

# ÖĞRENMENİN MALİYET DAVRANIŞI ÜZERİNE ETKİSİ VE ÖĞRENME EĞRİSİ MALİYET DAĞITIM MODELİ

**Yrd. Doç. Dr. Metin SABAN\***  
**Yrd. Doç. Dr. Yasemin KÖSE\***

## ÖZET

*Öğrenmenin Maliyet Davranışı Üzerine Etkisi Ve Öğrenme Eğrisi Maliyet Dağıtım Modeli*

Teknolojik gelişmelerden sürekli olarak etkilenen bir üretim sürecinde maliyetlerin tahmin edilmesi geçmiş dönem verilerinden daha fazlasını gerektirir. Özellikle işgücü etkinliğindeki değişikliklerden dolayı gelecekteki işgücü maliyetlerinin tahmini güçleşir. Bu durum çalışanların yaptıkları işi zamanla öğrenmelerinden kaynaklanır. İlk olarak II. Dünya Savaşı sırasında Havacılık Endüstrisinde gözlemlenen bu olgu literatürde öğrenme eğrisi etkisi olarak bilinmektedir.

Öğrenme etkisinin mevcut olduğu işkollarında bu etkiden kaynaklanan birim başına maliyetlerdeki düşüş oranı belirlenebilmektedir. İşte bu çalışmada, öncelikle üretim maliyetlerinde öğrenme eğrisinin etkisi açıklanmakta, öğrenme eğrisi modeli hem grafik hemde matematik yöntemlerle incelenmektedir. Daha sonra, öğrenme etkisinin bulunduğu endüstrilerden denizcilik endüstrisinde farazi bir işletmede, üretim maliyetlerinin tahmin edilmesi ve dağıtımına ilişkin bir örneğe yer verilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Üretim Maliyetleri, Öğrenme Eğrisi Modeli, Denizcilik Endüstrisi.

## ABSTRACT

*The Learning Effect on Production Costs and Learning Curve Cost Allocation Model*

When predicting costs for a production process in which technological developments take place, one needs more than past data. In particular, changes in the efficiency of the labour force may not be suitable for estimating future labour costs. Such a situation may occur when workers become familiar with the work which they perform. Thus the production of each unit requires less labour time. This phenomenon was first observed in Aircraft Industry during the World War II. It is now known as the **learning curve effect**.

When the learning effect is present, then a regular rate of decline in cost per unit production can be determined. In this study, the learning curve effect on production costs is explained. This is followed by a learning curve model which is examined both graphically and mathematically. Production cost and cost allocation models in industries with learning curve is considered through a hypothetical sample of Armada Denizcilik Ltd. Şti.

**Key Words:** Production Costs, Learning Curve Model, Shipping Industry.

\* ZKÜ Çaycuma İİBF İşletme Bölümü Muhasebe ve Finansman Anabilim Dalı Öğretim Üyesi.

**1- GİRİŞ**

**Y**irminci yüzyılın son çeyrek diliminde yaşanan ekonomik ve teknolojik gelişmeler işletmelerin iş ortamında köklü değişimlerine neden olmuştur. Bu ortamda çalışan işletmeler daha karmaşık üretim teknolojileri kullanmakta ve üretimde geleneksel iş gücü yerini otomasyona dayalı gelişmiş makineler ve robotlara bırakmaktadır. Yeni endüstriyel ortamda el emeğine dayalı insan gücü yerine bilgiye dayalı işgücü istihdam edilmektedir. İnsan gücündeki niceliksel azalış karşısında yüksek ücretli nitelikli iş gücü gereksiniminin artması, gerek üretim maliyetleri içerisindeki işgücü maliyetleri ve gerekse diğer maliyet kalemlerinin oluşumu açısından iş gücüne büyük bir özen gösterilmesini gerektirmektedir.

Rekabetin şiddetinin giderek arttığı günümüz iş ortamında başarılı olmak isteyen işletmeler sürekli yenilik ve maliyet düşürme baskısı altında bulunmaktadır. Maliyetlerin düşürülmesinde yeni teknolojik yatırımlar, işletmeler arası stratejik işbirliği ve uzmanlaşma, ölçek ekonomisi ve yeni üretim yöntem ve teknolojilerinden yararlanma önemli rol oynamaktadır. Maliyetlerin düşürülmesinde rol oynayan diğer bir unsur ise üretimde öğrenmenin ve tecrübenin sağladığı tasarruflardır.

Yeni bir işe ilk kez başlandığında ya da yeni üretim yöntem ve teknolojilerine geçildiğinde çalışanlar zamanla üretim miktarının artmasına paralel olarak işi öğrenecekler, deneyim ve tecrübe kazanacaklardır. Bunun sonucu olarak faaliyet ilerledikçe elde edilen öğrenme sayesinde zaman ve maliyet tasarrufu sağlanacaktır. Öğrenme etkisi olarak ifade edilen bu olgu işe alışmanın neden olduğu olumlu gelişmedir.

Öğrenme etkisi kavramı havacılık endüstri-

risine T.B.Wright'ın Şubat 1936'da Journal of Aeronautical Science dergisinde yayımlanan bir makalesiyle girmiştir. Wright uçak montaj üretiminde maliyet tahmin için temel teoriyi açıklamıştır. O zamandan beri öğrenme eğrileri (aynı zamanda gelişme fonksiyonu olarak bilinmektedir) basit görevlerden Uzay Mekiği üretimi gibi karmaşık işlere kadar bütün iş tiplerine uygulanmaktadır<sup>1</sup>.

**2- ÖĞRENME EĞRİSİ KAVRAMI**

Bir çok üretim sürecinde, üretim etkinliği deneyimle artmaktadır. Kümülatif üretim çıktısı arttığında birim başına gerekli işçilik süresi azalmaktadır. Bu olgunun grafiksel ifadesi öğrenme eğrisi olarak adlandırılmaktadır<sup>2</sup>. Öğrenme veya tecrübe eğrisi, her hangi bir mamulün üretilen bir birimin işçilik veya maliyetinin, o mamulün toplam üretim miktarıyla karşılaştırılmasıyla elde edilen bir çizgidir. Burada öğrenme (tecrübe) kavramı, işletmenin üretim veya satışının artmasıyla elde ettiği tecrübeler ve dolayısıyla maliyetlerdeki azalmaları ifade etmektedir<sup>3</sup>.

Uygulamada öğrenme eğrisi (learning curve) veya gelişme eğrisi (improvement curve) adları verilen bu eğrinin temel prensibi üretilen kümülatif miktar iki katına ulaştığında işlem süresinin sabit bir oranda azaldığı görüşüne dayanmaktadır. İşlemin karmaşıklığı, üretim yöntemi v.b. gibi faktörler sürenin azalma hızını gösteren sabit oranın değerini etkiler<sup>4</sup>. Öğrenme eğrisinin özellikle şu tür faaliyetleri etkilediği bilinmektedir<sup>5</sup>:

- i) Tekdüze üretim tekniğinin dışında işlem gerektiren özel sipariş işlemleri
- ii) Yeni çalışanlar ya da çalışan kişilerin alışagelmediği yöntemle gerçekleşen faaliyetler

1 <http://www.jsc.nasa.gov/bu/2/learn.html>, Cost Models-Learning Curve Calculator.

2 Hilton, Ronald W. Managerial Accounting, Fourth Edition, Irwin McGraw-Hill, International Edition 2000, s.263.

3 Dinçer, Ömer, Stratejik Yönetim ve İşletme Politikası, Genişletilmiş 5. Baskı, İstanbul 1998, s.262.

4 Kobu, Bülent, Üretim Yönetimi, 9. Baskı, İ.Ü. İşletme İktisadi Araştırma ve Yardım Vakfı Yayın No:01, İstanbul 1996, s.396-397.

5 Sevgener, A.Sait- Hacırüstemoğlu, Rüstem, Yönetim Muhasebesi, 5. Baskı, Alfa Basım Yayımları Dağıtım, İstanbul 1998, s.81.

- iii) İşletmece daha önce kullanılmayan ya da kullanılış şeklinin dışında kullanılması zorunlu direkt maddelerin varlığı
- iv) Kısa aralıklarla gerçekleştirilen özel siparişler.

Öğrenme eğrisi ilk olarak uçak endüstrisinde kullanılmaya başlanmış oradan diğer alanlara yayılmıştır. Bu tekniğin en uygun olarak kullanılabildiği alanlar pahalı, uzmanlık gerektiren teçhizatın üretildiği ve bünyesinde montaj işçiliği tutarının önemli yer tuttuğu sanayi dallarıdır<sup>6</sup>. Öğrenme eğrisi bir çok sektörde uygulanmasına karşın onun etkisinin çok fazla güçlü olduğu sektörler işin gidişi makineler tarafından değil de insanlar tarafından belirlenen yerdeki tekrarlanan ve karmaşık işlemlerin olduğu sektörlerdir. Eğer işin gidişi makineler tarafından belirleniyorsa makineler değil, insanlar öğrenildiği için öğrenme etkisi gözlenmeyecektir. Öğrenme etkisinin güçlü olduğu sektörler örnek olarak uzay, elektronik, gemi yapımı, konstrüksiyon, savunma endüstrisi gösterilebilir<sup>7</sup>.

Öğrenme eğrisi, insanın daha fazla ağırlık taşıdığı karmaşık montaj işlemlerinde geçerli sonuçlar verir. İşlemlerin önemli bir bölümünün makine tarafından yapılması halinde öğrenmenin süre üzerindeki etkisi azalır. Bu tip işlemlerin öğrenme eğrisi yaygın olur. Yani işlem süresinin birim zamandaki azalma miktarı yani sabit azalma oranı daha küçük olmaktadır<sup>8</sup>. Öğrenme eğrisinin belirleyicisi olan öğrenme yüzdesi benzer ürünlerin fiili maliyet verilerinin istatistiksel analizi yoluyla belirlenmektedir. Öğrenme eğrisinin tipik değerleri aşağıdaki gibi olabilmektedir<sup>9</sup>.

% 75 elle montaj, % 25 makine ile= % 80 öğrenme etkisi

% 50 elle montaj, % 50 makine ile= % 85 öğrenme etkisi

% 50 elle montaj, % 75 makine ile= % 85 öğrenme etkisi

### 3- Öğrenme Etkisinin Maliyet Davranışı Üzerine Etkisi

Şirketler, çalışanların çeşitli görevleri yerine getirirken deneyim kazandıklarında doğrusal olmayan sistematik bir maliyet fonksiyonu bulmuşlardır. Çalışanları deneyimleri arttırdığında verimlilik artmakta ve birim başına maliyet düşmektedir. Deneyim veya öğrenme direkt olarak direkt işçilik maliyetini etkilerken, aynı zamanda dolaylı olarak direkt işçilikle ilgili bakım-onarım ve diğer bir çok maliyetleri de etkilemektedir. Aynı derecede, malzeme maliyetleri de bozuk ürün ve artıkların azaltılmasından dolayı etkilenebilmektedir<sup>10</sup>.

Bu durumda birim değişken maliyetler faaliyet düzeyi arttıkça düşerler. Bu zaman içinde işe alışmanın neden olduğu azalışlardır. İşte öğrenme etkisi olarak belirleyebileceğimiz bu etki belirli bazı maliyetlerle zaman içinde kümülatif üretimle, kümülatif birim maliyetlerin arasında bir ilişkinin varlığını simgelemektedir. Öğrenme eğrileri, faaliyette zaman içindeki etkinliğin birim maliyetlerde oluşturduğu azalışlardır<sup>11</sup>.

Yeni bir üretim tekniği uygulandığında çalışanlar ve gerçekleştirdikleri yöntemlerin her ikisinde denenmemiştir. İşlem tekrar edildiğinde, çalışanlar işe daha yakın olmakta, etkinlikleri artmakta ve birim başına işçilik maliyeti düşmektedir. Bu süreç devam ettiği zaman birim maliyetlerdeki düzenli azalış oranı başlangıçta belirlenebilir. Bu azalış oranı gelecekteki direkt işçilik maliyetlerini tahmin etmekte kullanılabılır. Öğrenme süreci ilk birimin üretim hattından çıktığı noktada başlamaktadır. Bu başlangıçtan sonra, kümülatif üretim iki katına çıktığında, kümülatif üretimin her bir birimini üretmek için gerekli ortalama zaman, bir önceli kümülatif üretimin her bir biriminin ortalama zamanının belirli bir yüzdesi olacaktır<sup>12</sup>. İşlemin tekrar edil-

6 Backer, Morton-Jacobsen, Lyle, Yönetim Açısından Maliyet Muhasebesi, 2. Baskı, Çev. Sadık Baklacioğlu, Beta Basım/Yayın Dağıtım, İstanbul 1983, s. 559.

7 Steven, G.J., "learning curve from aircraft to spacecraft?" Napier University, <http://www.icbl.hw.ac.uk/inside/sim/lc.html>

8 Kobu, Bülent, a.g.e., s.400

9 <http://www.jsc.nasa.gov/bu2/learn.html>, Cost Models-Learning Curve Calculator.

10 Maher, Michael W.-Deakin, Edward B., Cost Accounting, Fourth Edition, Irwin 1994, s.379.

11 Sevgener, A.Sait-Hacıüstemoğlu Rüstem, a.g.e., s.80.

12 Drury, Colin, Management and Cost Accounting, Fourth Edition, Thomson Business Press, s.687.

mesiyle kazanılan deneyimlerin maliyet üzerindeki etkileri bir öğrenme oranı ile özetlenebilir. Bu oran genellikle aşağıdaki denklemle ifade edilir<sup>13</sup>.

$$\text{Öğrenme Oranı} = \frac{\text{İlk 2 x için ortalama işçilik maliyeti}}{\text{İlk x için ortalama işçilik maliyeti}}$$

Deneyimler herhangi bir mamulün 1 birimini üretmek için harcanan zamanın tüm deneyim kazanıldığı ana kadar sabit bir oranda azalmaya devam edeceğini göstermiştir<sup>14</sup>. Bu gelişme bir sınırı olmakla birlikte, uygulama göster-

yeni makinenin imalatında da %80 öğrenme eğrisinin gerçekleşeceğini beklemektedir.

Yapılan araştırmada ilk teknenin üretimi için 1250 direkt işçilik saati (DİS) çalışacağı beklenmektedir. Yeni bir sipariş daha alındığında, yani kümülatif üretim miktarı iki katına çıktığında kümülatif ortalama işçilik süresinin 1000 DİS (1250 DİS x 0,80) ve kümülatif toplam sürenin 2000 DİS olacağı ve bu son tekne için gerekli ilave sürenin 750 DİS (2000-1250) beklenmektedir. İşletmenin yeni siparişler beklediği göz önünde tutulursa, buna göre şöyle bir tablo hazırlayabiliriz.

**Tablo 1: %80 Öğrenme Eğrisi ile DİS.**

| Üretim Miktarı (X) | Kümülatif Ortalama DİS (Y) | Kümülatif Toplam DİS | İlave DİS |
|--------------------|----------------------------|----------------------|-----------|
| 1                  | 1250                       | 1250                 | 1250      |
| 2                  | 1000 (1250 x 0,80)         | 2000                 | 750       |
| 4                  | 800 (1000 x 0,80)          | 3200                 | 1200      |
| 8                  | 640 (800 x 0,80)           | 5120                 | 1320      |
| 16                 | 512 (640 x 0,80)           | 8192                 | 3072      |

mektedir ki faaliyet hacminin geniş bir aralığında geçerli olmaktadır<sup>15</sup>. Maliyetler çoğu kez öğrenme eğrisinin etkisi altındadır. Ancak zaman aralığının uzaması ve faaliyetlerin tekdüze olarak gelişmesinde öğrenme eğrilerinin olumlu etkisi azalmakta ve birim maliyetler sabitleşmektedir<sup>16</sup>.

#### 4- Öğrenme Eğrisi Modeli

Tekne imalatı ile uğraşan Armada Denizcilik Ltd.Şti. işletmesi bir müşterisinden yeni bir tekne siparişi almıştır ve müşteri ileride yeni tekne siparişlerinde bulunacaktır. İşletme benzer teknelerden daha önceden üretmiş olup,

Tablodan görüldüğü gibi üretim miktarı kümülatif olarak iki katına çıktığında birim başına kümülatif ortalama DİS azalmaktadır. Üretim miktarındaki değişme ile öğrenmenin faaliyet düzeyindeki etkisini gösteren bu ilişkiyi matematiksel olarak saptayabilir ve grafik üzerinde görsel olarak gösterebiliriz.

##### 4.1. Grafik Yöntem

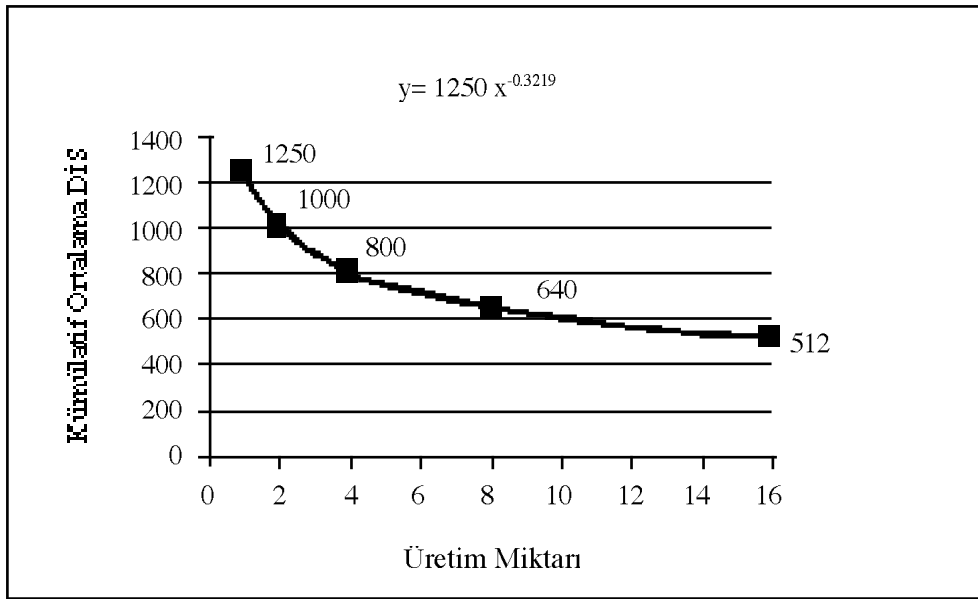
Üretim miktarı ile faaliyet hacmi arasındaki öğrenmenin etkisini kümülatif ortalama DİS ve toplam DİS üzerinde yol açacağı gelişmeyi ayrı ayrı şu şekilde gösterebiliriz.

13 Bursal, Nasuhi-Ercan Yücel, Maliyet Muhasebesi İlkeler ve Uygulama, Sekizinci Basım, Der Yayınları, İstanbul 2000, s.173.

14 Gürsoy, Cudi Tuncer, Yönetim ve Maliyet Muhasebesi, Lebib Yayınları, İstanbul 1997, s.291.

15 Bursal, Nasuhi-Ercan Yücel, a.g.e., s.173.

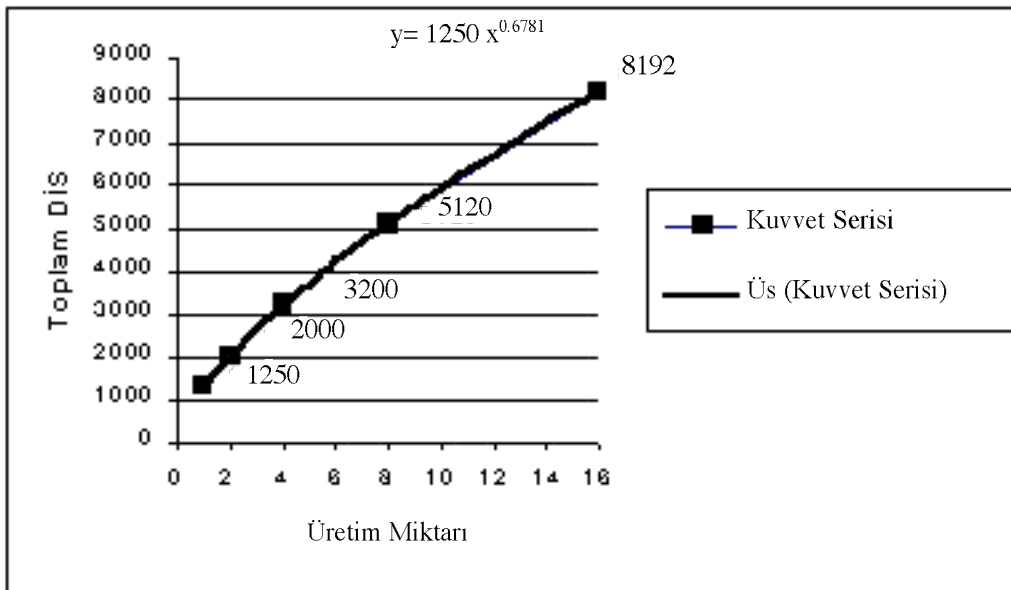
16 Sevgener, A.Sait-Hacıüstemoğlu Rüstem, a.g.e., s.80.



**Şekil-1 Birim Başına Kümülatif Ortalama DİS (%80'lik öğrenme eğrisi)**

Şekil 1'de yatay ekseninde kümülatif üretim miktarı dikey ekseninde ise kümülatif ortalama DİS yer almaktadır. Her iki ekseninde kümülatif üretim miktarı ve faaliyet hacimlerinin keştiği noktalar işaretlenip birleştirildiğinde öğrenmenin etkisi daha açık görülebilmektedir. İlk kümülatif üretim miktarı iki katına çıktığında kümülatif ortalama DİS hızla düşmekte, daha sonra kümülatif üretim miktarı iki katına çıktığında

şında kümülatif ortalama DİS hızla düşmekte, daha sonra kümülatif üretim miktarı arttığında düşme hızı yavaşlamakta ve öğrenmenin etkisi gittikçe azalmaktadır. Grafikte kümülatif ortalama DİS'nin hızla düştüğü üretim aralığına öğrenme aşaması, söz konusu değerlerin kararlı bir düzeye eriştiği üretim aşamasına ise olgunluk aşaması adı verilebilir<sup>17</sup>.

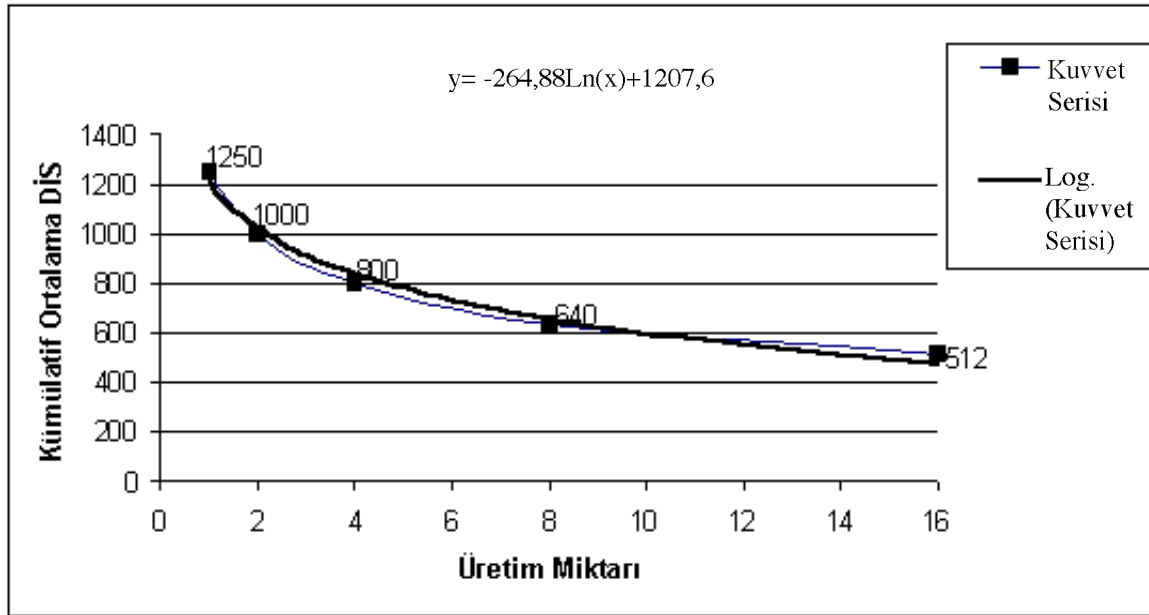


**Şekil-2 Kümülatif Toplam DİS (%80'lik Öğrenme Eğrisi)**

17 Gürsoy, Cudi Tuncer, a.g.e., s. 293.

Şekil 2’de kümülatif üretim miktarındaki değişimin öğrenmenin toplam DİS üzerindeki etkisini yansıtmaktadır Şekil 2’den görüldüğü gibi kümülatif üretim arttığında toplam DİS öğrenmenin etkisi ile eğrisel bir artış göstermektedir. Bu eğri birim başına kümülatif ortalama DİS olarak gösterilen Şekil 1’de negatif eksponansiyel iken, burada şekil pozitif eksponansiyeldir.

Üretim hacmindeki kümülatif artışların faaliyet hacmi üzerindeki etkiler yukarıdaki gibi aritmetik grafiklerle saptanabileceği gibi, logaritmik grafiklerle de saptanabilir. Logaritmik grafiklerde kümülatif değişim, aritmetik grafiğin aksine asimtotik doğru olarak görülmektedir<sup>18</sup>. Örneğimizdeki işletmenin kümülatif ortalama direkt işçilik saatinde meydana gelen gelişmeler Şekil 3’de logaritmik olarak açıklanmıştır



Şekil-3 Kümülatif Ortalama DİS Logaritmik Grafiği

18 Sevgener, A.Sait-Hacıüstemoğlu Rüstem, a.g.e., s.81.

Öğrenme eğrisi zamanı vurgulamasına karşın, aynı derecede maliyetler için kolaylıkla genişletilebilir<sup>19</sup>. Bazen öğrenme eğrisi kavramı işçilik maliyetinden çok maliyetlerin geniş bir seti için uygulanır. O zaman olay daha çok deneyim eğrisi (experience curve) olarak anılır. Grafikte dikey eksendeki işçiliği değişken genel imalat maliyeti olarak değiştirdiğimizde grafik deneyim eğrisi olarak adlandırılır.<sup>20</sup>

#### 4.2. Matematiksel Yöntem

Ortalama öğrenme eğrisi modeli matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$Y_x = aX^b$$

$Y_x$  = X birimin üretilmesi için gerekli ortalama DİS

a = İlk birimin üretilmesi için harcanan DİS

x = Kümülatif üretim miktarı

b = Öğrenme endeksi (ln öğrenme oranı/ln 2)

Söz konusu eğrisel fonksiyonu, daha iyi izleyebilmek için logaritmik bir fonksiyon olarak ifade edecek olursak, fonksiyonumuz şu şekilde olacaktır:

$$\log y = \log a + b \log x$$

Öğrenme endeksi b, her hangi bir iş için saptanan öğrenme oranının logaritmasının loga-

ritma 2'ye bölünmesi yoluyla bulunur. Örneğin % 80'lik bir öğrenme eğrisinde öğrenme endeksinin şu şekilde saptayabiliriz.

$$b = \frac{\log 0,80}{\log 2} = \frac{-0,223}{0,693} = -0,322$$

Hesaplanan bu oran sabit olup, %80'lik bir öğrenme oranında her hangi bir üretim miktarı için gerekli kümülatif ortalama işçilik süresinin hesaplanmasında bu oran daima kullanılacaktır

Örneğimizde 4 birimlik üretim için gerekli kümülatif ortalama DİS'ni hesaplamak istediğimizde

$$Y_4 = 1250 \times 4^{-0,322} = 800 \text{ DİS bulunacaktır}$$

Aynı şekilde kümülatif üretim miktarı için gerekli toplam DİS ise aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanabilir:

$$T_x = YX = a \times b+1$$

Değişik öğrenme eğrileri için hesaplanan b ve b+ 1 değerleri uygulama kolaylığı açısından aşağıda Tablo 2'de verilmiştir.

19 <http://www.jsc.nasa.gov/bu2/learn.html>, Cost Models-Learning Curve Calculator.

20 Hilton, Ronald W., a.g.e., s.264.

**Tablo 2: Değişik Öğrenme Oranları İçin Öğrenme Endeksi Katsayıları**

| Öğrenme Oranı | b       | b+1   |
|---------------|---------|-------|
| % 75          | - 0,415 | 0,585 |
| % 76          | - 0,396 | 0,604 |
| % 77          | - 0,377 | 0,623 |
| % 78          | - 0,359 | 0,641 |
| % 79          | - 0,340 | 0,660 |
| % 80          | - 0,322 | 0,678 |
| % 81          | - 0,304 | 0,696 |
| % 82          | - 0,286 | 0,714 |
| % 83          | - 0,269 | 0,731 |
| % 84          | - 0,252 | 0,748 |
| % 85          | - 0,235 | 0,766 |
| % 86          | - 0,218 | 0,782 |
| % 87          | - 0,201 | 0,799 |
| % 88          | - 0,184 | 0,816 |
| % 89          | - 0,168 | 0,832 |
| % 90          | - 0,152 | 0,848 |
| % 91          | - 0,136 | 0,864 |
| % 92          | - 0,120 | 0,880 |
| % 93          | - 0,105 | 0,895 |
| % 94          | - 0,089 | 0,911 |
| % 95          | - 0,074 | 0,926 |
| % 96          | - 0,059 | 0,941 |
| % 97          | - 0,044 | 0,956 |
| % 98          | - 0,029 | 0,971 |
| % 99          | - 0,015 | 0,985 |
| % 100         | - 0,000 | 1,000 |

Yandaki örneğimizde 4 birimlik gerekli üretim miktarı için gerekli kümülatif DİS toplamını formül yardımıyla aşağıdaki gibi hesaplayabiliriz.

$$T4 = 1250 \times 4 \cdot 0,678 = 3200 \text{ DİS}$$

Belli bir işlem için gerekli, kümülatif çalışma hacmi belirlendikten sonra ilave üretim için gerekli ilave çalışma hacmi ise bir önceki üretim miktarının kümülatif toplamından düşülerek hesaplanabilir. Matematiksel açıdan bunu şu şekilde formüle edebiliriz.

$$I_x = a [ x \cdot b+1 - (x-1) \cdot b+1 ]$$

Buna göre 4 birimin üretilmesi için gerekli ilave çalışma süresini formül yoluyla hesaplamak istersek:

$$I4 = 1250 [ 4 \cdot 0,678 - (4 - 1) \cdot 0,678 ]$$

$$= 567 \text{ DİS olacaktır}$$

Matematiksel çözümde logaritmik tablolar veya üstel fonksiyonlu hesap makineleri kullanılarak herhangi bir üretim miktarı için gerekli süre kolaylıkla hesaplanabilmektedir. Örneğimizdeki işletmenin kümülatif 5 ve 10 birimlik üretimleri için, kümülatif ortalama DİS aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$Y5 = 1250 \times 5 \cdot 0,322$$

$$= 744 \text{ DİS}$$

$$Y10 = 1250 \times 10 \cdot 0,322$$

$$= 596 \text{ DİS}$$

İşletmenin şu an öğrenme eğrisinin hangi noktasında bulunduğu bilinmesi, bu aşamadan sonra alacağı siparişler için gerekli çalışma saatlerinin tahmin edilmesi için önemlidir. Örneğin işletmenin şu ana kadar 5 birimin üretimini tamamladığını ve 5 birimlik yeni bir sipariş aldığını varsayalım. Yeni sipariş için gerekli sü-



reyi tahmin edebilmek için toplam 10 birim için gerekli kümülatif DİS' den şu ana kadar gerçekleştiren 5 birim için harcanan kümülatif DİS' ni çıkararak tahmin edebiliriz.

Toplam 10 birim için gerekli DİS 10 br x 596 DİS = 5960 DİS

Toplam 5 birim için harcanan DİS 5 br x 744 DİS = 3720 DİS

Ek 5 birim için gerekli DİS 2240 DİS

Buna göre ek siparişimiz için gerekli faaliyet hacmi, öğrenme etkisi nedeniyle 2240 DİS olarak bütçelenecektir.

### 5- ÖĞRENME EĞRİSİ MALİYET DAĞITIM MODELİ

Bir ürünün üretim maliyetleri öğrenme eğrisini izlediğinde, üretilen ürünlerin fiili maliyetlerinin oranı ürünün yaşam dönemi boyunca azalır. Üretim sürecinin biri fiziksel diğeri fiziksel olmayan ( maddi olmayan) olmak üzere iki ortak ürünü vardır. Fiziksel ürünler satılmak için üretilen birimlerdir. Fiziksel olmayan ürün ise ilave üretilecek ürünlerin zaman ve malzeme giderlerini düşürerek üretme yeteneğidir. Bu fiziksel olmayan varlıklar firmaya veya işe özel varlıklardır Bunlar ileride ortaya çıkacak maliyetleri azalttıkları için bir değerdir Organizasyon know-how' u elde eder etmez fiziksel olmayan varlığın değeri süratle yükselir<sup>21</sup>.

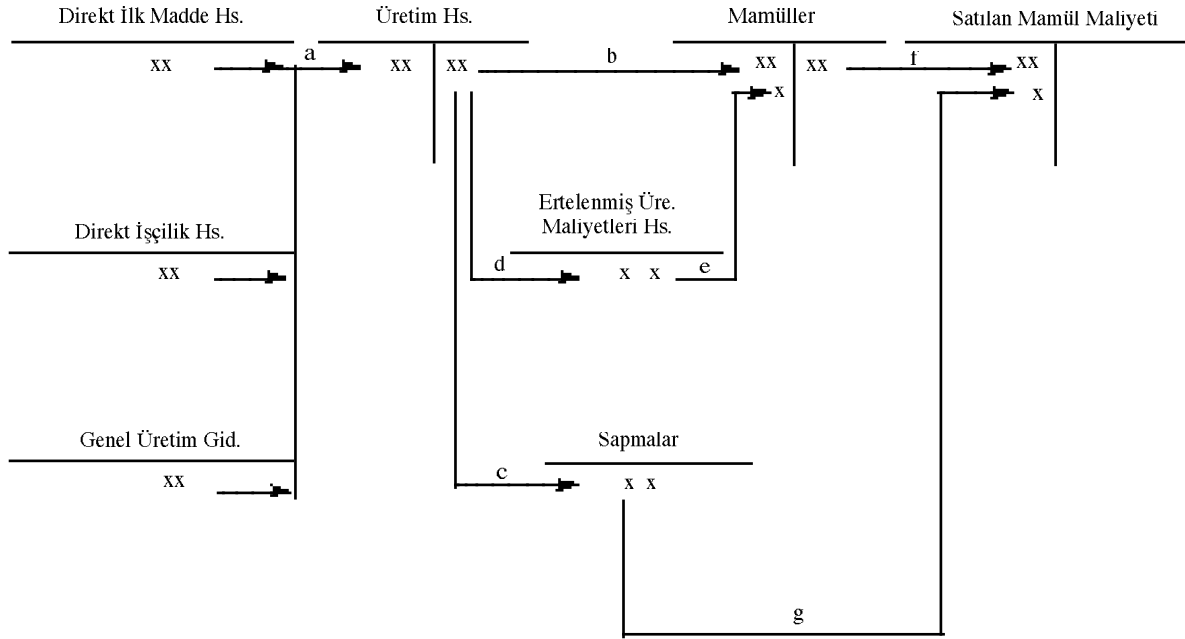
Şu anki muhasebe prosedürleri bu fiziksel olmayan varlıkların raporlanmasına olanak sağlamamaktadır. Muhasebe raporlarında dönemde satılan malların maliyeti ile satışlar karşılaştırılmakta ve sonuçta satılan ve üretilen birimlerin maliyetlerinde büyük farklılıklar ortaya çıkmaktadır Ürün maliyetleri öğrenme etkisi altında kaldığında başlangıç dönemlerinde yüksek ve daha sonraki dönemlerde üretilen birimlerin kümülatif ortalama maliyetleri daha düşüktür.

Eğer işletme sabit fiyatlarla mallarını satıyorsa ve maliyetler öğrenme etkisi altında ise bu durumda işletmenin kârları da ürünün yaşam döneminin bulunduğu aşamaya göre değişecektir. Bunun sonucu olarak işletmenin raporlanan kârları başlangıç dönemlerinde düşük ve daha sonraki dönemlerde yüksek olacaktır Maliyetlerde ve kârlarda ortaya çıkan bu dönemsel farklılıklar işletme yönetimi ve yatırımcıların kararları açısından onları yanlış yönlere sevk edebilir. Bunun sebebi ise dönemsel olarak gelirleri ve maliyetleri eşleştiren geleneksel muhasebe yöntemleridir.

Öğrenme eğrisi maliyet dağıtım modeli bir ürünün beklenen tüm yaşam döneminin maliyetlerini üretimin ilk birkaç birimin maliyeti esaslı üzerinden öngörmektedir Bu bilgi kullanılarak her bir birimi öngörülen maliyeti ve beklenen üretimin tahmini ortalama birim maliyeti arasında karşılaştırmalar yapılır Üretimde yer alan her bir birimin öngörülen maliyeti, beklenen bütün üretimin tahmini ortalama birim maliyeti üzerindeki herhangi bir fazlalık ertelenmiş üretim maliyetleri hesabına yüklenir ve bütün üretimin tahmini ortalama birim maliyetine eşit bir tutar stoklara yüklenir. Öngörülen birim maliyetler, beklenen bütün üretimin tahmini ortalama birim maliyetinden daha az olduğunda, bu fark ertelenmiş üretim maliyetleri hesabından düşürülür ve stoklara beklenen bütün üretim tahmini ortalama birim maliyetine eşit bir tutar yüklenir. Üretimde fiili ve öngörülen maliyetler arasında her hangi bir fark yer aldığında modelde meydana gelen bir parametredeki bir değişiklik olmaksızın dönemsel sapma olarak kaydedilir. Gerçekte öngörülen birim maliyetler standart maliyetler olur<sup>22</sup>. Öğrenme eğrisi maliyet dağıtım modelinde hesapların işleyişini aşağıdaki Şekil 4' de görüldüğü gibi akım şemasında gösterebiliriz.

21 Morse, Wayne J., Reporting Production Cost That Follow the Learning Curve Phenomen, The Accounting Review, October 1972, s.762.

22 Morse, Wayne J., a.g.e., s.764.



**Şekil – 4 Öğrenme Eğrisi Maliyet Dağıtım Modeli Maliyet Akım Şeması**

- a- Fiili maliyetler
- b- Öngörülen birim maliyet veya beklenen bütün üretimin tahmini ortalama maliyetinden hangisi düşükse
- c- Fiili maliyetle öngörülen maliyet arasındaki fark
- d- Beklenen bütün üretimin tahmini ortalama birim maliyetine nazaran öngörülen maliyetlerdeki fazlalık
- e- Öngörülen birim maliyetlere nazaran, beklenen bütün üretimin tahmini ortalama birim maliyetlerindeki fazlalık
- f- Dönemde satılan
- g- Dönemde katlanılan satılan mamulün maliyeti

Öğrenme eğrilerinin standart maliyetten farklılığının vurgulanması gerekmektedir. Standart maliyetlerin kısa dönemli teknik ve özel bazı yargılardan oluşturulmasına ve işletmece

kontrol edilebilir faktörleri içermesine rağmen, öğrenme eğrileri işletmenin kontrolü dışındaki etkileri de kapsar. Başka bir ifade ile öğrenme etkisinin sıfıra indiği noktada saptanan geliştirilmiş maliyetler standart maliyetlerdir. Öğrenme eğrilerinde vurgulanmak istenen faaliyetin başlangıcı ile ilerleyişi arasındaki zaman aralığında gözlenen olumlu gelişmedir. Standart maliyetler ise tekdüze bir faaliyette olması gerekenin belirlenmesidir<sup>23</sup>.

#### ÖRNEK

Armada Denizcilik Ltd.Şti. tekne imalatı faaliyetiyle uğraşmaktadır. İşletme 2000 yılı sonlarında ilk 5 adedi 2001 yılında geri kalan 35 adedi ise gelecek 3 yılda teslim edilmek koşuluyla her biri 5 000 milyon TL/Adet fiyatla toplam 40 adet yeni model tekne siparişi almıştır.

Daha önceden yapılan benzer işlerde işletmenin %80'lik bir öğrenme oranı ile çalıştığı saptanmıştır. Yeni teknenin ilk biriminin imalatı için 1250 DİS çalışılacağı saptanmış ve işçilerle direkt işçilik saati başına 2,5 milyon TL/DİS di-

23 Sevgener, A.Sait-Hacıüstemoğlu, Rüstem, a.g.e., s.23.

rekt işçilik ücreti ödenecektir. Değişken genel üretim giderleri ise direkt işçilik maliyetinin %75'i oranında katlanılacağı tahmin edilmektedir. Sabit genel üretim maliyeti ise yıllık 5 000 milyon TL. olarak katlanılacağı bütçelenmiştir. Tekne için direkt ilk madde ve malzeme maliye-

ti ise tekne başına 2 000 milyon TL. olacağı beklenmektedir.

İşletmenin 2001 yılında beklenen çalışma hacmi ve bütçelenen maliyetleri ilk 5 adet tekne için aşağıdaki gibi öngörülmüştür.

| Milyon TL      |                         |                         |                                |                             |                                 |
|----------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Üretim Miktarı | Direkt İşçilik Saatleri | Direkt İşçilik Maliyeti | Değişken Genel Üretim Maliyeti | Direkt İlk Madde ve Malzeme | Toplam Değişken Üretim Maliyeti |
| 1              | 1250                    | 3.125                   | 2.344                          | 2.000                       | 7.469                           |
| 2              | 750                     | 1.875                   | 1.406                          | 2.000                       | 5.281                           |
| 3              | 633                     | 1.583                   | 1.187                          | 2.000                       | 4.770                           |
| 4              | 567                     | 1.417                   | 1.063                          | 2.000                       | 4.481                           |
| 5              | 522                     | 1.305                   | 979                            | 2.000                       | 4.284                           |
|                | 3722                    | 9.305                   | 6.979                          | 10.000                      | 26.284                          |

İşletmenin % 80'lik öğrenme eğrisine göre 4 yıllık faaliyetleri ise aşağıdaki gibi planlamıştır

|                          | 2001  | 2002  | 2003  | 2004  |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Üretim/Satış Miktarı     | 5     | 9     | 12    | 14    |
| Kümülatif Üretim Miktarı | 5     | 14    | 26    | 40    |
| Kümülatif Ort. DİS       | 744.5 | 534.4 | 437.8 | 381.1 |
| Kümülatif DİS            | 3722  | 7481  | 11383 | 15244 |
| İlave DİS                | 3722  | 3759  | 3902  | 3861  |

Burada 40 adet tekne üretimi için gerekli kümülatif ortalama DİS % 80'lik öğrenme oranına göre şu şekilde hesaplanmıştır.

$$Y_{40} = 1250 \times 40^{-0,322} = 381.1 \text{ DİS}$$

Bunun sonucu olarak gerekli toplam DİS ise kümülatif ortalama DİS ile üretim miktarı ile çarpımı yoluyla veya formül yardımıyla hesaplayabiliriz.

$$T_{40} = 381.1 \times 40 = 15244 \text{ DİS}$$

veya

$$T_{40} = 1250 \times 40^{-0,678} = 15244 \text{ DİS}$$

Bu bilgilerden yararlanarak 40 adet teknenin toplam ve ortalama birim maliyetini şu şekilde hesaplayabiliriz.

|                |                 |   | <u>Toplam Değişken<br/>Üretim Maliyeti</u> | <u>Birim Değişken<br/>Üretim Maliyeti (TL.)</u> |
|----------------|-----------------|---|--|---|
| DİM            | 2.000 x 40 Adet | = | 80.000                                     | 2.000.000.000.-                                 |
| Dİ             | 2.5 x 15244 DİS | = | 38.110                                     | 952.750.000.-                                   |
| GÜM (Değişken) | 38.110 x 0,75   | = | 28.583                                     | 714.575.000.-                                   |
| TOPLAM         |                 |   | 146.693                                    | 3.667.325.000                                   |

Bu verilerden hareketle Armada Denizcilik Ltd.Şti.'nin 4 yıllık beklenen gelir tablolarını geleneksel maliyet dağıtım modeli ve öğrenme eğrisi maliyet dağıtım modeline göre ayrı ayrı hazırlayabiliriz.

**Tablo 3: Geleneksel Maliyet Yöntemine Göre Gelir Tablosu**

(Milyon TL.)

| Yıllar             | 2001   |       | 2002   |       | 2003   |       | 2004   |       | TOPLAM  |       |
|--------------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|---------|-------|
|                    |        | %     |        | %     |        | %     |        | %     |         | %     |
| Satışlar           | 25.000 | 100.0 | 45.000 | 100.0 | 60.000 | 100.0 | 70.000 | 100.0 | 200.000 | 100.0 |
| - SMM              |        |       |        |       |        |       |        |       |         |       |
| DİM                | 10.000 |       | 18.000 |       | 24.000 |       | 28.000 |       | 80.000  |       |
| Dİ                 | 9.305  |       | 9.397  |       | 9.755  |       | 9.653  |       | 38.110  |       |
| GÜG(değişken)      | 6.979  |       | 7.048  |       | 7.316  |       | 7.240  |       | 28.583  |       |
| TOPLAM             | 26.284 | 105.1 | 34.445 | 76.5  | 41.071 | 68.5  | 44.893 | 64.1  | 146.693 | 73.3  |
| KATKI PAYI         | -1.284 | - 5.1 | 10.555 | 23.5  | 18.929 | 31.5  | 25.107 | 35.9  | 53.307  | 26.7  |
| - Sabit Maliyetler | 5.000  |       | 5.000  |       | 5.000  |       | 5.000  |       | 20.000  |       |
| Dönem K/Z          | -6.284 |       | 5.555  |       | 13.929 |       | 20.107 |       | 33.307  |       |
| Üretim Miktarı     | 5      |       | 9      |       | 12     |       | 14     |       | 40      |       |
| Birim Ür. Mal.     | 5256.8 |       | 3827.2 |       | 3422.6 |       | 3206.6 |       | 3667.3  |       |

**Tablo 4: Öğrenme Eğrisi Maliyet Dağıtım Yöntemine Göre Gelir Tablosu (Milyon TL)**

| Yıllar             | 2001   |       | 2002   |       | 2003   |       | 2004   |       | TOPLAM  |       |
|--------------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|---------|-------|
|                    |        | %     |        | %     |        | %     |        | %     |         | %     |
| Satışlar           | 25.000 | 100.0 | 45.000 | 100.0 | 60.000 | 100.0 | 70.000 | 100.0 | 200.000 | 100.0 |
| - SMM              |        |       |        |       |        |       |        |       |         |       |
| DİM                | 10.000 |       | 18.000 |       | 24.000 |       | 28.000 |       | 80.000  |       |
| Dİ                 | 4.764  |       | 8.575  |       | 11.433 |       | 13.338 |       | 38.110  |       |
| GÜG(değişken)      | 3.573  |       | 6.431  |       | 8.575  |       | 10.004 |       | 28.583  |       |
| TOPLAM             | 18.337 | 73.3  | 33.006 | 73.3  | 44.008 | 73.3  | 51.342 | 73.3  | 146.693 | 73.3  |
| KATKI PAYI         | 6.663  | 26.7  | 11.994 | 26.7  | 15.992 | 26.7  | 18.658 | 26.7  | 53.307  | 26.7  |
| - Sabit Maliyetler | 5.000  |       | 5.000  |       | 5.000  |       | 5.000  |       | 20.000  |       |
| Dönem K/Z          | 1.663  |       | 6.994  |       | 10.992 |       | 13.658 |       | 33.307  |       |
| Üretim Miktarı     | 5      |       | 9      |       | 12     |       | 14     |       | 40      |       |
| Birim Ür. Mal.     | 3667.3 |       | 3667.3 |       | 3667.3 |       | 3667.3 |       | 3667.3  |       |

Geleneksel maliyet dağıtım yöntemine göre hazırlanan gelir tablosunda yıllar itibarıyla katkı paylarında büyük farklılıklar görülmektedir. Örneğin 2001 yılında -1.284 milyonTL. katkı payı ve -%5.1 katkı oranı sağlanması işletmenin değişken maliyetlerin bir bölümünü karşılayamaz duruma sokmuştur. Böyle bir durum söz konusu mamulün üretim ve satışı konusunda yönetimi olumsuz düşüncelere sevkedebilir. Ancak maliyetlerde öğrenme etkisinin sağlanması mamulün ilerleyen aşamalarında artan katkı payı ve oranı ile tüm yaşam dönemi göz önünde tutulduğunda karlı bir iş olduğunu göstermektedir.

Öğrenme eğrisi maliyet dağıtım modelinde mamulün üretildiği ilk birimlerden itibaren üretimdeki son birimin kümülatif ortalama birim maliyeti esas alınarak bulunan satılan mamul maliyetleri yaşam dönemi boyunca dağıtıl-

mıştır Bunun sonucu olarak her dönem % 26.7 oranında katkı payı raporlanmıştırKatkı payı satış ve üretimdeki değişmelere göre yıllar itibarıyla değişmekte, ancak her dönem aynı oranda katkı elde edilmektedir Ancak böyle bir üretimin her dönem işletmeye önemli ölçüde katkı payı sağladığı ve yönetimin öğrenme eğrisinin maliyetler üzerindeki olumlu etkisini daha başlangıçta raporlanan gelir tablosunda görme imkanı sağlamaktadır

Bilindiği üzere öğrenme etkisi esas olarak direkt işçilik maliyetlerini ve direkt işçilik saatlerine bağımlı olarak değişen diğer imalat maliyetlerini etkilemektedir. Sabit maliyetler ise öğrenme etkisi altında olmayan maliyetlerdir. Örneğimizde sabit üretim maliyetlerini mamlere yüklemek istediğimizde, mamul birimi başına düşen sabit üretim maliyetlerini aşağıdaki gibi hesaplayabiliriz.

İşletmenin % 80'lik öğrenme eğrisine göre 4 yıllık faaliyetleri ise aşağıdaki gibi planlamıştır

| Yıllar | Üretim Miktarı<br>Adet | Sabit GİM<br>Milyon TL. | Birim Başına Sabit GİM<br>Milyon TL. |
|--------|------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| 2001   | 5                      | 5.000                   | 1.000                                |
| 2002   | 9                      | 5.000                   | 556                                  |
| 2003   | 12                     | 5.000                   | 417                                  |
| 2004   | 14                     | 5.000                   | 357                                  |

Yıllar itibariyle gözlenen mamul birimi başına düşen sabit genel imalat maliyetlerindeki azalış öğrenme etkisinden dolayı olarak etkilennmiştir. Öğrenme etkisi nedeniyle verimlilikte ve dolayısıyla kapasite üretilen miktarda elde edilen artış sonucu mamul birim başına düşen sabit maliyetlerde de ciddi miktarda azalışlar sağlanmıştır

Öğrenmenin maliyet davranışı üzerindeki olumlu etkisi sadece işçilik maliyetleri ve buna bağımlı değişken diğer maliyetlerle sınırlı değildir. Bunun dışında ilk madde ve malzeme kullanımında elde edilecek verimlilik sonucu fire, artık, kusurlu ve bozuk ürünlerde elde edilecek azalış ve çalışanların ekipman kullanımında elde edecekleri uzmanlaşma bir çok maliyetleri de azaltacaktır. Örneğimizde basitliği sağlamak amacıyla bu etkiler ihmal edilmiştir.

## 6- SONUÇ

T.B.Wright'ın 1930'lu yıllarda ortaya çıkardığı öğrenme eğrisi modeli, 1930'lu yıllardaki üretim ortamından oldukça farklı olan günümüzün modern işletme ortamında halen uygulama alanı bulan bir tekniktir. Günümüzün karmaşık teknolojilerinin önemli ölçüde bilgiye dayalı nitelikli insan gücü istihdamını zorunlu kıldığı göz önünde bulundurulduğunda, niteliği değişmiş olsa da işgücünün üretim maliyetleri içerisinde sahip olduğu pay ve maliyetleri etkileme gücü tartışılmaz. Dolayısıyla sofistike teknolojilerin kullanıldığı endüstrilerde, özellikle havacılık ve uzay endüstrisinde, gemi yapımı, gelişmiş

taşımacılık sistemlerinde, elektronik ve bilgi işlem teknolojilerinde ve iş gücünün yoğun bir şekilde kullanıldığı hizmet sektöründe temel prensipleri değişmeyen öğrenme eğrisi modeli hala geçerliliğini koruyan ve unutulmaması gereken bir tekniktir.

İşletmeler yeni ürünlerin tasarım ve geliştirilmesinde, mevcut ürünlerinde dizayn değişikliklerine gittiklerinde, daha önceden üretimini yaptıkları ürünlerden benzer yeni siparişler aldıklarında, yeni üretim yöntem ve tekniklerini uygulamaya geçtiklerinde öğrenmenin ve tecrübenin olumlu etkilerinden yararlanmak için zaman ve çaba sarfetmek zorundadırlar. Çünkü bu etki işletmenin muhasebe kayıtlarında görülmeyen sahip olduğu ya da sahip olacağı en önemli varlıklarından birisidir. Öğrenme eğrisi modeli madde ve malzeme, iş gücü ve ekipman planlamasında, maliyetlerin tahmin ve kontrolünde ve mamül fiyatlandırılmasında yönetimin alacağı kararlarda daima göz önünde bulundurulması gereken çok değerli bir teknik olarak varlığını korumaktadır.

Öğrenme eğrisi maliyet dağıtım modeli ise öğrenmenin maliyet davranışı üzerindeki olumlu etkisini göz önünde bulundurarak daha başlangıçta yönetime doğru maliyet ve karlılık analizi yapma olanağı vermektedir. Model ürün yaşam dönemi maliyetlemeyi desteklemekte ve geleneksel dönemsel maliyet dağıtım modelinin ötesine geçerek yönetime geçerli ve zamanlı bilgiler sunulması olanağı sağlaması modelin en önemli üstünlüğünü oluşturmaktadır.

**KAYNAKÇA**

Backer, Morton-Jacobsen, Lyle, Yönetim Açısından Maliyet Muhasebesi, 2. Baskı, Çev. Sadık Baklacioğlu, Beta Basım/Yayım Dağıtım, İstanbul 1983.

Bursal, Nasuhi-Ercan Yücel, Maliyet Muhasebesi İlkeler ve Uygulama, Sekizinci Basım, Der Yayınları, İstanbul 2000, s.173.

Dinçer, Ömer, Stratejik Yönetim ve İşletme Politikası, Genişletilmiş 5. Baskı, İstanbul 1998.

Drury, Colin, Management and Cost Accounting, Fourt Edition, Thomson Business Press.

Gürsoy, Cudi Tuncer, Yönetim ve Maliyet Muhasebesi, Lebib Yayınları, İstanbul 1997.

Hilton, Ronald W. Managerial Accounting, Fourth Edition, Irwin McGraw. Hill, International Edition 2000.

<http://www.jsc.nasa.gov/bu2/learn.html>, Cost Models-Learning Curve Calculator.

Kobu, Bülent, Üretim Yönetimi, 9. Baskı, İ.Ü. İşletme İktisadi Araştırma ve Yardım Vakfı Yayın No:01, İstanbul 1996.

Maheer, Michael W.-Deakin, Edward B., Cost Accounting, Fourth Edition, Irwin 1994.

Morse, Wayne J., Reparting Production Cost That Follow the Learning Curve Phenomenon, The Accounting Review, October 1972.

Sevgener, A. Sait- Hacırüstemoğlu, Rüstem, Yönetim Muhasebesi, 5. Baskı, Alfa Basım Yayım Dağıtım, İstanbul 1998.

Steven, G.J., "learning curve from aircraft to spacecraft?" Napier University, <http://www.icbl.hw.ac.uk/inside/sim/lc.html>.

