

## İŞ ÖRNEKLEMESİ

### İş örneklemede temel adımlar:

1. İş örneklemesine tabii tutulacak faaliyetin seçimi ve amacın belirtilmesi (örneğin, üretken ve boş zamanlarının belirlenmesi).
2. Başlangıç örnekleme olarak elemanların toplam faaliyet zamanı içerisindeki çalışma oranlarının ya da toplam gözlem içerisindeki paylarının belirtilmesi (örneğin, bir makinenin zamanın % 90 oranında çalıştığının belirtilmesi).
3. Çalışmada istenen doğruluk oranı (mutlak hata miktarı) ve güven düzeyinin belirlenmesi.
4. Gözlem yapılacak rasgele zaman aralıklarının belirlenmesi (bunun için rasgele sayılar tablosu kullanılır).
5. Gözlem sayısının (örnek büyüklüğü) hesabı ve yeterli olup olmadığının belirlenmesi.

### ÖRNEK BÜYÜKLÜĞÜ

N: İstenen gözlem sayısı (örnek büyüklüğü)

z: İstenen güvenilirlik düzeyindeki standart sapma sayısı

p: Örneklem içinde oluş oranı

q: Örneklem içinde olmama oranı

h: Mutlak hata miktarı (Örneklem büyüklüğünün doğruluk sınırları, duyarlılık)

$\sigma$  : Eleman dağılımının standart sapması

$$\sigma = \sqrt{\frac{p q}{N}}$$

Örneklem içindeki oluş ve olmama değerleri toplamı 1'e eşittir.

$$p + q = 1$$

$$q = 1 - p \text{ ise;}$$

$$p + (1 - p) = 1$$

İstenen güvenilirlik düzeyindeki standart sapma sayısı mutlak hata ve standart sapma oranı ile ifade edilir.

$$\sigma = \frac{h}{z}$$

**Örnek büyüklüğü:**

$$N = \frac{p (1 - p)}{\left(\frac{h}{z}\right)^2}$$

$$N = \frac{z^2 p (1 - p)}{h^2}$$

Tablo. İstenen güven seviyesine karşılık z değerleri:

| Desired Confidence Level (%) | Z Value |
|------------------------------|---------|
| 90.0                         | 1.65    |
| 95.0                         | 1.96    |
| 95.4                         | 2.00    |
| 99.0                         | 2.58    |
| 99.7                         | 3.00    |

**ÖRNEK 1. ÖRNEK BÜYÜKLÜĞÜ**

Bir işlemin örnekleme yolu ile incelenmesinde 100 gözlem yapılmış ve bunların 25'inde A elemanına (olmama) rastlanmıştır. Mutlak hata miktarının  $\pm$  %5, güven sınırının %95 olması istendiğine göre yapılan gözlem sayısının yeterliliğini tartışınız.

$$z = 1,96 \text{ (%95 güven sınırı için)}$$

$$A = 25$$

$$B = 100 - 25 = 75$$

$$p = \frac{75}{100} = 0,75$$

$$q = \frac{25}{100} = 0,25$$

$$h = 0,05$$

$$N = \frac{z^2 p (1 - p)}{h^2}$$

$$N = \frac{(1,96)^2 0,75 \times 0,25}{(0,05)^2}$$

$$N = 289 \text{ adet gözlem}$$

Yapılan gözlem sayısı  $n = 100$ , yapılması gereken gözlem sayısı  $N = 289$ 'dur.  $N > n$  olduğu için yapılan gözlem sayısı yetersizdir. Gözleme devam edilmelidir.

**ÖRNEK 2. ÖRNEK BÜYÜKLÜĞÜ**

Bir ön etüt sonucunda rastgele aralıklarla yapılan 80 gözlem sonucunda makinanın 60'ında çalıştığı görülmüştür. % 95 güven düzeyinde ve % 10 mutlak hata miktarı için örnek büyüklüğü belirlenmesi istenirse;

%95 güven düzeyi için:  $z = 1,96$  (normal eğri alanı tablosundan alınır)

$n = 80$  gözlem

$$p = \frac{60}{80} = 0,75$$

$$\sigma = \frac{h}{z} = \frac{0,10}{1,96} = 0,051$$

$$N = \frac{0,75 \times (1 - 0,75)}{(0,051)^2}$$

$N = 72$  adet gözlem

$N = 72 < n = 80$  olduğundan, yapılan gözlem sayısı yeterlidir. Gözleme devam edilmez.

Mutlak hata % 10 yerine % 5 kabul edilseydi (yani  $h = 0,05$  mutlak hata ile çalışılırdı);

$$\sigma = \frac{0,05}{1,96} = 0,0255 \text{ olup, bu koşullarda gözlem sayısı}$$

$$N = \frac{0,75 \times 0,25}{(0,0255)^2}$$

$N = 289$  adet gözlem yapılmalıdır. Bu durumda ise;

$N = 289 > n = 80$  olduğundan, yapılan gözlem sayısı yetersiz olup, gözleme devam edilir.

Güven düzeyinin %80.64 ve hata payının % 10 olması durumunda ise, gözlem sayısı;

% 80,64 güven düzeyi için için tablo değeri  $z = 1,30$  olup,

$$\sigma = \frac{0,10}{1,30} = 0,077$$

$$N = \frac{0,75 \times 0,25}{(0,077)^2}$$

$N = 32$  gözlem yapılmalıdır. Bu durumda;

$N = 32 < n = 80$  olup, %80,64 güven düzeyi için yapılan gözlem sayısı yeterlidir.

**ÖRNEK 3. ÇALIŞMA ARALIĞI**

Bir iş istasyonunda iş örnekleme ile etüt yapılmaktadır. Yapılan 1000 gözlem sonunda A makinasının 350 defa boş olduğu gözlenmiştir. % 95 güvenle makinanın çalışma veriminin (çalışma sayısının) hangi sınırlar arasında değişebileceğini belirleyiniz.

$$n = 1000$$

$$Q = 350 \text{ adet}$$

$$P = 1000 - 350 = 650 \text{ adet}$$

$$p = \frac{650}{1000} = 0,65$$

$$\% 95 \text{ güven sınırı için; } Z = 1.96$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{p q}{n}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{65 \times 35}{1000}}$$

$$\sigma = 1,51$$

$$h = z \sigma = 1,96 \times 1,51 = \pm 2,96$$

$$P_{ort} = 1000 - 350 = 650$$

$$P_{min} = 650 - 650 \times \frac{2,96}{100} = 650 - 19 = 631$$

$$P_{max} = 650 + 650 \times \frac{2,96}{100} = 650 + 19 = 669$$

Makinanın çalışma olasılığı (verimi) 631 - 669 arasında değişebilir.

**\*\*2**

Bir iş istasyonunda iş örnekleme ile etüt yapılmaktadır. Yapılan 880 gözlem sonunda A makinasının 220 defa boş olduğu gözlenmiştir. %95 güvenle makinanın çalışma veriminin (çalışma sayısı) hangi sınırlar arasında değişebileceğini belirleyiniz.

$$q = \frac{220}{880} = 0,4$$

$$p = 1 - 0,40 = 0,60$$

$$\% 95 \text{ için; } Z_{0,95} = 1,96$$

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} = \sqrt{\frac{60(1-60)}{880}} = 1,65$$

$$S = Z \sigma_p = 1,86 \times 1,65 \Rightarrow S = \mp 3,24$$

$$P_{ort} = 880 - 220 = 660 \text{ adet}$$

$$P_{max} = (1 + S)P = (1 + 0,0324) \times 660 \Rightarrow P_{max} = 681 \text{ adet}$$

$$P_{min} = (1 - S)P = (1 - 0,0324) \times 660 \Rightarrow P_{min} = 639 \text{ adet}$$

**ÖRNEK 4. ÖRNEK BÜYÜKLÜĞÜ**

Bir ön etüt sonucunda rastgele 100 gözlem yapılmış ve bu gözlemlerden % 20'sinde makinanın boş olduğu ( $p = 80$ ), % 80'inde çalıştığı ( $q = 20$ ) görülmüştür. Çalışma koşulları için % 95 güvenlik düzeyi ve % 10 hata payı ( $S$ ) kabul edilmiştir. Buna göre;  $\pm$  % 10 sınırları içinde tahminlerin % 95 olasılıkla gerçeği temsil edeceğine güvenilir. % 95 güvenlik düzeyinde; (4) eşitliğinden örneğin standart hatası

$$S = 1,96\sigma_p \Rightarrow \sigma_p = S / 1,96 \Rightarrow$$

$$S = 10 / 1,96 \Rightarrow \sigma_p = 5,1$$

olarak bulunur. Örnek büyüklüğü (2) eşitliğinden yararlanılarak;

$$n = pq / \sigma_p^2$$

$$n = 80 \times 20 / (5.1)^2 \cong 62 \text{ gözlem}$$

olarak elde edilir.

Eğer hata payı (duyarlılık)  $\pm$  % 5 olursa, örnek büyüklüğü

$$\sigma_p = 5 / 1.96 \Rightarrow \sigma_p = 2,55 \text{ olur ve}$$

$$n = 20 \times 80 / (2.55)^2 = 246 \text{ gözlem}$$

olarak elde edilir.

Bu sonuçlar, düşük hata paylarında çalışmak için gözlem sayısının artırılması gerektiğini göstermektedir.

**ÖRNEK 5. GÖZLEM SAYISI**

Bir makinada yapılan 400 gözlem sonucunda 160 kez makinanın boş olduğu görülmüştür. Duyarlılığın  $\pm \%5$  olması istendiğine ve güven sınırı  $\% 95$  olduğuna göre örnek sayısının yeterli olup olmadığını belirleyiniz.

$$h = 0,05$$

$$p = \frac{400 - 160}{400} = 0,60$$

$$z = 1,96 \text{ (\%95 güven için)}$$

$$N = \frac{0,60 \times (1 - 0,60)}{\left(\frac{0,05}{1,96}\right)^2}$$

$$N = 369 \text{ gözlem (yapılan gözlem sayısı yeterlidir)}$$

Standart sapma yönünden karşılaştırma:

$$\sigma = \sqrt{\frac{p \cdot q}{N}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{60 (100 - 60)}{400}}$$

$$\sigma = 2,45$$

$$h = z \sigma$$

$$h = 1,96 \times 2,45$$

$$h = \%4,80 < \%5$$

olduğundan gözlem sayısı yeterli duyarlılıkta olup, yapılan gözlem sayısı yeterlidir.

**Örnek 6 – GÖZLEM SAYISI:**

Bir makinada yapılan 400 gözlem sonucunda 160 kez makinanın boş olduğu görülmüştür. Duyarlılığın  $\pm \%5$  olması istendiğine ve güven sınırı  $\% 95$  olduğuna göre örnek sayısının yeterli olup olmadığını belirleyiniz.

$$p = 160 / 400 = 0,35 \text{ ve } q = 1 - p = 0,65$$

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} = \sqrt{\frac{35 * 65}{400}} = 2,38$$

$$S = Z\sigma_p ; \% 95 \text{ güven sınırı için; } Z = 1.96$$

$S = 1.96 * 2.38 = \pm \%4.67 < \%5$  olduğundan gözlem sayısı yeterli duyarlılıkta olup, yapılan gözlem sayısı yeterlidir.

**Örnek 7 – GÖZLEM SAYISI:**

Bir iş örnekleme etüdünde belirli bir A elemanına rastlama olasılığının ortalama 0,80 olduğu belirlenmiştir. Bu olasılığın  $\% 95$  güvenle  $\pm \%5$  sapma gösterdiği bilindiğine göre kaç gözlem yapıldığını bulunuz.

$$\% 95 \text{ güven sınırı için; } Z = 1.96$$

$$S = Z\sigma_p \Rightarrow \sigma_p = S / Z \Rightarrow \sigma_p = 5 / 1.96 \Rightarrow$$

$$\sigma_p = 2,55$$

$$n = \frac{p(1-p)}{\sigma_p^2} = \frac{80 * 20}{(2,55)^2} = 256 \text{ gözlem}$$

**ÖRNEK 8. GÖZLEM SAATLERİ**

Saat 8.00'de başlayıp 16.00'da biten bir mesai içerisinde 10 dakika süreli 10 gözlem yapılacaktır. Gözlem saatlerini belirleyiniz.

Çalışma süresi  $(16 - 8) \times 60 = 480$  dakikadır. 480 dakika 10 dakikalık gözlem süresine bölünerek  $480 / 10 = 48$  devre elde edilir. Seçilecek sayılar 48'den büyük olmamalıdır. Seçilen sayılar sonunda sıralanarak gözlem zamanı bulunur.

Rasgele sayılar tablosunda 2. sütun 7 satırdan 2'şer atlanarak tesadüfi sayılar seçileceğini varsayalım.

Rasgele ilk 10 sayı: 16 92 33 42 27 29 37 62 32 44

92 ve 62 sayıları 48'den büyük olup sayı dizisinden elenirler.

Kalan sayılar: 16 33 42 27 29 37 32 44

1 - Yeni iki sayı : 73 ve 51 (iptal edilirler).

2 - Yeni iki sayı : 35 87 (87 iptal edilir).

Kalan sayılar: 16 33 42 27 29 37 32 44 35

3- Yeni bir sayı : 59 (iptal edilir).

4 - Yeni bir sayı : 52 (iptal edilir).

5 - Yeni bir sayı : 99 (iptal edilir).

6- Yeni bir sayı : 43 (seçilir).

Son sayı dizisi: 16 33 42 27 29 37 32 44 35 43

Sıralı sayı dizisi :16 27 29 32 33 35 37 42 43 44

| Seçilen sayılar | Sıralı sayılar | Gözlem zamanı                 |
|-----------------|----------------|-------------------------------|
| 16              | 16             | $16 \times 10 + 8.00 = 10.40$ |
| 33              | 27             | $27 \times 10 + 8.00 = 12.30$ |
| 42              | 29             | $29 \times 10 + 8.00 = 12.50$ |
| 27              | 32             | $32 \times 10 + 8.00 = 13.20$ |
| 29              | 33             | $33 \times 10 + 8.00 = 13.30$ |
| 37              | 35             | $35 \times 10 + 8.00 = 13.50$ |
| 32              | 37             | $37 \times 10 + 8.00 = 14.10$ |
| 44              | 42             | $42 \times 10 + 8.00 = 15.00$ |
| 35              | 43             | $43 \times 10 + 8.00 = 15.10$ |
| 43              | 44             | $44 \times 10 + 8.00 = 15.20$ |

## ZAMAN ETÜDÜ

## ÖRNEK 9. ÖLÇME SAYISI

Bir işin 6 elemana ait okunan işlem süreleri zaman birimi olarak aşağıda verilmiştir.

| Sıra | x   |
|------|-----|
| 1    | 16  |
| 2    | 19  |
| 3    | 14  |
| 4    | 18  |
| 5    | 17  |
| 6    | 16  |
| Σ    | 100 |

Gözlem sayısını hesaplayınız ve yeterliliğini değerlendiriniz.

| Sıra | $x_i$ | $x_i^2$ |
|------|-------|---------|
| 1    | 16    | 256     |
| 2    | 19    | 361     |
| 3    | 14    | 196     |
| 4    | 18    | 324     |
| 5    | 17    | 289     |
| 6    | 16    | 256     |
| Σ    | 100   | 1682    |

$n' = 6$  okuma ile diğer değerler

$$n = \left( \frac{40 \sqrt{n' \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}}{\sum x_i} \right)^2$$

eşitliğinde yerine yazılırsa,

$$n = \left( \frac{40 \sqrt{6 \sum 1682 - (100)^2}}{100} \right)^2$$

**$n \cong 15$  gözlem**

gözlem yapılması gerektiği görülür.

Yapılan ön okuma sayısı 6, hesaplanan gözlem sayısı 15 değerinden küçük olduğu için okumaya devam edilmeli, yani gözlem sayısı artırılmalıdır.

**Örnek 10. STANDART ZAMAN**

Bir işlemin etüdünde işlem süresi 0,80 dakika olarak ölçülmüştür. İşçinin temposu % 110 olduğu tahmin edilmekte olup, toplam toleransın % 15 olduğu bilinmektedir. Temel zamanı ve standart zamanı hesaplayınız. Günlük üretim miktarını tartışınız.

$$\text{ÖZ} = 0,80 \text{ dak}$$

$$D = \%110$$

$$\alpha = \% 15$$

**Temel zaman:**

$$TZ = GZ \times D$$

$$TZ = 0,80 \text{ dak} \times 1,1$$

$$\mathbf{TZ = 0,88 \text{ dak}}$$

**Standart zaman:**

$$SZ = TZ (1 + \alpha)$$

$$SZ = 0,88 \text{ dak} (1 + 0,15)$$

$$\mathbf{SZ = 1,012 \text{ dak}}$$

**Günlük üretim miktarı:**

Günde 8 saat çalışılıyorsa, günlük çalışma süresi

$$T = 8 \text{ saat/gün} \times 60 \text{ dak/saat}$$

$$T = 480 \text{ dak/gün}$$

$$SQ = \frac{T}{SZ}$$

$$SQ = \frac{480 \text{ dak/gün}}{1,012 \text{ dak}}$$

$$\mathbf{SQ = 474 \text{ adet}}$$

**Açıklama:** İşgünü süresi 8 saat/gün x 60 dakika/h = 480 dakikadır.

İkinci bir yolla standart zaman hesabı

$$SZ = \frac{TZ}{1 - \alpha}$$

$$SZ = \frac{0,88 \text{ dak}}{1 - 0,15}$$

$$\mathbf{SZ = 1,035 \text{ dak} (*)}$$

(\*) Niçin?

**Örnek11. STANDART ZAMAN**

Yapılan bir etütte işçinin bir işi yapma süresi (ölçülen ya da gözlene zaman) 3,2 dakika olarak ölçülmüştür. İşçinin temposu % 120 olarak takdir edilmiş ve payların % 5 olduğu tahmin edilmiştir. Faaliyete ilişkin standart zamanı hesaplayınız. İşçinin bir işgününde sözkonusu işten kaç adet yapacağını hesaplayınız.

$$GZ = 3,2 \text{ dak}$$

$$D = \%120$$

$$\alpha = \%5$$

**Temel zaman:**

$$TZ = GZ \times D$$

$$TZ = 3,2 \text{ dak} \times 1,20$$

$$TZ = 3,84 \text{ dak}$$

**Standart zaman:**

$$SZ = TZ (1 + \alpha)$$

$$SZ = 3,84 \text{ dak} (1 + 0,05)$$

$$SZ = 4,032 \text{ dak}$$

**Standart üretim miktarı:**

$$SQ = \frac{T}{SZ}$$

$$SQ = \frac{480 \text{ dak}}{4,032 \text{ dak}}$$

$$SQ = 119 \text{ adet}$$

**Diğer bir yolla (\*);**

$$\text{İşçiye günde verilen pay} : 480 \text{ dak} \times 0,05 = 24 \text{ dak}$$

$$\text{İşçinin üretken süresi} : 480 \text{ dak} - 24 \text{ dak} = 456 \text{ dak}$$

$$\text{Günlük kapasite (std. Üretim)} : 456 \frac{\text{dak}}{3,84} = 118,75 \text{ adet(*)}$$

olarak hesaplanır. Standart zaman burada hareket edilerek de bulunabilir. Bunun için işgünü süresi normal zaman oranlanır.

$$SZ = \frac{480 \text{ dak}}{118,75 \text{ adet}}$$

$$SZ = 4,042 \text{ dak(*)}$$

Bu yöntemde standart zaman:

$$SZ = \frac{TZ}{1 - \alpha} = \frac{3,84 \text{ dak}}{1 - 0,05} = 4,042 \text{ dak}$$

**Örnek 12 - STANDART ZAMAN/ÜRETİM MİKTARI:**

Bir üretim ünitesinde 80 saatlik bir süre içerisinde yapılan 200 rastgele gözlem sonunda işçinin 140 kez çalışır, 60 kez boş durumda olduğu, çalışma hızının % 120 olduğu ve bu süre içerisinde 500 parça işlediği belirlenmiştir. Yapılan iş için % 15 pay kabul edildiğine göre standart üretim miktarını adet/h olarak hesaplayınız. İşçinin saat ücreti 7 TL olduğuna göre parça başı ücreti hesaplayınız.

Aynı işi başka bir tezgahta % 80 tempo ile çalışarak yapan işçinin üretim miktarı ne olur?

$$T = 80 \text{ saat} = 4800 \text{ dak}$$

$$n = 200 \text{ gözlem}$$

$$p = \frac{140}{200} 100 = \%70$$

$$q = \frac{60}{200} 100 = \%30$$

$$D = \%120$$

$$D_2 = \%80$$

$$Q = 500 \text{ adet}$$

$$\alpha = \%15$$

$$SÜ = 7 \text{ TL/h}$$

Çalışılan zaman yüzdesi % 70 olduğuna göre;

Toplam gözlenen zaman:

$$GZ_T = T \times p$$

$$GZ_T = 80 \text{ saat} \times 0,70$$

$$GZ_T = 56 \text{ saat}$$

Toplam temel zaman:

$$TZ_T = GZ \times D_1$$

$$TZ_T = 56 \text{ saat} \times 1,2$$

$$TZ_T = 67,2 \text{ saat}$$

Birim parça başına temel zaman:

$$TZ = \frac{TZ_T}{Q}$$

$$TZ = \frac{67,2 \text{ saat}}{500 \text{ adet}}$$

$$TZ = 0,1344 \text{ saat}$$

Toplam standart zaman:

$$SZ_T = TZ_T (1 + \alpha)$$

$$SZ_T = 67,2 \text{ saat} (1 + 0,15)$$

$$SZ_T = 77,28 \text{ saat}$$

Parça başına standart zaman:

$$SZ = \frac{SZ_T}{Q}$$

$$SZ = \frac{77,28 \text{ saat}}{500 \text{ adet}}$$

$$SZ = 0,1546 \text{ saat/adet}$$

Standart üretim miktarı:

$$SQ = \frac{1}{SZ}$$

$$SQ = \frac{1}{0,1546 \text{ saat}}$$

$$SQ = 6,4683 \text{ adet}$$

$$SQ \cong 7 \text{ adet/h}$$

Parça başına ücret:

$$PBÜ = \frac{SÜ}{SQ}$$

$$PBÜ = \frac{7 \text{ TL/h}}{7 \text{ adet/h}}$$

$$PBÜ = 1 \text{ TL/adet}$$

İşçinin bir diğer makinada çalışması halinde üreteceği parça sayısı:

$$SQ_2 = SQ \times D_2$$

$$SQ_2 = 6,4683 \text{ adet/h} \times 0,80$$

$$SQ_2 = 5,12 \text{ adet}$$

$$SQ_2 \cong 5 \text{ adet}$$

**Örnek 13. STANDART ZAMAN/ STANDART ÜRETİM**

Bir faaliyet etüdü sonucunda aşağıdaki veriler elde edilmiştir:

Gözlem süresi : 2400 dakika

Tempo : % 115

Çalışır oranı : % 90

Üretim miktarı : 2000 adet

Tolerans : % 25

İşçi standardın ne kadar altında ya da üstünde çalıştığını hesaplayınız.

Toplam zaman parametreleri;

$$GZt = 0,90 \times 2400 \text{ dak}$$

$$GZt = 2160 \text{ dak}$$

$$TZt = GZ \times D$$

$$TZt = 2160 \text{ dak} \times 1,15$$

$$TZt = 2484 \text{ dak}$$

$$SZt = TZ (1 + \alpha)$$

$$SZt = 2484 (1 + 0,25)$$

$$SZt = 3105 \text{ dak}$$

Parça başına standart zaman:

$$SZ = \frac{SZt}{Q}$$

$$SZ = \frac{3105 \text{ dak}}{2000 \text{ adet}}$$

$$SZ = 1,5525 \text{ dak/adet}$$

Standart üretim miktarı:

$$SQ = \frac{GZt}{SZ}$$

$$SQ = \frac{2400 \text{ dak}}{1,5525 \text{ dak/adet}}$$

$$SQ = 1546 \text{ adet}$$

İşçinin standarda göre çalışma derecesi:

$$\text{ÇD} = 1 - \frac{Q - SQ}{SQ}$$

$$\text{ÇD} = 1 - \frac{2000 - 1546}{1546}$$

$$\text{ÇD} = 0,29 = \%29$$

Buna göre, işçi, standart üretim miktarına oranla % 29 fazla üretim yapmıştır.

**Örnek 14. STANDART ÜRETİM:**

Bir mobilya üretim tesisinde zımpara makinasını kullanan işçinin, yapılan 100 gözlem sonunda 80 defa çalıştığı, 20 defa boş kaldığı anlaşılmıştır. Gözlemler 40 saatlik bir mesai boyunca rastgele zamanlarda yapılmıştır. Zaman etüdü uzmanı işçinin normalden % 15 daha yüksek tempo ile çalıştığını ve toplam toleransın % 12 olduğunu belirlemiş, bu süre içinde 200 parçaya işlem yaptığını gözlemiştir. İşçinin yaptığı işi standart işle karşılaştırınız.

Gerçek çalışma zamanı (gözlenen zaman):

$$GZt = 40 \times 60 \times 0,80 = 1920 \text{ dak}$$

$$TZ = \frac{GZtx D}{Q}$$

$$TZ = \frac{1920 \text{ dak} \times 1,15}{200 \text{ adet}}$$

$$TZ = 11,04 \text{ dak/adet}$$

$$SZ = TZ (1 + \alpha)$$

$$SZ = 11,04 \text{ dak} (1 + 0,12)$$

$$SZ = 12,365 \text{ dak/adet}$$

$$SQ = \frac{T}{SZ}$$

$$SQ = \frac{2400 \text{ dak}}{12,365 \text{ dak/adet}}$$

$$SQ = 194 \text{ adet}$$

İşçi % 20 boş kalmakla birlikte, % 15 yüksek tempo ile çalışarak, standarda göre

$$\frac{200 - 194}{194} 100 = \%3$$

daha fazla üretim yapmaktadır.

**Örnek 15. STANDART ZAMAN**

Toplam 20 saatlik bir gözlem periyodunda önceden seçilmiş hata düzeyi ve güven sınırları içinde standart zamanı hesaplanacak faaliyet için 1200 gözlem yapılması gerektiği bulunmuş olsun. Bu gözlem sonucunda işçinin % 80 çalıştığı, % 20 boşta olduğu ve ortalama temposunun % 90 olduğu saptanmış olsun. Gözlem süresi boyunca işçi 25 parça üretsin ve toleransın da % 25 olduğu varsayalım. Bu durumda faaliyetin standart zamanı ne olur?

GZ = Gözlem Zamanı = 20 saat = 20 saat x 60 dakika / saat = 1200 dakika

Ho = Tempo = % 90 = 0.90

p = Çalışma oranı = % 80 = 0.80

n = Parça Sayısı = 25 adet

e = Tolerans = % 25 = 0.25

$$SZ = \frac{GZ \times Ho \times p}{n} (1 + e)$$

$$SZ = \frac{1200dk \times 0.90 \times 0.80}{25ad} (1 + 0.25)$$

$$SZ = 43.2dk$$

**Örnek 16. STANDART ZAMAN VE GÖZLEM SAYISI**

Bir atölyede herhangi bir iş devresine ait zaman ölçümleri ile ilgili olarak yapılan 5 gözlem sonucu aşağıda verilmiştir. Hata payı % 5, güven düzeyi % 95, paylar toplamı % 15 ve ortalama tempo % 90 olarak alınmıştır.

- 1) Bu iş için gerekli standart zamanı hesaplayınız.
- 2) Yapılan gözlem sayısının yeterli olup olmadığını hesaplayarak gösteriniz.

| Sıra | Faaliyetler                 | ÖZ1 | ÖZ2 | ÖZ3 | ÖZ4 | ÖZ5 |
|------|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1    | Makine hazırlık             | 40  | 40  | 40  | 40  | 40  |
| 2    | Malzemenin depodan alınması | 90  | 85  | 92  | 86  | 99  |
| 3    | İş bağlama                  | 55  | 55  | 60  | 65  | 60  |
| 4    | İşleme                      | 100 | 95  | 98  | 93  | 96  |
| 5    | İşin sökülmesi              | 45  | 48  | 43  | 40  | 42  |
| 6    | İşin ambarlanması           | 97  | 95  | 89  | 94  | 97  |

a) Standart zaman

$$NZ = \bar{OZ} \times D; SZ = NZ (1 + \alpha)$$

|      |                             | Temel zamanlar |       |       |       |       |                 |      |                 |
|------|-----------------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-----------------|------|-----------------|
| Sıra | Faaliyetler                 | TZ1            | TZ2   | TZ3   | TZ4   | TZ5   | TZ <sub>i</sub> | a    | SZ <sub>i</sub> |
| 1    | Makine hazırlık             | 36,0           | 36,0  | 36,0  | 36,0  | 36,0  | 36,0            | 0,15 | 41,4            |
| 2    | Malzemenin depodan alınması | 81,0           | 76,5  | 82,8  | 77,4  | 89,1  | 81,4            | 0,15 | 93,6            |
| 3    | İş bağlama                  | 49,5           | 49,5  | 54,0  | 58,5  | 54,0  | 53,1            | 0,15 | 61,1            |
| 4    | İşleme                      | 90,0           | 85,5  | 88,2  | 83,7  | 86,4  | 86,8            | 0,15 | 99,8            |
| 5    | İşin sökülmesi              | 40,5           | 43,2  | 38,7  | 36,0  | 37,8  | 39,2            | 0,15 | 45,1            |
| 6    | İşin ambarlanması           | 87,3           | 85,5  | 80,1  | 84,6  | 87,3  | 85,0            | 0,15 | 97,7            |
|      | Toplam                      | 384,3          | 376,2 | 379,8 | 376,2 | 390,6 | 381,4           |      | 438,6           |

$$SZ = NZ (1 + \alpha) = 381,4 (1 + 0,15) = 438,6 s$$

b) Gözlem sayısı

$$n = \left( \frac{40 \sqrt{n' \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}}{\sum x_i} \right)^2$$

| Kareler |                             | Kareler |      |      |      |      |       |     |     |
|---------|-----------------------------|---------|------|------|------|------|-------|-----|-----|
| Sıra    | Faaliyetler                 | ÖZ1     | ÖZ2  | ÖZ3  | ÖZ4  | ÖZ5  | KT    | Top | n   |
| 1       | Makine hazırlık             | 1600    | 1600 | 1600 | 1600 | 1600 | 8000  | 200 | 0,0 |
| 2       | Malzemenin depodan alınması | 8100    | 7225 | 8464 | 7396 | 9801 | 40986 | 452 | 4,9 |
| 3       | İş bağlama                  | 3025    | 3025 | 3600 | 4225 | 3600 | 17475 | 295 | 6,4 |
| 4       | İşleme                      | 10000   | 9025 | 9604 | 8649 | 9216 | 46494 | 482 | 1,0 |
| 5       | İşin sökülmesi              | 2025    | 2304 | 1849 | 1600 | 1764 | 9542  | 218 | 6,3 |
| 6       | İşin ambarlanması           | 9409    | 9025 | 7921 | 8836 | 9409 | 44600 | 472 | 1,6 |

Gözlem sayıları 3 ve 5. faaliyetler için yetersizdir.

**Örnek 17. SATANDART ZAMAN**

Bir orman endüstrisi işletmesinde herhangi bir iş devresine ait zaman ölçümleri (ölçümler kronometre ile ve sürekli olarak yapılmışlardır) aşağıdaki gibidir. (Hesaplamalarda; hata payını % 5, güven düzeyini % 95 alınız ve hesaplamaları mevcut tempoları kullanarak yapınız)

- a) Bu iş için gerekli standart zamanı hesaplayınız.  
 b) Yapılan gözlem sayısının yeterli olup olmadığını hesaplayarak gösteriniz.  
 c) Yapılmış olan tempo taktirleri hakkındaki görüşleriniz nelerdir?

|                               | ÖZ1 | Ho1 | ÖZ2 | Ho2 | ÖZ3 | Ho3 | ÖZ4 | Ho4 | ÖZ5 | Ho5 | ÖZ6 | Ho6 |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Makinanın hazırlanması        | 50  | 0,8 | 55  | 0,7 | 52  | 0,9 | 50  | 0,7 | 50  | 0,9 | 50  | 0,8 |
| Levha istifine gitme          | 60  | 1   | 65  | 1,1 | 62  | 0,9 | 65  | 0,7 | 63  | 0,7 | 64  | 0,6 |
| Metal levhayı arabaya yükleme | 75  | 0,7 | 75  | 0,8 | 78  | 0,8 | 75  | 1   | 75  | 1,3 | 78  | 1,1 |
| Levhayı makinaya taşıma       | 95  | 0,7 | 100 | 0,6 | 98  | 0,8 | 100 | 0,9 | 95  | 0,9 | 103 | 0,7 |
| Levhayı arabadan indirme      | 110 | 0,9 | 110 | 1,1 | 107 | 1,1 | 115 | 1,2 | 112 | 1   | 115 | 1,2 |
| Levhayı makinaya bağ. ve çal. | 130 | 0,9 | 130 | 0,9 | 128 | 0,7 | 140 | 0,8 | 132 | 0,6 | 133 | 0,8 |
| CNC makinasının levhayı işl.  | 150 | 1,1 | 150 | 1,3 | 148 | 1,1 | 160 | 1   | 152 | 1,2 | 153 | 1,2 |
| İşl. Lev. Makiadan sök.-ist.  | 180 | 1   | 170 | 1   | 175 | 0,8 | 185 | 1,3 | 190 | 1   | 185 | 1   |

a) Standart zaman

$$NZ = \bar{ÖZ} \times H_o$$

$$SZ = NZ (1 + \alpha); \alpha = \%15 \text{ seçilmiştir.}$$

| Normal (temel) zamanlar |                               | TN1   | TN2   | TN3   | TN4   | TN5   | TN6   | Ort   | P    | SZi          |
|-------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--------------|
| 1                       | Makinanın hazırlanması        | 40,0  | 38,5  | 46,8  | 35,0  | 45,0  | 40,0  | 40,9  | 0,15 | 47,02        |
| 2                       | Levha istifine gitme          | 60,0  | 71,5  | 55,8  | 45,5  | 44,1  | 38,4  | 52,6  | 0,15 | 60,43        |
| 3                       | Metal levhayı arabaya yükleme | 52,5  | 60,0  | 62,4  | 75,0  | 97,5  | 85,8  | 72,2  | 0,15 | 83,03        |
| 4                       | Levhayı makinaya taşıma       | 66,5  | 60,0  | 78,4  | 90,0  | 85,5  | 72,1  | 75,4  | 0,15 | 86,73        |
| 5                       | Levhayı arabadan indirme      | 99,0  | 121,0 | 117,7 | 138,0 | 112,0 | 138,0 | 121,0 | 0,15 | 139,09       |
| 6                       | Levhayı makinaya bağ. Ve çal. | 117,0 | 117,0 | 89,6  | 112,0 | 79,2  | 106,4 | 103,5 | 0,15 | 119,06       |
| 7                       | CNC makinasının levhayı işl.  | 165,0 | 195,0 | 162,8 | 160,0 | 182,4 | 183,6 | 174,8 | 0,15 | 201,02       |
| 8                       | İşl. Lev. Makiadan sök.-ist.  | 180,0 | 170,0 | 140,0 | 240,5 | 190,0 | 185,0 | 184,3 | 0,15 | 211,89       |
| TOPLAM                  |                               | 780,0 | 833,0 | 753,5 | 896,0 | 835,7 | 849,3 | 824,6 |      | <b>948,3</b> |

$$SZ = 824,6 \times (1 + 0,15) = 948,3 \text{ saniye}$$

b) Gözlem sayısı

| Kareler                         | ÖZ12  | ÖZ22  | ÖZ32  | ÖZ42  | ÖZ52  | ÖZ62  | TOP     | n     |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|
| 1 Makinanın hazırlanması        | 2500  | 3025  | 2704  | 2500  | 2500  | 2500  | 15.729  | 2,122 |
| 2 Levha istifine gitme          | 3600  | 4225  | 3844  | 4225  | 3969  | 4096  | 23.959  | 1,259 |
| 3 Metal levhayı arabaya yükleme | 5625  | 5625  | 6084  | 5625  | 5625  | 6084  | 34.668  | 0,554 |
| 4 Levhayı makınaya taşıma       | 9025  | 10000 | 9604  | 10000 | 9025  | 10609 | 58.263  | 1,361 |
| 5 Levhayı arabadan indirme      | 12100 | 12100 | 11449 | 13225 | 12544 | 13225 | 74.643  | 1,062 |
| 6 Levhayı makınaya bağ. Ve çal. | 16900 | 16900 | 16384 | 19600 | 17424 | 17689 | 104.897 | 1,356 |
| 7 CNC makinasının levhayı işl.  | 22500 | 22500 | 21904 | 25600 | 23104 | 23409 | 139.017 | 1,023 |
| 8 İşl. Lev. Makiadan sök.-ist.  | 32400 | 28900 | 30625 | 34225 | 36100 | 34225 | 196.475 | 2,209 |

Gözlem sayıları yeterlidir.

c) Ölçülen zaman arttıkça tempo azalmalıdır. Tabloda verilen tempo değerleri bu kurala çoğunlukla uymamaktadır.

**Örnek 18. ZAMAN ETÜDÜ**

Bir orman endüstrisi işletmesinde iş etüdü uzmanı 09.00-17.00 saatleri arasında 10 dakika süreli 10 gözlem yapmıştır. İş devresine ait zaman ölçümleri kronometre ile ve sürekli olarak yapılmıştır. Tabloda derece ve ölçülen zamanlar verilmiştir. Hata payı % 5, güven düzeyini % 95, paylar % 20'dir.

|    | Elemanlar                        | ÖZ1 | D1  | ÖZ2 | D2  | ÖZ3 | D3  | ÖZ4 | D4  | ÖZ5 | D5  | ÖZ6 | D6  | ÖZ7 | D7 | ÖZ8 | D8 | ÖZ9 | D9 | ÖZ10 | D10 |
|----|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|----|-----|----|------|-----|
| 1  | Makinanın hazırlanması           | 50  | 0,8 | 55  | 0,7 | 52  | 0,9 | 50  | 0,7 | 50  | 0,9 | 50  | 0,8 | 52  | 1  | 50  | 1  | 50  | 1  | 50   | 0,8 |
| 2  | Levha istifine gitme             | 60  | 1   | 65  | 1,1 | 62  | 0,9 | 65  | 0,7 | 63  | 0,7 | 64  | 0,6 | 62  | 1  | 65  | 1  | 63  | 1  | 64   | 0,6 |
| 3  | Metal levhayı arabaya yükleme    | 75  | 0,7 | 75  | 0,8 | 78  | 0,8 | 75  | 1   | 75  | 1,3 | 78  | 1,1 | 78  | 1  | 75  | 1  | 75  | 1  | 78   | 1,1 |
| 4  | Levhayı makinaya taşıma          | 95  | 0,7 | 100 | 0,6 | 98  | 0,8 | 100 | 0,9 | 95  | 0,9 | 103 | 0,7 | 98  | 1  | 100 | 1  | 95  | 1  | 103  | 0,7 |
| 5  | Levhayı arabadan indirme         | 110 | 0,9 | 110 | 1,1 | 107 | 1,1 | 115 | 1,2 | 112 | 1   | 115 | 1,2 | 107 | 1  | 115 | 1  | 112 | 1  | 115  | 1,2 |
| 6  | Levhayı makinaya yerleştirme     | 130 | 0,9 | 130 | 0,9 | 128 | 0,7 | 140 | 0,8 | 132 | 0,6 | 133 | 0,8 | 128 | 1  | 140 | 1  | 132 | 1  | 133  | 0,8 |
| 7  | Makinanın çalıştırılması         | 30  | 1   | 35  | 1,1 | 30  | 0,9 | 20  | 1,1 | 40  | 0,8 | 24  | 1   | 30  | 1  | 20  | 1  | 40  | 1  | 24   | 1   |
| 8  | CNC makinasının levhayı işlemesi | 150 | 1,1 | 150 | 1,3 | 148 | 1,1 | 160 | 1   | 152 | 1,2 | 153 | 1,2 | 148 | 1  | 160 | 1  | 152 | 1  | 153  | 1,2 |
| 9  | Levhaların makineden sökülmesi   | 180 | 1   | 170 | 1   | 175 | 0,8 | 185 | 1,3 | 190 | 1   | 185 | 1   | 175 | 1  | 185 | 1  | 190 | 1  | 185  | 1   |
| 10 | Levhaların istiflenmesi          | 200 | 0,9 | 180 | 1   | 210 | 0,8 | 190 | 1,1 | 200 | 1   | 195 | 0,9 | 210 | 1  | 190 | 1  | 200 | 1  | 195  | 0,9 |

- 1) Bu gözlemlerin hangi tesadüfi zamanlarda yapılması gerektiğini rasgele sayılar çizelgesini kullanarak belirleyiniz (Rasgele sayılar çizelgesi kullanılarak ilk tesadüfi sayı olarak 8. satır ve 10. sütundaki sayıdır. Atlama sayısı 1'dir).
- 2) Bu iş için gerekli standart zamanı hesaplayınız.
- 3) Yapılan gözlem sayısının yeterli olup olmadığını hesaplayarak gösteriniz.

1) Devreden sayı, toplam işlem süresi gözlem süresine oranlanarak bulunur.

$$(17-9)*60 = 480 \text{ dakika}$$

$$480 \text{ dakika} / 10 \text{ dakika} = 48 \text{ adet}$$

Rastgele sayılar çizelgesinden seçilecek değerler (10 adet) 48 veya daha küçük değer olabilir. Atlama sayısı 1 olduğuna göre, rastgele sayılar cetvelinden sayılar birer atlanılarak seçilecektir.

8. satır ve 10. Sütundaki sayı 07 olup, bu sayı ilk değerdir.

Buna göre 10 sayı seçilir:

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |
| 07 | 25 | 34 | 78 | 69 | 91 | 37 | 66 | 65 | 62 |

48'den büyük ve aynı sayılar seçilmez.

Tabloda 4. 5. 6. 8. 9. ve 10. değerler 48'den büyüktür, çıkarılırlar ve bunların yerine 48'den küçük 6 yeni değer seçilir.

48, 47, 44, 19, 14, 36

Uygun değerler:

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |
| 07 | 25 | 34 | 37 | 48 | 47 | 44 | 19 | 14 | 36 |

| Sıra | Değerler | Sıralı değerler | Süre (dak)    | Gözlem saati         |
|------|----------|-----------------|---------------|----------------------|
| 1    | 07       | 07              | 7 x 10 = 70   | 09.00 + 1.10 = 10.10 |
| 2    | 25       | 14              | 14 x 10 = 140 | 09.00 + 2.20 = 11.20 |
| 3    | 34       | 19              | 19 x 10 = 190 | 09.00 + 3.10 = 12.10 |
| 4    | 37       | 25              | 25 x 10 = 250 | 09.00 + 4.10 = 13.10 |
| 5    | 48       | 34              | 34 x 10 = 340 | 09.00 + 5.40 = 14.40 |
| 6    | 47       | 36              | 36 x 10 = 360 | 09.00 + 6.00 = 15.00 |
| 7    | 44       | 37              | 37 x 10 = 370 | 09.00 + 6.10 = 15.10 |
| 8    | 19       | 44              | 44 x 10 = 440 | 09.00 + 7.20 = 16.20 |
| 9    | 14       | 47              | 47 x 10 = 470 | 09.00 + 7.50 = 16.50 |
| 10   | 36       | 48              | 48 x 10 = 480 | 09.00 + 8.00 = 17.00 |

## 2) Standart zaman

|    | Elemanlar                        | TZ1   | TZ2   | TZ3   | TZ4   | TZ5   | TZ6   | TZ7   | TZ8   | TZ9   | TZ10  | TZO   | $\alpha$ | SZi    |
|----|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|--------|
| 1  | Makinanın hazırlanması           | 40,0  | 44,0  | 38,5  | 36,4  | 46,8  | 45,0  | 35,0  | 35,0  | 45,0  | 45,0  | 41,8  | 0,20     | 50,14  |
| 2  | Levha istifine gitme             | 60,0  | 65,0  | 71,5  | 68,2  | 55,8  | 58,5  | 45,5  | 44,1  | 44,1  | 44,8  | 63,2  | 0,20     | 75,80  |
| 3  | Metal levhayı arabaya yükleme    | 52,5  | 52,5  | 60,0  | 62,4  | 62,4  | 60,0  | 75,0  | 75,0  | 97,5  | 101,4 | 58,3  | 0,20     | 69,96  |
| 4  | Levhayı makineye taşıma          | 66,5  | 70,0  | 60,0  | 58,8  | 78,4  | 80,0  | 90,0  | 85,5  | 85,5  | 92,7  | 69,0  | 0,20     | 82,74  |
| 5  | Levhayı arabadan indirme         | 99,0  | 99,0  | 121,0 | 117,7 | 117,7 | 126,5 | 138,0 | 134,4 | 112,0 | 115,0 | 113,5 | 0,20     | 136,18 |
| 6  | Levhayı makineye yerleştirme     | 117,0 | 117,0 | 117,0 | 115,2 | 89,6  | 98,0  | 112,0 | 105,6 | 79,2  | 79,8  | 109,0 | 0,20     | 130,76 |
| 7  | Makinanın çalıştırılması         | 30,0  | 35,0  | 38,5  | 33,0  | 27,0  | 18,0  | 22,0  | 44,0  | 32,0  | 19,2  | 30,3  | 0,20     | 36,30  |
| 8  | CNC makinasının levhayı işlemesi | 165,0 | 165,0 | 195,0 | 192,4 | 162,8 | 176,0 | 160,0 | 152,0 | 182,4 | 183,6 | 176,0 | 0,20     | 211,24 |
| 9  | Levhaların makineden sökülmesi   | 180,0 | 170,0 | 170,0 | 175,0 | 140,0 | 148,0 | 240,5 | 247,0 | 190,0 | 185,0 | 163,8 | 0,20     | 196,60 |
| 10 | Levhaların istiflenmesi          | 180,0 | 162,0 | 180,0 | 210,0 | 168,0 | 152,0 | 209,0 | 220,0 | 200,0 | 195,0 | 175,3 | 0,20     | 210,40 |
|    | TOPLAM                           | 630,0 | 647,5 | 701,5 | 684,1 | 640,5 | 662,0 | 677,5 | 675,6 | 677,7 | 681,5 | 660,9 |          | 793,1  |

$$SZ = 660,9 (1 + 0,20) = 793,1 s$$

## 3) Gözlem sayısı (?)

**Örnek 19. İŞ ÖLÇÜMÜ**

Bir orman endüstrisi işletmesinde 09.00 – 17.00 saatleri arasında mesai uygulanmakta olup, herhangi bir iş devresine ait zaman ölçümleri ilgili olarak 10 dakikalık sürelerle yapılan 8 gözlem sonuçları (gözlenen zaman [sn] ve tepmo değerleri) aşağıdaki tabloda verilmiştir. Hata payı % 5, güven düzeyi % 95'tir. Gözlemler rastgele yapılmış olup, rastgele sayılar çizelgesinden 9. Satır 6. Sütundaki sayıdan başlayınız ve atlama sayısını 2 olarak seçiniz.

|    | Elemanlar                        | ÖZ<br>1 | D1  | ÖZ2 | D2  | ÖZ3 | D3  | ÖZ4 | D4  | ÖZ5 | D5  | ÖZ6 | D6  | ÖZ7 | D7 | ÖZ8 | D8 |
|----|----------------------------------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|----|
| 1  | Makinanın hazırlanması           | 50      | 0,8 | 55  | 0,7 | 52  | 0,9 | 50  | 0,7 | 50  | 0,9 | 50  | 0,8 | 52  | 1  | 50  | 1  |
| 2  | Levha istifine gitme             | 60      | 1   | 65  | 1,1 | 62  | 0,9 | 65  | 0,7 | 63  | 0,7 | 64  | 0,6 | 62  | 1  | 65  | 1  |
| 3  | Metal levhayı arabaya yükleme    | 75      | 0,7 | 75  | 0,8 | 78  | 0,8 | 75  | 1   | 75  | 1,3 | 78  | 1,1 | 78  | 1  | 75  | 1  |
| 4  | Levhayı makinarya taşıma         | 95      | 0,7 | 100 | 0,6 | 98  | 0,8 | 100 | 0,9 | 95  | 0,9 | 103 | 0,7 | 98  | 1  | 100 | 1  |
| 5  | Levhayı arabadan indirme         | 110     | 0,9 | 110 | 1,1 | 107 | 1,1 | 115 | 1,2 | 112 | 1   | 115 | 1,2 | 107 | 1  | 115 | 1  |
| 6  | Levhayı makinarya yerleştirme    | 130     | 0,9 | 130 | 0,9 | 128 | 0,7 | 140 | 0,8 | 132 | 0,6 | 133 | 0,8 | 128 | 1  | 140 | 1  |
| 7  | Makinanın çalıştırılması         | 30      | 1   | 35  | 1,1 | 30  | 0,9 | 20  | 1,1 | 40  | 0,8 | 24  | 1   | 30  | 1  | 20  | 1  |
| 8  | CNC makinasının levhayı işlemesi | 150     | 1,1 | 150 | 1,3 | 148 | 1,1 | 160 | 1   | 152 | 1,2 | 153 | 1,2 | 148 | 1  | 160 | 1  |
| 9  | Levhaların makinadan sökülmesi   | 180     | 1   | 170 | 1   | 175 | 0,8 | 185 | 1,3 | 190 | 1   | 185 | 1   | 175 | 1  | 185 | 1  |
| 10 | Levhaların istiflenmesi          | 200     | 0,9 | 180 | 1   | 210 | 0,8 | 190 | 1,1 | 200 | 1   | 195 | 0,9 | 210 | 1  | 190 | 1  |

- Yapılan gözlem sayısının yeterli olup olmadığını hesaplayarak gösteriniz.
- Gözlem saatlerini belirleyiniz.
- Temel zamanları hesaplayınız.
- Standart zamanları ve toplam standart zamanı hesaplayınız.
- Yapılmış olan tempo takdirleri hakkındaki görüşleriniz nelerdir?

a) Gözlem sayısı

Ölçülen zamanlar tablosu oluşturulur.

Ölçüm zamanları (ÖZ)

|    | Elemanlar                        | ÖZ1 | ÖZ2 | ÖZ3 | ÖZ4 | ÖZ5 | ÖZ6 | ÖZ7 | ÖZ8 | TOPX |
|----|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 1  | Makinanın hazırlanması           | 50  | 55  | 52  | 50  | 50  | 50  | 52  | 50  | 409  |
| 2  | Levha istifine gitme             | 60  | 65  | 62  | 65  | 63  | 64  | 62  | 65  | 506  |
| 3  | Metal levhayı arabaya yükleme    | 75  | 75  | 78  | 75  | 75  | 78  | 78  | 75  | 609  |
| 4  | Levhayı makinaya taşıma          | 95  | 100 | 98  | 100 | 95  | 103 | 98  | 100 | 789  |
| 5  | Levhayı arabadan indirme         | 110 | 110 | 107 | 115 | 112 | 115 | 107 | 115 | 891  |
| 6  | Levhayı makinaya yerleştirme     | 130 | 130 | 128 | 140 | 132 | 133 | 128 | 140 | 1061 |
| 7  | Makinanın çalıştırılması         | 30  | 35  | 30  | 20  | 40  | 24  | 30  | 20  | 229  |
| 8  | CNC makinasının levhayı işlemesi | 150 | 150 | 148 | 160 | 152 | 153 | 148 | 160 | 1221 |
| 9  | Levhaların makinadan sökülmesi   | 180 | 170 | 175 | 185 | 190 | 185 | 175 | 185 | 1445 |
| 10 | Levhaların istiflenmesi          | 200 | 180 | 210 | 190 | 200 | 195 | 210 | 190 | 1575 |
|    |                                  |     |     |     |     |     |     |     |     |      |

$$n = \left( \frac{40 \sqrt{n' \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}}{\sum x_i} \right)^2$$

Denklemden yararlanılarak ölçüm sayıları hesaplanır.

Kareler

|    | Elemanlar                        | ÖZ1-2 | ÖZ2-2 | ÖZ3-2 | ÖZ4-2 | ÖZ5-2 | ÖZ6-2 | ÖZ7-2 | ÖZ8-2 | TOPX2  | n    | n' = 8   |
|----|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|----------|
| 1  | Makinanın hazırlanması           | 2500  | 3025  | 2704  | 2500  | 2500  | 2500  | 2704  | 2500  | 20933  | 1,8  | Yeterli  |
| 2  | Levha istifine gitme             | 3600  | 4225  | 3844  | 4225  | 3969  | 4096  | 3844  | 4225  | 32028  | 1,2  | Yeterli  |
| 3  | Metal levhayı arabaya yükleme    | 5625  | 5625  | 6084  | 5625  | 5625  | 6084  | 6084  | 5625  | 46377  | 0,6  | Yeterli  |
| 4  | Levhayı makinaya taşıma          | 9025  | 10000 | 9604  | 10000 | 9025  | 10609 | 9604  | 10000 | 77867  | 1,1  | Yeterli  |
| 5  | Levhayı arabadan indirme         | 12100 | 12100 | 11449 | 13225 | 12544 | 13225 | 11449 | 13225 | 99317  | 1,3  | Yeterli  |
| 6  | Levhayı makinaya yerleştirme     | 16900 | 16900 | 16384 | 19600 | 17424 | 17689 | 16384 | 19600 | 140881 | 1,9  | Yeterli  |
| 7  | Makinanın çalıştırılması         | 900   | 1225  | 900   | 400   | 1600  | 576   | 900   | 400   | 6901   | 84,4 | Yetersiz |
| 8  | CNC makinasının levhayı işlemesi | 22500 | 22500 | 21904 | 25600 | 23104 | 23409 | 21904 | 25600 | 186521 | 1,4  | Yeterli  |
| 9  | Levhaların makinadan sökülmesi   | 32400 | 28900 | 30625 | 34225 | 36100 | 34225 | 30625 | 34225 | 261325 | 2,0  | Yeterli  |
| 10 | Levhaların istiflenmesi          | 40000 | 32400 | 44100 | 36100 | 40000 | 38025 | 44100 | 36100 | 310825 | 3,9  | Yeterli  |

7 nolu eleman dışındaki elemanların ölçüm sayıları yeterlidir.

b) Gözlem saatlerini belirleyiniz.

Önce devir sayısı 480 dak / 10 dak = 48 devre hesaplanır (seçilecek rasgele sayılar 48 ve daha küçük olacaktır).

Rastgele sayılar çizelgesinde 9. Satır 6. Sütundaki ilk sayı 00'dan 2 atlama ile devre sayısından (48) küçük 8 sayı seçilir.

00, 13, 16, 20, 71, 77, 67, 79

Uygun sayılar : 00, 13, 16, 20

4 yeni sayı daha seçilir: 34, 52, 04, 92

Uygun sayılar: 34, 04

2 yeni sayı seçilir: 73,26

Uygun sayılar: 26

1 yeni sayı seçilir: 96

1 yeni sayılar: 35

Uygun sayı kümesi: 00, 13, 16, 20, 34, 04, 26, 35

| Sayılar | Sıralı sayılar | Gözlem Zamanı           |
|---------|----------------|-------------------------|
| 0       | 0              | 09.00 + 0 x 10 = 09.00  |
| 13      | 4              | 09.00 + 4 x 10 = 09.40  |
| 16      | 13             | 09.00 + 13 x 10 = 10.10 |
| 20      | 16             | 09.00 + 16 x 10 = 10.40 |
| 34      | 20             | 09.00 + 20 x 10 = 11.20 |
| 4       | 26             | 09.00 + 26 x 10 = 13.20 |
| 26      | 34             | 09.00 + 34 x 10 = 14.40 |
| 35      | 35             | 09.00 + 35 x 10 = 14.50 |

### c) Temel zaman

Temel zaman TZ = ÖZ x D

|    | Elemanlar                        | TZ1 | TZ2 | TZ3 | TZ4 | TZ5 | TZ6 | TZ7 | TZ8 | TZi            |
|----|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|
| 1  | Makinanın hazırlanması           | 40  | 39  | 47  | 35  | 45  | 40  | 47  | 35  | 40,89          |
| 2  | Levha istifine gitme             | 60  | 72  | 56  | 46  | 44  | 38  | 56  | 46  | 52,08          |
| 3  | Metal levhayı arabaya yükleme    | 53  | 60  | 62  | 75  | 98  | 86  | 62  | 75  | 71,33          |
| 4  | Levhayı makinaya taşıma          | 67  | 60  | 78  | 90  | 86  | 72  | 78  | 90  | 77,61          |
| 5  | Levhayı arabadan indirme         | 99  | 121 | 118 | 138 | 112 | 138 | 118 | 138 | 122,68         |
| 6  | Levhayı makinaya yerleştirme     | 117 | 117 | 90  | 112 | 79  | 106 | 90  | 112 | 102,85         |
| 7  | Makinanın çalıştırılması         | 30  | 39  | 27  | 22  | 32  | 24  | 27  | 22  | 27,81          |
| 8  | CNC makinasının levhayı işlemesi | 165 | 195 | 163 | 160 | 182 | 184 | 163 | 160 | 171,45         |
| 9  | Levhaların makinadan sökülmesi   | 180 | 170 | 140 | 241 | 190 | 185 | 140 | 241 | 185,75         |
| 10 | Levhaların istiflenmesi          | 180 | 180 | 168 | 209 | 200 | 176 | 168 | 209 | 186,19         |
|    | TOPLAM                           |     |     |     |     |     |     |     |     | <b>1038,63</b> |

### d) Standart zaman

Standart zaman SZ = TZ (1+a)

a = 0,15 OEM için

|    | Elemanlar                        | TZ1 | TZ2 | TZ3 | TZ4 | TZ5 | TZ6 | TZ7 | TZ8 | SZi            |
|----|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|
| 1  | Makinanın hazırlanması           | 46  | 44  | 54  | 40  | 52  | 46  | 54  | 40  | 47,02          |
| 2  | Levha istifine gitme             | 69  | 82  | 64  | 52  | 51  | 44  | 64  | 52  | 59,89          |
| 3  | Metal levhayı arabaya yükleme    | 60  | 69  | 72  | 86  | 112 | 99  | 72  | 86  | 82,02          |
| 4  | Levhayı makinaya taşıma          | 76  | 69  | 90  | 104 | 98  | 83  | 90  | 104 | 89,25          |
| 5  | Levhayı arabadan indirme         | 114 | 139 | 135 | 159 | 129 | 159 | 135 | 159 | 141,08         |
| 6  | Levhayı makinaya yerleştirme     | 135 | 135 | 103 | 129 | 91  | 122 | 103 | 129 | 118,28         |
| 7  | Makinanın çalıştırılması         | 35  | 44  | 31  | 25  | 37  | 28  | 31  | 25  | 31,98          |
| 8  | CNC makinasının levhayı işlemesi | 190 | 224 | 187 | 184 | 210 | 211 | 187 | 184 | 197,17         |
| 9  | Levhaların makinadan sökülmesi   | 207 | 196 | 161 | 277 | 219 | 213 | 161 | 277 | 213,61         |
| 10 | Levhaların istiflenmesi          | 207 | 207 | 193 | 240 | 230 | 202 | 193 | 240 | 214,12         |
|    | TOPLAM                           |     |     |     |     |     |     |     |     | <b>1194,42</b> |

### e) Yapılmış olan tempo takdirleri hakkındaki görüşleriniz nelerdir?

ÖZ x D = sabit

**Örnek 20. NORM KADRO**

Bir üretim ünitesinde bulunan A, B ve C iş istasyonlarında yapılan 5 gözlem sonucu ilgili iş istasyonlarında görevli işçilerin sayısı aşağıdaki tabloda verilmiştir. 5 gözlem sonunda 200 birim ürün üretilmiştir. Güven düzeyi % 95, hata payı % 5, ortalama tempo % 80'dir.

- Üretim ünitesi için norm kadroyu belirleyiniz.
- Boş işçi oranını dikkate alarak yapılacak gözlem sayısını belirleyiniz.
- Diğer oranları da belirleyerek üretim ünitesi hakkında yorumunuzu yapınız.

| A İş istasyonu |   |   |   |   |   | B İş istasyonu |    |    |   |    |    | C İş istasyonu |    |    |    |    |    |
|----------------|---|---|---|---|---|----------------|----|----|---|----|----|----------------|----|----|----|----|----|
| Gözlemler      | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Gözlemler      | 1  | 2  | 3 | 4  | 5  | Gözlemler      | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  |
| Çalışıyor      | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | Çalışıyor      | 13 | 10 | 8 | 11 | 13 | Çalışıyor      | 20 | 15 | 17 | 16 | 18 |
| Kontrol        | 3 | 3 | 2 | 3 | 1 | Kontrol        | 2  | 5  | 4 | 5  | 3  | Kontrol        | 5  | 5  | 3  | 4  | 7  |
| Hazırlık       | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | Hazırlık       | 2  | 4  | 4 | 3  | 3  | Hazırlık       | 3  | 5  | 6  | 7  | 3  |
| Boş            | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | Boş            | 3  | 1  | 4 | 1  | 1  | Boş            | 2  | 5  | 4  | 3  | 2  |

Norm kadro ve gözlem sayısını hesaplayınız ve değerlendiriniz.

**A İş istasyonu:**

|           |    |    |    |    |    |    |     |    |
|-----------|----|----|----|----|----|----|-----|----|
| Gözlemler | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | T  | %   | B  |
| Çalışıyor | 4  | 5  | 6  | 4  | 5  | 24 | 48  | 24 |
| Kontrol   | 3  | 3  | 2  | 3  | 1  | 12 | 24  | 36 |
| Hazırlık  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 10 | 20  | 46 |
| Boş       | 1  | 0  | 0  | 1  | 2  | 4  | 8   | 50 |
| Toplam    | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 50 | 100 |    |

**B İş istasyonu:**

|           |    |    |    |    |    |     |     |     |
|-----------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| Gözlemler | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | T   | %   | B   |
| Çalışıyor | 13 | 10 | 8  | 11 | 13 | 55  | 55  | 55  |
| Kontrol   | 2  | 5  | 4  | 5  | 3  | 19  | 19  | 74  |
| Hazırlık  | 2  | 4  | 4  | 3  | 3  | 16  | 16  | 90  |
| Boş       | 3  | 1  | 4  | 1  | 1  | 10  | 10  | 100 |
| Toplam    | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 100 | 100 |     |

**C İş istasyonu:**

|           |    |    |    |    |    |     |     |     |
|-----------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| Gözlemler | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | T   | %   | B   |
| Çalışıyor | 20 | 15 | 17 | 16 | 18 | 86  | 57  | 86  |
| Kontrol   | 5  | 5  | 3  | 4  | 7  | 24  | 16  | 110 |
| Hazırlık  | 3  | 5  | 6  | 7  | 3  | 24  | 16  | 134 |
| Boş       | 2  | 5  | 4  | 3  | 2  | 16  | 11  | 150 |
| Toplam    | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 150 | 100 |     |

**Norm Kadro:**

NK norm kadro; ÇS çalışan sayısı, Y çalışan yüzdesi ve D tempo olmak üzere norm kadro

Norm Kadro:

$$NK = \text{ÇS} \times \text{ÇY} \times D$$

**Genel toplama göre norm kadro:**

- Toplam işçi sayısı (TS) : 60

- Çalışan işçi sayısı (ÇS) : 54

- Boş işçi sayısı (BS) : 6

Çalışan yüzdesi:

$$\text{ÇY} = \frac{\text{ÇS}}{\text{TS}} 100$$

$$\text{ÇS} = \frac{54}{60} 100$$

$$\text{ÇY} = \%90$$

Norm kadro (Genel):

$$NK = \text{ÇS} \times \text{ÇY} \times D$$

$$NK = 54 \times 0,90 \times 0,80$$

$$NK = 39 \text{ işçi}$$

### İş İstasyonlarına Göre Ayrı Ayrı Norm Kadro:

#### A İş istasyonu:

- Toplam İşçi Sayısı : 10
- Çalışan Sayısı : 9,2
- Çalışan yüzdesi :  $(9,2/10) \times 100 = \%92$

$$NK(A) = 9,2 \times 0,92 \times 0,8 \cong 7 \text{ Kişi}$$

#### B İş istasyonu:

- Toplam işçi sayısı : 20 Kişi
- Çalışan sayısı : 18 Kişi
- Çalışan yüzdesi :  $(18/20) \times 100 = \%90$

$$NK(B) = 18 \times 0,90 \times 0,80 \cong 13 \text{ Kişi}$$

#### İş istasyonu:

- Toplam işçi sayısı : 30 Kişi
- Çalışan işçi sayısı : 26.8 Kişi
- Çalışan Yüzdesi :  $(26.8/30) \times 100 = \% 89.3$

$$NK(C) = 26.8 \times 0.893 \times 0.8 \cong 20 \text{ Kişi}$$

#### Toplam norm kadro:

$$NK = NK(A) + NK(B) + NK(C)$$

$$NK = 7 + 13 + 20$$

$$NK = 40 \text{ Kişi}^{(*)}$$

Makinalara göre hesaplanan norm kadro, genele göre hesaplanan değerden 1 fazla elde edilmiştir. Bu, her makine için sayıların ayrı ayrı yuvarlatılmasından ileri gelir. Norm kadronun, farklı tip mikalar sözkonusu olduğunda, her makine için ayrı ayrı hesaplanarak toplanması daha uygundur. Çünkü, bir makinada çalışan işçinin boş kaldığı anda, bir başka makinada çalıştırılarak işgücü dengelemesinin yapılması her zaman mümkün olmayabilir. Dengeleme sorunu olmayacağı belirgin olarak ortaya konabilmişse, böyle durumlarda genele uygulanan çözüm seçilebilir.

**Gözlem Sayısı:**

Güven düzeyi % 95 için  $Z = 1.96$

$$\sigma_p = S / Z = 5 / 1.96 = 2,55$$

$$\sigma_p^2 = \frac{p * q}{n} = \frac{p(1-p)}{n}$$

Genel çözüm:

Her iş istasyonu için ortalama gözlem sayısı:

$$n = \frac{p q}{\sigma^2}$$

$$n = \frac{90 \times 10}{(2,55)^2} \cong 139 \text{ gözlem}$$

Genele göre toplam gözlem sayısı (3 iş istasyonu):  $3 \times 139 = 417 \text{ gözlem}$

**A İş istasyonu:**

$$n(A) = \frac{92 * 8}{2.55^2} \cong 114 \text{ gözlem} > n(A)' = 50 \text{ (Gözlem yetersiz).}$$

**B İş istasyonu:**

$$n(B) = \frac{90 * 10}{2.55^2} \cong 139 \text{ gözlem} > n(B)' = 100 \text{ (Gözlem yetersiz).}$$

**C İş istasyonu:**

$$n(C) = \frac{89.3 * 10.7}{2.55^2} \cong 147 \text{ gözlem} < n(C)' = 150 \text{ (Gözlem yeterli)}$$

Makinalara göre toplam gözlem sayısı:  $114 + 139 + 147 = 400$

Yapılan toplam gözlem sayısı 300, hesaplanan gözlem sayısı 400'den küçük olup, gözleme devam edilecektir.