

Balıkesir Üniversitesi  
Endüstri Mühendisliği Bölümü

EME3121

# Üretim Planlama ve Kontrol

(Kapasite Planlama)

Dr. Öğretim Üyesi İbrahim Küçükkoç  
Web: <http://ikucukkoc.baun.edu.tr>

6

Temel Kaynak:  
Üretim Planlama ve Kontrol (3. Baskı)  
Prof. Dr. Mehmet Tanyaş, Doç. Dr. Murat Baskak, İrfan Yayıncılık, 2017.

Son Güncelleme: 09.12.2018

# Kapasite Tanımı

Kapasitenin APICS (American Production and Inventory Control Society) tarafından yapılan iki tanımı vardır:

- ◊ Önceliklerin göz önüne alınmadığı toplam iş yükü hacmi
- ◊ Var olan ürün özellikleri, işgücü, ürün karması ve donanım ile elde edilebilecek en yüksek çıktı miktarı

Kapasiteye iki bakımdan bakılabilir:

- ◊ *Kuramsal (Teorik) Kapasite:* İlgili birimin üretebileceği en yüksek üretim miktarı
- ◊ *Fiili Kapasite:* İlgili birimin ayar ve hazırlık süreleri ile önleyici ve plânlı bakım süreleri göz önüne alındığında üretebileceği en yüksek üretim miktarı

Tahmin edileceği üzere fiili kapasite, kuramsal kapasiteden daha düşük olacaktır. Çıktı Miktarı ise üretimdeki fire, arıza, yeniden işleme, izin vb. nedenlerden dolayı fiili kapasiteden daha düşük olacaktır.

$$\text{Çıktı Miktarı} < \text{Fiili Kapasite} < \text{Kuramsal Kapasite}$$

Ufak bir atölye, günde 1 vardiya, haftada 5 gün çalışmakta ve her vardiyada 500 adetlik bir üretim yapmaktadır. Buna göre atölyenin kuramsal kapasitesi

$$(500 \text{ adet/vardiya}) * (1 \text{ vardiya/gün}) * (5 \text{ gün/hafta}) = 2.500 \text{ adet/hafta}$$

olur. Eğer üretken zamanın % 10'u önleyici bakım ve hazırlık için ayrılırsa, **fiili kapasite**

$$2.500 * (1 - \%10) = 2.250 \text{ adet/hafta}$$

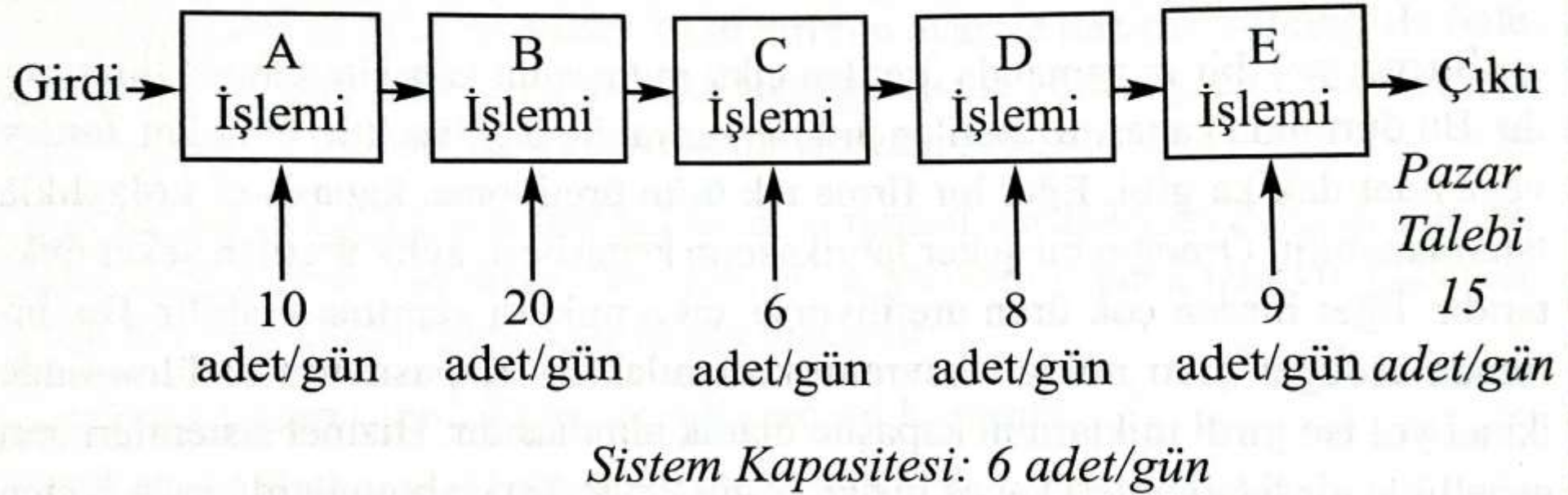
olur. Ancak değişik nedenlerden dolayı haftalık çıktı 2.000 adet olmuşsa;

$$\text{Atölyenin Etkinliği} = \text{Çıktı Miktarı} / \text{Fiili Kapasite} = 2000/2250 = 0.889 (\%89)$$

$$\text{Atölyenin Verimi} = \text{Çıktı Miktarı} / \text{Kuramsal Kapasite} = 2000/2500 = 0.80 (\%80)$$

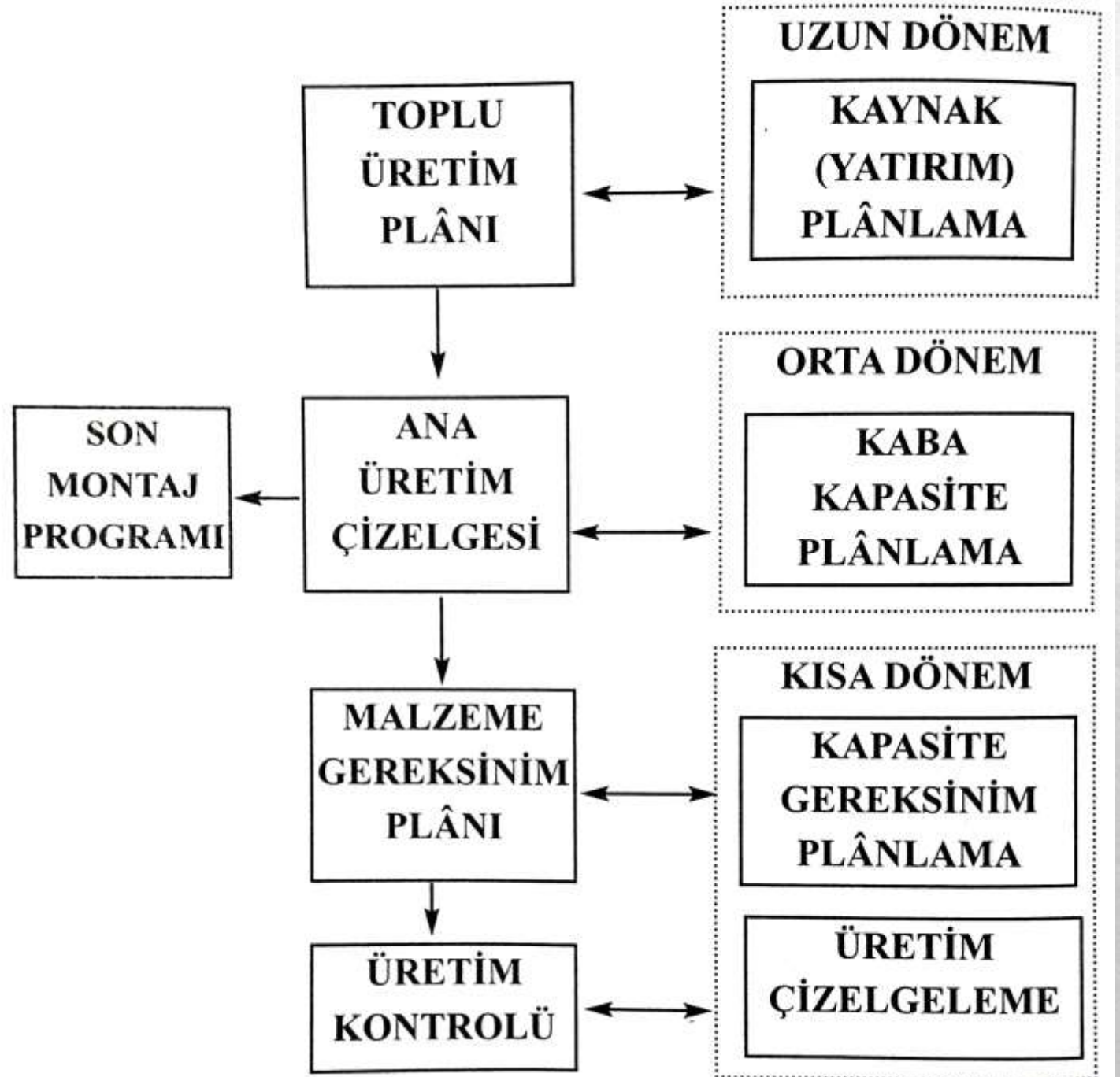
Olarak hesaplanır.

- ◆ Kapasite iki yolla ölçülebilir:
- ◆ Birinci yol, birim zamanda üretilen çıktı miktarının kapasite olarak alınmasıdır. Bu durumda kapasite, üretilen ürünün birimi ile ölçülecektir. Örneğin; ton/ay veya adet/dakika gibi. Eğer bir firma tek ürün üretiyorsa, kapasitesi kolaylıkla tanımlanabilir. Örneğin bir şeker fabrikasının kapasitesi, aylık üretilen şeker miktarıdır. Eğer birden çok ürün üretiliyorsa, çıktı miktarı yanıltıcı olabilir. Bu durumda eşdeğer çıktı miktarı kavramı kullanılabilir.
- ◆ Kapasitenin ölçülmesinde ikinci yol ise girdi miktarının kapasite olarak alınmasıdır. Hizmet sistemleri için genellikle girdi kalemleri kapasite olarak gösterilir. Farklı boyutlarda ürün üreten şirketlerde de kapasite, girdi birimi ile ifade edilir. Örneğin makina montaj fabrikaları. Firmanın üretim şekline ve ürünlerin özelliklerine göre değişik kapasite ölçüm birimleri olacaktır.
- ◆ Bir üretim sisteminde ardışık operasyonlar varsa, sistemin kapasitesi, en düşük kapasiteli operasyon tarafından belirlenir. Aşağıda örnek bir üretim sistemi verilmiştir. Şekildeki sistemin kapasitesi, C işleminden dolayı 6 adet/gün olacaktır.



- ◆ **Kısıtlar Kuramı (TOC: Theory of Constraints)**, sistemin kapasitesinin arttırılması için üretim zincirinin en zayıf halkası ile uğraşılması gerektiğini (C işlemi) öne sürer. C işlemi iyileştirilince (kapasitesi arttırılınca) D, D işlemi geliştirilince E ve E işlemi geliştirilince A işlemi, yeni kapasite değerlerine göre dar boğaz oluşturabilirler. Bu düzeltmeler yapıldıktan (C, D, E ve A işlemlerinin kapasitesi yeterince arttırıldıktan) sonra, sistemin iç kapasite kısıtı olmayacaktır. Çünkü en düşük değer 15 adet/gün ile talepte olur ve firma bu dış kısıt ile uğraşır.

# KAPASİTE PLANLAMA HİYERARŞİSİ



# Kaynak Planlama

Bir makina üreticisi, 5 yıllık dönem içinde satışlarda her yıl ortalama %15'lik bir artış tahmin etmektedir. Varolan dönemdeki kapasite kullanım oranı ve 5 yıllık dönem için satış tahminleri tabloda verilmiştir. Buna göre 4. yılda fabrika kapasitesinin arttırılması gerektiği görülmektedir.

Satış tahminleri ve kapasite kullanım oranları:

	Yıl					
	0	1	2	3	4	5
Makine Satışı (adet)	1.700	2.000	2.300	2.650	3.050	3.500
Kapasite Kullanım Oranı %	60	70	81	93	107	123

## Örnek 6.3

- ◆ Bu örnekte amaç, 2 yıllık dönem için ürün grupları bazında ve kritik kaynaklarda plânlamanın yapılmasıdır. Bu örnek için kritik kaynaklar; Gerekli Finansman, İsgücü ve Torna Tezgâhı Kapasiteleri olsun.
- ◆ 2 yıllık dönemde, ürün aileleri için toplu talep miktarları Tablo 6.3'de ve ürün ailelerinin Kaynak Listeleri (Bill of Resources) Tablo 6.4'de verilmiştir.

**Tablo 6.3 – Örneğe ilişkin toplu talep tahmini değerleri**

	Dönem (3'er aylık)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
A Ürün Ailesi	50	50	50	50	50	50	50	50
B Ürün Ailesi	235	250	250	265	265	270	280	285
C Ürün Ailesi	115	125	125	135	135	155	195	215



**Tablo 6.3 – Örneğe ilişkin kaynak gereksinimi**

	<b>Gerekli Finansman (*1.000 PB/birim)</b>	<b>İşgücü (saat/birim)</b>	<b>Torna (saat/birim)</b>
A Ürün Ailesi	10.000	175	2
B Ürün Ailesi	6.000	125	2,5
C Ürün Ailesi	3.000	100	6

- ◆ Her bir ürün ailesinin toplu talebine göre her bir kaynak gereksinimi hesaplanmış ve Tablo 6.5.'de gösterilmiştir. Hesaplama, Tablo 6.3.'den alınan toplu talep tahmini değerleri, Tablo 6.4.'deki birim kullanım miktarları ile çarpılmaktadır.

Örneğin; *B ürün ailesinin 6. dönemdeki toplu talebi \* B ürün ailesinin finansman gereksinimi = 270\*6.000.000 = 1.620.000.000 PB*

	Dönem							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Gerekli Finans</b> <i>(* milyon PB)</i>								
A Ürün Ailesi	500	500	500	500	500	500	500	500
B Ürün Ailesi	1.410	1.500	1.500	1.590	1.590	1.620*	1.680	1.710
C Ürün Ailesi	345	375	375	405	405	465	585	645
<b>Toplam</b>	<b>2.255</b>	<b>2.375</b>	<b>2.375</b>	<b>2.495</b>	<b>2.495</b>	<b>2.585</b>	<b>2.765</b>	<b>2.855</b>
<b>İşgücü (saat)</b>								
A Ürün Ailesi	8.750	8.750	8.750	8.750	8.750	8.750	8.750	8.750
B Ürün Ailesi	29.375	31.250	31.250	33.125	33.125	33.750	35.000	35.625
C Ürün Ailesi	11.500	12.500	12.500	13.500	13.500	15.500	19.500	21.500
<b>Toplam</b>	<b>49.625</b>	<b>52.500</b>	<b>52.500</b>	<b>55.375</b>	<b>55.375</b>	<b>58.000</b>	<b>63.250</b>	<b>65.875</b>
<b>Torna (saat)</b>								
A Ürün Ailesi	100	100	100	100	100	100	100	100
B Ürün Ailesi	588	625	625	663	663	675	700	713
C Ürün Ailesi	690	750	750	810	810	930	1.170	1.290
<b>Toplam</b>	<b>1.378</b>	<b>1.475</b>	<b>1.475</b>	<b>1.573</b>	<b>1.573</b>	<b>1.705</b>	<b>1.970</b>	<b>2.103</b>

**Tablo 6.5 – Örneğe ilişkin kaynak gereksinimi hesaplamaları**

- ◆ İki yıllık dönem içinde ek finansman gereksinimi  $2.855.000.000 - 2.255.000.000 = 600.000.000$  PB olacaktır.
- ◆ Eğer her işçinin dönemlik çalışma süresi 500 saat alırsa, işgücü gereksinimi, 1. dönemde  $(49.625/500=)$  99 ve 2 yıl (8. dönem) sonunda  $(65.875/500=)$  132 işçi olacaktır.
- ◆ Her birinin kapasitesi 840 makina saati/dönem olan 2 adet torna tezgahı olduğu varsayılırsa, eldeki torna tezgâhı toplam kapasitesi  $(840*2=)$  1.680 saat olacak, 6. dönemde üçüncü bir torna tezgahı gereksinimi ortaya çıkacaktır. Bu gereksinim de yeni bir tezgâh alımı, fason üretim veya rota değişikliği ile karşılanabilir.
- ◆ Yukarıdaki örnekte istenen kaynağın her an tedarik edilebileceği varsayılmaktadır. Oysa her bir kaynağın tedariği için belirli bir süre gerekir (Örneğin "personel tedariği en az bir dönem, torna tezgahı tedariği en az 2 dönem gerektirir" gibi).

# KABA KAPASİTE PLANLAMA

## **Rough-cut Capacity Planning – RCCP**

# RCCP Kavramı

- ❖ Kaba Kapasite Plânlama (RCCP), APICS tarafından "Toplu Üretim Planını ve/veya Ana Üretim Çizelgesini; işgücü, makina saati, enerji, depolama, ham madde ve finansman gibi kritik kaynaklara olan gereksinime çevirme sürecidir:" şeklinde tanımlanır.
- ❖ Buradaki amaç, Toplu Üretim Planının ve/veya Ana Üretim Çizelgesinin (MPS) uygulanabilir olduğunun denetlenmesidir.

RCCP için plânlama periyodu, Ana Üretim Çizelgesi gibi 1 ila 3 aydır. Revizyonlar haftalık veya aylık olarak yapılır. Bu kapasite plânlama yaklaşımı, hâlihazırda üretilmekte olan birimlerin stoklarını dikkate aldığı için kısa dönemli kapasite gereksinimlerinin belirlenmesinde hata payı, kaynak plânlama yaklaşımına göre çok daha düşüktür. Bu yaklaşım, orta dönemli kapasite ayarlamaları hakkında karar vermek amacıyla kullanılır.
- ❖ RCCP için şunlar yapılmalıdır:

Kaynak Listeleri hazırlanırken, kaynakların Ana Üretim Çizelgesinde yer alan ürünler için gereken miktarları göz önüne alınmalıdır.

Eğer ürünün malzemelerine ilişkin sipariş parti büyüklükleri, tam gereken miktar kadar (lot-for-lot, L4L) düşünülüyor ise kaynak gereksinimi dönemleri Ana Üretim Çizelgesi ile aynı olmalıdır.

# RCCP' de Kritik Kaynakların Belirlenmesi

- ◆ Plânların oluşturulmasında ve değiştirilmesinde kritik kaynaklar, ilk olarak gözden geçirilen iş merkezleridir (İş merkezi, bir makina, benzer işi yapan makina grubu, imâlat hücresi veya işlem hattı olabilir).
- ◆ Kaynaklar aşağıdaki nedenlerden dolayı kritik olabilir:
  - Fason üretim zor ve pahalıdır.
  - Yeni makina alımı pahalı olup, uzun tedârik süresi gerektirir.
  - Deneyimli operatörler kolaylıkla yetiştirilemez.
  - İlgili iş merkezi, üretimde darboğaz oluşturur ve genellikle fazla mesai gerektirir.
  - Seçenek iş rotaları yoktur veya olabilecek bir değişikliğin üretim programına etkisi çok yüksektir.
  - İş merkezinde özel bir operasyon vardır ve bunun başka seçeneği yoktur.

# Örnek 6.4

- ◆ Örnek 6.3.'deki torna tezgâhı için RCCP yapılacağını varsayalım.
- ◆ A ürün ailesinin A1 ve A2, B ürün ailesinin B1, B2 ve B3, C ürün ailesinin ise C1 ve C2 olmak üzere farklı ürünlerden oluştuğunu düşünelim.
- ◆ **Tablo 6.3.'de yer alan 3. dönem için** bu ürünlere ilişkin öngörülen MPS, Tablo 6.6.'da verilmiştir.

Tablo 6.6. Örneğe ilişkin ay bazında ana üretim çizelgesi

	Dönem (Ay)		
	Temmuz	Ağustos	Eylül
A1 ürünü	10	8	10
A2 ürünü	7	8	10
B1 ürünü	30	25	30
B2 ürünü	35	35	35
B3 ürünü	30	30	50
C1 ürünü	20	20	20
C2 ürünü	20	20	20



- ◆ Bu çizelgeden görüldüğü gibi ürün bazındaki toplam üretim miktarları, Tablo 6.3.'deki ürün ailesi bazındaki üretim miktarlarına eşit olmayabilmektedir. Çünkü toplu üretim plânı tümüyle tahmine dayalı ve ürün ailesi bazında yapılırken; MPS, hem toplu üretim plânına, hem de siparişlere dayalı olarak ve ürün bazında yapılmaktadır.
- ◆ RCCP kaba kapasite plânlama yaklaşımı olduğu için, daha önce Tablo 6.4.'de ürün ailesi bazında verilen Kaynak Gereksinimi Listesi, ürünler bazında da kullanılabilir. Bu değerler dikkate alınarak hesaplanan torna tezgâhı kullanım süresi gereksinimi, Tablo 6.7.'de verilmiştir

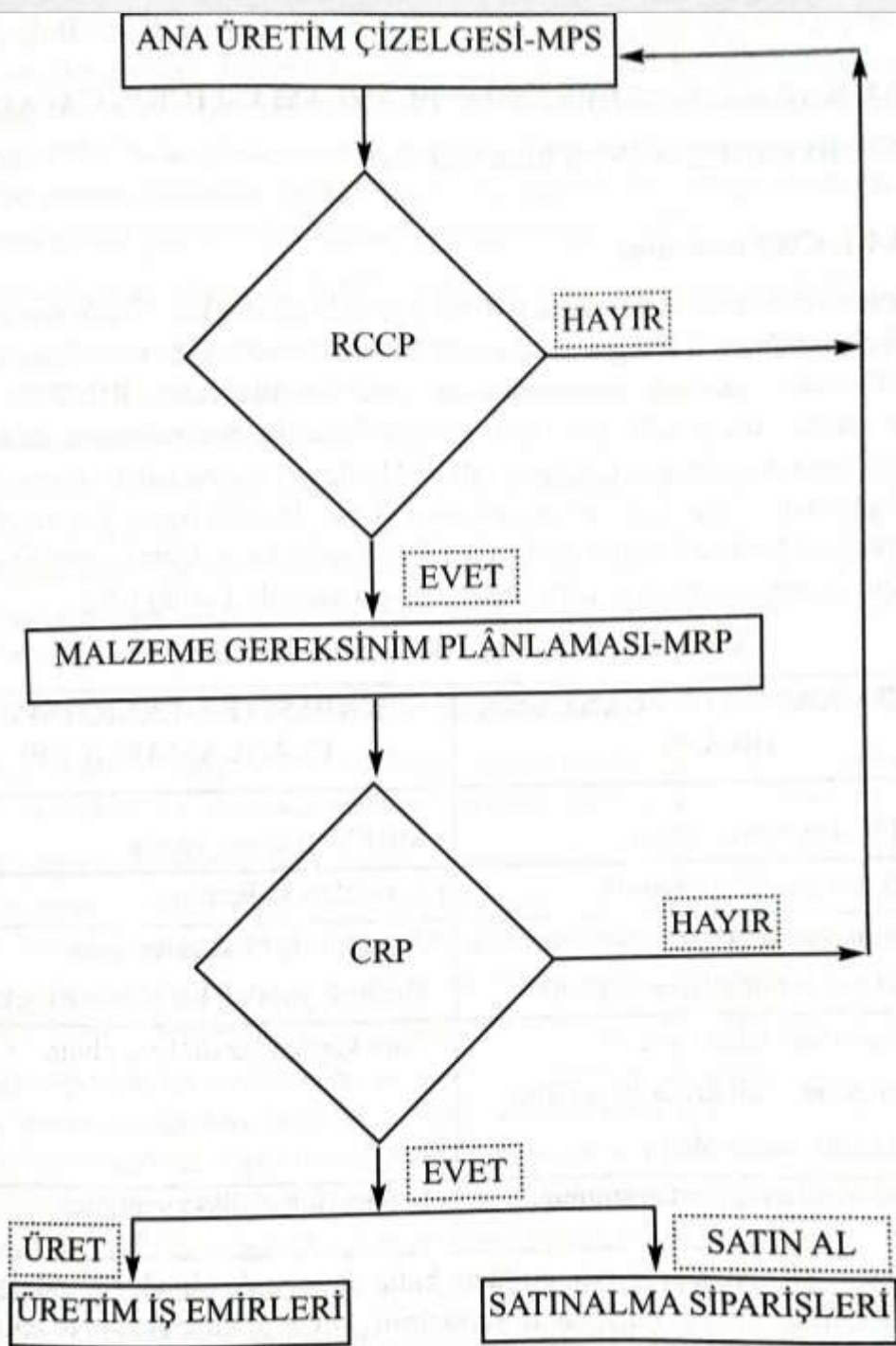
Tablo 6.7. Örneğe ilişkin torna tezgahı kapasite gereksinimi

	<b>Dönem (Ay)</b>		
	Temmuz	Ağustos	Eylül
A1 ürünü (2 saat/adet)	10	8	10
A2 ürünü (2 saat/adet)	7	8	10
B1 ürünü (2,5 saat/adet)	30	25	30
B2 ürünü (2,5 saat/adet)	35	35	35
B3 ürünü (2,5 saat/adet)	30	30	50
C1 ürünü (6 saat/adet)	20	20	20
C2 ürünü (6 saat/adet)	20	20	20
<b>Toplam</b>	<b>511,5</b>	<b>497</b>	<b>567,5</b>

- ◆ Tablo 6.7.'de verilen kaynak gereksinimine göre, Eylül ayında kapasite gereksinimi 567,5 saat iken, firma kapasitesi ay bazında (280 saat/makina\*2 makina=) 560 saat olup yetersizdir. Görüldüğü gibi toplu üretim plânında 3. dönemde torna kapasitesi yeterli iken, MPS aşamasında yeterli olmayabilmektedir. Bunun nedeni, siparişlerin etkisiyle MPS aşamasında bazı aylarda daha yüksek üretim yapma zorunluğunda kalınabilmesidir.
- ◆ Örneğimiz için Temmuz ve Ağustos aylarında torna tezgahı için bir ek kapasite gereksinimi yoktur. Eylül ayındaki ek kapasite gereksinimi, daha önceki aylarda üretim yapılarak karşılanabilir.

# RCCP Sonucu Alınacak Kararlar

- ◆ Eğer firmanın gereksinim duyduğu kapasite, fiili kapasiteden fazla ise alınacak ilk önlem fiilî kapasitenin arttırılmasıdır. Bunun için işgücünü arttırma, yöntem geliştirme, fazla mesai, ek vardiya koyma, fasona verme, alternatif malzemenin kullanılması gibi kapasite dengeleme seçenekleri uygulanabilir.
- ◆ Eğer fiilî kapasite arttırımı olanaklı olmaz ise isin başka iş merkezlerine verilmesi, üretme yerine satınalma yoluna gidilmesi (make or buy) veya -en son olarak- MPS'in değiştirilmesi önlemlerine başvurulabilir.



# KAPASİTE GEREKSİNİM PLANLAMASI (CAPACITY REQUIREMENTS PLANNING – CRP)

# CRP Kavramı

- ❖ Kapasite Gereksinim Plânlaması (CRP), APICS tarafından Toplu üretim planının uygulanabilmesi için kapasite düzeylerini/sınırlarını oluşturma, ölçme ve ayarlama işlevidir" şeklinde tanımlanmıştır.
- ❖ CRP hesaplamaları, RCCP ile Benzer şekilde yapılır. Ancak CRP'de; Toplu Üretim Plâni (kaynak plânlama yaklaşımı kullanır) veya Ana Üretim Çizelgesi (RCCP kullanır) yerine MRP sistemi tarafından oluşturulan Üretim İş Emirleri kullanılır.
- ❖ Ayrıca kaynak listeleri ve kaynak profilleri yerine rotalar kullanılmaktadır. RCCP salt kritik kaynakları göz önüne alırken, CRP tüm iş merkezlerinin iş yükü durumunu dikkate alır.

## RCCP ve CRP arasındaki farklar

<b>KABA KAPASİTE PLÂNLAMA (RCCP)</b>	<b>KAPASİTE GEREKSİNİM PLÂNLAMASI (CRP)</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• MPS'den sonra yapılır.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• MRP'den sonra yapılır.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Kaynak profili kullanılır.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• İş rotaları kullanılır.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Ayrıntısız, genel ve ortak birimlere dayanan bir plânlama şeklidir.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ayrıntılı, iş merkezleri esas alınarak yapılan bir plânlama şeklidir.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Fabrika kapasitesi yeterli görülebilir. Salt kritik kaynaklar gözönüne alınmıştır.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tüm kaynaklar dikkate alınır.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• İş öncelikleri dikkate alınmaz.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• İş öncelikleri dikkate alınır.</li></ul>



- ◆ Kapasite Gereksinim Plânı iteratif bir plandır. Fabrikada üretilen parçaların iş rotalarını girdi olarak kullanır. "Rota", parçanın hangi iş merkezlerinden ne sürelerde geçeceğini gösterir. Diğer bir girdi de kaynakların miktarını hesaplarken kullanılan ölçü birimidir.
- ◆ Kapasite Gereksinim Plânı, bu girdilerle birlikte Malzeme Gereksinim Plânından gelen net gereksinim miktarlarına göre, her bir iş merkezi için her bir zaman diliminde gerekli kapasiteyi belirler.
- ◆ RCCP'ye ek olarak CRP yapılmasını gerektiren koşullar şunlardır:
  1. Plânlanması gereken çok fazla sayıda iş merkezi varsa CRP yapılır.
  2. Ürün ağaçları çok düzeyli ise CRP yapılır.
- ◆ Kapasite Gereksinim Plânı, RCCP'den farklı olarak Malzeme Gereksinim Plânındaki çizelgelenmiş alımları ve rotaları göz önüne alır.

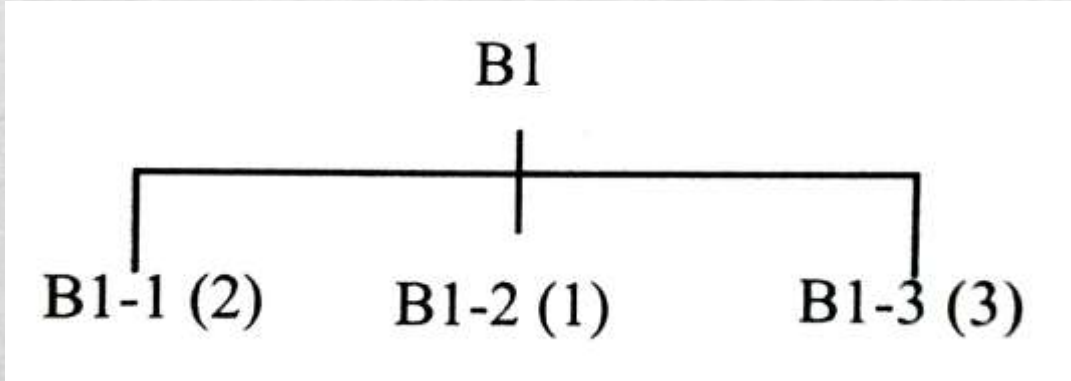
- ◆ İş merkezi kapasitesi, kuramsal kapasite değerinin kullanılabilirlik oranına göre ayarlanmış durumudur.
- ◆ Kapasite, makina yoğun iş merkezlerini esas alarak standart "makina-saat", işçilik sürelerini esas alarak standart "adam-saat" veya buna benzer başka bir şekilde verilebilir.
- ◆ Kullanılabilir kapasite formülünü şu şekilde verebiliriz:

$$\text{Kullanılabilir Kapasite} = \text{Çalışma Saati} * \text{Kullanılabilirlik Oranı}$$

- ◆ Kullanılabilirlik oranı, makinenin kullanılabilir süresinin, çalışma süresine oranıdır.

# Örnek 6.5

- ◆ Örnek 6.3. ve 6.4.'de verilen problem için 3. dönemin Temmuz ayında B1 ürününün üretim miktarı, Tablo 6.6. da görüldüğü gibi 30 adet idi. B1 ürününün ürün ağacı aşağıda verilmiştir.



- ◆ Şekilde parantez içinde verilen değerler, 1 adet B1 ürünü için gerekli alt parça miktarlarını ifade etmektedir. Ürün ağacında görülen üç adet parçanın rota bilgileri ise Tablo 6.9'daki gibidir.

Tablo 6.9. B1 Ürününün parçalarına ilişkin MRP ve rota bilgileri

<b>Parça</b>	<b>Malzeme Gereksinim Miktarı (adet)</b>	<b>Fire Oranı</b>	<b>Başlama Tarihi: 01.07.2008 (07:00)</b>	<b>Bitiş Tarihi: 03.07.2008 (19:00)</b>
<b><u>B1-1</u></b>			<b>Hazırlık Süresi (saat)</b>	<b>İşlem Süresi (saat)</b>
Torna	61 / 0,98 $\cong$ 63	% 2	1,00	0,60
Delme	60 / 0,99 $\cong$ 61	% 1	0,20	0,25
<b><u>B1-2</u></b>			<b>Hazırlık Süresi (saat)</b>	<b>İşlem Süresi (saat)</b>
Freze	32 / 0,97 $\cong$ 33	% 3	0,60	0,70
Delme	31 / 0,985 $\cong$ 32	% 1,5	0,30	0,20
Torna	30 / 0,975 $\cong$ 31	% 2,5	0,80	1,10
<b><u>B1-3</u></b>			<b>Hazırlık Süresi (saat)</b>	<b>İşlem Süresi (saat)</b>
Torna	90 / 0,99 $\cong$ 91	% 1	0,60	0,40
Ovalama	90 / 1,00 $\cong$ 90	% 0	0,80	0,10

- ❖ Örneğimizde ele alınan problemde, bilindiği üzere 2 adet aynı özelliklere sahip torna tezgâhı vardır. Dolayısıyla Tablo 6.9.'daki torna ile ilgili parametreler, her ikisi için de aynıdır. Diğer tezgahlar ise 1'er adettir. İleride bu iki tezgâh, çizelgeleme yapılırken "Torna İş Merkezi" olarak adlandırılacaktır.
- ❖ B1 ürününe ilişkin MRP çalışması sonrasında oluşan başlama ve bitiş tarih ve saatleri ile işlemlere ait fire oranları ve buna bağlı olarak hesaplanan malzeme gereksinim miktarları da aynı tabloda verildiği gibi olsun.

- ◆ 1.7.2008-3.7.2008 tarihleri arasında tabloda belirtilen parçalar dışında hiç bir üretimin olmadığını düşünelim.
- ◆ Şimdi söz konusu üç parça için, günde iki vardiya (her vardiyada 8 saatlik) çalışma şekline göre torna tezgâhı iş yükünü CRP mantığı ile bulalım.
- ◆ Öncelikle her bir parçanın her bir tezgâhtaki toplam üretim (hazırlık + işlem) süresinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu hesaplamalar, Tablo 6.10.'da gösterilmiştir.

Tablo 6.10. B1 Ürünü Parçalarına İlişkin Üretim Sürelerinin Hesabı

Parça	İşlem	Malzeme Gereksinim Miktarı (adet)	Üretim Süresi (saat)
B1-1	Torna	63	$1,00 + 63 * 0,60 = 38,80$
	Delme	61	$0,20 + 61 * 0,25 = 15,45$
B1-2	Freze	33	$0,60 + 33 * 0,70 = 23,70$
	Delme	32	$0,30 + 32 * 0,20 = 6,70$
	Torna	31	$0,80 + 31 * 1,10 = 34,90$
B1-3	Torno	91	$0,60 + 91 * 0,40 = 37,00$
	Ovalama	90	$0,80 + 90 * 0,10 = 9,80$

- ◆ İşlemlerin B1-1, B1-2, B1-3 sırasıyla “Sonsuz kapasiteye göre yükleme” ilkesine göre programlanması sonucu elde edilen çizelge Tablo 6.11’de verilmiştir.
- ◆ Tablodaki hücrelerde parantez içindeki değer parça adını ve diğer değer ilgili işlem için ilgili tezgah ve ilgili vardiyada ayrılan kapasiteyi göstermektedir. Çizelgeleme yapılırken partilerin bölünemez olduğu, diğer bir deyişle, bir parçanın bir tezgâhtaki tüm üretimi bitmeden diğer tezgâha geçilemediği varsayılmıştır.



# Tablo 6.11. CRP mantığı ile 3 parçanın “Sonsuz kapasiteye göre yükleme” ilkesine göre çizelgelenmesi

## a) B1-1 Parçasının Çizelgelenmesi

	01/07/2008		02/07/2008		03/07/2008	
	Vardiya-1	Vardiye-2	Vardiya-1	Vardiya-2	Vardiya-1	Vardiya-2
Torna İş Merkezi	<b>8*2=16 (B1-1)</b>	<b>8*2=16 (B1-1)</b>	<b>3,40*2=6,80 (B1-1)</b>			
Delme			<b>4,60 (B1-1)</b>	<b>8 (B1-1)</b>	<b>2.85 (B1-1)</b>	
Freze	<b>8 (B1-2)</b>	<b>8 (B1-2)</b>	<b>7,70 (B1-2)</b>			
Ovalama						

## b) B1-2 Parçasının Çizelgelenmesi

	01/07/2008		02/07/2008		03/07/2008	
	Vardiya-1	Vardiya-2	Vardiya-1	Vardiya-2	Vardiya-1	Vardiya-2
Torna İş Merkezi	8*2=16 (B1-1)	8*2=16 (B1-1)	3,40*2=6,80 (B1-1)	1,60*2=3,20 (B1-2)	8*2=16 (B1-2)	7,85*2=15,70 (B1-2)
Delme			4,60 (B1-1) 0,30 (B1-2)	8 (B1-1) 6.40 (B1-2)	2,85 (B1-1)	
Freze	8 (B1-2)	8 (B1-2)	7,70 (B1-2)			
Ovalama						

### c) B1-3 Parçasının Çizelgelenmesi

	01/07/2008		02/07/2008		03/07/2008	
	Vardiya-1	Vardiya-2	Vardiya-1	Vardiya-2	Vardiya-1	Vardiya-2
Torna İş Merkezi	8*2=16 (B1-1)	8*2=16 (B1-1)	3,40*2=6,80 (B1-1)	1,60*2=3,20 (B1-2)	8*2=16 (B1-2)	7,85*2=15,70 (B1-2)
	8*2=16 (B1-3)	8*2=16 (B1-3)	2,5*2=5 (B1-3)			
Delme			4,60 (B1-1) 0,30 (B1-2)	8 (B1-1) 6.40 (B1-2)	2,85 (B1-1)	
Freze	8 (B1-2)	8 (B1-2)	7,70 (B1-2)			
Ovalama			5,50 (B1-3)	4.30 (B1-3)		

- ◆ CRP çalışmasının kritik tezgah olarak kabul ettiğimiz torna tezgahı için yapacağımızdan, diğer tezgâhlar ile ilgili hesaplamalar dikkate alınmamıştır.
- ◆ Torna iş merkezi için iş yükünün hesabı Tablo 6.12'de verilmiştir.
- ◆ Torna iş merkezinin bu durumdaki iş yükü profili de grafik olarak çizilebilir.

## Tablo 6.12. Sonsuz kapasiteye göre torna iş merkezi için iş yükünün hesaplanması

Parça	İşlem	Malzeme Gereksinim Miktarı (adet)	Üretim Süresi (saat)
B1-1	Torna	63	$1,00 + 63*0,60 = 38,80$
	Delme	61	$0,20 + 61*0,25 = 15,45$
B1-2	Freze	33	$0,60 + 33*0,70 = 23,70$
	Delme	32	$0,30 + 32*0,20 = 6,70$
	Torna	31	$0,80 + 31*1,10 = 34,90$
B1-3	Torno	91	$0,60 + 91*0,40 = 37,00$
	Ovalama	90	$0,80 + 90*0,10 = 9,80$

- ❖ 1.7.2008 gününün 1. ve 2. vardiyalarında kapasite aşımı söz konusudur. "Sonsuz kapasiteye göre yükleme" ilkesi uyarınca, planlamacının, kapasiteyi dengelemek için fazla mesai, fason üretim vb. seçenekleri kullanması gerekir.
- ❖ Buna karşılık "sonlu kapasiteye göre yükleme" ilkesinde kapasite dengeleme kuralları önceden tanımlanır ve çizelgeleme sırasında uygulanır. Bu örneğimizde, söz konusu kuralın, "normal mesai süresinin yetmediği durumlarda vardiya başına en fazla 4 saat fazla mesai yapılması" olarak belirlendiğini varsayalım.
- ❖ Bu durumda elde edilecek olan nihaî çizelge Tablo 6.13.'deki gibi, torna iş merkezi iş yükü hesabı Tablo 6.14,'deki gibi ve torna iş merkezinin bu durumdaki iş yükü profili ise Şekil 6.8.'deki gibi olacaktır.







# CRP Sonucu Alınacak Kararlar

- ❖ CRP ile oluşacak kapasite gereksinimine (fazla veya az yüklenme durumuna) göre aşağıdaki çözümler kullanılabilir.
- ❖ Kapasite arttırma (hafta içi, hafta sonu veya diğer tatil günlerinde fazla mesai, ek vardiya)
- ❖ İşlemlerin başka bir iş merkezine aktarılması (off-loading)
- ❖ İşgücünün başka bir iş merkezine aktarılması (off-loading)
- ❖ Fason üretim
- ❖ Malzeme Gereksinim Plânlarının değiştirilmesi
- ❖ MPS' in değiştirilmesi
- ❖ Mühendislik veya Araştırma-Geliştirme ile çalışılarak yeni tasarımlar, araçlar ve yöntemler geliştirilmesi
- ❖ Yeni donanım veya çalışan alınması

# Kapasite Planlamanın Önemi

- ◆ Eldeki kaynakların etkin kullanılması, günümüzde kaynak tedariğinde zorluk çekmekte olan firmaların, üzerinde önemle durması gereken bir yönetim işlevidir. Günümüz rekabet ortamında kapasite ayarlamaları (uzun, orta ve kısa dönemli), firmanın yaşayabilmesi için gerekli olan işlevlerdir. Firma, elinde gerekli malzeme (hammadde, parça, alt montaj) bulunmadığında üretim yapamayacağı gibi, yeterli kapasitesi olmadığı zaman da üretimi aksayacaktır. MRP II sistemi içinde yer alan MRP modülü Malzeme Gereksinim Plânlaması ile uğraşırken, Kapasite Plânlama Modülü; Kaynak Plânlaması, RCCP ve CRP gibi teknikler yardımıyla uzun, orta ve kısa dönemli kapasite plânlaması ve kontrolünü gerçekleştirmektedir.

## Soru 6.1.

Bir atölyedeki bir iş merkezi, haftada 6 gün, günde 3 vardiya ve vardiyada 8 saat çalışmaktadır. Bu iş merkezinde, saatte 200 kg.'lık üretim yapılmaktadır. Buna göre atölyenin haftalık kuramsal kapasitesini, önleyici bakım ve hazırlık için %10'luk bir pay öngörerek haftalık fiilî kapasitesini, belli bir haftadaki fiilî üretiminin 24.000 kg. olduğunu varsayarak iş merkezi etkinliğini ve verimliliğini hesaplayınız.

## Soru 6.2.

Bir sistemin ardışık dört alt sisteminin aylık üretim kapasiteleri sırasıyla 23, 15, 16, 20 ton'dur. Bu sistemin aylık üretim kapasitesi kaç ton'dur?

## Soru 6.3.

Bir tesisin yıllık üretim kapasitesi 60.000 adettir. Bu tesisin hâli hazırdaki yıllık üretiminin 45.000 olduğunu ve bu üretimin her yıl %10 oranında artacağını varsayarak, kapasite artırımına hangi yıl gidilmesi gerektiğini belirleyiniz ve tablo üzerinde gösteriniz.

## Soru 6.4.

8 dönemlik bir süre içinde 3 ürün ailesine ilişkin satışların ne miktarda (adet) olacağına ilişkin tahmin değerleri, Tablo S.6.1.'de verilmiştir.

**Tablo S.6.1. Soru 6.4.'e ilişkin toplu talep tahmini değerleri**

	Dönem							
	1	2	3	4	5	6	7	8
A Ürün Ailesi	150	250	350	450	550	650	750	850
B Ürün Ailesi	135	160	180	200	225	235	250	285
C Ürün Ailesi	120	145	175	205	255	295	325	355

Her bir ürün ailesinin üretiminde kullanılan kritik kaynakların birim değerleri ve bu kaynaklara ilişkin varolan kapasiteler ise Tablo S.6.2.'de verilmiştir. Hangi kaynağın hangi döneme kadar yeterli olacağını, Tüm Etmenler ile Kapasite Plân-lama tekniğini kullanarak tablo üzerinde gösterip belirleyiniz.

**Tablo S.6.2. Soru 6.4.'e ilişkin kaynak listesi**

	Boyahane (dk/adet)	Montaj İşçiliği (saat/adet)	Kesim İşçiliği (saat/adet)
A Ürün Ailesi	50	10	3
B Ürün Ailesi	30	12	2
C Ürün Ailesi	45	15	3
Kapasite (saat/dönem)	400	9.500	6.000

**Soru 6.5.**

Tablo S.6.3.'de, dört ürün ailesi için bir ana üretim çizelgesi verilmiştir. Kritik kaynak olan CNS tornadan elimizde 2 adet bulunmakta ve bu tornalar günde 8 saat, ayda ise 25 gün çalıştırılmaktadır. Tablo S.6.4.'deki birim kullanım miktar-larını da dikkate alarak ve RCCP yaklaşımı ile kapasite analizi yapınız.

**Tablo S.6.3. Soru 6.5.'e ilişkin ana üretim çizelgesi**

	Aylar		
	Ocak	Şubat	Mart
A Ürün Ailesi	120	130	100
B Ürün Ailesi	140	170	300
C Ürün Ailesi	250	220	270
D Ürün Ailesi	80	100	120

**Tablo S.6.4. Soru 6.5.'e ilişkin kaynak listesi**

	CNC Torna (dk/adet)
A Ürün Ailesi	30
B Ürün Ailesi	40
C Ürün Ailesi	20
D Ürün Ailesi	50

### Soru 6.6.

Tablo S.6.5.'de üç parça için rotalar, hazırlık ve birim işlem süreleri verilmiştir. A, B ve C parçalarından istenen üretim miktarları, sırasıyla 60, 90 ve 75 adettir. Parçaların işleme başlama tarihi, 1 Eylül Pazartesi olarak belirlenmiştir. Söz konusu parçalar için plânya tezgâhının gün ve vardiya bazında kapasite analizini, CRP yaklaşımı ve "sonsuz kapasiteye göre yükleme" tekniği çerçevesinde gerçekleştiriniz. Tezgâh günde 2 vardiya çalışmakta olup, vardiya çalışma süresi 7,5 saattir. Hazırlıklar her gün başında yeniden yapılmaktadır.

**Tablo S.6.5. Soru 6.6.'ya ilişkin parçalar için rotalar**

Parça-A	Hazırlık Süresi (dk/hazırlık)	İşlem Süresi (dk/adet)
Kesme	30	1
Delme	5	1,5
Plânya	15	5
Kalite Kontrol	-	10
Parça-B	Hazırlık Süresi (dk/hazırlık)	İşlem Süresi (dk/adet)
Torna	10	12
Freze	15	17
Plânya	12	8
Parça-C	Hazırlık Süresi (dk/hazırlık)	İşlem Süresi (dk/adet)
Bükme	25	2
Delme	4	2
Plânya	11	10
Montaj	5	3

Bir önceki vardiyadan veya bir önceki günün son vardiyasından kalan parça üretimi, bir sonraki vardiyada veya günde kaldığı yerden sürdürülmektedir. İleriye doğru programlama tekniği ile tezgâh yüklemelerini tablo üzerinde gösteriniz ve kapasite dengeleme çalışması yapınız. İşlemlerin kaç gün içinde tamamlanabileceğini belirleyiniz.

# Kaynaklar

- ◆ Gündođar, E. (2017). Endüstriyel Üretim Planlama ve Kontrol, Nobel Yayıncılık.
- ◆ Kobu, B. (2013). Üretim Yönetimi, Beta Basım.
- ◆ Palamutcuoglu, T. (2014). Üretim Yönetimi Ders Notlari, Celal Bayar Üniversitesi.
- ◆ Tanyas, M., Baskak, M. (2017). Üretim Planlama ve Kontrol, 3. Baskı, İrfan Yayıncılık.
- ◆ Yaman, R. (2017). Üretim Planlama Kontrol ve Bütünleştirme, 2. Baskı, Nobel Yayıncılık.
- ◆ Yenersoy, G. (2015). Üretim Planlama ve Kontrol, 2. Baskı, Papatya Yayıncılık.