

TC
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi

Yıl: 2023
Sayı:35

CİLT I
SOMA

TC
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi

Sahibi:

Dr. Öğr. Üyesi Ayla TEKİN
Yönetim Kurulu Adına
MCBÜ Soma MYO

Editörler:

Prof. Dr. Deniz MAMUREKLİ
Dr. Öğr. Üyesi Ayla TEKİN
Öğr. Gör. Fırat TEKİN

Yayın Kurulu:

Prof. Dr. Deniz MAMUREKLİ
Prof. Dr. Ayşe ÖNDÜRÜCÜ
Prof. Dr. Mete HANÇER
Dr. Öğr. Üyesi Ayla TEKİN
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Berkant SELEK
Öğr. Gör. Fırat TEKİN

Sekreter:

Dr. Öğr. Gör. Mustafa Oğuz NALBANT

**Manisa Celal Bayar Üniversitesi Soma MYO Teknik Bilimler
Dergisi yılda iki sayı olarak yayımlanan ulusal hakemli bir dergidir.**

TC
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi

BU SAYIDAKİ HAKEM KURULU:

Prof. Dr. Cevdet SÖĞÜTLÜ
Doç. Dr. Ali YURDDAŞ
Doç. Dr. Hakan ÖZŞEN
Doç. Dr. Halim CEVİZCİ
Doç. Dr. Onur ÜLKER
Dr. Öğr. Üyesi Saim KURAL
Dr. Öğr. Üyesi Süleyman ÜSTÜN
Öğr. Gör. Dr. Mehmet AYVAZ

Dergide yayınlanan tüm makaleler ve ileri sürülen görüşlerde, sorumluluk yazar ve hakemlere aittir.

İletişim Adresi:

Fırat TEKİN
Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Soma Meslek Yüksekokulu, Soma-Manisa /TÜRKİYE
Tel: 0 236 612 00 63
Fax: 0 236 612 20 02
e-mail: somamyo-dergi@cbu.edu.tr
firat.tekin@cbu.edu.tr

TC
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi

İÇİNDEKİLER

**1- ELEKTRİK MOTORLARINDA ENERJİ SINIFLARI ARASI
TÜKETİM FARKLILIKLARI VE VERİMLİLİK ARTIRICI
METOTLAR**

Alper KELEŞOĞLU, Süleyman KOCAOĞLU, Mert YÖNTEM,
Selen ÇAĞLAR, İrem Nur AYDIN, Esra BAYIR,
Elif Yenilmez DEMİREL, Cansu YILMAZ, Ümit ÜNVER1-15

**2- TÜRKİYE MADENCİLİK SEKTÖRÜNDE VERİMLİLİK VE
EKONOMİK KATKI ANALİZİ**

Mahmut Suat DELİBALTA.....16-26

**3- YILLIK HALKALARIN NUMUNE ENİNE KESİTİNDEKİ AÇISAL
DEĞİŞİMİNİN AĞAÇ MALZEMENİN LİFLERE DİK YÖNDEKİ
DARALMA POTANSİYELİNE ETKİSİ**

İlker USTA27-33

**4- THE IMPORTANCE OF DEPRECIATION IN PRODUCTION
COSTS**

Murat KAYA, Şükrü KAYA34-42

**5- Manisa Celal Bayar Üniversitesi Soma Meslek Yüksekokulu
Teknik Bilimler Dergisi Yazım Kuralları.....43-44**

ELEKTRİK MOTORLARINDA ENERJİ SINIFLARI ARASI TÜKETİM FARKLILIKLARI VE VERİMLİLİK ARTIRICI METOTLAR

Alper KELEŞOĞLU¹, Süleyman KOCAOĞLU², Mert YÖNTEM², Selen ÇAĞLAR², İrem Nur AYDIN², Esra BAYIR¹, Elif Yenilmez DEMİREL¹, Cansu YILMAZ², Ümit ÜNVER³

Accepted: 2023-06-07
DOI: 10.47118/somatbd.1238976

ÖZET

Elektrik enerjisi insanoğlunun hayatının her evresinde yer almaktadır. Söz konusu elektrik enerjisi olduğunda, bu enerjinin en çok sanayide kullanıldığı bilinmektedir. Sanayide kullanılan elektrik enerjisinin tüketimi ise daha çok elektrik motorları tarafından yapılmaktadır. Bu çalışmada, özel sektörde çok kullanılan farklı enerji sınıflarına sahip motorların aralarındaki tüketim farklılığı araştırılmıştır. Böylelikle çalışmada motorlarda kullanılan elektrik enerjisi tüketiminde verimli kullanım ile beraber enerji tasarrufuna gidilmesinde yardımcı olunması ayrıca bu konuda katkı sağlanması amaçlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Elektrik Motorları, Verimlilik, Enerji Sınıflandırılması

CONSUMPTION DIFFERENCES BETWEEN ENERGY CLASSES IN ELECTRIC MOTORS AND EFFICIENCY IMPROVEMENT METHODS

ABSTRACT

Electrical energy exists in every phase of human life. When it comes to electrical energy, it is known that it is mostly used in industry. It is known that the consumption of electrical energy used in industry is mostly used by electric motors. In this study, the difference in consumption between energy classes of motors that are widely used in the private sector is investigated. In addition, the differences in the efficiency of motor and motor classification in industrial areas are explained. In this way, it is aimed to contribute to the efficient use of electrical energy consumption in motors and to contribute to savings.

Keywords: Electric Motors, Efficiency, Energy Classification

1. GİRİŞ

Enerji insanoğlunun hayatını idame ettirebilmesi adına önemli bir kaynaktır. Günümüzde enerji ihtiyacı ile enerji kaynaklarının önemi artmakla birlikte yeni kaynak arayışları ve mevcut kaynakların verimli kullanılması ön plana çıkmaktadır [1]. Bu nedenle devletler enerji

¹ Sistem Teknik Sanayi Fırınları A.Ş. Ar-Ge Merkezi, 41420, Kocaeli, Türkiye

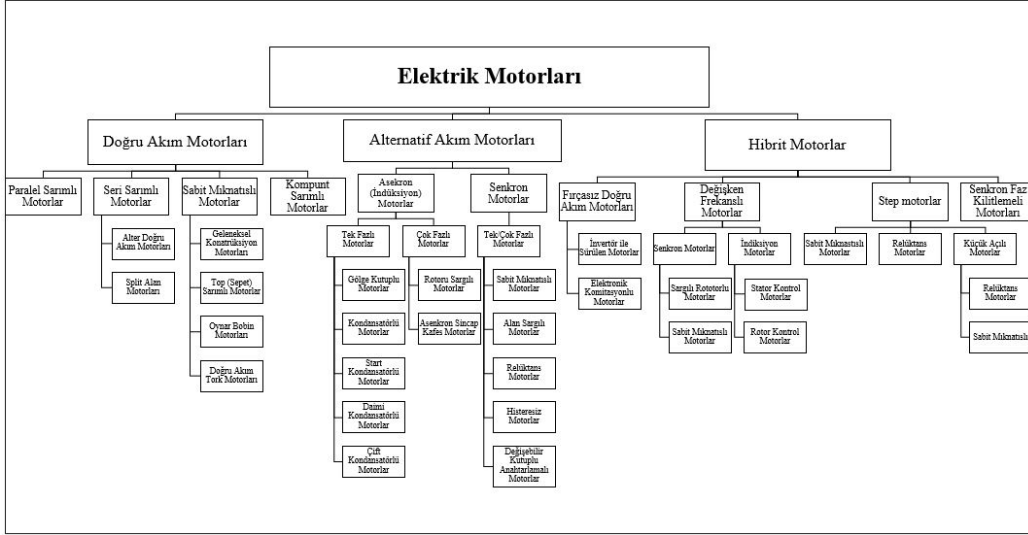
² Yalova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği, 77200, Yalova, Türkiye

³ Yalova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, 77200, Yalova, Türkiye

maliyetlerini düşürmeyi ve bununla birlikte çevreye verilen zararların da azaltılmasını hedeflemektedir. Bu hedefler doğrultusunda enerji verimliliği üzerine dünya çapında çalışmalar yapılmaktadır. Yapılan araştırmalar enerji üretiminde kullanılan kaynakların verimli kullanılması için gerekli önlemler alınsa da fosil kaynaklı rezervlerin yine de tükeneyeceğini göstermektedir [2]. Dünyada enerji ihtiyacı kaynağı olarak fosil yakıtların kullanımı oldukça yüksektir. Fosil kökenli enerji kaynaklarının kullanımını ile ilgili yapılan hesaplamalar ise fosil kökenli yakıtların sonuna gelindiğini göstermektedir [2]. Bu ve bunun dışındaki kaynaklardan elde edilen enerjinin tüketimiye ağırlıklı olarak özel sektör tarafından kullanılmaktadır [3, 4]. Özel sektörün kullanması için gereken enerji ihtiyacının, üretilen enerjinin üçte birine karşılık geldiği bilinmektedir ve dolayısıyla özel sektördeki üretim tesislerinde kullanılan elektrik enerjisinin verimli kullanılması günümüzde büyük bir önem arz etmektedir [5-8]. Özel sektörde en çok elektrik harcayan donanımlar elektrik motorlarıdır ve üretim tesislerinde kullanılan elektrikli motorlarında ise en çok kullanılan tip “sincap kafesli asenkron motor” olarak bilinmektedir [9-11]. Dünya genelinde yapılan araştırmalarda 2011 yılında havaya salınan karbondioksit miktarının 6040 milyon ton ile elektrik motorlarından kaynaklandığı tespit edilmiştir [12]. Bu salınımın fazla olmasından dolayı dünya genelinde gerekli yasal düzenlemeler yapılmaktadır ve oluşturulan bu yasal düzenlemelerle 16 ile 29 Gton arası karbondioksit salınımının önüne geçileceği beklenmektedir [13]. Japonya’da yapılan bir çalışmada ise, elektrik motorlarına uygulanacak verimlilik çalışmaları sonucunda 2043 yılına kadar karbondioksit salınım miktarının 149 Mton civarında azaltılabileceği saptanmıştır [14]. Motor kullanımı söz konusu olduğunda karbondioksit salınımları görmezden gelinemeyeceği için verimli motorların kullanımına yönelmek, büyük oranda karbondioksit salınımının azalacağı ve enerji tasarrufu sağlanacağı kanısını ortaya koymaktadır. Standart motorlardan %2 ila 8 daha verimli çalışan yüksek verimli motorların ilk yatırım maliyetleri yüksek olsa bile geri ödeme sürelerinin düşük olmasından kaynaklı tercih sebebi haline gelmiştir. Türkiye dâhilinde kullanılan motor çeşitleri, genellikle orta güçlü motor sınıfına tabi olan kompresör, fan, pompa gibi ekipmanlarda kullanılmaktadır [15]. Elektrik motorlarında giren elektrik gücüne karşılık çıkışta mekanik güç elde edilmektedir. Fakat bu güç elde edilirken stator bakır kaybı, rotor bakır kaybı, demir kaybı, sürtünme kayıpları ve ek kayıplar meydana gelmektedir. Söz konusu kayıplar giriş gücünden çıkarıldığında net çıkış gücü ve bu değerlerin giriş gücüne oranlanması ile motora ait verim elde edilmektedir [16, 17]. Verimin yüksek olması istenildiğinde, giriş gücündeki kayıpların azaltılarak çıkış gücünün yüksek olması gerekmektedir.

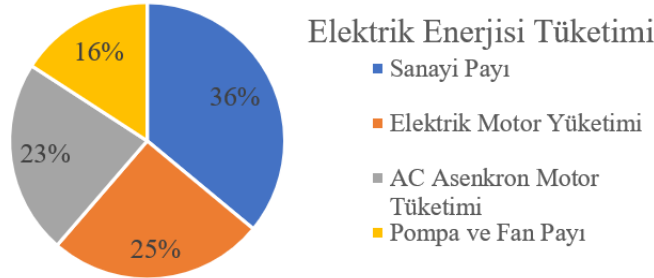
1.1. Elektrik Motorları ve Çeşitleri

Motor türleri, ısı motorları (pistonlu, türbinli, tepkili), hidrolik-pnömatik (pistonlu ve türbinli) ve elektrik motorları olmak üzere 3 ana başlık adı altında incelenmektedir [18]. Elektrik motorları, doğru akım (DC) motorları, alternatif akım (AC) motorları ve hibrit motorlar olarak 3 ana başlık altında detaylı olarak incelenmekte ve Şekil 1’de detaylı sınıflandırılma verilmektedir. Elektrik motorları içeriğinde sabit bölüm olarak adlandırılan stator ve kendi çevresinde dönen rotor olarak iki ferromanyetik ana parçadan oluşmaktadır. Bu parçalar ise kendi içlerinde diğer farklı yan parçalara ayrılmaktadır [19]. Son dönemlerde doğru akım motorlarının kullanımı azalmıştır ancak uygulamalarda hala %80 asenkron motor kullanılmaya devam edilmektedir. Çalışmalarda alternatif akım motorlarının istenmemesinin sebebi, doğru akım motorlarına göre oluşan enerji dönüşümü esnasında meydana gelen kayıpların daha fazla olması ve düşük performans olarak bilinmektedir [20].



Şekil 1. Elektrik Motorları Sınıflandırılması

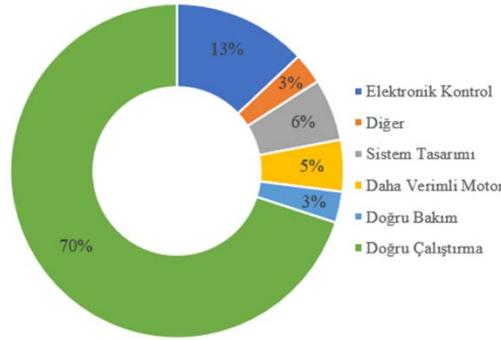
Türkiye’de özel sektörde kullanılan elektrik motorları; %22 havalandırma-fan motorları, %29 pompa motorları, %7 kompresör motorları ve %42 diğer motorlar olmak üzere dörde ayrılmaktadır [21].2006 yılında toplam elektrik enerjisi tüketimi 153.000.000 MWh olmuştur. Toplam tüketimindeki sanayi payı, elektrik motorlarında tüketilen elektrik enerjisi, AC asenkron elektrik motorlarının payı, pompa ve fan motorlarının payı olarak 4 alt başlığa ayrıldığında, sırasıyla enerji tüketimi; 68.000.000 MWh, 48.000.000 MWh, 43.000.000 MWh, 30.000.000 MWh şeklinde ortaya çıkmıştır. Tüketilen elektrik enerjisinin üretilen toplam elektrik enerjisine oranı Şekil 2’de gösterilmiştir [22-25].



Şekil 2. Elektrik Tüketim Enerjilerinin Üretim Enerjisine Oranları

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde bu motorların %80 asenkron motor olduğu ve hali hazırda kullanılan motorların verimlilik oranlarının, üst verimlilik sınıfında yer almadığı ortaya çıkmaktadır [20, 26]. Bu nedenle özel sektörde en çok kullanılan motor olan asenkron motor pazarının değişmesi enerji verimliliği açısından önem arz etmektedir. Yüksek verimli motor kullanmak, daha az ısı ve titreşim oluşturacağından standart motorlara göre verimi daha yüksek olmaktadır. Ayrıca yüksek verimli motorların kullanımı zaman tasarrufu, işletme maliyetlerinde azalma ve dolaylı olarak daha düşük enerji tüketimine bağlı emisyon azaltma gibi birçok avantajı

da beraberinde getirmektedir [27]. Konutlarda kullanılan beyaz eşya gibi makinelerde bulunan elektrik motorlarının ve özel sektördeki üretimde veya üretimin yapıldığı makinelerde kullanılan elektrik motorlarının veriminin artırılması gerekmektedir. Söz konusu verimin artırılmasında, verimsiz motorların verimli motorlar ile değişimine gerek kalmadan, ilgili ekipman için doğru motor seçimi, değişken hız sürücüsü ile tahrik etme, uygun sistem tasarımı, doğru çalıştırma ve doğru bakım yapılması gibi önlemler alındığında, dünya çapında %10'luk bir enerji tasarrufu sağlanabileceği tahmin edilmektedir [28]. Bu payın içerisinde doğru çalışma ile %70 oranında bir tasarrufun elde edilebileceği ve diğer düzeltici etmenlerin ortaya çıkan verimliliği hangi oranda etkileyeceği Şekil 3'te verilmiştir [29]. Verimlilik konusunda var olan standartları bilmek ve bu standartlardaki şartlara göre en verimli motorları üretmek verimlilik açısından önem arz etmektedir. Elektrikli motor üretiminde; tüm dünya ülkelerinde kullanılması yasal zorunluluk teşkil eden, Avrupa Elektrik Makineleri ve Güç Elektroniği Üreticileri Komitesi (CEMEP) tarafından yürürlüğe konulmuş IE Uluslararası Motor Verimlilik Standartları kullanılmaktadır [30, 31]. Verimlilik sınıflandırılmasında, motorların hangi durumlarda kullanılması gerektiğine göre, motor seçimindeki kriterler belirlenmektedir. 1992 yılında ABD' de yürürlüğe giren Enerji Politikası Yasası (EPAct) ile elektrikli motorlardaki verimliliğin düşük mertebelerde kalmaması için çeşitli sınırlamalar getirilmiştir [32]. Bu kriterler uluslararası standartlaşma çalışmaları adı altında dünyadaki büyük bir üretici çoğunluğu tarafından kullanılmaktadır [33]. CEMEP tarafından belirlenen elektrik motorları verimlilik standartlarına göre verimlilik, 2000 yılında EFF1, EFF2 ve EFF3 verimlilik değeri şeklinde 3 sınıfa ayrılmış olup, 2004 yılında Avrupa'da EFF3 verimlilik değerlerine ait olan elektrik motorlarının kullanımı kaldırılmıştır. 2008 yılında ise IEC (International Electrotechnical Commission) tarafından 4 adet yeni sınıflandırma tanımı oluşturulmuştur [34-36]. Buna ek olarak son zamanlarda 5. verimlilik sınıflandırması olarak IE5-Ultra Süper Premium adlandırılması şeklinde de çalışmalar yürütülmektedir [37, 38].



Şekil 3. Elektrik Motorlarında Verimlilik Çalışma Alanları

Elektrik motorlarında hem üretici hem de tüketici için standartlaşmaya gidilmiş olup motor performansı, gövde boyutlandırması, işletme şartları gibi konulara alt ve üst sınırlamalar koyulmuştur [39]. CEMEP ile gönüllü anlaşma yapan ya da yapmayan AB ülkelerinde ve Türk Sanayisinde, verim sınıfına göre motor kullanımları Tablo 1.'de verilmiştir. Tablo 1'e göre Türkiye'de en düşük verim sınıfına dâhil olan EFF3, en çok kullanılan elektrikli motor çeşidi olarak karşımıza çıkmaktadır. En yüksek verimli motor sınıfı olan EFF1 elektrikli motor sınıfı ise %7 oranında bir kullanım alanına sahiptir. Genel ve özel amaçlı kullanılan elektrik motorlarının tümünü kapsayan verimlilik çalışmalarında, genel hüküm oluşturulmasında 2007 yılında çıkarılan Enerji İstikrarı ve Güvenliği Yasası (EISA) ile Ulusal Elektrik Üreticileri Birliği (NEMA) daha çevreci elektrik motorları için yasal düzenlemelerde bulunmuşlardır. Yapılan bu

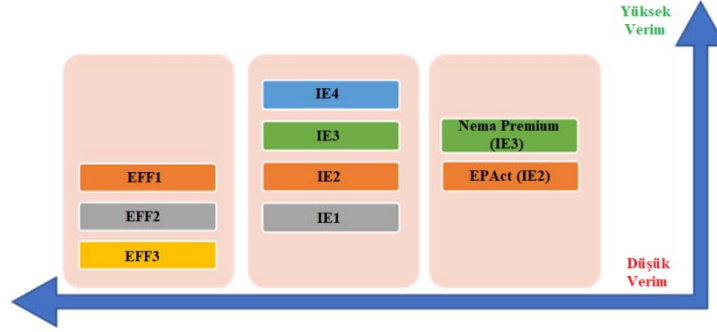
yasal düzenlemeden elektrik motorlarının verimlilik sınıflandırılması standart verimli, enerji verimli ve premium verimli olarak belirlenmiştir [36, 40]. Elektrik motorlarının standartlarının belirleyen temel iki kurum Avrupa tabanlı IEC ve Amerika tabanlı NEMA'dır [41, 42]. Ülkemizde elektrik motorları üretiminde kullanılan Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından oluşturulan standartlar, IEC'yi dayanak alarak oluşturulmuştur [43]. CEMEP'e göre, Tablo 1.'de verilen motor verimlilik sınıflandırmalarında EFF1 sınıfı en verimli sınıf, EFF2 sınıfı orta verimli sınıf ve EFF3 sınıfı en verimsiz sınıf olarak ifade edilmiştir.

Tablo 1. CEMEP Verim Sınıflarına göre Motor Kullanım Oranları [3, 6]

	CEMEP	CEMEP Dışı	Türkiye
EFF1	%7	%6	%7
EFF2	%85	%66	%28
EFF3	%8	%28	%65

2009 yılından itibaren kullanılan elektrikli motorların verimlilik sınıflandırması IE1 sınıfı standart verimlilik, IE2 sınıfı yüksek verimlilik, IE3 sınıfı premium verimlilik şeklinde ifade edilirken 2014 yılında IE4 sınıfı olan süper premium da sınıflandırılmaya dâhil edilmiştir [42]. CEMEP'e göre elektrik motorlarının verimlilikleri açısından yapılan sınıflandırmada, EFF1 verimlilik sınıfına fan, pompa gibi sürekli çalışan motorlar, EFF2 verimlilik sınıfına makine ekipman uygulamalarında kullanılan sık kullanımlı motorlar ve EFF3 verimlilik sınıfına ihtiyaç doğrultusunda veya seyrek kullanılan motor çeşitleri dahil edilmiştir [44].

Dünya çapında bu sınıflandırmaların ülkeler arası standartlaşma çalışması ve verimlilik açısından ortak dilin kullanılması istemiyle başlatılmıştır. Bazı ülkelerde (özellikle AB ülkelerinde), ulusal olarak belirledikleri verimlilik sınıflandırmalarını, kendi ülkelerinde bağlayıcı olan diğer standartlarla birlikte kullandıklarında, belirli sınıflandırma altında kalan elektrikli motorların kullanılmaması ve kademeli olarak piyasadan çekilmesi hedeflenmiştir. Premium verimlilik ve bu verimliliğin üzerinde olan elektrikli motorların, yüksek verimlilikte olup elektrikli motorların verimliliğinin arttıran, elektronik, ayarlanabilir sürücülerle birlikte kullanılması uygun görülmüştür [36]. Ülkemizde ise bu hususta geçerliliği olan IEC 60034-30-1 standartlarının 2009 yılında oluşturulduğu ve standardın 2010 yılı itibari ile uygulamaya başlandığı bilinmektedir. 2012 ve 2014 yıllarında bu standartlara tekrar düzenlemeler yapılmış ve son durumu bugünkü haliyle netlik kazanmıştır [45-47]. Geçmişten günümüze kadar verimlilik sınıflandırmalarının karşılaştırılmasına ait görsel Şekil 4.'de gösterilmektedir. Sınıflandırılmada EFF1, EAct ve IE2 kendi aralarında bir grup olarak aynı sınıflandırmada yer alırken iken IE3 ve Nema Premium da yine kendi aralarında aynı sınıflandırma grubuna dâhildir. Avrupa ülkeleri CEMEP ait sınıflandırmayı kullanırken diğer bir yandan sistemlerinde IEC ait sınıflandırmayı da kullanmaktadır. Kuzey Amerika, ABD, Kanada ve Meksika gibi ülkeler ise NEMA ve EAct sınıflandırmasını kabul eden ülkeler arasında yer alırlar.



Şekil 4. Elektrik Motorlarına ait Verimlilik Standartlarının Sınıflandırılması

Tüm bu sınıflandırmalarda önemli faktörlerden biri motorların kullanım alanlarına göre seçilmiş olması gerektiğidir. Fazla güce sahip ve yüksek verimlilikte olan bir motor kullanmak, verimli bir kullanım sağlandığı anlamına gelmemektedir. Bu durum için örnek verilmek gerekirse; 1 kW güce sahip bir motor kullanıldığında, IE4 verimlilik sınıfı motor seçimi değerlendirmesine göre; enerjimizi işe dönüştürmüş olsa da enerji verimliliği sağlanmış anlamına gelmemektedir. Bu nedenle motorların verimlilik sınıflandırılmasında giriş ve çıkış gücü aralıklarının doğru bir şekilde tespit edilmesi gerekliliği tespit edilmelidir. Türkiye’de zorunlu uygulamaya geçiş sürecinde, IE1 verimlilik sınıfı motorların 02.04.2012 tarihinden itibaren piyasaya çıkarılması yasaklanmış olup IE2 verimlilik sınıfına ait motorların da 01.01.2015 tarihine kadar kullanılabilceğini belirten madde 02.04.2012 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Verimlilik sınıfı IE3 olan motorlarda ise ayarlanabilir sürücüler ile IE2 verim seviyesi 7.5-375 kW güce sahip motorların kullanılması da, 01.01.2015 ve 01.01.2017 tarihinde yürürlüğe giren maddeler arasındadır [48-50]. Bu tebliğler doğrultusunda sanayi içerisinde, yapılan çalışmalar kontrol edildikten sonra maddi olarak teşvikler, eğitimler, kapasite geliştirilmesi gibi programlarda ilerleme kaydedildiği görülmüştür [50]. Onuncu kalkınma planında, verimli elektrik motorlarına geçiş konusundaki politikalar belirlenirken [51], on birinci kalkınma planında özel sektörde kullanılan verimsiz motorların verimli olan motorlarla değiştirilmesi, enerji etiketlendirmesinin yapılması ve motorlarda kullanılan silisyumlu sacların ülkemizdeki ileri teknoloji üretimine Ar-Ge çalışmalarına yönelik destekleme çalışmalarına ait hedefler belirlenmiştir [52].

IEC’ye göre elektrik motorlarında verimlilik sınıfı 4 gruba ayrılmış, bu gruplar da kendi aralarında, kutup sayılarına göre sınıflandırılmıştır. 0,12 kW ile 1000 kW aralığında çıkış gücü olan, minimum 50 Hz değerine sahip motorlar için kutup sayıları 2, 4, 6 ve 8 şeklinde numaralandırılmış ve IEC/EN 60034-30-1:2014 standartlarına göre elde edilen verimlilik değerleri Tablo 2’de gösterilmiştir. Tablo 2 ayrıntılı olarak incelendiğinde, 200 kW çıkış gücüne karşılık gelen verim değerleri kutup sayısına göre değişim göstermemektedir. Fakat verimlilik sınıfına göre kutup sayısı arttıkça verimin düştüğü ve en optimum değer 4 kutuba ait olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle enerji verimliliğini sağlamak için verim sınıfı, kutup sayısı ve diğer parametreler göz önünde bulundurularak seçim yapılması en doğru elektrik motoruna ulaşımı sağlayacaktır.

Tablo 2. Minimum 50 Hz IEC/EN 60034-30-1:2014 Verimlilik Değerleri [53]

kW	IE1				IE2				IE3				IE4			
	2	4	6	8	2	4	6	8	2	4	6	8	2	4	6	8
0,12	45,0	50,0	38,3	31,0	53,6	59,1	50,6	39,8	60,8	64,8	57,7	50,7	66,5	69,8	64,9	62,3
0,37	63,9	66,0	59,7	49,7	69,5	72,7	67,6	56,1	73,8	77,3	73,5	69,3	78,1	81,1	78,7	74,9
1,1	75,0	75,0	72,9	66,5	79,6	81,4	78,1	70,8	82,7	84,1	81,0	77,7	85,2	87,2	84,5	80,8
4	83,1	83,1	81,4	79,2	85,8	86,6	84,6	81,9	88,1	88,6	86,8	84,8	90,0	91,1	89,5	87,1
15	88,7	88,7	87,7	86,2	90,3	90,6	89,7	88,0	91,9	92,1	91,2	89,6	93,3	93,9	92,9	91,2
37	91,2	91,2	90,8	88,8	92,5	92,7	92,2	90,3	93,7	93,9	93,3	91,8	94,8	95,2	94,5	93,1
90	93,0	93,0	92,9	90,7	94,1	94,2	94,0	91,9	95,0	95,2	94,9	93,4	95,8	96,1	95,6	94,4
200	94,0	94,0	94,0	92,5	95,0	95,1	95,0	93,5	95,8	96,0	95,8	94,6	96,5	96,7	96,3	95,4
355	94,0	94,0	94,0	92,5	95,0	95,1	95,0	93,5	95,8	96,0	95,8	94,6	96,5	96,7	96,3	95,4
500	94,0	94,0	94,0	92,5	95,0	95,1	95,0	93,5	95,8	96,0	95,8	94,6	96,5	96,7	96,3	95,4
1000	94,0	94,0	94,0	92,5	95,0	95,1	95,0	93,5	95,8	96,0	95,8	94,6	96,5	96,7	96,3	95,4

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Elektrik Motorlarındaki Kayıplar ve Verim Arttırma Yöntemleri

Elektrik motorlarına ait toplam enerji tüketiminin özel sektör içindeki payı %37 olarak belirtilirken bu enerji tüketimine karşılık gelen karbondioksit emisyonu %36 olarak tespit edilmiştir [54]. Enerji verimliliğinden harcanan enerjinin beklenen işe karşılık gelmesi ve var olan kayıpların en aza indirilmesi olarak bahsedilebilir. Çevreye duyarlı ve verimli sistemlerde enerji verimliliği elde edilmek istenirse ilk önce sistemdeki kayıpların en aza indirilmesi ve bu kayıpların olmaması için sürekliliğinin sağlanması gerekmektedir [55]. Elektrik motorlarında verim ise aşağıda verilen denklem ile hesaplanmaktadır;

$$\text{Elektrik Motorunda Verim } (\eta) = \frac{\text{Motor Mil Gücü}}{\text{Motor Mil Gücü} + \text{Kayıplar}} \quad (1)$$

Söz konusu verimi elde ederken kayıpların düşük olmasının, verimi arttıracakları açıkça görülmektedir. Burada ki kayıplar elektrik motorunda stator ve rotor bakır kaybı, sürtünme kayıpları ve ek kayıplar olarak bilinmektedir [16, 17]. Bu kayıplar mekanik kayıp ve ısı kaybı şeklinde ortaya çıkmaktadır. Şekil 5'te standart bir elektrik motorunda bulunan kayıplar incelenmiş olup söz konusu kayıpları önlemek amaçlı çözüm önerileri araştırılmış ve devamında çözüm önerileri sunulmuştur.



Şekil 5. Elektrik Motorlarındaki Kayıplar

Stator kayıpları; stator sargıları, oluk doluluk oranı, iletken yalıtımı ve sargı başlarının uzunluğu şeklinde, rotor kayıpları ise rotor çubuk malzemesi kayıpları olarak ele alınmaktadır. Motor çekirdeği kayıpları, laminasyon malzemesi, dış çap büyüklüğü, çekirdek paket boyutu, amorf malzeme kullanımı, iletken çekirdek arasındaki yalıtım ve ısı şoklama uygulaması olarak belirlenirken mekanik kayıplar da ayrıca incelenmiştir [56-59]. Elektrik motorlarında bulunan kayıpların azaltılması veya verimin artırılması için geliştirilen bazı yöntemler kısaca aşağıda maddeler halinde verilmiştir;

- Motorlarda enerji sınıfları arası tüketim farklılıklarının olması sebebiyle özel sektör firmalarının kendi bünyelerinde enerji yönetim stratejisinin olması önemli bir rol oynamaktadır. Enerji yönetim stratejisine göre belirlenen hedef doğrultusunda çalışma ve yatırımlarda bulunularak verimlilik sağlanabilir [60].
- Elektrik motorlarında doğru, düzenli ve zamanında yapılan bakımlar %2-30 arasında enerji tasarrufu sağlayıp motor ömrünün artırır aynı zamanda arızaların öngörülebilmesini sağlamaktadır [61, 62].
- Elektrik motorlarının, enerji verimli motorlar sistemine göre seçilmesi gerekmektedir. Bu şekilde oluşacak ısı kayıplarının önüne geçilebilir ayrıca uygun motor tasarımı, uygun malzeme, uygun toleransların uygulanması sonucunda da sadece ısı kayıpları değil buna bağlı diğer mekanik kayıplar da azaltılabilir [62].
- Kaliteli motor geri sarma uygulamalarında en çok %1 oranında verimlilik kaybı olmaktadır. Motor geri sarımı konusunda Elektrikli Cihaz Servis Birliği (EASA) tarafından bir standart sunulmuştur. Standartta göre geri sarma maliyeti yeni yatırım maliyetinin %60'ını aştığında, yeni motor satın alınmalıdır. Optimum sarma uygulaması için MotorMaster+ gibi programlar kullanılarak verimlilik artırıcı yöntemler belirlenebilir [62].
- Elektrik motorlarında uygun boyutlandırma işlemi de önem arz etmektedir. Tam yükün %75'i şeklinde boyutlandırma hem standartlar hem de verimlilik açısından göz önünde bulundurulması gereken bir etmendir. Motor boyutlarının değişmesinden ötürü verimlilik de değişeceği için bu konuda motora ait boyutlandırmaya hassasiyetle dikkat edilmeli ve nominal yükün %50'nin altında olması durumunda motorda değişim yapılması değil uygun boyut ve nominal yüke göre yapılabilecek işlemlerin araştırılması önerilmektedir [62, 63].
- Ayarlanabilir hız sürücüsü kontrolü motorlarla enerji tasarrufu sağlanacağı gibi hız kontrolünü de sağlayarak gerekli önlemler alınabilir [60]. Buna ek olarak motor seçimi, ayarlanabilir hız sürücüsü ile sistemin tahrikini sağlama, zamanında bakım yapılması gibi önlemler alındığında Dünya'da %10'a yakın bir tasarruf potansiyelinin oluşabileceği öngörülmektedir [40].
- Şebekede bulunan reaktif güçler, verimi düşürdüğü için istenilmemektedir. Güç faktörü 0 ile 1 arasında olup 1 olması sadece aktif olmasını, 0 olması ise sadece reaktif gücün sistemde var olduğunu belirtmektedir ve güç katsayısının elektrik motorları üzerindeki rölantisini düşürmek için şebekede bulunan AC devre sisteme bir kondansatör eklenmelidir [54, 60].
- Şebeke elektriğinin dengesizliklerine göre titreşimler, ısınmalar ve kayıplar artabilmektedir. Böylelikle elektrik motorunun ömrü azalmakta olup motorun performansını düşürmektedir. Bu sebepten gerilim dengesizliklerinin minimum seviyeye indirilmesi gerekmektedir [64].
- Uygun motor seçimi yapılırken motor hızı, frekans, gerilim, akım, sıcaklık gibi etkenlere dikkat edilerek uygun boyutlandırma ile motor seçimi yapılmalıdır.
- Enerji verimliliğini %10 artırmak için yüksek verimli motor kullanımının yanında, %75-80 nominal yükte verime sahip motor kullanımı da verimi en yüksek seviyelere ulaştırmaktadır. 11 kW yük ve altında senkron motor kullanımı %30 tasarruf sağlarken, düşük güçte çalışması da aşırı ısınmaya sebep olup ömrünü kısaltabilmektedir. Bir yılda kullanım süresi 800 saatten az olan motorların değişimi, verimlilikte etkili olmamaktadır [65].

Yapılan bir çalışmada yatırımın geri ödeme süresi elektriğin birim maliyeti 0,25 TL/kWh, motorların yıllık çalışma süresi 6000 saat ve yüklenme oranı %80 alınarak hesaplanmıştır. Araştırma sonucu 37 kW güce sahip bir motorun 14 ay sürede geri ödemesinin alınabildiği, yapılan tasarruflar ve motorun birim fiyatı üzerinden tespit edilmiştir. Araştırması yapılan motorlara ait katalog değerleri ve hesaplanan değerler Tablo 3'te örnek olarak verilmiştir. Bu araştırma sonucunda, motorlara ait harcanan enerji miktarı arttıkça motordaki kayıplar artmış olduğu, ancak motorların veriminin arttığı gözlemlenmiştir [65]. Ayrıca mevcut motorların verimli motorlar ile değiştirilmesi sonucu gelişen maliyet araştırması yapılmış ve bu kapsamda elektrik motorlarının yıllık çalışma süresi 8760 saat olarak tam yükte hesaplamaları yapılmıştır. 2022 yılında elektriğin sanayi için birim maliyeti 2,74 TL/kWh iken yıllık enerji tasarrufu ve maliyet tasarrufunun sağlandığı gözlemlenmiştir. Maliyet tasarrufu yapılırken harcanan iki güç arasındaki enerji farkının saatlik ücretinin yıllık sarfıyatı şeklinde hesaplanmıştır. Mevcut motorun harcanan gücünden verimli motorun harcanan gücü arasındaki fark, saatlik yapılan enerji tasarrufunu vermektedir. Yıllık enerji sarfıyatı ile sanayi elektriği için enerji maliyeti ele alınarak birim elektrik fiyatı ile çarpılmasıyla da yıllık yapılan mali tasarruf bulunmaktadır. Bu hesaplama ait sonuçlar Tablo 4'de gösterilmektedir. Çıkış gücünün aynı kalması ancak verim sınıfının artmasıyla, harcanan enerji miktarının azaldığı, bununla beraber tasarrufun arttığı gözlemlenmiştir. Verim sınıfı aynı olan fakat verimleri farklı olan motorlardaki değişim de genel anlamda verimi ve akabinde tasarrufu artırdığı tespit edilmiştir.

Tablo 3 Motorlara ait Katalog Değerleri ve Hesaplanan Değerleri [65]

			1. Motor	2. Motor	3. Motor	4. Motor
KATALOG DEĞERİ	Gerilim	V	400	400	400	400
	Frekans	Hz	50	50	50	50
	Anma Akımı	A	9,7	324	1,85	4,9
	Çıkış Gücü	kW	5,5	200	0,75	2,2
	Güç Faktörü	cosφ	0,92	0,93	0,71	0,77
	Anma Hızı	rpm	2925	2985	1425	1420
	Verim	%	89	95,8	82,5	84,3
	Anma Momenti	N.m	18	639,9	5	14,6
Kutup Sayısı		2	2	4	4	
HESAPLANAN DEĞER	Güç	kW	6,182	208,760	0,910	2,614
	Kayıp	kW	0,682	8,760	0,160	0,414
	Verim	%	88,957	95,803	82,415	84,161
	Tork	N.m	17,957	639,866	5,026	14,795
	Sınıfı		IE3	IE3	IE3	IE2

Tablo 4 Motor Değişimi ile Yapılan Tasarruf Araştırması [65]

Motor Çıkış Gücü (kW)	Mevcut Motor			Verimli Motor			Yıllık Toplam Tasarruf (kWh)	Yıllık Toplam Tasarruf (TL)
	Verim Sınıfı	Harcanan Güç (kWh)	Motor Verimi	Verim Sınıfı	Güç (kWh)	Motor Verimi		
5,5	IE3	6,182729	88,9575	IE3	6,14	89,6	374,3025	1025,5889
5,5	IE3	6,182729	88,9575	IE4	5,98	91,9	1775,9025	4865,9729
5,5	IE3	6,182729	88,9575	IE4	6,05	90,9	1162,7025	3185,8049
200	IE3	208,7606	95,8035	IE3	208,55	95,9	1845,0312	5055,3855
200	IE3	208,7606	95,8035	IE4	206,83	96,7	16912,2312	46339,5135
200	IE3	208,7606	95,8035	IE4	207,25	96,5	13233,0312	36258,5055
0,75	IE3	0,91002	82,4158	IE3	0,93	80,7	-175,0292	-479,5800
0,75	IE3	0,91002	82,4158	IE4	0,9	83,5	87,7708	240,4920
0,75	IE3	0,91002	82,4158	IE4	0,88	85,7	262,9708	720,5400
2,2	IE2	2,614011	84,1618	IE3	2,54	86,7	648,3372	1776,4440
2,2	IE2	2,614011	84,1618	IE3	2,56	85,9	473,1372	1296,3960
2,2	IE2	2,614011	84,1618	IE4	2,46	89,5	1349,1372	3696,6360
2,2	IE2	2,614011	84,1618	IE4	2,5	88,0	998,7372	2736,5400
						TOPLAM	38948,263	106718,24

3. SONUÇLAR

Elektrik motorlarına genel anlamda uygulamalarda enerji verimliliğini sağlamak için yüksek verimli motor kullanmak, değişken hızlı AC motor sürücüleri kullanmak ve motoru besleyen elektrik enerji kalitesine önem vermek gerekir. Elektrik motorlarındaki güç aktarma organlarının doğru seçimi, uygunsuzlukların giderilmesi, titreşimlerin yok edilmesi gibi etkenler elektrik motorlarında enerji sınıflandırılmasını etkilediği gibi kullanıldığı sistemin verimliliğini de etkilemektedir. Ayrıca, elektrik motorlarının doğru çalıştırılması da performansa etki eden faktörlerdendir. Arızalanan motorların değişimi söz konusu olduğunda, değişim ya da arıza tamiri sonucunda ortaya çıkabilecek kayıp veya verimliliğin, verimlilik ve ekonomik fizibilite çalışmalarına göre değerlendirilip, tamirin mi yoksa değişimin mi yapılacağı hususunda karar verilmesi gerekmektedir.

4. KAYNAKLAR

- [1] Pamir, A.N., 2003. Dünya’da ve Türkiye’de Doğal Kaynaklar ve Enerji Politikaları, DESEM, İzmir.
- [2] C. Haydaroglu, 2006. Türk İmalat Enerji Verimliliği ve Yoğunluğunun Analizi. Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 0(24), 155-164. 2006.
- [3] IEA-International Energy Agency, 2022. Renewables. Erişim Tarihi: 31 Mayıs 2022. <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/renewables>
- [4] Meral, M. E., Teke, A. Ve Tümay, M., 2009. Elektrik Tesislerinde Enerji Verimliliği. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 14(1), 31-37.
- [5] Türkiye Elektrik İletim AŞ., TEİAŞ, 2022. Elektrik Üretim İletim İstatistikleri. Erişim Tarihi: Mayıs 2022. <https://www.teias.gov.tr/tr/turkiye-elektrik-uretim-iletimistatistikleri/2015>
- [6] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022. Elektrik. Erişim Tarihi: Mayıs 2022 <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik>>.
- [7] Kaymakçioğlu, F., 1996. Elektrik Enerjisinin Sanayide Verimli Kullanılması. TMMOB Türkiye I. Enerji Sempozyumu: Bildiriler Kitabı-1, Ankara 75-82.
- [8] International Energy Agency, 2017. Key World Energy Statistics. Erişim Tarihi: Mayıs 2022. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWor>.
- [9] Çetin, A., Demir, Z. ve Çolak, N., 2016. Elektrik Motorları Verimlilik Analizi ve Porsuk MYO Örneği, Elektronik Mesleki Gelişim Ve Araştırmalar Dergisi, 4(1), 15-23.
- [10] Ruşen, S. E., Topçu, M., Çeltek, S.A., Karanfil, G., ve R. A., Investigation Of Energy Saving Potentials Of A Food Factory By Energy Audit. Journal of Engineering Research and Applied Science, 7(1), 848-860.
- [11] Çetin, A., Demir, Z., ve Çolak, N., 2016. Energy Efficiency Analysis for Asynchronous Motors And Porsuk Vocational School Energy Efficiency Survey. Elekteonik Mesleki Gelişim ve Araştırma Dergisi, 2016(1), 15-23.
- [12] Falkner, H. ve Holt, S., 2011. Walking The Torque, Proposed Work Plan For Energy-Efficiency Policy Opportunities For Electric Motor-Driven Systems. Erişim Tarihi: Mayıs 2022. https://www.oecd-ilibrary.org/energy/walking-the-torque-proposed-work-plan-for-energy-efficiency-policy-opportunities-for-electric-motor-driven-systems_5kkg52g5bzm-x-en.
- [13] Abdelaziz, E., Saidur R., ve Mekhilef, S. 2011. A Review On Energy Saving Strategies In Industrial Sector. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15(1), 150-168, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.09.003>

- [14] Ni, C., C., 2013. Potential Energy Savings And Reduction Of CO2 Emissions Through Higher Efficiency Standards For Polyphase Electric Motors in Japan. *Energy Policy*, 2013(52), 737-747. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.10.035>
- [15] Türkiye Cumhuriyeti Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Verimlilik Genel Müdürlüğü, 2016. İmalat Sanayisinde Kullanılan Elektrik Motorları Envanteri Analiz Raporu.
- [16] Sauer, I., L., Tatizawa, H., Salotti, A., M. ve Mercedes, S., S., 2015. A comparative Assessment of Brazilian Electric Motors Performance with Minimum Efficiency Standards. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2015(41), 308-318. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.053>
- [17] Malinowski, J., Hoyt, W., Zwanziger, P. ve Finley, B., 2017. Review of Regulations in The United States and Europe. *IEEE Industrial Applications Magazine*, 2017(January/February), 34-41.
- [18] Atatürk Üniversitesi , İş Sağlığı ve Güvenliği, Erişim Tarihi: Mayıs 2022. <https://k.ogrensen.com/araba/1090/index.html>
- [19] Atiemo-Obeng, V., A., Paul, E., L., ve Kresta, S., M.. 2004. Handbook of Industrial Mixing: Science and Practice, The North American Mixing Forum.
- [20] T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Verimlilik Genel Müdürlüğü, 2015. Elektrik Motorlarında Enerji Verimliliği. Ankara, Kasım 2015.
- [21] Akgün, E. , 2018. Motor Kullanılan Sistemlerde Enerji Verimliliği, 9. Enerji Verimliliği Forum ve Fuarı, 29-30 Mart 2018.
- [22] Türkiye İstatistik Kurumu, 2022. Erişim Tarihi: Mayıs 2022. <https://www.tuik.gov.tr/>
- [23] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Erişim Tarihi: Mayıs 2022. <https://enerji.gov.tr/eigm>
- [24] Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. Genel Müdürlüğü, 2020. 2020 Yılı Türkiye Elektrik Dağıtım Sektör Raporu. Erişim Tarihi: Haziran 2022. https://www.tedas.gov.tr/sx.web.docs/tedas/docs/Stratejikplan/2020_Yili_Turkiye_Elektrik_Dagitimi_Sektor_Raporu.pdf
- [25] Türkiye İstatistik Kurumu, Net Elektrik Tüketiminin Sektörel Dağılımı. Erişim Tarihi: Haziran 2022. <https://www.resmiistatistik.gov.tr/detail/subject/enerji-istatistikleri/>
- [26] Hassanpour, I., A. ve Vaez-Zadeh, S. 2009. Line Start Permanentmagnet Synchronous Motors: Challenges And Opportunities. *Energy*, 34(11), 1755-1763. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2009.04.022>
- [27] Mokhtari, H., Zabardast, A., 2008. Effect Of High-Efficient Electric Motors On Efficiency Improvement And Electric Energy Saving. IEEE, Third International Conference on Electric

Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies, Nanjing, China, 533-538, doi: <https://doi.org/10.1109/DRPT.2008.4523464>

[28] Paul, W., ve Conrad, U., B., 2011. Energy-Efficiency Policy Opportunities for Electric Motor-Driven Systems. International Energy Agency, Energy Efficiency Series.

[29] Türk Standardları Enstitüsü, 2014. TS EN 60034-2-1, Döner Elektrik Makineleri - Bölüm 2-1: Kayıplar Ve Verimin Deneylerle Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler (Cer Taşıtları İçin Kullanılan Makineler Hariç).

[30] European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics, CEMEP, 2021. Erişim Tarihi: Mayıs 2022. <https://cemep.eu/>

[31] European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics, CEMEP, 2011. Electric Motors and Variable Speed Drives: Standards and legal requirements for the energy efficiency of low-voltage three-phase motors. Erişim Tarihi: Mayıs 2022. <http://www.cemep.org/>

[32] WayBackMachine, U.S., Motor Provisions in the Energy Policy.

[33] Brunner, C. ve Werle, R., 2019. Examples by Industry Sector: Electric Motors-Measuring Efficiency. IEC - Governments & International Organizations.

[34] IEC BSI Stand., Rotating electrical machines Part 30: Efficiency Classes of Single-Speed, Three-Phase, Cage-Induction Motors (IE code), 2014

[35] Almeida, A., D., Fong, J., Brunner, C., U., Werle, R., ve Werkhoven, M., V., 2019. New Technology Trends And Policy Needs In Energy Efficient Motor Systems - A Major Opportunity For Energy And Carbon Savings. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 115, 109384. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109384>

[36] Zöhra, B., ve Akar, M., 2019. Türkiye’de Verimli Elektrik Motorlarına Geçiş Süreci Ve Şebeke Kalkışlı. International Journal of, 3(2), 236-242, 2019.

[37] Dmitrievskii, V., Prakht, V., Kazakbaev, V., Oshurbekov, S., ve Sokolov, I., 2016. Developing Ultra Premium Efficiency (IE5 Class) Magnet Free Synchronous Reluctance Motor. 6th International Electric Drives Production Conference (EDPC), 2-7. doi: <https://doi.org/10.1109/EDPC.2016.7851306>

[38] Enomoto, Y., Tokoi, H., Imagawa, T., Suzuki, T., Obata T. ve Souma, K., 2015. Amorphous Motor with IE5 Efficiency Class. Hitachi Review 64(8), 480-487.

[39] Brunne, C., U., Niederberger, A., A., Almeida A., T., ve Keulenaer H., 2007. Standards For Efficient Electric Motor Systems SEEEM-Building A Worldwide Community Of Practice. Conf. Proc. Energy-Efficiency Mot. Driven Syst, 1443-1455, 2007.

- [40] ESEN, G. K., 2015. Türkiye Ve Dünyada Elektrik Motorları Enerji Tüketimi Ve İlgili Teknik Mevzuat. Gebze, Kocaeli: Türk Standartları Enstitüsü, Elektroteknik Laboratuvarı Gebze Müdürlüğü.
- [41] National Electrical Manufacturers (NEMA) 2022. Erişim Tarihi: Haziran 2022. <https://www.nema.org/> .
- [42] International Electrotechnical Commission, (IEC) 2022. Erişim Tarihi: Haziran 2022 <https://iec.ch/homepage>.
- [43] Türk Standartları Enstitüsü, (TSE), 2022., Erişim Tarihi: Haziran 2022. <https://www.tse.org.tr/>.
- [44] Bodur, F., 2011.Erişim Tarihi: 01.06.2022 https://www.emo.org.tr/ekler/8064e39c9540f7e_ek.pdf
- [45] Türk Standartları Enstitüsü, (TSE), 2010. TS EN 60034-30, Döner Elektrik Makinaları - Bölüm 30: Tek Hız Kademeli, Üç Fazlı Kafesli Endüksiyon Motorlarının Verimlilik Sınıfları (IE Kodu).
- [46] Türk Standartları Enstitüsü, (TSE), 2012. TS EN 60034-30, Döner Elektrik Makinaları - Bölüm 30: Tek Hız Kademeli, Üç Fazlı Kafesli Endüksiyon Motorlarının Verimlilik Sınıfları (IE Kodu).
- [47] Türk Standartları Enstitüsü, (TSE), 2014. TS EN 60034-30-1, Döner Elektrik Makinaları - Bölüm 30-1: Şebeke Tarafından Beslenen A.A Motorlar İçin Verimlilik Sınıfları (IE Kodu).
- [48] Elektrik Motorları İle İlgili Çevreye Duyarlı Tasarım Gereklere Dair Tebliğ, 07 Şubat 2012. 28197 sayılı Resmi Gazete.
- [49] T.C. Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü, Mevzuat Bilgi Sistemi Erişim Tarihi:Haziran 2022. <https://www.mevzuat.gov.tr/>
- [50] Mete, M., H., 2017. Sanayide Düşük Verimli Elektrik Motorlarının Dönüşümü Programı. Kalkınmada Anahtar Verimlilik, 29(337), 4-8.
- [51] Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Onuncu Kalkınma Planı, Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı, 2014-2018.
- [52] Strateji ve Bütçe Başkanlığı, On Birinci Kalkınma Planı, Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı, 2019-2023.
- [53] ABB, 2018. IEC 60034-30-1 Standard On Efficiency Classes For Low Voltage AC Motors. Erişim Tarihi: Mart 2022. https://library.e.abb.com/public/db64d153e3c346938e18916e66fb1d0d/9AKK107319%20EN%2005-2018_20848_ABB_Technical_note_IEC_60034_30_1.pdf.

- [54] Rüşen, S., E., 2019. Elektrik Motorlarının Verimlilik ve CO₂ Emisyon Analizi; Bir Gıda Fabrikası Örneği. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (17), 564-569. Doi: <https://doi.org/10.31590/ejosat.622573>
- [55] Sayıç Motor. 2022. Enerji Verimliliği ve Yüksek Verimli Elektrik Motorları. Erişim Tarihi: Mayıs 2022. http://www.sayicreduktor.com/Uploads/Files/Enerji_VerimliliYi_ve_YukseK_Verimli_Elektrik_MotorlarY.pdf.
- [56] Çağlar, A., Soygenç, O., C., ve Ergene, L., T., 2018. Endüstriyel Uygulamalarda Kullanılan Asenkron Motorlarda IE2 Verim Sınıfından IE4 Verim Sınıfına Geçiş Amaçlı Bir Çalışma. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 30(3), 59-65.
- [57] Aydın, A., B., 2014. Asenkron Motorlar ve Sürücüler. Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü, Elektrik Mühendisliği Projesi-I.
- [58] Soygenç, O., C., TAP, A., Ergene, L., T.. Üç Fazlı Sincap Kafesli Asenkron Motorda Verim Analizi Efficiency Analysis in Three Phase Squirrel Cage Induction Motor. Erişim Tarihi: Haziran 2022. https://www.emo.org.tr/ekler/7ce4aadf5675ddf_ek.pdf.
- [59] Yılmaz, A., Polat, A., Ergene, L. T., 2018. Yüksek Hızlı Asenkron Motorların Farklı Rotor Yapıları İçin Analizi. EMO Bilimsel Dergi, 8(15), 13-18.
- [60] Csanyi, E., 2014. 8 Energy-Efficiency Improvement Opportunities In Electric Motors. Electrical Engineering Portal. Erişim Tarihi: Haziran 2022. <https://electrical-engineering-portal.com/8-energy-efficiency-improvement-opportunities-in-electric-motors>
- [61] Doğan, Z. (2012). Asenkron Motorlarda Akım Ve Titreşim Verisine Dayalı Kestirimci Bakım. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projesi. Proje No: 2011/04. <http://carsiv.gop.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/20.500.12881/2325/P00240.pdf?sequence=1>
- [62] Elektrik Port, Elektrik Motorlarında Enerji Verimliliğini Artırma Yolları. Erişim Tarihi: Haziran 2022. <https://www.elektrikport.com/universite/elektrik-motorlarında-enerji-verimliliğini-artırma-yolları/21686#ad-image-0>
- [63] Türkeş, E., Orak, S. Takım Tezgâhı Tasarımında Elektrik Motoru Seçimi. Journal Of Science And Technology Of Dumlupınar University, (017), 105-116.
- [64] Koca, Y., B., Ünsal, A., 2017. Asenkron Motor Arızalarının Değerlendirilmesi. Teknik Bilimler Dergisi, 7(2), 37-46.
- [65] T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2015. Elektrik Motorlarında Enerji Verimliliği, Ankara, T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Verimlilik Genel Müdürlüğü.

TÜRKİYE MADENCİLİK SEKTÖRÜNDE VERİMLİLİK VE EKONOMİK KATKI ANALİZİ

Mahmut Suat DELİBALTA¹

Accepted: 2023-06-07
DOI: 10.47118/somatbd.1198426

ÖZET

Doğal kaynakların aranması, üretim ve tüketim süreçleri, her zaman teknolojik gelişmelerden etkilenen alanlar olmuştur. Madencilik sektörünün hedefi, ülke ekonomisine fayda sağlamak üzere doğal kaynakları verimli, sürdürülebilir ve iş güvenliği koşullarında üretip endüstrinin hizmetine sunmaktır. Bu maksatla araştırmada, ülkemiz madencilik sektörü verimlilik ve ekonomik katkı düzeyi irdelenmiştir.

Teknolojik gelişmeler toplumların sosyo-ekonomik hayatlarında ciddi değişimlere neden olmaktadır. Madencilik sektörü de bu değişimlerden büyük ölçüde etkilenmektedir. Ülkemiz maden işletmelerinin verimlilik düzeyi, gelişmiş ülkelere kıyasla çok düşüktür. ABD ve Avustralya, işçi başına Türkiye'den yaklaşık 8 kat daha verimli kömür üretmektedir. Benzer durum, AB üyesi ülkeler ile Türkiye arasında işçi başına düşen katma değer miktarında da görülmektedir. Bu sorunu çözmek ise, Endüstri 4.0'ın başta dijitalleşme ve verimlilik prensiplerini ülkemiz maden işletmelerinde hayata geçirmekle mümkün olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Madencilik, kömür, endüstri 4.0, verimlilik, istihdam.

EFFICIENCY AND ECONOMIC CONTRIBUTION ANALYSIS IN THE MINING SECTOR OF TURKEY

ABSTRACT

The search for natural resources, production and consumption processes have always been areas affected by technological developments. The aim of mining is to produce natural resources efficiently, sustainably and under occupational safety conditions in order to benefit the national economy and to offer them to the service of the industry. For this purpose in the research, the efficiency and economic contribution level of the mining sector in our country has been examined.

Technological developments cause serious changes in the socio-economic lives of societies. The mining sector is also heavily affected by these changes. The efficiency level of mining enterprises in our country is very low compared to developed countries. The USA and Australia produce approximately 8 times more efficient coal per worker than Turkey. A similar situation is observed in the amount of added value per worker between EU member states and

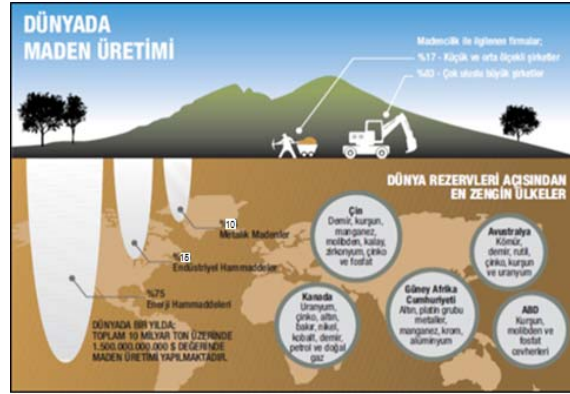
¹ Dr., Öğretim Üyesi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği, Niğde, msdelibalta@ohu.edu.tr

Turkey. It is possible to solve this problem by implementing the digitalization and efficiency principles of Industry 4.0 in the mining sector of our country.

Keywords: Mining, coal, industry 4.0, productivity, employment.

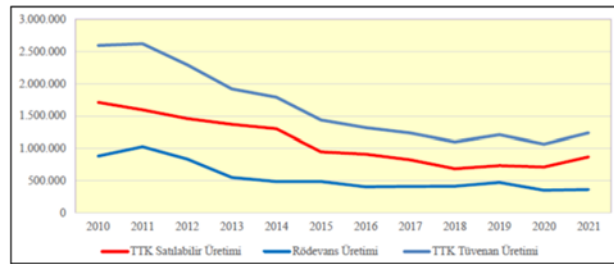
1. GİRİŞ

Madencilik sektörü çağlar boyunca ülkelerin sosyo-ekonomik kalkınma ve gelişmesinde aktif rol oynamıştır. Maden işletmeleri, sanayi kuruluşlarının doğal hammadde ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Doğal kaynaklarını aktif kullanan ülkeler, ekonomik kalkınmalarını büyük ölçüde bu sektöre borçludur [1]. Dünyada her yıl yaklaşık 1,5 trilyon Dolar (\$) değerinde 10 milyar ton maden üretilmektedir. Bu üretimin; %10'nu metalik madenler, %15'ini endüstriyel ve %75'ini enerji hammaddeleri oluşturmaktadır (Şekil 1.1).



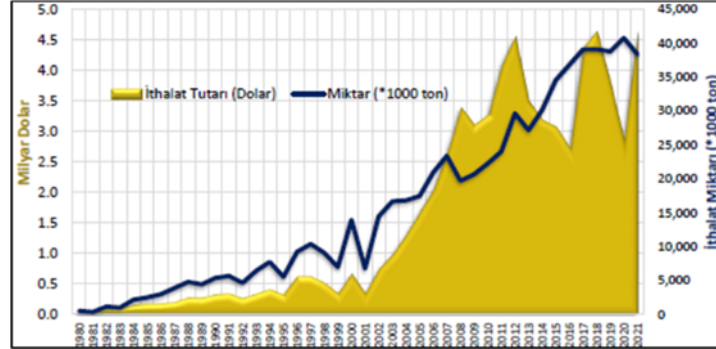
Şekil 1.1. Küresel maden üretimi ve ekonomik önemi [2]

Dünyada yaklaşık 90 çeşit maden üretimi yapılırken, ülkemizde 60 tür madenin üretim ve ticareti yapılmaktadır. Türkiye; 168 ülke arasında toplam maden üretimi itibarıyla 22'nci, değer (\$) bazında 28'inci ve maden çeşitliliğiyle 8'inci sırada bulunmaktadır [3]. Ulusal kalkınmada madencilik sektörünün yeri, gayrisafi yurtiçi hasıla (GSYH) içindeki payı ile ölçülmektedir. Ülkemiz GSYH'deki payı %1,1 civarında olan madencilik, gelişmiş ülkelerdeki %5,0~8,0 oranı ile kıyaslandığında oldukça düşüktür. Benzer bir durum, 2010 yılından itibaren sürekli azalan Türkiye taşkömürü üretiminde de izlenmektedir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Yıllara göre Türkiye taşkömürü üretim miktarları (ton/yıl) [4]

Yurtiçi taşkömürü üretim miktarındaki azalma, aynı zamanda ülkemiz kömür ithalatı ve cari açığının artmasına neden olmaktadır. İlk defa 2004 yılında 1 milyar \$ eşiğini aşan kömür ithalatımız, 2011 yılında 4 milyar \$ seviyesini geçmiştir. 2020 Yılında azalan kömür fiyatlarının etkisiyle 2,9 milyar \$ olan tutar, 2021 yılında 4,6 milyar \$ olarak gerçekleşmiştir (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Türkiye'nin kömür ithalatı ve ödenen döviz tutarları [5]

Teknolojik gelişmeler ve küresel talepler etkisiyle, Türkiye'de ve dünyada madencilik sektörünün önemi her geçen gün artmaktadır. Ancak; tüm olumlu koşullara rağmen, madencilik sektörü ülkemiz sosyo-ekonomik kalkınmasına istenen düzeyde katkı sunamamaktadır. Bu maksatla yapılan araştırmada, ülkemiz madencilik sektörü verimlilik ve ekonomik katkı düzeyi detaylı olarak incelenmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Toplumsal ihtiyaçların sınırsız, fakat doğal kaynakların sınırlı ve tükenbilir olması, mevcut kaynakları daha verimli kullanmamızı gerektirmektedir. Doğal kaynaklarını stratejik değerlendiren ülkeler, refah toplumu olma yolunda hızla ilerlemektedir. Ulusal kalkınmada en önemli kriterlerden biri de sanayi tesislerinde yüksek çalışma verimliliği sağlamaktır. Verimlilik; kaynakları akılcı kullanım ile birlikte, ekonomik ve sosyal hayatı daha güvenli ve sürdürülebilir kılmaktadır.

İşletmelerde verimlilik kavramının ilk ortaya çıkışı, 20.yüzyıl başlarında Frederic Taylor dönemine rastlamaktadır. Önceleri bir işçinin fazla üretim yapabilmesi için, ya uzun saatler ya da daha sıkı çalışması gerektiğine inanılırdı. Taylor ise uzun süre çalışmaktan çok, işin yapılış biçimi "efficiency" (etkinlik) ve maliyetler üzerine yoğunlaşmıştır [6]. Fakat yaşanan küresel gelişmeler, sadece girdi maliyetlerini azaltarak üretimde verimlilik artışı sağlamanın yeterli olmadığını göstermiştir. Tesislerde organizasyonel etkinlik daha fazla önem kazanmıştır. Organizasyonel etkinlik ve verimlilik terimlerinin birlikte ele alınması ise, "productivity" (üretkenlik, verimlilik) anlayışının doğmasına neden olmuştur.

Verimlilik, bir üretim sürecinde nihai çıktı ile kullanılan girdi arasındaki ilişkiyi göstermektedir. İşletmelerde üretim faaliyetleri; hammadde, işgücü (emek), sermaye ve bilgi gibi faktörlerle gerçekleştirilmektedir. Bunlara ait verimlilik ölçümleri; İşgücü Verimliliği = Çıktı/Emek, Sermaye Verimliliği = Çıktı/Sermaye, Toplam Faktör Verimliliği (TFV) = Toplam Çıktı/Toplam Girdi olarak hesaplanmaktadır. Ayrıca; literatürde ortalama verimlilik, marjinal

verimlilik, verimlilik artış hızları gibi kavramlar da bulunmaktadır [7]. Ekonomik bir faaliyetin başarı kriteri, o çalışmanın rantabilite veya verimlilik oranı ile belirlenmektedir. Aynı zamanda bu oran, üretim süreci ile personel arasındaki pozitif ilişkiyi de göstermektedir.

Madencilik sektörü çalışma koşulları ve teknolojik ana işlemleri bakımından, diğer endüstri dallarından kısmen farklılıklar göstermektedir. Madencilik faaliyetleri sıklıkla ekstrem ortamlarda (yeraltı/yerüstü) ve kentsel yaşam alanlarından uzak bölgelerde gerçekleştirilmektedir. Ancak; her sektörde olduğu gibi madencilikte de güncel bazı teknolojik değişimler gözlenmektedir. Madencilik faaliyetlerinde işçilik maliyetlerinin büyük pay alması nedeniyle, işletmelerde emek (işgücü) ve sermaye verimliliğine azami özen gösterilmektedir. Madencilikte verimlilik, kısaca ton/yevmiye olarak tanımlanmaktadır [6, 8, 9]. Üretilen hammaddeler ise, işletmenin çıktı büyüklüklerini oluşturmaktadır.

Az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde görülen yoksulluk, işsizlik ve düşük gelir dağılımı, ancak işletmelerde artan işgücü verimliliği ile ortadan kaldırılabılır. Düşük çalışma verimliliği; enflasyonu olumsuz yönde etkilerken, artan maliyetler ülkelerin uluslararası rekabet gücünü azaltmaktadır [10]. Bu nedenle pek çok ülke, sektör veya ulusal düzeyinde verimliliği artırmak ve bunu sürekli kılmak istemektedir.

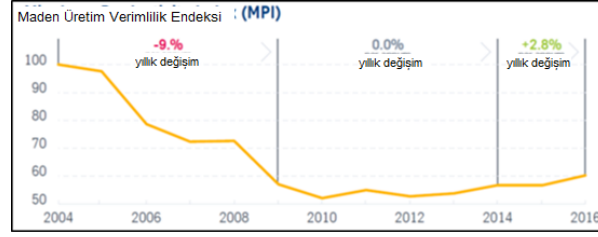
3. MATERYAL ve METOD

Türkiye madencilik sektörü verimlilik, istihdam ve iş güvenliği göstergeleri, gerek teorik gerekse uygulamalı çalışmalardan elde edilen istatistiksel veriler ile matematiksel ve karşılaştırmalı yöntemler kullanılarak analiz edilmektedir.

4. BULGULAR

Doğal kaynakların ülke ekonomisine yüksek katma değer sağlaması kolay bir iş değildir. Madencilik faaliyetleri çok tehlikeli iş kolu olup, doğal çevreye doğrudan veya dolaylı etkileri olmaktadır [11]. Teknolojik gelişmelerin temel amacı; insan ve çevreyi olumsuz etkilerden korumak, karmaşık üretim süreçlerini bütünsel bir yaklaşımla çözüme kavuşturmak.

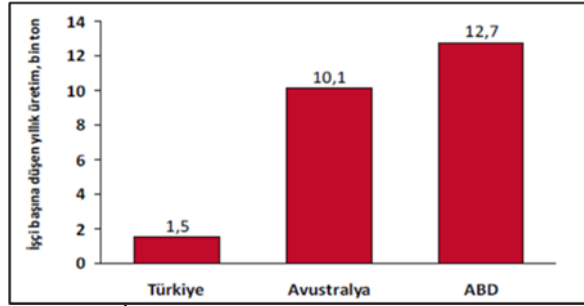
Özellikle son yıllarda küresel ölçekte artan maliyetler nedeniyle madencilik sektörü finansal baskı altına girmekte, kısa vadede değişen emtia fiyatları işletmelerin nakit akışını bozmaktadır. Bu bağlamda, madencilik sektörü verimlilik endeksi (MPI) 10 yıl öncesine göre yaklaşık %40 azalma göstermektedir (Şekil 4.1). Buna rağmen, maden dış ticaretinin ülkemiz ekonomisine katkısı (Madencilik/GSYH=%0,82~1,17) on yıllardır yaklaşık aynı düzeydedir [12]. Türkiye madencilik sektörü verimlilik göstergesinde bir artış sağlamak için, işletme faaliyetlerinin yeniden tasarlanması gerekmektedir. Bu maksatla, mevcut maden işlemlerini daha efektif yapacak yasal ve teknolojik yeniliklere ihtiyaç duyulmaktadır [13, 14, 15, 16, 17]. Bu yeniliklerin başında, Endüstri 4.0'ın iş hayatına sunduğu dijitalleşme ve verimlilik kavramları gelmektedir.



Şekil 4.1. Madencilik sektörü verimlilik endeksi gelişimi [18]

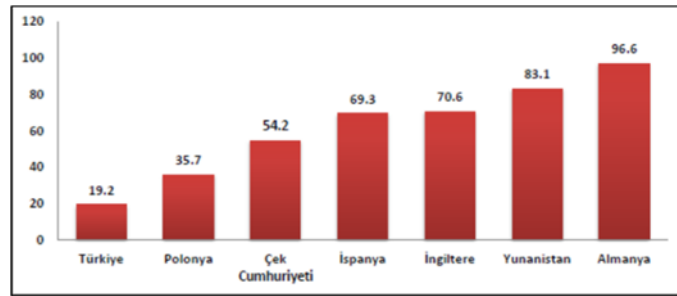
4.1. Madencilikte Verimlilik ve Katma Değer İlişkisi

Dünyanın en büyük 12'nci kömür üreticisi ve toplam elektrik üretiminin %25'i kömüre bağlı olan ülkemizde, maden işletmelerinin verimlilik oranı pek iyi değildir. Bir yılda üretilen kömür miktarı sektörde çalışan işçi sayısına bölündüğünde ortaya çıkan rakam çok çarpıcıdır. 2012 yılında Türkiye'den 6 kat fazla kömür üreten Avustralya'da daha az sayıda madenci çalışmaktadır. Türkiye'deki kömür işletmelerinin verimlilik oranı, ABD ve Avustralya gibi gelişmiş ekonomiler ile kıyaslandığında çok düşük durumdadır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. İşçi başına yıllık kömür üretim miktarları [19]

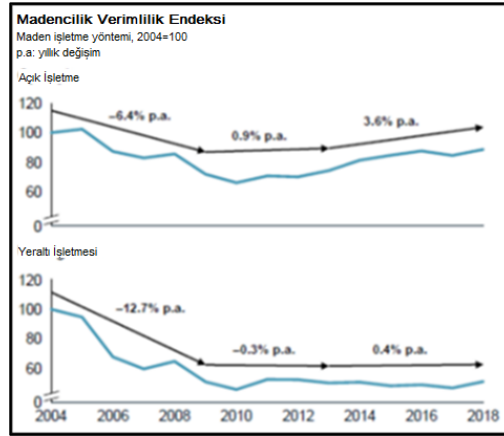
ABD ve Avustralya, işçi başına Türkiye'den yaklaşık 8 kat daha verimli kömür üretmektedir. Yani ülkemizde 8 madencinin yaptığı işi, ABD'de tek bir işçi yapabilmektedir. Benzer bir kıyaslama Türkiye ile AB üyesi ülkeler arasında yapıldığında, ülkemiz işçi başına düşen üretim değerinde de çok gerilerdedir. Eurostat verilerine göre; Türkiye'de bir maden işçisinin yılda ürettiği katma değer 19.200 Euro (€) iken, bu rakam Almanya'da 96.600 €'dür. Kömür üretimi ülkemizden oldukça az olan İspanya ve Yunanistan'da ise Türkiye'nin yaklaşık iki katıdır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. İşçi başına yıllık katma değer miktarı (bin €) [19]

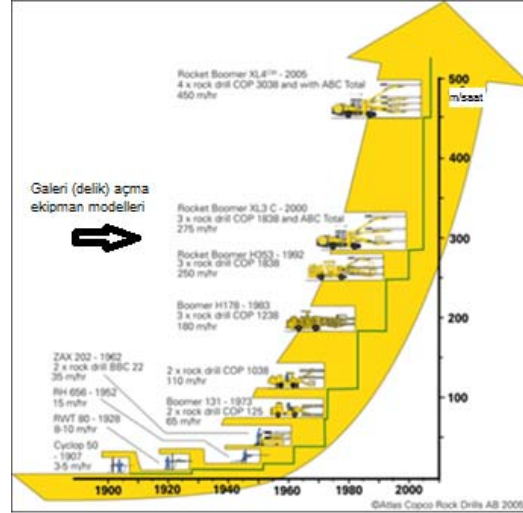
Ülkemiz kömür madenciliği katma değer sağlamadaki kötü performansı, verilen düşük işçi ücretleri ile dengelenmeye çalışılmaktadır. Türkiye’de kömür madeni işçilerinin yıllık ortalama ücreti 12.900 € olarak gerçekleşirken, bu rakam bize en yakın kömür üreticisi olan Çek Cumhuriyeti’nin neredeyse yarısıdır. Almanya’da 59,200 € ve İngiltere’de 63,400 € alan bir kömür işçisi ise, Türkiye’deki madenciden yaklaşık 5 kat daha fazla gelir elde etmektedir.

Ayrıca; pek çok ülke yeraltı işletmelerine kıyasla daha yüksek kapasiteli makine kullanımı ve iş güvenliği bakımından avantajlı olan açık işletmeleri tercih etmektedir. Örneğin ABD’de 2011 yılı yeraltı kömür işletmelerinde işçi başına 2,84 ton/saat üretim yapılırken, bu rakam açık işletmelerde 8,97 ton/saat’e çıkmaktadır (Şekil 4.4). Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) verilerine göre, kurum 2012 yılında satılabilir kömürün %80,1’ini açık ocaklardan üretmiştir. Buna rağmen, ülkemizde işçi başına düşen üretim verimlilik oranlarının az olması oldukça düşündürücüdür.



Şekil 4.4. Açık ve yeraltı maden işletmesi verimlilik endeksleri [20]

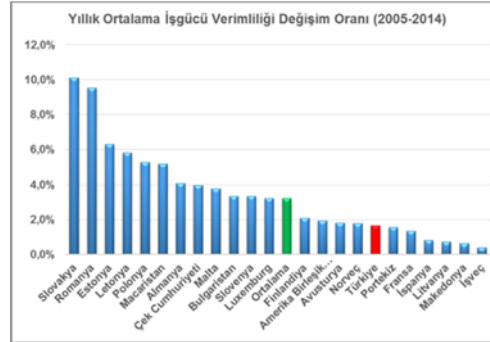
Doğal kaynakların sürdürülebilirliği için işletmelerde çalışma verimliliğini artırmak, madencilik sektörünün yapacağı en iyi çözüm olacaktır. Ayrıca; sektörde uygulanacak dijitalleşme ve otomasyon sistemleri, işletmelere pozitif imkânlar sunmaktadır. Öyle ki, yeni teknolojiler üretkenliği, iş güvenliğini, verimlilik ve maliyet etkinliğini artırmaktadır (Şekil 4.5). Sektör için, 2025 yılına kadar yaklaşık 189 milyar \$ ek kaynak yaratılabileceği öngörülmektedir.



Şekil 4.5. Galeri açma teknolojisinin yıllara göre değişimi [21]

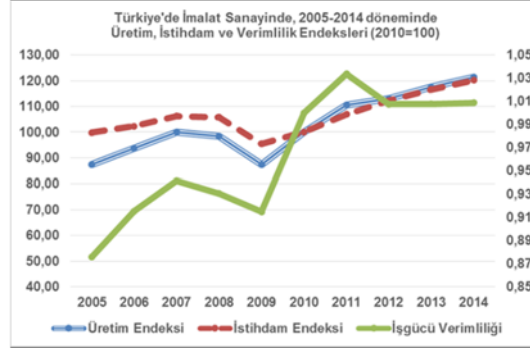
4.2. İşgücü Verimliliği ve İstihdam İlişkisi

İşgücü verimliliği, ülkelerin sosyo-ekonomik gelişiminin en temel göstergelerinden birisidir. Küresel rekabette yer almak ve ekonomik kalkınma için, işletmelerde başta işgücü verimliliği olmak üzere toplam faktör verimliliğinin yüksek olması gerekmektedir. Türkiye her iki göstergede de AB ülkeleri ortalaması altındadır (Şekil 4.6). Ülkemizin makroekonomik sorunları temelinde, işletmelerin gösterdiği düşük işgücü verimliliği bulunmaktadır.



Şekil 4.6. Ülkelerin işgücü verimliliği değişim oranları [22]

Türkiye 2005 yılı işgücü verimliliği sıralamasında 121 ülke içerisinde 36.sırada iken, 2012 de 43.sıraya gerilemiştir. 2008-2009 yılı yaşanan küresel ekonomik kriz ve küresel piyasalarından gelen sabit sermaye yatırımlarındaki azalma, ülkemiz ekonomik büyüme hızını önemli ölçüde düşürmüştür. Ancak; Türkiye imalat sanayinde 2005-2014 yılları üretim değişimi birikimli olarak %39, istihdam %20 oranında artmıştır. İşgücü verimliliğindeki değişim ise, üretim ve istihdam eğrileri ile kısmen benzerlik göstermektedir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Türkiye'de imalat sanayinde üretim, istihdam ve verimlilik endeksleri [22]

4.3. Verimlilik ve İş Güvenliği İlişkisi

Ülkemizin en önemli problemlerinden bir diğeri de işletmelerde sürekli yaşanan iş kazalarıdır. Her yıl binlerce insan iş kazalarında ya yaralanmakta ya ölmekte ya da sakat kalmaktadır. Bu durum çalışanlar için moral/motivasyon kayıplarına, işletmelerde verimliliğin düşmesine neden olmaktadır. Kömür üretimi sırasında grizu patlaması, toz, gürültü, titreşim, elektrik çarpmaları, yetersiz aydınlatma, hijyen ve psikolojik sorunlar gibi pek çok unsur madencilerin sağlığını etkilemektedir [23]. Bu nedenle, maden işletmelerinde iş sağlığı ve güvenliği (İSG) tedbirlerinin eksiksiz ve sürekli uygulanması gerekmektedir. Yeterli önlem alınmadığı takdirde, maden iş kazaları kaçınılmaz olmaktadır.

Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) Zonguldak işletmesinde toplam verimlilik değerleri incelendiğinde, ilk başta verimliliğin artan bir eğilim izlediği görülmektedir (Şekil 4.8). Bu eğilim 1953~1960 yılları arasında yatay bir seyir izlemiştir. 1961~1966 yılları arasında toplam verimlilikte önemli bir artış gözlenirken, bu tarihten itibaren yaşanan iş kazaları nedeniyle 1990 yılına kadar verimlilik sürekli azalmıştır. Bununla birlikte, 1990'lı yılların başından itibaren verimliliğin kısmen artış gösterdiği görülmektedir.



Şekil 4.8. TTK Zonguldak işletmesinde toplam verimlilik (%) [24]

Kömür işletmelerinde yaşanan ölümlü kazalar, başta sektörde çalışanlar olmak üzere diğer tüm personelleri olumsuz etkilemektedir. Bu etkileşim daha çok işçi ve mühendislerin çalışma istek, moral ve motivasyonlarını azaltmakta, işletme verimliliğini düşürmektedir. İş kazaları ile verimlilik arasında ters orantılı bir ilişki bulunmaktadır. Kömür işletmelerinde verimliliğin

azalması, hem yönetimi hem de mali performansı negatif yönde etkilemektedir. Ayrıca; bu tür kazaların çalışanlar üzerindeki olumsuz etkileri yıllarca sürmekte, bu da işletme verimlilik oranının uzun vadeli düşmesine neden olmaktadır.

5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Dünyada yaklaşık 90 çeşit maden üretimi yapılırken, ülkemizde 60 tür madenin üretim ve ticareti yapılmaktadır. Türkiye; 168 ülke arasında toplam maden üretimi itibarıyla 22'nci, değer (\$) bazında 28'inci ve maden çeşitliliğiyle 8'inci sırada bulunmaktadır. Fakat ülkemiz GSYH'deki payı %1,1 civarında olan madencilik sektörü, gelişmiş ülkelerdeki %5,0~8,0 oranı ile kıyaslandığında, katma değer yaratma bakımından çok düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca;

- ABD ve Avustralya, işçi başına yıllık Türkiye'den yaklaşık 8 kat daha fazla kömür üretmektedir.
- Türkiye'de bir maden işçisinin yılda ürettiği katma değer 19.200 Euro (€) iken, bu rakam Almanya'da 96.600 € düzeyindedir.
- Türkiye'de kömür madeni işçilerinin yıllık ortalama ücreti 12.900 € olarak gerçekleşirken, bu rakam Almanya'da 59,200 €, İngiltere'de 63,400 €'dür.
- Maden işletmelerinde sıkça yaşanan iş kazaları, uzun süreli olarak işgücü verimlilik oranını düşürmektedir.

Madencilik sektöründe faaliyet gösteren kurumlarımızın günümüz rekabetçi piyasa koşullarında tutunmaları, ancak çalışma verimliliği yüksek, iş güvenliği ve işletme ekonomisi güçlü olması ile mümkündür. Bu yaklaşım; çevresel ve ekonomik açıdan daha sürdürülebilir olan "Endüstri 4.0" modelini ön plana çıkarmaktadır. Doğal çevreyi korumak ve bizlere sunduğu avantajlardan yararlanmak için, üretilen hammaddeleri daha efektif kullanmamız gerekmektedir. Bu da mal ve hizmetleri üretme, doğal kaynakları tüketme alışkanlıklarımızı değiştirmemize bağlıdır.

Özellikle son yıllarda küresel ölçekte artan maliyetler nedeniyle madencilik sektörü finansal baskı altına girmekte, kısa vadede değişen emtia fiyatları işletmelerin nakit akışını bozmaktadır. Bu bağlamda, madencilik sektörü üretkenlik endeksi 10 yıl öncesine göre yaklaşık %40 oranda bir azalma göstermektedir. Türkiye madencilik sektörü verimlilik göstergesinde bir artış sağlamak için, yasal ve teknolojik yeniliklere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yeniliklerin başında, Endüstri 4.0'ın iş hayatına sunduğu dijitalleşme, mekanizasyon/otomasyon ve yüksek verimlilik kavramları gelmektedir. Dijitalleşen KOBİ'lerde çalışma verimliliği yaklaşık %30 oranında artmaktadır. KOBİ'lerin dijitalleşme performansı ile artan verimlilik düzeyleri, Türkiye ekonomisinin %4 büyümesine etki edeceği öngörülmektedir [25]. Yalnız işgücü verimliliğinin artması, kamu veya özel sektörün tek başına değil, birlikte çalışmasıyla mümkün olacaktır.

Ayrıca; küresel ve ulusal ekonomik sorunları çözmek, ancak işletmelerin artan iş güvenliği ve çalışma verimliliği ile mümkündür. Yüksek işgücü verimlilik oranı; gelişmiş ülke ya da refah toplumu olmanın vazgeçilmez ölçütlerinden biridir. Sosyo-ekonomik kalkınmada rol alan bir sektöründeki verimlilik artışı, diğer iş kollarını da harekete geçirmektedir. Maden işletmelerinde sağlanacak yüksek iş güvenliği ve verimlilik oranı, çağdaş yönetim anlayışı ile birlikte ulusal kalkınmamıza daha fazla ekonomik katkı sunacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Delibalta, M.S. ve Çiner, F., (2019). “Madencilik Sektöründe Atık Yönetimi ve Avrupa Birliği Çevre Mevzuatı İlişkisi Analizi”, 1st International Conference on Environment, Technology and Management (ICETEM), ISBN: 978-975-8062-33-1, 27-29 June, Niğde/Turkey, 640-650.
- [2] Sunduvaç, Y., (2018). “Dünya ve Türkiye’de Madencilik Sektörü-1”, Kütahya Ticaret ve Sanayi Odası, Sektörel Analiz, Sayı:179, 4s.
- [3] ETKB, (2020). “Türkiye Madencilik Sektörü Gelişim Raporu 2020”, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) & TOBB Yayın No: 2021/25, ISBN No: 978-605-137-862-6, Ankara, 176s.
- [4] TTK, (2022). ”2021 Yılı Taşkömürü Sektör Raporu”, Türkiye Taşkömürü Kurumu (TKK), 49s, Ankara.
- [5] TKİ, (2022).”Kömür (Linyit) Sektör Raporu-2021”, Dünya’da ve Türkiye Özelinde Sektörün Görünümü, Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) Kurumu, 119s, Ankara.
- [6] Delibalta, M.S., (1997). “Yeraltı metal maden işletmelerinde verimlilik ve rasyonalizasyon”, Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, ISSN:1019-1011, Haziran/Aralık, Adana, Cilt:12, Sayı:1-2, 93-103.
- [7] Suiçmez, H., (2014). “Verimliliğin Ekonomi Politikası (VEP)” T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Verimlilik Genel Müdürlüğü, 22s, Ankara.
- [8] Uygun, M. Kasap, Y. ve Konuk, A. (2007). “Tunçbilek Bölgesi Kömür Madenciliğinde Uygulanan İşletme Yöntemlerinin Verimlilik Analizi”, Madencilik, Cilt 46, Sayı 1, 25-32.
- [9] Peneder, M. and Prettnner, C. (2021). “Entwicklung der Produktivität österreichischer Unternehmen von 2008 bis 2018”, Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung (WIFO), Projektnummer: 821, Oktober, Wien, p51.
- [10] Demirci, S.F., (2005). “Verimlilik Bilinci ve Kültürünün İşlevselliği, Değişime Katkısı”, MPM Yayınları, Ankara, Verimlilik Dergisi 2005/3, 27-48.
- [11] Delibalta, M.S., (2019). “Türkiye ve Dünya Madencilik Sektörü Gelişim Sürecinde Yeni Paradigmalar”, Türkiye 26.Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi-IMCET2019, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, ISBN: 978-605-01-1273-3, 16-19 Nisan, Antalya/ Türkiye, 130-138.
- [12] MTA, (2022). “Bilgi Merkezi, Türkiye’de Madencilik, Madencilik Dış Ticareti”, Maden Tetkik Arama (MTA) Genel Müdürlüğü, <https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/maden-dis-ticaret> (Erişim Tarihi: 21.03.2022)
- [13] TMD, (2016). “Maden Endüstrisinin Geleceği Yeni Teknolojiler ve Sektör Trendleri Semineri”, Türkiye Madenciler Derneği-TMD, 01 Haziran, İstanbul. 2s.

- [14] Başaran, H.S., (2016). “Türkiye’nin Madenleri Dijitale Geçiyor”, Dünya Gazetesi, Haberler, Tekno Trend, <https://www.dunya.com>, İstanbul, 3s, (Erişim Tarihi: 22.01.2019)
- [15] Oygür, A.V., (2018). “Çağdaş Madencilik Faaliyetlerinde Sosyal Onay”, Türkiye Madenciler Derneği-TMD, Sektörden Haberler Bülteni, Özel Sayı 69, İstanbul, 66-82.
- [16] Telatar, I. (2018). “Dijital Dönüşüm ve Madencilik Sektörü”, <https://www.endustri40.com/haberler/>, İstanbul, 7s, (Erişim Tarihi: 28.09.2018)
- [17] Karapınar, N., (2018). “Madencilik Endüstrisinde İnovasyon”, Madencilik_Türkiye Dergisi, 15 Ocak, Ankara, 98-104.
- [18] McKinsey & Company, (2022). “The Future of Mining”, BCG, World Economic Forum, Accenture, Mineral Economics, Springer, U.S. Departement of Energy, p2.
- [19] Kaymaz, T. ve Kızılcıca, İ. (2014). “Kömür Madeni İşletmelerinde Verimlilik ve İş Güvenliği”, Türkiye Ekonomi Politikaları Araştırma Vakfı (tepa), Değerlendirme Notu N201423, Temmuz, 13s, Ankara.
- [20] McKinsey & Company, (2020). “Mining Productivity Index (MPI) by McKinsey shows that global mining productivity has reversed course with a gradual increase in productivity since 2013”, MineLens commentary, April, p1.
- [21] Humphreys, D. (2019). “Mining productivity and the fourth industrial revolution”, Mineral Economics (2020) 33:115–125, <https://doi.org/10.1007/s13563-019-00172-9>.
- [22] Balkan, D. ve Suiçmez, H. “Türkiye ve Dünyada İşgücü Verimliliğinin Karşılaştırmalı Analizi” T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Verimlilik Genel Müdürlüğü, (2015), 18s, Ankara.
- [23] Arslanhan, S. ve Cünedioğlu, H.E.. “Madenlerde Yaşanan İş Kazaları ve Sonuçları Üzerine Bir Değerlendirme”, Türkiye Ekonomi Politikaları Araştırma Vakfı (tepa), Değerlendirme Notu, (2010), 6s, Ankara.
- [24] Korkmaz, O. (2011). “İş Kazaları ile Verimlilik Arasındaki İlişki: Türkiye Taşkömürü Kurumu Örneği” Journal of Yasar University, 23(6), 3805-3813.
- [25] Gökçe, H. (2022). “Dijitalleşen KOBİ’de verimlilik yüzde 30 artıyor”, Dünya Gazetesi, Şirket Haberleri, 01 Temmuz, 2s.

YILLIK HALKALARIN NUMUNE ENİNE KESİTİNDEKİ AÇISAL DEĞİŞİMİNİN AĞAÇ MALZEMENİN LİFLERE DİK YÖNDEKİ DARALMA POTANSİYELİNE ETKİSİ

İlker USTA¹

Accepted: 2023-07-29
DOI: 10.47118/somatbd.1264043

ÖZET

Ahşabın higroskopik ve anizotropik doğası sebebiyle bir malzeme olarak kullanım amacına uygunluğunda sınıyıcı bir etmen ve kullanılma yerindeki etkinliğinde çok esaslı bir unsur olarak addedilen daralma ve genişleme anizotropisi, esasen tam doğrusal düzlemler zemininde teğet ve radyal ile boyuna yönlerdeki olası boyutsal değişim durumuyla ilgili bir konudur. Bu araştırmada, numune enine kesitindeki yıllık halka açısının ağaç malzemenin liflere dik yöndeki daralma potansiyeline etkisi, yönsel değişim miktarı ve eğilimi bağlamında teğet ve radyal yönlere göre incelenmiştir. Buna göre, enine kesit üzerindeki yıllık halka pozisyonlamasının 0 dereceden 90 dereceye kadar olan açısallık değişiminde, trigonometrik fonksiyonlar grafiğine dayanılarak geliştirilen açısal değişim eşitliğiyle yapılan belirleme uyarınca, ahşap malzemede meydana gelen daralma miktarının ve yönünün yıllık halkanın belli bir açı altında beliren $\sin^2\phi$ ve $\cos^2\phi$ değerleri eşliğinde farklılaştığı ortaya koyulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ahşap, daralma ve genişleme anizotropisi, trigonometrik fonksiyonlar, açısallık, yıllık halka pozisyonlaması, teğet ve radyal daralma

THE EFFECT OF ANGULAR VARIATION OF ANNUAL RINGS IN THE SAMPLE CROSS-SECTION ON THE POTENTIAL SHRINKAGE OF WOOD MATERIAL PERPENDICULAR TO THE FIBERS

ABSTRACT

Due to the hygroscopic and anisotropic nature of wood, the shrinkage and swelling anisotropy, which is considered a testing factor in its suitability for use as a material and a very essential element in its effectiveness in the place of use, is essentially a matter of possible dimensional change in tangential, radial and longitudinal directions on the ground of fully linear planes. In this study, the effect of the annual ring angle in the cross section of the sample on the shrinkage potential of wood material in the perpendicular direction to the fibers was investigated in terms of the amount and trend of directional change, according to the tangential and radial directions. Accordingly, in the angularity change of the annual ring positioning on the cross section from 0 degrees to 90 degrees, according to the determination made by the angular change equation developed based on the graph of trigonometric functions, it has been revealed that the

¹ Prof. Dr., Hacettepe Üniversitesi, Mesleki Teknoloji Yüksekokulu, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği, 06532 Beytepe, Ankara, iusta@hacettepe.edu.tr

amount and direction of shrinkage in wood material differs in the presence of $\sin^2\phi$ and $\cos^2\phi$ values that appear under a certain angle of the annual ring.

Key Words: Wood, anisotropy of shrinkage and swelling, trigonometric functions, angularity, annual ring positioning, tangential and radial shrinkage

1. GİRİŞ

Esasen higroskopik ve anizotropik bir yapıya sahip olan ağaç malzemenin (ahşabın) lif doyunluğu noktası altındaki rutubet alışverişi ile ortaya çıkan genişleme ve daralma özelliği, ahşabın kullanım amacı ve kullanılma yerine etkisi çerçevesinde, ahşap bilimi ve teknolojisi alanında pek çok araştırmacı tarafından geniş bir perspektifte derinlemesine irdelenmiştir. Bu bağlamda, doğal ve organik bir malzeme olan ahşabın hem liflere paralel olan boyuna yönde hem de liflere dik konumdaki teğet yönde (yıllık halka çevrimi yönünde) ve radyal yönde (öz ışını doğrultusunda) farklı miktarlarda genişleme ve daralma yetkinliğine sahip olduğu belirlenmiş olup (lif doyunluğu noktası altındaki rutubet miktarı zemininde) boyuna yön ile teğet ve radyal yönler göre farklı düzeylerde gerçekleşen genişleme ve daralma davranışı, boyutsal değişim eşliğinde ortaya koyulan devinimsel bir tepki olarak değerlendirilmiştir.

Nihayetinde, ağaç malzemenin liflere paralel ve liflere dik yönlerde farklı genişleme ve daralma miktarlarına sahip olması ahşabın çalışma anizotropisi olarak tanımlanırken, ahşabın genişleme ve daralma bakımından farklı yönlerde farklı miktarlarda performans sergileyen içselliğinden ötürü, kuru veya nemli ortamlar nezdinde, kullanılma yerindeki çevresel koşullara uygun şekilde hazırlanması gerektiği birçok araştırmada vurgulanmış ve kullanım amacı göz önünde tutularak hazırlanış(lar)a ilişkin kapsamlı değerlendirmeler yapılmıştır. Bu meyanda, ahşabın genişleme ve daralma anizotropisi hususunda örnek olabilecek bazı çalışmalar şunlardır: Kollmann ve Cote [1], Wilson ve White [2], Bozkurt ve Göker [3], Tsoumis [4], Desch ve Dinwoodie [5], FPL [6], Hoadley [7].

Ahşabın çalışma anizotropisi kapsamında, boyuna yön ile birlikte teğet ve radyal yönlerdeki genişleme ve daralma miktarlarının ayrı ayrı toplanması itibariyle ulaşılan hacimsel genişleme ve hacimsel daralma değerlendirmesi yapıldığında, odun liflerinin hidrofilik doğası gereği genişleme miktarının daralma miktarına göre yüksek seviyede gerçekleştiği görülürken, lif doyunluğu noktası altında gerçekleşmek üzere, ahşabın hücre çeperinin sahip olduğu rutubetlilik halinden hiç rutubetin bulunmadığı tam kuru hale gelinceye kadarki daralması sınıranabilir temel bir özellik olarak görülür [8]. Böyle bakıldığında, ahşabın çalışması bağlamında yapılan incelemelerde daralmayı esas alan değerlendirmelerin görece olarak literatürde baskın bir şekilde öne çıktığı söylenebilir. Bu makalede, ahşabın kullanım amacına uygun olarak kullanılma yerindeki şartlara göre hazırlanması mahiyetinde gerçekleştirilen boyutlandırma sürecinde dikkat edilen hususlardan biri olan enine kesitteki yıllık halka pozisyonlaşmasının önemi odağında, numune enine kesitindeki yıllık halka açısının ağaç malzemenin liflere dik yöndeki daralma potansiyeline olası etkisi incelenmiştir.

2. DARALMA VE GENİŞLEME ANİZOTROPİSİ

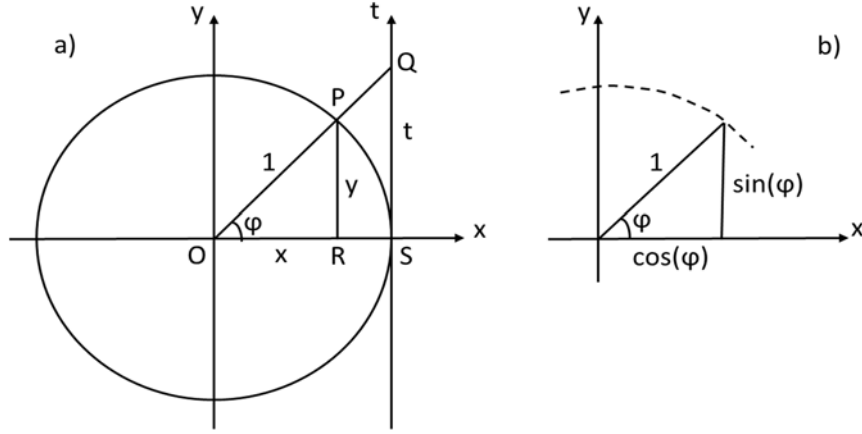
Ahşabın en temel fiziksel özelliklerinden biri olarak addedilen lif doyunluğu noktası (LDN), rutubet miktarı bağlamında hücre çeperindeki miseller arası boşlukların tamamen suyla dolu olması durumu olup çeperde bulunan suyun net odun miktarına oranıdır [9] ve tam kuru

haldeki yoğunluk (D_0) ile hacimsel genişleme (α_v) kapsamında α_v/D_0 işlemi yordamıyla [10] belirlenen sayısal veri zemininde bütün ağaç türlerini ihtiva etmek üzere % 25-35 arasında değişen bir değere sahiptir [8]. Buna göre, Usta [8] tarafından açıklandığı gibi, α_v ve D_0 değerleriyle her ağaç türü için belirlenen LDN altında, hücre çeperindeki miseller arası boşluklara su doldukça selüloz zincirlerinden oluşan mikrofibrillerin çekim kuvvetine bağlı olarak odun lifleri ıslanmaya başlarken, bu ıslanma hali sürdükçe makrofibril kümesini oluşturan mikrofibril demetleri şişerek birbirlerini iteklerler ve bunun sonucunda hücre çeperi teğet ve radyal yönlerde bir miktar genişler. Bunun tersi durumda, miseller arası boşluklarda konuşlanan suyun kuruma sebebiyle buharlaşıp hücre çeperinden uzaklaşması halinde ise, mikrofibril demetleri büzüşerek birbirlerine yanaşırlar ve böylece hücre çeperi hem teğet hem de radyal yönde bir miktar daralır. Böylece tersinir bir süreç olarak hücre çeperinde gerçekleşen genişleme ve daralma eylemleri, ahşabın (ağaç malzemenin) çalışması olarak değerlendirilirken, hava kurusu rutubet miktarı olarak kabul edilen ortalama % 12 seviyesine kadar ağaç malzeme kurutularak çevre koşullarına uyarlanmadıkça ahşaptan öngörüldüğü gibi faydalanılmasında risk oluşturur.

Yukarıda bahsedilen, ahşabın genişleme ve daralma anizotropisi, hücre çeperinin şişmesi ve büzüşmesi nedeniyle ortaya çıkan apayrı bir hacim değişmesi hali olup ahşap malzemenin boyutlarında hatırı sayılır bir değişimin meydana gelmesine sebebiyet verir. Bu çerçevede, hücre çeperi odaklı olmak suretiyle ahşabın genişleme ve daralma eğilimi, dikili haldeki bir ağacın büyürken yerden yukarıya doğru gerçekleşen aksel uzantısı mahiyetinde liflere paralel olan boyuna yönde çok cüzi bir seviyede gerçekleşirken, liflere dik olan teğet ve radyal yönlerde ise yüksek düzeylerde gerçekleşir [8]. Bunu rakamsal bakımdan söylemek gerekirse, ağaç türleri ayrımı yapılmaksızın normal gelişim göstermiş bir ahşap malzemenin yönlere göre daralma miktarı, bu konuda gerçekleştirilen birçok araştırma sonuçlarına istinaden; boyuna yönde % 0,1 ile % 0,9 arasında gerçekleşirken, teğet yönde % 3,5 ile % 15,0 ve radyal yönde % 2,4 ile % 11,0 arasında gerçekleşir [3]. Bu değerler sınır aralığı olup ahşabın elde edildiği ağacın türü ile yoğunluğuna (başka bir ifadeyle özgül ağırlığına) göre, daralma miktarı değişkenlik gösterir [4].

2.1. Yıllık Halka Açısallığının Teğet ve Radyal Daralma Üzerindeki Etkisi

Muhteviyatı itibarıyla ahşabın daralma eğilimi, teğet ve radyal yönlerde (boyuna yöne nazaran) daha belirgin bir biçimde gerçekleşirken, numune enine kesiti üzerindeki yıllık halka pozisyonlanmasının açısallık içermesi halinde, teğet ve radyal daralmanın miktarı ile daralma oluşum odağının mevcut açısallık konumlanmadan ötürü farklılaşmasına neden olur. Bu durum, yıllık halka açısallığının teğet ve radyal daralmayı etkilemesi olarak değerlendirilirken, Şekil 1'de gösterilen açısallık konumlanmaya göre trigonometrik işlevlerin birim çember üzerindeki mevcudiyeti bağlamında açıklanabilir.



Şekil 1. Açısal konumlanmaya göre trigonometrik işlevlerin birim çember üzerindeki gösterimi [11, 12]

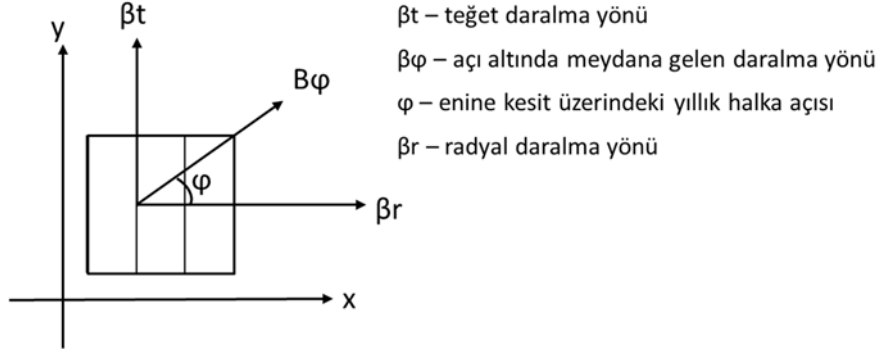
Şekil 1’de gösterilenlerin içeriği şöyle ifade edilmektedir; $OR = x = \cos(\phi)$ iken, $RP = y = \sin(\phi)$ ve $SQ = t = \tan(\phi)$ biçiminde birim çemberin izdüşümleri olarak işlev görür [11]; P ve Q şeklinde etiketlenen noktalar O başlangıç noktasından belli bir ϕ açısıyla gelen 1 doğru parçasının (bu noktalar itibariyle) uzunluğunu temsil ederken, y ve t noktaları x ekseninden yukarıya uzanan dikey çizgilerin yükseklikleri olup R ve S noktaları ise y ekseninden başlayarak x eksenini boyunca devam eden yatay çizgilerin uzunluklarıdır [12].

Bozkurt ve Göker [3] tarafından açıklandığı gibi, enine kesitte özden kabuğa doğru uzanan öz ışını düzlemindeki radyal yön ile yıllık halka çevrimi üzerindeki teğet yön arasındaki herhangi bir açı altında meydana gelen daralma ($\beta\phi$), teğet daralma (βt) ve radyal daralma (βr) ile yıllık halka açısının (sinüs ve kosinüs işlevlerine dayalı) trigonometrik fonksiyonu olarak aşağıdaki eşitlikle belirlenir.

$$B\phi = (\beta t \times \sin^2\phi) + (\beta r \times \cos^2\phi) \quad (1)$$

Buna göre, trigonometrik işlevlerin (Şekil 1’de gösterilen) birim çember üzerindeki gösterimi bağlamında, dik üçgende karşı dik kenarın hipotenüse oranı olan sinüs [$\sin(\phi)$] işlevinin koordinat düzleminde y eksenini ve dik üçgende komşu dik kenarın hipotenüse oranı olan kosinüs [$\cos(\phi)$] işlevinin koordinat düzleminde x eksenini olduğu dikkate alındığında, buradaki R ve P noktaları arasındaki y mesafesi $\sin(\phi)$ ile bağdaşık iken, O ve R noktaları arasındaki x mesafesi ise $\cos(\phi)$ ile bütünleşiktir ve dolayısıyla $\sin^2\phi$ teğet daralmayı ve $\cos^2\phi$ radyal daralmayı gösterir.

Bu perspektiften bakıldığında, Kollmann ve Cote [1] tarafından izah edildiği gibi, Şekil 2’de gösterilen yıllık halka pozisyonlanma diyagramı temelinde, yıllık halkaların öz ışını doğrultusuyla olan açısalığa göre, 0 derecede radyal daralma ve 90 derecede teğet daralma gerçekleşirken, enine kesitteki yıllık halkaların ϕ açısı 90 dereceye doğru gittikçe ahşabın daralma nispeti (teğet yönün tesiriyle) artar.



Şekil 2. Numune enine kesitinde y ve x eksenleri itibariyle yıllık halka pozisyonlamasına göre daralma oluşum diyagramı

3. ÖRNEKLENDİRME

Ahşap malzemenin enine kesit üzerindeki yıllık halka açısı, öngörülen kullanım amacı göz önünde bulundurularak bazı kullanıma yerleri için özellikle tam teğet ve tam radyal yönleri ihtiva edecek şekilde hazırlanabildiği gibi, teğet ve radyal yönlerin konuşlanması göz ardı edilerek belli bir açıya veya rastgele eğiklikte oluşturulabilir. Bu çerçevede, halihazırdaki numunenin enine kesitindeki mevcut açının ne kadar olduğunun belirlenerek Bozkurt ve Göker [3] tarafından takdim edilen $B\phi = [(\beta_t \times \sin^2\phi) + (\beta_r \times \cos^2\phi)]$ eşitliğinde yer alan $\sin^2\phi$ ve $\cos^2\phi$ değerleri uyarınca, açığa bağlı daralma miktarı hesaplanabilir ve daralmanın teğet-radyal ekseninde hangi yöne doğru yaklaşarak gerçekleştiği söylenebilir.

Buna göre, genel bir değerlendirme maksadıyla, enine kesitte 0 ile 90 derece arasında on beşer derecelik farklarla değişen açılar nezdinde yıllık halka pozisyonlaması ile kurgulandığı varsayılan bir ahşap malzemenin teğet ve radyal yönlerdeki daralma miktarının sırasıyla % 7,0 ve % 4,0 olduğu öngörüsüyle bir incelemenin yapılması halinde, yukarıda gösterilen eşitlik kullanılarak, βt ve βr için bahsedilen bu daralma miktarları odağında her yıllık halka açısı için değişen $\sin^2\phi$ ve $\cos^2\phi$ değerleriyle ayrı ayrı hesaplamalar yapıldığında, teğet ve radyal yönlerdeki daralma değişiminin miktar ve eğilim bakımından nasıl olabileceği sayısal veri eşliğinde Tablo 1’de örneklenmiştir.

Tablo 1. Belli açılara göre değişen $\sin^2\phi$ ve $\cos^2\phi$ değerleri ile açısal daralma (βφ) değişimi (buradaki değerlendirme, βt = % 7,0 ve βr = % 4,0 alınarak yapılmış olup $\sin^2\phi$ teğet daralma (βt) ve $\cos^2\phi$ radyal daralma (βr) ile bütünleşiktir)

Yıllık Halka Açısı (φ)	$\sin^2\phi$	$\cos^2\phi$	βφ
0	0	1	4,0
15	0,07	0,93	4,2
30	0,25	0,75	4,8
45	0,50	0,50	5,5
60	0,75	0,25	6,3
75	0,93	0,07	6,8
90	1	0	7,0

Tablo 1 incelendiğinde, ($\sin^2\phi$ ve $\cos^2\phi$ ilişkilendirmesi zemininde) yıllık halka açısına göre, 0 derecenin öz ışını doğrultusundaki radyal daralmayı ve 90 derecenin yıllık halka çevrimi üzerindeki teğet daralmayı temsil ettiği göz önüne alındığında, enine kesitteki yıllık halka pozisyonlamasına bağlı ϕ açısının 0 dereceye yaklaşması halinde radyal daralmanın arttığı ve söz konusu ϕ açısının 90 dereceye yaklaşması halinde ise teğet daralmanın arttığı görülür. Bu meydana, mesela 30 derecelik bir yıllık halka açısı altında ($\sin^2\phi$ ve $\cos^2\phi$ değerleri uyarınca) ahşap malzemede radyal yönün % 75'i ve teğet yönün % 25'i kadar daralma miktarı değişeceği için, tam teğet daralma miktarı % 7,0 ve tam radyal daralma miktarı % 4,0 olan numunenin enine kesitindeki yıllık halka pozisyonlamasının 30 derecelik açı altındaki daralma miktarının % 4,8 değeriyle radyal yöne meyillenmiş olarak gerçekleşeceği söylenebilir. Bu durum, tersinir içselliğiyle 60 derecelik bir yıllık halka açısı için değerlendirildiğinde ise, teğet yönde % 75 ve radyal yönde % 25 nispetinde bir daralma değişikliğinin gerçekleşeceğine atfen, ahşap numunenin enine kesiti üzerindeki yıllık halka açısının 60 derece olması halinde, daralma miktarının % 6,3 değeriyle teğet yöne doğru yaklaşmış vaziyette ortaya çıkacağı konuşulabilir.

4. SONUÇ

Aslında, ağaç malzemenin çalışma potansiyelini yansıtan daralma ve genişleme anizotropisi, liflere paralel ve dik yönlerdeki sıvı akışı eşliğinde boyuna ile teğet ve radyal yönlerde meydana gelen boyutsal değişim miktarı olup kullanım amacı ve kullanılma yerine etkileri itibariyle ahşap bilimi ve teknolojisi alanında neden-sonuç bağdaştırmasıyla ayrıntılı bir biçimde incelenmesi gereken önemli bir konu olarak öne çıkmaktadır. Bu perspektifte, enine kesit üzerindeki yıllık halka pozisyonlamasının ahşabın liflere dik yöndeki teğet ve radyal genişlemesine ve daralmasına olan etkisi, açısallık zemininde değerlendirilen bir husustur.

Bu araştırmada, yıllık halkaların numune enine kesitindeki açısal değişiminin ağaç malzemenin liflere dik yöndeki daralma potansiyeline etkisi irdelenmiş olup (Şekil 1'de gösterilen) trigonometrik fonksiyonlar grafiğinde yer alan $\sin(\phi)$ ve $\cos(\phi)$ ile (Şekil 2'de diyagramatik yaklaşımla sunulan) teğet daralma (β_t) ve radyal daralma (β_r) ilişkilendirmesine dayanarak enine kesit üzerindeki yıllık halka pozisyonlamasının bir açısallık içermesi halinde ahşap malzemedeki açısal daralma ($\beta\phi$) miktarının belirlenmesinin nasıl yapılacağı ve elde edilen sayısal sonuçların nasıl yorumlanması gerektiği konusuna ışık tutulmaya çalışılmıştır.

Özü itibariyle böyle bir bakış açısından konuya bakıldığında, ahşap malzemenin enine kesit üzerindeki yıllık halka pozisyonlamasının açısallığı mahiyetinde, 0 derecede tam radyal daralma ve 90 derecede tam teğet daralma durumunun gerçekleştiği göz önüne alındığında, mevcut ϕ açısının 0 dereceden 90 dereceye kadar değişmesine bağlı olarak halihazırdaki daralmanın da radyal yönden teğet yöne evrileceği şaşmaz bir gerçeklik olarak ortadadır.

5. KAYNAKLAR

- [1] Kollmann, F.F.P., Cote, W.A. (1968). Principles of Wood Science and Technology I: Solid Wood. Berlin: Springer-Verlag.
- [2] Wilson, K., White, D.J.B. (1986). The anatomy of wood: its diversity and variability. London: Stobart & Son Ltd.
- [3] Bozkurt, A.Y., Göker, Y. (1987). Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 3445/388.
- [4] Tsoumis, G. (1991). Science and technology of wood: structure, properties, utilisation. New York: Van Nostrand Reinhold
- [5] Desch, H.E., Dinwoodie, J.M. (1996). Timber: structure, properties, conversion and use. London: MacMillan Press Ltd.
- [6] FPL. Forest Products Laboratory. (1999). Wood handbook: (Wood as an engineering material). General Technical Report FPL–GTR–113. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest service.
- [7] Hoadley, R.B. (2000). Understanding Wood: A Craftsman's Guide to Wood Technology. New York: Taunton Press.
- [8] Usta, İ. (2016). Ahşap Üzerine Betimlemeler: Kültürlerarası etkileşim aracı olan ahşabın “Değerli bir Nesne” olarak kabul edilip özümsemesi (Lifli ve Gözenekli Yapısıyla Ahşap Mükemmeldir). Yapı Dünyası, 244-245: 8-16.
- [9] Usta, İ. (2017). Ahşap: Fiziksel Özellikler. Yapı Dünyası, 256-257: 8-13.
- [10] Usta, I., Hale, M.D. (2004). A novel guide for the determination of the physical properties of wood including kiln drying and full-cell preservative treatment. International Research Group on Wood Protection, Document No: IRG/WP 04–20298.
- [11] Maor, E. (1998). Trigonometric Delights. Princeton: Princeton University Press.
- [12] URL. https://tr.wikipedia.org/wiki/Trigonometrik_fonksiyonlar (Erişim Tarihi: 01.09.2022).

THE IMPORTANCE OF DEPRECIATION IN PRODUCTION COSTS

Murat KAYA¹, Şükrü KAYA²

Accepted: 2023-07-31

DOI: 10.47118/somatbd.1311659

ABSTRACT

One of the most determinative factors of the products produced by the companies is their price in supply and demand point. One of the major factors that constitute product cost is the depreciation cost of the devices used in productive facilities. During operation, devices which are used as fixed assets in productive facilities are worn out and their economic life decrease, and also their material values decrease or get lost over time. In order to facility devices be employed within the scope of depreciation, they must have a certain value, must be registered, they must be in effective use and must have economic life more than a year.

There are a number of methods in the evaluation of the depreciation of the facilities. In this paper; in the scope offixed annual capital cost, annual depreciation rate has been discussed based on the present variable value, economic life, discount rates, recovery value. In a certain economic life, as the interest rate increases depreciation value also increases. During a variety of economic lives the plant, compared to fixed interest rates, it has been seen that depreciation value is high in short-lived plants, and low in long-lived ones. Besides, depreciation value is lower in low-interest rates, and parallel depreciation value increases as interest rate increases.

Keywords: Depreciation In Businesses, Engineering Economy, Scrap Value,

ÜRETİM SİSTEMLERİNDE AMORTİSMANIN ÖNEMİ

ÖZET

Firmaların ürettikleri ürünlerin en belirleyici faktörlerinden biri de arz ve talep doğrultusunda fiyatlarının belirlenmesidir. Ürün maliyetini oluşturan en önemli unsurlardan biri de üretim tesislerinde kullanılan cihazların amortisman maliyetidir. Üretim tesislerinde sabit kıymet olarak kullanılan cihazlar işletme sırasında eskimekte ve ekonomik ömürleri kısaltmakta, ayrıca maddi değerleri de zamanla azalmakta veya kaybolmaktadır.

Tesis cihazlarının amortisman kapsamında kullanılabilmesi için belirli bir değere sahip olması, tescil edilmiş olması, etkin kullanımda olması ve ekonomik ömrünün bir yıldan fazla olması gerekir. Tesislerin amortismanlarının değerlendirilmesinde bir takım yöntemler bulunmaktadır. Çalışmada; sabit yıllık sermaye maliyeti kapsamında, bugünkü değişken değer, ekonomik ömür, iskonto oranları, geri kazanım değeri esas alınarak yıllık amortisman oranı ele alınmıştır. Belirli bir ekonomik ömürde faiz oranı arttıkça amortisman değeri de artmaktadır.

¹ Dr., Köşk Mah., Çatak Sok., Serra Ap., No: 30, Kayseri, mrtkaya@hotmail.com

² E.M.L. Electronic Department, Ankara, sukrukaya0610@hotmail.com

Çeşitli ekonomik ömürlerde santralin sabit faiz oranlarına göre kısa ömürlü santrallerde amortisman değerinin yüksek, uzun ömürlü santrallerde ise düşük olduğu görülmüştür. Ayrıca, düşük faiz oranlarında amortisman değeri daha düşük, faiz oranı arttıkça paralel amortisman değeri de artmaktadır.

Anahtar Kelimeler: İşletmelerde Amortisman, Mühendislik Ekonomisi, Hurda Değer

1. INTRODUCTION

The economics of the production plant is in production it's critical. While the project phase plant is tested in order to determine the economically most application methods. Facility project of providing the requested data is not provided, if the project is sufficient to finance economic control, it is of great importance. Entrance fees during the life of the facility will require the company continuity.

A financing company fails stream leaves a difficult situation, or even termination. Therefore, the company should have the necessary funds in time.

In fact, many methods are used in determining depreciation. Generally, these methods.

Normal depreciation; the company determines the rates to be determined by taking into consideration the useful lives of the economic value of ministry.

Diminishing balance method: corporate depreciated economic values, cannot in accordance with the declining balance depreciation over. Here, the depreciation rate should not exceed 50%.

Extraordinary Depreciation Method: The timeouts can be defined as the economic life of the rapidly declining depreciation methods.

Depreciation cost is not an assessment but may allocate. This cost allocation can depend on many factors; the company's economic life during the first products in a certain period of time will always be able to generate income. Depreciation expense in the accounting period is the amount of cost allocation. Translation loses value over time and only product line is calculated.

They want to be equal to the depreciation of production facilities during the economic lifetime. However, the project has a higher present value of depreciation of value of production facilities is causing high in the first year. Therefore, the facility constitutes high income tax.

Physical wear and break of the devices is a technological phenomenon. This does not mean compromising on quality. Depreciation is the relationship of this device Scott [1]. To determine the correct depreciation of the Company will reduce the real rate of interest, in the short term will have an indefinite effect on growth, to space the study period, would reduce the rate of change of the stock per direct capital, so that capital saving has said it will get lower interest rates Aghion [2]. There are many views on depreciation for companies. Cash flow is considered stochastic. However, the accelerated depreciation tax rule is controversial, Davidson [3], Schooner [4], Wakeman [5].

The development of a viable dynamic programming formulation, they said it would be in favor of accelerated depreciation method for the presence of Berger Berger [6], Wielhouw [7]. While investment costs, potential operating cost, cost and scrap value, depreciation have been made about the importance of work. Arkin [8], Mauer [9], Zambujal [10], Handle [11].

Kim at all in the study, They used a rational depreciation method to calculate the cost of the Pyroprocess. He has developed an advanced depreciated method (ADDM). Eventually, it has been determined that the depreciation cost of the ADDM, which assumed a Pyroprocess the life of the facility will be 40 years with a deceleration rate of 5%, takes up 4.14% and 27.74% of the Pyroprocess unit cost in the 1st and final years, respectively, Sungki [12].

Gaétan at al, in the work, They tried to estimate the depreciation rate of innovations using survey data on Australian patent-related revenues. First, direct observation of the income streams of inventions, later estimation of the effect of patent protection on the depreciation rate. The results show that the depreciation rate is in the range of 2-7%, [13].

In addition, the sheer number of assets that are included in the calculation of depreciation and complexity could pose problems in financial terms, therefore 10 quarries in the official gazette of the Ministry of Finance dated 2008 for assets subject to depreciation and amortization in the 26752 numbered notification classifying lands, buildings, fixed assets under construction, advances given for the acquisition of assets and loans are evaluated within the scope of the works of art are not depreciated. The second item of fixed assets, as assets subject to depreciation and amortization, account groundwater and land improvements, buildings account of plant, machinery and equipment accounts, vehicles, accounts, inventory account, other tangible assets account, the rights account, research and development expenses account special costs account other intangible assets account, call expense of other special exhaustion subject to asset accounts, inventories held for resale and tangible assets are listed as the account, "http://www.resmigazete.gov.tr [14].

The constant physical presence in the activities they used to achieve the objectives of the company is called tangible assets. According to this definition, as well as properties owned enterprises, which is used in all kinds of office supplies and business attribute moved, tools and equipment are recognized as fixed assets, Kumar [15].

Many short definitions have been made about depreciation. While dealing with depreciation and depletion depreciation, it was also evaluated by making simple calculations. Subject to depreciation in the project of economic design and practical calculations, this method is used. Here it is evenly distributed throughout the life cycle cost of fixed assets. Thus, annual depreciation, the cost of maintaining a constant value (M) (cost + expenses), in addition, if the scrap value (Hr) after deducting the fixed value of economic life (n) is calculated by dividing.

Depreciation economy, especially in engineering work; focused on the effects on cash flow of the project depends on capital investment.

Fixed scrap of a product (Hr), price (P), in the event of interest will be reduced depreciation over the useful life of value can be seen to increase as interest rates rise.

Loss in the economic value of the products used in the plant is also considered as depreciation. The increase in cash flow in the plant, will increase the annual depreciation value is obvious. The depreciation value, which therefore can be used as an alternative for determining the annual cash flow.

There are many methods of amortization of plant evaluation. Production under constant annual capital costs of the facility where the unit; variable current value, economic life, interest rate changes was discussed on the basis of annual depreciation scrap value.

2. THEORETICAL CONCEPTS

Fixed annual depreciation is a factor affecting the cash flow positively. This means that the annual depreciation of the high net cash flow of the company also means that high. Therefore, businesses prefer the method of calculation where high annual depreciation for tax purposes.

Fixed annual depreciation cost depreciation value of an investment with a certain value determined by the following formula.

$$Ca = P(A/P, i, n) = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (1)$$

Where A / P is determined as the depreciation factor. The economic life of plant (s) over the interest rate (i) the change has been taken into consideration. Scrap value of the economic end of life is very important in plant or machinery for the company and the value of the property at project level are included in the economic calculations. If the scrap value, regardless of economic life will eventually be included in determining the depreciation charge of the sales price is determined by the following formula, Aybers [16].

$$Ca = P(A/P, i, n) - Hr(A/F, i, n) = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] - Hr \left[\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (2)$$

Here the economic life of the plant H (n) is the scrap value at the end.

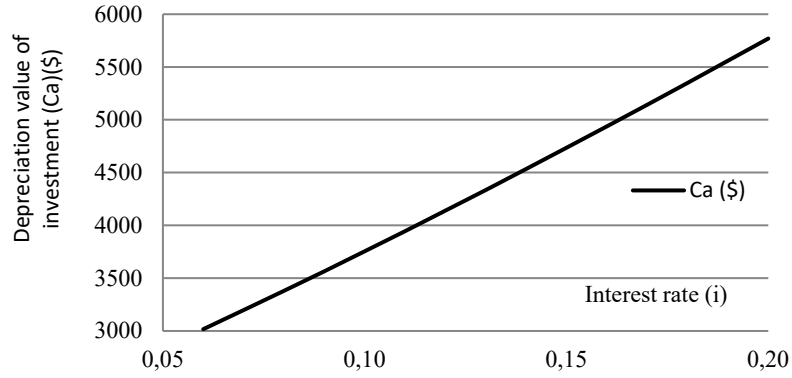


Figure 1. Depreciation value of the different interest rate (i) difference

In numerical analysis: the purchase price value P, scrap value at the end of life Hr, the interest rate is good, the economic life of the different years of the machine (s), graphics obtained as Figure 2 when the depreciation charge is assessed.

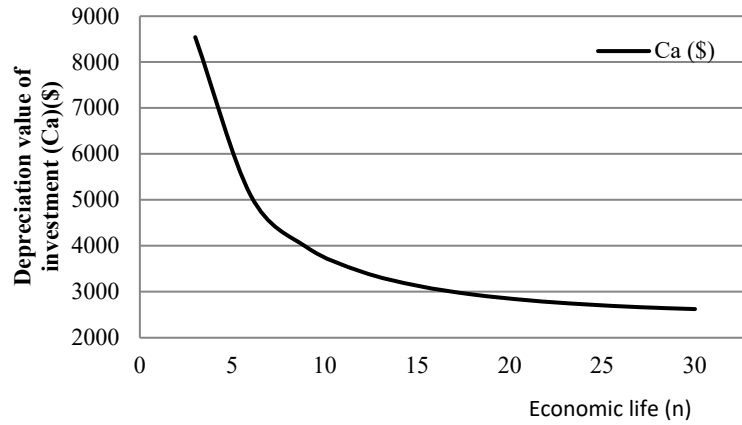


Figure 2. When the depreciation charge is assessed

The facility is evaluated with a fixed interest rate during different economic lives of ephemeral installations in high depreciation value has decreased depreciation in value of long lasting. In addition, low interest rates, depreciation of the value of the lower interest rate is no longer parallel to the increase of depreciation value.

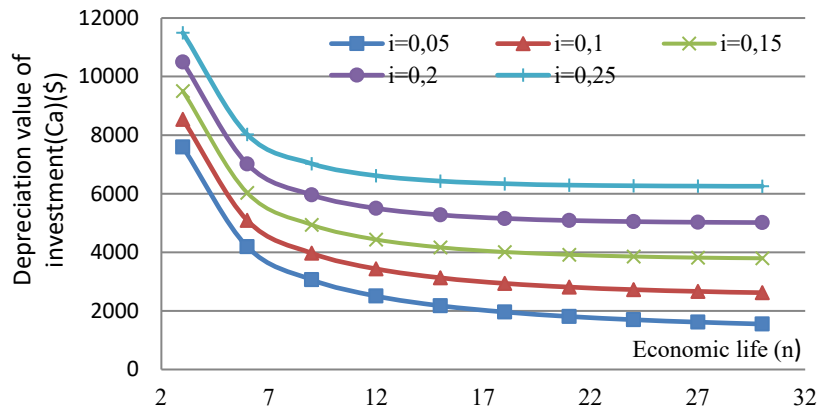


Figure 3. Ca, value change at different interest rates and different economic life times

Another factor affecting the depreciation value of the property is salvage value. Figure 4 is also examined at different scrap value. By scrap value increases it was observed to decrease the depreciation value. The scrap value is evaluated at different interest rates. The higher the interest rate, the higher the depreciation value.

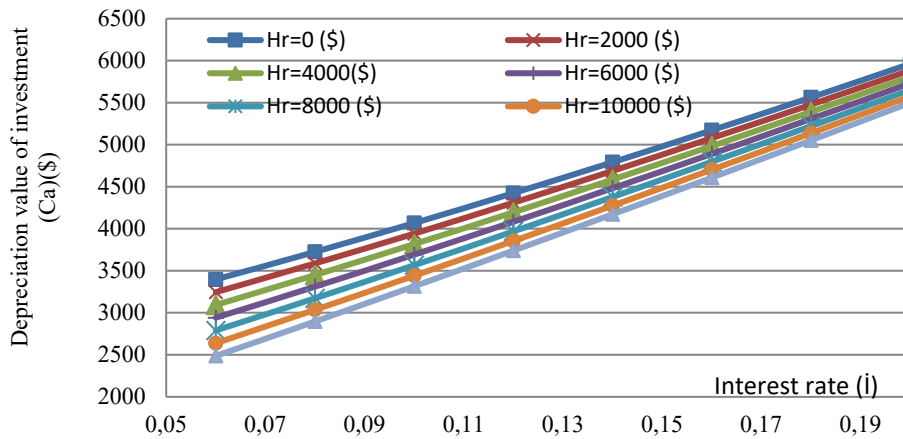


Figure 4. Ca, value change at different interest rates and different scrap values

3. RESULTS

Production facilities, tear value of long-lived device (physical depreciation) as discussed, the purchase price and the value of the property P, scrap value at the end of life (Hr), interest rate, (ii) economic life in different years, a machine (s), depreciation cost it was evaluated. Depreciation is determined as a certain percentage of economic loss and now, during the economic life of the facility will provide the right economic decisions taken.

Purchase price value P , scrap value at the end of life H_r , the interest rate is good, the economic life of the different years of the machine (s), the depreciation charge is considered useful lives no longer as depreciation value is reduced.

The facility is evaluated with a fixed interest rate during different economic lives of ephemeral installations in high depreciation value has decreased depreciation in value of long lasting. In addition, low interest rates, depreciation of the value of the lower interest rate than is now parallel to the increase of depreciation value.

At the end of the economic life of the plant it is very important for businesses to scrap value. The high scrap value reduces the depreciation value.

The increase in the amount of depreciation expense recorded each year. This can happen if the asset's useful life is shortened, the salvage value decreases, or the depreciation method changes.

SYMBOLS

H_r : Residual Value
 P : Present value
 F : future value
 A : Installment value
 i : Interest rate
 n : economic life
 C_a : depreciation value

REFERENCES

- [1] Scott, Maurice Fitzgerald, (1989). 'A New View of Economic Growth'. Clarendon Press, Oxford.
- [2] Aghion, Philippe, Howitt, Peter, (1998). 'Endogenous Growth Theory'. MIT Press, Cambridge
- [3] Davidson, S., Drake Df, (1961). Capital budgeting and the 'Best' tax depreciation methods. *Journal of Business* 34, p. 442-452. <https://www.jstor.org/stable/2351145>
- [4] Schooner Jr Ba, (1966). 'Optimal Depreciation Strategies for Income Tax Purposes' *Management Science*, Vol. 12, No. 12 B552-579
<https://doi.org/10.1287/mnsc.12.12.B552>
- [5] Wakeman, Lm, (1980). The optimal tax depreciation. *Journal of Accounting and Economics*, 2, p. 213-237.
- [6] Berger, M. Moore, G., (1989). The choice of depreciation method under uncertainty. *Decision Sciences* 20, p. 643-654.
- [7] Wielhouw TheJl De Waegenae, A., Courts, Pm.(2002). The optimal tax depreciation under a progressive tax system. *Journal of Economic Dynamics and Control* 27, 243-269
- [8] Arkin Vi, Slastnikov, Ad, (2007). The effect of depreciation allowances on the timing of investment and government tax Revenue. *Annals of Operations Research*, 151, 307-323
- [9] Mauer, D.C., Otter, Sh., (1995). Investment under uncertainty: the case of replacement investment decisions. *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 30, p. 581- 605.
- [10] Zambujal-Oliveira, J. Duque, J. (2011). Operational asset replacement strategy: a real options approach. *European Journal of Operational Research* 210, 318-325
- [11] Handle, A., Hartman, J.C., (2011). The optimal tax depreciation with loss carry-forward and backward options. *European Journal of Operational Research* 208, p. 161-169.
- [12] Sungki Kim, Wonil Ko, Saerom Youn, Ruxing Gao, Yanghon Chung, Sungsig Bang. (2016). 'Advanced Depreciation Cost Analysis for a Commercial Pyroprocess Facility in Korea' *Nuclear Engineering and Technology*, Volume 48, Issue 3, June 2016, Pages 733-743, <https://doi.org/10.1016/j.net.2016.01.013>
- [13] Gaétan De Rassenfosse Adam B. Jaffe (2018). Econometric evidence on the depreciation of innovations', *European Economic Review*, Volume 101, January 2018, Pages 625-642, <https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2017.11.005>
- [14] <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/01/20080110-6.htm> Jan. 10, 2008 26752

- [15] Kumar, U. (2007). "Regulation of Tax Law Comparison of IAS 16 and the acquisition of tangible fixed assets" Financial Solutions Journal, 83: p. 67-80.
- [16] Aybers N. Şahin B.,(1995). 'Enerji Maliyeti'' Yıldız teknik üniversitesi yayını NO:299 p.152

T.C. MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
SOMA MESLEK YÜKSEKOKULU TEKNİK BİLİMLER DERGİSİ
YAZIM KURALLARI VE YAYIN İLKELERİ

Manisa Celal Bayar Üniversitesi Soma Meslek Yüksekokulu **Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi**, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Soma Meslek Yüksekokulu tarafından yılda iki kez yayımlanır. Dergide, Meslek Yüksekokulları Teknik Programlarında yer alan anabilim dallarıyla ilgili konularda özgün ve nitelikli çalışmalar, yabancı dillerden Türkçe'ye çeviriler ve güncel tez özetleri yayımlanabilir.

Dergiye gönderilen eserlerde aranacak yayın ilkeleri ve yazım kuralları aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

1-) Dergiye gönderilen yazı ve makaleler daha önce hiçbir yerde yayımlanmamış ve yayın hakları verilmemiş olmalıdır.

2-) Dergide yayınlanacak yazı ve makaleler Türkçe, İngilizce, Fransızca ve Almanca'dan herhangi biriyle yapılabilir. Ancak Türkçe hazırlanan çalışmalarda Türk Dil Kurumunun belirlediği kurallar esas alınmalıdır. Çalışmanın başında Türkçe başlık ve en fazla 200 sözcükten oluşan Türkçe ve İngilizce özet ile en fazla 10 tane anahtar sözcük verilmelidir.

3-) Dergide yayımlanacak çalışmaların biçim sırası

- Türkçe başlık
- Özet
- Anahtar sözcükler
- İngilizce özet
- İngilizce anahtar sözcükler
- Metin
- Kaynaklar
- Ekler

şeklinde olmalıdır.

4-) Çalışmanın başlığı sol üst kenardan 6 cm. aşağıdan yazılmalıdır. Başlığın sağ alt tarafına yazar veya yazarların adları akademik ünvanlarla birlikte yazılmalı çalıştığı kurum, iletişim ve elektronik posta adresleri ise adların yanına konulacak dipnot işaretleriyle sayfa altına verilmelidir. Eğer çalışma başka bir kurumdan destek aldıysa başlık yanına verilecek dipnotla sayfa altına ilgili kurum yazılmalıdır.

5-) Dergiye gönderilecek yazı ve makaleler MS Word programında yazılmış üç kopya olarak eposta veya kargo yoluyla gönderilmelidir.

6-) Çalışmalar ekleriyle birlikte 15 sayfayı geçmemelidir.

7-) Metin yazımı A4 boyutundaki kağıda tek aralıklı olarak times new roman tur karakteriyle 10 punto, dipnot ve açıklamalar 8 punto ile yazılmalıdır. Başlıklar 12 punto koyu, özet ve dipnotlar tek ara ile yazılmalıdır. Sayfa boyutları sol 5 cm, sağ 4 cm, üst 7 cm ve alt 5 cm. olacak şekilde ayarlanmalıdır.

8-) Metin içindeki alıntı ve aktarma yoluyla kullanılan kaynaklar; parantez sistemine göre soyadı, yılı ve sayfası olacak şekilde metin içinde cümle bitiminde gösterilmeli ve ayrıca kaynakçada da yer almalıdır. Açıklama ve diğer dipnotlar numaralandırma esasına göre metnin sonuna eklenmelidir.

9-) Manisa Celal Bayar Üniversitesi Soma Meslek Yüksekokulu **Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi** ulusal hakemli bir dergidir. Dergiye gönderilen yazı ve makaleler ilgili alandaki en az iki hakeme gönderilir. Oy birliği sağlanamazsa üçüncü bir hakeme gönderilerek sonuca karar verilir. Yazı ve makalelerin içeriğinden yazarlar ve hakemler sorumludur.

10-) Yazı ve makalesi yayımlanan her yazara derginin ilgili sayısından 1 adet gönderilir. Ayrıca telif ücreti ödenmez.

11-) Dergi yayın ilkelerine, yazım kurallarına ve bilimsel araştırma yöntemlerine uygun olmayan yazı ve makaleler yayın kurulunca dikkate alınmaz.