

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Orman Fakültesi
Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü

MAKİNA DÜZENLEME SİSTEM VE TEKNİKLERİ

Yrd.Doç.Dr. Kemal ÜÇÜNCÜ

6. UYGULAMALAR

ÖRNEK PROBLEM 6.1: Çapraz ve İlişki Tablosu Tekniği

Aşağıda 16 bölüm arasındaki malzeme hareketleri ve birim taşıma maliyetleri ayrı ayrı verilmiştir.

Çapraz ve ilişki tablosu tekniğine göre uygun düzenlemeyi yapınız.

Tesis alanı $45 \times 75 = 3.375 \text{ m}^2$ 'dir. Bölüm alanları ilişki tablosunda verilmiştir.

13. bölüm 10, 11 ve 12 nolu bölümlerin dışındaki bölümlerden; 16. bölüm de 1 ve 4 nolu bölümlerden ayırık olmalı, diğer bölümler arasındaki ilişki önemsizdir.

Tablo 6.1. Malzeme hareketleri

G/A (Alan m ²)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Topla m
1 – HM deposu	///	20	30	25													75
2 – Sac atelyesi		///					30		30								60
3 – Pres			///				15										15
4 – Döküm				///	20		5										25
5 – Freze					///			25		20							45
6 – Torna						///		10			30						40
7– Matkap					25	15	///	15									55
8 – Planya								///		10	40						50
9 – Kaynak						25	5		///								30
10 – Taşlama										///	25		5				30
11 – Montaj											///	60	35				95
12 – Boya												///	60				60
13 – Muayene													///	100			100
14 – Ambalaj														///	100		100
15 – Ürün ambarı															///		
16 – Yönetim																///	
Toplam		20	30	35	45	40	55	50	30	30	95	60	100	100	100		780

Tablo 6.2. Birim taşıma maliyetleri

G/A (Alan m ²)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1 – HM deposu	///	4	3	3												
2 – Sac atelyesi		///					2		2							
3 – PresC			///				2									
4 – Döküm				///	4		4									
5 – Freze					///			2		4						
6 – Torna						///		3			3					
7– Matkap					3	4	///	4								
8 – Planya								///		3	4					
9 – Kaynak						2	1		///							
10 – Taşlama										///	3		2			
11 – Montaj											///	2	2			
12 – Boya												///	1			
13 – Muayene													///	1		
14 – Ambalaj														///	1	
15 – Ürün ambarı															///	
16 - Yönetim																///

ÇÖZÜM 6.1.

1) Toplam ağırlık tablosu hazırlanır:

Bunun için, aynı hücrelerdeki malzeme taşıma miktarı ile birim taşıma maliyeti çarpılarak elde edilen sayı yeni tabloda aynı hücreye yazılır.

Tablo 6.3. Toplam ağırlık tablosu

G/A (Alan m ²)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1 – HM deposu	///	80	90	75												
2 – Sac atelyesi		///					60		60							
3 – Pres			///				30									
4 – Döküm				///	80		20									
5 – Freze					///			50		80						
6 – Torna						///		30			90					
7– Matkap					75	60	///	60								
8 – Planya								///		30	160					
9 – Kaynak						50	5		///							
10 – Taşlama										///	75		10			
11 – Montaj											///	120	70			
12 – Boya												///	60			
13 – Muayene													///	100		
14 – Ambalaj														///	100	
15 – Ürün ambarı															///	
16 - Yönetim																///

- Tablonun sol alt yarı bölümünde yer alan değerler, karşılığındaki üst hücrelerdeki değerlerle toplanarak üst hücrelere taşınır.
- Örneğin,
 - (7,5) hücreesindeki 75 değeri (5,7) hücreesindeki 0 değeri ile toplanarak elde edilen değer $(75 + 0 = 75)$ (5,7) hücreesine,
 - (7,6) hücreesindeki 60 değeri (6,7) hücreesindeki 0 değeri ile toplanarak $(60 + 0 = 60)$ (6,7) hücreesine,
 - (9,6) hücreesindeki 50 değeri (6,9) hücreesindeki 0 değeri ile toplanarak $(50 + 0 = 50)$ (6,9) hücreesine,
 - (9,7) hücreesindeki 5 değeri (7,9) hücreesindeki 0 değeri ile toplanarak $(5 + 0 = 5)$ (7,9) hücreesine yazılır.

Tablo 6.4. Yeniden düzenlenmiş ağırlık tablosu

G/A (Alan m ²)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1 – HM deposu	///	80	90	75												
2 – Sac atelyesi		///					60		60							
3 – Pres			///				30									
4 – Döküm				///	80		20									
5 – Freze					///		75	50		80						
6 – Torna						///	60	30	50		90					
7– Matkap							///	60	5							
8 – Planya								///		30	160					
9 – Kaynak									///							
10 – Taşlama										///	75		10			
11 – Montaj											///	120	70			
12 – Boya												///	60			
13 – Muayene													///	100		
14 – Ambalaj														///	100	
15 – Ürün ambarı															///	
16 – Yönetim																///

2) Sıralama ve Gruplama:

Tablo 6.4’de elde edilen ağırlık değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanır.

Sıralanan değerler deneyim ve tecrübelerine uygun biçimde gruplandırılır.

A düzeyli ilişkiler, akış diyagramını çıkarabilir düzeyde ise, çözümü kolaylaştırır.

Sıra	Bölüm	Taşınan ağırlık	Gruplama
1	8 – 11	160	A
2	11 – 12	120	
3	13 – 14	100	
4	14 – 15	100	
5	1 – 3	90	
6	6 – 11	90	
7	1 – 2	80	
8	4 – 5	80	
9	5 – 10	80	
10	1 – 4	75	
11	5 – 7	75	
12	10 – 11	75	
13	11 – 13	70	
14	2 – 7	60	
15	2 – 9	60	
16	6 – 7	60	
17	7 – 8	60	
18	12 – 13	60	
19	5 – 8	50	E
20	6 – 9	50	
21	3 – 7	30	I
22	6 – 8	30	
23	8 – 10	30	
24	4 – 7	20	
25	10 – 13	10	O
26	7 – 9	5	

Şekil 6.5. Sıralama ve Gruplama

3) İlişki tablosu: Sıralama tablosunda bölümler arasında ortaya çıkan ilişki düzeyleri bir ilişki tablosunda işaretlenir. İlişki tablosu Şekil 6.6'da gösterilmiştir.

1- Hammadde deposu 525 m ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2- Sac atelyesi 225 m ²	A															
3- Pres 225 m ²	U	A														
4- Döküm 225 m ²	U	U	A													
5- Freze 200m ²	U	U	U	A												
6- Torna 150 m ²	A	U	U	U	U	A										
7- Matkap 150 m ²	U	A	I	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
8- Planya 150 m ²	A	I	E	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
9- Kaynak atelyesi 100 m ²	A	U	E	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
10- Taşlama 150 m ²	U	I	O	A	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
11- Montaj 350 m ²	U	U	A	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
12- Boya 100 m ²	A	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
13- Muayene 225 m ²	U	A	X	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
14- Ambalaj 150 m ²	A	X	U	X	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
15- Ürün ambarı 300 m ²	A	U	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
16- Yönetim 150 m ²	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

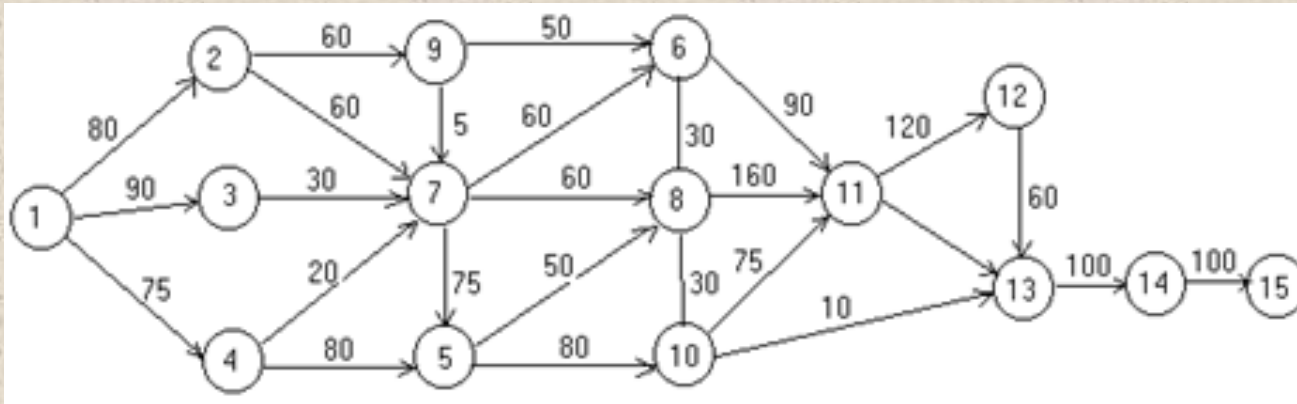
Tablo 6.6. İlişki tablosu

4) İş akış şeması:

Sıralama ve gruplama tablosundaki değerlere göre elde edilen çapraz tablodan yararlanılarak bölümler arası akış şeması hazırlanır.

Şema hazırlamada A ilişkisinden başlanması gerekir.

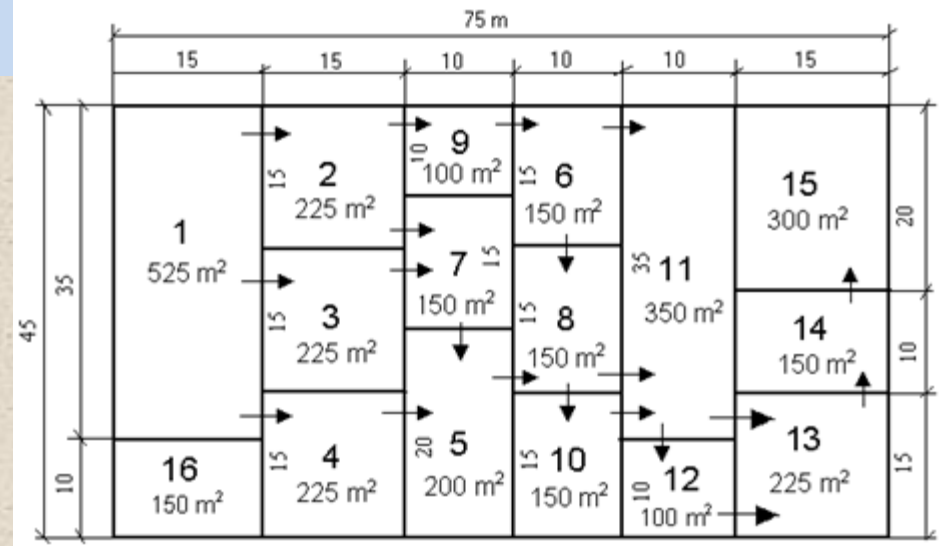
Akış şemasında oklar üzerinde ağırlık değerlerinin gösterilmesi ilişkiler arasındaki karşılaştırmalar ve bölümlerin tasarımı için yarar sağlar.



Şekil 6.6. İş akış şeması

5) Alan planlama:

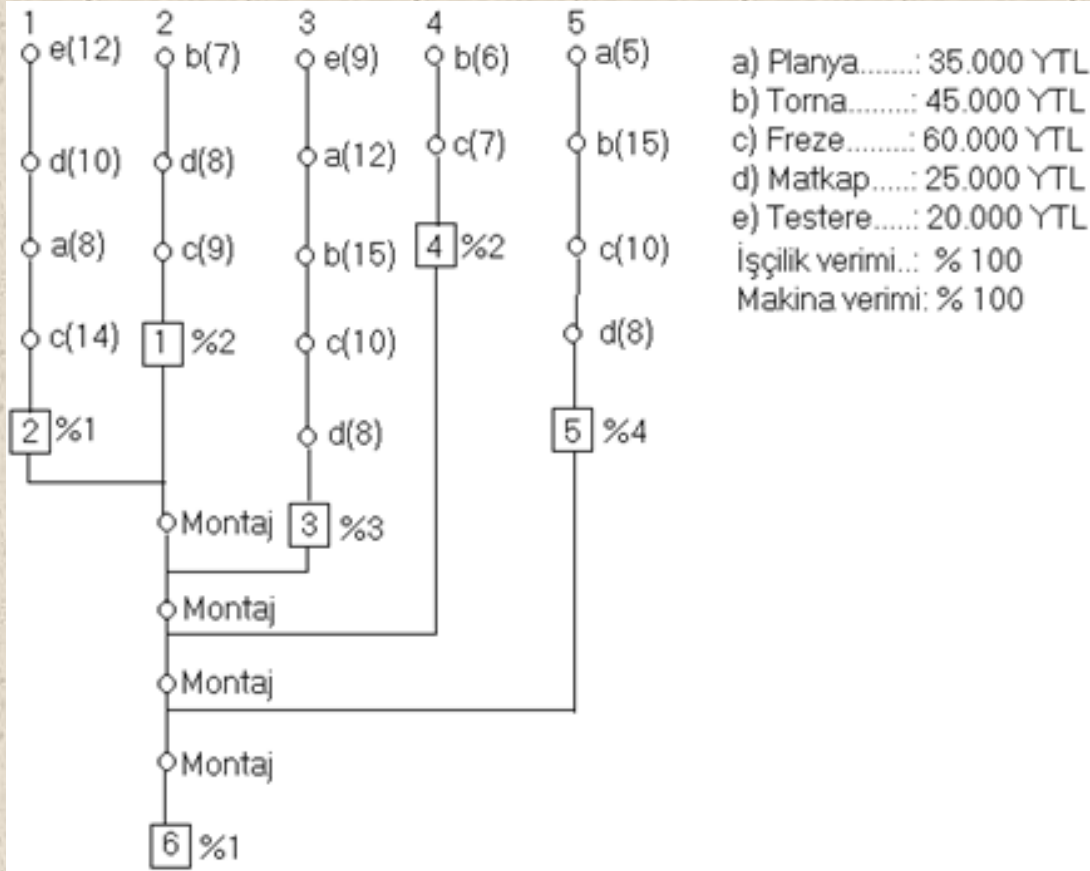
- Akışa uygun biçimde, bölümler arasındaki ilişkiler göz önünde bulundurularak, bölümler tesis alanı içerisine yerleştirilir.
- Bu yerleştirme faaliyeti sırasında bölüm alanları da dikkate alınır.
- 16 nolu yönetim bölümü, hammadde deposu ile bitişik yerleştirilmiştir.



Şekil 6.7. Bölümlerin ana planda yerleştirilmesi

ÖRNEK PROBLEM 6.2. Makina Sayısı ve Ekonomik Analizi

A üretim ünitesinde 5 çeşit parça farklı işlemlerden geçirilip montajı yapılarak yılda 10.000 adet ürün üretilecektir. Ürüne ilişkin işlem akış şeması, her parça için iş akışı boyunca kullanılan makinalar, işlem süreleri (dakika), makinaların maliyetleri ve defo oranları (1, 2, 3, 4, 5 ve 6 nolu muayene noktalarında) aşağıda verilmiştir. Üretim ünitesinde prosese göre yerleştirme düzeni uygulanacaktır. Üretim ünitesinin yıllık çalışma süresi 2500 saattir. Birim ürün maliyeti 50 YTL'dir. Makine sayılarını belirleyiniz. Yerleşim düzenini çizin. Kapasitenin başabaş noktasında olduğunu varsayarak, ürünün başabaş satış fiyatını hesaplayınız. İşletme yılda 140.000 YTL kar elde etmek isterse ürünün satış fiyatı ne olmalıdır? Sizce bu üretim sisteminin prosese göre düzenlenmesi uygun mudur? Niçin?



Şekil 6.8. İşlem süreç şeması

ÇÖZÜM 6.2.

- Her parçadan 4.500 adet kullanılacaktır.
- Defo oranları dikkate alınarak üretilmesi gereken toplam parça sayıları;

$$P_i = \frac{GP_i}{1 - f_i}$$

eşitliği ile hesaplanır.

1. Parça (2-6): $P_1 = \frac{10.000}{(1 - 0.01) * (1 - 0.01)} = 10.203a \text{ det}$
2. Parça (1-6): $P_2 = \frac{10.000}{(1 - 0.02) * (1 - 0.01)} = 10.307a \text{ det}$
3. Parça (3-6): $P_3 = \frac{10.000}{(1 - 0.03) * (1 - 0.01)} = 10.413a \text{ det}$
4. Parça (4-6): $P_4 = \frac{10.000}{(1 - 0.02) * (1 - 0.01)} = 10.307a \text{ det}$
5. Parça (5-6): $P_5 = \frac{10.000}{(1 - 0.04) * (1 - 0.01)} = 10.522a \text{ det}$

Makina sayıları

$$M_j = \sum_{i=1}^m \frac{P_{ij} * T_{ij}}{C_j * V_M * V_I}$$

eşitliği ile hesaplanır. Burada, P_{ij} toplam parça sayısı (adet), T_{ij} parça işlem süresi (dakika), C_j üretim periyodu süresi (dakika), V_M makine verimi (%), V_I işçilik verimi (%) dir.

a) Planya:

$$M_1 = \frac{8 * 10.203 + 12 * 10.413 + 5 * 10.522}{2500 * 60} = \frac{311.800}{150.000} = 2.08 \cong 2a \text{ det}$$

b) Torna:

$$M_2 = \frac{7 * 10.307 + 15 * 10.413 + 6 * 10.307 + 15 * 10.522}{2.500 * 60} = \frac{308.016}{150.000} = 2.05 \cong 3a \text{ det}$$

c) Freze:

$$M_3 = \frac{14 * 10.203 + 9 * 10.307 + 10 * 10.413 + 7 * 10.307 + 10 * 10.522}{2.500 * 60} = \frac{517.104}{150.000} = 3.45 \cong 4a \text{ det}$$

d) Matkap:

$$M_4 = \frac{10 * 10.203 + 8 * 10.307 + 8 * 10.413 + 8 * 10.522}{2.500 * 60} = \frac{352.236}{150.000} = 2.35 \cong 3a \text{ det}$$

e) Testere:

$$M_5 = \frac{12 * 10.203 + 9 * 10.413}{2.500 * 60} = \frac{216.153}{150.000} = 1.44 \cong 2a \text{ det}$$

$$Kar = Gelir - Gider$$

$$\text{Gelir: } y = px$$

$$\text{Gider: } y = f + vx$$

$$K = px - (f + vx)$$

Sabit gider:

$$f = F_1 * M_1 + F_2 * M_2 + F_3 * M_3 + F_4 * M_4 + F_5 * M_5$$

$$f = 2 * 35.000 + 3 * 45.000 + 4 * 60.000 + 3 * 25.000 + 2 * 20.000$$

$$f = 70.000 + 135.000 + 240.000 + 75.000 + 40.000$$

$$f = 560.000 \text{YTL}$$

Başabaş noktası durumunda $K = 0$ olacağından;

$$K = px - (f + vx) \Rightarrow px - (f + vx) = 0 \Rightarrow px = f + vx$$

$$p_0 = \frac{f + vx}{x} \text{ (BBN'de)}$$

$$p_0 = \frac{560.000 + 50 * 10.000}{10.000} = \frac{560.000 + 500.000}{10.000} = \frac{1.060.000}{10.000}$$

$$p_0 = 106YTL / a \text{ det}$$

Yılda 140.000 YTL kar elde edilmesi için, birim satış fiyatı;

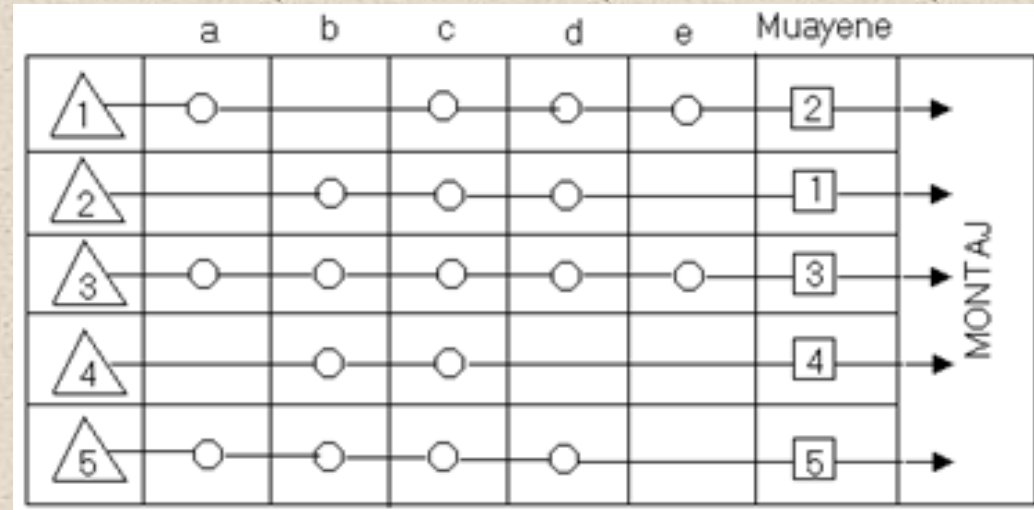
$$K = px - (f + vx) \Rightarrow px = K + f + vx$$

$$p = \frac{K + f + vx}{x}$$

$$p = \frac{140.000 + 560.000 + 50 * 10.000}{10.000} = \frac{1.200.000}{10.000}$$

$$p = 120 \text{ YTL} / \text{adet}$$

olmalıdır.



Şekil 6.9. Prosese göre yerleştirme

- 5 nolu parçanın dışındaki parçalar için işlemler karışık bir sıra izlerler.
- Prosese göre düzenleme halinde geri dönüşler sözkonusu olacaktır.
- Eğer, ürüne göre düzenlemede gerekli makine sayısı prosese göre belirlenen sayı ile aynı olursa, ürüne göre düzenleme avantaj sağlayacaktır.

1 Nolu Parça;

e) Testere: $M_5 = 12 * 10.203 / 150.000 = 0.82 \cong 1..a \text{ det}$

d) Matkap: $M_4 = 10 * 10.203 / 150.000 = 0.68 \cong 1..a \text{ det}$

a) Planya: $M_1 = 8 * 10.203 / 150.000 = 0.55 \cong 1..a \text{ det}$

c) Freze : $M_3 = 14 * 10.203 / 150.000 = 0.95 \cong 1..a \text{ det}$

2 Nolu Parça;

b) $M_2 = 7 * 10.307 / 150.000 = 0.48 \cong 1..a \text{ det}$

d) $M_4 = 8 * 10.307 / 150.000 = 0.55 \cong 1..a \text{ det}$

c) $M_3 = 9 * 10.307 / 150.000 = 0.62 \cong 1..a \text{ det}$

3 Nolu Parça;

e) $M_5 = 9 * 10.413 / 150.000 = 0.62 \cong 1..a \text{ det}$

a) $M_1 = 12 * 10.413 / 150.000 = 0.83 \cong 1..a \text{ det}$

b) $M_2 = 15 * 10.307 / 150.000 = 1.04 \cong 2..a \text{ det}$

c) $M_3 = 10 * 10.413 / 150.000 = 0.69 \cong 1..a \text{ det}$

d) $M_4 = 8 * 10.413 / 150.000 = 0.56 \cong 1..a \text{ det}$

4 Nolu Parça;

b) $M_2 = 6 * 10.307 / 150.000 = 0.41 \cong 1..a \text{ det}$

c) $M_3 = 7 * 10.307 / 150.000 = 0.48 \cong 1..a \text{ det}$

5 Nolu Parça;

a) $M_1 = 5 * 10.522 / 150.000 = 0.35 \cong 1..a \text{ det}$

b) $M_2 = 15 * 10.522 / 150.000 = 1.05 \cong 2..a \text{ det}$

c) $M_3 = 10 * 10.522 / 150.000 = 0.70 \cong 1..a \text{ det}$

d) $M_4 = 8 * 10.522 / 150.000 = 0.56 \cong 1..a \text{ det}$

Toplam Makina Sayısı;

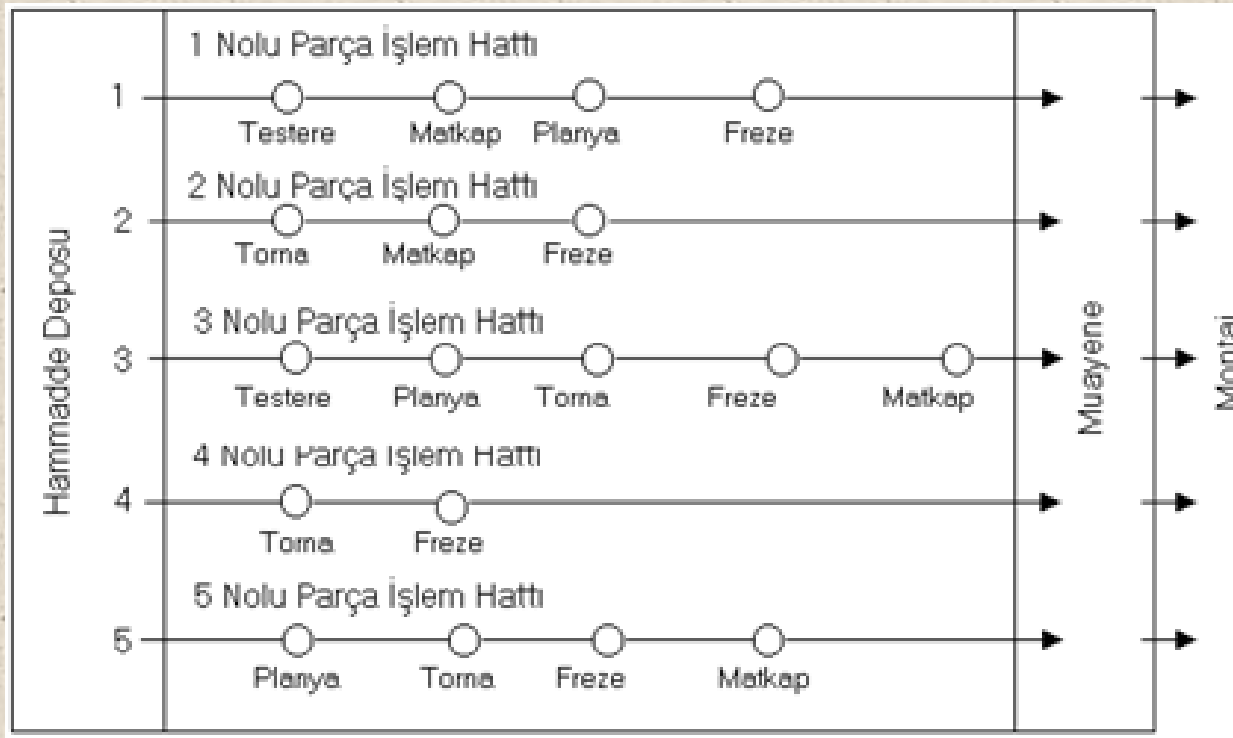
a) Planya; $M_1 = 1 + 1 + 1 = 3..a \text{ det}$

b) Torna; $M_2 = 1 + 2 + 1 + 2 = 6..a \text{ det}$

c) Freze; $M_3 = 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 5..a \text{ det}$

d) Matkap; $M_4 = 1 + 1 + 1 + 1 = 4..a \text{ det}$

e) Testere; $M_5 = 1 + 1 = 2..a \text{ det}$



Şekil 6.10. Ürüne göre yerleştirme

- Proses ve ürüne göre yerleştirmede gerekli makina sayılarının karşılaştırılması;

Tablo 6.7. Proses ve ürüne göre makina sayıları

Makina	Ürüne göre (ÜGY)	Proses göre (PGY)	ÜGY/PGY
Planya	3	2	+ 1
Torna	6	3	+ 3
Freze	5	4	+ 1
Matkap	4	3	+ 1
Testere	2	2	0

Ürüne göre yerleştirme halinde daha fazla sayıda makine gerekli olup, yatırım tutarı fazla olacaktır. Buna göre, ürüne göre yerleştirmede makina yatırımı;

$$1 * 35.000 + 3 * 45.000 + 1 * 60.000 + 1 * 25.000 + 0 * 20.000 = 255.000 \text{YTL}$$

daha fazla olacaktır. Bu yönüyle proses göre yerleştirme daha az yatırımla gerçekleşecektir.

ÖRNEK PROBLEM 6.3: Makina Sayısı

- Bir tesiste üretilecek A, B ve C ürünleri aşağıdaki işlem sırasına ve süresine göre üretilecektir. Yerleştirme prosese göre yapılacaktır. Aylık üretim miktarları sırasıyla 4000, 3000 ve 5000 adettir. Bir işgününde 8 saat ve ayda 23 işgünü çalışılmaktadır. Makina kullanım verimi % 90, işçilik verimi % 80'dir. Makina sayılarını ve yıllık kapasiteyi hesaplayınız.

A : Tornalama(5dk) $\Rightarrow$ Frezeleme(10dk) $\Rightarrow$ Tornalama(10dk) $\Rightarrow$ Taslama(5dk) $\Rightarrow$ Ü.A..

B : Frezeleme(10dk) $\Rightarrow$ Tornalama(15dk) $\Rightarrow$ Frezeleme(15dk) $\Rightarrow$ K.Kontrol(5dk) $\Rightarrow$ Ü.A.

C : Frezeleme(5dk) $\Rightarrow$ Tornalama(5dk) $\Rightarrow$ Taslama(10dk) $\Rightarrow$ Ü.A

ÇÖZÜM 6.3.

Makine sayısı
$$M_j = \sum_{i=1}^m \frac{P_{ij} * T_{ij}}{C_j * V_M * V_I}$$

C_j : j makinasının çalışma süresi (dk).

$$C_j = 8 * 60 * 23 = 11.040 \text{ dakika}$$

$$V_M = 0,90; V_I = 0,80$$

P_{ij} : i. ürünün j. makinada üretim miktarı (adet).

T_{ij} : i. ürünün j. makinada üretim süresi uzunluğu (dk)

Torna tezgahı sayısı:

$$M_t = \frac{4.000 * (5 + 10) + 3.000 * 15 + 5.000 * 5}{11.040 * 0,90 * 0,80} = \frac{130.000}{7948,8} = 16,35 \cong 17 \text{ adet}$$

Freze tezgahı sayısı:

$$M_f = \frac{4.000 * 10 + 3.000 * (10 + 15) + 5.000 * 5}{11.040 * 0,90 * 0,80} = 17,6 \cong 18a \text{ det}$$

Taşılama tezgahı sayısı:

$$M_{ta} = \frac{4.000 * 5 + 5.000 * 10}{11.040 * 0,90 * 0,80} = 8,81 \cong 9a \text{ det}$$

Yıllık kapasite:

$$A \text{ ürünü: } n_A = 4.000a \text{ det/ay} * 12ay / yıl = 48.000a \text{ det/ yıl}$$

$$B \text{ ürünü: } n_B = 3.000a \text{ det/ay} * 12ay / yıl = 36.000a \text{ det/ yıl}$$

$$C \text{ ürünü: } n_C = 5.000a \text{ det/ay} * 12ay / yıl = 60.000a \text{ det/ yıl}$$

ÖRNEK PROBLEM 6.4: Zigzaglı Uzaklık Modeli

- Zigzaglı uzaklık modelinin en iyi çözümünün özellikleri;
 - Yeni makinanın koordinatı mevcut makinanın koordinatı ile ya da mevcut makinanın koordinatı yeni makinanın koordinatı ile çakışabilir.
 - Fakat her iki koordinatın birlikte çakışması gerekmez.
 - Yeni tesis için en iyi veya koordinatı, bir ortanca (medyan) yeridir.
 - Ortanca yeri, parça hareketinin yarısından fazlası yeni makine veya tesis yerinin solunda (veya aşağısında) kalmayan, yarısından fazlası da yeni makine veya tesis yerinin sağında (veya yukarısında) kalmayan yer olarak tanımlanır.

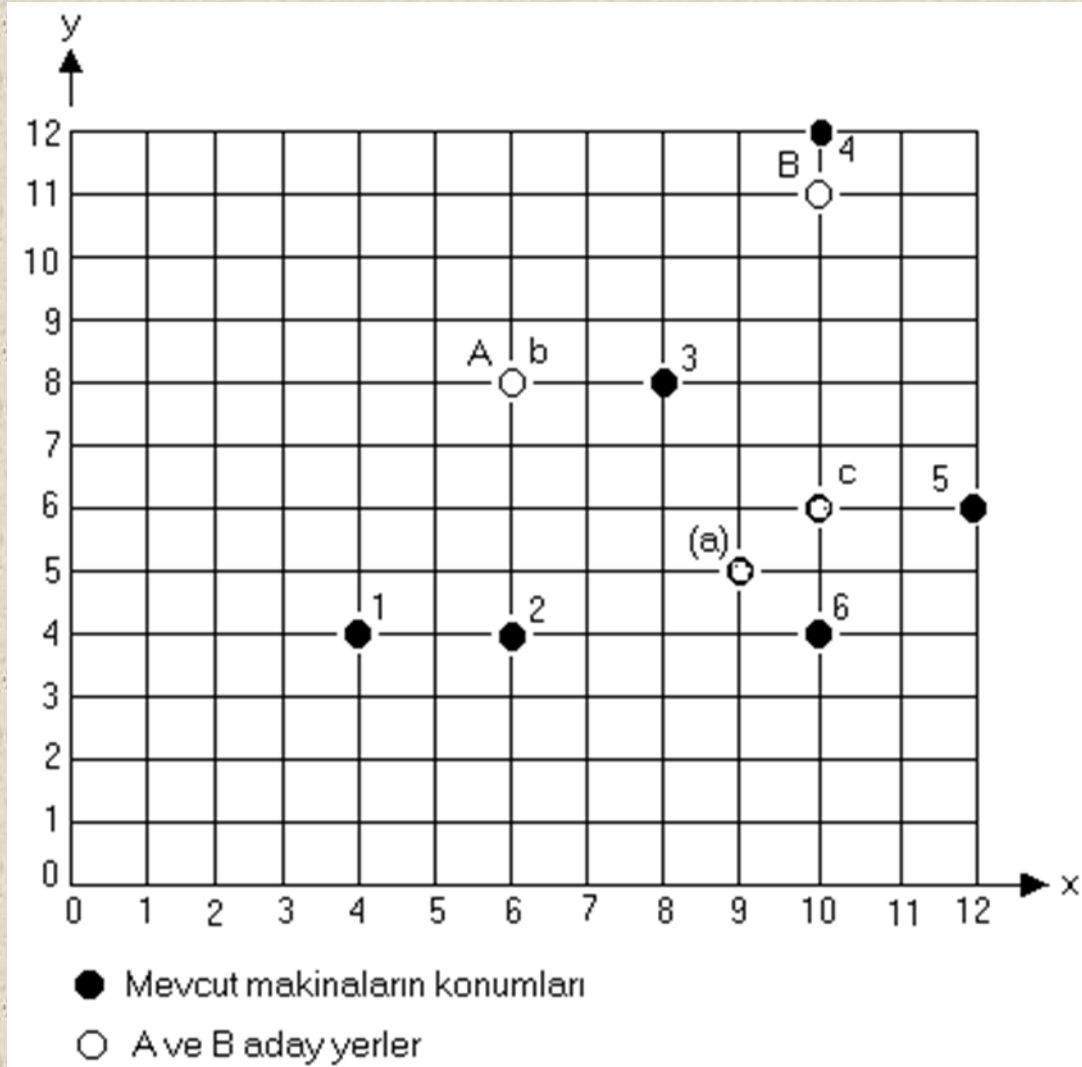
Tek Makine Yeri

- Bir tesiste 6 makina mevcuttur.
- Mevcut makinaların yerleri (koordinatları) aşağıda verilmiştir.

Tablo 6.8. Mevcut makinaların konumları

Makina no	Makina yeri
1	4,4
2	6,4
3	8,8
4	10,12
5	12,6
6	10,4

- a) Sisteme yeni bir makine ilave edilecektir. Mevcut makinalarla yeni makine arasında eşit sayıda (örneğin birer) parça hareketi varsa, uygun yeri belirleyiniz.
- b) Mevcut makinalarla yeni makina arasında sırasıyla 25, 15, 30, 25, 40 ve 20 parça hareket etmektedir. Yeni makina için belirlenen iki aday yer $A(6,8)$ ve $B(10,11)$ olduğuna göre uygun aday yeri belirleyiniz.
- c) (b) şıkkındaki hareketler geçerli ve aday yer belirlenmişse uygun yeri belirleyiniz.



Şekil 6.11. Mevcut makinaların konumları

ÇÖZÜM 6.4.

a) $w_1 = w_2 = w_3 = w_4 = w_5 = w_6 = 1$

x koordinatları sıralanır ve ortanca bulunur.

$4, 6, 8, 10, 10, 12 \Rightarrow \text{Ortanca} \Rightarrow 8, 10 \Rightarrow X_0[8-10]$ kapalı aralığında; $X_0 = 9$ alınır.

y koordinatları sıralanır, ortanca bulunur.

$4, 4, 4, 6, 8, 12 \Rightarrow \text{Ortanca} \Rightarrow 4, 6 \Rightarrow X_0[4-6]$ kapalı aralığında; $y_0 = 5$ alınır.

O halde, makina için uygun yer $(9, 5)$ 'dir.

Koordinat sisteminde (a) yeri olarak işaretlenir.

b) $A(6,8)$ için;

$$\begin{aligned}f(x, y) &= 25\lfloor 6-4 \rfloor + 15\lfloor 6-6 \rfloor + 30\lfloor 6-8 \rfloor + 35\lfloor 6-10 \rfloor + 40\lfloor 6-12 \rfloor + 20\lfloor 6-10 \rfloor + \\&25\lfloor 8-4 \rfloor + 15\lfloor 8-4 \rfloor + 30\lfloor 8-8 \rfloor + 35\lfloor 8-12 \rfloor + 40\lfloor 8-6 \rfloor + 20\lfloor 8-4 \rfloor \\&= 50 + 0 + 60 + 140 + 240 + 80 + 100 + 60 + 0 + 140 + 80 + 80 \\&= 570 + 460 \\&= 1030 \\f(x, y)_A &= 1030\end{aligned}$$

$B(10,11)$ için;

$$\begin{aligned}f(x, y) &= 25\lfloor 10-4 \rfloor + 15\lfloor 10-6 \rfloor + 30\lfloor 10,8 \rfloor + 35\lfloor 10-10 \rfloor + 40\lfloor 10-12 \rfloor + 20\lfloor 10-10 \rfloor + \\&25\lfloor 11-4 \rfloor + 15\lfloor 11-4 \rfloor + 30\lfloor 11-8 \rfloor + 35\lfloor 11-12 \rfloor + 40\lfloor 11-6 \rfloor + 20\lfloor 11-4 \rfloor \\&= 150 + 60 + 60 + 0 + 80 + 0 + 175 + 105 + 90 + 35 + 200 + 140 \\&= 350 + 745 \\&= 1095 \\f(x, y)_B &= 1095\end{aligned}$$

$f(x, y)_A < f(x, y)_B$ olduğundan uygun yer A aday yeridir. Makine A noktasına yerleştirilir.

C)

Mevcut makina	x koordinatı	Ağırlık	Birikimli ağırlık
1	4	25	$25 < 82.5$
2	6	15	$40 < 82.5$
3	8	30	$70 < 82.5$
4,6	10	35+20	125 > 82.5
5	12	40	165
		$\sum = 165$	
		$\sum / 2 = 82.5$	$x_0 = 10$

Mevcut makina	y koordinatı	Ağırlık	Birikimli ağırlık
1,2,6	4	$25+15+20=60$	$60 < 82.5$
5	6	40	100 > 82.5
3	8	30	130
4	12	35	165
		$\sum = 165$	
		$\sum / 2 = 82.5$	$y_0 = 6$

En uygun yer (10,6) yeridir.

ÖRNEK PROBLEM 6.5: HÜCRELEME TEKNIĞİ

- Makina – parça matrisi

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
M1		1	1					1	1		1		1	1		1	1		1	
M2			1	1		1	1							1				1		1
M3		1						1	1				1	1		1	1		1	
M4			1	1		1	1			1								1		1
M5	1				1	1				1		1			1		1			
M6	1				1				1	1		1			1					1
M7			1	1		1	1				1	1						1		1
M8			1	1		1	1				1	1						1		1

ADIM 1

Makina-parça matrisinin her satırı için "1" girdilerini ikili sistemde oku. Satırları azalan ikili değer sırasında derecele. Aynı değerde satırlar için derecelemeyi satırlar arasında uygun biçimde yap. Karşılaştırma için ondalık dönüşüm yap.

i. satır için;

$$\sum_{k=1}^n a_{ik} 2^{n-k}$$

Ondalık satır toplamları

	2^{19}	2^{18}	2^{17}	2^{16}	2^{15}	2^{14}	2^{13}	2^{12}	2^{11}	2^{10}	2^9	2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0		
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	on	ds
M1		1	1					1	1		1		1	1		1	1		1		400.090	3
M2			1	1		1	1							1				1		1	221.253	8
M3		1						1	1				1	1		1	1		1		268.506	4
M4			1	1		1	1			1								1		1	222.213	5
M5	1				1	1				1		1			1		1				574.760	1
M6	1				1				1	1		1			1					1	560.417	2
M7			1	1		1	1				1	1						1		1	221.957	6
M8			1	1		1	1				1	1						1		1	221.957	7

Oluşan değerler azalan sırada satır vermediğinden sıralama yap.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	on	ds
M5	1				1	1				1		1			1		1				574.760	1
M6	1				1				1	1		1			1					1	560.417	2
M1		1	1					1	1		1		1	1		1	1		1		400.090	3
M3		1						1	1				1	1		1	1		1		268.506	4
M4			1	1		1	1			1								1		1	222.213	5
M7			1	1		1	1				1	1						1		1	221.957	6
M8			1	1		1	1				1	1						1		1	221.957	7
M2			1	1		1	1							1				1		1	221.253	8

Adım 2

Oluşan matris satır sırası, adım 1'de belirlenen derece sırasının aynısı ise algoritmayı durdur. Aksi durumda adım 3'e git.

ADIM 3

Azalan derece sırasında satırları düzenleyerek makina-parça matrisini yeniden oluştur. Matrisin her kolonu için “1” girdilerini ikili sistemde oku.

- Kolonların derece sıralarını belirle.

j. sütun için;

$$\sum_{k=1}^n a_{jk} 2^{n-k}$$

Satır sırala

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	on	ds
M5	1				1	1				1		1			1		1				574.760	1
M6	1				1				1	1		1			1					1	560.417	2
M1		1	1					1	1		1		1	1		1	1		1		400.090	3
M3		1						1	1				1	1		1	1		1		268.506	4
M4			1	1		1	1			1								1		1	222.213	5
M7			1	1		1	1				1	1						1		1	221.957	6
M8			1	1		1	1				1	1						1		1	221.957	7
M2			1	1		1	1							1				1		1	221.253	8

ADIM 4

Olusan matris kolon sirasi adim 3'un aynisi ise algoritmayı durdur. Aksi durumda adim 5'e git.

		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	od	ds
2 ⁷	M5	1				1	1				1		1			1		1				574.760	1
2 ⁶	M6	1				1				1	1		1			1					1	560.417	2
2 ⁵	M1		1	1					1	1		1		1	1		1	1		1		400.090	3
2 ⁴	M3		1						1	1				1	1		1	1		1		268.506	4
2 ³	M4			1	1		1	1			1								1		1	222.213	5
2 ²	M7			1	1		1	1				1	1						1		1	221.957	6
2 ¹	M8			1	1		1	1				1	1						1		1	221.957	7
2 ⁰	M2			1	1		1	1							1				1		1	221.253	8
	od	192	32	47	15	192	143	15	32	96	200	38	198	32	33	192	32	160	15	32	79		
	ds	3	13	10	18	4	7	19	14	8	1	11	2	15	12	5	16	6	20	17	9		

ADIM 5

Azalan derece sırasında kolonları yeniden düzenleyerek makine parça matrisini yeniden oluştur. Adım 1'e geri dön.

Sütun sıralama

	P10	P12	P1	P5	P15	P17	P6	P9	P20	P3	P11	P14	P2	P8	P13	P16	P19	P4	P7	P18	on	ds
M5	1	1	1	1	1	1	1														1.040.38	4 1
M6	1	1	1	1	1			1	1												1.021.95	2 2
M1						1		1		1	1	1	1	1	1	1	1				22.520	6
M3						1		1				1	1	1	1	1	1				20.984	7
M4	1						1		1	1								1	1	1	535.559	3
M7		1					1		1	1	1							1	1	1	273.927	4
M8		1					1		1	1	1							1	1	1	273.927	5
M2							1		1	1		1						1	1	1	11.527	8
od	200	198	192	192	192	160	143	96	79	47	38	33	32	32	32	32	32	15	15	15		
ds	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		

Satırlar sıralı olmadığı için başa dönülür; tekrar satır işlemi yapılır.

Satır sıralama

	P10	P12	P1	P5	P15	P17	P6	P9	P20	P3	P11	P14	P2	P8	P13	P16	P19	P4	P7	P18	on	ds
M5	1	1	1	1	1	1	1														1.040.3	84 1
M6	1	1	1	1	1			1	1												1.021.9	52 2
M4	1						1		1	1								1	1	1	535.559	3
M7		1					1		1	1	1							1	1	1	273.927	4
M8		1					1		1	1	1							1	1	1	273.927	5
M1						1		1		1	1	1	1	1	1	1	1				22.520	6
M3						1		1				1	1	1	1	1	1				20.984	7
M2							1		1	1		1						1	1	1	11.527	8
od	200	198	192	192	192	160	143	96	79	47	38	33	32	32	32	32	32	15	15	15		
ds	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		

Sütun kontrol; düzenle

	P10	P12	P1	P5	P15	P17	P6	P9	P20	P3	P11	P14	P2	P8	P13	P16	P19	P4	P7	P18	on	ds	
M5	1	1	1	1	1	1	1															1.040.384	1
M6	1	1	1	1	1			1	1													1.021.952	2
M4	1						1		1	1								1	1	1		535.559	3
M7		1					1		1	1	1							1	1	1		273.927	4
M8		1					1		1	1	1							1	1	1		273.927	5
M1						1		1		1	1	1	1	1	1	1	1					22.520	6
M3						1		1				1	1	1	1	1	1					20.984	7
M2							1		1	1		1						1	1	1		11.527	8
od	224	216	192	192	192	134	185	70	121	61	28	7	6	6	6	6	6	57	57	57			
ds	1	2	3	4	5	7	6	9	8	10	14	15	16	17	18	19	29	11	12	13			

Sütun sıralama

	P10	P12	P1	P5	P15	P6	P17	P20	P9	P3	P4	P7	P18	P11	P14	P2	P8	P13	P16	P19	on	ds	
M5	1	1	1	1	1	1	1															1.040.384	1
M6	1	1	1	1	1			1	1													1.021.952	2
M4	1					1		1		1	1	1	1									535.559	3
M7		1				1		1		1	1	1	1	1								273.927	4
M8		1				1		1		1	1	1	1	1								273.927	5
M1							1		1	1				1	1	1	1	1	1	1		22.520	6
M3							1		1						1	1	1	1	1	1		20.984	7
M2						1		1		1	1	1	1		1							11.527	8
od	224	216	192	192	192	185	134	121	70	61	57	57	57	28	7	6	6	6	6	6	6		
ds	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			

Satır kontrol; düzenle

	P10	P12	P1	P5	P15	P6	P17	P20	P9	P3	P4	P7	P18	P11	P14	P2	P8	P13	P16	P19	on	ds	
M5	1	1	1	1	1	1	1															1.040.384	1
M6	1	1	1	1	1			1	1													1.021.952	2
M4	1					1		1		1	1	1	1									546.688	3
M7		1				1		1		1	1	1	1	1								284.608	4
M8		1				1		1		1	1	1	1	1								284.608	5
M1							1		1	1				1	1	1	1	1	1	1		11.391	7
M3							1		1						1	1	1	1	1	1		10.303	8
M2						1		1		1	1	1	1		1							22.432	6
od	224	216	192	192	192	185	134	121	70	61	57	57	57	28	7	6	6	6	6	6			
ds	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			

Satır sıralama

	P10	P12	P1	P5	P15	P6	P17	P20	P9	P3	P4	P7	P18	P11	P14	P2	P8	P13	P16	P19	on	ds
M5	1	1	1	1	1	1	1														1.040.384	1
M6	1	1	1	1	1			1	1												1.021.952	2
M4	1					1		1		1	1	1	1								546.688	3
M7		1				1		1		1	1	1	1	1							284.608	4
M8		1				1		1		1	1	1	1	1							284.608	5
M2						1		1		1	1	1	1		1						22.432	6
M1							1		1	1				1	1	1	1	1	1	1	11.391	7
M3							1		1						1	1	1	1	1	1	10.303	8
od	224	216	192	192	192	185	134	121	70	61	57	57	57	28	7	6	6	6	6	6		
ds	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		

Sütun kontrol; DUR: GRUPLA

	P10	P12	P1	P5	P15	P6	P17	P20	P9	P3	P4	P7	P18	P11	P14	P2	P8	P13	P16	P19	on	ds
M5	1	1	1	1	1	1	1														1.040.384	1
M6	1	1	1	1	1			1	1												1.021.952	2
M4	1					1		1		1	1	1	1								546.688	3
M7		1				1		1		1	1	1	1	1							284.608	4
M8		1				1		1		1	1	1	1	1							284.608	5
M2						1		1		1	1	1	1		1						22.432	6
M1							1		1	1				1	1	1	1	1	1	1	11.391	7
M3							1		1						1	1	1	1	1	1	10.303	8
od	224	216	192	192	192	188	131	124	67	62	60	60	60	26	7	3	3	3	3	3		
ds	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		

GRUPLA (1. SEÇENEK)

	P10	P12	P1	P5	P15	P6	P17	P20	P9	P3	P4	P7	P18	P11	P14	P2	P8	P13	P16	P19	on	ds
M5	1	1	1	1	1	1	1														1.040.384	1
M6	1	1	1	1	1			1	1												1.021.952	2
M4	1					1		1		1	1	1	1								546.688	3
M7		1				1		1		1	1	1	1	1							284.608	4
M8		1				1		1		1	1	1	1	1							284.608	5
M2						1		1		1	1	1	1		1						22.432	6
M1							1		1	1				1	1	1	1	1	1	1	11.391	7
M3							1		1						1	1	1	1	1	1	10.303	8
od	224	216	192	192	192	188	131	124	67	62	60	60	60	26	7	3	3	3	3	3		
ds	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		

Gruplar:

1. Grup / Makina: M1,M3; Parça: P2,P8,P11,P13,P14,P16,P19
2. Grup / Makina: M2,M4,M7,M8; Parça: P3, P4,P6,P7,P9,P18,P20
3. Grup / Makina: M5, M6; Parça: 1,5,10,12,15
P10 için M4, P 12 için M7-M8, P6 için M5, P7 için M5-M1-M3, vb. istisna makina konumundadır.

GRUPLA – 2. SEÇENEK

	P10	P12	P1	P5	P15	P6	P17	P20	P9	P3	P4	P7	P18	P11	P14	P2	P8	P13	P16	P19	on	d
M5	1	1	1	1	1	1	1														1.040.384	1
M6	1	1	1	1	1			1	1												1.021.952	2
M4	1					1		1		1	1	1	1								546.688	3
M7		1				1		1		1	1	1	1	1							284.608	4
M8		1				1		1		1	1	1	1	1							284.608	5
M2						1		1		1	1	1	1		1						22.432	6
M1							1		1	1				1	1	1	1	1	1	1	11.391	7
M3							1		1						1	1	1	1	1	1	10.303	8
od	224	216	192	192	192	188	131	124	67	62	60	60	60	26	7	3	3	3	3	3		
ds	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		

- GRUP 1: MAKİNALAR: M5,M6 / PARÇALAR: P1,P5,P10,P12,P15
- GRUP 2: MAKİNALAR: M2,M4,M7,M8 / PARÇALAR: P3,P4,P6,P7,P9,P17,P18,P20
- GRUP 3: MAKİNALAR: M2,M3 / PARÇALAR: P2,P8,P13,P14,P16,P19
- İSTİSNALAR: MAKİN-PARÇA: M5-P6,M5-P7,M6-P20,M6-P9,M4-P10, VB.

Ödev 1 / GT

PARÇA - MAKİNA MATRİSİ						
PARÇALAR	İŞLEM GÖRDÜĞÜ MAKİNALAR					
P1	M1	M5	M9	M13		
P2	M3	M6	M8	M12		
P3	M2	M4	M7	M10	M12	
P4	M1	M3	M6	M9	M11	M13
P5	M2	M3	M7	M9	M12	M13
P6	M2	M3	M5	M8	M11	M14
P7	M1	M4	M10	M13		
P8	M2	M6	M9	M12		
P9	M3	M7	M11			
P10	M6	M13				

Ödev 1 / Parça-makina matrisi

		MAKİNA													
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14
PARÇA	P1	1				1				1				1	
	P2			1			1		1				1		
	P3		1		1			1			1		1		
	P4	1		1			1			1		1			1
	P5		1	1				1		1			1	1	
	P6		1	1		1			1			1			1
	P7	1			1						1			1	
	P8		1				1			1			1		
	P9			1				1				1			
	P10						1							1	

- Bölüm sonu