı kısıtı)

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j = D_i; \quad i=1, m \quad (\text{talep karşılama kısıtları})$$

$$x_j \geq 0 \quad \text{ve tamsayı}$$

kısıtları altında,

$$\text{Enk} x_0 = \sum_{j=1}^n C_j x_j$$

şeklinde yazılır.

### 1.5.2. İki boyutlu dilme probleminin modellenmesi

Bu tür problemlerde de, boyutları bilinen dikdörtgen plakalardan, herbirinin boyutları ve talepleri bilinen "m" adet küçük parçanın kesilmesi için gerekli kesme planlarının hazırlanması istenir. Buna göre iki boyutlu problem, bir boyutlu problem için tasarlanan simgesel gösterimlere ek olarak,

L: Ana malzemenin uzun kenarını,

W: Ana malzemenin kısa kenarını,

L<sub>i</sub>: i. parçanın uzun kenarını,

W<sub>i</sub>: i. parçanın kısa kenarını,

gösterdiğinde, model

$$\sum_{i=1}^m a_{ij} \cdot L_i \cdot W_i \leq L \cdot W_0 \quad (\text{kesme planı kısıtı})$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j = D_i; \quad i=1, m \quad (\text{talep karşılama kısıtları})$$

$$x_j \geq 0 \quad \text{ve tamsayı}$$

kısıtları altında,

$$Enk x_0 = \sum_{j=1}^n C_j x_j$$

biçiminde yazılır.

### 1.5.3. Üç boyutlu dilme probleminin modellenmesi

Üç boyutlu problemler, bir dilme probleminden çok yerleştirme problemi özelliği gösterirler (Steudel, 1979). Gözden geçirilebilen kaynaklarda üç boyutlu dilme problemi için kayda değer nitelikte çalışmalara raslanamamıştır. Ancak üç boyutlu dilme problemi, bir ve iki boyutlu problemler için tasarlanan simgesel gösterimlere,

$H$ : Ana hacmin yüksekliğinin,

$H_i$ :  $i$ . parçanın yüksekliğinin,

eklentisi ile,

$$\sum_{i=1}^m \alpha_{ij} \cdot W_i \cdot L_i \cdot H_i \leq W \cdot L \cdot H$$

(yerleştirme planı kısıtı)

$$\sum_{j=1}^n \alpha_{ij} \cdot x_j = D_i \quad i=1, \dots, m$$

(talep karşılama kısıtları)

$$x_j \geq 0$$

ve tamsayı

kısıtları altında,

$$Enk x_0 = \sum_{j=1}^n C_j x_j$$

şeklinde modellenebilir.



## 1.6 Dilme Problemleri Çözüm Yöntemleri

Herhangi boyutlu bir dilme problemini tüm kısıtları gözönüne alarak çözebilen genel amaçlı bir çözüm yaklaşımı bulunmamaktadır (Dyckhoff, 1985). Problemin boyutuna ve kısıtlarına bağlı olarak, benimsenen çözüm yaklaşımları farklılık göstermektedir.

Çözüm yaklaşımları analitik yöntemler, yordamsal yaklaşımlar ve diğer yaklaşımlar başlıkları altında incelenebilir (Hinxman, 1980; Farley'den 1986).

### 1.6.1. Analitik yöntemler

Problemin kısıt sayısı arttıkça karmaşıklık derecesinin artması, çözüm süresinin uzaması ve ayrıca belirlenen çözüm değerlerinin yuvarlatılma zorunluluğu, analitik yöntemlerin istenmeyen yanlarıdır. Kullanım olanağı bulunmuş analitik yöntemler,

- i) Sayımlama ve doğrusal programlama bileşimi, (Geleneksel yöntem),
- ii) Dinamik programlama,
- iii) Tamsayılı programlama ile doğrusal programlama bileşimi,
- iv) Dal - sınır yöntemi,

başlıklarında toplanmaktadır (Dağlı, 1983).

### 1.6.2. Yordamsal yaklaşımlar

Ele alınan problem için analitik yöntem kullanmak kâlikteli yahut imkansız ise, mevcut bir yordamsal yaklaşımdan yararlanılması ya da yeni bir yordam geliştirilmesi yoluna gidilir. Yordamsal yaklaşımlar, problem bağımlı yaklaşımlardır. Bu yaklaşımlar, ele alınan

problemin gereksinmelerine göre tasarlanmış olup eniyiye yakın çözüm verebilmektedirler. Analitik yöntemlere göre, bazı kullanım kolaylıklarına sahiptirler. Ayrıca yordamsal yaklaşımlarda çözüm değerlerinin tamsayıya yuvarlatılmasına gereksinim duyulmadığı nedeniyle, kesme planları üzerine daha fazla kısıt konulmasına gerek kalmamaktadır.

Yordamsal yaklaşımlarda, eniyiye yakın bir çözüme, durum uzayında araştırma yapılarak veya problem indirgeme yöntemi kullanılarak erişilebilir (Hinxman, 1980; Farley'den 1986).

### 1.6.3. Diğer yaklaşımlar

Ele alınan problemin yapısına bağlı olarak gereği analitik yöntemler, yordamsal yaklaşımlarla birlikte kullanılabilir (Dağlı, 1987). Boyutların ve taleplerin rassal olduğu durumlarda benzetim tekniğinden de yararlanılmaktadır. Ayrıca, son zamanlarda insan katılımlı uzman sistemlerin, dilme problemine katkılarından sözedilmektedir (Dağlı, 1988).

### 1.7 Geleneksel Dilme Problemindeki Farklılaşmalar

Geleneksel dilme probleminde, her bir parçanın talebinin tam olarak karşılanması hedeflenir. Ayrıca iki boyutlu dilme problemlerinde, her bir parçanın ana malzeme içinde  $90^\circ$  lik bir açıda dönebilmemesine izin verilmesi halinde mümkün kesme planı sayısında bir artış olur. Parça taleplerinin karşılanma biçimi ve parçaların ana malzeme içindeki konumsal durumları geleneksel dilme probleminde farklılaşmalara neden olacaktır (Wang, 1983). Bu kesimde, talep karşılama biçiminin ve parça konumlarının geleneksel problem üzerindeki etkileri incelenmektedir.

### 1.7.1. Talepden fazla veya talepden az miktarlara izin verilmesi

Dilme problemi için kurulan matematik modelde, talep karşılama kısıtındaki eşitlik yerine eşitsizlik kullanılırsa, eşitsizliğin yönüne göre bazı parçaların talepten daha fazla veya daha düşük olarak tedarik edilmelerine izin verilecektir.

Bir parçanın talep den fazla üretilmesi, iki bakımdan ele alınabilir:

- i) Talep den fazla üretimi sadece matematik modelde öngörmek, dolayısıyla fazla olarak üretilen her parçayı fire olarak kabul etmek,
- ii) Matematik modelde öngörülen talep fazlalıklarının kullanılabilmesini varsaymak, dolayısıyla fazla olarak üretilen her parçaya bir değer tanımak.

Bir  $i$  parçası için talep miktarının alt sınırı  $L_i$  ve üst sınırı  $U_i$  olmak üzere; modeldeki talep kısıtının sağ taraf sabiti, modele artık değişken eklentisiyle  $L_i$ 'ye eşitlenir ve ilgili kısıttaki artık değişkene de  $U_i - L_i$  büyüklüğünde bir üst sınırlama getirilirse talep den az üretimlere izin verilebilir.

Matematik modelin gevşetilmiş halinden hareketle aylak değişkenler üzerine kısıt koyarak veya koymayarak değişik sonuçlara varmanın araçları,  $C_i$  maliyet katsayılarıdır. Eğer,  $C_i$ 'ler ana malzemenin maliyeti olarak seçilmiş iseler, aynı boyutlu plakadan oluşan tüm kesme planları aynı maliyette olacaklardır. Amaç, kullanılan malzemelerin toplam maliyetini en küçüklemek olduğundan bu durumda talep den fazla üretimler fire olarak değerlendirilecektir. Sonuçta talep den fazla üretimlerin toplamı, kabul edilebilir düşük seviyelerde tutulabilecektir.

Öte yandan  $C_j$ 'ler fire maliyeti olarak seçilmiş iseler ve amaç toplam fireyi enküçüklemek ise talepten fazla üretimlere izin verilebilir. Ancak talepten fazla üretim miktarlarına, bir sınır konulması gerekmektedir.

### 1.7.2. Dilme planındaki parçaların konumu

İki boyutlu dilme problemlerinde, parçaların ana malzeme içinde buldukları konuma bir kısıt konulmazsa, mümkün kesme planı sayısı artacaktır. Bu durumda, parça çeşidi  $m$  olmak üzere matematik modeldeki parça sayısı  $2m$ 'e genişletilebilir. Yeni durumda kısıt sayısında bir değişiklik olmamakta ancak çözüm tekniğinde bir ayarlama yapılarak mümkün konumlar dikkate alınmalıdır. Analitik yöntemlerde, parçaların konumuna göre ayarlamalar gerekli olduğu halde, yordamsal yaklaşımlarda sonradan bir ayarlama gereği duyulmamaktadır.

Dilme problemi en genel haliyle, belirli miktarda ve şekildeki parçaların belirli sayıda ve standart boyutlardaki ana malzemelerden kesilerek elde edilmesidir. Problemin iki ana boyutu vardır.

Bunlar sırasıyla;

- i) Parçaların belirli ana malzemelere atanması
- ii) Her ana malzemeye atanan parçaların, enaz fire verecek biçimde yerleştirilmeleri.

Tek çeşit ana malzeme kullanılması durumunda, tüm  $C_j$ 'ler 1'e eşit alınabileceğinden matematik modelde basitleştirmeler mümkün olacaktır. Kesim 1.7.1'de açıklandığı gibi bu durum, tüm talepten fazla kesimleri fire olarak kabul etmek demektir ve böylece kısıtların gevşetilmiş biçimi, talep fazlalıklarının üzerine herhangi bir sınır

koymaksızın kullanılır. Buna göre tek çeşit ana malzemenin kullanılması durumunda, dilme probleminin genel karar modeli,

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j \geq D_i; \quad i=1, 2, \dots, m \quad (\text{talep kısıtları})$$

$$x_j \geq 0 \quad \text{ve tamsayı}$$

kısıtları altında,

$$\text{Enk } x_0 = \sum_{j=1}^n x_j$$

şeklinde yazılır.

Yukarıda ifade edildiği biçimiyle problem, basit doğrusal programlama ile çözülebilir görünmesine rağmen pratikte durum böyle değildir. Gerçek hayatta karşılaşılan dilme problemlerinde, problemin yapısı gereği, karar değişkenlerinin tamamı tamsayı değer almak zorundadır. Tamsayılı doğrusal programlama modelini çözmek için, doğrusal programlama modelinin çözümünde olduğu gibi genel bir teknik yoktur (Kara, 1986). Problemin türüne göre bir dizi çözüm yaklaşımı geliştirilmiştir. Ayrıca parça çeşidi sayısının küçük değerlerinde bile, mümkün kesme planı sayısı kabarıktır. Bu açıklamalardan hareketle, ele alınan bir dilme problemi için mümkün kesme planlarını sayımlamak ve sonra bunları bir doğrusal tamsayılı programlama modeli içinde değerlendirmek pratik görünmemektedir. Bu açıdan bakıldığında, yordamsal çözüm yaklaşımları üzerinde yapılmış ve yapılmaya devam edilen çalışmalar, önemli görülmektedir. Ayrıca yordamsal yaklaşımlarda, problemin yapısal tüm kısıtlarının gözönüne alınması mümkün olabilmektedir.

## İKİNCİ BÖLÜM

### DİLME PROBLEMLERİ İÇİN MEVCUT ÇALIŞMALAR VE ÇÖZÜM YAKLAŞIMLARI

Dilme problemlerinin çözüm yöntemlerini ve yaklaşımlarını ele alan çalışmaların çoğunda, fire miktarları enküçüklenmesinin amaçlandığı görülmektedir. Fire maliyetleri yanında denetlenebilir diğer maliyetlerin enküçüklenmesinin istenmesi halinde ise daha çok çaba harcamak gerekeceği bildirilmektedir (Smithin ve Harrison 1982; Farley'den 1986).

Çalışmalarda ele alınan dilme problemlerinin çözümünde, bir eniyi çözüm değerini bulabilen analitik çözüm yöntemleri yanında; dilme problemlerinin uygulama ve ilgi alanlarının zaman içinde genişleyerek çeşitlenmesi sonucu, yordamsal çözüm yaklaşımlarının da yer aldığı gözlenmektedir. Yordamsal çözüm yaklaşımları, bir eniyi çözüm değerini garanti edememekle birlikte eniyiye yakın çözüm değerlerini, uygulamacıların benimseyebilecekleri düzeyde verebilmektedirler. Bunların dikkate değer diğer bir özelliği de problem bağımlı olmalarıdır.

Bu bölümde, dilme problemleri için mevcut çalışmalar ve çözüm yaklaşımları üzerinde durulmaktadır.

#### 2.1 Çözüm Yaklaşımlarının Sınıflandırılması

Çoğu dilme probleminin çözümü için analitik yöntemler ve yordamsal yaklaşımlar ayrımı yapılabildiği halde; gerçek

hayat dilme problemlerinin çözümünde geleneksel yaklaşımlar, Gilmore - Gomory yöntemi, yordamsal yaklaşımlar ve diğerleri ayrımı yapılabilir (Dyckhoff, 1985).

Analitik yöntemlerde, doğrusal programlama, dinamik programlama ile dal - sınır tekniklerinin kullanıldığı görülmektedir. Dilme problemlerini analitik yöntemle çözmeye girişimlerinin ilki, Gilmore - Gomory'ye aittir (Sweeney, 1988). Bu yöntemde, herbir ardıştırmada kademesinde, sırt çantası (veya yükleme) tipinde bir yardımcı problem, örtülü şekilde ele alınarak, en iyi kesme planları oluşturulur ve sonra simpleks yöntemi ile çözüme gidilir.

Gerçek hayat dilme problemlerinden 34 adedine ilişkin çözüm yaklaşımları, ele alınan problemlerin boyutları, planlama bilgileri, benimsenen amaçlar ve çeşitli kısıtlar, Çizelge 2.a ve Çizelge 2.b'de verilmektedir (Dyckhoff, 1985). Dilme problemlerinin çözüm yaklaşımları, bu çizelgedeki sınıflandırma esas alınarak konu üzerindeki diğer çalışma ve araştırmalar ışığında izleyen paragraflarda açıklanmaktadır.

### 2.1.1. Geleneksel çözüm yaklaşımları

Geleneksel çözüm yaklaşımlarında, mümkün dilme planları sayımlama ile oluşturulduktan sonra bu dilme planları bir doğrusal karar modelinde kullanılarak çözüme gidilir. Tamsayı olmayan değerler tamsayıya yuvarlatılır (Haessler, 1975). Karar değişkenlerinin (dilme planı sayıları) tamsayı olması kısıtına uyum sağlamak için, tamsayıya yuvarlatma işlemleri yerine kesikli eniyileme yöntemlerine de başvurulabilir. Fakat bu yöntemin makul sayılamayacak büyüklükteki hesapsal yükünü gözönüne almak gerekecektir. Buna rağmen kesikli eniyileme yönteminin, dilme planlarının eniyi sıralarının belirlenmesinde kullanılabilmesi mümkündür (Dyckhoff, 1985).

Buzdolabı ve benzeri fabrikalardaki uygulamalarda rulo saçını hammadde olarak kullanıp, bunu çeşitli boyutlarda parçalara bölerken, bir boyutlu rulo dilme problemleri ile karşılaşılır. Bu tür işletmelerde yürütülen çalışmalar, işletmelerin politikaları ve üretim özelliklerine göre benimsenen ölçütler doğrultusunda eldeki malzemenin istenen boyutlarda dilinmesi problemine çözüm aramaktadır. Teknolojik kısıtlar ve işletme politikalarına göre benimsenen ölçütler iki grupta toplanabilir.<sup>1</sup>

**i) Fire enküçüklenmesi :** Burada, belirlenen bir süre içerisinde hedeflenen üretim miktarlarına ulaşılması için gerekli parçaların dilinmesini, enküçük fire ile sağlamak amaçlanır.

**ii) Ürün miktarı enbüyüklenmesi :** Bu ölçütün benimsenmesi halinde, eldeki malzemedan en fazla sayıda ürün elde edebilecek şekilde kesme yapmak istenir.

Belirtilen işletmelerde, az fireli fakat parçaların dengesiz üretildiği kesme planları ile nispeten daha fazla fireli ama parçaların dengeli dağıldığı kesme planları arasında bir tercih yapılması söz konusu olmaktadır. Bu nedenle, üretim biçiminin özellikleri, ruloların temin edilmeleri ve dilinmeleriyle ilgili kısıtlar ile, problemin geleneksel çözüm yaklaşımları gözönüne alınarak bilgisayar programları geliştirilmiştir.

Stoklanacak plakalar için en iyi boyutların belirlenmesi amacıyla, giyotin makaslarda kesmeğe uygun bir çalışmada geleneksel çözüm yaklaşımı kullanılmıştır (Beasley, 1980).

<sup>1</sup> Rulo Dilme Programı, 1987, Üretim Müh. Md.lüğü Arçelik A.S. Çayırova/İstanbul







### 2.1.2. Gilmore - Gomory yöntemi

Bu yöntem esas itibariyle bir doğrusal programlama modeli çerçevesinde simpleks algoritmasına dayanmaktadır. Burada doğrusal karar modelinin amaç fonksiyonunda beklenen iyileşmeyi sağlayacak yeni bir sütun, yardımcı problem çözülerek oluşturulur. Çözülecek yardımcı problem ise, sırt çantası veya yükleme problemi tipinde tamsayı bir doğrusal programlama problemidir.

Analitik çözüm yöntemlerinin temeli, Gilmore ve Gomory tarafından atılmıştır (Gilmore ve Gomory, 1961, 1963; Sweeney'den 1988). Gilmore - Gomory yöntemi, dilme probleminin boyutları itibariyle incelenebilir.

#### 2.1.2.1 Bir boyutlu dilme problemlerinde

##### Gilmore - Gomory yöntemi

Ana malzemelerden kesilmesi istenen parçalar,  $i = 1, 2, \dots, m$  ile gösterilsin. Kesilecek ana malzeme boyu  $L$ ,  $i$ . parçanın boyu  $L_i$ , ana malzemedeki yeni kesme planı üretmenin maliyeti  $C$ , doğrusal karar modelinin en son çözümünden elde edilen  $i$  parçasının halihazır gölge fiyatı  $V_i$ , doğrusal karar modeline eklenecek olan yeni plandaki  $i$  parçasının miktarı  $b_i$  olmak üzere, çözülmesi istenen yardımcı problemin karar modeli,

$$\sum_{i=1}^m L_i \cdot b_i \leq L \quad (\text{Plan kısıtı})$$

$$V > C \quad (\text{Maliyet kısıtı})$$

kısıtları altında

$$EnbV = \sum_{i=1}^m V_i b_i$$

şeklinde yazılır.

Gilmore - Gomory yönteminin işlem adımları, bir boyutlu problemler için aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Farley, 1986).

**Birinci Adım :** Herbir  $i$  parçasından,  $a_i = L/L_i$  kadarı  $L$ 'ye yerleştirilerek tek parçadan ibaret kesme planları oluşturulur.  $C_i$  maliyeti  $L$ 'nin maliyeti olur.

**İkinci Adım :** Birinci adımda oluşturulan kesme planlarının kullanımı ve doğrusal karar modeli yardımıyla, ilk simpleks tablosu düzenlenir.

**Üçüncü Adım :** Doğrusal programlama problemi, simpleks algoritması ile çözülür.

**Dördüncü Adım :** Temel işlemlerin bir iyileşme üretmemesi halinde; yeni bir kesme planının sisteme sokulmasının iyileşme sağlayıp sağlamadığına bakılır.  $V > C$  olacak şekilde yeni bir kesme planı eklentisi mümkün olamıyorsa mevcut çözüm eniyidir. İyileştirme yapabilen bir kesme planı bulunabiliyorsa o, mevcut tabloya eklenir.

**Beşinci Adım :** Eklenmiş yeni kesme planı ile karar modeli yeniden çözülür.

**Altıncı Adım :** 4. ve 5. adımlar, bir en iyi çözüm buluncaya kadar tekrarlanır.

Gilmore ve Gomory, yardımcı problemin çözüm yöntemi üzerine bazı iyileştirici çalışmalar yaparak bunu kağıt endüstrisindeki bazı problemlere uygulamışlardır (Dağlı, 1988).

Herbir aşaması ayrı bir makine üzerinde uygulanmak üzere iki aşamalı bir boyutlu genişletilmiş rulo dilme problemi Haessler tarafından incelenmiştir (Haessler, 1979; Farley'den 1986). Bu problemde ana rulo olarak isimlendirilen üretim ruloları, önce master rulolara; sonra

master rulolar da istek rulolarına dilinmektedir. Haessler, bu çalışmasında bir boyutlu iyileştirilmiş Gilmore - Gomory yöntemini kullanmıştır.

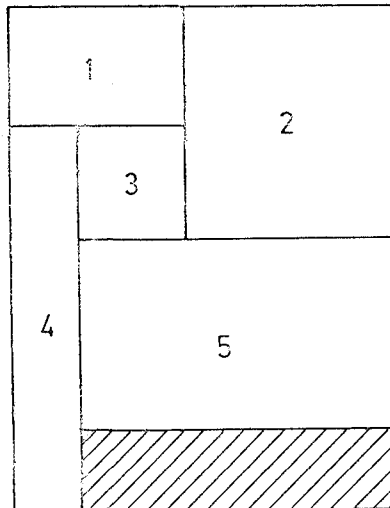
### 2.1.2.2 İki boyutlu dilme problemlerinde

#### Gilmore - Gomory yöntemi

Pencere camlarının, çelik plakaların, mobilya suntalarının ve kartonların dilinmesi probleminin analitik yöntemle çözümü için temel bilgiler, Gilmore ve Gomory'nin çalışmaları sonucu ortaya çıkmıştır (Wang, 1983).

Doğrusal karar modeli için yeni bir kesme planını gerektiren adım hariç tutulursa, iki boyutlu dilme problemindeki Gilmore - Gomory yöntemi, bir boyutlu problemde açıklanan Gilmore - Gomory yöntemine benzemektedir.

Doğrusal karar modeline eklenen yeni sütun öyle bir yerleşim planı üretebilmelidir ki, o planın içindeki parçalar ana malzemeye yerleştirildiğinde bir taşma veya üst üste binme olmasın. Genel olarak herhangi bir yerleşim planı, Şekil-2.1'de gösterildiği gibi düşünülebilir. Ancak bu yerleşim planının, kesme planı olabilmesi için kesme düzeneğinde kesilebilir özellikte olması gerekmektedir.



Şekil 2.1. Beş parçalı yerleşim planı

Buna göre kesme düzeneğinin özellikleri nedeniyle zorunlu olarak konulan kesme kısıtı sonucu oluşturulan kesme planları, yerleşim planlarından fire büyüklükleri yönüyle farklı olacaktır. Ayrıca kesme planları 2, 3 veya çok kademeli olarak elde edilebilir. Gilmore ve Gomory, iki kademeli kesme planlarının pratik uygulamalar için yeterli duyarlılıkta olduğunu, çok kademeli planların ise çözüm üretme süresi bakımından makul sayılamayacağını belirtmektedir (Dağlı, 1988).

İki kademeli kesme planı üretebilmek için, bir boyutlu yükleme problemini (sırt çantası problemini) çözebilen ve iki aşamada uygulanan bir algoritma kullanılır. Algoritmanın birinci aşamasında en iyi şeritler oluşturulurken, izleyen aşamada da bu en iyi şeritlerin birleştirilmesiyle kesme planları üretilmektedir.

#### i) En iyi şeritlerin oluşturulması

Bütün  $W_i$  ( $i=1,2,\dots,m$ ) parça genişlikleri için,  $W_i$  genişliğinde ve  $L$  uzunluğundaki şerit içine genişlikleri uyan parçalar yerleştirildiğinde elde edilebilir  $S_i$  alanlarının en büyükleri belirlenir. Bu aşamada her bir  $i$  için tek boyutlu bir yükleme problemi çözülerek en iyi  $S_i$ 'ler belirlenmektedir.

#### ii) En iyi şeritlerin birleştirilmesi

Bu aşamada, yeniden tek boyutlu yükleme problemi çözülerek en iyi şeritlerin birleşiminden ibaret kesme planları oluşturulur. Çözülecek yükleme problemi için karar modeli,

$$\sum_{i=1}^m W_i \cdot b_i \leq W \quad (\text{genişlik}),$$

$$b_i > 0 \text{ ve tamsayı, } i = 1, 2, \dots, m$$

kısıtları altında,

$$EnbZ = \sum_{i=1}^m S_i b_i$$

olarak ifade edilebilir.

Christofides ile Whitlock (1977), De Cani (1978) Dyckhoff (1981) ve Wang (1983) çalışmalarında kesme planlarının oluşturulması teknikleri üzerinde durmaktadırlar. Christofides, Gilmore - Gomory yönteminin biraz değiştirilmiş biçimini kullanmakta ve çok kademeli kesme planlarına yer vermektedir. Dyckhoff ise Gilmore - Gomory yöntemine benzeyen bir doğrusal karar modelini önermektedir (Dağlı, 1988). Wang (1983) yaklaşımında ise yalnızca en küçük fireli kesme planları üretilebilmekte ve herhangi maliyet bilgisi kullanılmamaktadır.

Chambers ile Dyson ise, ana malzemeler arasından boyutları itibariyle en iyi olanlarını seçebilmek için, istenen parça boyutlarının dağılımını, Gilmore - Gomory yöntemi ile birleştirmişlerdir (Chambers, 1976). Ancak bu çalışmada, ana malzemelerin aynı genişlikte olmaları gerektiği bildirilmektedir.

### 2.1.3. Yordamsal yaklaşımlar

Geleneksel dilme problemine, problemin uygulama alanına bağlı olarak yeni kısıtların eklenmesi halinde analitik çözüm yönteminin, çözüm süresi ve kullanım pratikliği itibariyle külfetli olduğu görülmektedir (Hinxman, 1980; Farley'den, 1986). Bu nedenle, ele alınan bir problem için geleneksel kısıtlara ek başka kısıtlar var ise, problemin karar modelini kurmak ve analitik yöntemle çözüme erişmek, mevcut olanak ve kolaylıkların genişletilmesini gerektiriyorsa; o vakit mevcut bir yordamsal yaklaşımı kullanmak veya yeni bir yordamsal yaklaşım tasarlamak düşünülür. Daha önce açıklandığı gibi yordamsal yaklaşımlar, problem bağımlıdırlar ve eniyiye yakın çözümü, makul bir süre içinde üretebilirler.

Yordamsal yaklaşımlar, durum uzayı araştırması ve problem indirgeme olmak üzere iki şekilde ele alınabilir (Hinxman, 1980; Oliveira'dan, 1988). Durum uzayı araştırmasında, problemin kısmi potansiyel çözümleri bir serimin düğümleri olarak gözönüne alınır ve bu serimdeki bir yörünge için başlangıç durumdan (toplam olarak çözülmemiş problem), son duruma (komple çözüm) kadar araştırma yapılır. Problem indirgemedede ise esas problem, alt problemlere ayrıştırılır. Hatta alternatif alt problemlere de yer verilebilir. Alt problemler kümesinin çözümlerinin birleştirilmesiyle de esas problemin çözümü bulunur. Oluşturulan dilme planları arasından önceden saptanan ölçütleri karşılayabilenleri olabildiğince çok miktarda kullanmak eğilimi, problem indirgeme yaklaşımına örnek olarak gösterilebilir (Haessler, 1975). Bir kesme planının mümkün miktarda kullanımına bağlı olarak, planda bulunabilen herbir parçanın karşılanamamış talep miktarları hesaplanarak problem yeniden çözülür. Böylece devam edilerek, istenen parçaların tamamının talep miktarının karşılanabildiği kesme planları kümesi oluşturulur.

Litton ve Stainton, yaptıkları bir çalışmada kesilen parçaların, şimdi ve gelecekte kullanılabilmesine olanak tanıyan yordamsal bir yaklaşımdan söz etmektedirler (Litton, 1977). Bu yaklaşımda her bir kesme planı, istenen parçaların bir veya ikisinin kendi içinde yerleşebilmesine fırsat tanımaktadır. Ayrıca herbir plan için bazı istekler öngörülerek, kesilecek malzeme sayısı enküçüklenmek istenmektedir. Litton, değinilen çalışmasında geçmiş dönem talep verilerinden hareketle, rassal yaklaşım ile kesilecek çubuk malzeme üzerinde kesilmemesi gereken bölgeleri de belirlemektedir. Bu isteğine neden olarak da, çelik çubukların haddehanelerde üretimi esnasında boylarının saptanmasını göstermektedir.



Haessler (1975), bir çalışmasında oluşturulan kesme planlarının miktarının denetim altında tutulmasına imkan veren bir yordamsal yaklaşımı tanıtmaktadır. Bu çalışmada veriler, bir kağıt endüstrisinden seçilmiştir.

Halı rulolarının stok miktarlarını, öngörülen sınırlar içerisinde tutabilen ve fire miktarını enküçükleyebilen bir yordamsal yaklaşım, Litton'un (1977) bir başka çalışmasında ele alınmaktadır.

Bir saç rulo dilme problemi, iki aşamada sıralı araştırmaya dayalı olarak yordamsal yaklaşım ile Ferreria (1988) ve arkadaşları tarafından incelenmiştir. Çalışmada belirtilen aşamalardan birincisinde üretim ruloları olarak adlandırılan ham rulolar, master rulolara dilinirken ikinci aşamada master rulolardan istenen rulolar dilinmektedir.

İki aşamada ve sıralı araştırmaya ek olarak gölge fiyat ve değişken kalite göstergelerini dikkate alan bir başka çalışmada ise yordamsal çözüm yaklaşımı savunulmaktadır (Sweeney, 1988).

Herz (1972) tarafından önerilen yordamsal bir yaklaşımın, tekrarlı problem indirgeme ile çözüm ürettiği ve Gilmore - Gomory yöntemine göre daha az bilgisayar belleği ile, daha az çalışma süresine gereksinim gösterdiği bildirilmektedir (Dağlı, 1988). Bu çalışmada ayrıca, Gilmore ve Gomory'nin ikinci kez açıkladığı çok kademeli algoritmanın yanlış olduğu da iddia edilmektedir.

Freeman (1970), Dyson ile Gregory (1974) ve Adamowicz ile Albano (1976), iki boyutlu dilme probleminde kesme planlarının türetilmesinde yordamsal yaklaşım kullanmaktadırlar (Dağlı, 1983). İstenen parçaların boyutları ana malzeme boyutlarına oranla küçükse ve herbir parçanın talep miktarı büyükse, yöntemin başarılı olduğu bildirilmektedir.

Yaklaşımında, türetilen herhangi bir kesme planında belirli bir fire miktarından daha büyük fire miktarına izin verilmemektedir.

Albano ile Sapuppo (1980), Dağlı ile Nişancı (1981) ve Tatoglu (1983) da çalışmalarında, dikdörtgen olan ve dikdörtgen olmayan düzlemsel şekillerin bir ana malzmeden kesilmesi probleminde yordamsal çözüm yaklaşımını önermektedirler (Dağlı, 1988).

Dört yordamsal yaklaşımın karşılaştırılmasının yapıldığı bir araştırmada da istenen parçaların boyutları arasındaki mevcut oranlara göre, yaklaşımların etkinliklerinin değişimi tartışılmaktadır (Israni, 1985). Bu araştırmada ayrıca, sınırlı miktarda insan müdahalesinin getirebileceği iyileşmelerden söz edilmektedir.

Düşük miktarlarda ana malzeme kullanımı amacına ek olarak, kesme düzenegini ayarlama ve düzenleme maliyetlerini de makul miktarlarda düşürmek amacı gündeme gelebilir. İkinci amacı gerçekleştirmek için, türetilen kesme planı miktarına bir kısıt konulur. Bu tür bir çalışma, yordamsal yaklaşım benimsenerek Farley (1982) tarafından yapılmıştır.

Oliveira ile Ferreira, en iyi kesme planının araştırılması esnasında oluşan serimdeki düğüm sayısı, son kesme planlarını oluşturan listenin uzunluğu, seçilen kesme planındaki fire miktarı ve çözüm süresi bakımından, bilinen bazı yordamsal çözüm yaklaşımlarını, kendilerinin tasarladıkları çözüm yaklaşımı ile karşılaştırmaktadırlar (Oliveira, 1988). Çalışmada önerilen çözüm yaklaşımı, Wang (1983)'in çözüm yaklaşımının değişik bir biçimi olup iki boyutlu dilme probleminin çözümünde kullanılmaktadır. Önerilen yöntemin, orta büyüklükteki dilme problemlerinin tipik bazı koşullarında etkin olabileceği ifade edilmektedir.

Ayakkabı üretiminde yaygın kullanılan kauçuk malzemenin dilinmesi problemi de bir başka çalışmada ele alınmaktadır (Schneider, 1988). Çalışmada, dilinmesi gereken malzemenin fiziksel özellikleri nedeniyle gözönünde tutulan özel kısıtlar altında, fire kayıpları enküçüklenmesi amaçlanmakta ve yordamsal yaklaşımın, analitik yöntemle oranla % 7.4 daha fazla fire ile sonuçlanmasına karşılık bazı kullanım kolaylıklarına sahip olduğu vurgulanmaktadır.

#### 2.1.4. Diğer yaklaşımlar

Daha önce açıklanan çalışmalar dışında kalan çalışmalarda, benimsenen çözüm yaklaşımının rassal yaklaşım olduğu veya dinamik programlama ve benzeri bir matematik programlama ile yordamsal yaklaşımın birlikte kullanıldığı görülmektedir.

Haessler ile Vonderembse (1979)'nin sıfır fire verebilecek malzeme boyutlarını belirlemeye çalıştıkları, bir araştırmada bildirilmektedir (Farley, 1986). Bu tür çalışmaların altında, malzemelerin tedarik edildikleri haddehanelere boyutlarla ilgili olarak bazı bilgilerin verilmesiyle üretilecek boyutlarda bu bilgilerin kullanılabilmesi varsayımı yatmaktadır. Haddehaneler de ayrı bir üretim işletmesi olduklarından süreç planlamalarında, tüketiciden kendilerine ulaşan boyut yönlü istekleri tam olarak yerine getiremeyebilirler. İstenen boyların bir istatistiksel dağılıma göre değiştiği varsayılarak dilinecek çubuk üzerinde sadece tek parçanın yerleşimine izin veren ve en iyi ilk kesme noktasını, rassal bir yaklaşım ile ele alan bir çalışma, Seculi (1981) tarafından gerçekleştirilmiştir (Farley, 1986).

Bir araştırmacı, yüzey kusurları içeren ruloların dilinmesi problemini, dinamik programlama ile ve rassal bir yaklaşım ile ele almaktadır (Sarker, 1988).

De Cani (1978), ana malzeme içinde yer alabilen parçaların kenarlarının ana malzeme kenarlarına paralel veya dik olmasına gerek olmadığını (ortogonal olmayan yerleşim) ve bu durumun daha etkin bir yerleşim sağlayabileceğini savunmakla beraber kendisi herhangi bir çözüm önerisinde bulunmamaktadır.

Kesilmesi gereken ana malzeme içinde çatlak ve benzeri diğer istenmeyen kusurların bulunması olasılıklarının gözönüne alınabildiği bir çalışma da, Christofides (1977) tarafından yapılmıştır.

Dağlı ve Tatoğlu (1987), bir çalışmada çeşitli boyutlardaki ana malzemeler için dikdörtgen olmayan düzlemsel parçaların yerleşimi ile ilgili iki boyutlu dilme problemini, iki aşamalı hiyerarşik bir yaklaşımla inceleyerek buna ilişkin bir bilgisayar paket program geliştirmiştir. Bu çalışmada kesilmesi istenen parçaların ana malzemelere yerleştirilmesinde dilme problemi, sıralama ve çizelgeleme problemine benzetilerek bir dizi öncelik kuralının benimsenmesi gerektiği belirtilmesine rağmen, aynı problem için her bir öncelik kuralına göre karşılaştırmalı çözüm değerleri verilmemektedir. Farklı problemlerin, farklı öncelik kuralı benimsenmesine göre ortaya çıkan fireler incelenerek en iyi plaka boyutları belirlenmeye çalışılmaktadır.

İstenen parçaların tamamının aynı şekil ve boyutlara sahip olduğu, giyotin makasda kesimin tasarlandığı bir problemde ise, her bir kesme planında kullanılmayan alanın, toplam alana oranının en küçük kalması istenmektedir (Steudel, 1979). Bu problem için çözüm yaklaşım olarak, yordamsal yaklaşım dinamik programlama ile birlikte ele alınmıştır. Dikdörtgen kesitli sandık şeklindeki cisimlerin paletlere yüklenmesi, uygulama alanına örnek gösterilmektedir.

Kalınlığı 12mm'den büyük olan çelik plakaların kesilmesinde, alevli ergitme yönteminden yararlanılmaktadır. Bu yöntemde, optik okuyuculu ve bilgisayar denetimli ergitme alevi üreteçleri (lüleleri), önceden saptanan bir yörüngeyi izlemek suretiyle gereken kesmeleri yapmaktadır. Bu tür kesme işlemlerinde, izlenmesi gereken yörünge uzunluğunun enküçüklenmesi, kesme sıralarının oluşturulması ve benzeri süreç planlama problemleri ile karşılaşılmaktadır. Alevle ergitme düzeneği kullanmak suretiyle, kalın plakalardan, dikdörtgen biçimli parçaların kesilmesinde süreç ekonomisini gözönüne alan bir çalışma da Israni (1984) tarafından ele alınmıştır.

Demir - Çelik endüstrilerinde karşılaşılan bir ve iki boyutlu malzeme dilme problemlerinde, en iyi malzeme boyutlarının saptanmasına yönelik bir çalışma da Takuyama (1981) tarafından yapılmıştır.

Fire miktarlarını etkileyen faktörlerin incelendiği ve dikdörtgen biçimli olmayan parçaların dilinmesi probleminin ele alındığı bir araştırmada benimsenen ölçütlerin test edilmesi amacıyla bilgisayar ortamında yaratılan rassal boyutlar ile faktöryel deney tasarımı anlatılmaktadır (Weishuang, 1987). Bu araştırmada ayrıca, probleme özgü yordamsal yaklaşımlar savunulmaktadır.

Diğer bir çalışmada, iç çamaşırı üretiminde kullanılan bez malzemenin dilinmesi problemi ele alınarak; uzun dönem karlılığının enbüyüklenmesinin amaçlanması gerektiği ifade edilmektedir (Farley, 1988). Çalışmada, bilgisayar destekli olarak geleneksel dilme planları üretildikten sonra bunların tamsayı ve kareli programlama yöntemi ile birleştirildiği açıklanmaktadır.

Çalışmaların birinde ise, dilme problemlerinin çözümüne yönelik mevcut çalışmalar özetlendikten sonra, bu tür problemlerin çözümünün uzman sistemler ve yapay zekalar yardımı ile mümkün olabilme şartları tartışılmaktadır

(Dağlı, 1988). Ayrıca bilgi esaslı çizelgelerin kullanılabilmesi bir yaklaşım bu çalışmada tanıtılarak; endüyük düzeyli fireler verebilen kesme planlarını oluşturabilmek için, yöneylem araştırmasının mevcut teknikleriyle uzman sistemlerin bütünselleştirilmesinin gereği üzerinde durulmaktadır. İş sıralama ve çizelgeleme problemi ile dilme problemi arasındaki benzerliğe, bu çalışmada da değinilmektedir.

Kullanıcı etkileşimli bir benzetim programının, üç boyutlu palet yükleme problemi için oluşturulduğu bilinmektedir (Kulick, 1982; Dağlı'dan, 1988). Ayrıca palet yükleme probleminde, dinamik programlamanın kullanıldığı bir çalışmadan anlaşılmaktadır (Hadgson, 1982; Farley'den, 1986).

Vasko (1989), çalışmasında Wang (1983)'un iki boyutlu dilme problemi için tasarladığı algoritmaya göre 25 kez hızlı çalışan bir algoritmayı tanıtmaktadır. Bu çalışmada, boyutları bilgisayar ortamında rassal olarak türetilen problemler yer almaktadır.

Herhangi bir işletme probleminin çözümünde, çok ölçütlü bir yaklaşımın uzun dönem karlılığı bakımından etkin sonuçlar doğuracağı beklenir. Malzeme dilme problemlerine bu yönlü yaklaşıldığında; önerilen bir çözüm yaklaşımının yalnız düşük fireli kesme planları üretmesi, süreç planlayıcıları yeterince tatmin etmemelidir. Bu nedenle, dilme probleminde çok ölçütlü yaklaşımların uyarlanması düşünülmelidir. Mobilya yapımında kullanılan suntaların dilinmesi probleminde çok ölçütlü bir yordamsal çözüm yaklaşımının kullanıldığı görülmektedir (Harrison, 1984). Bu çalışmada, fire büyüklükleri, üretim hacmi, kesme planı miktarı ve müşteri siparişlerinin öncelik sıraları ölçütleri aynı anda benimsenerek çözüme gidilmektedir. Giyotin makaslarda çelik plakaların kesilmesi problemi de yaygın ve büyük miktarda malzeme tüketiminin söz konusu

olduğu bir uygulama alanı olmasına rağmen; probleme, çok ölçütlü karar problemi gözü ile bakan çözüm yaklaşımlarına raslanmamaktadır.

İncelenen çalışmalara göre, yordamsal çözüm yaklaşımlarının çoğunlukta olduğu görülmektedir. Buna neden olarak belirtilen yaklaşımların sahip olduğu kullanım kolaylıkları ve ele alınan problemin her tür kısıtının gözönüne alınabilme olanağının bulunması gösterilebilir.

## 2.5 Çözüm Yaklaşımlarının İrdelenmesi

Uygulandıkları problemler gözönüne alındığında, mevcut çözüm yaklaşımları içinde birinin diğerine göre yeğlenme nedenleri açıklanabilmektedir. Ayrıca her bir çözüm yaklaşımı, mevcut problemlerin çözümünde kullanılabilirliği yönü ile tartışılabilir. Ancak bir ve iki boyutlu dilme problemleri için mevcut çözüm yaklaşımları birlikte değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlara varılmaktadır:

1. Türetilen kesme planlarından, belli koşulları taşıyanların; sözgelimi fire oranı belirli bir değerin altında olanların çözüme kabul edildikleri belirtilmektedir. Öngörülen fire oranlarının nasıl belirlendiğı konusunda da bir kurala değinilmemektedir.
2. Kesme planları türetme işleminin tüm aşamalarından ayrıntılı olarak söz edilmemektedir. Türetme işleminin başlangıcında ve sonlarına doğru aynı tip planların türetildiğı, örtülü bir şekilde varsayılmaktadır.
3. Her bir parçanın, herhangi bir kesme planı içinde bulunabilme miktarına kısıt getirilmektedir. Bu kısıtın nedeni de net olarak açıklanmamaktadır.
4. Kullanım önceliğı olabilecek parçalara erişim konusu işlenmemektedir.

5. Son anda belirebilecek yeni taleplerin karşılanma yöntemlerinden tek boyutlu problemler için yapılan bir çalışmada (Haessler, 1975) söz edilmekle birlikte; iki boyutlu problemler için herhangi çalışmaya raslanmamaktadır.
6. Dilme problemi ile sıralama çizelgeleme problemi arasındaki benzerliğe az sayıdaki çalışmada değinilmekte ve aynı tür problemin mümkün tüm öncelik kuralları benimsenmesine göre elde edilen çözümlerin karşılaştırmalı sonuçları verilmemektedir.
7. İki boyutlu malzeme dilme problemleri için, tezgah ayarı ve kesme işlemi maliyetleri üzerinde durulmamaktadır.
8. Karar vericiye çok seçenekli çözüm değerleri veren bir çözüm yaklaşımı, giyotin makaslarda kesme işlemine bağlı iki boyutlu malzeme dilme problemi için ele alınmamaktadır.

Yukarıda belirtilen nedenler doğrultusunda, bu çalışmanın izleyen bölümünde, boyutları bilinen dikdörtgen şekilli bir ana malzemedan, daha küçük boyutlara sahip olan ve her birinden belirli miktarlarda istenen dikdörtgensel parçaların giyotin makas kesmesine bağımlı iki boyutlu dilinmesi problemi ele alınmaktadır. Ele alınan iki boyutlu dilme problemi, sıralama ve çizelgeleme problemi gibi düşünülerek; aynı problem için mümkün tüm öncelik kurallarının uygulanması sonucu oluşan parça listelerine göre elde edilen çözüm değerleri, benimsenen ölçütler itibariyle karşılaştırılmaktadır. Böylece karar vericiye, birden fazla seçenek arasından seçim yapabilme olanağı yaratılmaktadır.

Önerilen yaklaşım, izleyen bölümde açıklanmaktadır.



## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### GİYOTİN KESME İŞLEMİNE BAĞIMLI İKİ BOYUTLU DİLME PROBLEMİNİN ÇÖZÜMÜNDE YENİ BİR YORDAM

Suntaların, pencere camlarının ve çelik saçların dilinmesi, iki boyutlu malzeme dilme problemleri için tipik örnekler olarak gösterilebilirler. Suntaların dilinmesi probleminin çözümünde, karar vericiye birden çok seçenekler türetilen bir çözüm yaklaşımının (Harrison, 1984) geliştirilmiş olmasına karşılık; çelik veya diğer malzemeden üretilmiş dikdörtgenel saçların giyotin makaslarda dilinmesi problemi için böyle bir yaklaşıma gereksinim olduğu, mevcut çalışmalardan anlaşılmaktadır. Çelik saçların giyotin makaslarda kesilmesi probleminin uygulama yaygınlığı dikkate alındığında, problemin önemi daha da artmaktadır.

Giyotin makas kesmesine bağımlı iki boyutlu bir dilme problemi için, ikinci bölümün sonunda belirtilen irdelemelerin ışığında tasarlanan yordamsal çözüm yaklaşımı, bu bölümde açıklanmaktadır.

#### 3.1 Yeni Yordam Gereksinimi

İkinci bölümün sonunda ayrıntılarıyla belirtildiği gibi; dilme problemlerinin çözümü için,

- \* Önceden belirli büyüklükte fire oranı öngörmeyen,
- \* Kesme planları türetim işlemlerinin sonunda türetilen planların özelliklerine değinen,

- Parçaların her planda bulunabilen miktarına kısıt koymayan,
- Kullanım önceliği olan parçaları gözönüne alabilen,
- Son anda ortaya çıkabilecek talepleri de değerlendirebilen,
- Kesilecek parçaları, belirli önceliklere göre ele alabilen,
- Tezgaah ayarı ve kesme işlemi maliyetlerini değerlendirebilen,
- Karar vericiye farklı öncelik ve ölçütlere göre birden fazla seçenek üretebilen,

yöntem ve yaklaşımlara gereksinim vardır.

Erişilebilen çalışma ve araştırmalarda, giyotin makas kesmesine bağlı iki boyutlu malzeme dilme probleminin yukarıda belirtilen özelliklerde bir yaklaşımla ele alınmadığı görülmektedir. Bu problem, yeni yaklaşım gerekçelerinin tamamının yer aldığı yapıda olup; gerçek hayatta da çok sık karşılaşılmaktadır.

Pratik uygulamalardan edinilen bilgilere göre, orta büyüklükteki bir dilme probleminde bile ele alınması gereken kesme planı sayısı 100 000'i aşmaktadır. Bir doğrusal karar modelinde de sütun sayısının kesme planı sayısına karşı geldiği hatırlanırsa; dilme problemindeki tüm kesme planlarının ele alınması, bilgisayarların bugünkü kapasitesinin dışındadır (Wascher, 1989). Oysa iyi tasarlanmış yordamsal bir çözüm yaklaşımında bilgisayar yönünden bir yetmezliğin söz konusu olmayışı ve tüm kesme planlarını ele alma zorunluğu bulunmayışı, bu yaklaşımın benimsenme nedenlerinden en önemlileri olmaktadır.

### 3.2 Dilme Problemi ile Sıralama ve Çizelgeleme Problemi Arasındaki Benzerlik

Belirlenen tezgahlarda işlem görmesi gereken iş parçaları, ilgili tezgahların önlerinde sırasını beklerken kendilerinin hangi özelliğine göre işleme alınmaları gerektiği problemi, kuramsal ve deneysel olarak ele alınabilmektedir. Herbir iş parçası için öncelik verilebilecek özelliğin, atelyenin çeşitli etkinlik ölçütlerini ne türlü etkilediği geniş biçimde incelenmiştir (Dinçmen, 1978). Deneysel incelemelerde benzetim tekniğinden yararlanıldığı görülmektedir.

Ana malzemenin sınırlı yerleşim alanı, tezgahın öngörülen süre içinde iş yapabilme kapasitesine; yerleştirmesi yapılacak parçalar ise tezgah önünde sıra bekleyen işlere benzetilebilir. Bu benzerlikten yola çıkarak yerleştirilmeleri gereken parçaların herhangi bir özelliğine öncelik tanınıp, ana malzemeye yerleştirmelerinin yapılması düşünülebilir. Sıralama ve çizelgeleme probleminin deneysel olarak ele alındığı bir çalışmada, sözgelimi en uzun işlem süreli işlere öncelik tanınması halinde atelyede işlem görmek üzere bekleyen iş hacminde bir azalma olduğu ifade edilmektedir (Dinçmen, 1978). Buradan hareketle, iş parçalarının işlem süreleri, ana malzeme içine yerleştirilmeleri gereken istek parçalarının alanlarına karşı getirilirse; alanı enbüyük olan parçaya öncelik tanınması halinde, izleyen yerleştirme işlemlerinde yerleşmesi gereken parça alanında bir azalma olması beklenir.

Yerleştirilmeleri gereken parçaların alan ve benzeri belirli özelliklerine öncelik tanınmak suretiyle parça listeleri düzenlemek mümkündür. Verilen önceliklere göre aday listesinin belirlenmesi işlerin sıralanması olup; listede yer alan hangi parçadan hangi plana göre ne miktar dilineceği de bir anlamda çizelgelemeye karşı gelmektedir. Listedeki parçaların, ana malzeme ile onun içinde kısa ve

uzun kenar paralelleri yardımı ile yaratılan alt alanlara, tanımlandığı biçimde yerleştirilmelerinden sonra giyotinde kesme kısıtına uyan kesme planları elde edilebilir. Ayrıca, mümkün her öncelik kuralının belirlediği kesme planları kümesi, kesme planı sayısı malzeme gereksinimi, fire oranı, tezgah ayarı ve kesme işlemi süresi, malzeme kullanım etkinliği ve benzeri yönleriyle karşılaştırılarak; karar vericinin birden fazla seçenek arasından seçim yapabilmesine imkan hazırlanabilir.

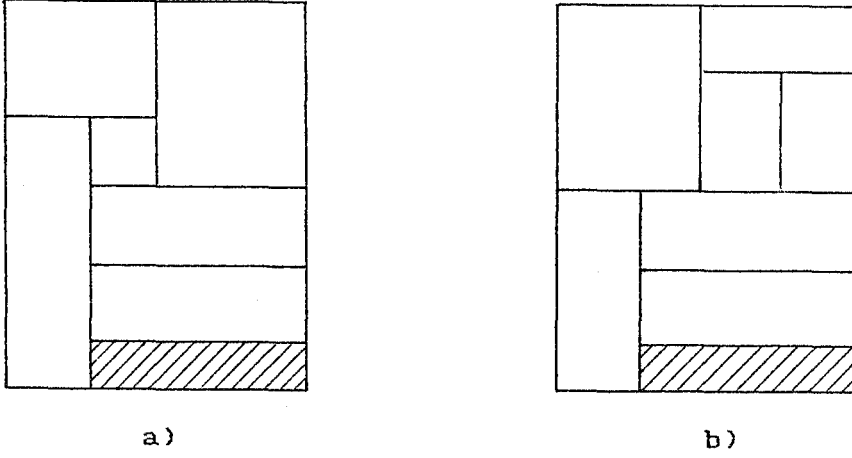
Ana malzeme ile istenen parçaların boyutları arasındaki farkın düzeyi, herbir parçanın talep miktarı, talep miktarları arasındaki farkın düzeyi, kesme planlarını nicel ve nitel yönden etkileyeceğinden, mümkün tüm öncelik kuralları uygulanarak kesme planları türetilmesi gerekli görülmektedir.

Malzeme dilme problemleri ile sıralama ve çizelgeleme problemleri arasında tesbit edilen bu benzerlik izleyen paragraflarda açıklanmakta olan yordamsal yaklaşımın temelini oluşturmaktadır.

### 3.3 Giyotinde Kesme İşlemi

Giyotinde kesme, ele alınan dikdörtgen biçimli malzemenin bir kenarından kesmeye başlanıp diğer kenarına dik doğrultuda olmak üzere kesme işlemine devam edilmesi şeklinde tanımlanabilir. Ana malzemeden, belirli boyutlarda parçaların kesilebilmesi için, bu parçaların ana malzemeye yerleştirilmelerinde bu özelliğin gözönünde tutulması gerektiği açıktır. Şekil-3.1'de giyotin kesme özelliğine uymayan ve uyan kesme planları gösterilmektedir.

Dilme problemleri için kesme işleminin özellikleri planların türetilmesinde önemlidir. Bu çalışmada da giyotin kesme işlemine bağlı iki boyutlu dilme problemi ile ilgilenildiğinden; yukarıda belirtilen kesme kısıtı, kesme planlarının türetiminde gözönüne alınmaktadır.



Şekil 3.1. Giyotin Kesme Kısıtına Uymayan  
a) ve uyan b) Kesme Planları

### 3.4 Önerilen Çözüm Yaklaşımının Temel Bileşenleri

Bu çalışmada geliştirilen yordamsal çözüm yaklaşımı, parçaların yerleştirilmesi, kesme planlarının türetilmesi, türetilen kesme planlarının uygulama çizimlerinin hazırlanması ve karşılaştırma tablosu olmak üzere dört temel bileşenden oluşmaktadır.

#### ✱ 3.4.1. Parçaların yerleştirilmesi $M$

İstenen her bir parça, ana malzeme içine onun herhangi bir özelliğine öncelik tanımak suretiyle ve tanımlanmış bir konumda yerleştirilebilir. Öncelik tanınabilecek parça özelliği, alan, talep miktarı, uzun kenar, kısa kenar ve bunların birleşimleri olabileceği gibi; paralel ve dik olarak isimlendirilebilen iki yerleşim konumu gözönüne alınabilir. Ana malzeme boyutları ile, yerleştirilecek parça boyutları arasındaki farkın büyüklüğüne bağlı olarak her bir parça, iki veya bir konumda ana malzeme içine yerleştirilebilecektir. Sözgelimi; ele alınan parçanın uzun kenarı, ana malzemenin kısa kenarından daha uzun ise paralel olmak üzere bir yerleşim konumu mümkündür. Aksi durumda, iki yerleşim konumundan söz edilebilir.

~~M~~ a) Parçalara yerleşim önceliği verilmesi

Herbir parçayı ana malzeme içine yerleştirirken, onun alanı, talep miktarı, uzun ve kısa kenarının uzunluğu ile bunların çeşitli bileşimleri dikkate alınarak öncelikler benimsenebilir. Örneğin,

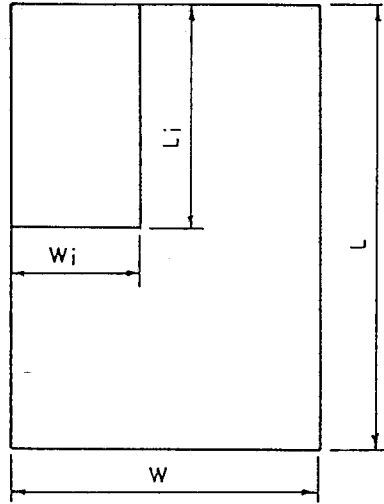
- i) Alanı enbüyük olan parçaya,
- ii) Talep miktarı enyüksek olan parçaya,
- iii) Alanı ile talep miktarı çarpımı enbüyük olan parçaya,
- iv) Uzun kenarı enuzun olan parçaya,
- v) Kısa kenarı enuzun olan parçaya,
- vi) Uzun kenarı ile talep miktarı çarpımı enbüyük olan parçaya,
- vii) Kısa kenarı ile talep miktarı çarpımı enbüyük olan parçaya,
- viii) Herbir parçaya sırası ile,

öncelik verilerek yerleştirme yapılabilir. Parçalara verilecek önceliğe göre belirecek kesme planlarının, çeşitli maliyet bileşenleri yönüyle birbirinden farklı olabileceği beklenir. Bu noktadan hareket ederek karar vericiye birden fazla seçenek hazırlanması mümkün görünmektedir.

~~M~~ b) Paralel yerleşim konumu

Ana malzeme içindeki bir parçanın uzun kenarının, ana malzeme uzun kenarına ve kısa kenarının da ana malzeme kısa kenarına paralel olduğu yerleşim konumu, paralel yerleşim konumu olarak tanımlanmaktadır. Buna göre  $L \times W$

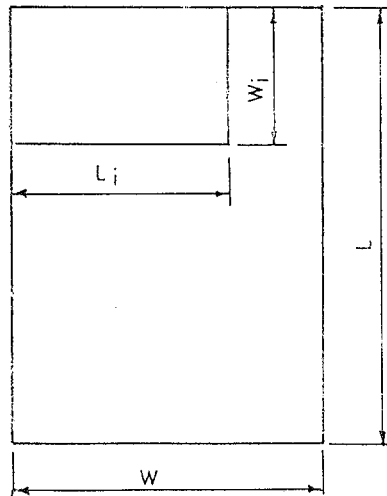
boyutlarındaki bir ana malzeme içine  $L_i \times W_i$  boyutlarındaki  $i$  parçasının paralel yerleşimi, Şekil-3.2'de gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Paralel Yerleşim Konumu

M c) Dik yerleşim konumu

Ana malzeme içindeki parçanın uzun kenarı ana malzemenin kısa kenarına ve kısa kenarı da ana malzemenin uzun kenarına paralel ise, bu yerleşim konumu dik yerleşim konumu olarak tanımlanmaktadır. Buna göre  $L \times W$  boyutlarındaki bir ana malzeme içine  $L_i \times W_i$  boyutlarındaki  $i$  parçasının dik yerleşimi, Şekil-3.3'de gösterilmektedir.



Şekil 3.3. Dik Yerleşim Konumu

### 3.4.2. Kesme planlarının türetilmesi

Bir dilme probleminin çözümünde, ilk aşama kesme planlarının türetilmesidir. Bu aşama tamamlandıktan sonra ortaya çıkan kesme planları, uygun bir yöntemle ve benimsenen bir amaca göre birleştirilerek her parçanın talebi karşılanır.

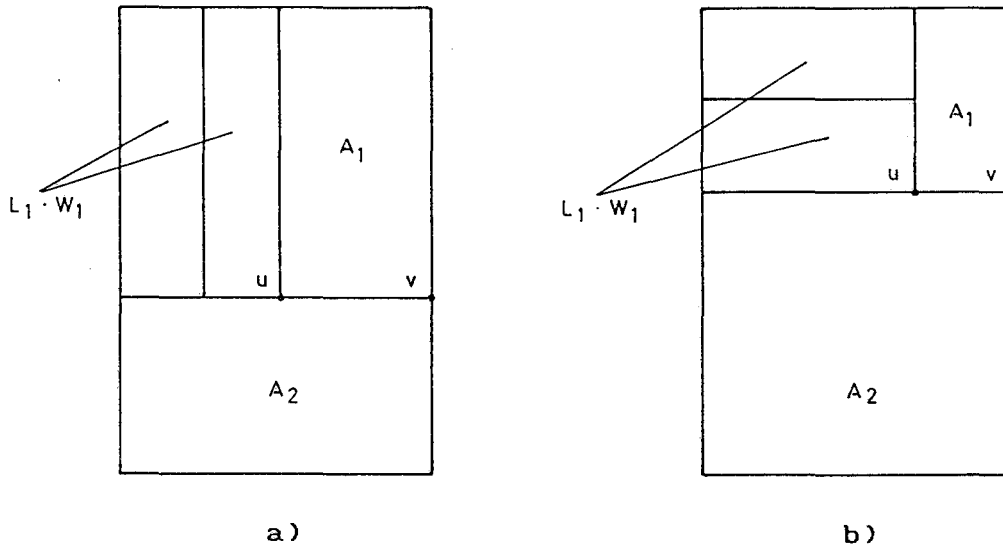
Bir öncelik kuralı benimsenerek oluşturulan listeden alınan ilk parça, ana malzemeye yerleşebileceği mümkün konumda ve miktarda olmak üzere yerleştirilir. Listenin izleyen parçalarının yerleşebileceği alanları belirlemek amacıyla listenin ilk parçasının yerleşiminden sonra, ana malzemenin kısa ve uzun kenarlarına paralel çizgiler çekilir. Bu çizgilerin ortaya çıkardığı alanlara, boyutları uyan parçalar, listenin ilk parçasının ana malzemeye yerleştirilmesine benzer biçimde yerleştirilir. Böylece birinci kademe yerleşimi tamamlanır. Daha sonra ikinci kademe yerleşiminin olanakları araştırılır. Aynı araştırmaya, parça listesindeki hiç bir elemanın yerleşemeyeceği boyutlara erişilinceye kadar devam edilir. Bu duruma erişilince bir kesme planının türetildiği belirtilir. Kesme planı miktarı ise, kendisinde bulunan endüyük talep miktarına sahip olan parçaya göre hesaplanır. izleyen kesme planının türetilebilmesi için; parça aday listesinin, bir önceki kesme planınca karşılanan talep miktarları gözönüne alınarak güncelleştirilmesi gerekmektedir.

#### a) Kısa kenar paralelinin alanları

Benimsenen bir öncelik kuralına göre oluşturulan parça listesinden alınan ilk parçanın, ana malzemeye mümkün konumda ve en fazla talep miktarı kadar yerleştirilmesi işi tamamlandıktan sonra ana malzemenin kısa kenarına paralel olan bir UV çizgisi çekilirse; A1 ve A2 ile simgelenebilecek olan iki alan ortaya çıkmaktadır. Bu alanlara, listenin izleyen parçalarının boyutları uyanların



yerleşimi yapılabilir. Bu defa  $A_1$  ve  $A_2$  alanlarının herbirisi, ana malzemeye benzetilmektedir. Şekil-3.4'de, ilgili alanlar gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Kısa Kenar Paralelinin Alanları

a) İlk parça paralel yerleşimli

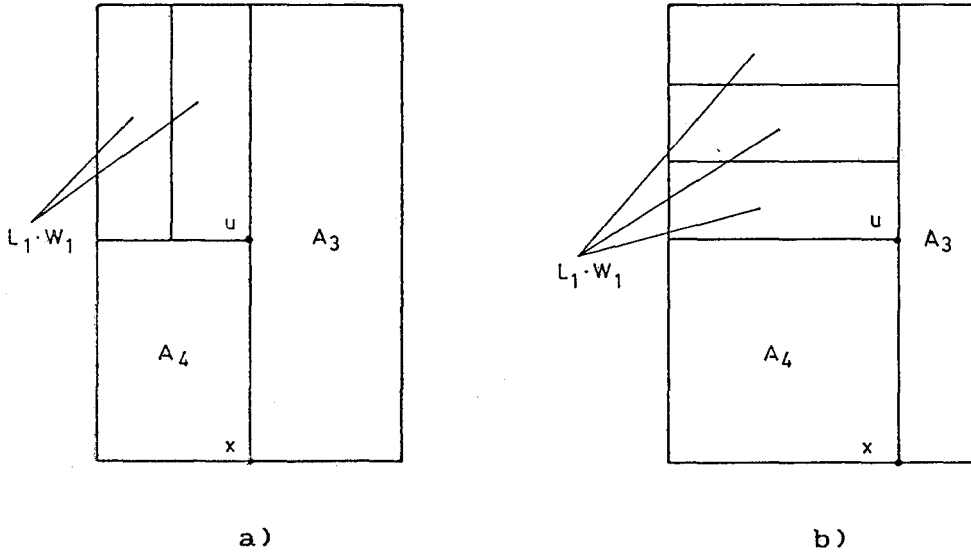
b) İlk parça dik yerleşimli

b) Uzun kenar paralelinin alanları

Listenin ilk parçasının mümkün konumda ve miktarda yerleşiminden sonra, ana malzemenin uzun kenarına paralel bir UX çizgisi çekilirse  $A_3$  ve  $A_4$  ile simgelenebilecek olan iki alan ortaya çıkmaktadır. Bu alanlara, listenin ilk parçadan sonra gelen parçaları arasından boyutları uygun olanların yerleşimi yapılabilir. Ayrıca  $A_3$  ve  $A_4$ 'ün herbirisi için, yerleşim sonrası kısa ve uzun kenara paralel çizgilerin oluşturduğu alanlara yerleşimin mümkün olup olmadığı kontrol edilir. Şekil-3.5'de,  $A_3$  ve  $A_4$  alanlarının oluşumu gösterilmektedir.

UV ile UX çizgilerinin ortaya çıkardığı  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  ve  $A_4$  alanının herbirisine mümkün konumda ve miktarda parça yerleştirildikten sonra bunların kısa ve uzun kenar paralellerinin oluşturduğu ikincil, üçüncül vb. alanların boyutları, daha önce yerleştirilmemiş parçaların boyutları

ile karşılaştırılarak yerleşim yapılmak istenir. Parça listesinde yerleştirememiş parçaların hiçbirisinin yerleştirilemeyeceği boyutlara ulaşıncaya kadar, kısa ve uzun kenar paralelleri yardımı ile yerleşim alanları oluşturulmağa devam edilir.



Şekil 3.5. Uzun Kenar Paralelinin Alanları

- a) İlk parça paralel yerleşimli
- b) İlk parça dik yerleşimli

Kesme planlarının türetilebilmesi amacıyla yapılacak olan sistematik işlemler, önerilen çözüm yaklaşımının diğer bileşenleri ile birlikte izleyen sayfalarda "kesme planları türetme algoritması" başlığı altında açıklanmaktadır.

### 3.4.3. Uygulama çizimlerinin hazırlanması

Türetilen kesme planlarına göre kesme yapılabilmesi için, ölçekli olarak uygulama çizimlerinin hazırlanması gerekmektedir. Uygulama çizimlerinde; her bir plandaki parçaların yerleşim miktarları, yerleşim konumları ile yerleştirme yapılamamış alanlar rahatlıkla görülebilmektedir. Ayrıca uygulama çizimleri esnasında kesme payları verilmekte ve giyotin makası ayar miktarları ile giyotin makası vuruş miktarları belirlenebilmektedir.

Uygulama çizimlerinin sağladığı diğer bir imkan da fire miktarı hesabı yanında malzeme kullanım etkinliğinin hesaplanabilmesine/yardımcı olmasıdır.

#### 3.4.4. Karşılaştırma tablosu

Mümkün tüm öncelik kuralları öngörüsü ile türetilen kesme planlarının karşılaştırılabilmesi için karar vericinin kullanabileceği ölçütlerin tanımlanması gerekmektedir. Bu ölçütlerin, tezgahta ayar ve kesme maliyetlerini, malzeme kullanım etkinliğini içermesi istenir.

Türetilen kesme planlarının, tanımlanan karşılaştırma ölçütleri yönüyle bir tabloda gösterilmesinin sağlayacağı kolaylıklar gözönüne alınarak, önerilen çözüm yaklaşımında karşılaştırma tablosuna yer verilmektedir. Buna göre.

$A_1$  : Alanı enbüyük olan parçaya öncelik tanınmasını,

$A_1 R_1$  : Alanı ile talep miktarı çarpımı enbüyük olan parçaya,

$L_1$  : Uzun kenarı enuzun olan parçaya,

$L_1 R_1$  : Uzun kenarı ile talep miktarı çarpımı enbüyük olan parçaya,

$W_1$  : Kısa kenarı enuzun olan parçaya,

$W_1 R_1$  : Kısa kenarı ile talep miktarı çarpımı enbüyük olan parçaya,

$R_1$  : Talep miktarı enbüyük olan parçaya,

Öncelik tanınmasını simgeliyor olmak üzere, Tablo 3.1'in düzenlenmesi, karar verici yönünden gerekli görülmektedir.

Tablo 3.1. Çözüm Değerleri Karşılaştırma Tablosu

Sıra No	Karşılaştırma Ölçütleri	Öncelik Kuralları						
		$A_i$	$A_i \cdot R_i$	$L_i$	$L_i \cdot R_i$	$W_i$	$R_i \cdot W_i$	$R_i$
1	Teorik Ana Malzeme Gereksinimi							
2	Enaz Ana Malzeme Gereksinimi							
3	Satın Alınacak Malzeme Gereksinimi							
4	Kesme Planı Çeşidi							
5	Fire Oranı [%]							
6	Malzeme Kullanım Etkinliği [%]							
7	Giyotin Toplam Ayar Sayısı							
8	Giyotin Toplam Vuruş Sayısı							
9	Bir Plandaki Ortalama Parça Çeşidi							
10	Bir Plandaki Ortalama Parça Sayısı							
11	Daha Sonra Kullanılabilir Parça Sayısı							
12	Tek Plan ile Erişilebilir Parça Çeşidi							

Satın alınacak malzeme miktarları aynı olan tüm öncelik kuralları diğer ölçütler yönüyle karşılaştırılarak, karar vericinin çok seçenekli çözüm değerleri arasından seçim yapmasına imkan hazırlanır. Karşılaştırma tablosunda görünen ölçütlerin açıklamaları aşağıda yapılmaktadır:

a) Teorik ana malzeme gereksinimi

Ana malzeme gereksinimi teorik olarak, ana malzeme boyutları, istenen parçaların boyutları ve talep miktarları verileri ile hesaplanabilmektedir. Buna göre,

$n_{at}$  : Teorik ana malzeme gereksinimi,

$L$  : Ana malzeme uzun kenarı,

$W$  : Ana malzeme kısa kenarı,

$m$  : Boyutları ve talep miktarları farklı parça çeşidi,

$L_i$  :  $i$  parçasının uzun kenarı,

$W_i$  :  $i$  parçasının kısa kenarı,

$R_i$  :  $i$  parçasının talep miktarı,

olmak üzere,

$$n_{at} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i \cdot L_i \cdot W_i}{L \cdot W}$$

bağıntısı ile, teorik ana malzeme gereksinimi hesaplanabilir.

#### b) Enaz ana malzeme gereksinimi

Bazı parçalar, boyutları itibariyle ana malzeme içine ancak bir adet yerleşebilmektedir. Parça istekleri listesinde bu parçaların talep miktarları toplamı teorik ana malzeme miktarı ile karşılaştırılarak büyük değerli olanı, fire oranı hesaplamasında gözönünde tutulur.

#### c) Kesme planı çeşidi

Önerilen çözüm yaklaşımında, benimsenen herbir öncelik kuralı uygulaması sonucu türetilen kesme planları kümesi farklı çeşitte ve sayıda olmaktadır. Herhangi bir öncelik kuralı öngörüsü ile türetilen kesme planlarının herbir çeşidindeki miktarların toplamı ise, satın alınacak ana malzeme miktarına karşı gelmektedir. Farklı öncelik kurallarının türettiği kesme planlarından hareketle

hesaplanan satın alınacak ana malzeme gereksinimi aynı olan öncelik kuralları, diğer ölçütler bakımından karşılaştırılmaktadır.

d) Fire oranı

Satın alınacak ana malzeme miktarı aynı olan öncelik kurallarının karşılaştırılması hedeflendiği için fire oranlarının da aynı değerde olması gerekir. Çünkü fire oranı,

FO: Fire oranı

$n_s$ : Satın alınacak ana malzeme gereksinimi,

$n_{st}$ : Teorik ana malzeme gereksinimi,

$n_g$ : Enaz ana malzeme gereksinimi,

olmak üzere,  $n_g > n_{st}$  koşulunda,

$$FO = \frac{n_s - n_g}{n_s} \text{ veya } n_g < n_{st} \text{ koşulunda ise}$$

$$FO = \frac{n_s - n_{st}}{n_s}$$

ilişkilerinden birisi kullanılarak hesaplanmaktadır.

Yukarıda belirtilen nedenle, önerilen çözüm yaklaşımı, fire oranlarının karşılaştırmasını önemli bulmamaktadır. Fire oranları yerine, diğer çalışma ve araştırmalarda değinilmeyen malzeme kullanım etkinliğinin önemi üzerinde durulması, malzeme kullanım verimliliğini etkileyebilecektir.

e) Malzeme kullanım etkinliği

Önerilen çözüm yaklaşımında, kesme planlarını türetme işleminin sonlarına doğru türetilen kesme planlarında; daha sonraki kullanımlara veya son anlarda belirebilecek

talepleri karşılamaya uygun boyutlarda alanların ortaya çıkabildiği gözlenmektedir. Bu alanların ayrıca, olası kesme kusurları nedeniyle gereksinim duyulabilecek yeniden kesme işlemine de uygunluğu dikkati çeken bir yandır. Kullanılabilir nitelikteki bu alanları fire olarak değerlendirmek doğru değildir. Çünkü bu alanlar, mevcut parça listesini dolduran endüyük boyutlara sahip parçadan daha büyük boyutlara sahip olabilmektedirler. Buna göre,

**MKE:** Malzeme kullanım etkinliği (yüzdesi),

$R_i$  :  $i$  parçasının talep miktarı,

$L_i$  :  $i$  parçasının uzun kenarı,

$W_i$  :  $i$  parçasının kısa kenarı,

$m$  :  $i$  parçası çeşidi,

$n_a$  : Satın alınan ana malzeme miktarı (adet),

$L$  : Ana malzeme uzun kenarı,

$W$  : Ana malzeme kısa kenarı,

$L_j$  : Daha sonra kullanılabilir  $j$  alanı uzun kenarı,

$W_j$  : Daha sonra kullanılabilir  $j$  alanı kısa kenarı,

$k$  :  $j$  alanı miktarı (Daha sonra kullanılabilir parça mik.),

olmak üzere,

$$MKE = \frac{\sum_{i=1}^m R_i \cdot L_i \cdot W_i}{n_a \cdot L \cdot W - \sum_{j=1}^k L_j \cdot W_j}$$

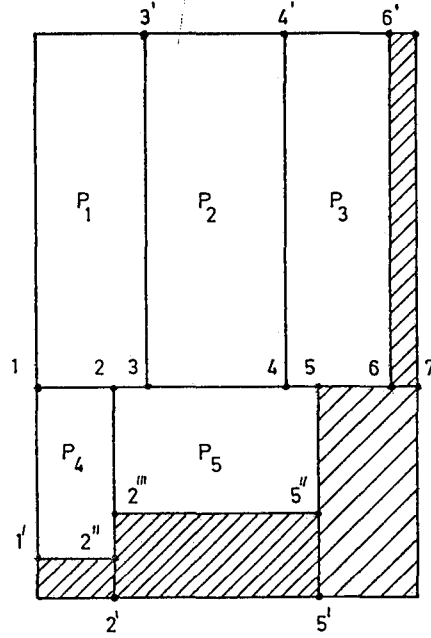
bağıntısından, malzeme kullanım etkinliği herbir öncelik kuralına göre türetilen kesme planları için, uygulama çizimlerinin hazırlanmasından sonra hesaplanabilmektedir.

M f) Giyotin ayar sayısı

Kesme planının içindeki parçaların herbirine erişmek için, ana malzemenin giyotinde kesimi sırasında bu tezgahdaki malzeme dayama birimi olarak adlandırılan bir birimin konumunun değiştirilmesi gerekmektedir. Dayama birimine konum değiştirilmesi, giyotin ayarı olarak bilinmektedir. Bir kesme planını oluşturan tüm parçalara erişmek için giyotinde yapılması zorunlu ayarlamaların sayısı ile süreçlenecek plan sayısının çarpımı da, o plan için toplam ayar sayısı olacaktır. Herbir giyotin ayarını, bir kesici makas bıçağının vuruşu izleyeceğinden; herbir plan için toplam ayar sayıları toplamı da, toplam giyotin vuruş sayısına ve dolayısıyla giyotinde kesme süresine karşı gelmektedir.

Giyotin ayar sayısının belirlenebilmesi için kesme planına karşı gelen uygulama çiziminin hazırlanması gerekmektedir. Süreçlenecek kesme planı uygulama çiziminin Şekil-3.6'da gösterildiği şekilde olduğu varsayılırsa, sırası ile  $P_3$ ,  $P_2$ ,  $P_1$  parçalarına erişmek için 1234567, 66', 44', 33' çizgileri boyunca kesmelerin yapılması gerektiği;  $P_5$  ile  $P_4$  parçalarına erişmek için ise 55', 22', 2''5'', 1'2'' çizgileri boyunca kesmeler yapılması gerektiği anlaşılmaktadır. Böylece, bu planda bulunan 5 adet parçaya erişmek için toplam olarak 8 defa giyotin ayarı yapılması gerektiği ifade edilmektedir.





Şekil 3.6. Kesme Planında Giyotin Ayarı

#### h) Diğer karşılaştırma ölçütleri

Uygulama çizimlerinin hazırlanmasından sonra, her bir kesme planındaki parça cinsi miktarı, parça toplam sayısı, daha sonra kullanılabilir durumdaki parça miktarı ve bunların toplam alanları belirlenebilir. Ayrıca herhangi bir parçanın kullanım önceliği söz konusu ise, buna erişmek için gerekli kesme planları ve tek plan uygulaması ile erişilebilir parça cinsi miktarları kolayca görülebilir.

### 3.5 Kesme Planları Türetme Algoritması

Kesme planlarının etkin bir yöntemle türetimi, dilme problemi çözümünde ilk ve en önemli aşamadır. Kesme planları türetildikten sonra, belirli miktardaki talepleri karşılamak için bunların birleştirilmesi ise, çözüm yaklaşımının birinci aşamasında, düzenlenen parça listesindeki ilk elemanın ana malzemeye yerleştirilmesinden sonra geri kalan alt alanlara sayımlama ile parça yerleştirmeleri yapılarak kesme planları türetilmektedir.

herbir parçanın talebini tam olarak karşılayabilmek için; türetilen planın herbirisinden kendisindeki endüçük talep miktarına sahip olan parça gözönüne alınarak hesaplanan miktar kadar alınır. Sözgelimi, bir  $p$  planındaki parçalardan endüçük talep miktarına sahip olanı  $j$  parça ve bunun  $p$  planına gelinceye kadar karşılanamamış talep miktarı  $R_{j,k}$ ,  $p$  planında bulunabilen miktarı  $a_{j,p}$  ise,  $p$  planından kesme planları kümesine dahil edilebilecek miktar, tamsayı olmak üzere  $R_{j,k}/a_{j,p}$  olur.

Kesme planları üzerine, fire ve diğer bakımlardan kısıt koymaksızın türetme işlemini yapan çözüm algoritmasının adımlarıyla, bu algoritma için hazırlanan bilgisayar programları, aşağıda açıklanmaktadır.

### 3.5.1. Çözüm algoritmasının adımları

Çözüm algoritması, aşağıdaki işlem adımlarından oluşmaktadır:

- Adım 1. Mümkün bir öncelik kuralı esas alınarak parça listesi düzenlenir.
- Adım 2. Listedeki ilk parçanın ana malzemeye yerleştirilmesi gerçekleştirildikten sonra kalan  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  ve  $A_4$  alt alanlarının boyutları hesaplanır.
- Adım 3. Alt alanlara, onların da alt alanları dikkate alınmak suretiyle parça yerleştirme işlemleri sürdürülür.
- Adım 4.  $A_1$  ve  $A_2$  ile  $A_3$  ve  $A_4$  alt alanlarına yapılabilmemiş yerleştirmelerin toplam alan miktarları karşılaştırılarak, enbüyük değere sahip olanı alınır. Eşitlik halinde, geride bırakılan alanlardan boyutları itibariyle kullanılabilir olanı tercih edilir.

Adım 5. Bir kesme planı türediği bildirilir ve bunun miktarı belirlenir. Bu miktara göre de, bu plandaki parçaların karşılanabilmiş talep miktarları hesaplanarak karşılanamamış talep miktarları belirlenir.

Adım 6. Karşılanamamış talep miktarına göre parça listesi güncelleştirilerek Adım 2'ye dönlür. Herbir parçanın karşılanamamış talep miktarı sıfır oluncaya kadar 2-6 adımları tekrarlanır.

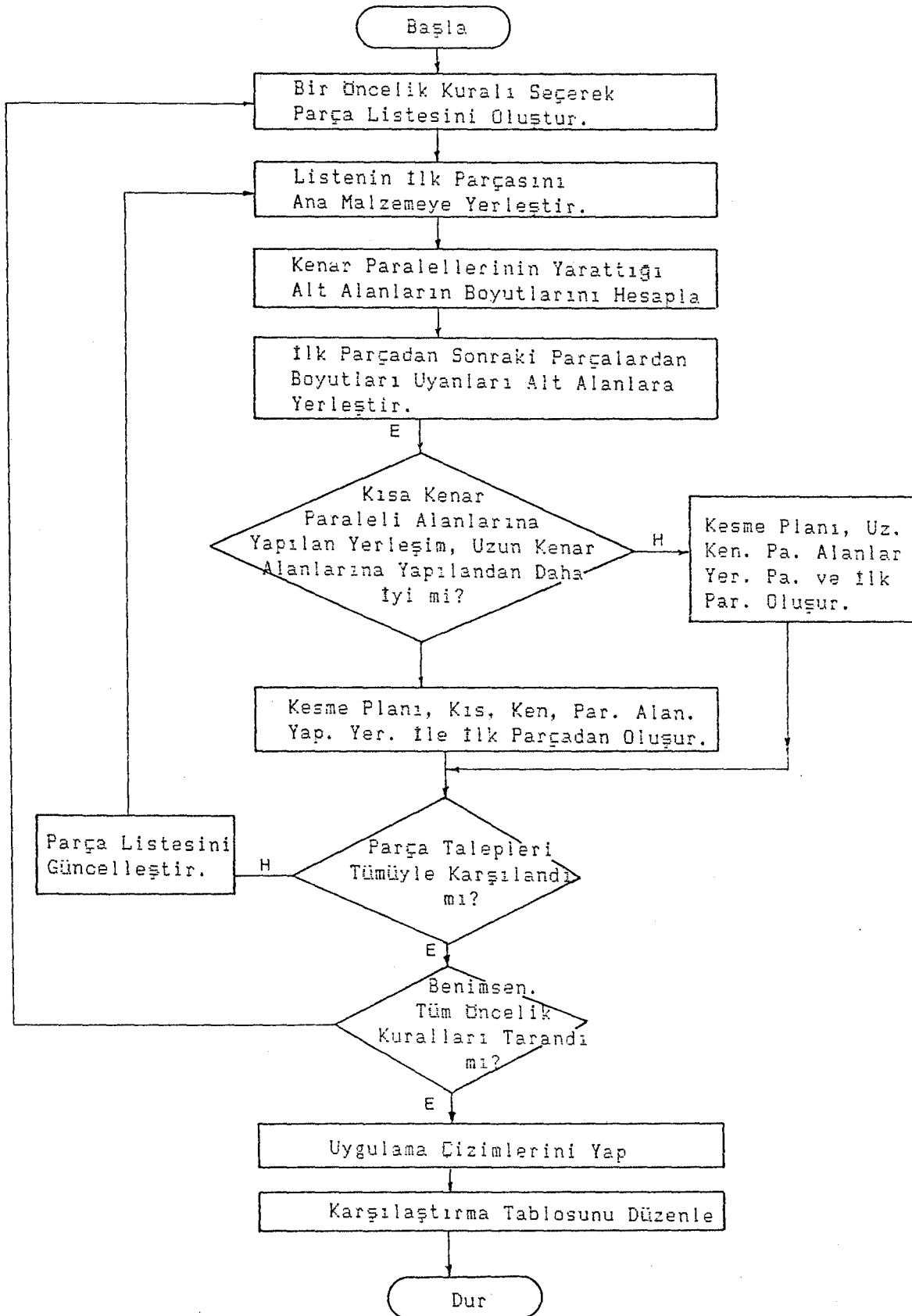
Adım 7. Mümkün diğer öncelik kuralları için 1-6 adımları tekrarlanır.

Adım 8. Herbir öncelik kuralının türettiği kesme planları kümesinin, uygulama çizimi hazırlanır.

Adım 9. Uygulama çizimleri, karşılaştırma ölçütlerine göre elden geçirilir.

Adım 10. Sonuçlar, karşılaştırma tablosunda topluca karar vericiye sunulur.

Algoritmanın işlem akışı, Şekil-3.7'de gösterilmektedir.



Şekil 3.7. Çözüm Algoritması İşlem Akışı

### 3.5.2. Bilgisayar programları

Önerilen çözüm yaklaşımının işlem adımlarına uygun olarak BASIC programlama dilinde ve kullanıcı etkileşimli bilgisayar programları hazırlanmıştır. Ana malzeme boyutları ile parça çeşidi miktarı ve herbir parçanın boyutları, talep miktarları veri olarak programa girildikten hemen sonra ekrana "çözüm öncelikleri" başlığı altında gelen menüden; kullanıcı, önceliğini seçtikten kısa bir süre sonra türetilen kesme planları ekrandan veya yazıcıdan alınabilmektedir. Malzeme boyutları ile talep miktarlarının rassal olmasının istenmesi halinde de program gerekli verileri türetebilmektedir. Programın akış şeması EK-1'de, bilgisayar programı EK-2'de verilmektedir.

Rassal değerler türetiminde malzeme boyutları için,

$$\text{Boyut} = \left[ (\text{Aralık değeri} + 1) (0-1 \text{ arası düzgün dağılmış sayı})^{0.5} + \text{Alt Limit} \right]$$

ilişkisinden ve parça çeşidi ile talep miktarları için de, düzgün dağılımdan yararlanılmıştır (Farley, 1986).

Bilgisayar yazıcısından alınan kesme planlarının uygulama çizimleri, kesme paylarını kolaylıkla verebilmek ve gerekli diğer yerleşim ayarlamalarını, düzenlemelerini gerçekleştirebilmek için elle yapılmıştır.

Yazıcıdan alınan kesme planlarına bir örnek Şekil-3.8'de gösterilmektedir.

Plan .....	..... Adet Fire .....
$L_1 \times W_1 \times ii$	P 0
$L_1 \times W_1 \times jj$	D 1
$L_2 \times W_2 \times kk$	P 12
$L_1 \times W_1 \times ll$	D 34
$L_n \times W_n \times mm$	D 342
$L_n \times W_n \times nn$	P 3424

Şekil 3.8. Yazıcıdan Alınan Kesme Planı

Kesme planında, planın türetildiği öncelik kuralı, plan numarası, süreçlenecek miktar, fire miktarı, plandaki parçaların boyutları, miktarları, konumları ve yerleşim alanları verilmektedir. Sözgelimi, Şekil-3.8'deki örnek kesme planında,

D: Dik konumlu yerleşimi,

P: Paralel konumlu yerleşimi,

i, j, k, l, m, n: Kesme planındaki parçaları,

ii, jj, kk, ll, mm i, j, k, l, m, n parçalarının planda bulunan  
, nn: miktarlarını,

O: Ana malzemeyi,

1: A1 alanını,

12: A1 alanındaki A2 alanını,

34: A3 alanındaki A4 alanını,

342: A3 alanındaki A4 alanından elde edilen A2 alanını,

3424: A3 alanındaki A4 alanından elde edilen A2 alanının  
A4 alanını,

temsil etmektedir.

Kullanıcının öngördüğü bir öncelik kuralının benimsenmesi sonucu türetilen kesme planlarının tamamlanmasından sonra, çözüm öncelikleri menüsü yeniden ekrana gelerek, başka öncelik kuralının uygulanma imkanı yaratılmaktadır.

Bilgisayar programında ayrıca teorik, gerçek ve satın alınacak malzeme gereksinim hesaplamaları da öngörüldüğünden bu bilgiler, yazıcıdan kesme planları ile birlikte alınabilmektedir.

Parçaların ana malzeme içindeki yerleşimlerinin, konumu, miktarı ve yeri, parça çeşidi miktarına, parça boyutları ile ana malzeme boyutları arasındaki farklılıkların mertebesine bağlı olarak; makul süreler içinde belirlenebilmektedir.

### 3.6 Uygulama

Geliştirilen çözüm yaklaşımının uygulaması, bir gıda işletmesindeki pişirme fırınlarında kullanılmak üzere yurt dışında satın alınan özel nitelikli ve 2440x1220x5 mm. boyutlarındaki dikdörtgen çelik malzemeden iki grup halinde toplam olarak 25 çeşit, 1140 parça kesilmesi için yapılmıştır. Aynı işletmenin ilgili elemanlarınca kişisel beceri ve sezgilere dayalı yöntemle, 5 işgünü içinde % 33 fire oranı ile türetilen kesme planları; önerilen yaklaşımla, uygulama çizimleri dahil toplam 3 saatlik bir zaman içinde ve ilk grup parçalar % 6.71, ikinci grup parçalar ise % 0.94 fire oranları ile türetilmişlerdir.

IBM veya AMSTRAD PC'de programın çalıştırılıp, verilerin girilmesinden yaklaşık 1.5 dakika sonra benimsenen öncelik kuralına göre türetilen kesme planları alınabilmiştir. Yedi adet öncelik kuralı için, kesme planlarının yazıcıdan alınması işlemi, yaklaşık 15 dakikada gerçekleşmiştir.

Programın çalışmasını sınamak ve işlem adımlarının oluşturduğu parça yerleşiminin etkinliğini görebilmek için herbir parçadan birer adetlik talep miktarları veri olarak programa girilmiştir. Programın çalıştırılmasından sonra türetilen kesme planları için hazırlanan uygulama çizimleri, parça yerleşimindeki etkinliği göstermiştir. Ayrıca bir çalışmada (Wang, 1983) rapor edilen verilerle de test yapıldığında değinilen çalışmada belirtilen oranda fireye sahip kesme planlarının türetililebildiği gözlenmiştir.

Gıda işletmesindeki verilerle ilgili bilgi ve elde edilen sonuçlar, aşağıda verilmektedir.

a) Birinci grup parça verileri

Çözüm yaklaşımının uygulandığı birinci grup parçalara ilişkin veriler, Tablo 3.2'de görülmektedir.

Tablo 3.2. Birinci Grup Parça Verileri

No	$L_i$	$W_i$	$R_i$
1	1370	1010	41
2	1270	1010	41
3	1320	960	82
4	1010	650	82
5	960	590	82
6	1370	300	42
7	1010	350	16
8	1320	250	84
9	960	325	16
10	1370	200	42
11	600	250	84
12	650	200	84
13	325	250	16
14	350	200	16

Tablo 3.2'deki verilerin programa girilmesiyle elde edilen kesme planları EK-3'de ve bu kesme planlarının uygulama çizimleri ise EK-4'de verilmektedir.

Birinci grup parça verilerine yedi öncelik kuralı uygulamasıyla, türetilen kesme planlarının karşılaştırması, Tablo 3.3'de yapılmaktadır.



Tablo 3.3. Birinci Grup Parçalar İçin Çözüm Değerleri

Sıra No	Karşılaştırma Ölçütleri	Öncelik Kuralları						
		$A_1$	$A_1 \cdot R_1$	$L_1$	$L_1 \cdot R_1$	$W_1$	$R_1 \cdot W_1$	$R_1$
1	Teorik Ana Malzeme Gereksinimi	137	137	137	137	137	137	137
2	Enaz Ana Malzeme Gereksinimi	164	164	164	164	164	164	164
3	Satın Alınacak Malzeme Gereksinimi	175	175	176	206	175	191	208
4	Kesme Planı Çeşidi	14	14	17	16	14	16	16
5	Fire Oranı [%]	6.71	6.71	7.32	26.6	6.71	16.46	26.83
6	Malzeme Kullanım Etkinliği [%]	89.05	88.81	---	---	89.05	---	---
7	Giyotin Toplam Ayar Sayısı	116	102	---	---	119	---	---
8	Giyotin Toplam Vuruş Sayısı	1162	1213	---	---	1180	---	---
9	Bir Plandaki Ortalama Parça Çeşidi	4	4	---	---	3	---	---
10	Bir Plandaki Ortalama Parça Sayısı	6	5	---	---	6	---	---
11	Daha Sonra Kullanılabilir Parça Sayısı	48	46	---	---	48	---	---
12	Tek Plan ile Erişilebilir Parça Çeşidi	4	4	---	---	4	---	---

Tablo 3.3'den anlaşıldığı üzere, satın alınacak malzeme gereksinimi 175 adet olan,  $A_1$ ,  $A_1 \cdot R_1$  ve  $W_1$ 'nin diğer ölçütler bakımından karşılaştırılmaları yapılmaktadır.

Karşılaştırma sonucu, kesme planı çeşidi yönüyle  $A_1$ ,  $A_1 \cdot R_1$  ve  $W_1$ 'nin aynı olduğu; tezgah ayar maliyeti yönüyle  $A_1 \cdot R_1$ 'nin; kesme maliyeti yönüyle  $A_1$ 'nin; malzeme kullanım etkinliği yönüyle ise  $A_1 \cdot R_1$ 'nin eniyi olduğu görülür. İki bakımdan eniyi değere sahip oluşu nedeniyle  $A_1 \cdot R_1$  öncelik

kuralı öngörüsü ile türetilen kesme planlarının karar verici tarafından benimsenmesi beklenebilir. Ancak bu, karar vericinin diğer maliyet bileşenlerini önemsemediği anlamına gelmemelidir.

b) İkinci grup parça verileri

Çözüm değerleri belirlenen ikinci grup parçalara ait veriler Tablo 3.4'de gösterilmektedir. Bu tabloda yer alan parçalar da birinci gruptaki gibi alan büyüklüğüne göre sıralanmışlardır.

Verilerin bilgisayara girilmesinden itibaren yaklaşık olarak 11 dakikalık bir süre içinde, yedi adet öncelik kuralı öngörüsü ile türetilen kesme planlarının yazıcıdan alınabildiği gözlenmiştir. Teorik ana malzeme gereksiniminin 75, gerçek ana malzeme gereksiniminin 106 ve satın alınacak ana malzeme gereksiniminin 107 adet olarak  $A_1$ ,  $A_1.R_1$ ,  $L_1$  ve  $W_1$  öncelik kuralı benimsenmesiyle elde edildiği;  $L_1.R_1$ 'den 144,  $W_1.R_1$ 'den 111 ve  $R_1$ 'den ise 131 adet satın alınacak ana malzeme gereksinimi hesaplandığı görülmüştür. Buna göre diğer ölçütler bakımından karşılaştırmanın,  $A_1$ ,  $A_1.R_1$ ,  $L_1$  ve  $W_1$  öncelik kuralı arasında yapılması gerekmektedir.

Tablo 3.4. İkinci Grup Parça Verileri

No	$L_1$	$W_1$	$R_1$
1	1270	1010	8
2	1320	960	8
3	1370	910	41
4	1270	910	49
5	910	540	82
6	1270	300	50
7	1320	250	8
8	1270	200	50
9	910	275	16
10	550	300	84
11	300	275	16

İkinci grup parçalar için bilgisayar yazıcısından alınan kesme planları, EK-5'de, bu kesme planlarından hareketle elde edilen uygulama çizimleri ise EK-6'da verilmektedir.

Tablo 3.5. İkinci Grup Parçalar İçin Çözüm Değerleri

Sıra No	Karşılaştırma Ölçütleri	Öncelik Kuralları						
		$A_i$	$A_i . R_i$	$L_i$	$L_i . R_i$	$W_i$	$R_i . W_i$	$R_i$
1	Teorik Ana Malzeme Gereksinimi	75	75	75	75	75	75	75
2	Enaz Ana Malzeme Gereksinimi	106	106	106	106	106	106	106
3	Satın Alınacak Malzeme Gereksinimi	107	107	107	144	107	111	131
4	Kesme Planı Çeşidi	11	9	10	---	11	---	---
5	Fire Oranı [%]	0.94	0.94	0.94	---	0.94	---	---
6	Malzeme Kullanım Etkinliği [%]	88.66	92.97	89.68	---	88.66	---	---
7	Giyotin Toplam Ayar Sayısı	90	62	83	---	84	---	---
8	Giyotin Toplam Vuruş Sayısı	622	688	623	---	620	---	---
9	Bir Plandaki Ortalama Parça Çeşidi	3	3	3	---	3	---	---
10	Bir Plandaki Ortalama Parça Sayısı	6	5	7	---	6	---	---
11	Daha Sonra Kullanılabilir Parça Sayısı	46	60	50	---	47	---	---
12	Tek Plan ile Erişilebilir Parça Çeşidi	4	5	2	---	4	---	---

Tablo 3.5'de verilen çözüm değerlerinin incelenmesinden görüleceği gibi, satın alınacak malzeme gereksinim miktarı aynı olmasına karşın; farklı öncelik kuralı benimsenmesiyle farklı miktarlarda kesme planları ile karşılaşılabilmektedir. Bu defa, kesme planı oluşturma

veya elden geçirme maliyetleri olarak tanımlanabilecek bir başka tür maliyet bileşenin daha, çözüm değerlerini karşılaştırmada kullanılabileceği anlaşılmaktadır. Bu nedenle, ikinci grup parçaların çözüm değerleri için Tablo 3.6'nın düzenlenmesi düşünülebilir. Bu tablo, çözüm değerlerini, bilinen maliyet bileşenleri ve malzeme kullanım etkinliği yönüyle karşılaştırmaktadır.

Tablo 3.6. İkinci Grup Parçalar Maliyet Karşılaştırma Tablosu

Ölçüt	$A_i$	$A_i \cdot R_i$	$L_i$	$W_i$
Kesme Planı Oluşturma M.	-	+	-	-
Tezgah Ayar Maliyeti	-	+	-	-
Kesme Maliyeti	-	-	-	+
Malzeme Kullanım Etkinliği	-	+	-	-

Tablo sonuçlarına göre, kesme planlarını oluşturma ve tezgah ayarı maliyetleri ile malzeme kullanım etkinliği bakımından,  $A_i \cdot R_i$  öncelik kuralının benimsenebilir değerde olmasına karşılık; kesme maliyetlerinin önemli olduğu koşullarda ise,  $W_i$  önceliğine göre türetilecek kesme planlarının benimsenmesi beklenebilir.

#### c) Wang'ın kullandığı veriler

Wang'ın 1983'de yayınlanan (Wang, 1983) bir çalışmasında belirttiği çözüm algoritmasında kullandığı veriler, bilgisayar programına girildiğinde; çalışmada açıklanan fire oranına sahip kesme planlarının türetilebildiği görülmüştür. Uygulama çizimleri ise yapılmamıştır.

Wang'ın ele aldığı problemde ana malzeme, 108x60 birim boyutlarında ve istenen parçaların boyutları ile talep miktarları ise,

No	$L_i$	$W_i$	$R_i$
1	30	28	180
2	24	20	180
3	21	14	100
4	20	16	100
5	18	12	100

olarak verilmekte, ayrıca herbir parçanın herhangi bir kesme planı içinde bulunabilen miktarına da kısıt konulmaktadır. Wang'ın çalışmasında, bu çalışmada ele alınan problem, genel kesme problemi olarak nitelendirilmektedir.

Erişilebilen çalışma ve kaynaklarda, çok seçenekli çözüm değerleri türetmenin iyi yanlarından söz edilmekle beraber herhangi somut uygulamaya yer verilmeyişi, dikkat çekicidir.

## SONUÇ

Giyotinle kesmede iki boyutlu malzeme dilme probleminin çözümünde, problemi sıralama çizelgeleme yaklaşımıyla ele alarak, kesme planları türetim işlemini, bilgisayar destekli bir yordamla yapan çözüm yaklaşımının açıklandığı bu çalışmada ulaşılan sonuçlarıyla daha sonra yapılabilir araştırmalara veya çalışmalara ışık tutabilecek öneriler şöyle özetlenebilir:

Bir ve iki boyutlu dilme problemlerinde önemli bir çözüm evresi olan kesme planlarının türetilmesine yönelik çalışmalarda, genel olarak problemin kesme kayıpları (fire) enküçüklenmesi amacına göre ele alındığı, karar vericiye çok seçenekli çözüm değerleri üretebilen yaklaşımların giyotinle kesme işlemine uygulanmadığı, problemlerin çoğunun çözümünde belirli öngörülerin ve varsayımların benimsendiği saptanmıştır.

Giyotinle kesmede iki boyutlu malzeme dilme problemindeki bazı temel kavramlar, kısıtlar ve karar verme ölçütleri genişletilerek ele alındığında, kesme kayıplarının (firelerin) çok önemli karar verme ölçütü olamayacağı, bunun yanısıra tezgah ayarı ve kesme işlemi maliyetleri gibi denetlenmesi gereken süreç maliyeti bileşenlerinin de göz önüne alınmasının gerektiği anlaşılmıştır. Buna bağlı olarak dilme probleminin, bir sıralama ve çizelgeleme problemi yaklaşımıyla ele alınabileceği gösterilmiştir. Ayrıca kesme planları türetme yaklaşımının önemi vurgulanarak; kullanımı kolay, kullanıcı etkileşimli yordamsal bir çözüm yaklaşımının sağlayacağı esneklikler belirtilmiştir.

Sıralama ve çizelgeleme problemi yaklaşımından yararlanarak geliştirilen yordamsal çözüm algoritmasında, kesimi istenen parçaların belirli bir özelliğine öncelik verilerek oluşturulan parça aday listesindeki ilk parçanın

yerleştirilmesinden sonra kalan alanlara ve onların da alt alanlarına listenin diğer parçalarının yerleşim denemeleri öngörölmektedir.

Önerilen çözümler yaklaşımının gerçek verilerle uygulanması, bir işletmedeki iki grup malzeme listesi için yapıldığında, sırasıyla % 6.7 ve % 0.94 lik fire oranları ile karşılaştırılmıştır. Aynı problemin, işletme ilgililerince % 33 lük fire oranı ile çözümlendiği ifade edilmiştir.

Yaklaşım, birden fazla öncelik kuralına göre kesme planları türetilebildiğinden ve bunları bazı ölçütlere göre karşılaştırma imkanı verdiğinden, diğer yaklaşımlarda bulunmayan karar verme esnekliklerine sahiptir. Yanısıra, bir kişisel mikrobilgisayar ortamında çalışmaya yatkınlık gösteren özellikte oluşu, dikkati çeken diğer bir yandır.

Kesme planları bilgisayar yazıcısından alındıktan sonra bunların uygulama çizimleri ve diğer bazı hesaplamalar ile bunlara bağlı olarak ortaya çıkan çözümlerinin karşılaştırma tablolarında gösterimi, elle yapılmıştır. Bu çizim ve hesaplamaların bilgisayar desteğinde yapılması, üç boyutlu dilme veya yerleştirme problemi için esnek bir çözümler yaklaşımı geliştirilmesi, başka çalışmaların konusu olabilecek değere sahip potansiyel problem alanları olarak görölmektedir.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Beasley, J.E., 1985, An Algorithm for the Two Dimensional Assortment Problem, Euro.j.of Operational Res., 19, 253-261.
- Christofides, Nand Whitlock, C., 1977, An Algorithm for Two-Dimensiol Cutting Problems, Operations Res., 25,30-44.
- Chvatal, V., 1983, The Cutting-Stock Problem, Linear Programming, W.H., Freeman and Company, Newyork, 195-212 p.
- Coverdale, I. and Wharton, F., 1976, An Improved Heuristic Procedure For A Nonlinear Cutting Stock Problem, Management Sci., 23, 78-86.
- Daglı, C.H., Tatoglu, M.Y., 1983, A Computer Package for Solving Cutting Stock Problems, Technical Report No: 83-03, Department of Industrial Engineering, Middle East Technical University, Ankara.
- Daglı, C.H., Tatoglu, M.Y., 1987, An Approach to Two-Dimensional Cutting Stock Problems, Int. J. Prod. Res., 25, 175-190.
- Daglı, Cihan H., 1988, Knowledge-Based Systems for Cutting Stock Problems, Working Paper Series No: 88-01-01, Department of Engineering Management, University of Missouri-Rolla, U.S.A.
- De Cani, P., 1978, A Note on the Two-Dimensional Rectangular Cutting Stock Problem, J. Operational Res. Soc., 29, 703-706.
- Dinçmen, M., 1978, İş Akışı Planlaması Çıkması, Yöneylem Araştırması 4. Ulusal Kongresi, İstanbul.
- Dyckhoff, H., Aachen, RWTH, 1988, A Typology of Cutting and Packing Problems, EURO/TIMS Conference, Paris.



- Dyckhoff, H., Kruse, H.J., Abel, D, Gal T, 1985, Trim Loss and Related Problems, Omega The Int. J. of Management. Sci., 13, 59-72.
- Dyson, R.G., Chambers, M.I., 1976, The Cutting Stock Problem in the Flat Glass Industry: Selection Of Stock Sizes, Opt. Res. Q., 27, 949-957.
- Farley, Alan A., 1983, Trim-Loss Pattern Rearrangement and Its Relevance to the Flat-Glass Industry, Euro. J. of Operational Res. 14, 386-392.
- Farley, Alan A., 1983, A Note on Modifying A TWO-Dimensional Trim-Loss Algorithm to Deal With Cutting Restrictions, Euro. J. of Operational Res., 14, 393-395.
- Farley, Alan A., 1984, Fixed Charge Problems With Identical Fixed Charges, Euro. J. of Operational Res., 18, 245-249.
- Farley, Alan A., 1986, Algorithms For Solving Cutting Stock Problems, Ph. D. Thesis In Monash University, Melbourne, Australia, 1-20 p.
- Farley, Alan A., 1988, Mathematical Programming Models for Cutting stock Problems in the Clothing Industry, J. Opl. Res. Soc., 39/1, 41-53.
- Ferreira, J. Soeiro, Neves, M. Antonio, Castro, P. Fonseca, 1988, A Two-Phase Roll Cutting Problem, EURO/TIMS Conference, Paris.
- Gochet, Willey and Vandebroek Martina, 1989, A Dynamic Programming Based Heuristic for Industrial Buying of Cardboard, Euro. J. of Operational Res., 38, 104-112.
- Haessler, Robert W., 1975, Controlling Cutting Pattern Changes in One-Dimensional Trim Problems, Operations Res., 23, 483-493.

- Harrison, Paul, 1984, The Two-Dimensional Cutting Problem of the Furniture Manufacturer, Operational Res. IFORS 1984., 625-640.
- Israni, Sharat S., Sanders, Jerry L., 1984, A Manufacturing Decision Support System for Flamecutting, Compt. and. Ind. Engng., 8, 207-213.
- Israni, Sharat S., Sanders, Jerry L., 1985, Performance Testing of Rectangular Parts-Nesting Heuristics, Int. J. Prod. Res., 23/3, 437-456.
- Kara, İmdat, 1986, Tamsayılı Programlamada Çözüm Yaklaşımları, Yöneylem Araştırması-Doğrusal Olmayan Modeller, Anadolu Üniversitesi, 134-138 s.
- Litton, C.D., 1977, A Frequency Approach to the One-Dimensional Cutting Problem for Carpet Rolls, Operational Res. Q., 28, 927-938.
- Oliveira, J. Fernando and Ferreira J. Soeiro, 1988, Solving Two-Dimensional Cutting Problems and Comparing Different Approaches, EURO/TIMS Conference, Paris.
- Pentico, David W., 1988, The Discrete Two-Dimensional Assortment Problem, Operations Res., 36/2, 324-332.
- Qu, Weishuang and Sanders, Jerry L., 1987, A Nesting Algorithm for Irregular Parts and Factors Affecting Trim Losses, Int. J. Prod. Res., 25/3, 381-397.
- R. Sarker, Bhaba, 1988, An Optimum Solution for One-Dimensional Slitting Problems: A Dynamic Programming Approach, J. Opl. Res. Soc., 39/8, 749-755.
- Schneider, W., 1988, Trim-Loss Minimization in A Crepe-Rubber Mill, Optimal Solution Versus Heuristic in the 2(3)-Dimensional Case, Euro. J. of Operational Res., 34, 273-281.

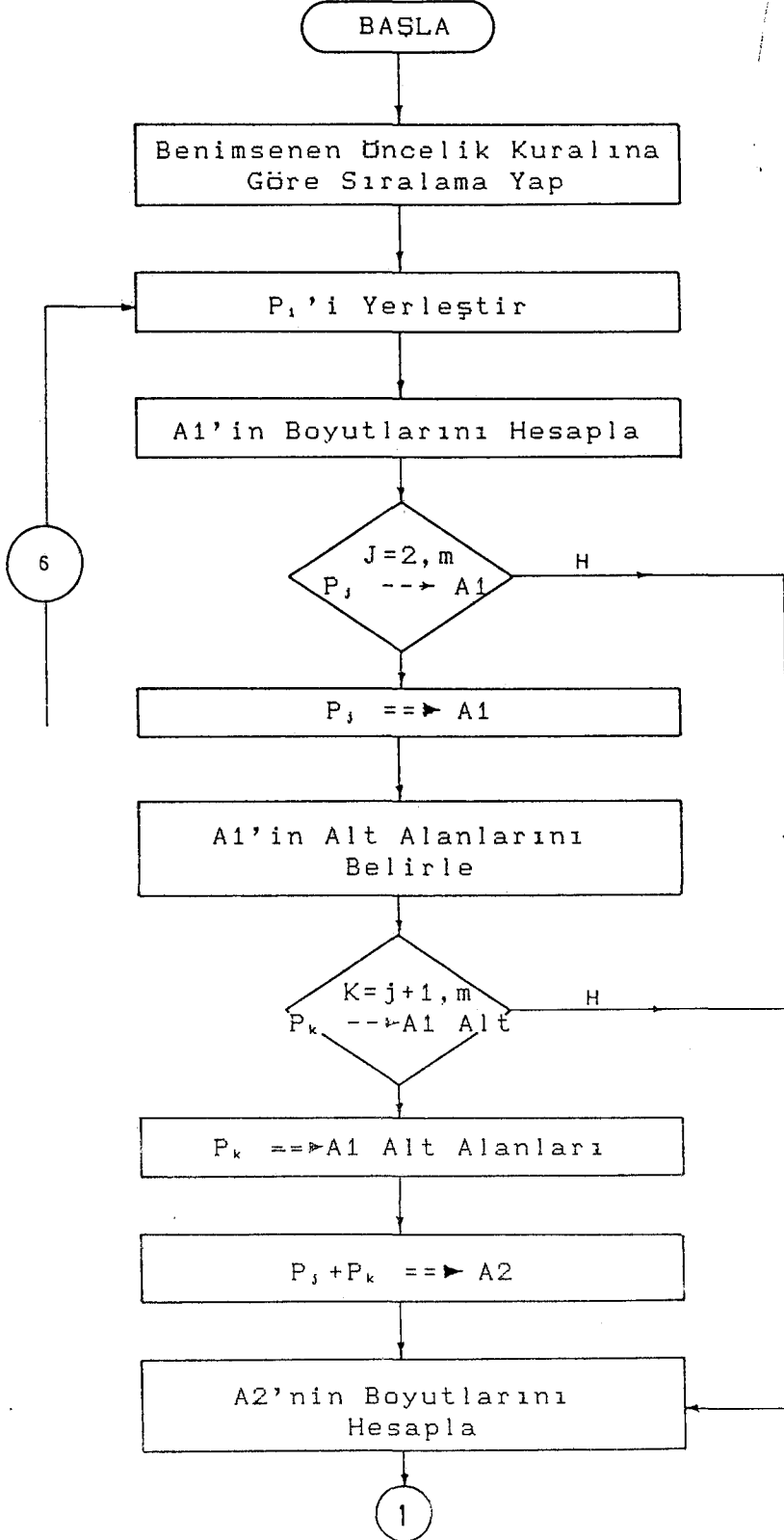
- Stainton, R.S., 1977, The Cutting Stock Problem for the Stockholder of Steel Reinforcement Bars, Operational Res. Q., 28, 139-149.
- Steudel, Harold J., 1979, Generating Pallet Loading Patterns: A special Case of the Two-Dimensional Cutting Stock Problem, Management Sci., 10, 997-1004.
- Sweeney, Paul E., 1988, One-Dimensional Cutting Stock Decisions for Rolls With Multiple Quality Grades, Working Paper No:571 The University Of Michigan, Ann Arbor, U.S.A.
- Takuyama, Hiroyuki, Ueno, Nobuyuki, 1981, The Cutting Stock Problems in the Iron and Steel Industries, Operational Res. IFORS 1981., 809-823.
- Vasko, Francis J., 1989, A Computational Improvement to Wang's Two-Dimensional Cutting Stock Algorithm, Compt. Ind. Engng., 16/1, 109-115.
- Wang, P.Y., 1983, Two Algorithms for Constrained Two-Dimensional Cutting Stock Problems, Operational Res., 31, 573-586.
- Wascher, Gerhard, 1989, An LP-Based Approach to Cutting Stock Problems with Multiple Objectives, Research Report No. 8902, Der Universität Stuttgart.

**EKLER**

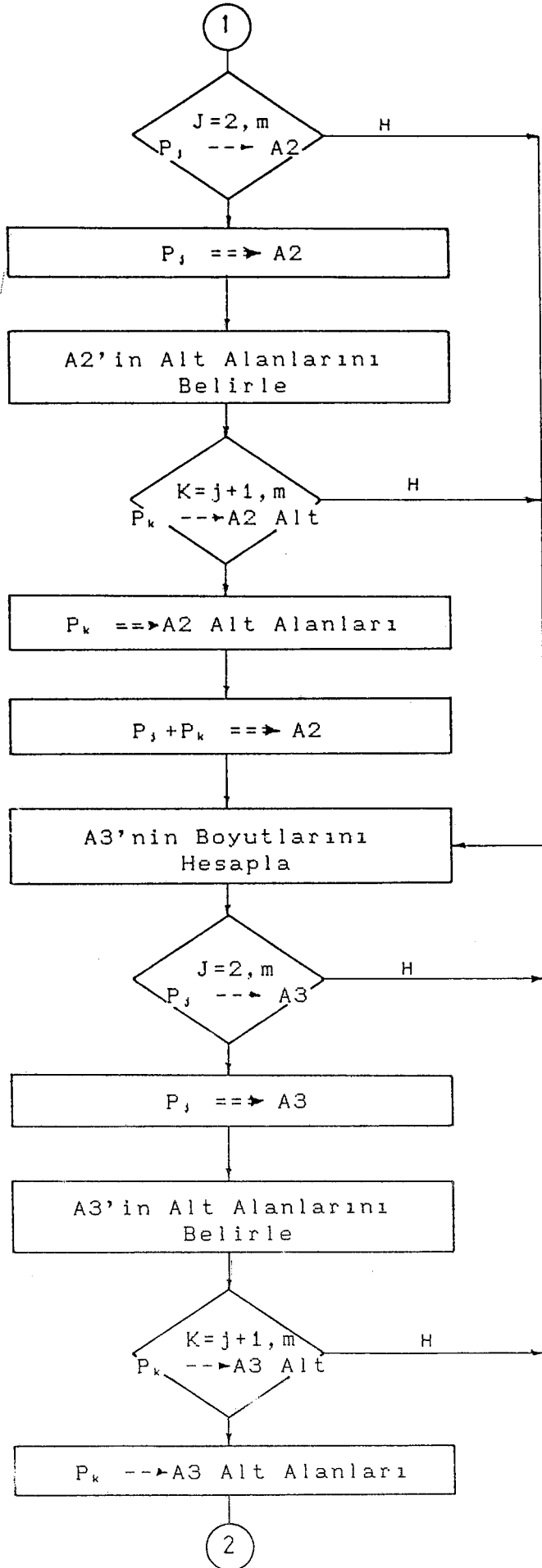
- EK.1. Çözüm Algoritması Bilgisayar Akış Şeması
- EK.2. Bilgisayar Programları
- EK.3. Birinci Grup Parça Verileri İçin Kesme Planları
- EK.4. Birinci Grup Parçaların Kesme Planları İçin Uygulama Çizimleri
- EK.5. İkinci Grup Parça Verileri İçin Kesme Planları
- EK.6. İkinci Grup Parçaların Kesme Planları İçin Uygulama Çizimleri

EK . 1 .

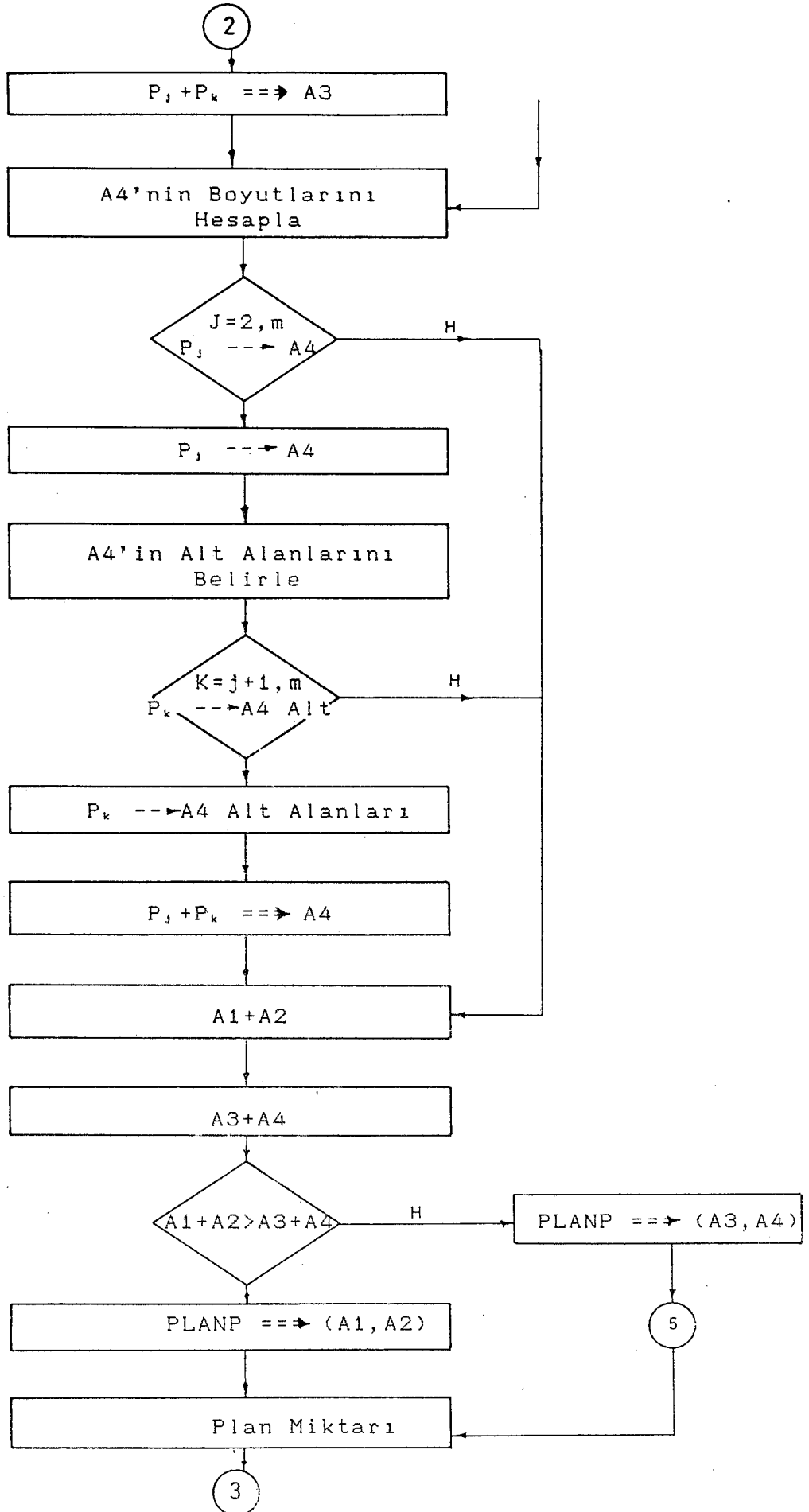
Ek-1 Kesme Planı Türetme Algoritmasının Bilgisayar Programı Akış Şeması

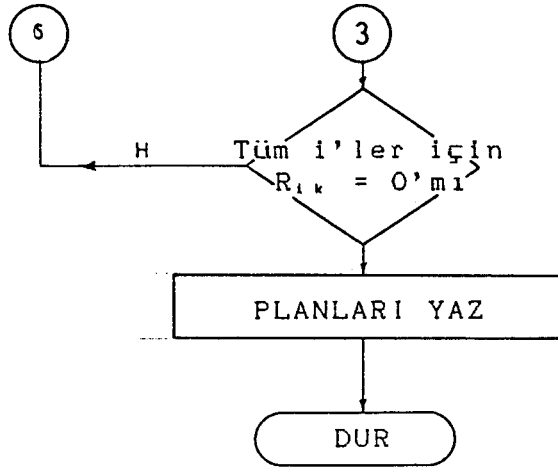


EK .1 Devamı



EK .1 Devamı







```

10 REM          KESME PLANLARI HAZIRLAMA PROGRAMI
20 CLS:TR1=0:TLS=0:TLS1=0:S=2:CZ=1
30 LOCATE 5,10:PRINT "1. MEVCUT VERİLER YARDIMIYLA"
40 LOCATE 6,13:PRINT "KESME PLANLARININ HAZIRLANMASI"
50 LOCATE 7,10:PRINT "2. DUZGUN DAGILIMA UYGUN RASSAL"
60 LOCATE 8,13:PRINT "DEĞİSKENLER YARDIMIYLA"
70 LOCATE 9,13:PRINT "KESME PLANLARININ HAZIRLANMASI"
80 LOCATE 10,10:PRINT "3. ÇIKIS"
90 LOCATE 11,9:PRINT "-----"
100 LOCATE 12,13:INPUT "Seçenek...=",SN
110 CLS:ON SN GOTO 130,160,1910
120 LOCATE 2,6:PRINT "HATALI VERİ":GOTO 30
130 LOCATE 4,4:INPUT "SİPARİS SAYISI.....N=",N
140 LOCATE 5,4:INPUT "ANA LEVHANIN BOYUTLARI...L,W=",L,W
150 GOTO 270
160 CLS:LOCATE 4,4:INPUT "SİPARİS SAYISI.....=",N
170 LOCATE 3,6:PRINT "Ana      Alt      Üst"
180 LOCATE 4,5:PRINT "Levha    Limit    Limit"
190 LOCATE 5,4:PRINT "-----"
200 LOCATE 6,7:PRINT "L":LOCATE 6,16:INPUT AL1:LOCATE 6,28:INPUT AL2
210 LOCATE 7,7:PRINT "W":LOCATE 7,16:INPUT AW1:LOCATE 7,28:INPUT AW2
220 LOCATE 9,4:PRINT "Siparis":LOCATE 10,4:PRINT "-----"
230 LOCATE 11,7:PRINT "Li":LOCATE 11,16:INPUT ALI1:LOCATE 11,28:INPUT ALI2
240 LOCATE 12,7:PRINT "Wi":LOCATE 12,16:INPUT AWI1:LOCATE 12,28:INPUT AWI2
250 LOCATE 13,7:PRINT "Ri":LOCATE 13,16:INPUT ARI1:LOCATE 13,28:INPUT ARI2
260 L=INT((AL2-AL1)*(RND^.5)+AL1):W=INT((AW2-AW1)*(RND^.5)+AW1)
270 IF L<W THEN T=L:L=W:W=T
280 DIM L(N),W(N),R(N),R1(N),R2(N),RI(N),KL(8),KW(8),KULM(S)
290 DIM Y(4),Y$(4),Y1(4),Y2(4),A(4),L2(N,4),W2(N,4),KAYM(S),TPS(7)
300 DIM YZL(S,N),YZW(S,N),YZA(S,N),YZ$(S,N),YZK(S,N),S3(S),CZ1(7)
310 CLS:ENKL1=L:ENKW1=W:ENKA1=L*W:DIM CZ$(7),TKK(7),YKK(7),TALG(7)
320 CZ$(1)="Alan":CZ$(2)="Alan x Talep":CZ$(3)="Talep":CZ$(4)="Uzunluk"
330 CZ$(6)="Genislik":CZ$(5)="Uzunluk x Talep":CZ$(7)="Genislik x Talep"
340 FOR I=1 TO N
350 ON SN GOTO 390
360 L(I)=INT((ALI2-ALI1)*(RND^.5)+ALI1)
370 W(I)=INT((AWI2-AWI1)*(RND^.5)+AWI1)
380 R(I)=INT((ARI2-ARI1)*(RND^.5)+ARI1):GOTO 400
390 INPUT "L(i),W(i),R(i)...=",L(I),W(I),R(I)
400 IF L(I) < W(I) THEN T=L(I):L(I)=W(I):W(I)=T
410 IF L < L(I) THEN PRINT "HATALI VERİ":GOTO 350
420 IF W < W(I) THEN PRINT "HATALI VERİ":GOTO 350
430 IF L(I) < ENKL1 THEN ENKL1=L(I)
440 IF W(I) < ENKW1 THEN ENKW1=W(I)
450 IF L(I)*W(I) < ENKA1 THEN ENKA1=L(I)*W(I)
460 TR1=TR1+R(I):RI(I)=R(I)
470 NEXT I
480 GOSUB 1920
490 LOCATE 4,10:PRINT "ÇÖZÜM ÖNCELİKLERİ...:"
500 LOCATE 6,10:PRINT "1. Alan öncelikli"
510 LOCATE 7,10:PRINT "2. Alan x Talep öncelikli"
520 LOCATE 8,10:PRINT "3. Talep öncelikli"
530 LOCATE 9,10:PRINT "4. Uzunluk öncelikli"
540 LOCATE 10,10:PRINT "5. Uzunluk x Talep öncelikli"
550 LOCATE 11,10:PRINT "6. Genislik öncelikli"
560 LOCATE 12,10:PRINT "7. Genislik x Talep öncelikli"

```

EK .2 Devamı

```

570 LOCATE 13,10:PRINT "8. CIKIS"
580 LOCATE 14,9:PRINT "-----"
590 LOCATE 15,12:INPUT "Seçenek...=",CZM
600 ON CZM GOTO 620,620,620,620,620,620,620,20
610 CLS:PRINT "HATALI VERİ":GOTO 490
620 CLS:ENKL=ENKL1:ENKW=ENKW1:ENKA=ENKA1:TKK(CZM)=0:S4=0
630 TALG(CZM)=0:S1=1:TR=TR1:S2=0:SYF=0:SAYN=1
640 FOR I=1 TO N
650 R(I)=RI(I):R1(I)=0:R2(I)=0
660 NEXT I
670 CLS:INPUT "Verileri istermisiniz...(E/H)=",V$
680 IF V$="E" THEN 690 ELSE 700
690 GOSUB 3080
700 LPRINT TAB(6)"ÇÖZÜM...: ";CZ$(CZM);" Öncelikli";TAB(65)CZM;". ";SAYN
710 GOSUB 2020
720 CLS:L1=L:W1=W:K=0:K1=0:KK=L*W:PRINT "Bekleyiniz...","PLAN ";S4+S1
730 GOSUB 2250
740 IF P1*P2 > D1*D2 THEN 790
750 IF P1*P2 < D1*D2 THEN 780
760 GOSUB 2480
770 IF KP > KD THEN 790
780 Y=M:Y$="D":Y1=D1:Y2=D2:YK=0:GOTO 800
790 Y=M:Y$="P":Y1=P1:Y2=P2:YK=0
800 GOSUB 2610
810 IF KK < ENKA THEN 1100
820 K1=K1+1:K2=0
830 IF K2 < 4 THEN K2=K2+1 ELSE 980
840 L1=L2(K1,K2):W1=W2(K1,K2)
850 IF L1 < ENKL THEN Y(K2)=0:Y1(K2)=0:A(K2)=0:GOTO 830
860 IF W1 < ENKW THEN Y(K2)=0:Y1(K2)=0:A(K2)=0:GOTO 830
870 IF K2=2 THEN R2(Y(1))=Y1(1)*Y2(1):GOTO 890
880 IF K2=4 THEN R2(Y(3))=Y1(3)*Y2(3) ELSE R2(Y(K2))=0
890 GOSUB 2250
900 IF M=0 THEN Y(K2)=0:Y1(K2)=0:A(K2)=0:GOTO 830
910 IF P1*P2 > D1*D2 THEN 960
920 IF P1*P2 < D1*D2 THEN 950
930 GOSUB 2480
940 IF KP > KD THEN 960
950 Y(K2)=M:Y$(K2)="D":Y1(K2)=D1:Y2(K2)=D2:GOTO 970
960 Y(K2)=M:Y$(K2)="P":Y1(K2)=P1:Y2(K2)=P2
970 A(K2)=Y1(K2)*Y2(K2)*L(M)*W(M):GOTO 830
980 IF A(1)+A(2)+A(3)+A(4)=0 THEN 1090
990 IF A(1)+A(2) > A(3)+A(4) THEN I1=0:I2=2:GOTO 1040
1000 IF A(1)+A(2) < A(3)+A(4) THEN I1=2:I2=4:GOTO 1040
1010 GOSUB 2740
1020 IF K12 > K34 THEN I1=0:I2=2:GOTO 1040
1030 I1=2:I2=4
1040 YK=YK(S1,K1)*10:IF I1 < I2 THEN I1=I1+1 ELSE 1090
1050 IF A(I1)=0 THEN 1040 ELSE YK=YK+I1
1060 M=Y(I1):Y$=Y$(I1):Y1=Y1(I1):Y2=Y2(I1):L1=L2(K1,I1):W1=W2(K1,I1)
1070 GOSUB 2610
1080 GOTO 1040
1090 IF K > K1 THEN 820
1100 GOSUB 2920
1110 IF TR=0 THEN 1140
1120 IF S1 < S THEN S1=S1+1 ELSE 1140

```

EK .2 Devamı

```

1130 ON CZM GOTO 720,710,710,720,710,720,710
1140 LPRINT :B=6:SYF=SYF+S2+5:T1=SYF-58
1150 IF 60-SYF < 0 THEN SYF=S2 ELSE 1180
1160 GOSUB 3390
1170 SAYN=SAYN+1:LPRINT TAB(65)CZM;". ";SAYN
1180 FOR I=1 TO S1
1190 LPRINT TAB(B+2*I+30*(I-1))" |-----| ";
1200 NEXT I
1210 LPRINT
1220 FOR I=1 TO S1
1230 T=B+2*I+30*(I-1):LPRINT TAB(T)" | PLAN | ";
1240 LPRINT TAB(12+T) USING "#####";KULM(I);
1250 LPRINT TAB(19+T) "Adet | ";
1260 NEXT I
1270 LPRINT
1280 FOR I=1 TO S1
1290 T=B+2*I+30*(I-1):LPRINT TAB(T)" | ";
1300 LPRINT TAB(2+T) USING "###";S4+I;
1310 LPRINT TAB(7+T) " | Fire";
1320 LPRINT TAB(17+T) USING "#####";KAYM(I);
1330 LPRINT TAB(29+T) " | ";
1340 NEXT I
1350 LPRINT
1360 FOR I=1 TO S1
1370 LPRINT TAB(B+2*I+30*(I-1))" |=====| ";
1380 NEXT I
1390 LPRINT
1400 FOR I=1 TO S2
1410 FOR J=1 TO S1
1420 T=B+2*J+30*(J-1):LPRINT TAB(T)" | ";
1430 IF S3(J) < I THEN LPRINT TAB(29+T)" | ";GOTO 1510
1440 LPRINT TAB(1+T) USING "#####";YZL(J,I);
1450 LPRINT TAB(8+T)"x";
1460 LPRINT TAB(9+T) USING "#####";YZW(J,I);
1470 LPRINT TAB(16+T)"x";
1480 LPRINT TAB(17+T) USING "###";YZA(J,I);
1490 LPRINT TAB(22+T) YZ$(J,I);TAB(23+T)USING "#####";YZK(J,I);
1500 LPRINT TAB(29+T)" | ";
1510 NEXT J
1520 NEXT I
1530 LPRINT
1540 FOR I=1 TO S1
1550 LPRINT TAB(B+2*I+30*(I-1))" |-----| ";
1560 NEXT I
1570 S4=S4+S1:S1=1:S2=0:IF TR=0 THEN 1590
1580 ON CZM GOTO 720,710,710,720,710,720,710
1590 LPRINT :YKK(CZM)=$((TALG(CZM)-TLS)/TLS)*100:SYF=SYF+7
1600 T1=SYF-55:TPS(CZM)=S4:IF 60-SYF < 0 THEN SYF=7 ELSE 1620
1610 GOSUB 3390
1620 LPRINT :LPRINT TAB(B+4)"T. KESME PLANI SAYISI.....=";TPS(CZM);"Adet"
1630 LPRINT TAB(B+4)"TEORİK LEVHA SAYISI.....=";TLS;"Adet"
1640 LPRINT TAB(B+4)"T. ANA LEVHA GEREKSİNİMİ...=";TALG(CZM);"Adet"
1650 LPRINT TAB(B+4)"T. KESİM KAYBI.....=";TKK(CZM);"Birim"
1660 LPRINT TAB(B+4)"KESİM KAYBI ORANI.....= % ";USING "##.##";YKK(CZM)
1670 CLS:T1=62-SYF:INPUT "Baska gözüm istermisiniz...(E/H)=";V$
1680 GOSUB 3390
1690 CLS:CZ1(CZ)=CZM:IF V$="E" THEN CZ=CZ+1:GOTO 490

```



## EK .2 Devamı

```

2270 P1=0:P2=0:D1=0:D2=0:M=0
2280 IF L1 < L(I) THEN 2460
2290 IF W1 < W(I) THEN 2460
2300 KM=R(I)-R1(I)-R2(I):IF KM=0 THEN 2460
2310 FOR J=1 TO KM
2320 IF L1-J*L(I) >= 0 THEN P1=P1+1 ELSE 2340
2330 NEXT J
2340 IF P1=0 THEN 2380 ELSE KM1=INT(KM/P1)
2350 FOR J=1 TO KM1
2360 IF W1-J*W(I) >= 0 THEN P2=P2+1 ELSE 2380
2370 NEXT J
2380 FOR J=1 TO KM
2390 IF L1-J*W(I) >= 0 THEN D1=D1+1 ELSE 2410
2400 NEXT J
2410 IF D1=0 THEN 2450 ELSE KM1=INT(KM/D1)
2420 FOR J=1 TO KM1
2430 IF W1-J*L(I) >= 0 THEN D2=D2+1 ELSE 2450
2440 NEXT J
2450 IF P1*P2+D1*D2 >= 0 THEN M=I:GOTO 2470
2460 NEXT I
2470 RETURN
2480 REM .....ISE YARAR ALANLAR
2490 KP=0:KD=0
2500 KL(1)=P1*L(M):KW(1)=W1-P2*W(M):KL(2)=L1-P1*L(M):KW(2)=W1
2510 KL(3)=L1:KW(3)=W1-P2*W(M):KL(4)=L1-P1*W(M):KW(4)=P2*W(M)
2520 KL(5)=D1*W(M):KW(5)=W1-D2*L(M):KL(6)=L1-D1*W(M):KW(6)=W1
2530 KL(7)=L1:KW(7)=W1-D2*L(M):KL(8)=L1-D1*W(M):KW(8)=D2*L(M)
2540 FOR I=1 TO 8
2550 IF KL(I) < KW(I) THEN T=KL(I):KL(I)=KW(I):KW(I)=T
2560 IF KL(I) < ENKL THEN 2590
2570 IF KW(I) < ENKW THEN 2590
2580 IF I < 5 THEN KP=KP+KL(I)*KW(I) ELSE KD=KD+KL(I)*KW(I)
2590 NEXT I
2600 RETURN
2610 REM .....KALAN ALANLAR
2620 K=K+1:YZL(S1,K)=L(M):YZW(S1,K)=W(M):YZ$(S1,K)=Y$
2630 YZA(S1,K)=Y1*Y2:YZK(S1,K)=YK:IF Y$="D" THEN 2670
2640 L2(K,1)=Y1*L(M):W2(K,1)=W1-Y2*W(M):L2(K,2)=L1-Y1*L(M):W2(K,2)=W1
2650 L2(K,3)=L1:W2(K,3)=W1-Y2*W(M):L2(K,4)=L1-Y1*W(M):W2(K,4)=Y2*W(M)
2660 GOTO 2690
2670 L2(K,1)=Y1*W(M):W2(K,1)=W1-Y2*L(M):L2(K,2)=L1-Y1*W(M):W2(K,2)=W1
2680 L2(K,3)=L1:W2(K,3)=W1-Y2*L(M):L2(K,4)=L1-Y1*W(M):W2(K,4)=Y2*L(M)
2690 R1(M)=R1(M)+Y1*Y2:KK=KK-Y1*Y2*L(M)*W(M)
2700 FOR I=1 TO 4
2710 IF L2(K,I) < W2(K,I) THEN T=L2(K,I):L2(K,I)=W2(K,I):W2(K,I)=T
2720 NEXT I
2730 RETURN
2740 REM .....ALAN 1-2 / ALAN 3-4
2750 K12=0:K34=0:V=1
2760 IF A(V)=0 THEN 2900
2770 M=Y(V):V1=Y1(V):V2=Y2(V)
2780 IF Y$(V)="D" THEN 2820
2790 KL(1)=V1*L(M):KW(1)=W1-V2*W(M):KL(2)=L1-V1*L(M):KW(2)=W1
2800 KL(3)=L1:KW(3)=W1-V2*W(M):KL(4)=L1-V1*W(M):KW(4)=V2*W(M)
2810 GOTO 2840
2820 KL(1)=V1*W(M):KW(1)=W1-V2*L(M):KL(2)=L1-V1*W(M):KW(2)=W1
2830 KL(3)=L1:KW(3)=W1-V2*L(M):KL(4)=L1-V1*W(M):KW(4)=V2*L(M)

```

EK .2 Devamı

```

2840 FOR I=1 TO 4
2850 IF KL(I) < KW(I) THEN T=KL(I):KL(I)=KW(I):KW(I)=T
2860 IF KL(I) < ENKL THEN 2890
2870 IF KW(I) < ENKW THEN 2890
2880 IF I < 3 THEN K12=K12+KL(I)*KW(I) ELSE K34=K34+KL(I)*KW(I)
2890 NEXT I
2900 IF V < 4 THEN V=V+1 :GOTO 2760
2910 RETURN
2920 REM .....KULLANIM MIKTARI VE KALAN TALEP MIKTARLARI
2930 ENKL=L:ENKW=W:ENKA=L*W:KULM(S1)=TR:KAYM(S1)=KK:TR=0
2940 FOR I=1 TO N
2950 IF R1(I)=0 THEN 2970 ELSE KM=INT(R(I)/R1(I))
2960 IF KM < KULM(S1) THEN KULM(S1)=KM
2970 NEXT I
2980 FOR I=1 TO N
2990 R(I)=R(I)-KULM(S1)*R1(I):TR=TR+R(I):R1(I)=0:R2(I)=0
3000 IF R(I)=0 THEN 3040
3010 IF L(I) < ENKL THEN ENKL=L(I)
3020 IF W(I) < ENKW THEN ENKW=W(I)
3030 IF L(I)*W(I) < ENKA THEN ENKA=L(I)*W(I)
3040 NEXT I
3050 TKK(CZM)=TKK(CZM)+KULM(S1)*KK:TALG(CZM)=TALG(CZM)+KULM(S1)
3060 S3(S1)=K:IF S2 < K THEN S2=K
3070 RETURN
3080 REM .....VERILERIN YAZDIRILMASI
3090 CLS:LPRINT TAB(8) CHR$(14);"Veriler":T=8:TRA=0
3100 LPRINT :LPRINT :IF SN=1 THEN 3210
3110 LPRINT TAB(T+3)"Ana";TAB(T+13)"Alt";TAB(T+27)"Ust"
3120 LPRINT TAB(T+2)"Levha";TAB(T+12)"Limit";TAB(T+26)"Limit"
3130 LPRINT TAB(T+1)"-----";TAB(T+10)"-----";TAB(T+24)"-----";
3140 LPRINT TAB(T+4)"L";TAB(T+11)AL1;TAB(T+25)AL2
3150 LPRINT TAB(T+4)"W";TAB(T+11)AW1;TAB(T+25)AW2
3160 LPRINT :LPRINT TAB(T+1)"Siparis";TAB(T+1)"-----"
3170 LPRINT TAB(T+4)"Li";TAB(T+11)ALI1;TAB(T+25)ALI2
3180 LPRINT TAB(T+4)"Wi";TAB(T+11)AWI1;TAB(T+25)AWI2
3190 LPRINT TAB(T+4)"Ri";TAB(T+11)ARI1;TAB(T+25)ARI2
3200 LPRINT TAB(T)"-----";LPRINT
3210 LPRINT TAB(T+2)"L=";L;"Birim";TAB(T+2)"W=";W;"Birim"
3220 LPRINT TAB(T)"-----";LPRINT
3230 LPRINT :LPRINT TAB(T)"Sira";TAB(T+11)"L";TAB(T+24)"W";TAB(T+34)"R";
3240 LPRINT TAB(T+44)"L . W . R";TAB(T+1)"No";TAB(T+12)"i";
3250 LPRINT TAB(T+25)"i";TAB(T+35)"i";TAB(T+45)"i i i";TAB(T-1)"-----"
3260 LPRINT TAB(T+7)"-----";TAB(T+20)"-----";
3270 LPRINT TAB(T+32)"-----";TAB(T+41)"-----"
3280 FOR I=1 TO N
3290 LPRINT TAB(T-1) USING "####";I;:TRA=TRA+L(I)*W(I)*R(I)
3300 LPRINT TAB(T+8) USING "#####";L(I);
3310 LPRINT TAB(T+21) USING "#####";W(I);
3320 LPRINT TAB(T+33) USING "####";R(I);
3330 LPRINT TAB(T+44) USING "#####";L(I)*W(I)*R(I);
3340 NEXT I
3350 LPRINT TAB(T-1)"-----"
3360 LPRINT TAB(T+32) USING "####";TR;:LPRINT TAB(T+43)USING "#####"
3370 INPUT "Devam etmek için ENTER tusuna basınız...";T:CLS
3380 RETURN
3390 REM .....SAYFA AYARI
3400 FOR I=1 TO T1
3410 LPRINT :NEXT I
3420 RETURN

```

Veriler

L= 2440 Birim  
W= 1220 Birim

Sıra No	L i	W i	R i	L . W . R i i i
1	1370	1010	41	56731700
2	1270	1010	41	52590700
3	1320	960	82	103910400
4	1010	650	82	53833000
5	960	590	82	46444800
6	1370	300	42	17262000
7	1010	350	16	5656000
8	1320	250	84	27720000
9	960	325	16	4992000
10	1370	200	42	11508000
11	600	250	84	12600000
12	650	200	84	10920000
13	325	250	16	1300000
14	350	200	16	1120000

728

406588600

ÇÖZÜM...: Alan Öncelikli

1 . 1

PLAN 1	Fire	16	Adet
			109100
1370 x	1010 x	1 P	0
1370 x	200 x	1 P	3
1010 x	650 x	1 P	4
650 x	200 x	1 P	34
1010 x	350 x	1 P	43
350 x	200 x	1 P	344

PLAN 2	Fire	16	Adet
			220600
1370 x	1010 x	1 P	0
1370 x	200 x	1 P	3
1010 x	650 x	1 P	4
650 x	200 x	1 P	34
960 x	325 x	1 P	43

PLAN 3	Fire	9	Adet
			301350
1370 x	1010 x	1 P	0
1370 x	200 x	1 P	3
1010 x	650 x	1 P	4
650 x	200 x	1 P	34
600 x	250 x	1 P	43
325 x	250 x	1 P	434

PLAN 4	Fire	1	Adet
			321100
1270 x	1010 x	1 P	0
1370 x	200 x	1 P	3
1010 x	650 x	1 P	4
650 x	200 x	1 P	34
600 x	250 x	1 P	43
325 x	250 x	2 D	432

PLAN 5	Fire	2	Adet
			335100
1270 x	1010 x	1 P	0
650 x	200 x	3 P	3
1010 x	650 x	1 P	4
600 x	250 x	1 P	43
325 x	250 x	2 D	432

PLAN 6	Fire	1	Adet
			416350
1270 x	1010 x	1 P	0
650 x	200 x	3 P	3
1010 x	650 x	1 P	4
600 x	250 x	1 P	43
325 x	250 x	1 P	434

EK .3 Devami

PLAN 7	11 Adet		Fire 497600			
1270 x	1010 x	1	P	0		
650 x	200 x	3	P	3		
1010 x	650 x	1	P	4		
600 x	250 x	1	P	43		

PLAN 8	26 Adet		Fire 887600			
1270 x	1010 x	1	P	0		
1010 x	650 x	1	P	4		
600 x	250 x	1	P	43		

PLAN 9	41 Adet		Fire 246800			
1320 x	960 x	1	P	0		
1320 x	250 x	1	P	1		
960 x	590 x	2	D	2		

PLAN 10	4 Adet		Fire 179600			
1320 x	960 x	1	P	0		
1320 x	250 x	1	P	1		
600 x	250 x	8	P	2		

PLAN 11	1 Adet		Fire 1079600			
1320 x	960 x	1	P	0		
1320 x	250 x	1	P	3		
600 x	250 x	2	P	4		

PLAN 12	36 Adet		Fire 1379600			
1320 x	960 x	1	P	0		
1320 x	250 x	1	P	1		

1 . 2

PLAN 13	10 Adet		Fire 1332800			
1370 x	300 x	4	P	0		

PLAN 14	1 Adet		Fire 1494800			
1370 x	300 x	2	P	0		
1320 x	250 x	2	P	3		

T. KESME PLANI SAYISI.....= 14 Adet  
 TEORİK LEVHA SAYISI.....= 164 Adet  
 T. ANA LEVHA GEREKSİNİMİ...= 175 Adet  
 T. KESİM KAYBI.....= 1.143514E+08 Birim  
 KESİM KAYBI ORANI.....= % 6.71



EK .3 Devamı

Veriler

L= 2440 Birim  
W= 1220 Birim

Sıra No	L i	W i	R i	L . W . R i i i
1	1370	300	42	17262000
2	1320	250	84	27720000
3	1370	1010	41	56731700
4	1370	200	42	11508000
5	1320	960	82	103910400
6	1270	1010	41	52590700
7	1010	650	82	53833000
8	1010	350	16	5656000
9	960	590	82	46444800
10	960	325	16	4992000
11	650	200	84	10920000
12	600	250	84	12600000
13	350	200	16	1120000
14	325	250	16	1300000

728

406588600

ODZUM...: Alan x Talep Üncelikli

2 . 1

PLAN 1	Fire	8	Adet		
			260600		
1320 x	960 x	1 P	0		
1320 x	250 x	1 P	3		
1010 x	650 x	1 P	4		
600 x	250 x	1 P	34		
600 x	250 x	1 P	43		
325 x	250 x	1 P	344		
325 x	250 x	1 P	434		

PLAN 2	Fire	8	Adet		
			323100		
1320 x	960 x	1 P	0		
1320 x	250 x	1 P	3		
1010 x	650 x	1 P	4		
650 x	200 x	1 P	34		
650 x	200 x	1 P	43		
350 x	200 x	1 P	344		
350 x	200 x	1 P	434		

PLAN 3	Fire	41	Adet		
			246800		
1320 x	960 x	1 P	0		
1320 x	250 x	1 P	1		
960 x	590 x	2 D	2		

PLAN 4	Fire	41	Adet		
			382600		
1370 x	1010 x	1 P	0		
1370 x	200 x	1 P	3		
1010 x	650 x	1 P	4		
650 x	200 x	1 P	34		
600 x	250 x	1 P	43		

PLAN 5	Fire	9	Adet		
			294100		
1270 x	1010 x	1 P	0		
650 x	200 x	3 P	3		
1010 x	650 x	1 P	4		
1010 x	350 x	1 P	43		

PLAN 6	Fire	1	Adet		
			451600		
1270 x	1010 x	1 P	0		
1370 x	200 x	1 P	3		
1010 x	650 x	1 P	4		
960 x	325 x	1 P	43		

EK .3 Devamı

PLAN	15 Adet				
7	Fire		725600		
1270 x	1010 x	1	P	0	
1010 x	650 x	1	P	4	
960 x	325 x	1	P	43	

PLAN	3 Adet				
8	Fire		179600		
1320 x	960 x	1	P	0	
1320 x	250 x	1	P	1	
600 x	250 x	8	P	2	

PLAN	2 Adet				
9	Fire		319100		
1320 x	960 x	1	P	0	
1320 x	250 x	1	P	1	
1010 x	350 x	3	P	2	

PLAN	1 Adet				
10	Fire		576100		
1320 x	960 x	1	P	0	
1320 x	250 x	1	P	3	
600 x	250 x	3	D	4	
1010 x	350 x	1	P	43	

PLAN	19 Adet				
11	Fire		1379600		
1320 x	960 x	1	P	0	
1320 x	250 x	1	P	1	

PLAN	16 Adet				
12	Fire		1694100		
1270 x	1010 x	1	P	0	

2 . 2

PLAN	10 Adet				
13	Fire		1332800		
1370 x	300 x	4	P	0	

PLAN	1 Adet				
14	Fire		1494800		
1370 x	300 x	2	P	0	
1320 x	250 x	2	P	3	

T. KESME PLANI SAYISI.....= 14 Adet  
 TEORİK LEVHA SAYISI.....= 164 Adet  
 T. ANA LEVHA GEREKSİNİMİ...= 175 Adet  
 T. KESİM KAYBI.....= 1.143514E+08 Birim  
 KESİM KAYBI ORANI.....= % 6.71

EK .3 Devamı

Veriler

L= 2440 Birim  
W= 1220 Birim

Sıra No	L i	W i	R i	L . W . R i i i
1	1320	250	84	27720000
2	1320	960	82	103910400
3	1010	650	82	53833000
4	960	590	82	46444800
5	1370	300	42	17262000
6	1370	200	42	11508000
7	1370	1010	41	56731700
8	650	200	84	10920000
9	1270	1010	41	52590700
10	600	250	84	12600000
11	1010	350	16	5656000
12	960	325	16	4992000
13	350	200	16	1120000
14	325	250	16	1300000

728

406588600

ÇÖZÜM...: Uzunluk x Talep Öncelikli

5 . 1

PLAN 1	Fire	16	Adet
			109100
1370 x	1010 x	1 P	0
1370 x	200 x	1 P	3
1010 x	650 x	1 P	4
650 x	200 x	1 P	34
1010 x	350 x	1 P	43
350 x	200 x	1 P	344

PLAN 2	Fire	16	Adet
			220600
1370 x	1010 x	1 P	0
1370 x	200 x	1 P	3
1010 x	650 x	1 P	4
650 x	200 x	1 P	34
960 x	325 x	1 P	43

PLAN 3	Fire	9	Adet
			301350
1370 x	1010 x	1 P	0
1370 x	200 x	1 P	3
1010 x	650 x	1 P	4
650 x	200 x	1 P	34
600 x	250 x	1 P	43
325 x	250 x	1 P	434

PLAN 4	Fire	1	Adet
			321100
1270 x	1010 x	1 P	0
1370 x	200 x	1 P	3
1010 x	650 x	1 P	4
650 x	200 x	1 P	34
600 x	250 x	1 P	43
325 x	250 x	2 D	432

PLAN 5	Fire	2	Adet
			335100
1270 x	1010 x	1 P	0
650 x	200 x	3 P	3
1010 x	650 x	1 P	4
600 x	250 x	1 P	43
325 x	250 x	2 D	432

PLAN 6	Fire	1	Adet
			416350
1270 x	1010 x	1 P	0
650 x	200 x	3 P	3
1010 x	650 x	1 P	4
600 x	250 x	1 P	43
325 x	250 x	1 P	434

PLAN	11		Adet	
7	Fire		497600	
1270 x	1010 x	1	P	0
650 x	200 x	3	P	3
1010 x	650 x	1	P	4
600 x	250 x	1	P	43

PLAN	26		Adet	
8	Fire		887600	
1270 x	1010 x	1	P	0
1010 x	650 x	1	P	4
600 x	250 x	1	P	43

PLAN	41		Adet	
9	Fire		246800	
1320 x	960 x	1	P	0
1320 x	250 x	1	P	1
960 x	590 x	2	D	2

PLAN	4		Adet	
10	Fire		179600	
1320 x	960 x	1	P	0
1320 x	250 x	1	P	1
600 x	250 x	8	P	2

PLAN	1		Adet	
11	Fire		1079600	
1320 x	960 x	1	P	0
1320 x	250 x	1	P	3
600 x	250 x	2	P	4

PLAN	36		Adet	
12	Fire		1379600	
1320 x	960 x	1	P	0
1320 x	250 x	1	P	1

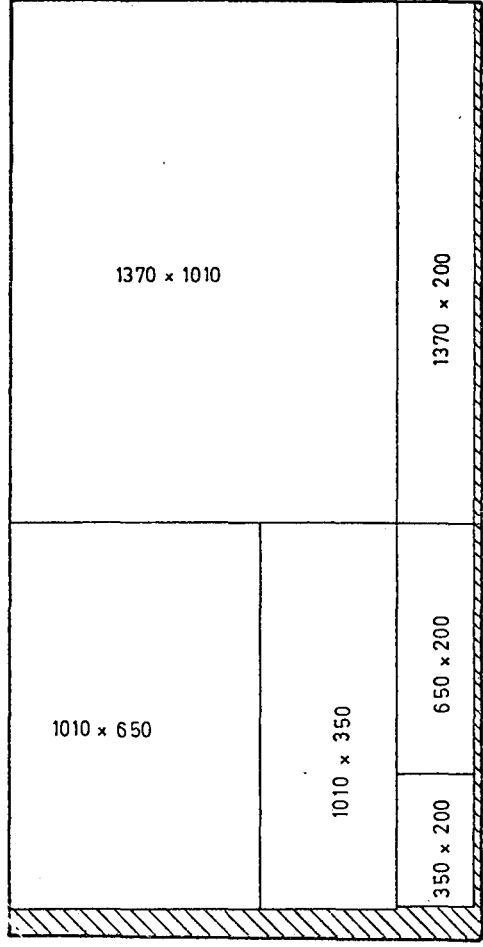
5 . 2

PLAN	10		Adet	
13	Fire		1332800	
1370 x	300 x	4	P	0

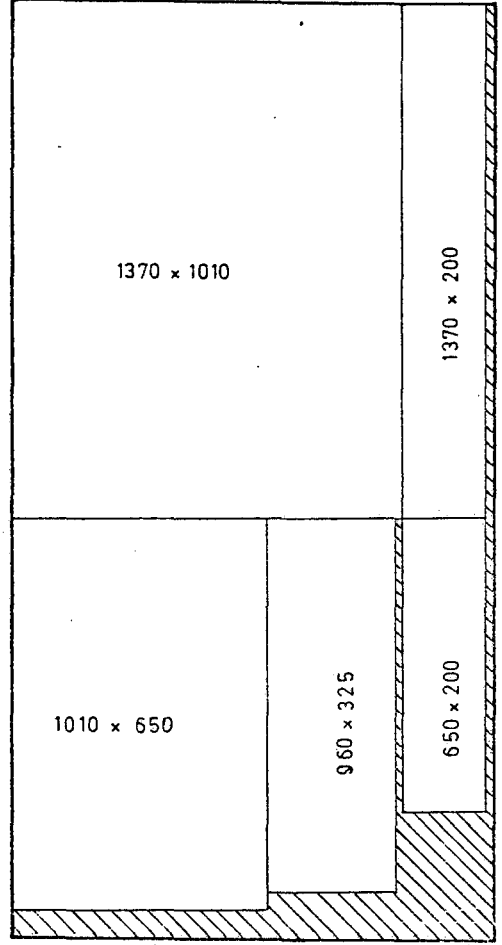
PLAN	1		Adet	
14	Fire		1494800	
1370 x	300 x	2	P	0
1320 x	250 x	2	P	3

T. KESME PLANI SAYISI.....= 14 Adet  
 TEORİK LEVHA SAYISI.....= 164 Adet  
 T. ANA LEVHA GEREKSİNİMİ...= 175 Adet  
 T. KESİM KAYBI.....= 1.143514E+08 Birim  
 KESİM KAYBI ORANI.....= % 6.71

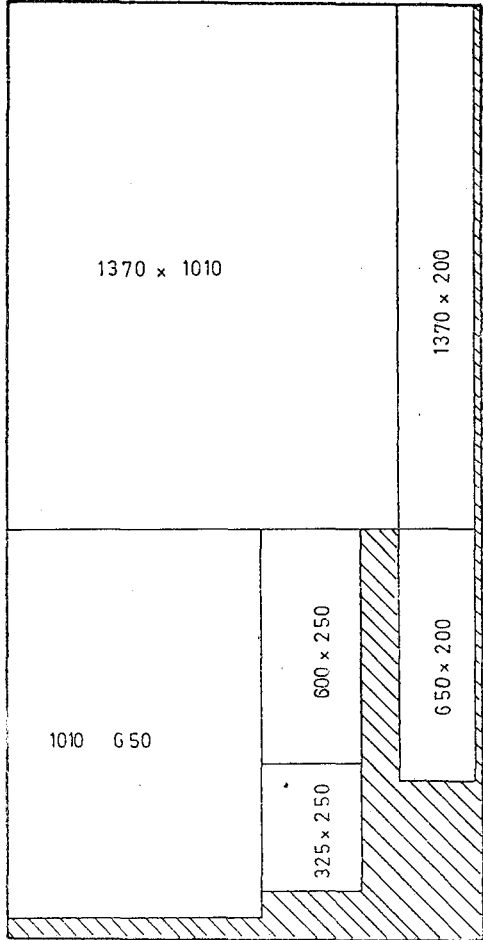
1 16 adet bu plan uygulanacak



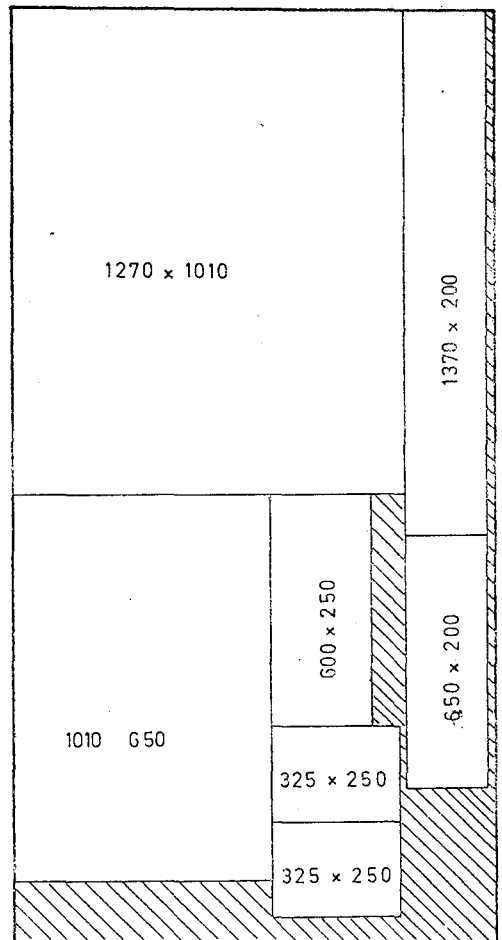
2 16 adet



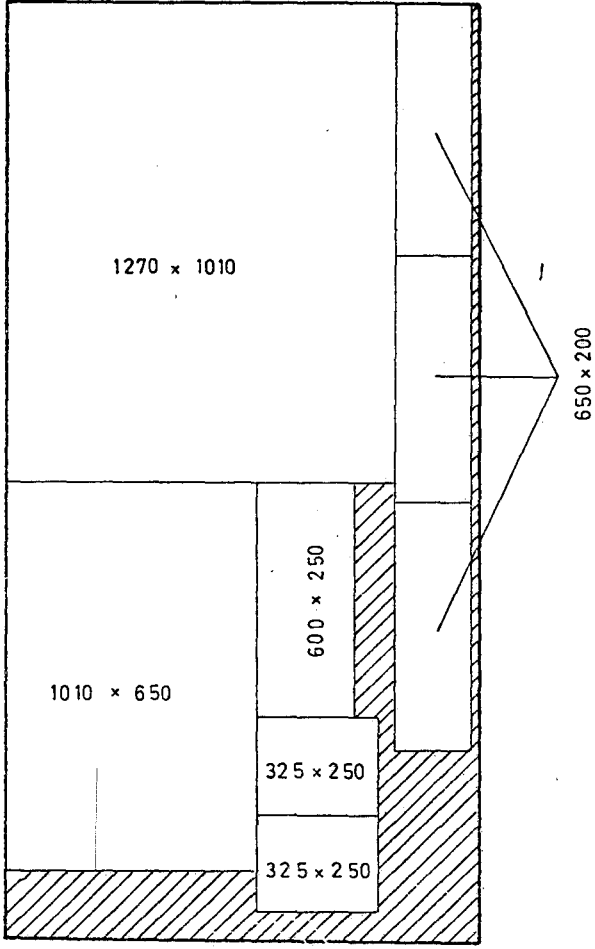
3 9 adet



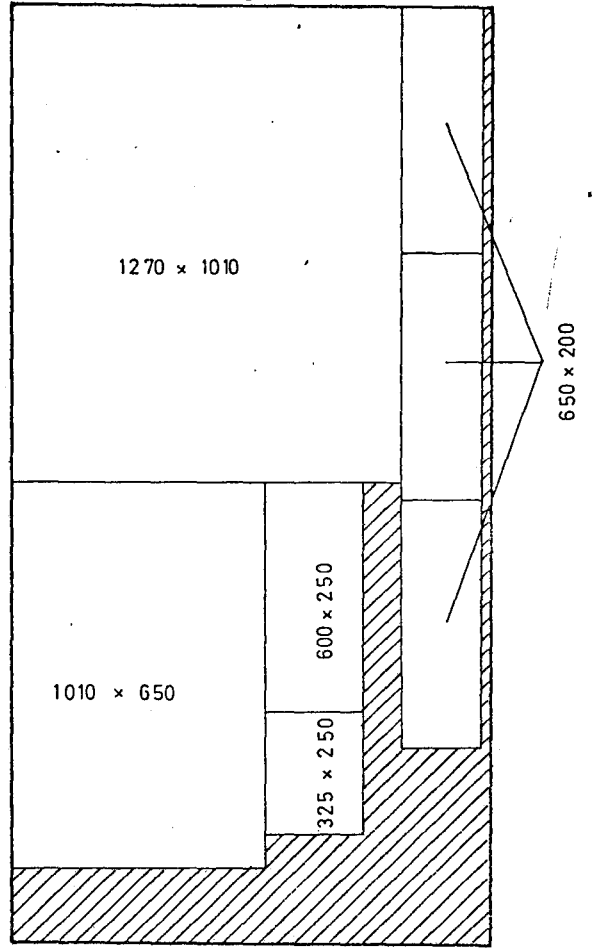
4 1 adet



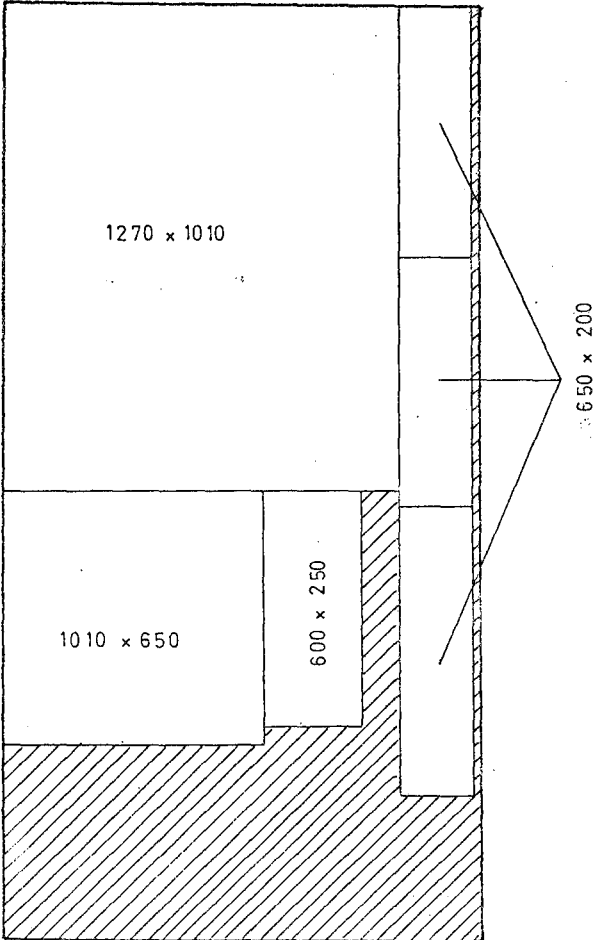
5



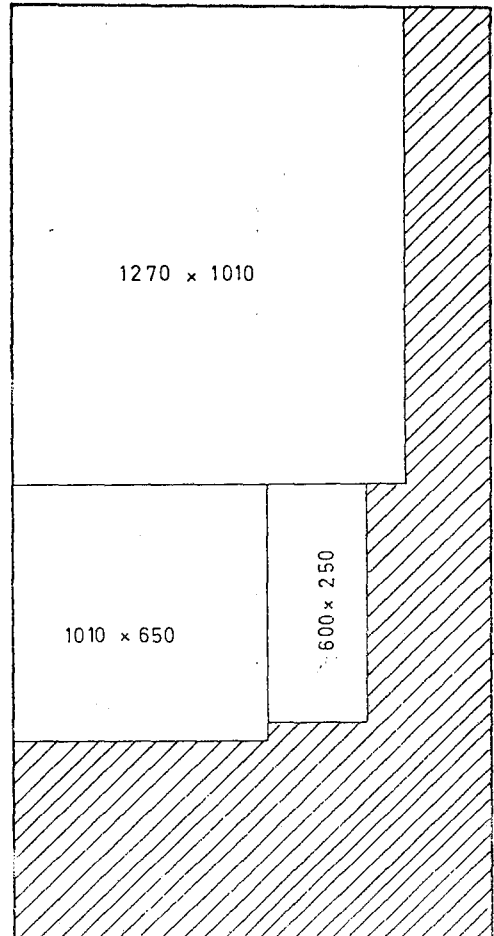
6



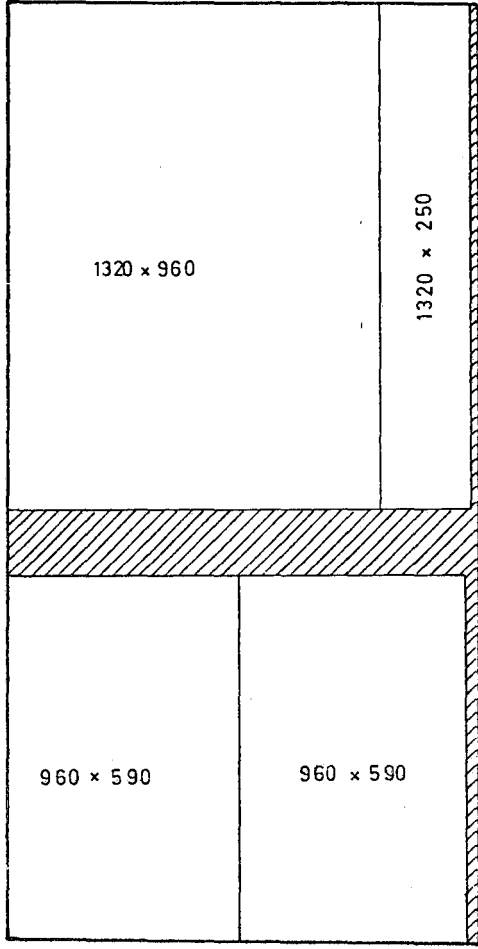
7



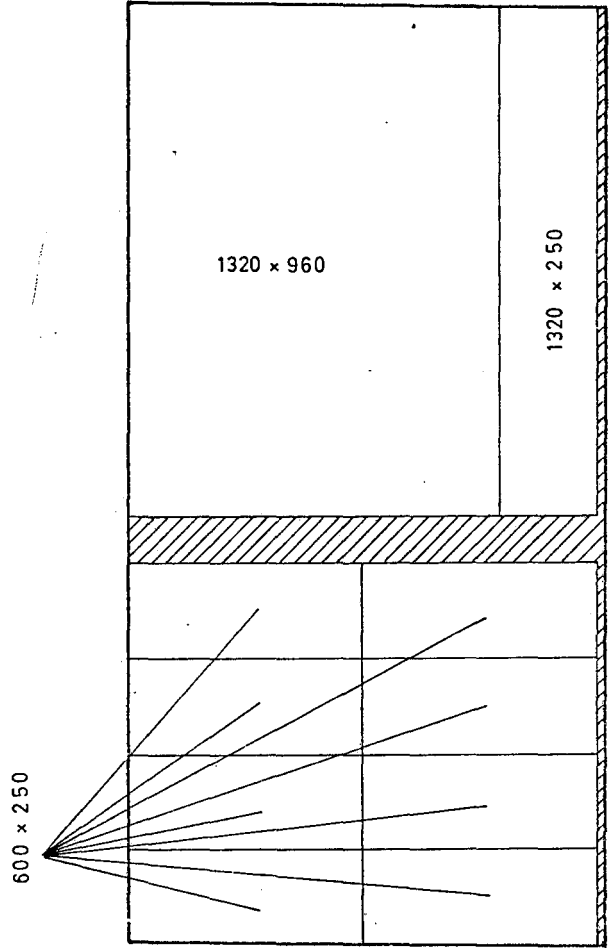
8



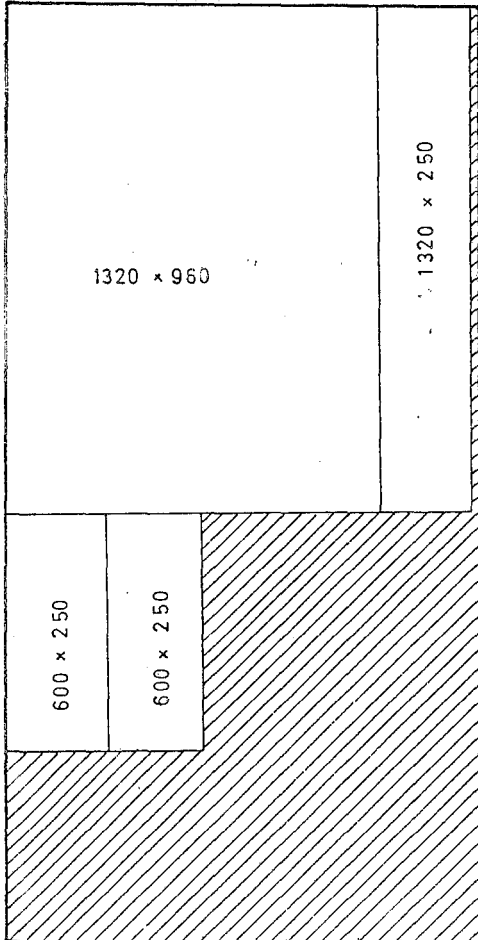
9



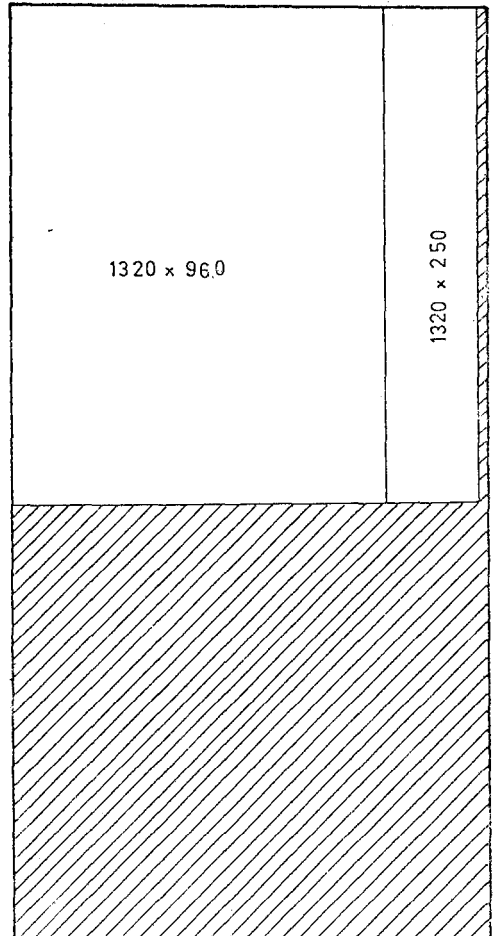
10



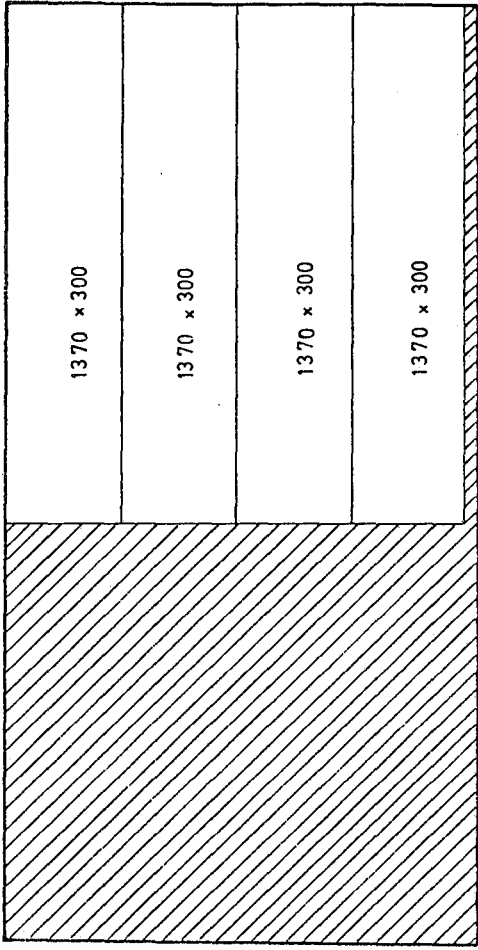
11



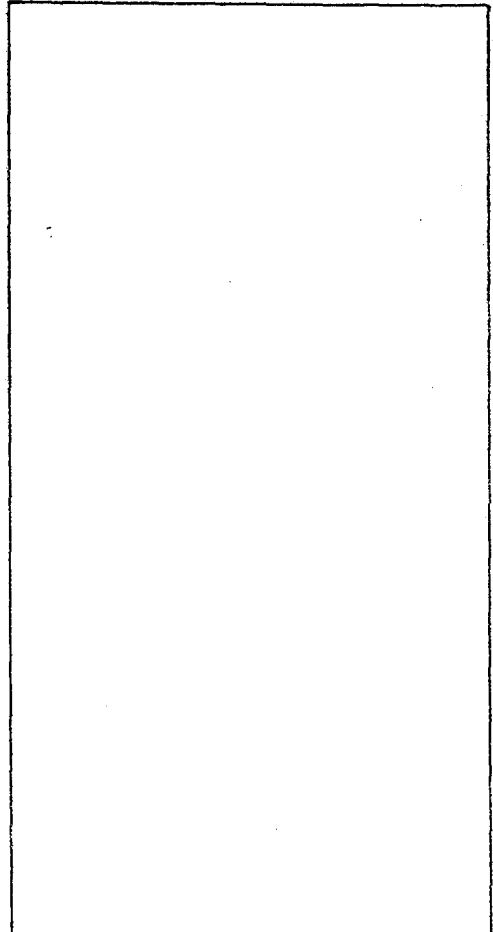
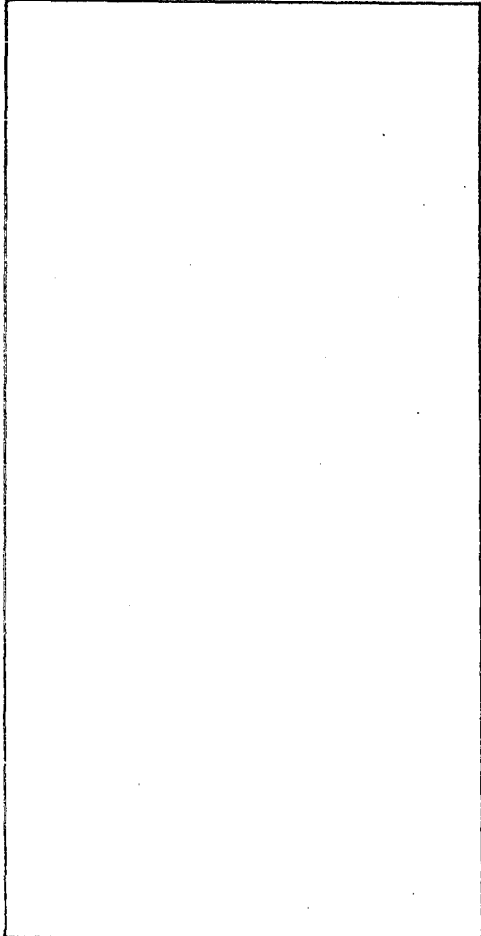
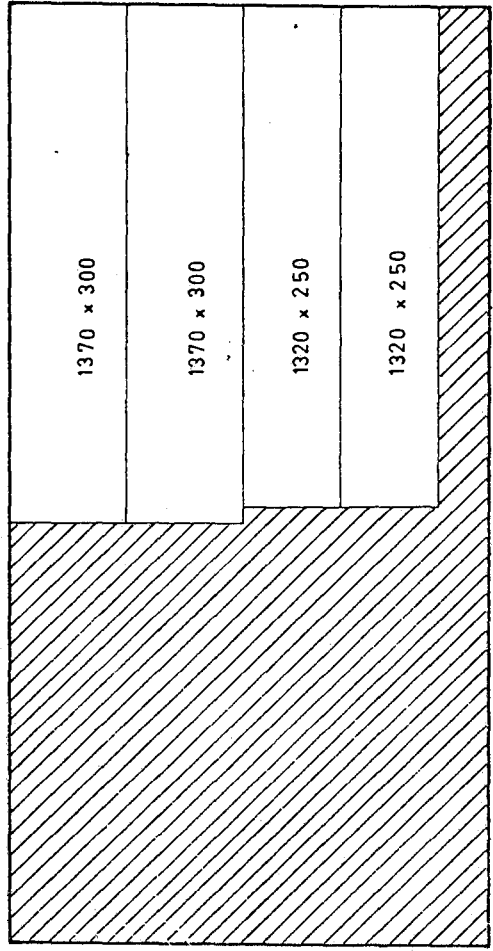
12



13

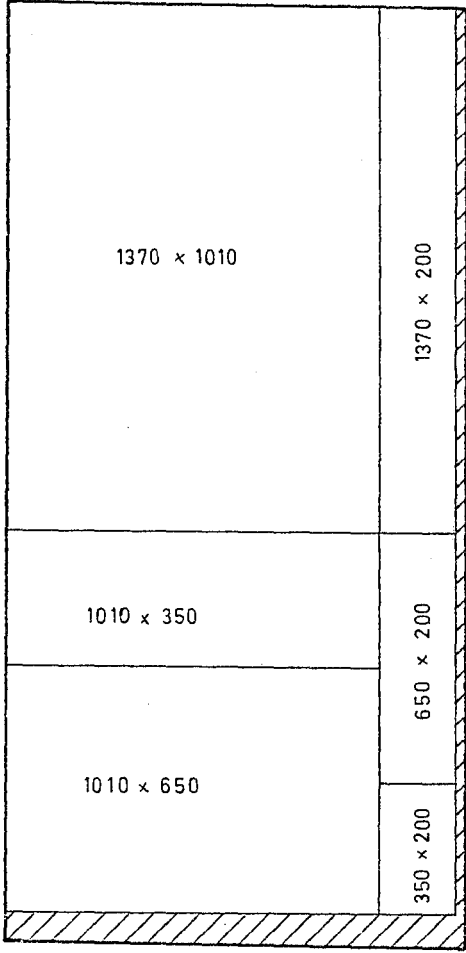


14

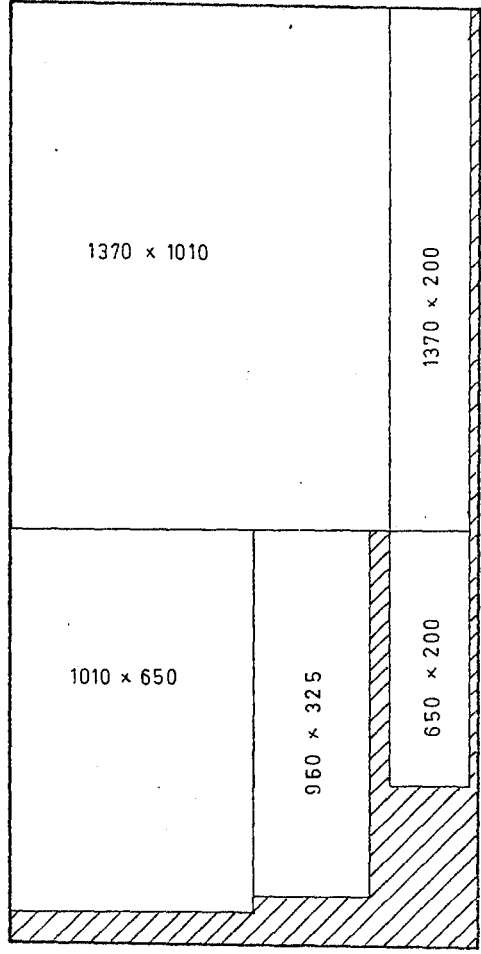




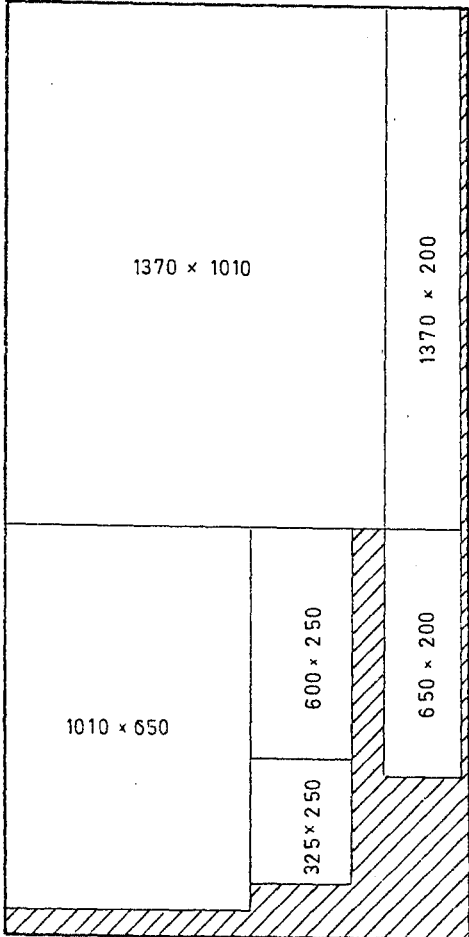
1



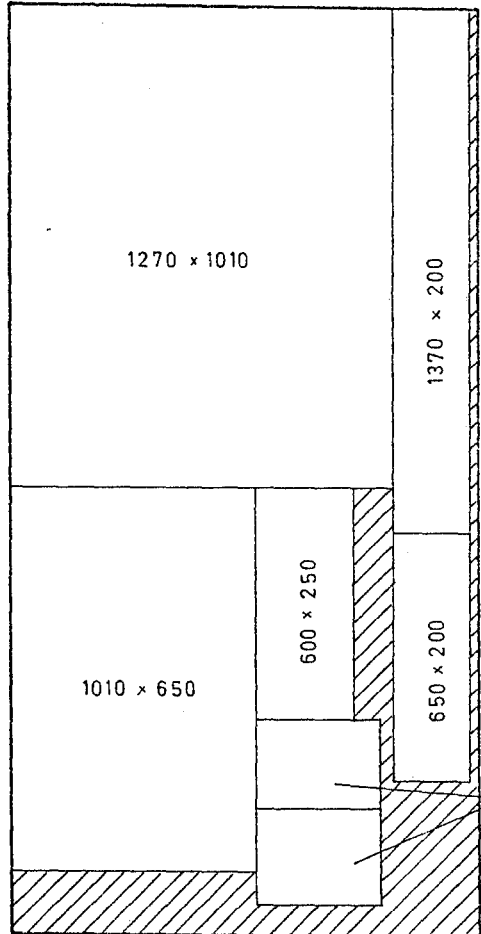
2



3

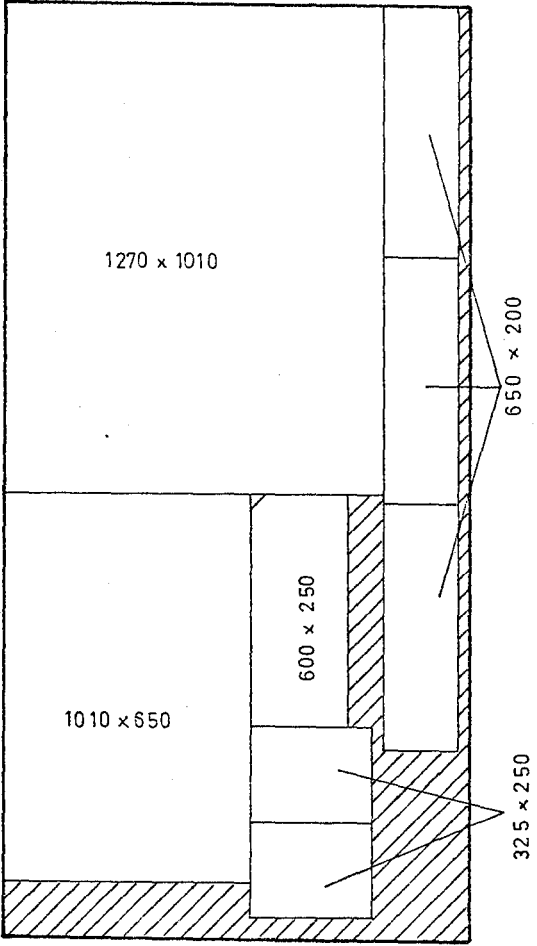


4

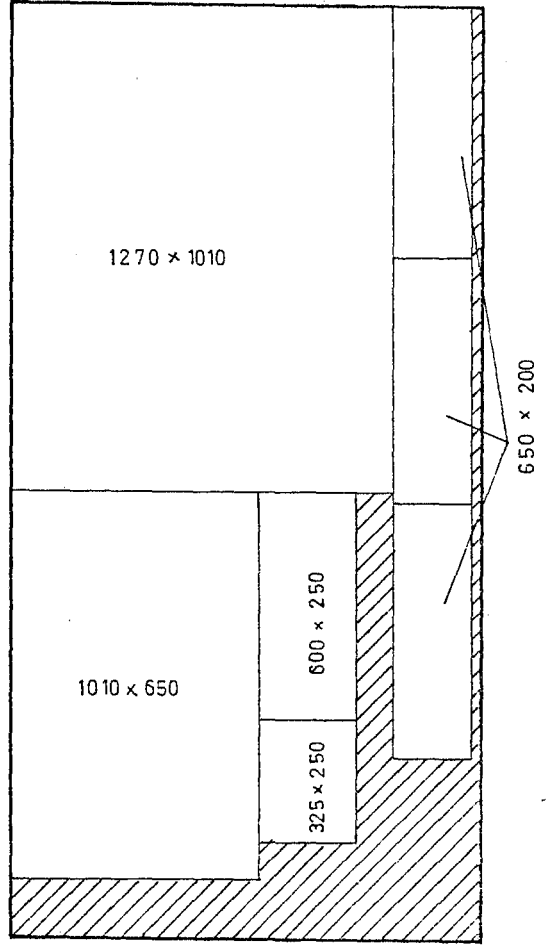


325 x 250

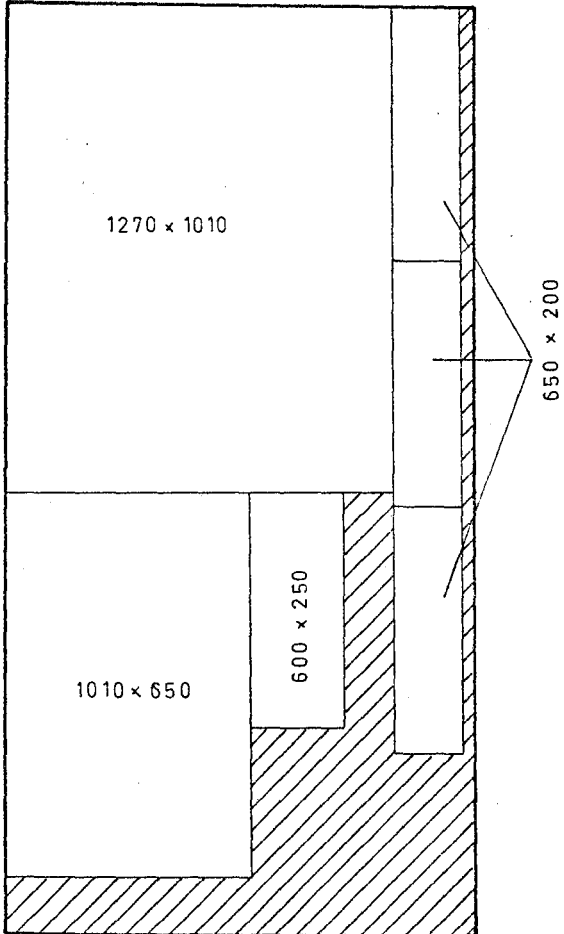
5



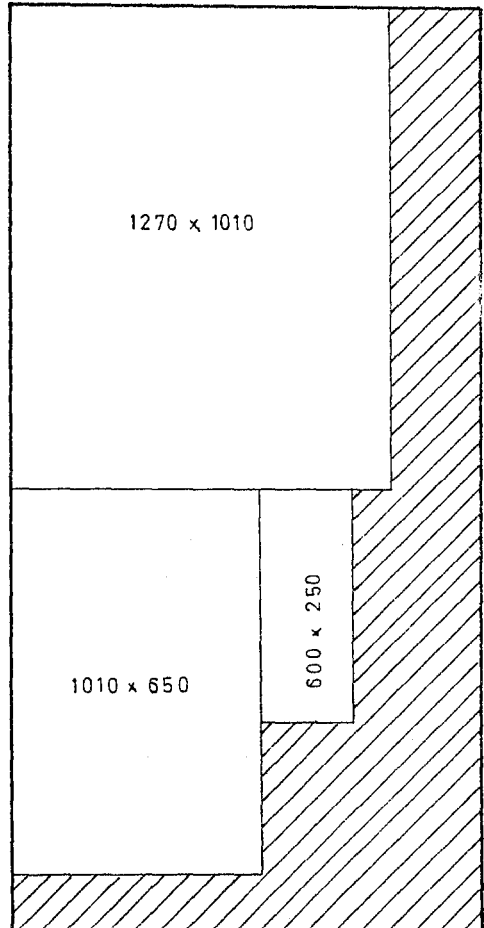
6



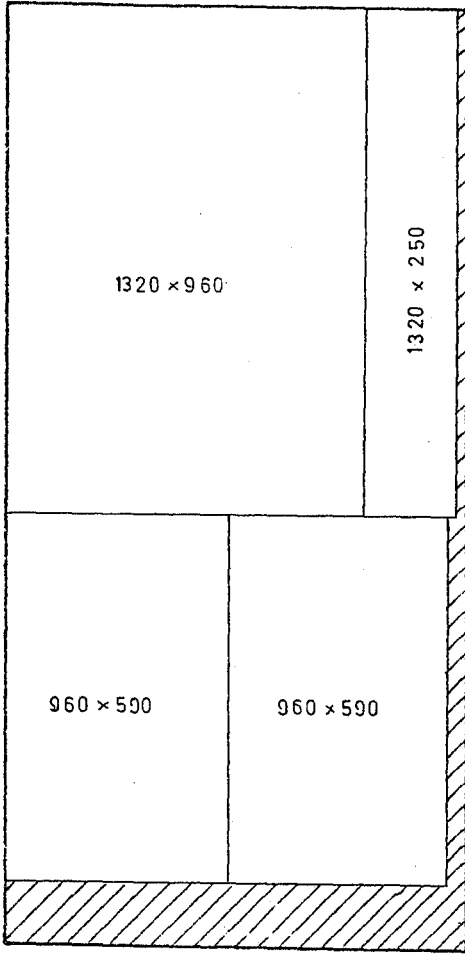
7



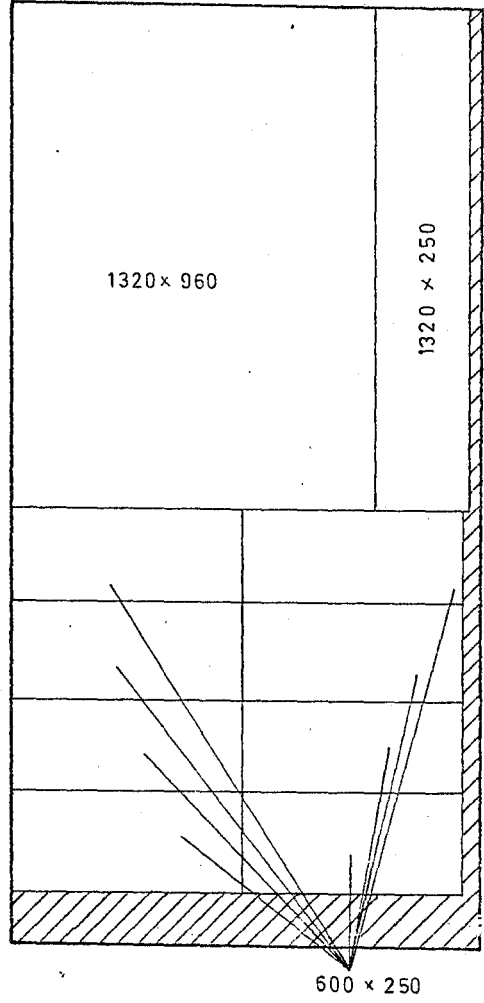
8



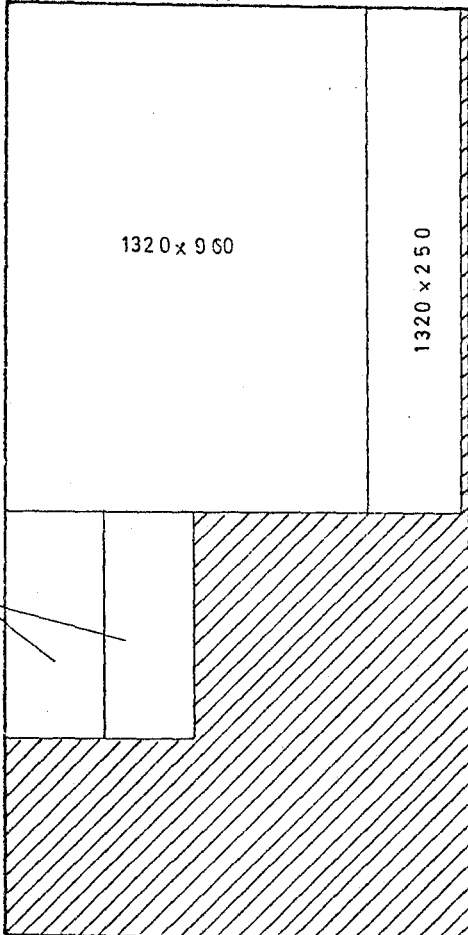
9



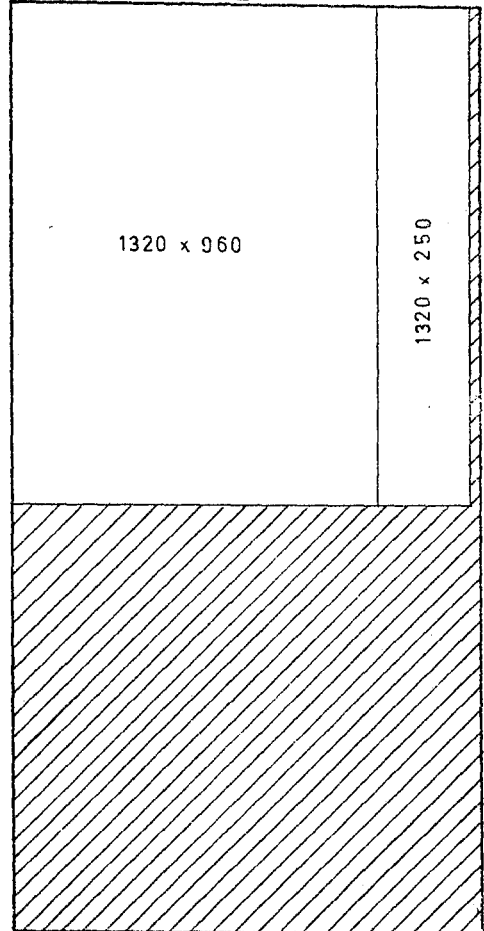
10



11

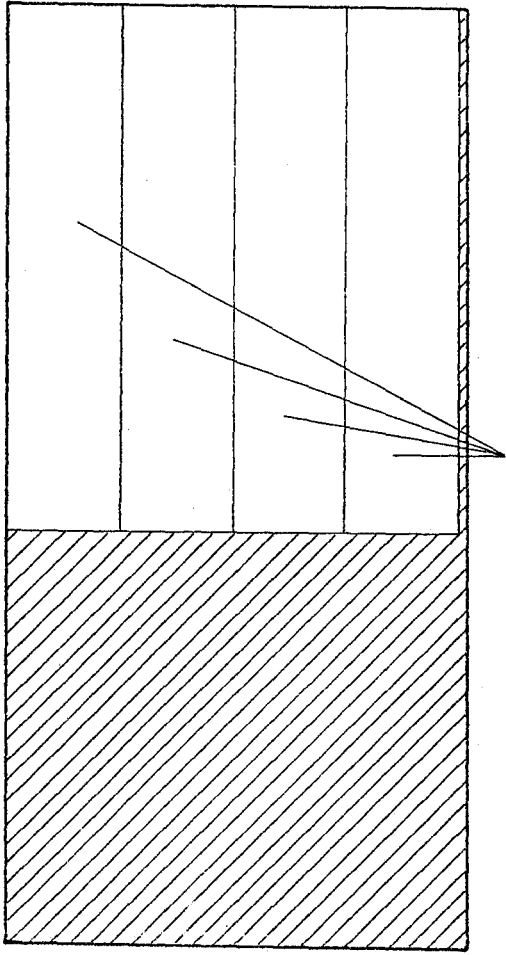


12

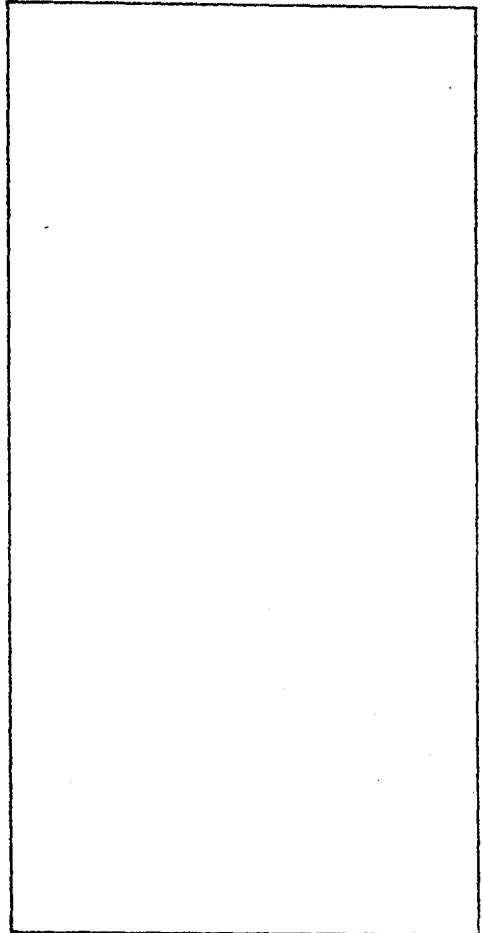
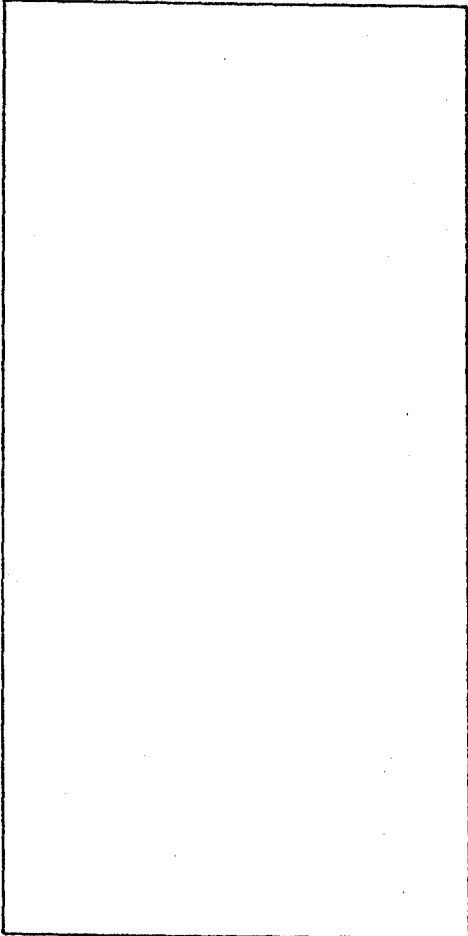
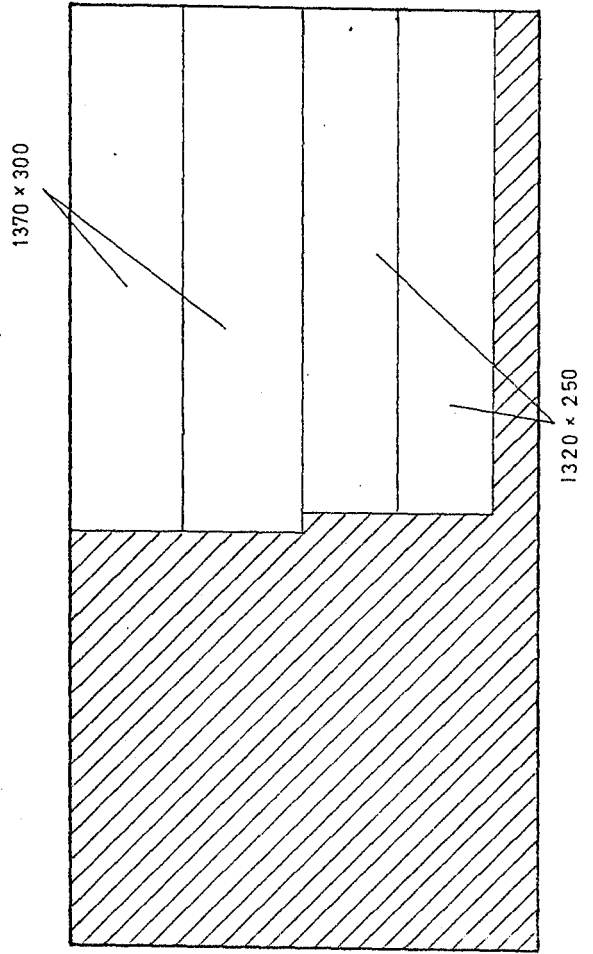


600 x 250

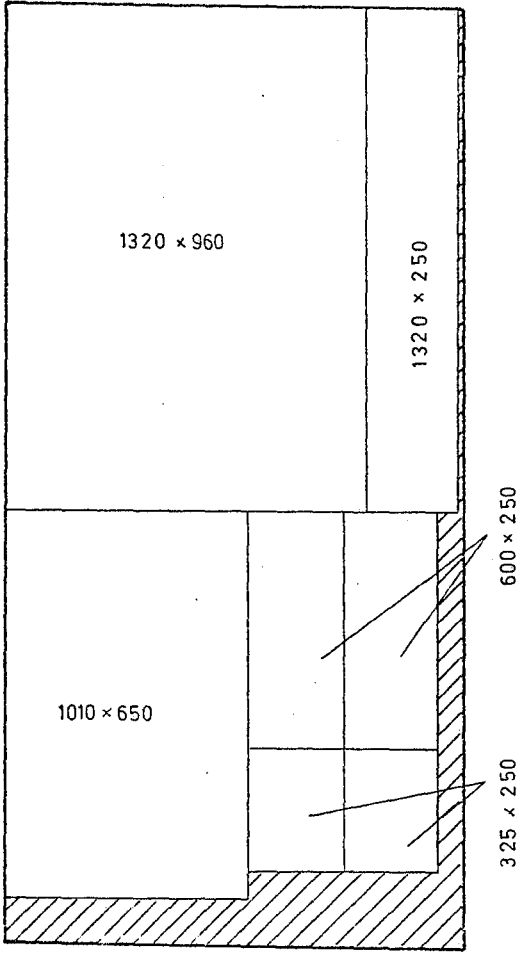
13



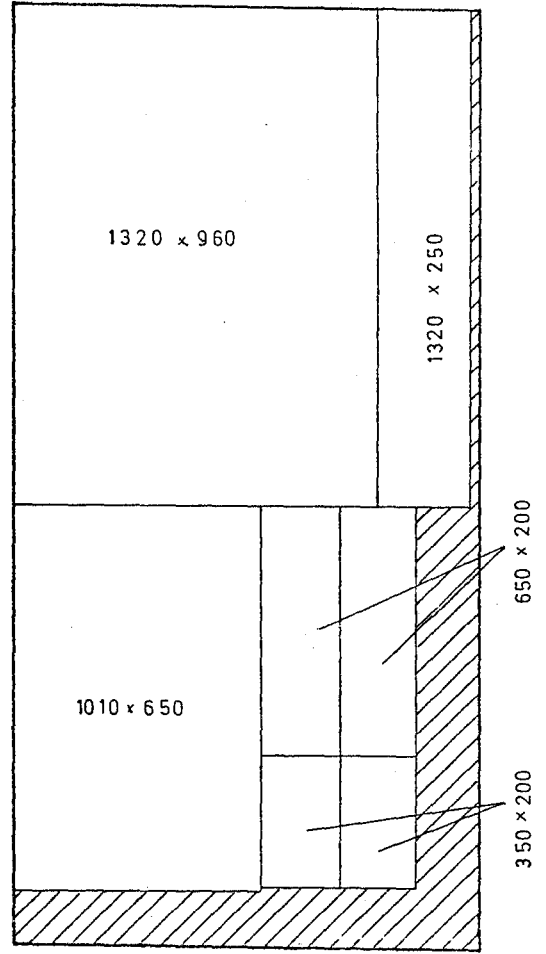
14



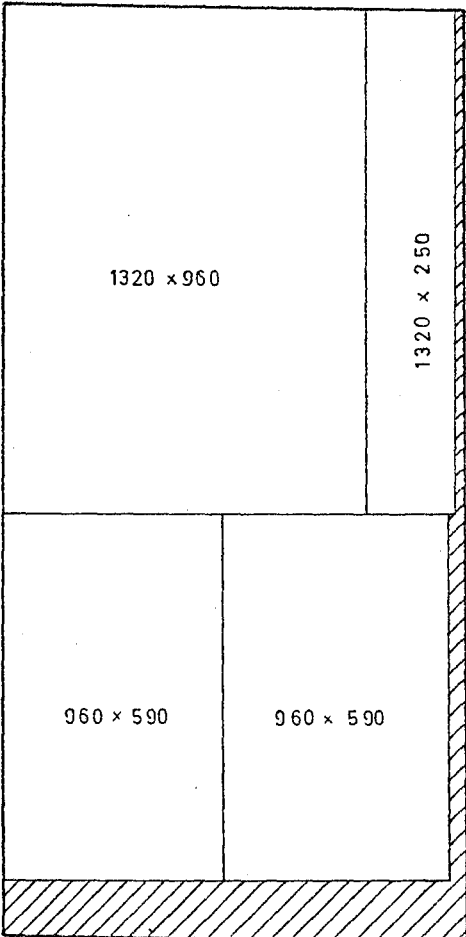
1



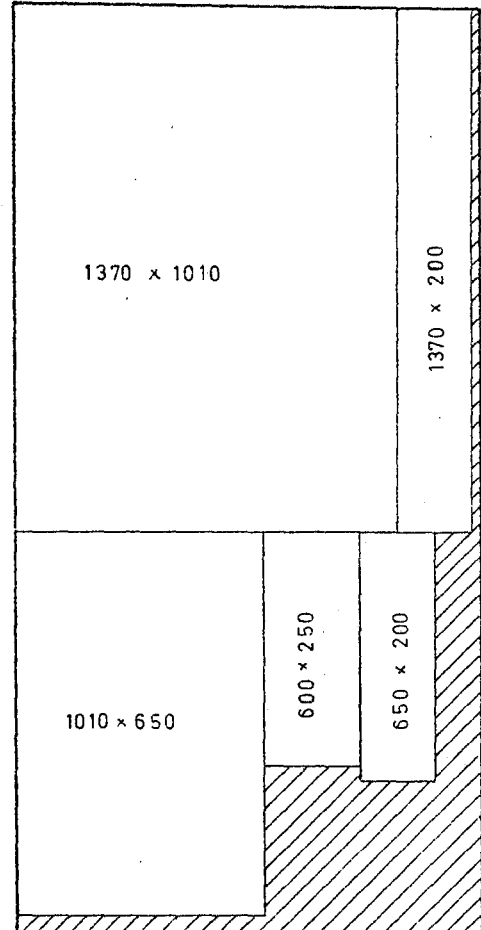
2

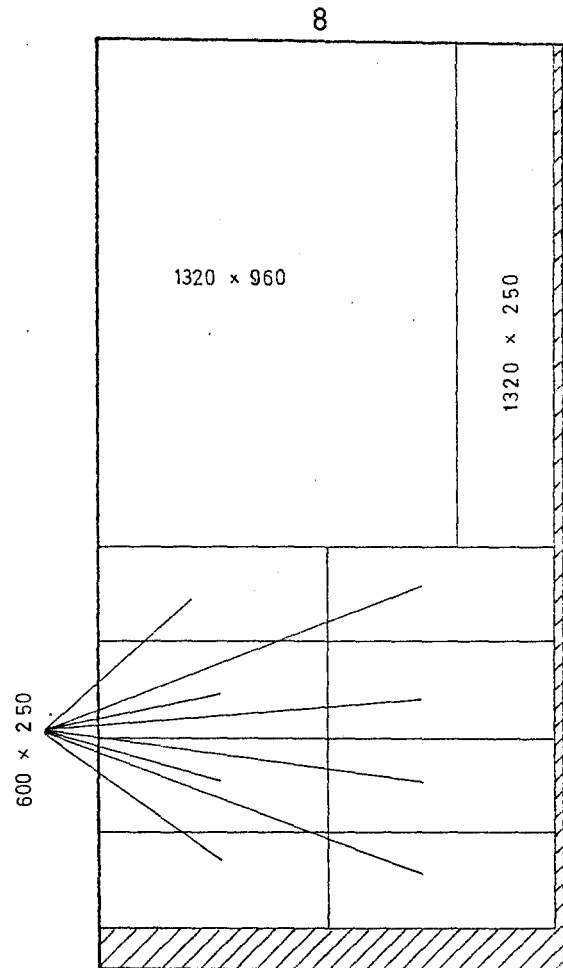
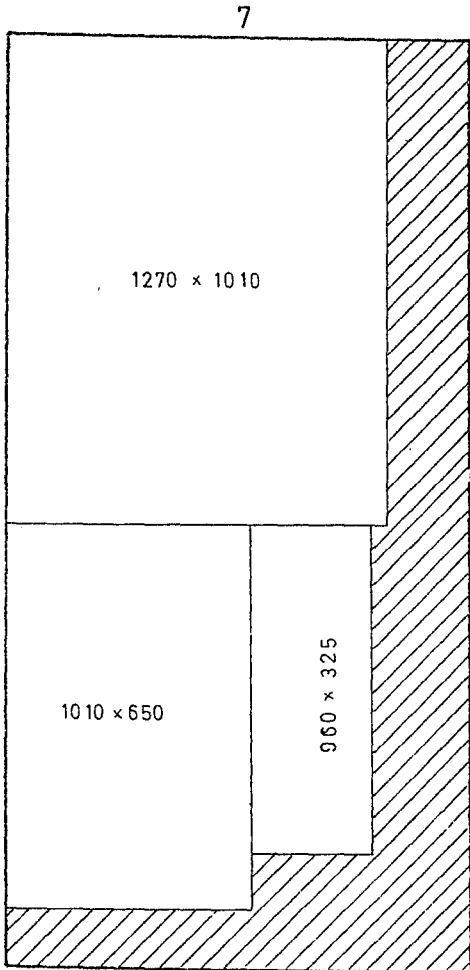
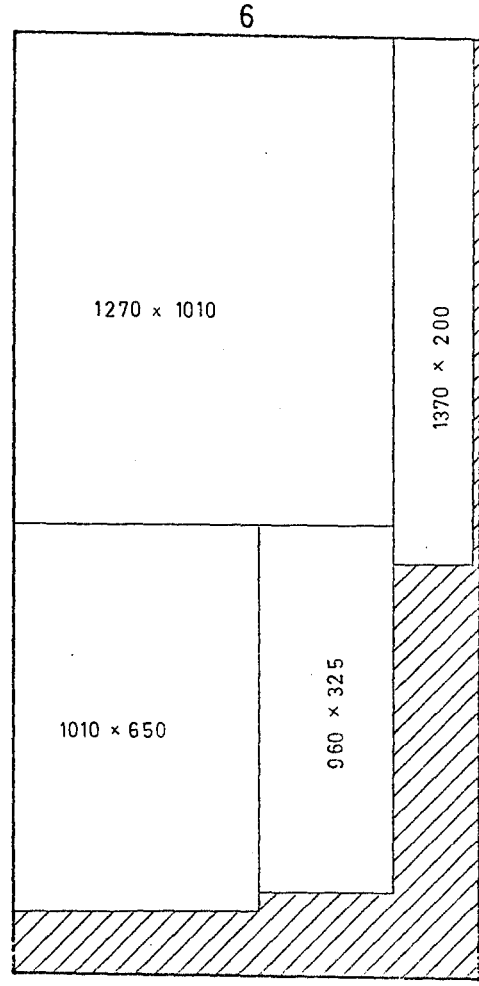
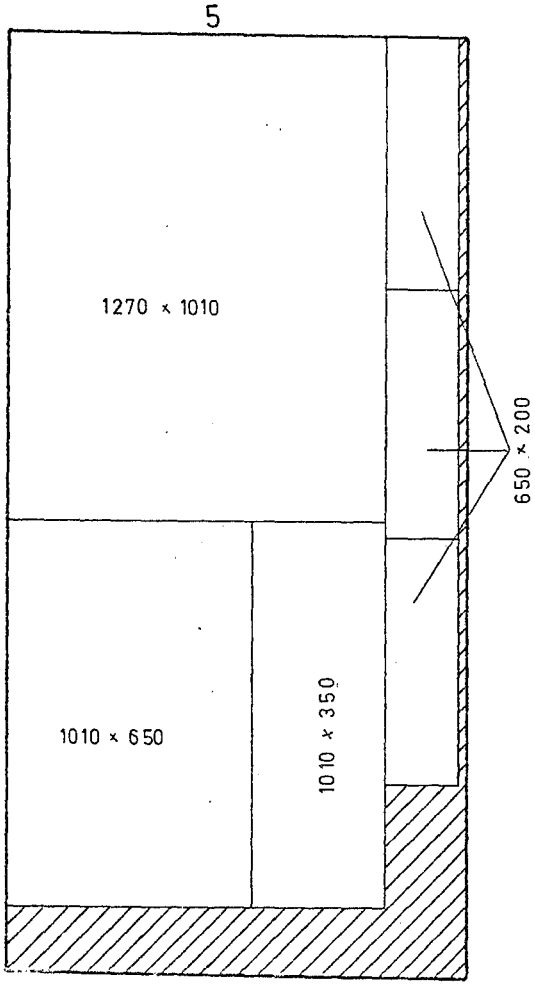


3

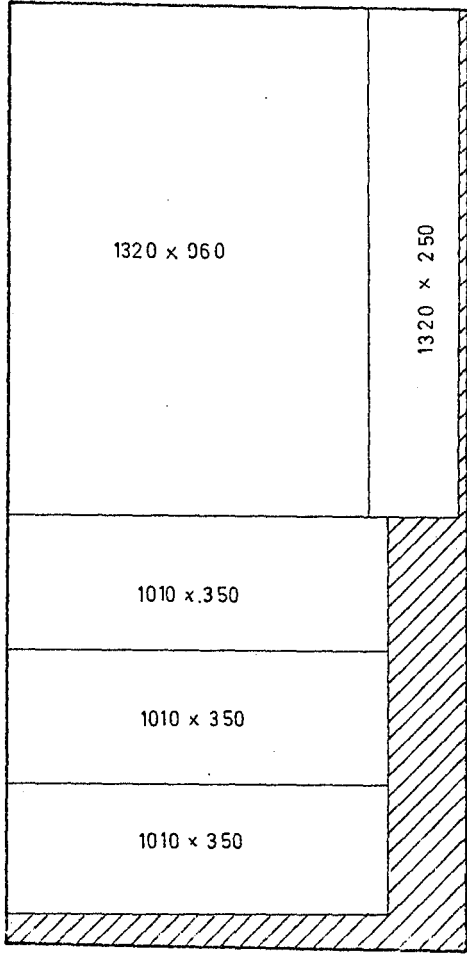


4

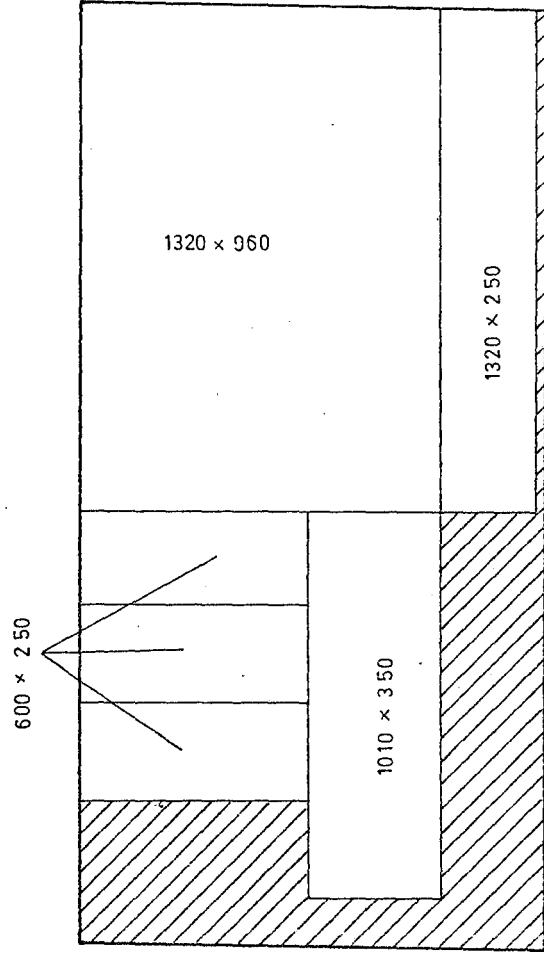




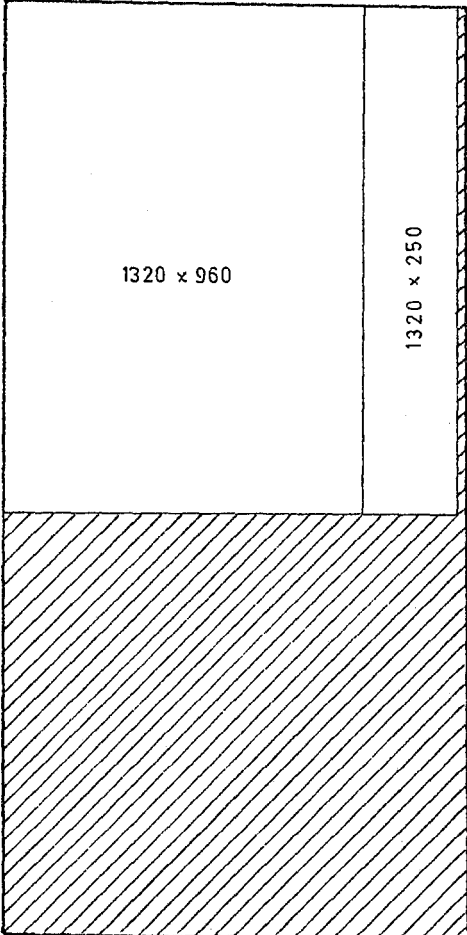
9



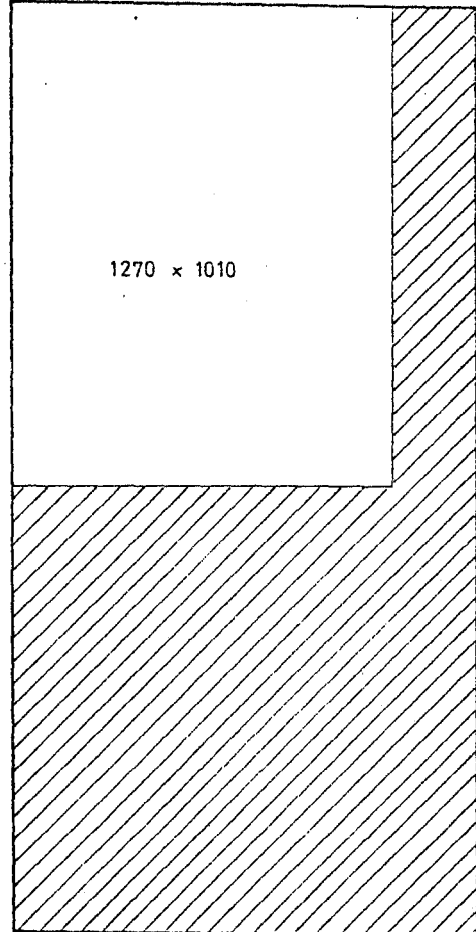
10



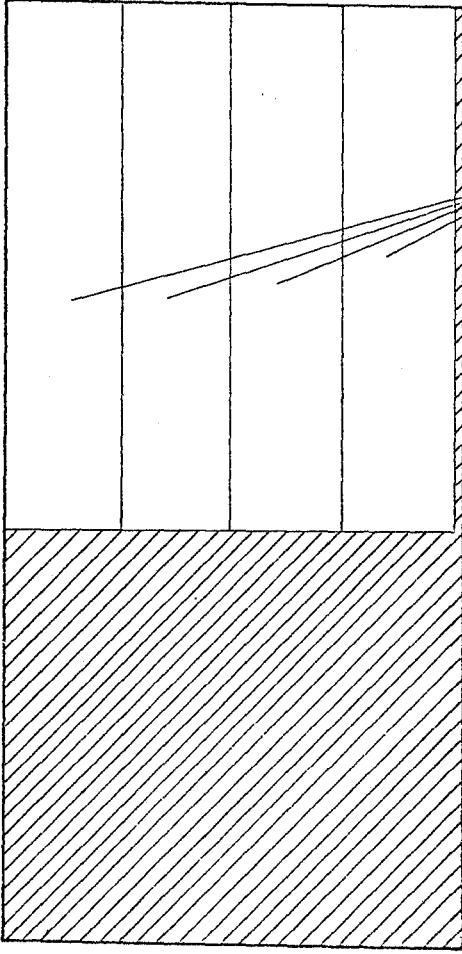
11



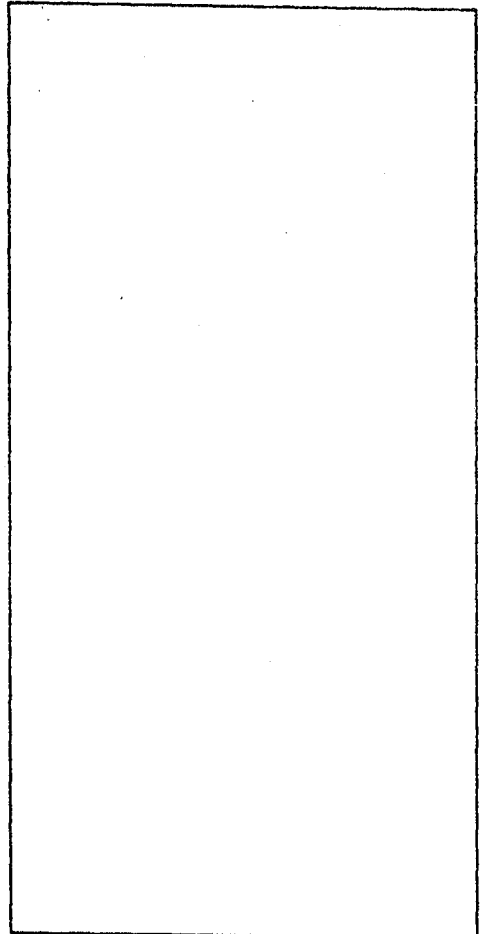
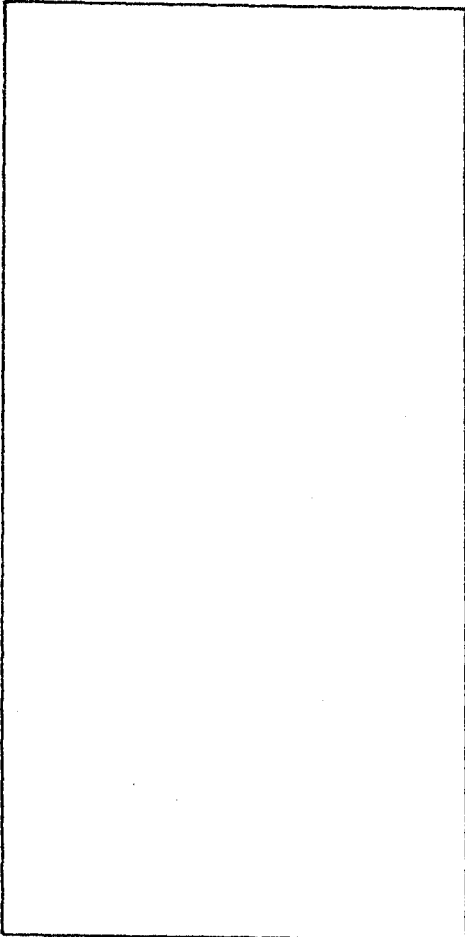
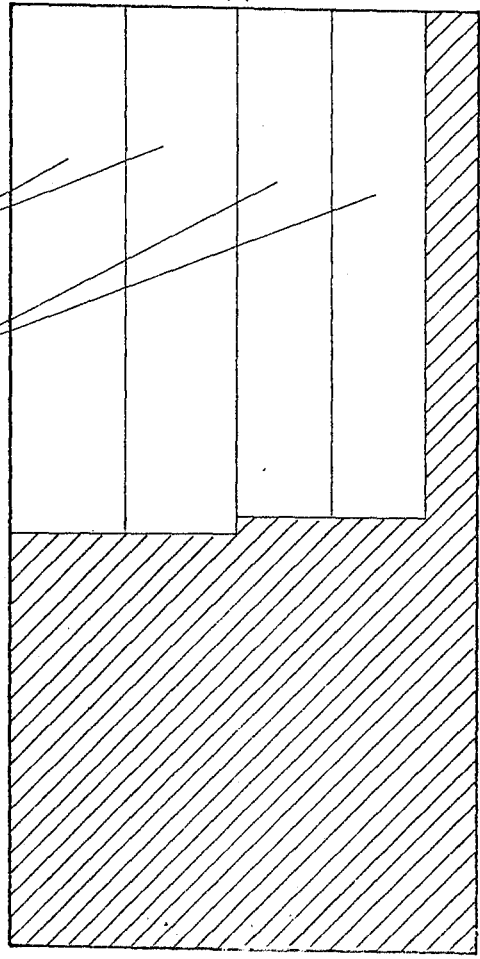
12



13



14





## Veriler

L= 2440 Birim  
W= 1220 Birim

Sıra No	L i	W i	R i	L . W . R i i i
1	1270	1010	8	10261600
2	1320	960	8	10137600
3	1370	910	41	51114700
4	1270	910	49	56629300
5	910	540	82	40294800
6	1270	300	50	19050000
7	1320	250	8	2640000
8	1270	200	50	12700000
9	910	275	16	4004000
10	550	300	84	13860000
11	300	275	16	1320000
			412	222012000

ÇÖZÜM...: Alan öncelikli

1 . 1

PLAN 1	Fire	8	Adet
			457300
1270 x	1010 x	1 P	0
1270 x	200 x	1 P	3
910 x	540 x	2 D	4

PLAN 2	Fire	8	Adet
			396800
1320 x	960 x	1 P	0
1320 x	250 x	1 P	3
910 x	540 x	2 D	4

PLAN 3	Fire	25	Adet
			366300
1370 x	910 x	1 P	0
1270 x	300 x	1 P	1
910 x	540 x	2 D	2

PLAN 4	Fire	4	Adet
			348100
1370 x	910 x	1 P	0
1270 x	300 x	1 P	1
910 x	275 x	4 D	2

PLAN 5	Fire	12	Adet
			359100
1370 x	910 x	1 P	0
1270 x	300 x	1 P	1
550 x	300 x	6 P	2

PLAN 6	Fire	1	Adet
			120100
1270 x	910 x	1 P	0
1270 x	300 x	1 P	1
550 x	300 x	8 D	2

PLAN 7	Fire	1	Adet
			120100
1270 x	910 x	1 P	0
1270 x	300 x	1 P	3
550 x	300 x	4 P	4
300 x	275 x	4 D	34
300 x	275 x	4 D	43

PLAN 8	Fire	1	Adet
			780100
1270 x	910 x	1 P	0
1270 x	300 x	1 P	3
300 x	275 x	8 D	4

EK .5 Devamı

PLAN 9	6 Adet Fire	1440100
1270 x	910 x	1 P 0
1270 x	300 x	1 P 1

PLAN 10	40 Adet Fire	1567100
1270 x	910 x	1 P 0
1270 x	200 x	1 P 1

PLAN 11	1 Adet Fire	2468800
1270 x	200 x	2 P 0

T. KESME PLANI SAYISI.....= 11 Adet  
 TEORİK LEVHA SAYISI.....= 106 Adet  
 T. ANA LEVHA GEREKSİNİMİ....= 107 Adet  
 T. KESİM KAYBI.....= 9.65056E+07 Birim  
 KESİM KAYBI ORANI.....= % 0.94

EK .5 Devamı

ÇÖZÜM...: Alan x Talep Öncelikli

2 . 1

PLAN	41		Adet		
1	Fire		127300		
1270 x	910 x	1	P	0	
1270 x	300 x	1	P	3	
910 x	540 x	2	D	4	
550 x	300 x	2	P	34	

PLAN	4		Adet		
2	Fire		475100		
1370 x	910 x	1	P	0	
1270 x	200 x	1	P	1	
910 x	275 x	4	D	2	

PLAN	1		Adet		
3	Fire		486100		
1370 x	910 x	1	P	0	
1270 x	200 x	1	P	1	
300 x	275 x	12	P	2	

PLAN	1		Adet		
4	Fire		816100		
1370 x	910 x	1	P	0	
1270 x	200 x	1	P	3	
550 x	300 x	2	P	4	
300 x	275 x	4	D	32	

PLAN	35		Adet		
5	Fire		1476100		
1370 x	910 x	1	P	0	
1270 x	200 x	1	P	1	

PLAN	8		Adet		
6	Fire		1440100		
1270 x	1010 x	1	P	0	
1270 x	200 x	1	P	1	

PLAN	8		Adet		
7	Fire		1379600		
1320 x	960 x	1	P	0	
1320 x	250 x	1	P	1	

PLAN	8		Adet		
8	Fire		1440100		
1270 x	910 x	1	P	0	
1270 x	300 x	1	P	1	

PLAN	1		Adet		
9	Fire		2341800		
1270 x	300 x	1	P	0	
1270 x	200 x	1	P	3	

T. KESME PLANI SAYISI.....= 9 Adet  
 TEORİK LEVHA SAYISI.....= 106 Adet  
 T. ANA LEVHA GEREKSİNİMİ...= 107 Adet  
 T. KESİM KAYBI.....= 9.65056E+07 Birim  
 KESİM KAYBI ORANI.....= % 0.94

EK .5 Devamı

ÇÖZÜM...: Uzunluk Öncelikli

4 . 1

PLAN	Fire		8	Adet		
1				417300		
1370 x	910 x	1	P	0		
1320 x	250 x	1	P	1		
910 x	540 x	2	D	2		

PLAN	Fire		33	Adet		
2				366300		
1370 x	910 x	1	P	0		
1270 x	300 x	1	P	1		
910 x	540 x	2	D	2		

PLAN	Fire		4	Adet		
3				454600		
1320 x	960 x	1	P	0		
1270 x	200 x	1	P	3		
910 x	275 x	4	D	4		

PLAN	Fire		4	Adet		
4				135600		
1320 x	960 x	1	P	0		
1270 x	200 x	1	P	1		
550 x	300 x	8	D	2		

PLAN	Fire		6	Adet		
5				120100		
1270 x	1010 x	1	P	0		
1270 x	200 x	1	P	1		
550 x	300 x	8	D	2		

PLAN	Fire		1	Adet		
6				450100		
1270 x	1010 x	1	P	0		
1270 x	200 x	1	P	3		
550 x	300 x	4	P	4		
300 x	275 x	4	D	43		

PLAN	Fire		1	Adet		
7				450100		
1270 x	1010 x	1	P	0		
1270 x	200 x	1	P	3		
300 x	275 x	12	D	4		

PLAN	Fire		17	Adet		
8				1440100		
1270 x	910 x	1	P	0		
1270 x	300 x	1	P	1		

PLAN	Fire		32	Adet		
9				1567100		
1270 x	910 x	1	P	0		
1270 x	200 x	1	P	1		

PLAN	Fire		1	Adet		
10				2468800		
1270 x	200 x	2	P	0		

T. KESME PLANI SAYISI.....= 10 Adet  
 TEORİK LEVHA SAYISI.....= 106 Adet  
 T. ANA LEVHA GEREKSİNİMİ...= 107 Adet  
 T. KESİM KAYBI.....= 9.65056E+07 Birim  
 KESİM KAYBI ORANI.....= % 0.94

ÇÖZÜM...: Uzunluk x Talep Öncelikli

5 . 1

PLAN 1	Fire	8 Adet	457300		
1270 x	1010 x	1 P	0		
1270 x	200 x	1 P	3		
910 x	540 x	2 D	4		

PLAN 2	Fire	8 Adet	396800		
1320 x	960 x	1 P	0		
1320 x	250 x	1 P	3		
910 x	540 x	2 D	4		

PLAN 3	Fire	25 Adet	366300		
1370 x	910 x	1 P	0		
1270 x	300 x	1 P	1		
910 x	540 x	2 D	2		

PLAN 4	Fire	14 Adet	359100		
1370 x	910 x	1 P	0		
1270 x	300 x	1 P	1		
550 x	300 x	6 P	2		

PLAN 5	Fire	2 Adet	348100		
1370 x	910 x	1 P	0		
1270 x	300 x	1 P	1		
910 x	275 x	4 D	2		

PLAN 6	Fire	1 Adet	188850		
1270 x	910 x	1 P	0		
1270 x	300 x	1 P	3		
910 x	275 x	4 D	4		
910 x	275 x	1 P	34		

PLAN 7	Fire	1 Adet	359350		
1270 x	910 x	1 P	0		
1270 x	300 x	1 P	3		
910 x	275 x	3 P	4		
300 x	275 x	4 D	34		

PLAN 8	Fire	1 Adet	450100		
1270 x	910 x	1 P	0		
1270 x	300 x	1 P	3		
300 x	275 x	12 D	4		

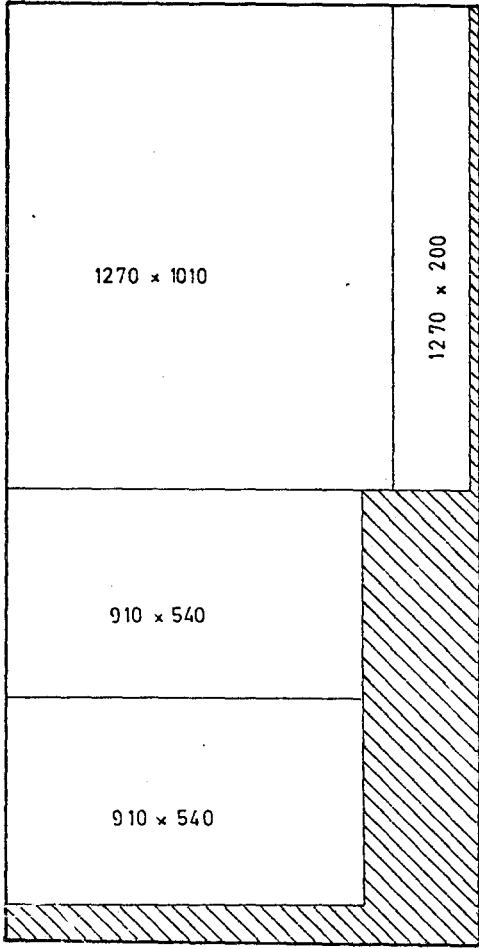
PLAN 9	Fire	6 Adet	1440100		
1270 x	910 x	1 P	0		
1270 x	300 x	1 P	1		

PLAN 10	Fire	40 Adet	1567100		
1270 x	910 x	1 P	0		
1270 x	200 x	1 P	1		

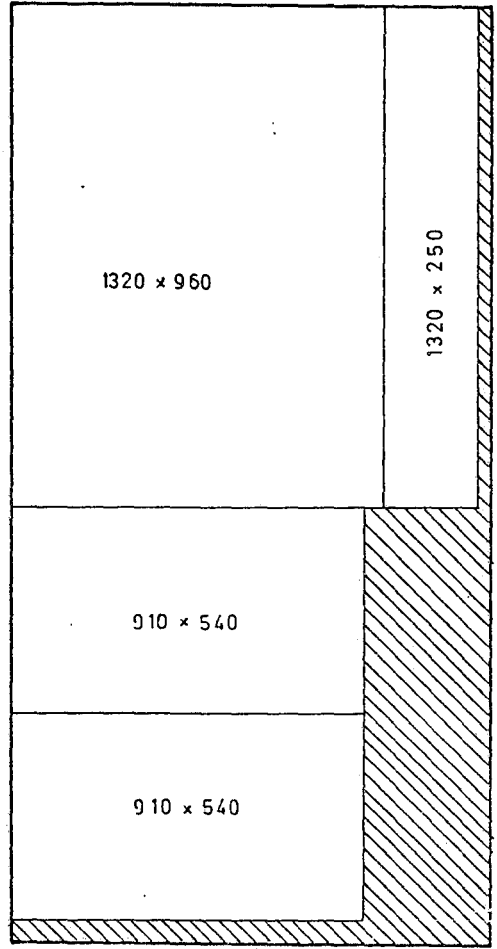
PLAN 11	Fire	1 Adet	2468800		
1270 x	200 x	2 P	0		

T. KESME PLANI SAYISI.....= 11 Adet  
 TEORİK LEVHA SAYISI.....= 106 Adet  
 T. ANA LEVHA GEREKSİNİMİ...= 107 Adet  
 T. KESİM KAYBI.....= 9.65056E+07 Birim  
 KESİM KAYBI ORANI.....= % 0.94

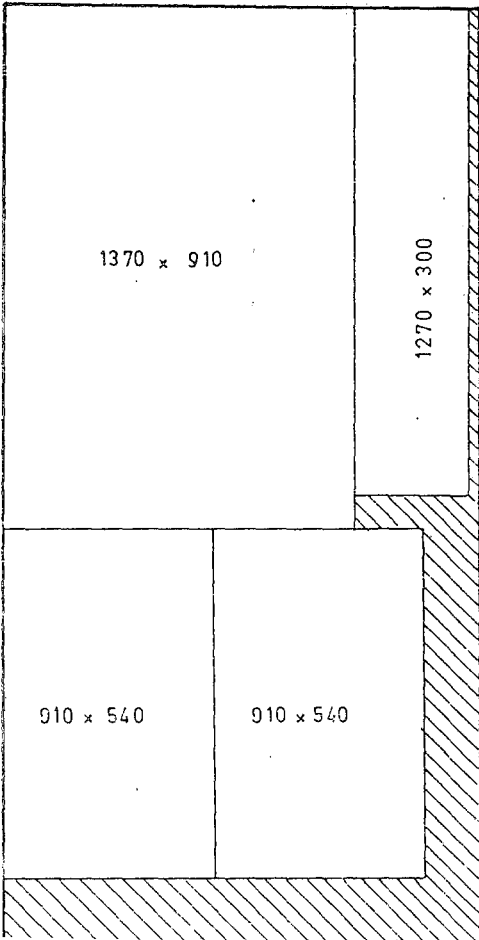
1



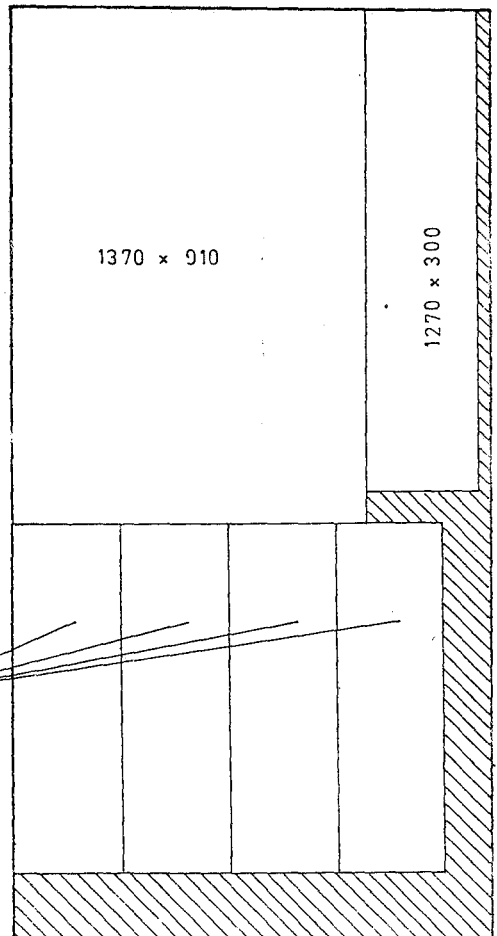
2



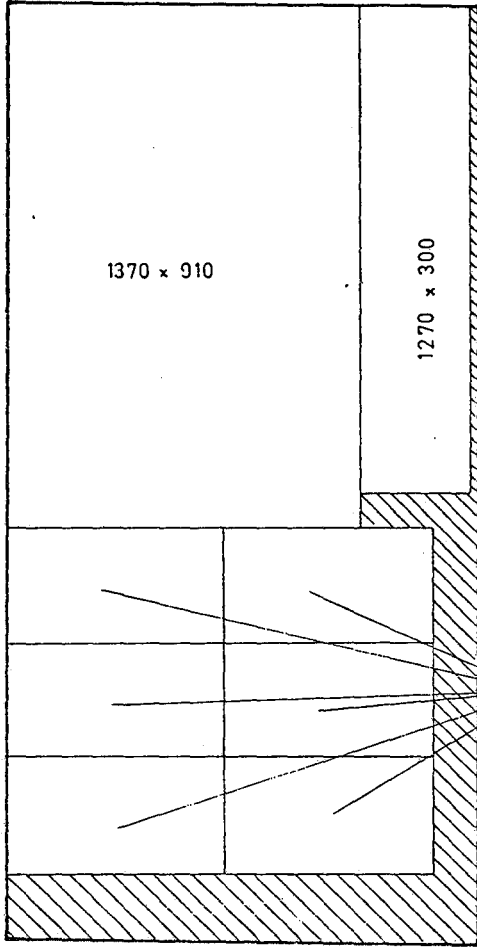
3



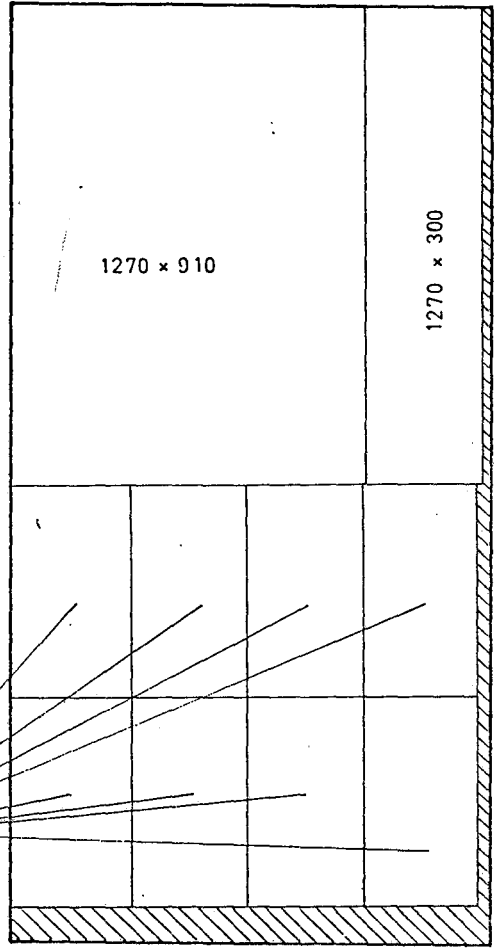
4



5



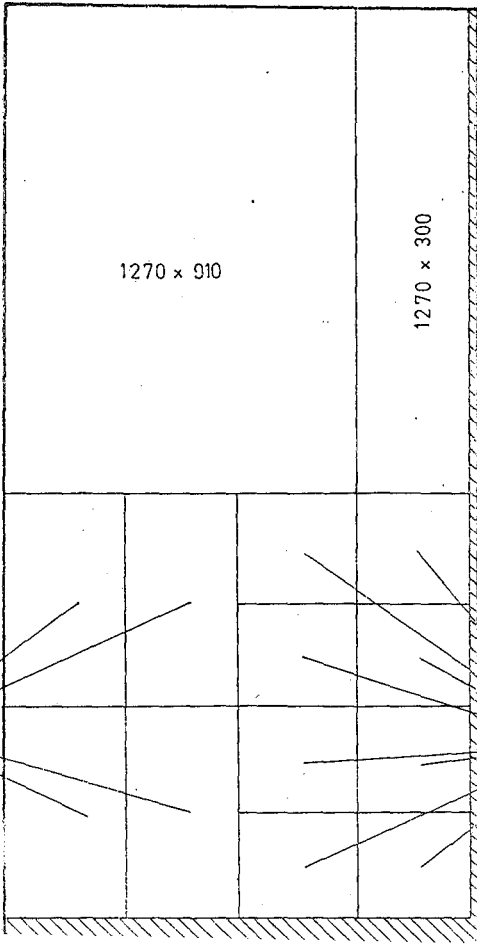
6



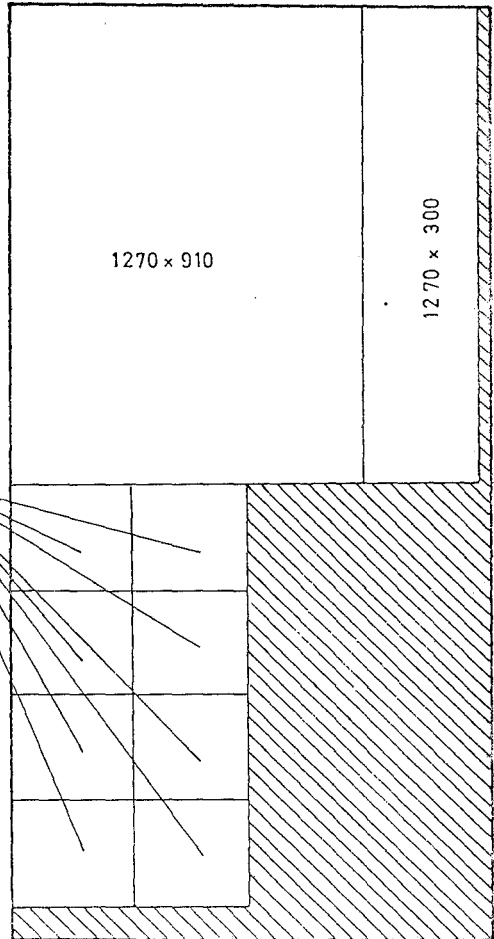
550 x 300

550 x 300

7



8

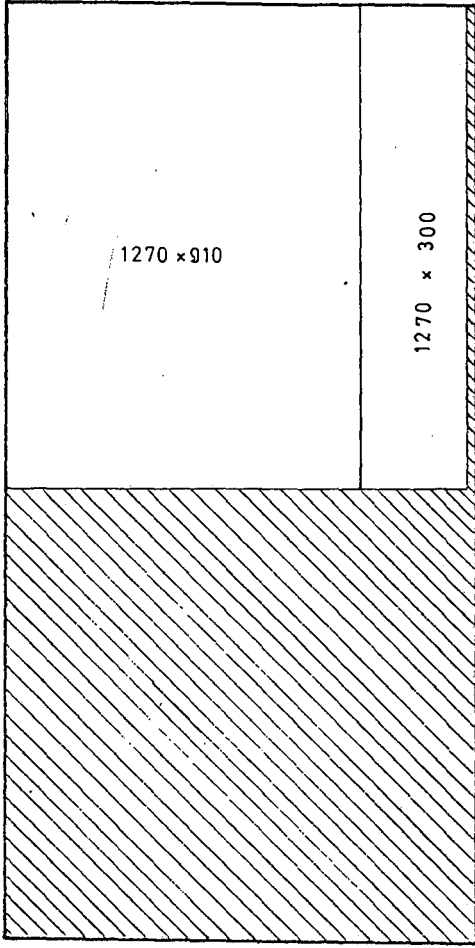


300 x 275

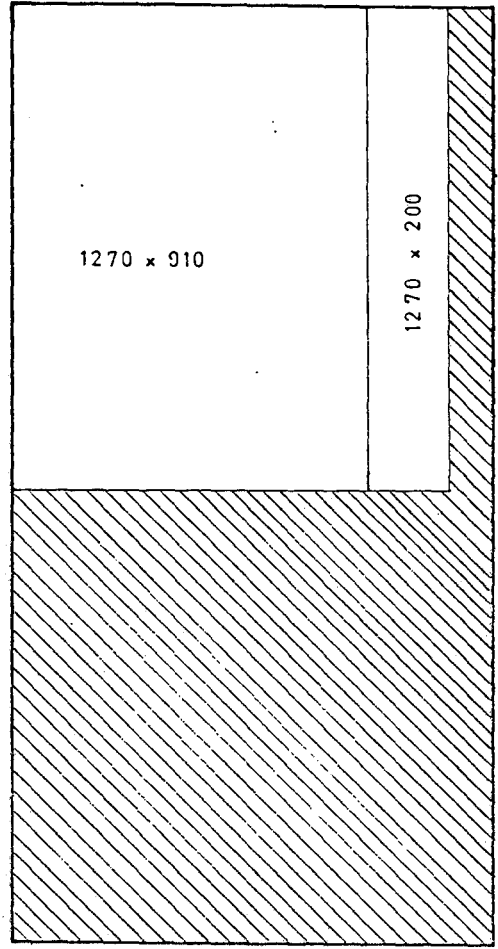
275 x 300

550 x 300

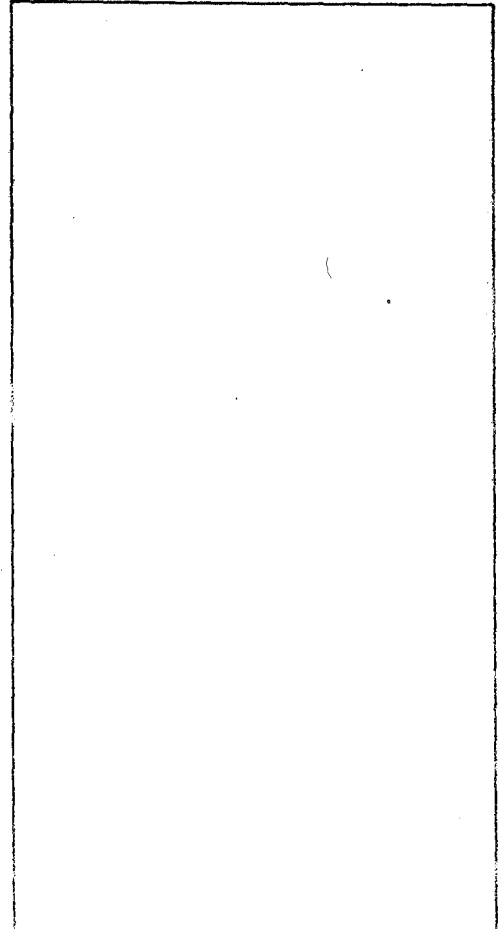
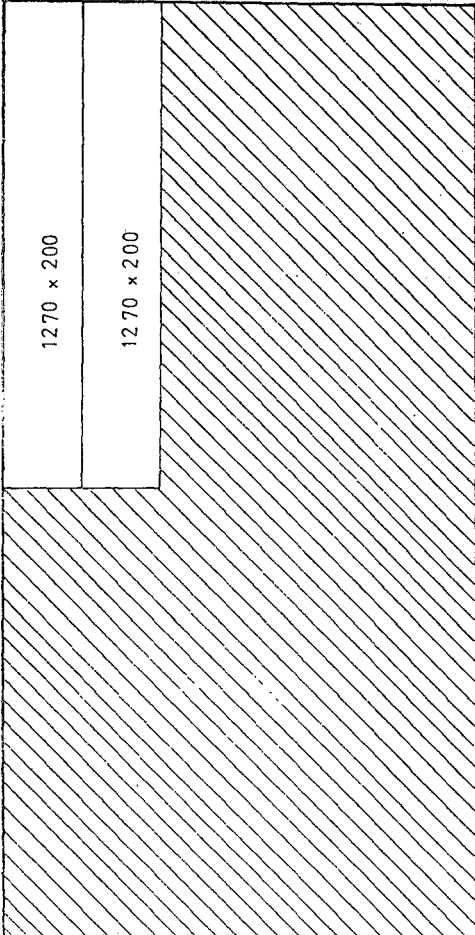
9



10

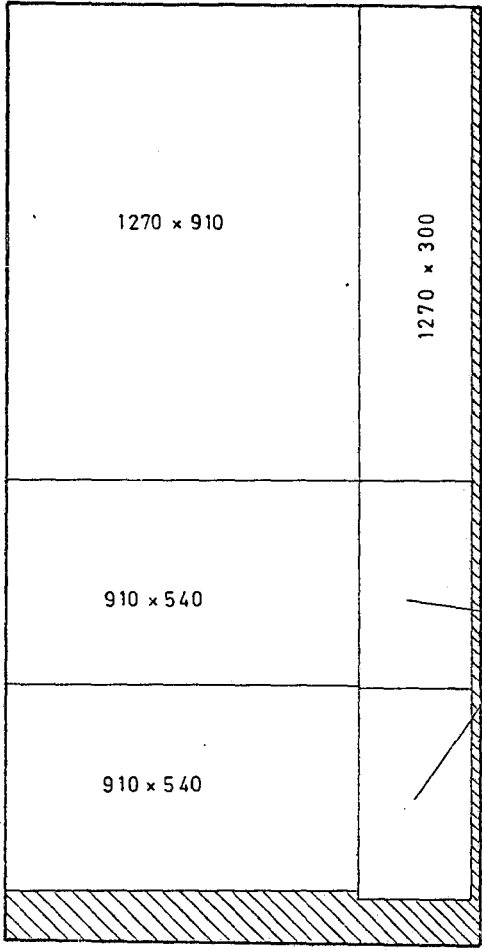


11

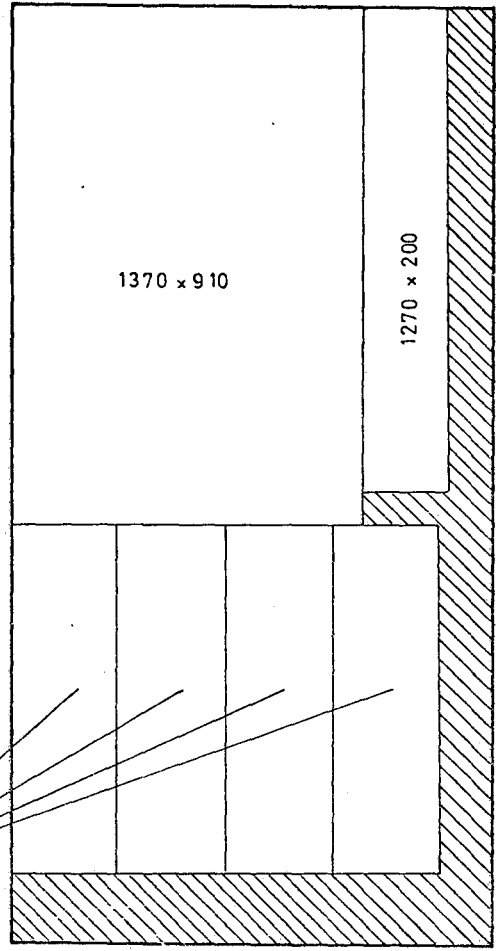




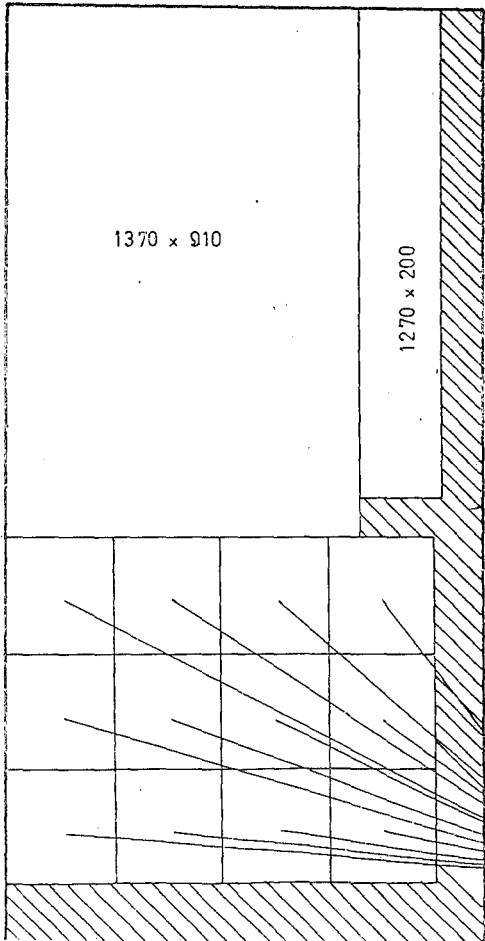
1



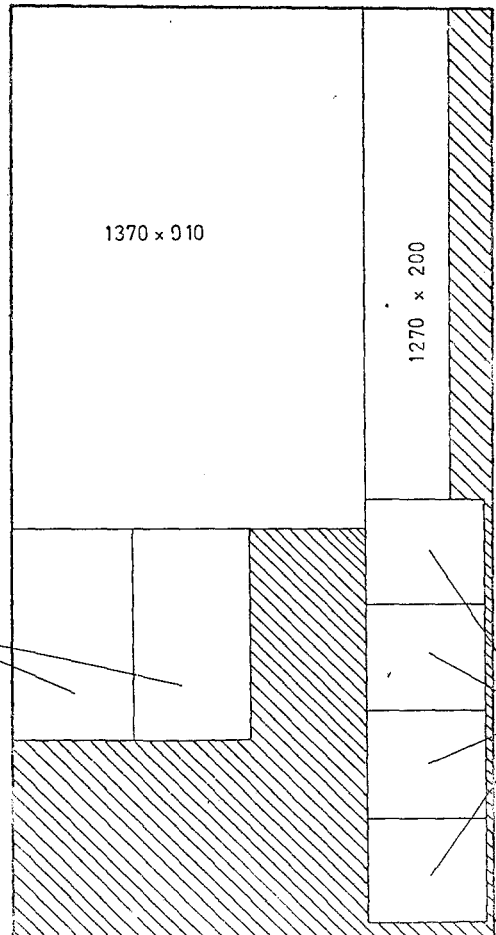
2



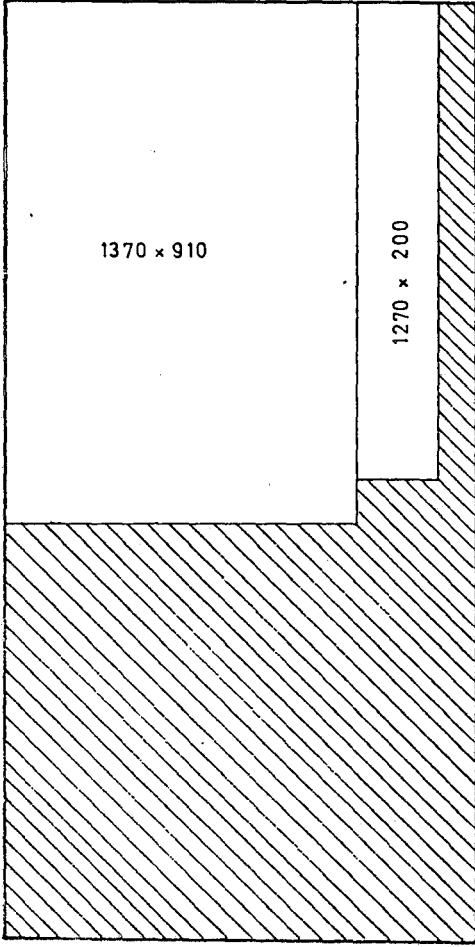
3



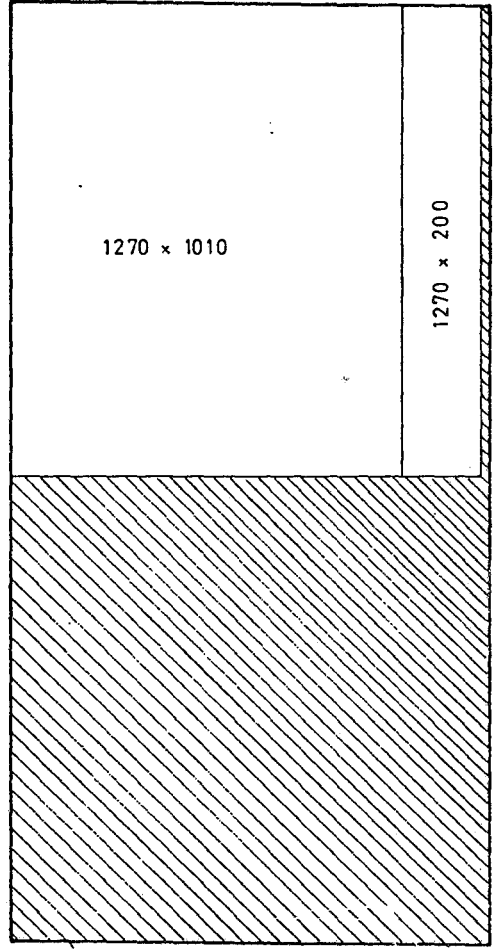
4



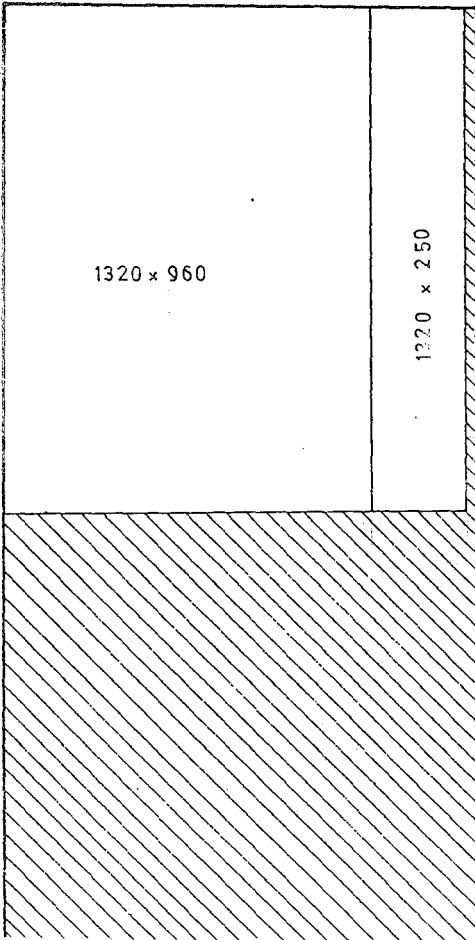
5



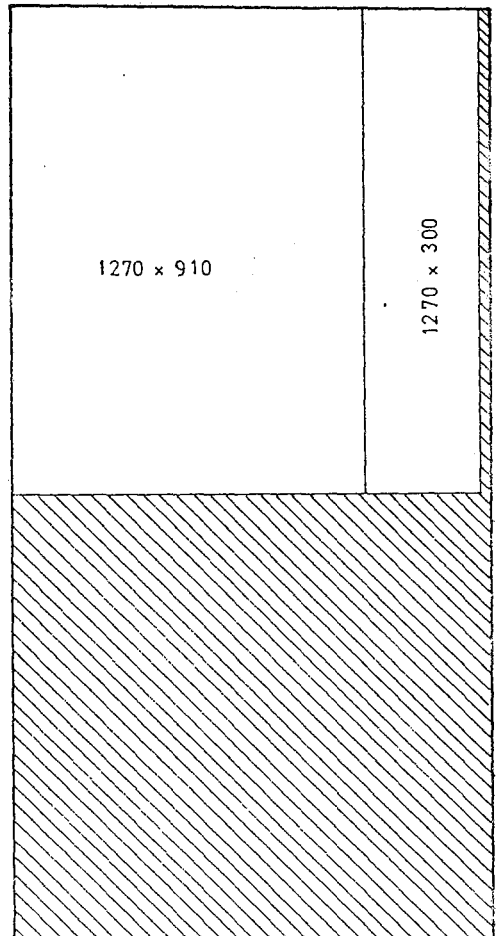
6



7



8

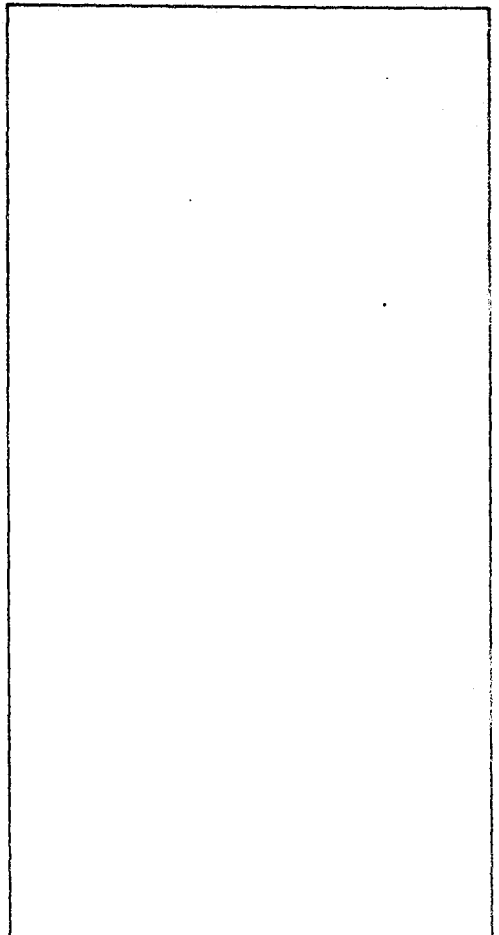
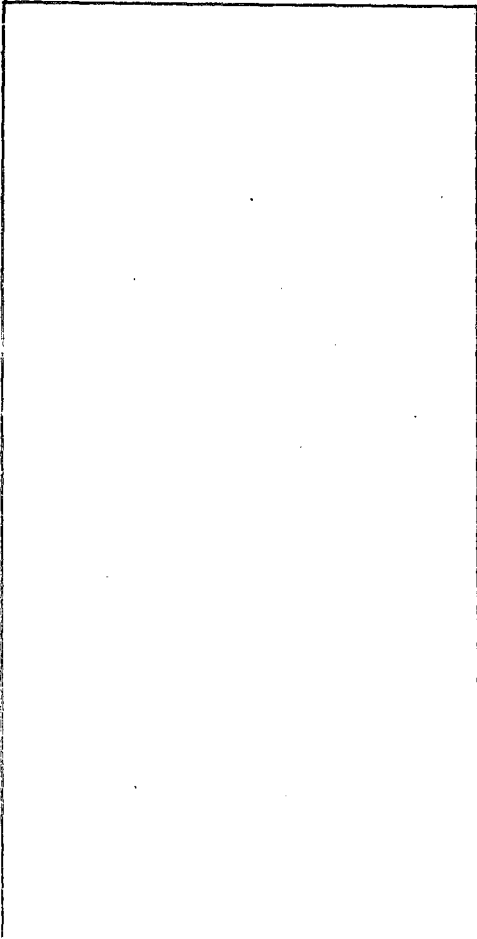
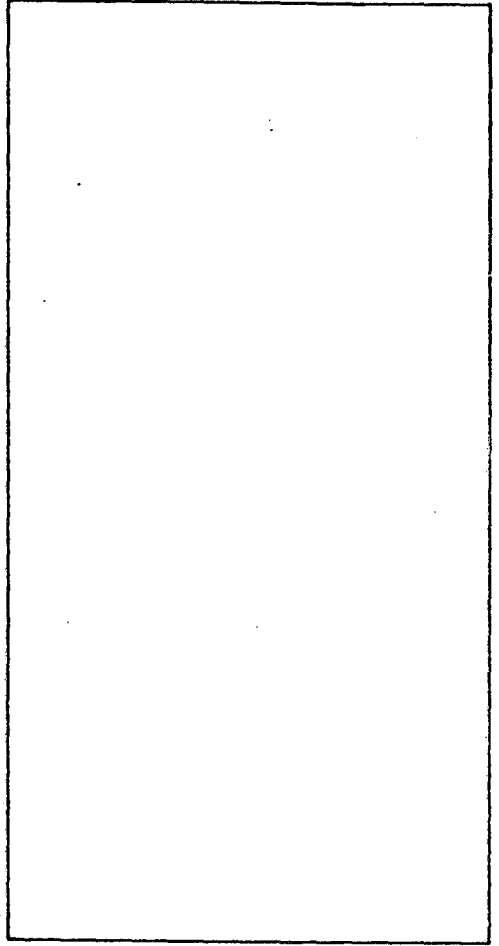
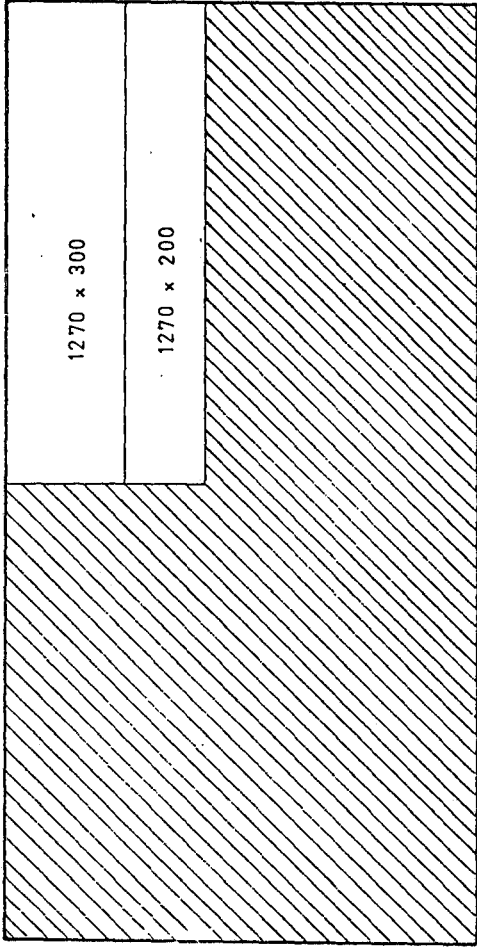


VERİ GRUP NO : 2

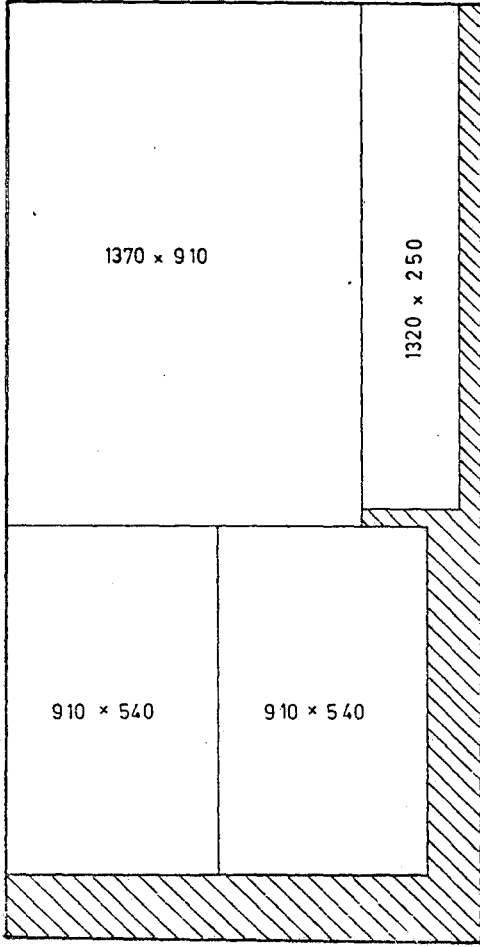
ÖNCELİK KURALI : Alan x Talep

EK .6 Devamı

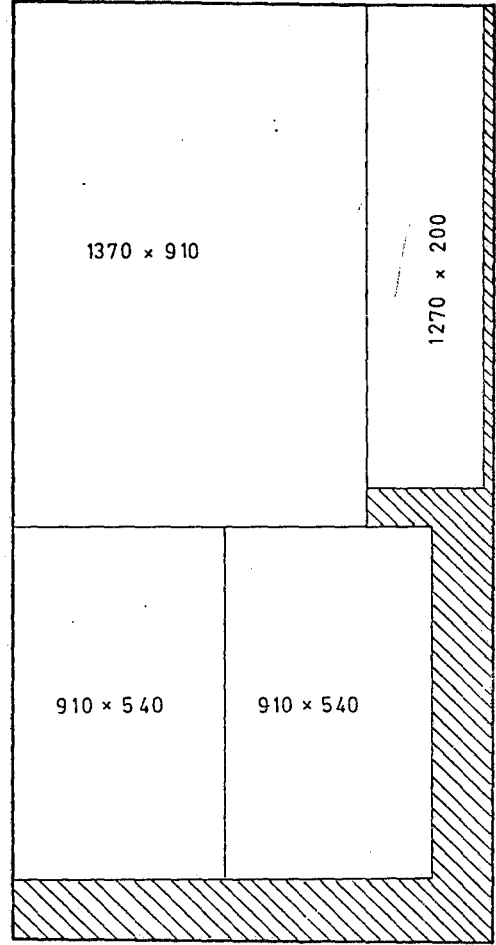
9



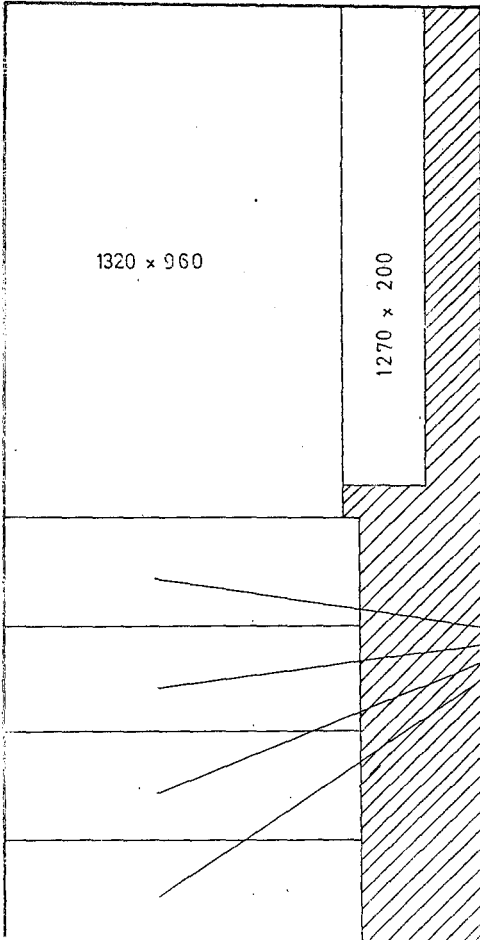
1



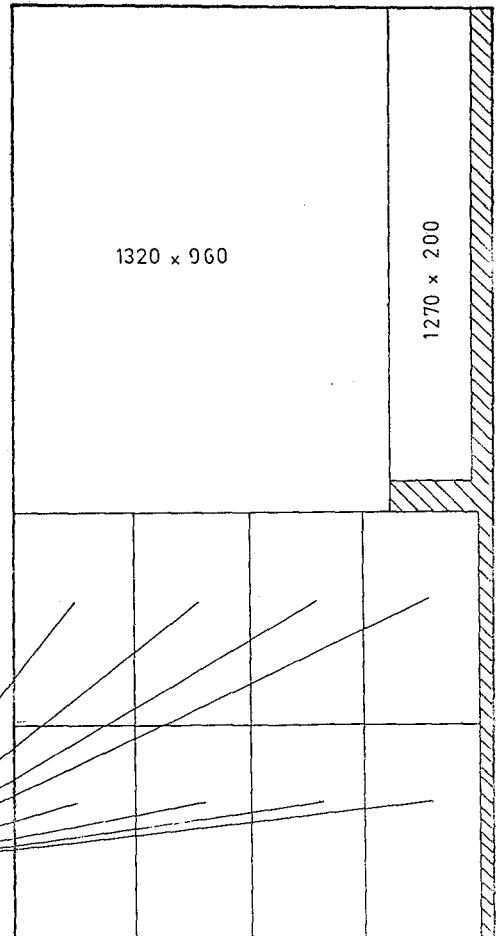
2

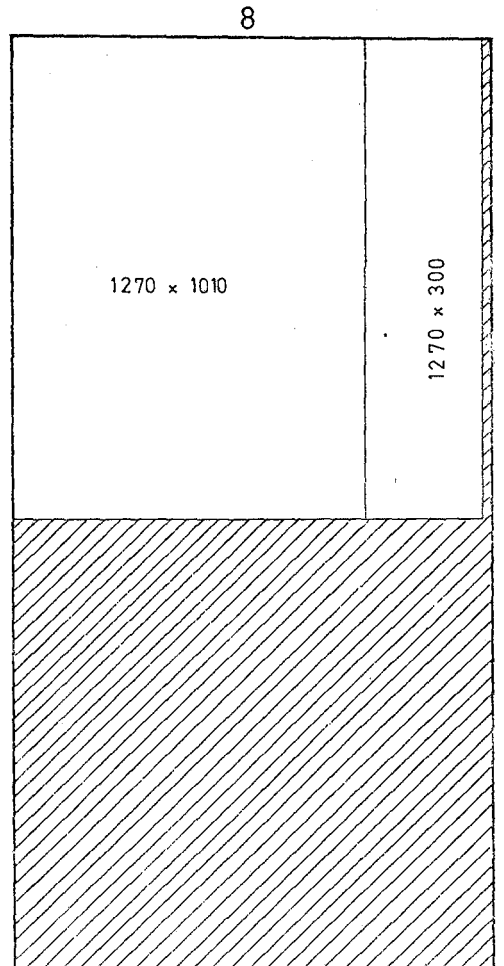
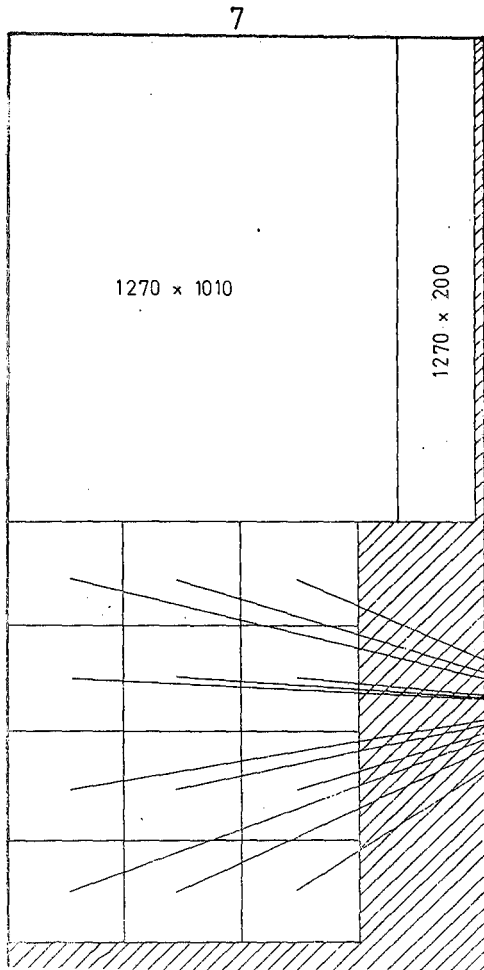
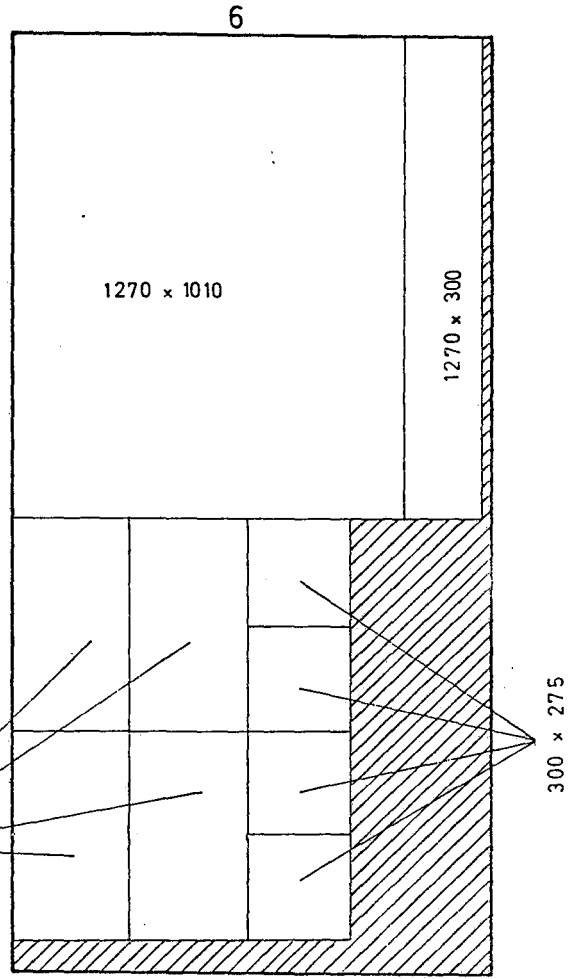
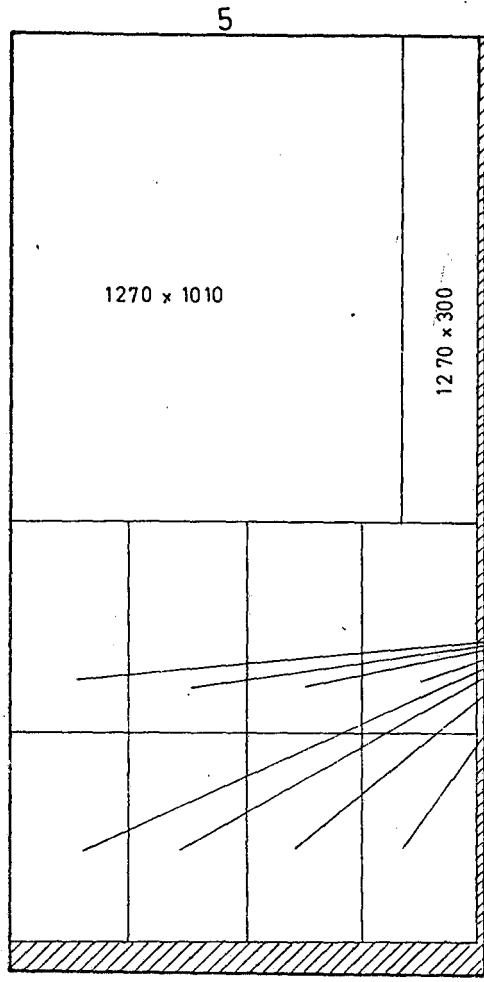


3

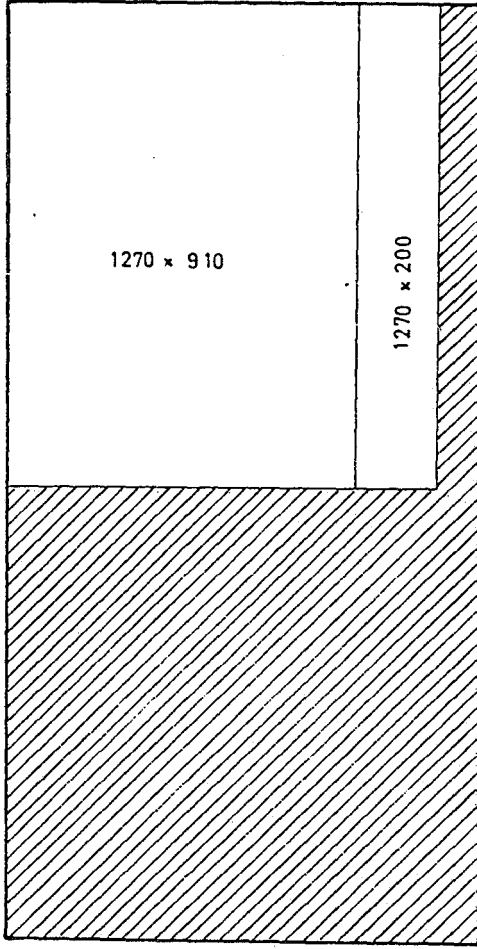


4

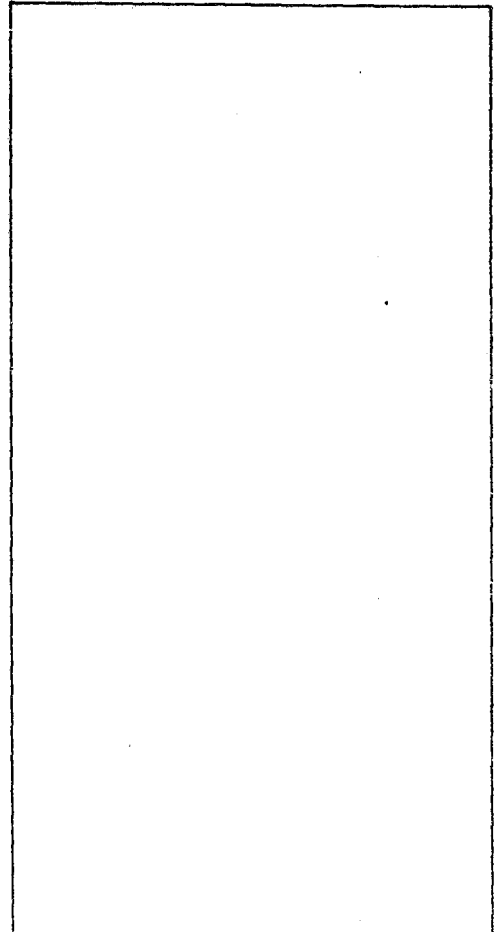
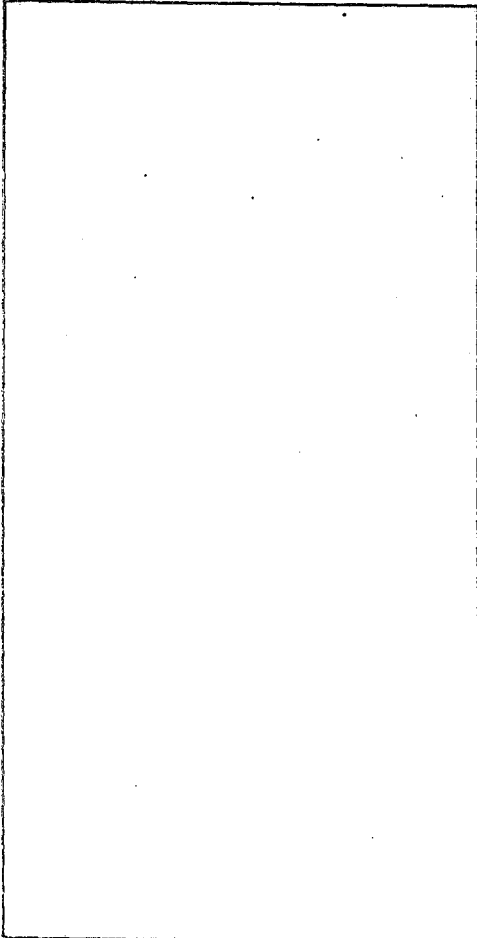
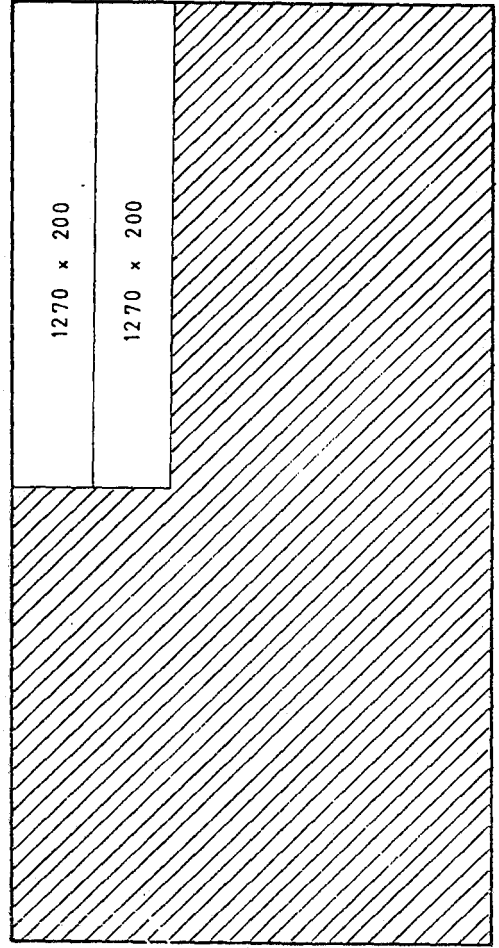




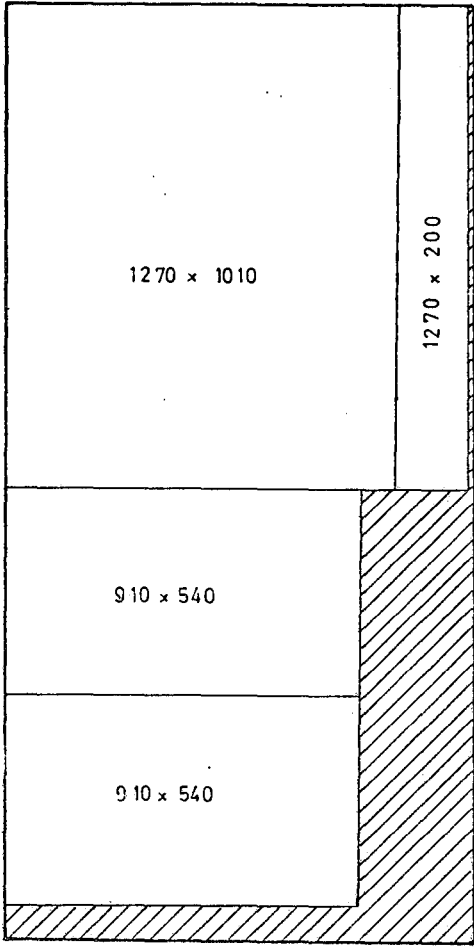
9



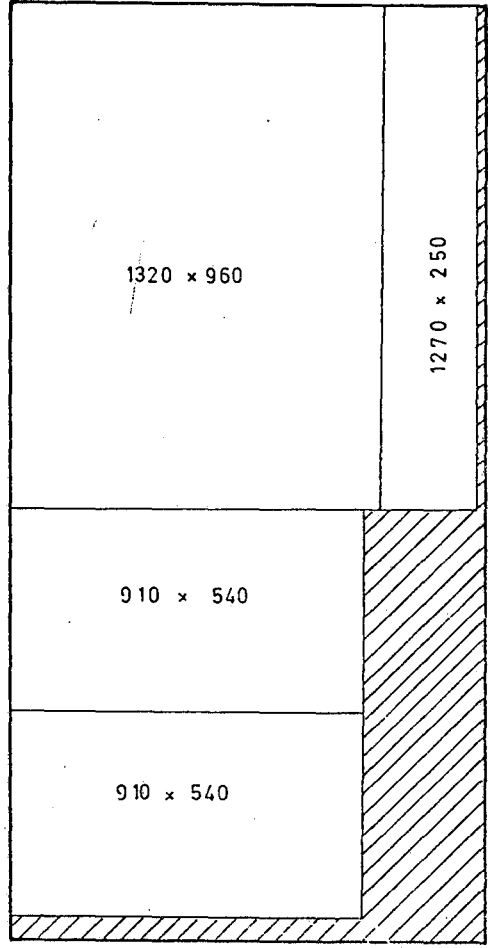
10



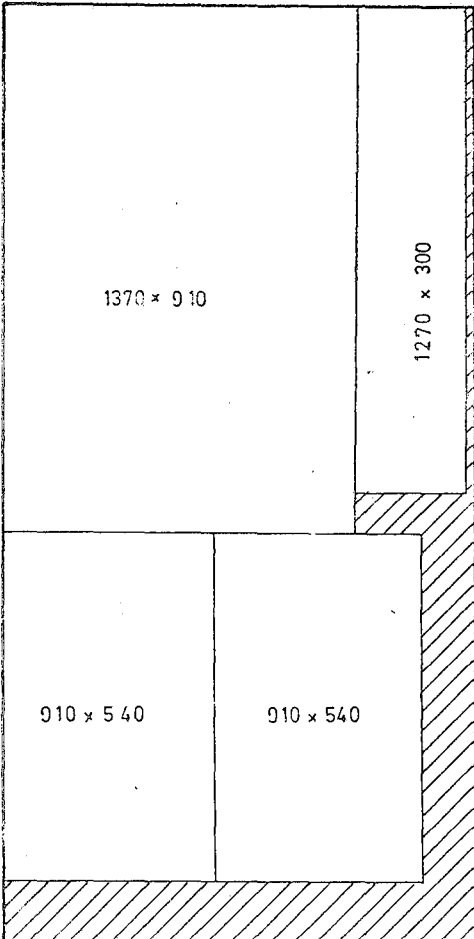
1



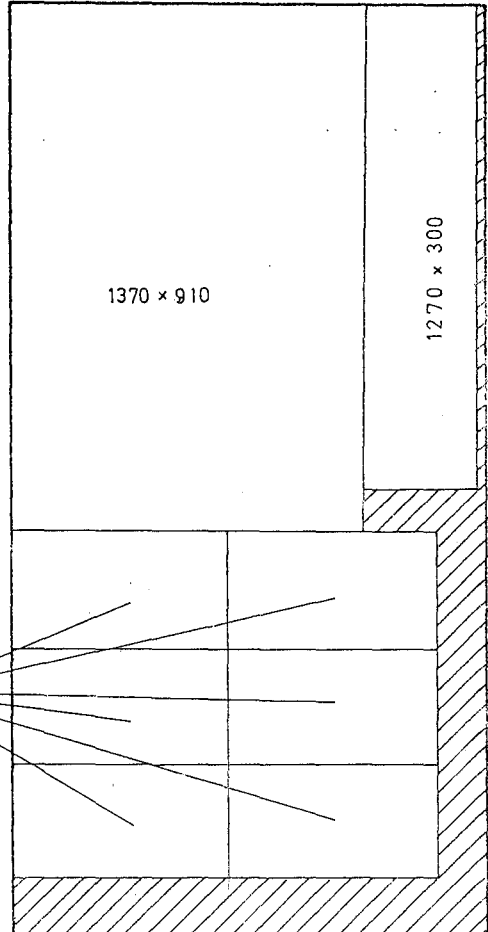
2



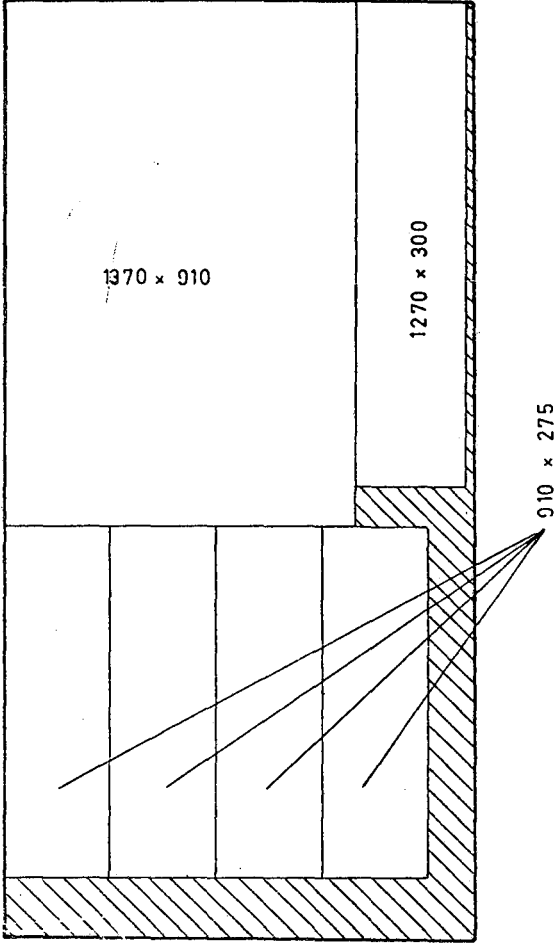
3



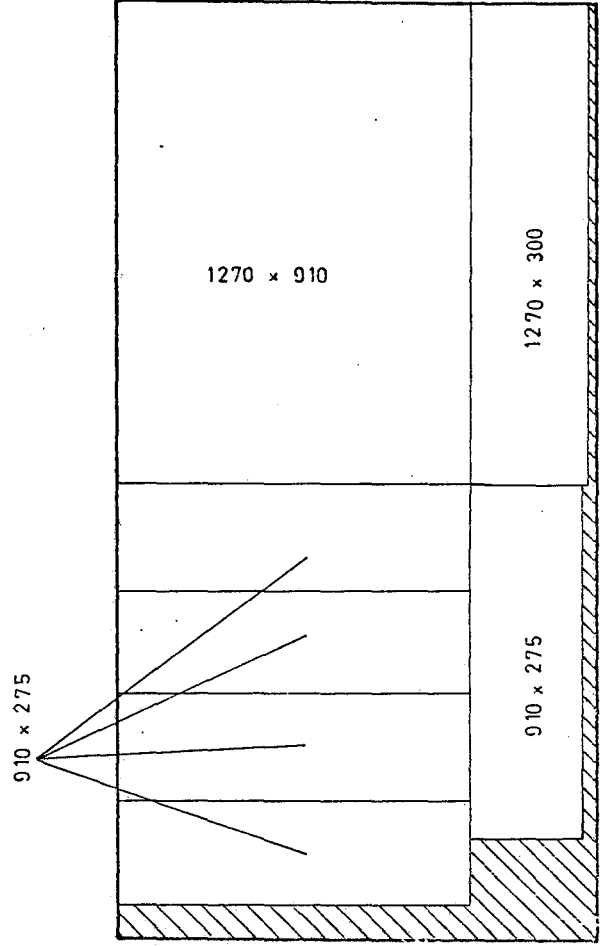
4



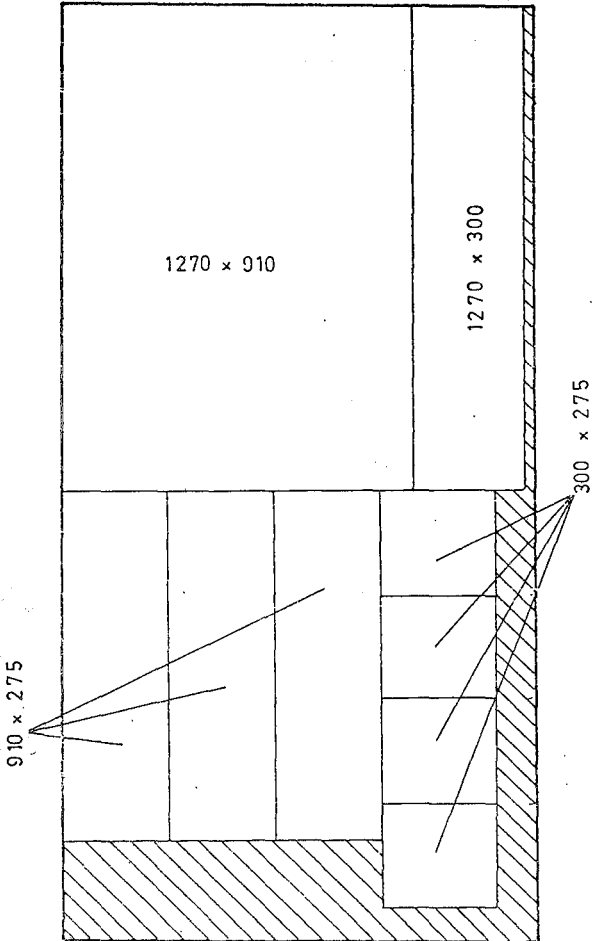
5



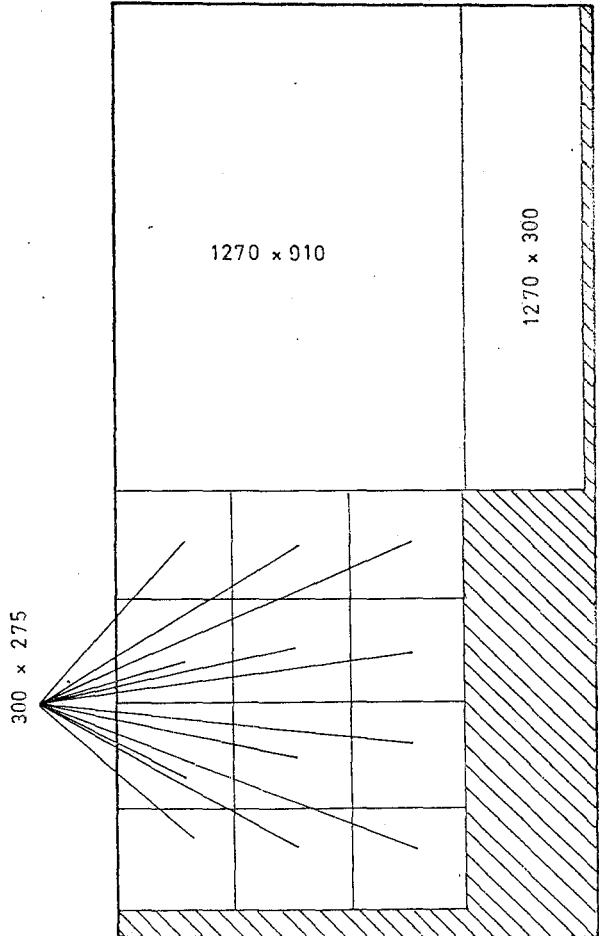
6



7

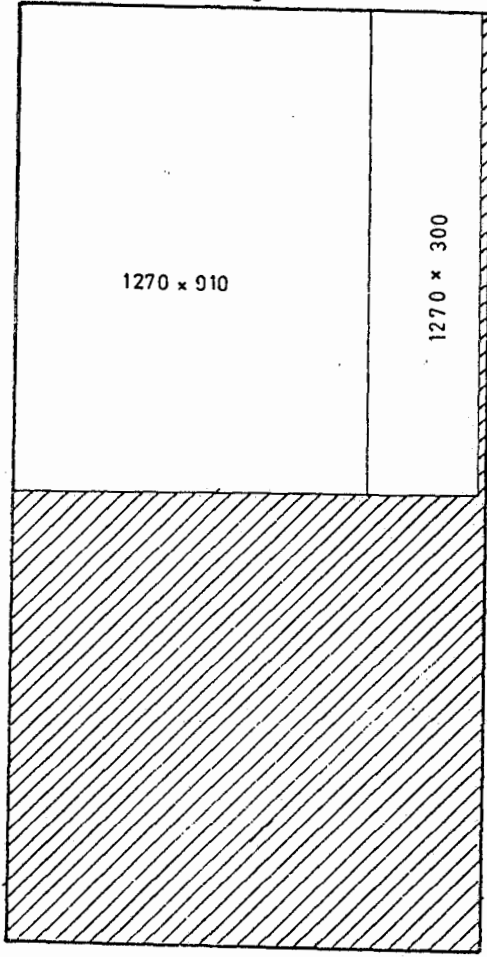


8

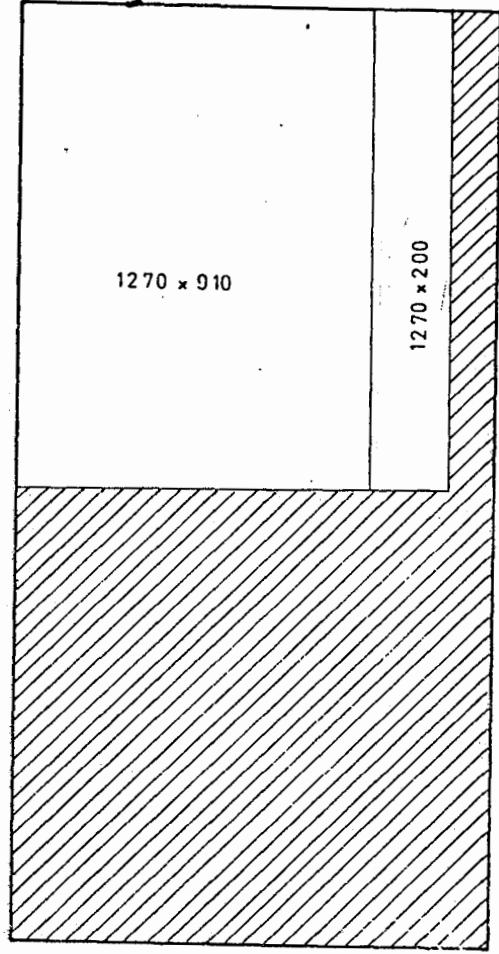




9



10



11

