



# Elektrik Motorlarının Verimlilik ve CO<sub>2</sub> Emisyon Analizi; Bir Gıda Fabrikası Örneği

Selmin Ener Ruşen<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Akademik Enerji Araştırma Grubu (AKEN), Karaman, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3389-5739)

(İlk Geliş Tarihi 20 Eylül 2019 ve Kabul Tarihi 30 Ekim 2019)

(DOI: 10.31590/ejosat.622573)

**ATIF/REFERENCE:** Ener Ruşen, S. (2019). Elektrik Motorlarının Verimlilik ve CO<sub>2</sub> Emisyon Analizi; Bir Gıda Fabrikası Örneği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17), 564-569.

## Öz

Dünya enerji arzının büyük bir kısmı fosil kaynaklı yakıtlar ile karşılanmakta ve tüm dünyada artan enerji ihtiyacı nedeniyle fosil kaynaklı yakıt talebi gün geçtikçe artmaktadır. Bu enerji ihtiyacının önemli bir kısmı elektrik tüketimi olarak sanayide kullanılmaktadır. Ülkemizde, sanayide kullanılan elektriğin ise yaklaşık 2/3'ünü endüstriyel cihaz ve ekipmanların vazgeçilmez unsuru olan elektrik motorları tarafından tüketilmektedir. Bu nedenle, sanayide kullanılan elektrik motorlarının sınıflandırılması, yapılan işe göre verimlerinin takibi, verimsiz motorların teknolojik gelişmelere göre enerji verimli motorlar ile değiştirilmesi yoluyla yapılacak enerji tasarrufu Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığının azaltılması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, bir gıda fabrikasının üretim hattında kullanılan elektrik motorları motor gücü, güç faktörü, çalışma süresi, motor verimi ve yıllık enerji tüketim miktarları dikkate alınarak sınıflandırılmıştır. Alınan veriler işletmenin çalışma şartları göz önünde bulundurularak değerlendirilmiş ve verimlilikleri düşük olan mevcut elektrik motorları yerine daha verimli motorların kullanılması durumunda elde edilebilecek tasarruf miktarı hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre bu enerji verimliliği uygulaması için basit geri ödeme süresinin 1,5 yıldan daha kısa olacağı hesaplanmıştır. Ayrıca mevcut ve önerilen elektrik motorlarının CO<sub>2</sub> emisyon miktarları analiz edilmiştir. Verimlilik sınıfı yüksek elektrik motorlarının kullanılması durumunda %12,15 oranında CO<sub>2</sub> salınımının azalacağı ve çevreye olan zararlı gaz salınımının düşeceği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji Verimliliği, Elektrik Motoru, CO<sub>2</sub> salınımı, Karaman.

## Analysis of Efficiency and CO<sub>2</sub> Emission for Electric Motors; Example of a Food Factory

### Abstract

Most of the world energy supply is met by fossil fuels, and the demand for fossil fuels is increasing day by day due to the increasing energy demand in the world. A significant portion of this energy need is used in industry as electricity consumption. In our country, about 2/3 of the electricity used in industry is consumed by electric motors which are indispensable elements of industrial devices and equipments. Therefore, electric motors used in industry are classified and the inefficient engines should be replaced with energy efficient motors. By this way, energy saving could be achieved in terms of reduction of external dependence on Turkey's energy. In this study, the electric motors used in the production line of a food factory are classified by taking into consideration the motor power, power

\* Sorumlu Yazar: Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Akademik Enerji Araştırma Grubu (AKEN), Karaman, Türkiye, ORCID: 0000-0003-3389-5739, [selmin.enerrusen@gmail.com](mailto:selmin.enerrusen@gmail.com)

factor, working time, motor efficiency and annual energy consumption. The data obtained were evaluated by considering the operating conditions of the enterprise and the saving amount which could be obtained in case of using more efficient motors instead of the existing electric motors with low efficiency was calculated. According to the results, it was calculated that the simple payback period for this energy efficiency application would be shorter than 1.5 years. In addition, the CO<sub>2</sub> emissions of current and recommended electric motors have been analyzed. In the case of the use of high efficiency electric motors, it is determined that CO<sub>2</sub> emission will be decreased by 12.15% and the emission of harmful gas to the environment will decrease.

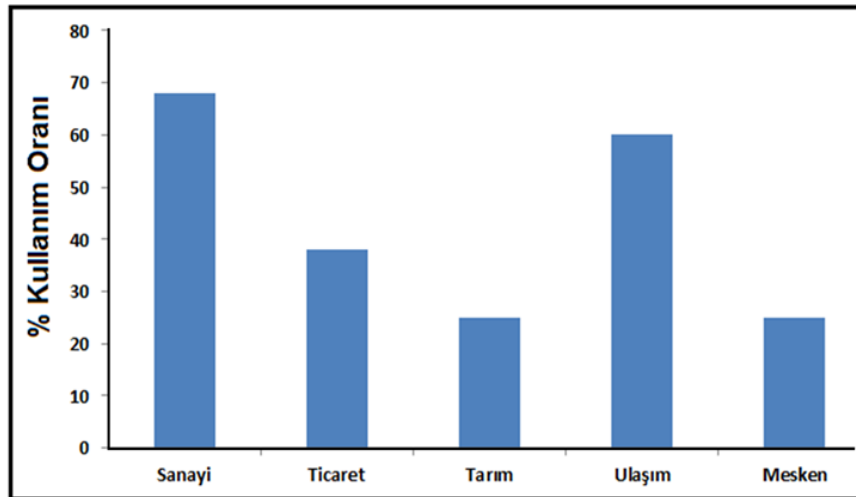
**Keywords:** Energy Efficiency, Electric Motor, CO<sub>2</sub> Emission, Karaman.

## 1. Giriş

Enerji hem endüstri hem de insan yaşamı için vazgeçilmez bir güç haline gelmiştir, bu sebeple dünya enerji arzı gün geçtikçe artmaktadır. Ancak rezervlerde buna paralel olarak bir artış gözlenmemektedir. Bunun yanı sıra, yapılan hesaplamalar tüketim talebi artış göstermese dahi rezervlerin tükenmeceğini belirtmektedir (Haydaroglu, 2006). Dünyamızdaki fosil yakıt kaynaklarının sınırlı olması ve üretim maliyetlerinin giderek yükselmesi nedeniyle yeni enerji kaynakları arayışının yanında var olan enerjinin de verimli kullanılması gerekli hale gelmiştir. Aşırı enerji tüketiminin hava kirliliği, küresel iklim değişikliği, asit yağmuru ve solunum yolu hastalıkları gibi olumsuz etkilere yol açtığı bilinmektedir. Bu nedenlerle birlikte, enerji maliyetlerinin artması ve özellikle sera gazı emisyonlarının azaltılması yönünde çevre bilincinin artması nedeniyle enerji verimliliği uygulamaları daha önemli hale gelmiştir (Ener Ruşen ve ark., 2018a).

Enerji, ülkelerin ekonomik girdilerinde önemli bir yer tutmakta ve dünya siyaset politikasını önemli oranda etkilemesinin dışında iklim değişikliğinde de önemli etkilere sebep olduğundan ekonomik, sosyal ve coğrafik olarak da dünya düzeninin etkin belirleyicisi konumundadır (Herring, 2000; TMMOB, 2012). Uluslararası Enerji Ajansı'ndan (IEA) elde edilen veriler 1970-2016 yılları arasında dünya enerji tüketimindeki artışın yaklaşık 2 katına çıktığını göstermiştir. Buna paralel olarak, son 12 yılda ülkemizdeki elektrik enerjisi tüketimi de ikiye katlanmıştır (IEA, 2016). Yapılan çalışmalarda, enerji tüketiminin genel olarak artmasıyla birlikte fosil kaynak tüketimi ve atmosfere salınan karbondioksit (CO<sub>2</sub>) miktarının da önemli oranda arttığı ve oluşan sera etkisinin dünya genelinde iklim değişikliklerine sebep olduğu belirtilmiştir (Brannlund ve ark., 2007; Esen, 2015).

21. yüzyılda yaşanan teknolojik gelişmeler ile birlikte insan yaşamı daha konforlu hale gelmiş ve bununla birlikte enerji tüketimi de artış göstermiştir. Ayrıca, dünya nüfusunun artışı da enerji tüketimi üzerinde önemli etkisi olan parametrelerdendir (Perez-Lombard ve ark., 2007; Doğan & Yılankırkan, 2015). Bu teknolojik gelişmeler madencilik, metal, kimya, kâğıt, gıda vb. farklı sanayi sektörlerindeki endüstriyel uygulamaların dünya çapında yaygınlaşmasını tetiklemiş ve buna bağlı olarak sanayi sektörlerindeki enerji tüketimini arttırmıştır. Sanayideki enerji tüketiminin toplam enerji tüketimi içinde % 37'sinden ve CO<sub>2</sub> emisyonlarının % 36'sından sorumlu olduğu bilinmektedir (Ener Ruşen ve ark., 2018b). Sanayide kullanılan elektriğin ise yaklaşık 2/3'ü elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştürmek için önemli bir role sahip olan elektrik motorları tarafından tüketilmektedir. Dünya genelinde sektörel bazda elektrik motorlarının kullanım oranları Şekil 1'de verilmiştir. Böylesine yüksek elektrik tüketimi nedeniyle, ülkeler yüksek enerji verimli elektrik motorları üzerine çalışmalar yapmakta ve projeler geliştirerek elektrik motorları kullanımında enerji tasarrufu sağlamayı amaçlamaktadırlar (TMMOB Makina Mühendisleri Odası, 2012; Cagno ve ark., 2019; Triannia ve ark., 2019).



Şekil 1. Elektrik motorlarının sektörlere göre enerji kullanım oranları (Waide & Brunner, 2011)

Özellikle pompa, fan ve kompresörlerde olmak üzere birçok endüstriyel cihaz ve ekipmanlarda elektrik motorları farklı tip ve kapasitelerde sıklıkla kullanılmaktadır. Güç üretmek için elektrik enerjisi kullanmakta olan motorun ürettiği mekanik gücün, şebeke veya sistemden çekilen elektrik enerjisine oranı motor verimi olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde kullanılan elektrik motorlarının % 90'ını asenkron motorlardır, bu sebeple sanayide asenkron motorların kayıplarının azaltılarak yüksek verime sahip motorlar kullanılması önem arz etmektedir (Ener Ruşen ve ark., 2018b). Asenkron motorlarda meydana gelen temel kayıp güçler; i) Sürtünme ve rüzgâr kayıpları, ii) Demir kayıpları, iii) Stator iletken (bakır) kayıpları, iv) Rotor iletken (alüminyum) kayıpları, v) Ek kayıplardır (Bodur, e-ISSN: 2148-2683

2011). Bu motorların kayıplarının tahmini ve verimlilikleri hakkında güncel çalışmalar mevcuttur (Santos ve ark., 2019; Chuang ve ark., 2019).

Avrupa Elektrik Makineleri Üreticileri Komitesi'ne (CEMEP) göre elektrik motorlarını verimlilikleri açısından EFF1 (en yüksek verimli motorlar), EFF2 (verimlilikleri artırılmış motorlar) ve EFF3 (verimlilikleri düşük motorlar) olmak üzere 3 sınıfa ayırmak mümkündür (T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2015). Bu motorlar kullanım alanlarına göre şu şekilde seçilirler;

- EFF1 Sınıfı: sürekli çalışan fan, pompa gibi uygulamalar için
- EFF2 Sınıfı: sık kullanımı olan makine-ekipman uygulamalarında,
- EFF3 Sınıfı: seyrek kullanılan ya da gerektiğinde devreye alınan makine uygulamalarında, tercih edilebilir (Bodur, 2011).

Bu çalışmada, Karaman ilinde bulunan bir hazır gıda fabrikasında elektrik enerjisinin tüketiminde çok önemli bir paya sahip olan elektrik motorlarının verimlilik sınıfları incelenmiştir. EFF3 sınıfı motorların çoğunlukta olduğu tespit edilmiştir. EFF3 sınıf motorların yüksek verimli EFF1 sınıf elektrik motorları ile değiştirilmesi durumunda tüketilen enerji farkı, buna bağlı olarak elde edilecek tasarruf miktarı ve yaklaşık yatırım maliyeti ile geri ödeme süresi hesaplamaları yapılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Sanayide kullanılan elektrik motorlarında ve uygulamalarında verimlilik sağlayarak enerji tasarrufu elde etmenin temel yolları olarak aşağıdaki seçenekler sıklıkla önerilmektedir (Bodur, 2011);

1. Yüksek verimli motor kullanmak: EFF3 olarak adlandırılan düşük verim sınıfı motorlar yerine, EFF1 yüksek verimli veya EFF2 verimi iyileştirilmiş olarak adlandırılan motorlar kullanarak enerji tasarrufu sağlamak bilinen en yaygın yöntemdir.
2. Doğru motor seçimi: Kullanım yeri ve motorun mekanik gücünün doğru kullanıldığından emin olunması gerekir. İşletmelerin kurulumu sırasında gelecekte iş kapasitesinin arttırılabileceği düşüncesiyle ihtiyacından daha yüksek güce sahip motorların alınması hem yatırım maliyetini arttırmakta hem de daha yüksek güç/enerji harcanmasına sebep olmaktadır.
3. Enerji tasarrufu fizibilitesi: İşletme içerisinde kullanılan motorların termal kamera ve enerji analizörü ile sürekli takibinin yapılması ve bakımlarının aksatılmaması, gerekli görüldüğü durumlarda enerji fizibilitesi yapılarak düşük verimli motorların yüksek verimli olanlar ile değiştirilmesi gerekir.
4. Değişken Hızlı AC motor sürücülerini kullanmak: Asenkron motorun besleme kaynağının istenilen hızda dönmesi sağlayan bir elektronik sürücü devresi kullanılarak motorun hız kontrolü sağlanabilmektedir. Böylece elektrik motorları ile yapılacak işlemin üretkenliği ve verimliliği artırılmış olacaktır.
5. Motoru besleyen Elektrik Enerjisi Kalitesi: Motora gereken gerilim değerini doğru vermek, aşırı yüksek ve düşük gerilim vermemek, Elektrik tesisatının gereken yeterlilikte olmasını sağlamak (Uzun hatlar, motor yük değişiminden gerilim dalgalanması, yanlış hat kesiti)

Fosil kaynaklı yakıtların yanması sonucunda açığa çıkan CO<sub>2</sub> temel sera gazı olarak kabul edilmektedir. CO<sub>2</sub> salınımının artmasıyla beraber atmosferde ısı geçişleri artmaktadır. İncelenen işletmede elektrik motorlarının düşük verim sınıfı motorlar olduğu tespit edilmiştir. Bu motorların kullanılması sonucunda oluşacak CO<sub>2</sub> emisyonu ve yerine kullanılması önerilen yüksek verim sınıfı motorların kullanılması sonucunda oluşacak CO<sub>2</sub> emisyonu hesaplanmıştır. Elektrik enerjisinin tüketilmesi sonucunda her kWh elektrik başına IPCC-Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli'nde (Intergovernmental Panel on Climate Change) 0.5 ile 0.6 arası bir çarpan değeri belirlemiştir. Hesaplamamızda ortalama olması açısından 0.55 değeri kullanılmıştır ) (Pabuçcu ve Bayramoğlu, 2016,

Özbudak,2011). İşletmede yer alan motorların özellikleri, adetleri, motor verimleri, tükettikleri enerji değerleri ve yıllık CO<sub>2</sub> salınım değerleri hesaplanarak Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. İşletmedeki verimlilik değeri düşük (EFF3) olan elektrik motorlarının sayısı ve özellikleri (Ener Ruşen & Koç, 2018)

Motor Adeti	Motor Gücü (kW)	Güç Faktörü (cosφ)	Çalışma Süresi (Saat/Yıl)	EFF3 Motor Verimi	Yıllık Enerji Tüketimi (kW/Yıl)	CO <sub>2</sub> Salınımı (Ton/yıl)
70	1,1	0,75	7 200	0,67	620 597,01	341,33
110	1,5	0,75	7 200	0,73	1 220 547,94	671,30
50	3	0,75	7 200	0,74	1 094 594,59	602,03
40	4	0,75	7 200	0,79	1 093 670,88	601,52
15	5,5	0,75	7 200	0,83	536 746,98	295,21
8	7,5	0,75	7 200	0,81	400 000,00	220,00
<b>Toplam Tüketilen Elektrik Enerjisi</b>					<b>4 966 156,80</b>	<b>2 731,39</b>

Bu bilgiler ışığı altında, bu çalışmada, Karaman organize sanayi bölgesinde hazır gıda üretimi üzerine faaliyet göstermekte olan işletmenin üretim hattında kullanılan verimlilik değeri düşük (EFF3) elektrik motorlarının EFF1 tipi yüksek verimli motorlar ile değiştirilmesiyle motorlarda oluşacak kayıpların azaltılarak yüksek enerji tasarrufu yapılması amaçlanmıştır. Bu sebeple, işletmenin farklı birimlerinde yer alan ve değişik etiket değerlerine sahip verimlilik değeri düşük (EFF3) olan elektrik motorlarının tam yükteki durumları incelenmiştir. Hesaplanan değerler Tablo 1’de sunulmuştur.

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bu çalışmada, verimlilik sınıfı EFF3 olan verimsiz motorların teknolojik gelişmeler neticesinde ulaşılmış yüksek enerji verimli motorlar (EFF1 sınıfı) ile değiştirilmesi durumu incelenmiştir. Avrupa Elektrik Makineleri Üreticileri Komitesi’ne (CEMEP) (T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2015) göre asenkron motor verimliliklerinde motor çıkış gücüne göre verim oranı 0,83 ile 0,95 arasında değişmektedir. İşletmede yer alan EFF3 tip motorların sahip olduğu çıkış gücü değişimine göre önerilen EFF1 elektrik motorlarının özellikleri ve yıllık CO<sub>2</sub> salınım miktarları Tablo 2’de verilmiştir

Tablo 2. Değişim için önerilen verimlilik sınıfı yüksek (EFF1) elektrik motorlarının özellikleri

Motor Adeti	Motor Gücü (kW)	Güç Faktörü (cosφ)	Çalışma Süresi (Saat/Yıl)	EFF1 Motor Verimi	Yıllık Enerji Tüketimi (kW/Yıl)	CO <sub>2</sub> Salınımı (Ton/yıl)
70	1,1	0,75	7 200	0,83	500 963,85	275,53
110	1,5	0,75	7 200	0,84	1 060 714,28	583,39
50	3	0,75	7 200	0,86	941 860,46	518,02
40	4	0,75	7 200	0,87	993 103,45	546,21
15	5,5	0,75	7 200	0,88	506 250,00	278,44
8	7,5	0,75	7 200	0,90	360 00,00	198,00
<b>Toplam Tüketilen Elektrik Enerjisi</b>					<b>4 362 892,04</b>	<b>2 399,59</b>

Tablo 1’de sunulan sonuçlardan anlaşılacağı üzere işletmedeki mevcut EFF3 sınıfı elektrik motorlarının yıllık elektrik tüketimi toplamı 4 966 156,80 kW ‘tır. Çalışma kapsamında bu motorların yerine verimleri motor çıkış gücüne göre 0,90’a kadar ulaşan EFF1 sınıfı verimli motorların kullanılması önerilmiştir. Aynı motor gücü, güç faktörü ve aynı saat çalışma süresine sahip olan EFF1 sınıfı verimli motorların kullanılması durumunda yıllık toplam elektrik tüketimi 4 362 892,04 kW’ olarak hesaplanmıştır (Tablo 2).

Bu iki durum arasındaki Enerji Tüketim (ET) farkı;

$$(ETE_{FF3}) - (ETE_{FF1}) = (4\ 966\ 156,80\ \text{kW}) - (4\ 362\ 892,04\ \text{kW}) = 603\ 264,76\ \text{kW} \quad (1)$$

Karaman organize sanayi bölgesinde elektrik birim fiyatı 0,33 TL/ kWh olarak alınmaktadır. Bu durumda elektrik enerjisinden elde edilecek tasarruf miktarı:

$$\text{Tasarruf Miktarı} = (603\ 264,76\ \text{kW}) * (0,33\ \text{TL/ kWh}) = 199\ 077,33\ \text{TL} \quad (2)$$

olarak bulunmuştur (1 \$ = 4.8357 TL). Fabrikadaki mevcut EFF3 sınıfı elektrik motorlarının EFF1 sınıfı motorlar ile değiştirilmesi durumunda toplam motor maliyeti belirlenerek geri ödeme süresini denklem 3 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\text{Geri ödeme süresi} = \text{Masraf} / \text{Kazanç} \quad (3)$$

Bu durumda EFF1 sınıfı elektrik motorları kullanılması durumunda önerilen elektrik motorları Tablo 3’te verilmektedir.

Tablo 3. Değişim için önerilen EFF1 tipi elektrik motorlarının maliyetleri

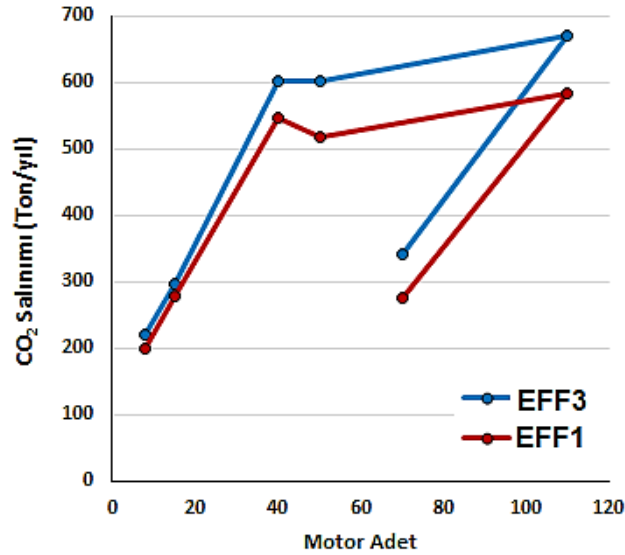
Motor Adeti	Motor Gücü (kW)	EFF1 Motor Maliyeti (TL/Adet)	EFF1 Motor Maliyeti (Toplam)
70	1,1	650,00	45 500,00
110	1,5	710,00	78 100,00
50	3	960,00	48 000,00
40	4	1050,00	42 000,00
15	5,5	1100,00	16 500,00
8	7,5	1250,00	10 000,00
<b>Toplam FFE1 motor yatırım maliyeti</b>			<b>240 100,00</b>

Ayrıca, işçilik maliyetleri ile beraber yaklaşık toplam yatırım maliyetinin 262 100,00 TL olarak kabul edilmesi durumunda basit geri ödeme süresi yaklaşık olarak 1,3 yıl olarak bulunmuştur;

$$\text{Basit Geri Ödeme Süresi} = 262\ 100,00 / 199\ 077,33 = 1,32 \text{ yıl}$$

Elektrik motorlarında yatırımın kendini amorti edebilmesi için elektrik motorunun gün içerisindeki kullanım süresi oldukça önem arz etmektedir. Bu çalışma kapsamında incelenen gıda fabrikasında 24 saat kesintisiz üretim yapıldığından elektrik motorları için yıllık 7200 saat çalışma durumu baz alınmıştır. Ancak, kısa süreli çalışma yapılan herhangi bir proseste verimli motor (EFF1) kullanılsa bile bunun sağlayacağı fayda (tasarruf) düşük kalacağından motorun kendini amorti etmesi süresi çok uzun olacaktır. Bu durumda, yatırım maliyetleri göz önüne alınarak hesaplanacak olan basit geri ödeme süresine bakılmalıdır. Basit geri ödeme süresinin 5 yıldan uzun olduğu durumlar çoğunlukla tercih edilmemektedir.

Ayrıca işletmede önerilen EFF1 sınıfı verimli motorların kullanılması durumu ile hâlihazırda var olan EFF3 sınıfı verimsiz motorların kullanılması durumu CO<sub>2</sub> salınımı miktarları hesaplanarak karşılaştırılmıştır (Şekil 2). Şekil 2’de EFF3 sınıfı verimsiz motorların yerine aynı motor gücü, güç faktörü ve aynı saat çalışma süresine sahip olan EFF1 sınıfı verimli elektrik motorlarının kullanılması durumunda oluşacak CO<sub>2</sub> salınımı miktarlarının motor sayısı arttıkça daha fazla oranda azaldığı gözlenmiştir. Yıllık toplam CO<sub>2</sub> salınımı miktarları önerilen EFF1 motorlarda 2399,59 Ton/yıl ve hâlihazırda kullanılan EFF3 sınıfı verimsiz motorlarda ise 2731,38 Ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Buna göre EFF1 sınıfı verimli elektrik motorlarının kullanılması durumunda bu gıda fabrikasında %12,15 oranında CO<sub>2</sub> salınımının azalacağı ve çevreye olan zararlı gaz salınımının düşeceği belirlenmiştir.



Şekil 2. EFF1 sınıfı verimli motor EFF3 sınıfı verimsiz motorların kullanılması durumu CO<sub>2</sub> salınımı miktarları

#### 4. Sonuç

Ülkemizin hem hızla büyüyen hem de nüfusu hızla artan bir ülke olduğu dikkate alındığında konut ve sanayi sektöründe her geçen gün enerji talebinin ciddi bir şekilde artış göstereceği aşikârdır. Bu enerji artışındaki talebi karşılamak için yeni enerji kaynaklarının arayışıyla birlikte mevcut kaynakların planlı bir şekilde kullanılması önem arz etmektedir. Bu sebeple, var olan enerji kaynakları en verimli şekilde kullanılarak ülkemiz enerji kaynaklarının daha uzun yıllar kullanılabilmesine olanak sağlanmalıdır. Sanayi sektöründe yoğun olarak kullanılan elektrik enerjisinin iletim ve dağıtımından elektrik motorları gibi kullanıldığı cihaz ve ekipmanlara kadar tüm enerji kayıpları ilgili ölçüm cihazları ile tespit edilerek olası kayıplar için gerekli önlemler alınmalıdır. Bu şekilde elektriksel kayıplardan ciddi oranlarda enerji tasarrufları elde edilmiş olur. Ayrıca, insanlığın geleceği ve refahı için en önemli noktalardan biri olan enerji verimliliği bilinci millî bir politika olarak hayatın her alanına yerleşmelidir. Bunun için enerji verimliliği konusunda nitelikli personel sayısının artırılarak toplumun her kesimde bu bilincin oluşması sağlanmalıdır.

Bu çalışmada, Karaman organize sanayi bölgesinde faaliyet gösteren bir hazır gıda üretim fabrikasının bir ünite üretim hattında kullanılan elektrik motorlarının verimlilik sınıfları ve CO<sub>2</sub> salınım miktarları incelenmiştir. Fabrikada kullanılan elektrik motorlarının sayısı, motor gücü, güç faktörü, çalışma süresi, motor verimi ve yıllık enerji tüketimi açısından değerlendirilmiş ve sınıflandırılmıştır. Verimleri düşük mevcut elektrik motorları yerine önerilmekte olan verimli motorların kullanılması durumunda elde edilecek tasarruf miktarı hesaplanmıştır.

Sonuç olarak, yapılan hesaplamalara göre, fabrikada bulunan EFF3 sınıfı verimsiz elektrik motorlar ile EFF1 sınıfı verimli elektrik motorların değiştirilmesi durumunda tesis elektrik enerjisinden yıllık 200.000 TL'ye varan bir tasarruf sağlamış olacaktır. Hesaplamalar

sonucunda bu değişimin geri ödeme süresi yaklaşık olarak 1,32 yıl olarak bulunmuştur. Yapılacak olan bu enerji tasarrufu aynı zamanda tesisin CO<sub>2</sub> salınımının da ciddi miktarda azalmasını sağlamaktadır. İşletmede hâlihazırda kullanılan EFF3 sınıfı verimsiz motorların yerine aynı motor gücü, güç faktörü ve aynı saat çalışma süresine sahip olan EFF1 sınıfı verimli elektrik motorlarının kullanılması önerilerek oluşan CO<sub>2</sub> salınımı miktarlarının %12,15 oranında azaldığı hesaplanmıştır.

## Teşekkür

Bu çalışma için gereken ölçüm cihazlarını sağlayan Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi'ne teşekkür ederiz. Ayrıca bu çalışmada yapmış oldukları yorum ve katkılarından dolayı Arş. Gör. Seyit Alperen ÇELTEK'e, öğrencim Mücahid KOÇ'a ve çalışmada kullanılan enerji verilerinin temini ile hesaplamaların yapılması aşamasında verdiği destekten dolayı Karaman'da bulunan gıda firması yetkililerine teşekkür ederiz. Bu çalışmasının yapıldığı gıda işletmesi isim verilerek teşekkür edilmesine ve çalışma kapsamında isminin kullanılmasına müsaade etmemiştir. Ayrıca bu çalışmanın küçük bir bölümü 23-25 Kasım 2018 tarihinde düzenlenen Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi'nde Tam metin bildiri olarak yer almıştır.

## Kaynakça

- Brannlund, R., Ghalwash, T., Nordström, J. (2007). Increased Energy Efficiency and The Rebound Effect: Effects on Consumption and Emission. *Energy Economics* 2007, 29, 1-17.
- Bodur, F. (2011). [http://www.emo.org.tr/ekler/8064e39c9540f7e\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/8064e39c9540f7e_ek.pdf) (Erişim Tarihi: 11.10.2018)
- Cagno, E., Davide, A., Andrea, T. (2019). A Framework to Characterize Factors Affecting the Adoption of Energy Efficiency Measures Within Electric Motors Systems. *Energy Procedia*, 158, 3352–3357.
- Chuang, H.C., Li, G.D., Lee, G.T. (2019). The efficiency improvement of AC induction motor with constantfrequency technology. *Energy*, 174, 805-8013.
- Doğan, H., Yılankırkan, N. (2015). Türkiye'nin Enerji Verimliliği Potansiyeli ve Projeksiyonu. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 3, 1, 375-383.
- Ener Ruşen, S., Koç, M. (2018). Bir Fabrikada Elektrik Motorlarının Verimlilik Sınıflarının İncelenmesi. *Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi (IMASCON-2018), Bildiriler Kitabı, Kocaeli, Türkiye*, 630-632.
- Ener Ruşen, S., Topçu, M.A., Karanfil, G., Çeltek, S.A., Ruşen, A. (2018a). Üniversite Kampüs Binaları için Enerji Etüdü: Örnek Çalışma, *Çukurova Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33, 2, 83-92.
- Ener Ruşen, S., Topçu, M.A., Çeltek, S.A., Karanfil, G., Ruşen, A., (2018b). Investigation of energy saving potentials of a food factory by energy audit, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 7, 1, 848-860.
- Esen, G.K. (2015). Türkiye ve Dünyada Elektrik Motorları Enerji Tüketimi ve İlgili Mevzuat. [http://www.emo.org.tr/ekler/364734147179187\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/364734147179187_ek.pdf) (Erişim Tarihi: 13.10.2018).
- Haydaroğlu, C., 2006. Türk Sanayinde Enerji Verimliliği ve Yoğunluğunun Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Herring, H. (2000). Is Energy Efficiency Environmentally Friendly?, *Energy & Environment* 11, 3, 313-325.
- IEA. (2016). *Energy Policies of IEA Countries: Turkey*, Paris: International Energy Agency.
- Özbudak, A. (2011). Endüstriyel Fırınlarda Enerji Etüdü Çalışması. Türkiye Makine Mühendisleri Odası.
- Perez-Lombard, L., Ortiz, J., Pout, C. (2007). A Review on Buildings Energy Consumption Information. *Energy and Buildings* 3, 2008, 40, 394-398.
- Santos, V.S., Cabello Eras, J.J., Gutierrez, A.S., Cabello Ulloa, M.J. (2019). Assessment of the energy efficiency estimation methods on inductionmotors considering real-time monitoring. *Measurement*, 136, 237-247.
- Pabuççu H., Bayramoğlu, T. (2016). Yapay Sinir Ağları ile CO<sub>2</sub> Emisyonu Tahmini: Türkiye Örneği. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(3), 762–778.
- T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı 2015. Elektrik Motorlarında Enerji Verimliliği. Ankara: T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Verimlilik Genel Müdürlüğü.
- Triannia, A., Cagnob, E., Accordini, D. (2019). A review of Energy Efficiency Measures Within Electric Motors Systems. *Energy Procedia*, 158, 3346–335.
- TMMOB Makina Mühendisleri Odası. (2012). Dünyada ve Türkiye'de Enerji Verimliliği, Ankara. [http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/fa34c3c2eb9b729\\_ek.pdf](http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/fa34c3c2eb9b729_ek.pdf) (Erişim Tarihi: 13.10.2018).
- Waide, P., Brunner, C. (2011). *Energy-Efficiency Policy Opportunities for Electric Motor-Driven Systems*, IEA Energy Papers, No. 2011/07, OECD Publishing, Paris.