



Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

**Katılım ncesi Yardım Aracı (IPA-II)  
IPA 2013 Enerji Sektör Programı  
Faz-2 Projesi**

**ENERJİ VERİMLİLİĞİ  
ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN  
DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK**



**THE WORLD BANK**  
IBRD • IDA



# ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK

<b>1 Enerjinin Tanımı ve İlgili Kavramlar</b>	<b>4</b>
1.1 Enerji ve Verimliliğin Tanımı	4
1.2 Temel Kavramlar	8
1.2.1 Enerji Kaynakları	8
1.2.2 Birincil ve İkincil Enerji Kaynakları	8
1.2.3 Enerji Tasarrufu	10
1.2.4 Enerji Verimliliği	10
1.2.5 Enerji Yoğunluğu	11
1.3 Türkiye’de Enerji Arz ve Talebi	12
1.3.1 Türkiye’nin Enerji Yoğunluğu	14
1.3.2 Türkiye’nin Enerji Verimliliği Stratejisi ve Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (2017)	15
<b>2 Enerji Verimliliği Uygulamaları</b>	<b>18</b>
2.1 Binalarda Enerji Verimliliği	18
2.2 Sanayide Enerji Verimliliği	22
2.3 Ulaşımında Enerji Verimliliği	22
2.4 Tarımda Enerji Verimliliği	23
2.5 Enerji Verimliliği ve Çevre İlişkisi, İklim Değişikliğinin Mücadeledeki Rolü	25
<b>3 Yenilenebilir Enerji Kaynakları</b>	<b>25</b>
3.1 Güneş	26
3.2 Rüzgar	27
3.3 Jeotermal Enerji	29
3.4 Biyokütle	29
3.5 Hidroelektrik Enerji	31
3.6 Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği İlişkisi	31

## ÖN SÖZ

Bu kitapçık, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Öğretmen Yetiştirme ve Geliştirme Genel Müdürlüğü Mesleki Gelişim Programı kapsamında, bakanlığa bağlı okul ve kurumlarda görev yapan lise öğretmenlerinin ve diğer personelin "Enerji Verimliliği" alanında bilgi ve becerilerini artırmak amacıyla düzenlenecek eğitimlerde kullanılmak üzere hazırlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda kitapçıkta aşağıdaki üç başlıkta temel düzeyde bilgi aktarılması hedeflenmiştir:

- Enerji ve enerji ile ilgili sık kullanılan kavramların tanımı,
- Enerji verimliliği uygulamaları,
- Yenilenebilir enerji kaynaklarına dair tanımlar ve uygulamalar.

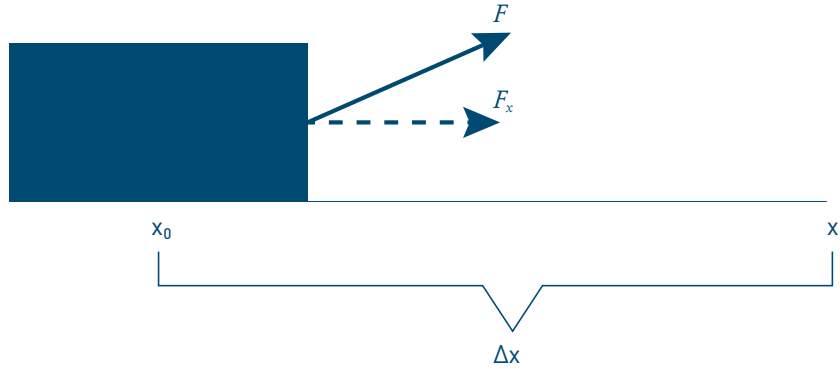
Merkezi veya yerel olarak düzenlenecek söz konusu eğitimler, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji alanlarında uzman akademisyen ya da bu alanda görev yapan ve hizmet içi eğitimler veren öğretmen / uzmanlar tarafından verilecektir. Bu eğitimlerin, uygun eğitim koşullarının sağlandığı dersliklerde yüz yüze eğitim yaklaşımıyla ve 10 ders saati (2 gün) içerisinde tamamlanacak şekilde düzenlenmesi hedeflenmektedir.

## 1. Enerjinin Tanımı ve İlgili Kavramlar

### 1.1. Enerji ve Verimliliğin Tanımı

Soyut bir kavram olan enerjiyi anlamak ve tanımlamak, çok kolay görünmesine rağmen oldukça zordur. Gündelik hayatta tanık olduğumuz veya deneyimlediğimiz tüm eylemler enerji ve enerji dönüşümleri sayesinde gerçekleşir. Basit bir örnek olarak bir kuşun uçuşu düşünülebilir. Tüm canlılar gibi kuşlar da besinlerden elde ettikleri enerji ile hareket ederler. Bu senaryoda besinleri kimyasal enerji deposu olarak düşünebiliriz. Kuşun metabolizması, besinleri sindirerek bir yandan vücudu için gerekli bileşenleri (protein, karbonhidrat ve yağ gibi) elde ederken, bir yandan da enerji üretir. Üretilen enerji hem metabolizma faaliyetlerinin hem de vücut hareketlerinin gerçekleşmesi için kullanılır. Vücut hareketleri için kullanılan enerji sayesinde kuşun kanatları hareket eder ve vücudunu bir noktadan başka bir noktaya taşıyabilir. Bu esnada besinlerin kimyasal enerjisi kuşun vücudunun hareket enerjisine dönüşmüş olur. Öte yandan, enerji sadece canlıların değil maddelerin davranışını da şekillendirir. Bir masa üzerinden düşmekte olan bir kalemin, yükseklik farkından dolayı sahip olduğu potansiyel enerjisi hareket enerjisine dönüşür. Hayatımızın her alanında ve anında var olan enerjiye ve onun dönüşümüne dair daha birçok örnek verilebilir. Fakat bu değişimleri anlayabilmek için fen bilgisi ve fizik derslerinde öğrendiğimiz bazı temel bilgileri hatırlayarak başlamak faydalı olacaktır.

En yaygın tanımı ile enerji, iş yapabilme kabiliyetidir. Bu tanımı iyi anlayabilmek için öncelikli olarak 'iş' kavramının bilimsel açıdan doğru anlaşılması gerekir. Temel fizik açısından iş, bir cisme uygulanan kuvvet ile bu cismin yer değiştirmesi olarak tanımlanır (Şekil 1). İşin miktarı ise, uygulanan kuvvetin hareket doğrultusundaki bileşeninin boyutu ile hareket mesafesi çarpılarak bulunur. Burada özellikle dikkat edilmesi gereken olgu 'yön'dür. Uygulanan kuvvet vektörünün sadece hareket yönündeki bileşeni iş üretir.



**Şekil 1:** Hareket yönündeki güç bileşenin toplam hareketle çarpımı işe denk gelir

Sürtünmesiz bir yüzey üzerinde, hareket doğrultusundaki kuvvet bileşeni ( $F_x$ ) tarafından, cismin  $x_0$  noktasından  $x_1$  noktasına kadar ( $\Delta x$  mesafesi boyunca) taşınabilmesi (Şekil 1) için yapılan işin ( $W$ ) miktarı şu şekilde bulunur:

$$W = F_x \cdot \Delta x$$

Bu eşitlikte yer değiştirmenin ( $\Delta x$ ) birimi metre (m), kuvvetin ( $F_x$ ) birimi Newton (N), işin ( $W$ ) birimi ise Joule (J)'dür. Eşitlikten anlaşılacağı üzere, kuvvet tarafından cismin hareketini sağlamak üzere yapılan iş, bu hareket için harcanan enerjiye eşittir. Diğer bir deyişle, bu ideal (sürtünmesiz) senaryoda harcanan enerji kadar iş yapılmıştır. Bu örnek üzerinden düşündüğümüzde, cisim daha hızlı taşımak üzere daha fazla kuvvet uygulandığında ya da aynı kuvvetle daha uzun mesafe taşındığında, daha çok iş yapılmış ve enerji harcanmış olur.

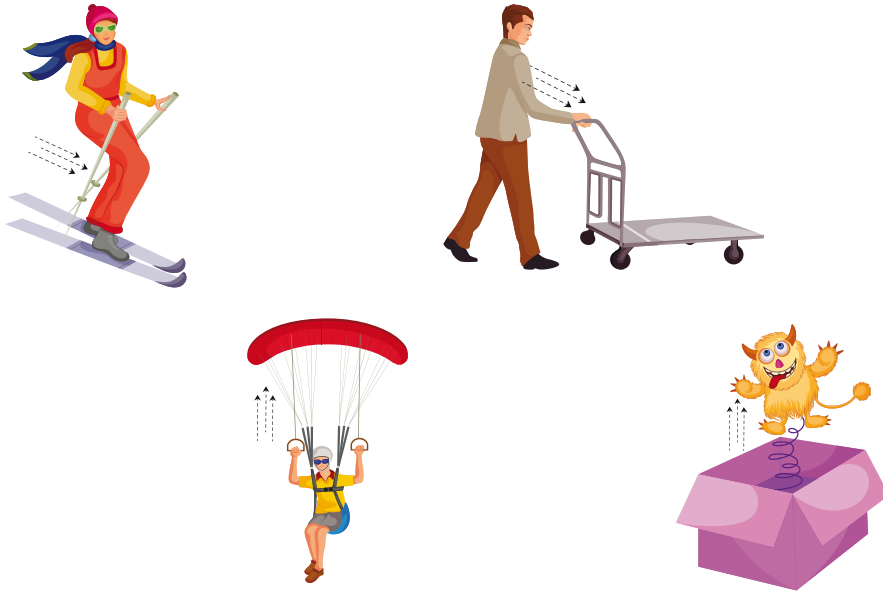
Fen bilgisi ve fizik derslerinde öğrendiğimiz ve iş olgusu üzerine kurulu enerji tanımı, cisimlerin (veya sistemlerin) mekanik enerjisini ifade etmek açısından oldukça kullanışlıdır. Bu bilgileri kullanarak nesnelerin hareketine dair birçok olguyu açıklayabiliriz (Şekil 2). Bununla birlikte, enerjinin birçok çeşidi (ısı enerjisi, kimyasal enerji, elektrik enerjisi, kinetik ve potansiyel enerji, nükleer enerji gibi) bulunmaktadır. Bu yüzden daha genel bir tanımlamadan faydalanmak, hayatımızdaki diğer birçok eylemi, enerjinin ilgili çeşitleri ve bunların birbirine dönüşümü ile ilişkilendirmemizi kolaylaştırabilir.

Kapsayıcı bir tanımla enerji, "değişikliklere yol açan etken" olarak düşünülebilir [1]. Bu tanım, suyun kaynaması veya bir ışık kaynağının bulunduğu odayı aydınlatması gibi olgularda da enerjinin rolünü anlamamızı sağlar.

## ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK

Bu tanım ışığında enerjiyi, bir sistemin fiziksel ve/veya kimyasal özelliklerinde değişikliğe yol açan etken olarak düşünmek, bu soyut kavramı algılamamızı kolaylaştırabilir. Gündelik hayatta karşılaştığımız bu tip özellik değişimlerine dair bazı örnekleri şöyle listeleyebiliriz:

- bir lambanın yanması (akkor telin sıcaklığının yükselmesi ve ışınması),
- bir insanın yüzmesi veya bir taşıtın hareket etmesi (bir kütlenin konum değiştirmesi),
- bir pervanenin dönmeye başlaması (açısal hızının değişmesi),
- odunun yanması (karbo-hidrat moleküllerinin oksijen gazı ile tepkimeye girmesi),
- yemeğin pişmesi (sıcaklık artışı ve kimyasal değişimler)



Şekil 2: İş kavramına dair örnekler

Yukarıdaki tanım ışığında düşündüğümüzde, bu eylemlerin tamamının ancak enerji harcanarak gerçekleştirilebileceğini anlarız. Bu tanım ayrıca, enerjinin bir varlık ya da cisim değil, cisimlerin temel bir özelliği olduğunu da ifade etmektedir. Yani enerji türetilmiş bir kavramdır ve iş kavramı sayesinde anlaşılabilir. Enerjinin ve işin birimi aynı olup, Joule'dür (J).

### Enerjinin yaygın olarak bilinen bazı çeşitleri, kısa tanımları ve örnekleri aşağıdaki gibi listelenebilir: (Şekil 3)

- Kinetik enerji: Cismin hareketine (hızına) bağlı enerjidir. Örneğin, şut atışı ile durağan halden harekete geçen bir futbol topu kinetik enerji kazanır. Kinetik enerji hızın karesi ile orantılı olarak artar.
- Potansiyel enerji: Cismin (genellikle düşey) konumuna bağlı enerjisidir. Mesela, bir vinç aracılığıyla kaldırılmakta olan bir cismin potansiyel enerjisi artar. Potansiyel enerji, cismin yüksekliğiyle doğrusal olarak artar.
- Mekanik enerji: Cismin kinetik ve potansiyel enerjilerinin toplamıdır. Bir yamaçtan aşağıya yuvarlanmakta olan bir kaya parçasının potansiyel enerjisi azalırken (bulduğu yükseklik azaldığı için) kinetik enerjisi artmaktadır (hızı arttığı için). Kayıplar göz ardı edildiğinde, kaya parçasının potansiyel enerjisinin tamamı kinetik enerjiye dönüşür ve toplam mekanik enerjisi sabit kalır.
- Isı enerjisi: Cismi oluşturan moleküllerin, elektronların ve bunların oluşturduğu örgünün titreşimlerine bağlı olan ve bunların hareketlerinin ve salınımlarının bir ölçüsü olarak sıcaklıkla ifade edilen enerji türüdür. Sahip olduğu toplam ısı enerjisinin çok küçük bir kısmı ile dahi gezegenimizi ısıtarak yaşanabilir sıcaklık seviyesine getiren güneş, bizim için en önemli ısı enerjisi kaynaklarının başında gelir.
- Kimyasal enerji: Bir cismin moleküllerinin içerdiği kimyasal bağlardan kaynaklı enerjidir. Bir odun parçası yanarken, içerisindeki selüloz molekülleri havadaki oksijen ile tepkimeye girerek (oksitlenerek) ısı ve ışık (elektromanyetik dalgalar) açığa çıkartmaktadır.

## ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK

- Elektrik enerjisi: Cismin sahip olduğu elektrik yüklerinin yanı sıra elektron ve iyon hareketlerinden kaynaklı enerjidir. Örnek olarak pil ile çalışan bir lamba düşünülebilir. Pilin kimyasal enerjisi elektronları harekete geçirerek elektrik akımı yaratırken, lamba bu akımı ışığa dönüştürür.
- Nükleer enerji: Atom çekirdeğinin parçalanmasından doğan enerjidir. Örnek olarak, nükleer santrallerde atomun kontrollü olarak parçalanması ile açığa çıkan enerji düşünülebilir. Bu enerji santrallerde önce ısı enerjisine sonra da elektrik enerjisine dönüştürülerek şebekelere aktarılır.

### Etkinlik-1

Gündelik hayatınızda yaptığınız eylemler ve bunlar için gerekli enerjinin nasıl karşılandığına yönelik olarak örnekler veriniz. Aynı veya benzer eylemlerin farklı enerji kaynaklarıncı karşılandığı örnekler bulunuz.



Şekil 3: Enerji çeşitlerini gösteren örnekler

Yukarıda verilen tanım ve örneklerden anlaşılacağı gibi enerji dinamik bir olgudur. Bir sistem için enerjinin toplam değeri sabit olsa da, enerji türleri arasında zamana bağlı değişim gözlenebilir. Örneğin pil bir kimyasal enerji deposudur. Fakat bir lambaya iliştirildiğinde kimyasal enerji önce elektrik enerjisine, sonra da ışık enerjisine dönüşür. Benzer biçimde, kimyasal bağlar açısından zengin organik bileşenler içeren kömür de bir kimyasal Enerjinin enerji deposudur. Kömür yanarken hem ısı hem de ışık enerjisi ortaya çıkar. Bir taşıtın sahip olduğu içten yanmalı motor ise benzinin sahip olduğu kimyasal enerjiyi önce ısı enerjisine sonra da hareket enerjisine dönüştürür. Tüm bu örneklerde sistemlerin toplam enerjisi korunurken, enerji türleri arasında dönüşüm gerçekleşmektedir.

Enerjinin çeşitlerini ve bunlar arasındaki dönüşüm süreçlerini inceleyen bilim dalı termodinamiktir. Termodinamik tarafından betimlenen ve tüm enerji çeşitleri için geçerli olan dört temel ilke bulunur [1]:

- **Termodinamiğin sıfıncı yasası**, bir üçüncü sistem ile ısı dengede bulunan iki ayrı sistemin, kendi aralarında da ısı dengede bulunduğunu ifade eder. Bu temel yasaya göre, çevresi ile ısı ve madde alışverişi engellenen bir sistem, yeterince süre geçtiğinde mutlaka ısı dengeye ulaşır ve tüm bileşenlerin sıcaklığı eşit hale gelir.

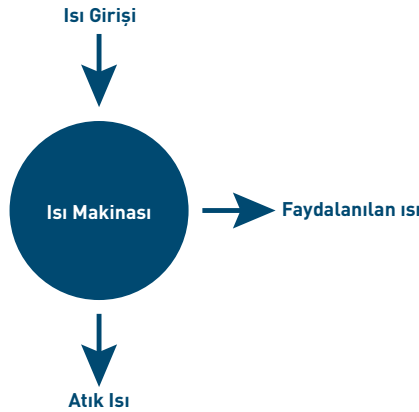
## ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK

- **Termodinamiğin birinci yasası**, enerjinin korunumunu ifade eder: Enerji, yoktan var edilemez ve var olan enerji yok edilemez; sadece türü değiştirilebilir. Buna göre, bir baraj bendinden dökülen suyun yükseklik farkından dolayı kaybettiği potansiyel enerjisi, önce suyun, ardından türbinlerin kinetik enerjisine dönüşür. Bir sistem olarak düşündüğümüzde barajın toplam enerjisi sabit kalıp, sadece enerji türleri arasında dönüşüm gerçekleşir.
- **Termodinamiğin ikinci yasası**, enerji dönüşümlerinin niteliğini ifade eder. Kelvin-Planck ifadesine göre bir enerji çevrimi gerçekleştirerek çalışan bir makinanın sadece bir kaynaktan ısı alıp, buna eşit miktarda iş üretmesi imkânsızdır. Bu ifade, hiçbir ısı makinasının %100 verimli çalışamayacağını ifade eder. Araçlarda yaygın olarak kullanılan ve yakıtların (benzin veya dizel) kimyasal enerjisini hareket enerjisine dönüştüren içten yanmalı motorlar, bu dönüşümü bir miktar ısı enerjisini çevreye salarak gerçekleştirirler. Dolayısıyla, yakıtın kimyasal enerjisinin tamamının hareket enerjisine dönüşmesi mümkün değildir. Öte yandan, Clasius ifadesi de Termodinamiğin ikinci yasasını bir başka şekilde anlatır. Buna göre, ısının düşük sıcaklıktaki bir ortamdan yüksek sıcaklıktaki bir ortama gitmesi, bir iş yapan makinanın yardımı olmadan mümkün değildir. Bu ifade, buzdolaplarının ya da klimaların çalışma prensibine de açıklar. Dışardan sağlanan bir enerji kaynağı olmadığı sürece bir buzdolabını çalıştırmak mümkün değildir.
- **Termodinamiğin üçüncü yasası**, cisimlerin mutlak sıfır sıcaklığında enerjilerinin sıfır olduğunu kabul eder. Mutlak sıfır 0 K (-273 °C) değeri olup, sıcaklık bu değere yaklaştıkça cisimleri oluşturan tüm moleküllerin, atomların, elektronların ve diğer temel parçacıkların hareketleri sönümlenir. Bu hareketlerin hepsinin mutlak sıfır değerinde durduğu öngörülür. Günümüzde, laboratuvar ortamında ulaşılan en düşük sıcaklık  $1.0 \times 10^{-10}$  K mertebesindedir [2].

Termodinamik biliminin bu önemli yasaları, modern hayatta birçok uygulamanın işleyişini anlamamıza yardımcı olur. Bunun en önemli örneklerinden biri, verimlilik kavramıdır. Termodinamiğin ikinci yasasına bağlı olarak bir ısı makinası (Şekil 4) için ısı çevrimin verimi şöyle hesaplanır [1]:

$$\text{Isıl verim} = \frac{\text{Sistemden alınan ısısal enerji}}{\text{Sisteme giren yakıtın kimyasal enerjisi}}$$

Termodinamiğin ikinci yasası ışığında düşünüldüğünde, bir ısı makinasının ısı veriminin her zaman yüzde yüzden (100%) küçük olacağı anlaşılır. Diğer bir deyişle, sistemden alınarak faydalanılan ısısal enerji, sisteme giren yakıtın toplam kimyasal enerjisinden her zaman daha küçük olacaktır.



**Şekil 4:** Isı makinalarının temel işleyiş prensibi ve termodinamiğin birinci kanunu

Kombi, uçak motoru, kalorifer kazanı gibi gündelik hayatımızda sıklıkla karşılaştığımız ısı sistemlerinin verimlilikleri ise termodinamiğin birinci ve ikinci yasalarına uygun biçimde tanımlanırlar (Şekil 5). Yani atık ısı üretmeksizin (enerji kaybına sebep olmaksızın) iş yapamazlar. Isı makinaları için yukarıdaki şekilde hesaplanan verimlilik, tüm enerji dönüşümleri için aşağıdaki şekilde genellenebilir:

$$\text{Verimlilik (\%)} = \frac{\text{Üretilen iş}}{\text{Tüketilen enerji}} \times 100$$

Tıpkı ısısal verimde olduğu gibi (giren yakıtın enerjisi ile karşılaştırılarak hesaplandığında) diğer tüm enerji dönüşümlerinde de verim daima 1'den (yani %100'den) zordadır daha azdır. Örnek olarak, içten-yanmalı motorların verimlilikleri %40

## ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK

civarındadır; yani sonuç olarak kimyasal enerjinin yaklaşık %60'ı çevreye atılır. Bu oranları göz önüne alınca, fosil yakıtlarla çalışan tüm ısı makinalarının çevreye ve iklim değişikliğine büyük ve zararlı etkileri anlaşılabilir.



*Şekil 5: Gündelik hayatta yaygın olarak kullanılan ısı makinası örnekleri: kombi ve gaz türbini*

### 1.2 Temel Kavramlar

Yukarıda verilen enerji biliminin temel bilgileri ışığında, modern dünyanın enerji sistemlerini ve işleyişlerini doğru anlayabilmek için önem arz eden bazı kavramlar aşağıda açıklanmıştır.

#### 1.2.1 Enerji kaynakları

Enerjinin korunumu ilkesine (termodinamiğin birinci yasası) göre hiçbir madde ya da sistem yoktan enerji üretemez; sadece sahip olduğu enerji türünü dönüştürebilir. Bu açıdan bakıldığında 'enerji kaynakları' enerji üreten değil, belli bir enerji türü açısından zengin olan madde ya da sistemlerdir. Örneğin, barajlarda biriktirilen su, potansiyel enerji açısından zengindir. Fosil yakıtlar ise sahip oldukları kimyasal bağların oksijenle tepkimeye girmesi neticesinde açığa çıkan ısı enerjisi açısından zengin birer 'enerji kaynağıdır'. Kuvvetli rüzgârlar ise, hava moleküllerinin kinetik enerjisi açısından zengindir.

#### 1.2.2 Birincil ve ikincil enerji kaynakları

Enerji kaynakları iki ana grup altında sınıflandırılır: birincil ve ikincil enerji kaynakları. Birincil enerji kaynakları, herhangi bir enerji dönüşüm sürecine tabi tutulmadan kullanılan kaynaklardır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan enerji kaynakları arasında bu kategoriye girenler kömür, petrol, doğal gaz, biyokütle (doğrudan kullanıldığında), hidrolik, güneş, rüzgar, dalga ve gelgit enerjisidir. Medeniyet tarihinin erken aşamalarından 19. yüzyılın ortalarına kadar hakim birincil enerji kaynağı odun olmuştur. Endüstriyel sistemlerdeki gelişmelerin de etkisiyle kömürün kullanımı yaygınlaşmıştır. 20. yüzyılın başından itibaren ise kömür, petrol ve doğal gaz önemli enerji kaynakları haline gelirken, hidroelektrik santralleri de hayatımıza girmiştir. 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren nükleer enerji ve yenilenebilir enerji kaynakları, giderek artmakta olan enerji talebinin karşılanması için kullanılmaya başlanmıştır.

#### Etkinlik-2

*Yaygın bir toplu taşıma aracı olan tren için tarihsel süreç içerisinde kullanılan birincil ve ikincil enerji kaynaklarını araştırınız.*

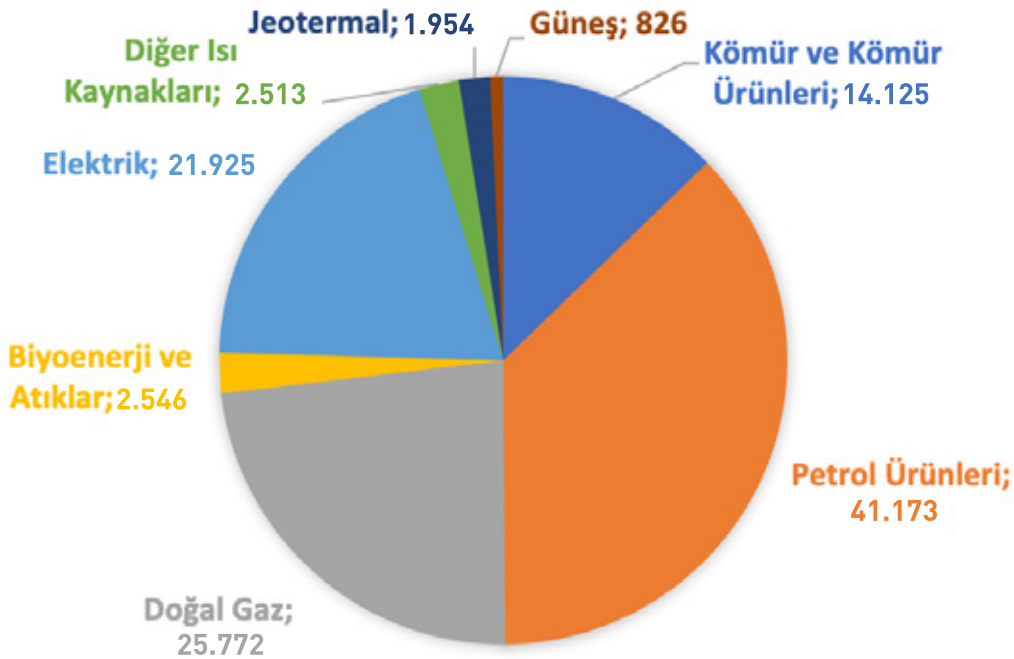


## ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK

Bazı birincil enerji kaynakları enerji dönüşüm yöntemleriyle başka şekilde kullanıma elverişli hale getirilebilirler. Bu tür dönüşüm işlemleri ile elde edilen kaynaklar, ikincil enerji kaynakları olarak anılır. Modern hayatın vazgeçilmezi olan elektrik enerjisi, ikincil enerji kaynaklarının başında gelir. Diğer örnekleri ise benzin, mazot, biyoyakıt çeşitleri, sıvılaştırılmış petrol gazıdır (LPG). Elektrik enerjisinin kömür, rüzgâr veya dalga enerjisi gibi birincil kaynaklardan üretilebildiğini hatırlamak, bu kategorileştirmeyi anlamamızı kolaylaştırabilir.

En yaygın ve önemli ikincil enerji kaynağı olan elektriğin kullanıma hazır halde vatandaşlara sunulması çok aşamalı bir süreçtir. Elektrik genellikle güneş, rüzgar, doğalgaz ve kömür gibi birincil enerji kaynaklarından faydalanarak çalışan güç santrallerinde üretilir. Güneş ve rüzgar gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından nasıl elektrik üretildiği üçüncü bölümde açıklanmıştır. Doğalgaz ve kömür gibi fosil yakıt ile çalışan santraller ise yukarıda açıklanan termodinamik ilkeleri göz önüne alınarak tasarlanan ısı çevrim süreçlerinden faydalanır. Fosil yakıtların yapı taşı olan organik bileşenlerde depolanan kimyasal enerji, özel olarak tasarlanmış ısı makinalarında kontrollü olarak yakılarak yüksek sıcaklıkta ve miktarda ısı elde edilir. Bu ısının suya aktarılması ile elde edilen yüksek basınçtaki buhar ise bir türbine yönlendirilerek ısı enerjisinin hareket enerjisine dönüşmesi sağlanır. Türbinin bağlı olduğu jeneratör aracılığıyla da elektrik üretilir. Santralde üretilen elektrik, iletim hatları ile şehirlere ve dağıtım hatları ile de son tüketicilere ulaştırılır. Dolayısıyla aslında evlerimizde ikincil enerji kaynağı olan elektriği tüketirken, aslında birincil enerji kaynaklarından faydalanmış oluruz.

Aşağıdaki grafik (Şekil 6), Türkiye'nin 2019 yılında 110 milyon TEP hacmine ulaşan toplam nihai enerji tüketiminin (birincil ve ikincil enerji kaynaklarının doğrudan kullanımı) hangi kaynaklardan karşılandığını göstermektedir[3]. (Buradaki TEP - ton eşdeğer petrol - birimi, bir ton petrolün yakılması ile elde edilebilecek enerji miktarı olarak kabul edilen ve  $41,8 \times 10^9$  J'ye karşılık gelen enerji miktarıdır.) Grafığe göre sırasıyla petrol ürünleri (%37), doğal gaz (%23), elektrik (%20) ve kömür (%13) başlıca enerji kaynaklarımızdır.



Şekil 6: 2019 yılında ülkemizde nihai enerji tüketiminin kaynaklara göre dağılımı (bin TEP) [3].

### Etkinlik-3

Evlerinizde kullandığınız birincil ve ikincil enerji kaynaklarını belirtiniz. Ailenizden, bir önceki aya ait faturaları talep ederek, birincil ve ikincil enerji kaynaklarının miktarlarını karşılaştırınız.

## ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK

### 1.2.3 Enerji tasarrufu

Enerji tasarrufu, enerji verimliliğinden farklıdır. Verimlilik ileri teknolojiler ve ve birleştirici kavramları kullanarak, daha az kaynakla ve enerji ile aynı miktar iş yapmaktır; tasarruf ise kullanılan enerjiyi azaltmak demektir. Diğer bir deyişle, değer üretmeyen enerji kullanımlarının önlenmesi yaklaşımı, enerji tasarrufu olarak adlandırılır. Örneğin, aydınlatma alanında enerji tasarrufu, kullanılmayan alanları aydınlatan armatürlerin kapatılması ile sağlanabilir. Ulaşımda enerji tasarrufu ise, yakın mesafelere yapılacak yolculukların yaya olarak veya bisikletle yapılması yoluyla sağlanabilir. Modern yaşamın vazgeçilmez olan birçok elektrikli alet, bekleme modunda dahi sızıntı şeklinde elektrik kayıplarına sebep olur. Bu yüzden, kullanılmayan elektrikli cihazların fişinin prizden çekilerek kayıpların (değer üretmeyen kullanımların) önlenmesi bir tasarruf örneğidir.

Enerji tasarrufunun diğer bir yolu ise, özellikle yoğun enerji tüketimi gerçekleştiren sistemlerin doğru kullanılmasıdır. Örneğin, binalarda soğutma işlevini gerçekleştirmek üzere dış cephelere yerleştirilen klima ünitelerinin doğrudan güneş ışığına maruz kalmalarının önlenmesi (siperlik veya mimari bileşenler ile hava akışını engellemeden), herhangi bir teknolojik değişiklik veya yatırım yapmadan daha az elektrik harcanmasını sağlayabilir (Şekil 7). Diğer bir deyişle, klima ünitesinin doğrudan güneşe maruz kalması gibi yanlış kullanımların önlenmesi ile de enerji verimliliği yapılarak enerji tasarrufu sağlanabilir.



**Yanlış Kullanım**



**Doğru Kullanım**

*Şekil 7: Klima dış ünitelerinin kullanımının karşılaştırılması*

### 1.2.4 Enerji Verimliliği

Herhangi bir ürün ya da hizmetin üretilebilmesi sürecinde harcanan enerjinin, ürün ve hizmetin niteliklerinden taviz vermeden azaltılmasına enerji verimliliği denir. Diğer bir deyişle, üretim sürecinde yapılan iyileştirmeler ile aynı nitelikte ürün veya hizmetin daha az enerji harcanarak üretilmesidir. Örneğin, aydınlatma teknolojileri arasında LED armatürler, aynı düzeyde aydınlatma için diğer birçok teknolojiye nazaran daha az elektrik enerjisi tüketirler. Böylece, tüketicilerin görsel konforundan (hizmetin niteliğinden) taviz vermeden enerji verimliliği daha yüksek bir aydınlatma sağlarlar.

Günümüzün çoğu ulaşım teknolojisi, öncüllerine göre daha enerji verimlidir. Aynı mesafede ve güvenlik düzeyinde seyahati daha az yakıt ile gerçekleştirmemizi sağlarlar. Bunu mümkün kılan birçok faktör vardır. Bunların en başında ise bilimin etkin kullanılmasının yanı sıra çok disiplinli ve disiplinler-arası çalışmaların yapılması gelir. İçten yanmalı motorların verimliliğinin artması ve metal teknolojilerindeki gelişmeler neticesinde yüksek mukavemet düzeyine sahip hafif malzemelerin üretilmesi, bilim ve teknoloji aracılığıyla ulaşımında enerji verimliliğinin artırılmasına örnek verilebilir. Enerji verimliliği, teknolojik ve/veya çok disiplinli çalışmaların sonucunda çıkan ileri bir düşüncedir. Yukarıda anlatılan enerji tasarrufu kavramından bu nedenle ayrışır.

#### **Etkinlik-4**

*LED armatürlerin, akkor flamanlı lambalardan neden daha verimli olduğunu araştırınız.*

Enerji verimliliği ve tasarrufu, enerji tüketiminin azaltılması açısından bakıldığında birbirine yakın gözükür (hatta çok karıştırılan) iki kavram olsalar da, yöntem ve derinlik açısından oldukça farklıdır. Enerji verimliliği genellikle bilimsel ve teknik iyileştirmelerle sağlanırken, enerji tasarrufu daha çok kullanım pratikleri ile ilişkilidir. Örneğin, teknolojinin ilerlemesi ile dizüstü bilgisayar ve cep telefonlarımızda kullanılan işlemciler, gerçekleştirdikleri işlemleri daha az enerji kullanarak yapabilir hale gelmişlerdir. Dolayısıyla, yeni cihazlar eskilerine göre daha enerji verimli biçimde işlevlerini yerine getirirler. Bu cihazların kullanılmadığı durumlarda açık kalmaması veya kapalı iken fişlerinin prize takılı

## ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK

birakılmaması (şarj edilmiyorlarsa) gibi doğru kullanım alışkanlıkları ise sahip oldukları teknolojilerden bağımsız olarak enerji tasarrufu yapmamızı sağlar. Örnek olarak, daha ileri seviye pil teknolojisine sahip yeni model bir cep telefonun pilinin daha uzun süre dayanması enerji verimliliğine bağlıdır ve çok-disiplinli ve disiplinler-arası çalışmalar neticesinde mümkün olur. Tüketicilerin, pil doluluk oranını korumak için görüşmelerini kısa tutması, pilin optimum kullanımı için yazılımsal araçlar tercih edilmesi ya da gece yatarken telefonlarını kapatması ise enerji tasarrufu örneğidir.

### Etkinlik-5

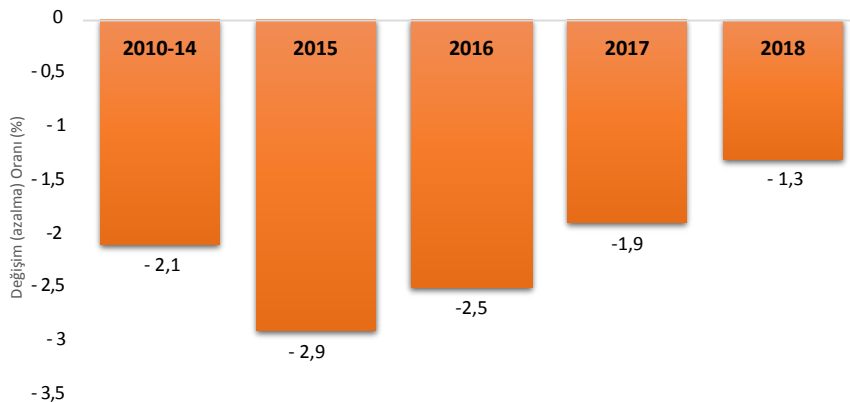
Okulunuzda uygulanan veya uygulanabilecek enerji verimliliği ve enerji tasarrufu uygulamalarını içeren bir liste yapınız.

### 1.2.5 Enerji yoğunluğu

Enerji kullanımına dair yukarıda gördüğümüz verimlilik ve tasarruf kavramları son kullanım ile ilişkilidir. Enerji; ekonomik, çevresel ve sosyal boyutları ile ülkeler nezdinde de ele alınması gereken bir konudur. Bu maksatla türetilen kavramlardan biri enerji yoğunluğudur ve birim gayri safi yurtiçi hasıla (GSYH) üretimi için tükettikleri birincil enerji miktarını ifade etmektedir. Yaygın kullanımında, 1000 \$'lık GSYH üretebilmek için tüketilen enerjinin, TEP cinsinden ifadesi olarak açıklanır. GSYH ülkelerin zenginliğinin bir ölçütü olduğundan, enerji yoğunluğu da ülkelerin ekonomik gelişme düzeyini takip etmekte kullanılan göstergelerden birisidir. Bir ülkenin enerji yoğunluğunun azalması (aynı düzeyde enerji kullanıp daha fazla GSYH üretebilmesi veya aynı düzeyde GSYH'yi daha az enerji tüketerek üretebilmesi) olumlu bir gelişme olarak değerlendirilir.

Enerji yoğunluğu, birincil enerji kaynaklarının tüketimi üzerinden hesaplandığında *birincil enerji yoğunluğu* adıyla anılır. Birincil ve ikincil kaynak tüketiminin toplamı olarak bilinen nihai enerji tüketimi üzerinden hesaplandığında ise *nihai enerji yoğunluğu* olarak belirlenir. Her iki hesaplama yaklaşımında da, ekonomik değer üretim süreçlerini enerji verimli hale getiren ve enerji tasarrufunu etkin biçimde sağlayan ülkelerin enerji yoğunluğu düşüktür.

2010-2018 yılları arasında küresel enerji yoğunluğunun ne kadar azaldığı Şekil 8'de gösterilmiştir [4]. Şekildeki değerlerin dağılımı, enerji yoğunluğundaki azalmanın her zaman planlandığı gibi gerçekleşmeyip, iklimsel ve sosyo-ekonomik gelişmelere bağlı olarak sapmalar yaşanabileceğini göstermektedir. Bu durum, enerji yoğunluğunu çok genel bir tanım olması ile de ilişkilidir. Bu yüzden bilim insanları ve araştırmacılar, ülkelerin enerji verimliliğini belirlemek için enerji yoğunluğundan farklı olan daha özel yaklaşımlar geliştirmişlerdir. Enerji yoğunluğu, sadece teknik ve ekonomik göstergelere dair veri seti elde edilemeyen durumlarda enerji verimliliğinin bir göstergesi olarak kullanılır.



Şekil 8: 2010-2018 yılları arasında küresel enerji yoğunluğunun değişimi [4].

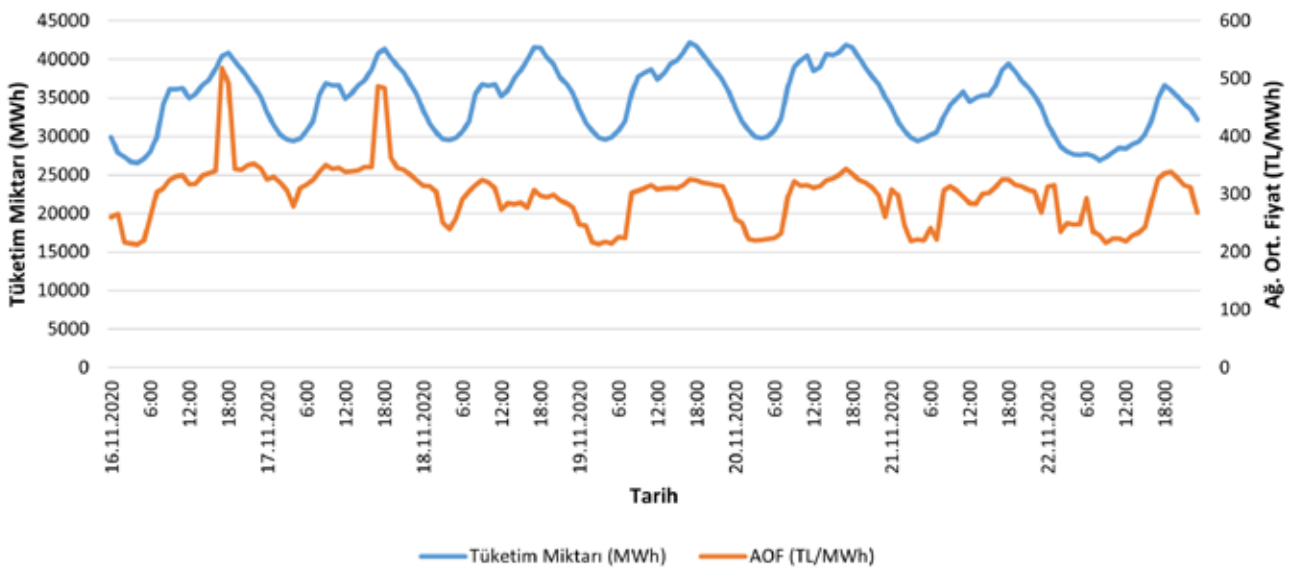
# ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK

## 1.3 Türkiye’de Enerji Arz ve Talebi

Günümüzde yaygın olarak uygulanan piyasa ekonomileri, iki önemli kavram ve bunlar arasındaki ilişki üzerine kuruludur: arz ve talep. Arz, ürün veya hizmetlerin belirli bir zamanda ve belirli bir fiyattan piyasada satışa sunulmasıdır. Talep ise, yeterli satın alma gücü ile desteklenmiş satın alma isteği anlamına gelir. Bu çerçeveden baktığımızda, enerji piyasaları da arz ve talep dengesinin sağlanması ve korunması ilkesi üzerine kuruludur. Yani tüketicilerin talep ettiği miktarda toplam enerji, enerji sektörü firmaları tarafından temin edilir.

Her ülkenin, enerji arz ve talep dengesini korumaya ve geliştirmeye yönelik özel yetkili kurumları bulunur. Ülkemizde bu kurumların en başında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) gelir. ETKB, enerji ihtiyacının belirlenmesi ve bunu karşılamak üzere politika geliştirilmesi, planlama yapılması, altyapının geliştirilmesi, arama faaliyetlerinin yönetilmesi ve mevzuat oluşturulması gibi birçok temel konuda liderlik etmektedir. Enerji piyasasının işleyişi açısından önemli diğer bir kurum olan Enerjinin Piyasası Düzenleme Kurulu’nun (EPDK) misyonu şu şekilde tanımlanmıştır: “Enerjinin yeterli, kaliteli, sürekli, ekonomik ve çevreyle uyumlu bir şekilde tüketiciye sunulması için düzenleme ve denetleme yapmak.” Buradaki enerji ifadesi, elektrik, doğal gaz, petrol ve LPG gibi yaygın enerji kaynaklarını ifade etmektedir. Tüketici ifadesi ise, sadece bireysel tüketim talebinde bulunan vatandaşları değil, elektrik üretmek üzere doğal gaz satın alan güç santralleri örneğinde olduğu gibi büyük firmaları da kapsamaktadır.

Şekil 9, 16-22 Kasım 2020 tarihleri arasında ülkemizdeki elektrik piyasasında arz-talep dengesinin kurulduğu miktarları ve bu noktalarda fiyat değerlerini (gün içi piyasası ağırlıklı ortalama değerleri) göstermektedir [5]. Görüleceği üzere, denge noktası gün içerisinde dalgalanma göstermektedir. Talebin yüksek olduğu saatlerde elektrik enerjisinin birim fiyatı da yüksek olmaktadır. Buradaki fiyat, tüketicilerin ödediği birim fiyat değil, enerji dağıtım firmaları ile üretici firmaların arasında sağlanan uzlaşma noktasıdır. Dağıtım firmaları, satın aldıkları elektriğin tüketicilere ulaştırılması için sahip oldukları altyapının işletilmesi ve geliştirilmesine yönelik olarak sunduklarının hizmetin karşılığı olarak, bu fiyatın üzerine belirli bir bedel eklemektedirler. Öte yandan, son yıllarda geliştirilen teknoloji altyapısı ve mevzuat sayesinde, elektrik tüketicilerine gün içerisinde saate bağlı tarifeler üzerinden fiyatlandırma seçenekleri de sunulabilmektedir.



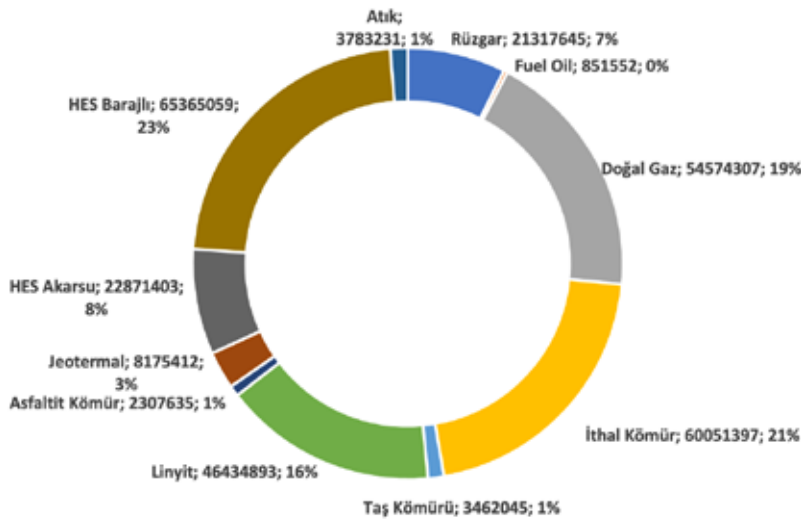
Şekil 9: 16-22 Kasım 2020 tarihleri arasında elektrik piyasasında arz-talep dengesinin kurulduğu miktar ve birim fiyat ağırlıklı ortalama fiyat (TL/MWh) değerlerinin değişimi [5].

## ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK

Yukarıda belirtildiği gibi ikincil enerji kaynakları arasında yer alan elektrik enerjisine olan talep, farklı birincil enerji kaynaklarından karşılanır. Aşağıdaki grafik (Şekil 10), 2019 yılında ülkemizde elektrik enerjisine olan talebin hangi kaynaklardan ne miktarda (MWh cinsinden) karşılandığını göstermektedir [6]. Görüldüğü üzere bu kaynak çeşitleri içerisinde farklı kömür türlerine bağlı üretim, toplam üretimin yaklaşık %40'ını oluşturarak başı çekmektedir. Öte yandan, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın tahminlerine göre, elektrik enerjisi talebinin 2023 yılı itibari ile yaklaşık olarak 400 milyar kWh'a ulaşması beklenmektedir [7].

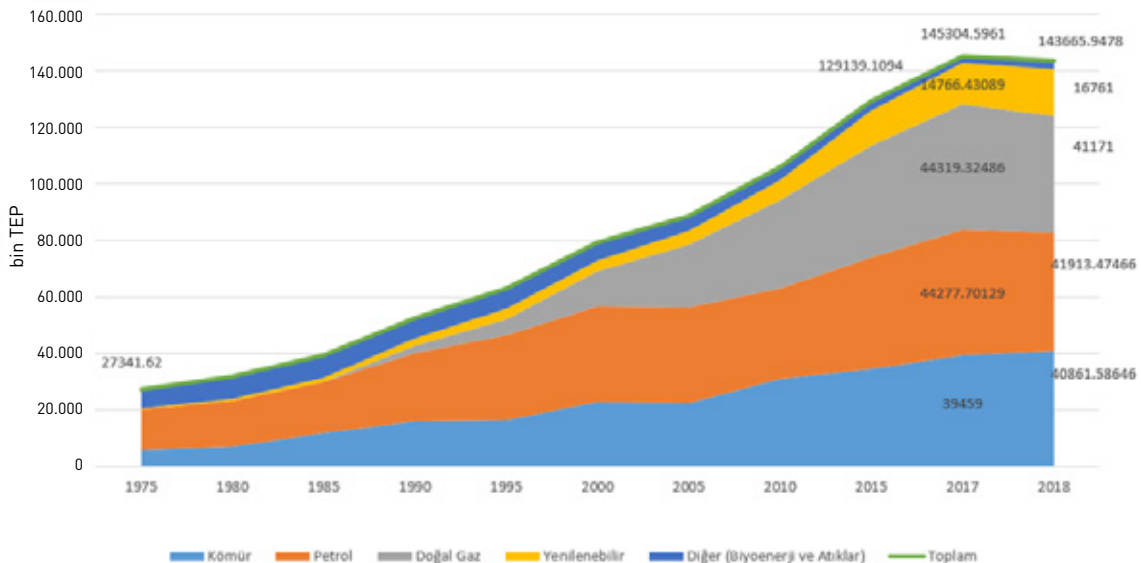
### Etkinlik-6

Gün içerisinde hangi saatlerde daha fazla elektrik enerjisi tükettiğinizi tartışınız.



Şekil 10: 2019 Yılı Kaynak Bazında Kümülatif Elektrik Üretimi [6].

Birincil enerji kaynaklarının bir kısmının doğrudan, bir kısmının ise elektrik enerjisi üretimi için kullanıldığını belirtmiştik. Örneğin, doğal gaz elektrik üretiminin yanı sıra doğrudan ısı enerjisi üretmek (evlerimizde olduğu gibi) için de kullanılır. Yakın dönem içerisinde ülkemizin enerji ihtiyacını hangi kaynaklardan ne oranda karşıladığı Şekil 11'de gösterilmiştir [8]. Şekilde ayrıca, ülkemizde enerji arz-talep dengesinin yıllar geçtikçe daha yüksek değerlerde kurulduğu da görülmektedir.

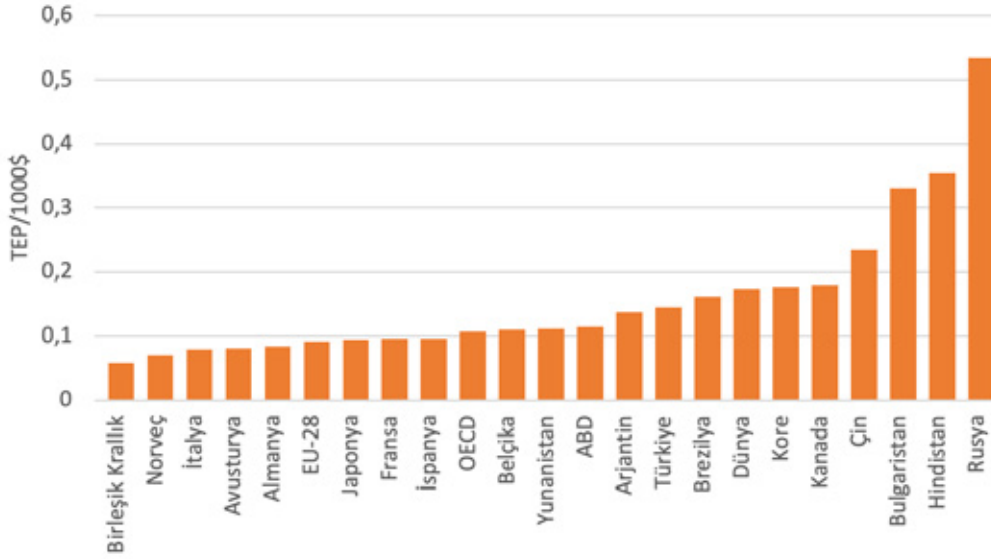


Şekil 11: Son 25 yıl içerisinde ülkemizin enerji tüketiminin kaynaklara göre dağılımı (binTEP) [8].

# ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK

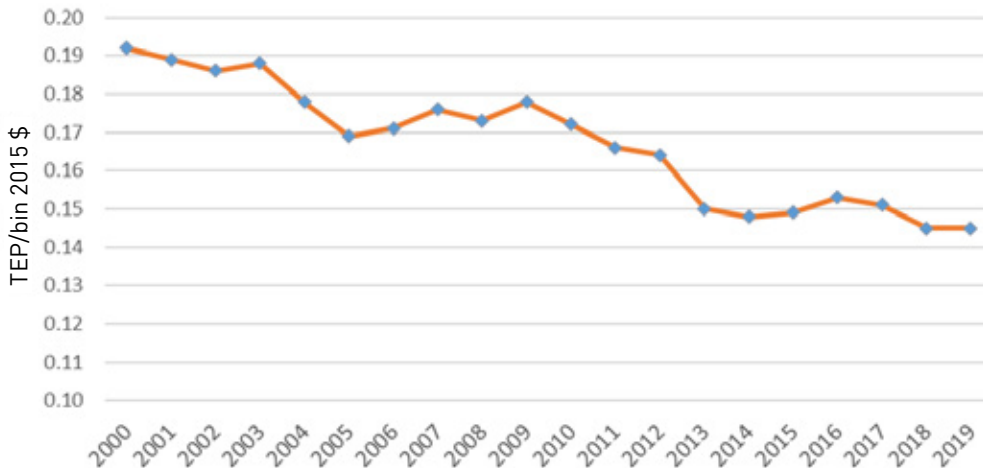
## 1.3.1 Türkiye'nin Enerji Yoğunluğu

Yukarıda da tanımlandığı gibi enerji yoğunluğu, ülkelerin birim GSYH üretimleri için tükettikleri birincil enerji miktarını ifade etmekte olup, ülkelerin enerji verimliliğine yönelik göstergeleri arasında yer alır. Çeşitli ülkelerin, birincil enerji yoğunluğu değerlerinin karşılaştırması Şekil 12'te gösterilmiştir [9]. Avrupa Birliği ülkeleri genellikle 0.1 TEP/1000\$'ın altındaki değerleri ile enerji yoğunluğu en düşük ülkeler olarak karşımıza çıkarken (Bulgaristan hariç) iken, ülkemizin birincil enerji yoğunluğu 0.145 TEP/1000\$ değeri ile dünya ortalamasının (0.17 TEP/1000\$) altındadır.



Şekil 12: Ülkeler bazında birincil enerji yoğunluğu (TEP/1000\$) değerlerinin karşılaştırması [9].

Birincil enerji kaynakları açısından yüksek dışa bağımlılık oranına sahip olan ülkemizde, enerji yoğunluğunu düşürmeye yönelik çalışmalar uzun zamandır sürdürülmektedir. Şekil 13'te sunulan grafik, Türkiye'de yıllara bağlı olarak nihai enerji yoğunluğunun değişimini göstermektedir [10]. Bu kapsamda, 2000 ve 2019 yılları arasında ülkemizin nihai enerji yoğunluğunda %24 dolayında iyileşme (azalma) sağlanmıştır. Şekil 13'te olduğu gibi, ülkelerin enerji yoğunluğunun yıllara bağlı karşılaştırması yapılırken, iklimsel faktörlerin etkisinin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bunun sebebi, enerji yoğunluğunu belirleyen teknik ve ekonomik faktörler aynı kalsa dahi, iklim koşullarına bağlı olarak enerji yoğunluğunun değişebilmesidir. Örneğin, ortalama sıcaklık değerlerinin bir önceki yıla göre daha düşük seyrettiği bir yılda, daha fazla enerji harcanması ve dolayısıyla enerji yoğunluğunun artması beklenen bir durumdur. Halbuki yıllara bağlı enerji yoğunluğu karşılaştırması yapılırken, ülkelerin teknik ve ekonomik üretkenliklerinin enerji tüketimi ile ilişkisi karşılaştırılmak istenmektedir. Bu yüzden, özel hesaplama yöntemleri ile iklimsel faktörlerin etkisi sönmülenererek (düzeltme hesabı yapılarak), bu karşılaştırmaların enerji yoğunluğunun tanımında yer alan faktörlere bağlı kalması sağlanır.



Şekil 13: Yıllara bağlı olarak Türkiye'nin nihai enerji yoğunluğunun değişimi [10] (Not: bu grafikte iklimsel faktörlerin etkisine yönelik düzeltme faktörü uygulanmıştır)

# ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK

Türkiye'nin enerji yoğunluğu rakamlarının şekillenmesinde, demir-çelik, seramik ve çimento gibi ağır sanayi iş kollarının etkisi yüksektir. Bununla birlikte enerji yoğunluğunun düşürülmesinde tüm tüketicilere, enerjinin verimli kullanılması yönünde önemli görevler düşmektedir. Ayrıca, elektriğin iletim ve dağıtımında kayıp ve kaçakların azaltılması da önemlidir. Enerji yoğunluğu, ekonomik gelişim ve enerji bağımlılığının azaltılması kadar, enerji üretiminin çevreye olumsuz etkilerinin en aza indirilebilmesi açısından da önemlidir.

## 1.3.2 Türkiye'nin Enerji Verimliliği Stratejisi ve Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı

Enerji verimliliğinin artırılması, ülkelerin teknik, sosyal ve ekonomik gelişmişlik düzeylerinin artırılmasında oldukça kritik bir etkidir. Özellikle birincil enerji kaynakları açısından yabancı kaynaklara bağımlı ülkelerde enerjide arz güvenliği ve enerjiye bağlı maliyetlerin yönetilebilirliği açısından stratejik öneme sahiptir. Öte yandan, sürdürülebilir kalkınma ve çevre politikalarının da merkezinde yer alır. Bu kapsamda düşünüldüğünde, enerji verimliliğinin artırılması tüm sektörler açısından ortak bir hedef olup, geliştirilmesi ancak geniş toplumsal katılım ile mümkündür. Ülkemizde bu doğrultudaki çalışmaları koordine etmek ve etkinlik düzeylerini artırmak için, enerji verimliliği alanındaki planlama ve uygulamalar düzenli biçimde geliştirilmektedir. Bu konuyla doğrudan ilişkili olarak yakın geçmişte yapılan önemli mevzuat düzenlemeleri şu şekilde listelenebilir [11]:

- 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu (18/04/2007),
- Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2012-2023,
- Onuncu Kalkınma Planı kapsamında yer alan "Enerji Verimliliğinin Geliştirilmesi Programı" 2014-2018,
- On Birinci Kalkınma Planı 2019-2023,
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Strateji Planı 2019-2023,
- Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı 2017-2023.

Ülkemizin yürürlükte olan eylem planı, güncel ihtiyaçlar ve dünyadaki başarılı uygulamalar dikkate alınarak hazırlanan Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (UEVEP), 02/01/2018 tarihli ve 30289 mükerrer sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Sektörel olarak sınıflandırılmış 6 kategori ve bunların altında yer alan toplam 55 eylemden oluşan UEVEP, her bir eylemin uygulama adımları, temel performans göstergeleri, uygulama planı, çıktıları ve muhtemel etkilerini ortaya koymaktadır. UEVEP ile Türkiye'nin birincil enerji tüketiminin 2023 yılına kadar %14 azaltılması ve böylece toplamda yaklaşık 23,94 MTEP tasarruf sağlanması hedeflenmektedir. Hayata geçirilebilmesi için 2023 yılının sonuna kadar yaklaşık 10,9 milyar \$'lık (Amerikan Doları) yatırım yapılması öngörülen eylem planında, bu yatırımlar neticesinde 2033 yılı sonuna kadar 30 milyar \$'ın üzerinde ekonomik fayda sağlanması hedeflenmektedir. UEVEP kapsamındaki 6 kategori ve ilgili eylemler ve kısa açıklamaları aşağıda listelenmiştir. Bu alanlarla ilgili teknik bilgilendirme bir sonraki bölümde verilmiştir.

### 1. 1.Yatay konular

- 1.1. Enerji yönetim sistemlerinin kurulması ve etkinliğinin artırılması,
- 1.2. Ulusal enerji verimliliği finansman mekanizmasının geliştirilmesi,
- 1.3. Enerji verimliliği projelerinin enerji verimliliği yarışmaları ile desteklenmesi,
- 1.4. Enerji verimliliği projelerinde teknik, hukuki ve finansal hususları içeren kılavuz, tip sözleşme vb. altlıkların oluşturulması,
- 1.5. Enerji verimliliği faaliyetlerinde kayıt, veri tabanı ve raporlama sistemlerinin geliştirilmesi,
- 1.6. Uluslararası enerji verimliliği finansman imkânlarının ve etkinliğinin artırılması, koordinasyon ve kontrolü,
- 1.7. İdari ve kurumsal yapılanmanın güçlendirilmesi,
- 1.8. Farkındalık, eğitim ve bilinçlendirme faaliyetlerinin yürütülmesi,
- 1.9. Enerji verimliliği etütleri,
- 1.10. Kamuda sürdürülebilir işletme ve satın alma yaklaşımının benimsenmesi,
- 1.11. Enerji dağıtım veya perakende şirketlerine yönelik enerji verimliliği yükümlülük programı.

# ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK

## 2.Bina ve hizmetler sektörü

- 2.1. İnşaat sektöründe kullanılan malzeme ve teknolojiye ilişkin en iyi uygulamaların tespiti ve paylaşılması,
- 2.2. Binalar için enerji tüketim verilerini de içeren bir veri tabanı oluşturulması,
- 2.3. Kamu binaları için enerji tasarrufu hedefi tanımlanması,
- 2.4. Belediye hizmetlerinde enerji verimliliğinin artırılması,
- 2.5. Mevcut binaların rehabilitasyonu ve enerji verimliliğinin geliştirilmesi,
- 2.6. Merkezi ve bölgesel ısıtma/soğutma sistemlerinin kullanımının özendirilmesi,
- 2.7. Mevcut binaların enerji kimlik belgesi sahiplik oranının artırılması,
- 2.8. Sürdürülebilir yeşil binalar ile yerleşmelerin belgelendirilmesinin özendirilmesi
- 2.9. Yeni binalarda enerji verimliliğinin özendirilmesi,
- 2.10. Mevcut kamu binalarında enerji performansının iyileştirilmesi,
- 2.11. Binalarda yenilenebilir enerji ve kojenerasyon sistemlerinin kullanımının yaygınlaştırılması,
- 2.12. Kobi niteliğindeki binalara yönelik enerji verimliliği etüt programları ve etütler için kaynak tahsisi.

## 3.Sanayi ve teknoloji sektörü

- 3.1. Isı kullanan büyük endüstriyel tesislerde kojenerasyon sistemlerinin yaygınlaştırılması,
- 3.2. Sanayide enerji verimliliği projelerini ve çeşitliliğini artırmak için destek sağlanması,
- 3.3. Sanayi sektöründe verimliliği artırmak,
- 3.4. Cihazlarda enerji verimliliği performans standartları ve çevre duyarlı tasarım, üretim, etiketleme sisteminin uygulanması,
- 3.5. Sanayi sektöründe verimlilik artırıcı projelerin desteklenmesi,
- 3.6. Sanayide enerji tasarruf potansiyeli haritasının çıkarılması,
- 3.7. Gönüllü anlaşmaların iyileştirilmesi.

## 4.Enerji sektörü

- 4.1. Kojenerasyon ve bölgesel ısıtma-soğutma sistemlerinin potansiyelinin belirlenmesi ve yol haritasının hazırlanması,
- 4.2. Doğal gaz altyapısı için verimlilik standartları uygulanması,
- 4.3. Tüketicie kıyaslanabilir ve daha detaylı bir fatura bilgisinin sunulması, ölçüm bilgisinin akıllı yönetimi için enerji veri platformunun oluşturulması,
- 4.4. Elektrik sayaçlarının okunması ile ilgili düzenleyici çerçevenin Avrupa Birliği müktesebatı ile belirlenen ana esaslarla uyumlaştırılması (akıllı sayaçların yaygınlaştırılması),
- 4.5. Transformatörlerde asgari performans standartlarının uygulanması,
- 4.6. Isıtma ve soğutma kaynaklı puant yükün yönetilmesi,
- 4.7. Genel aydınlatmada enerji verimliliğinin artırılması,
- 4.8. Elektrik iletim ve dağıtım faaliyetleri verimlilik artışının geliştirilmesi,
- 4.9. Mevcut elektrik üretim santrallerinde verimliliğin artırılması,
- 4.10. Talep tarafı katılımı uygulaması için piyasa altyapısının oluşturulması.



## ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK

### 5.Ulaştırma sektörü

- 5.1. Enerji verimli araçların özendirilmesi,
- 5.2. Alternatif yakıtlar ve yeni teknolojilerle ilgili karşılaştırmalı çalışmanın geliştirilmesi,
- 5.3. Bisikletli ve yaya ulaşımının geliştirilmesi ve iyileştirilmesi,
- 5.4. Şehirlerdeki trafik yoğunluğunun azaltılması: otomobil kullanımının azaltılması,
- 5.5. Toplu taşımanın yaygınlaştırılması,
- 5.6. Kentsel ulaşım için kurumsal yeniden yapılanmanın geliştirilmesi ve uygulanması,
- 5.7. Denizyolu taşımacılığının güçlendirilmesi,
- 5.8. Demiryolu taşımacılığının güçlendirilmesi,
- 5.9. Ulaşımaya yönelik veri toplanması.

### 6.Tarım sektörü

- 6.1. Traktörlerin ve biçerdöverlerin enerji verimliliği ile yenilenmesinin özendirilmesi,
- 6.2. Enerji verimli sulama yöntemlerine geçilmesi,
- 6.3. Tarım sektöründe enerji verimliliği projelerinin desteklenmesi,
- 6.4. Tarımsal üretimde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının özendirilmesi,
- 6.5. Biyokütle elde etmek amacıyla tarım yan ürün ve atık potansiyelinin belirlenmesi ve kullanımının teşvik edilmesi,
- 6.6. Su ürünleri sektöründe enerji verimliliğinin desteklenmesi.

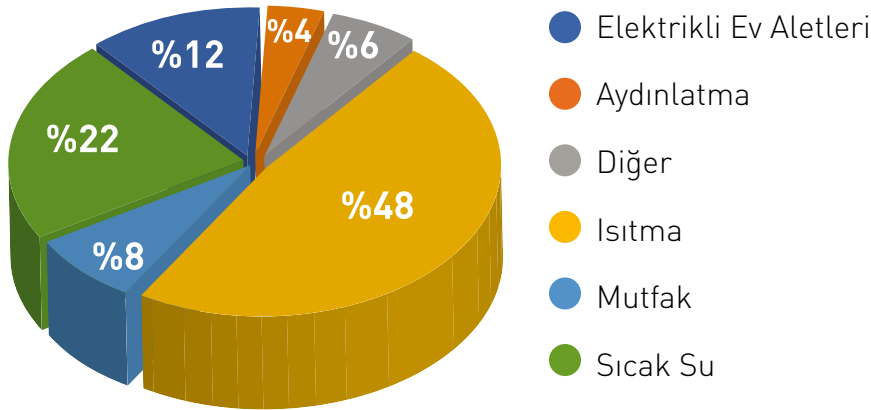


## 2. Enerji Verimliliği Uygulamaları

Yukarıda tanımladığımız enerji verimliliği kavramı (bkz: Bölüm 1.2.4), enerji kaynaklarının dönüştürülmesi, taşınması ve kullanılması süreçlerinin tamamı için geçerli bir olgudur. Bu süreçleri örneklendirmek için elektrik enerjisi kavramını kullanabiliriz. Bir elektrik santrali, kullandığı birincil enerji kaynağını (kömür, doğal gaz, rüzgâr, güneş, nükleer vb.) elektrik enerjisine dönüştürürken, termodinamiğin ikinci yasasına tabidir. Dolayısıyla tüm elektrik santrallerinde, ikinci yasa kapsamında birincil enerji kaynağının sahip olduğu enerjinin sadece bir kısmı elektrik enerjisine dönüştürülebilir. Bununla birlikte, üretilen elektrik enerjisini tüketicilere ulaştıran iletim ve dağıtım hatları da belli düzeyde kayıplara sebep oldukları için, bu aşamada da bir verimlilik hesabı söz konusudur. Son aşamada ise nihai tüketiciye ulaştırılan elektrik enerjisinin verimli kullanılması önem kazanmaktadır. Bu sürece ters açıdan baktığımızda ise son tüketim aşamasında sağlanacak verimlilik artışlarının, son tüketici kazanımlarının ötesinde bir avantaj sunduğu anlaşılabilir. Nihai kullanım aşamasındaki verimlilik artışı, tüketiciler açısından genellikle ekonomik bir kazanım olarak değerlendirilir. Halbuki elektrik enerjisinin üretimi ve iletimi aşamalarını da göz önünde bulundurduğumuzda verimlilik artışının, ülkelerin enerji rezervlerinin ve altyapılarının etkin kullanımı açısından da oldukça önemli olduğu görülür. Ayrıca, sistemin bir bütün olarak verimliliği arttıkça, çevresel etkileri de azalmaktadır. Bu değerlendirmeler ve bir önceki bölümde vurgulanan bilgiler ışığında, bu bölümde farklı kategorilerde enerji verimliliğini artırmaya yönelik temel teknik bilgiler aşağıda özetlenmektedir.

### 2.1. Binalarda Enerji Verimliliği

Dünya genelinde birçok ülkede, enerji tüketiminin %30-40'lık kısmı binalarda (konut tipi ve ticari binalar) gerçekleşmektedir. Bu yüzden binalar enerji verimliliği çalışmaları kapsamında önemli bir araştırma ve uygulama alanıdır. Binaların enerji tüketimi çevresel, sosyal ve fiziksel (binanın yapısı) etkenlere bağlıdır. Binanın bulunduğu coğrafyanın iklimsel koşulları ve yakın çevresindeki şehirleşme yapısı, çevresel faktörlerin başında gelmekte olup, binanın enerji tüketimini doğrudan etkilemektedir. Binaların tipine (konut, okul, AVM, vb.) bağlı kullanım alışkanlıkları ve kültürel faktörler ise binaların enerji tüketimini etkileyen sosyal faktörlerin başında gelir. Dolayısıyla, binalarda enerji tüketimi ülkelerin bulunduğu coğrafya, enerji ve şehir altyapıları ile kültürel özelliklerine bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Aşağıdaki grafik (Şekil 14), Türkiye'de konutlarda enerji kullanımının ihtiyaçlara göre dağılımını göstermektedir [12].



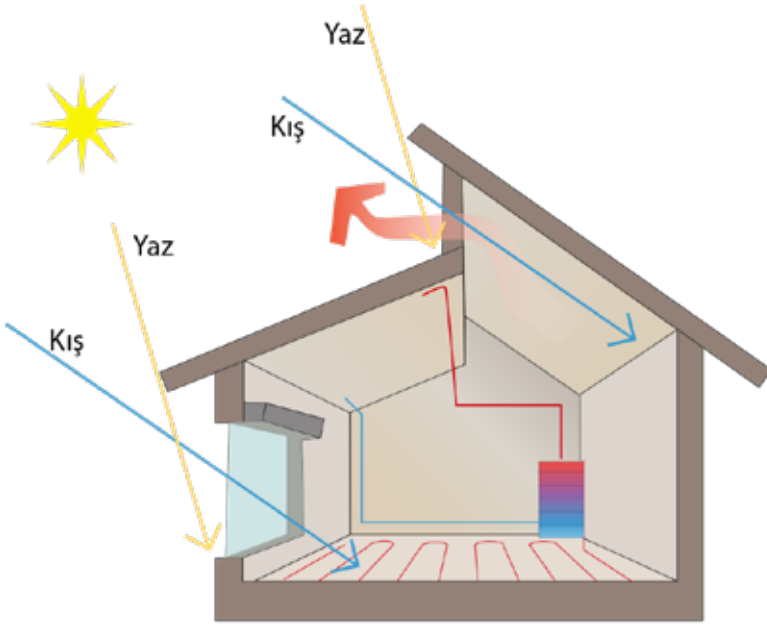
Şekil 14: Türkiye'de konutlarda enerji kullanımının dağılımı (2018) [12].

Belirli konum ve kullanım özelliğine sahip bir bina için, enerji tüketimini belirleyen fiziksel özelliklerinin başlıcaları:

- Binanın tasarımı,
- Dış cephe, çatı ve temelinin ısı yalıtımı,
- Isıtma/soğutma sistemi,
- Aydınlatma sistemleri,
- Diğer sistemlerdir.

## ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK

Bina enerji verimliliği, ancak mimarların ve mühendislerin ortak çalışmalarıyla etkin olarak sağlanabilir. Bir binanın tasarımı, binanın enerji sistemlerinin çalışma verimi ve binanın toplam enerji tüketim seviyesi açısından oldukça belirleyicidir. Enerji verimliliği yüksek bir bina tasarımı için binanın konumu ve diğer binalar ile mesafesi ilk önemli adımdır. Mevcut arsa üzerinde binanın kaplayacağı alanın oranı ve ölçüleri, binanın çevresel faktörlere (güneş, rüzgâr, vb.) maruziyetini doğrudan etkiler. Bunun yanı sıra binanın yüksekliği, dış geometrisi, dış cephesinin eğimi, çatı tipi ve eğimi, iç mekân tasarımı gibi temel mimari faktörler de, binanın güneş ve rüzgâr başta olmak üzere çevresel faktörlerle ilişkisini belirler. Örneğin, soğuk iklimlerde yağışlı ve rüzgârlı hava şartları binaların hızlıca soğumasına sebep olduğundan, özellikle hâkim rüzgâr yönündeki cephenin boyutları ve cam/duvar oranı, binanın ısıtma ihtiyacını önemli ölçüde etkiler. Benzer şekilde bina cephelerinin gün içerisinde güneş ile oluşturduğu açı, bu cepheler üzerinden binanın ne kadar güneş ışığı ve ısıyı alacağını belirleyerek, ısıtma ve soğutmanın yanı sıra aydınlatma sisteminin kullanımını da şekillendirir. Şekil 15, yaz ve kış aylarında enerji verimliliği artırabilmek için binanın tasarımı aşamasında güneş ışını açılarının nasıl ayarlandığını göstermektedir [13]. Buna göre, yaz aylarında öğle saatlerinde güneşin doğrudan içeri girmesi yapı elemanları tarafından engellenmiştir. Cam/duvar oranı ise, kış aylarında zemin ve duvarların güneş ile mümkün olduğunca ısınmasını sağlayacak biçimde belirlenmiştir.



Şekil 15: Binalarda gün ışığı planlaması [13]

### Etkinlik-7

10:00, 13:00 ve 16:00 saatlerinde evinizin farklı yönlere bakan iki odasında (veya okulunuzdaki iki sınıfta) hangi duvarlarının doğrudan güneş ışığı aldığını belirleyiniz.

Binaların enerji tüketimlerinin yarısından fazlası ısıtma ve soğutma amaçlı kullanılmaktadır. Isıtma ve soğutma sistemlerinin enerji tüketimi, binanın konumu ve kullanılan yapı malzemelerini de içeren tasarım özelliklerine ve çevresel faktörlere göre değişiklik gösterir. Örneğin, kış aylarında ısıtma sistemi, bina cephesinden dış ortama aktarılan ısıyı telafi edemezse, binanın iç mekânları soğur. Benzer şekilde yaz aylarında hava akımları ve güneş ışığı binayı ne kadar ısıtır, soğutma sisteminin de o kadar çok çalışması gerekir. Binanın çevresi ile ısı alışverişinin azaltılması ise, duvar ve camlarının yalıtım özelliği ile ilişkilidir. Bilindiği üzere ısıtma için yalıtkan malzemeler, iletimsel ısı transferini düşük düzeyde gerçekleştirirler. Isıl yalıtkanlık düzeyi yüksek duvar ve cam malzemelerin kullanılması, bir binanın ısıtma ve soğutma ihtiyacını azaltır. Dolayısıyla, duvar ve camları iyi yalıtılmış bir binanın ısıtma ve soğutma sistemleri,

## ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK

iç mekânlardaki konfor şartlarından taviz vermeden, daha az enerji ile işlevlerini yerine getirmiş olurlar (ilk bölümde ele aldığımız enerji verimliliği tanımını hatırlayınız). Benzer biçimde, binanın çatı ve zemininin yalıtılması da ısı kayıplarını azaltır.

Belirli tasarım ve cephe yalıtım özelliklerine sahip bir binanın, ihtiyaç duyulan ısıtma ve soğutma miktarını karşılamak için harcayacağı enerji miktarı ise, bu işlevi yerine getiren sistemlerin teknik verimliliği ile ilişkilidir. Bir önceki bölümde gördüğümüz ve termodinamiğin birinci ve ikinci yasasına bağlı olarak geliştirdiğimiz ısı makinelerinin ve cihazlarının verimliliği kavramı, burada da kullanılabilir. Örnek olarak, ısıtma ihtiyacını karşılamak için birincil enerji kaynağı olarak doğal gaz ve bundan faylanmak için kombi kullanan bir evi ele alalım. Kombi içerisinde kontrollü biçimde gerçekleşen yanma işlemi, doğal gazın kimyasal bağlarındaki enerjinin ısı enerjisine dönüşmesini sağlar. Bu dönüşüm esnasında ortaya çıkan ısının bir kısmı, cihazın içerisindeki kanallardan geçmekte olan suya aktarılır. Bu şekilde sıcaklığı artırılan su ise pompalandığı peteklerden geçerken ısısının bir kısmını oda içerisindeki havaya aktararak odanın ısınmasını sağlar. Doğal gazın yanması neticesinde oluşan ısının kalan küçük bir kısmı ise baca gazları aracılığıyla çevreye salınır. Üretilen ısının ne kadarının suyu ısıtmak için kullanılacağı ve ne kadarının baca gazları ile atmosfere salınacağı, kombinin verimliliğini tanımlar. Binalarda kullanılan ısıtma soğutma sistemlerinin büyük kısmı kombiye benzer biçimde verimlilik hesabına tabidir. Dolayısıyla, verimli ısıtma ve soğutma sistemleri, bina sakinlerinin ısı konfor ihtiyaçlarının karşılanması ve binaların enerji verimliliği açısından oldukça önemlidir.

### **Etkinlik-8**

*Evinizdeki odalarda (veya okulundaki sınıflarda) yer alan kalorifer peteklerinin sayısını ve uzunluklarını belirleyiniz ve oda boyutu ile karşılaştırınız. Kalorifer peteklerinin verimini deşıştirebilecek fiziksel nedenleri listeleyiniz.*

Binalarda gerçekleşen enerji tüketiminin önemli kaynaklarından biri de aydınlatma sistemleridir. Aydınlatma ihtiyacının düzeyi, binanın cephe tasarımında tercih edilen cam ve duvar yüzey oranı ile doğrudan ilişkilidir. Cam alanı fazla olan bir odanın kullanıcıları, gün ışığından daha fazla faydalanır ve yapay aydınlatma sistemini daha az kullanma ihtiyacı duyarlar. Bu noktada cam yüzeyin ne oranda ve ne kadarlık bir süre gölgede kaldığı da oldukça belirleyicidir. Öte yandan, aydınlatma ihtiyacı düşünülerek cam yüzeylerin duvarlara oranının yüksek düzeyde tutulması, ısıtma ve soğutma ihtiyacını artırabilir çünkü camlar genellikle duvarlara göre ısıyı daha fazla iletirler. Bu yüzden mimar ve mühendisler bir binayı tasarlarken bu etkileri dengeleyici bir oran yakalamaya özen gösterirler.

Cam ve duvar oranının yanı sıra, binada kullanılan panjur (güneş kırıcı) sistemleri ve aydınlatma teknoloji de enerji verimliliği açısından oldukça önemlidir. Teknolojik ilerlemelere bağlı olarak, aynı aydınlık düzeyini daha az elektrik tüketerek gerçekleştirebilen yapay ışık kaynakları ve kontrol sistemleri geliştirilmektedir. Örneğin, günümüzde yaygın olarak kullanılan LED (Light Emitting Diode: Yarı iletken malzemeler ile üretilen ışık kaynağı) ve kompakt flüoresan armatürler, geçmişte yaygın olan akkor flamanlı lambalara göre çok daha verimlidir. Bununla birlikte, hangi ışık kaynağı kullanılırsa kullanılsın, aydınlatma sistemini tasarlarken armatürlerin doğru konumlandırılması ve varlık sensörleri aracılığıyla insanların bulunmadığı yerlerin aydınlatılmaması enerji verimliliği açısından önemlidir.

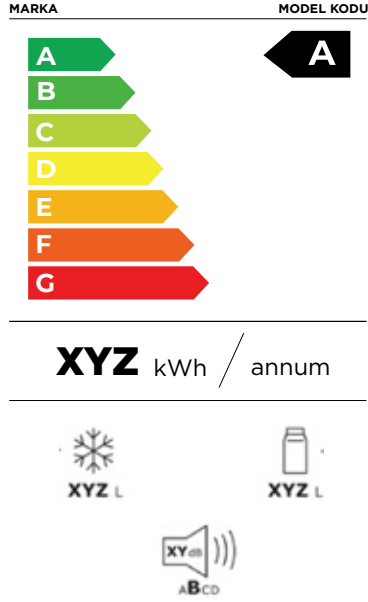
### **Etkinlik-9**

*Evinizdeki odalarda (veya okulundaki sınıflarda) yer alan yapay ışık kaynaklarının toplam gücünü (W cinsinden) ve odaların boyutları ile karşılaştırınız. Odalarınızın her yerinin aynı düzeyde aydınlanıp aydınlanmadığını inceleyiniz. Nedenleri ne olabilir?*

Aydınlatma sistemlerine benzer biçimde, binalarda kullanılan diğer elektrikli araçların verimliliği de, toplam tüketim açısından oldukça belirleyicidir. Evlerde kullanılan elektrikli fırın, buzdolabı, televizyon gibi elektrikli ev aletleri ile iş yerlerinde yaygın olarak kullanılan bilgisayar, ekran ve fotokopi makinası gibi cihazların enerji verimli modellerinin seçilmesi, elektrik enerjisinin verimli kullanılmasını sağlayacaktır. Bu doğrultuda tüketicileri bilgilendirmek ve yönlendirmek için, enerji etiketi kullanılmakta ve elektrikli ev aletleri ile enerji tüketen cihazlar, tüketimlerine göre en düşük verimliden en yükseğe doğru G, F, E, D, C, B ve A etiketlerini almaktadırlar. Bir çok elektrikli ev aletinin belirli bir sınıfın altında üretilmesi yasaklanarak, enerji verimliliğinin artırılmasına çalışılmıştır. Şekil 16, bir buzdolabının çeşitli özelliklerinin (ses gücü düzeyi gibi) yanı sıra, B sınıfı enerji etiketine sahip olduğunu göstermektedir.

# ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK

## ENERJİ



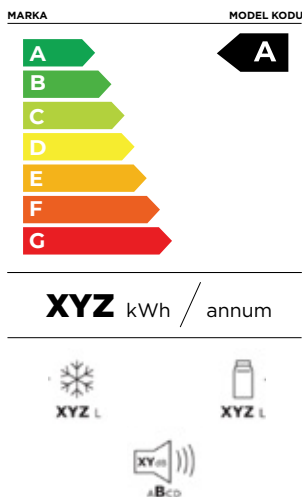
Şekil 16: Bir buzdolabı için örnek enerji etiketi

### Etkinlik-10

Evinizdeki enerji verimliliği etiketine sahip cihazları ve enerji sınıflarını listeleyiniz.

Enerji etiketi uygulaması için zaman içerisinde farklı göstergeler tercih edilmiştir. Uygulamanın başlangıcında, yukarıdaki tanımlama ve örnekte verilen ölçek kullanılmıştır (ülkemizde halen kullanılmaktadır). Daha sonra, cihazların hızla artmakta olan enerji verimliliğini gösterebilmek için A+, A++ ve A+++ sembollerini de içeren yeni bir ölçek tanımlanmış ve yaygınlaşmaya başlamıştır. Fakat zaman içerisinde bu ölçeğin karmaşık olduğuna karar verilmiş ve Avrupa Birliği 1 Mart 2021 tarihinden itibaren, yeniden tanımlanan A-B-C-D-E-F-G ölçeğini yürürlüğe sokmuştur. Bu yeni ölçekte yer alan C sınıfı, daha önceki ölçeklerde en yüksek seviyede enerji verimliliğine sahip cihazları göstermekte kullanılan A ve A+++ sınıflarına denk gelmekte olup, A ve B sınıfları ileride üretilecek çok daha enerji verimli ürünler için ayrılmıştır.

## ENERJİ



Aşağıdaki verilen tablo (Şekil 17) ise ev tipi bir çamaşır makinası için, enerji sınıfları arasındaki enerji tüketim farklılıklarını göstermektedir [14]. Buna göre, makinanın enerji verimliliği sınıfı düştükçe (A'dan G'ye gittikçe), her bir program başına harcanan enerji ortalama olarak 0,03 kWh artmaktadır. Benzer biçimde, bu makinanın haftada iki kez çalıştırılması durumunda bir yılda harcayacağı enerji miktarı ise, enerji verimlilik seviyesi düştükçe ortalama olarak 2,8 kWh artmaktadır.

SINIF	TÜKETİM (kWh/program)	TÜKETİM (kWh/yıl)	TÜKETİM (TL/yıl)*
A	0.95	98.95	74.49
B	0.98	101.92	76.73
C	1.01	105.07	79.10
D	1.04	108.43	81.63
E	1.08	112.00	84.31
F	1.11	115.82	87.19
G	>1.11	>115.82	>87.19

Şekil 17: Farklı enerji etiketi değerleri için ev tipi bir çamaşır makinasının program başı ve yıllık enerji tüketimi. (Yıllık tüketim haftada 2 kez çalıştırılma varsayımına göre hesaplanmıştır)[14].

Buna göre, yeni üretilen buzdolaplarının enerji verimliliği, Şekil 18'de örneği verilen etiket ile gösterilecektir. Bu görselde yer alan sembollerin anlamı şu şekilde özetlenebilir:

1. Ürüne ait kare (QR) kodu
2. Tedarikçi firma bilgisi
3. Ürünün model bilgisi
4. Enerji verimliliği ölçeği
5. Ürünün enerji verimliliği sınıfı
6. Yıllık enerji tüketimi öngörüsü
7. Derin dondurucu bölmesinin net hacmi
8. Taze gıda bölmesinin net hacmi
9. Cihazın gürültü seviyesi ve sınıfı

Şekil 18: Avrupa Birliği tarafından 1 Mart 2021 tarihi itibarı ile yürürlüğe sokulan uygulamaya göre buzdolapları için yeni enerji etiketi örneği

# ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK

## 2.2. Sanayide Enerji Verimliliği

Ülkelerin toplam nihai enerji tüketimlerinde önemli paya sahip olan diğer bir alan sanayidir. Sanayi kaynaklı enerji tüketimi, ağır sanayi ürünlerinin yoğun biçimde üretildiği ülkelerde, enerji yoğunluğu düzeyinde belirleyicidir. Özellikle çimento, demir-çelik ve cam ürünleri gibi üretim süreçleri yoğun enerji girdisi gerektiren sektörlerin aktif olduğu ülkelerde enerji yoğunluğu, hizmet sektörü ve ileri teknoloji ürünleri odaklı ekonomilerdekinden yüksektir. Sanayi sektörü, çok çeşitli teknolojik altyapı üzerine kurulu olduğu için, diğer alanlardaki (binalar, ulaşım, gibi) enerji verimliliği uygulamalarının hemen hepsi sanayi sektöründe de uygulanabilir. Bununla birlikte, sanayide en yoğun enerji tüketimi kazanlar, fırınlar, buhar sistemleri, basınçlı hava sistemleri, pompalar, fanlar ve elektrik motorlarında gerçekleşir. Ayrıca, tesislerin elektrik altyapısında yer alan trafolar ve diğer elektrik sistemleri, potansiyel yüksek kayıp oranları dolayısıyla toplam elektrik enerjisi tüketiminde ve verimliliğinde etkilidir.

Katı, sıvı veya gaz yakıtlarla (birincil enerji kaynakları) çalışan kazan, fırın ve buhar sistemleri, birinci bölümde aktarılan verimlilik denkleminde tabidirler. Dolayısıyla, çevrim verimleri ne kadar yüksek, kayıp ve kaçakları ne kadar az ise, verimlilikleri o oranda yüksek olur. Genellikle belli bir işlevi hızlı ve kaliteli bir biçimde yerine getirmek üzere tasarlanan bu cihazların enerji verimliliğinde en önemli faktör, makinada gerçekleşen yanma işlemidir. Yakıtların kimyasal bağ enerjilerinin ısı enerjisine dönüştürüldüğü bu işlemin veriminde, yakıt ve oksijenin doğru oranlarda karıştırılması çok kritiktir. Oksijen oranının fazla veya az olması, birim yakıttan elde edilecek ısı enerjisini azaltır. Bu yüzden, söz konusu yanma sistemlerinde yakıt ve oksijenin karışım oranı özel sistemler aracılığıyla kontrol edilir. Öte yandan, yanma sonucu açığa çıkan ısı enerjisinin etkin kullanımı için, hem cihazların hem de bağlantı elemanlarının (borular, vanalar, vb.) ısı yalıtımı sağlanır. Buhar kaçaklarının önlenmesi için ise buhar sisteminin bağlantı noktalarında ve tüm sistem bileşenlerinde sızıntıları önleyici tedbirler alınır.

Endüstriyel üretim süreçlerinde yaygın olarak kullanılan bir diğer sistem basınçlı hava sistemleridir. Kompresör adı verilen araçlarla sıkıştırılan hava, dağıtım kanalları aracılığıyla belirli noktalara taşınarak, buralarda hava akımı ya da uygun aletlerle hareket enerjisi elde etmek için kullanılır. Bu sistemlerin enerji verimliliği, kompresörde kullanılan elektrik motorunun verimliliği ve kontrol sisteminin performansı ile doğrudan ilişkilidir. Ayrıca kompresör üzerinde, dağıtım hattında ve uç noktalarda basınç kayıplarının azaltılması ile verimlilik sağlanabilir.

Sanayi tesislerinin elektrik tüketiminde önemli bir role sahip olan elektrik motorları, enerji verimliliği için de potansiyel uygulama alanıdır. Elektrik motorları, farklı hareket ve tahrik işlevlerinin yanı sıra, pompa ve fanların bünyesinde de kullanılır. Bir elektrik motorunun verimli çalışabilmesi, ilk olarak kullanım amacına uygun motor çeşidinin ve boyutunun seçilmesi ile mümkündür. Bununla birlikte, motor kontrol ünitesinin performansı ile motor ve bağlı bulunduğu mekanik sistemin doğru tasarlanması ve bakımlarının düzenli yapılması, enerji verimliliği açısından belirleyicidir.

Sanayi tesisleri genellikle yüksek miktarda ve kalitede elektrik enerjisine ihtiyaç duydukları için, özel elektrik sistemlerine sahiplerdir. Şebekeden özel hatlarla temin edilen elektrik enerjisi, tesis içerisindeki bölümlere dağıtılır. Bu aşamalarda trafo, sigorta, kompanzasyon sistemi gibi özel uygulamalar ile elektrik enerjisinin güvenliği ve sürekliliği sağlanır. Bununla birlikte bu sistem bileşenleri işlevlerini yerine getirirken, belli oranda kayıplar da gerçekleşir. Bu kayıplar genellikle ısı enerjisi olarak ortaya çıkar. Bu kayıpların en aza indirilmesi, elektrik sistemi bileşenlerin doğru boyutlandırılması, bakımlarının düzenli yapılması ve performanslarının sürekli takip edilmesi ile mümkündür.

## 2.3. Ulaşımında Enerji Verimliliği

İkincil enerji kaynaklarının en önemli kullanım alanlarından biri ulaşımın bir yüzüydür, ulaşım araçlarında benzin ve dizel yakıtı yaygın olarak kullanılmaktadır. 20. yüzyılın başlarından itibaren, içten yanmalı motor teknolojisindeki gelişmeler ve nüfus artışına paralel olarak otomobil, toplu taşıma araçları ve iş makinelerinin sayısının artmasıyla, ulaşım sektörünün dünya enerji tüketimindeki payı artmıştır. 21. yüzyılın başlarından itibaren elektrikli ulaşım araçlarının içten yanmalı versiyonları ile ticari rekabete girebilecek seviyeye gelmiş olması ile birlikte, elektriğin binek araçlarındaki kullanımı artmaya başlamıştır.

Ulaşım araçlarında enerji verimliliği açısından en önemli faktör, motorlarının verimliliğidir. Sektörde baskın orana sahip olan içten yanmalı motorların verimi, teknolojik gelişmelere bağlı olarak zaman içerisinde artmıştır. Bir ısı makinası olan içten yanmalı motorları kullanan ulaşım araçları için verimliliğin en basit tanımı, aracın birim yakıt ile kat ettiği mesafedir. Bunu etkileyen önemli faktörlerin başında ise motorun içerisinde gerçekleşen yanma işleminin etkinliği gelir. Yanma işlemi, yakıt ile oksijenin uygun koşullarda bir araya gelmesi ile gerçekleşir. Dolayısıyla içten yanmalı motorların verimini artıran teknolojilerin önemli bir kısmı, bu yanma işleminin koşullarını kontrol etmeye ve geliştirmeye yöneliktir. Bununla birlikte, yanma işleminin verimli gerçekleşmesinde, kullanılan yakıtın kalitesi de çok önemlidir. Bu yüzden tüm

## ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK

ülkelerde, ulaşım sektörüne yakıt tedarik eden firmaların kalite standartları yasalarca belirlenir ve ilgili denetimler düzenli biçimde yapılır. Öte yandan, yanma işlemi neticesinde ortaya çıkan CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> gibi sera gazları özellikle nüfus yoğunluğu yüksek olan şehirlerde hava kalitesini olumsuz etkilediği için, içten yanmalı motorların verimliliği sadece enerji verimliliği değil, hava kirliliği açısından da önemlidir.

Ulaşım sektöründe metro, tramvay ve trolleybüs gibi araçlarda uzun süredir kullanılan elektrik motorları, günümüzde ağırlıklı olarak yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisi ile çalışan binek araçlarda da yaygınlaşmaya başlamıştır. Elektrikli motorlarının verimliliği, yani basit tanımı ile birim elektrik ile kat edilebilen yol miktarı, araçların enerji verimliliği açısından en temel göstergedir. Bu araçların bünyesinde yanma işlemi gerçekleşmediği için doğrudan CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> gibi gazların ve su buharının salınımında bulunmazlar. Fakat, akülerinde kimyasal enerji olarak depoladıkları elektrik enerjisinin üretimi aşamasında fosil yakıt kullanımı yaygın olduğu için, dolaylı yoldan sera gazı salınımına sebep olabilirler. Bu yüzden, bu araçların enerji verimliliği de hava kirliliği ve iklim krizi ile mücadelede önemli bir etkidir.

Burada yer verilen enerji verimliliği değerlendirmeleri, kamyon, uçak, gemi, lokomotif gibi araçlar özelinde daha da büyük öneme sahiptir. Bununla birlikte, içten yanmalı veya elektrikli tüm ulaşım araçlarının toplam enerji verimliliğinde, motor verimliliğinin yanı sıra, sevk sistemlerinin mekanik verimliliği, zemin sürtünme katsayıları ve araç gövdesinin aerodinamik (veya hidrodinamik) tasarımı gibi faktörler de önemlidir.

Yukarıda sunulan araç teknolojilerine bağlı yöntemlerin yanı sıra ulaşımında enerji verimliliği; ulaşım planlaması, toplu taşıma kullanımı, gelişmiş sinyalizasyon sistemleri ve doğru sürüş teknikleri ile de artırılabilir. Ulaşım planlaması, şehir-içi ve şehirler-arası yolların planlaması başta olmak üzere, alternatif ulaşım olanaklarının geliştirilmesi ve teşvik edilmesini de sağlayacak kapsamlı bir süreçtir. Ülkemizde Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı ve belediyeler tarafından yürütülmekte olup, üniversitelerin ve sivil toplum kuruluşlarının da katkısı ile geliştirilmektedir. Bu kapsamda toplu taşıma altyapısının geliştirilmesi de sağlanmaktadır. Özel araçlar yerine toplu taşıma ve alternatif yöntemlerin (bisiklet ve araç paylaşımı gibi) kullanılmasının yanı sıra doğru sürüş teknikleri ile araçların enerji tüketiminin azaltılması ise, ulaşımında hem enerji tasarrufunda hem de verimliliği alanında vatandaşların katkı sunabileceği uygulamalardır.

### **Etkinlik-11**

*Eviniz ile okulunuz arasındaki ulaşım seçeneklerini, enerji tasarrufu ve verimliliği açısından karşılaştırınız.*

## 2.4. Tarımda Enerji Verimliliği

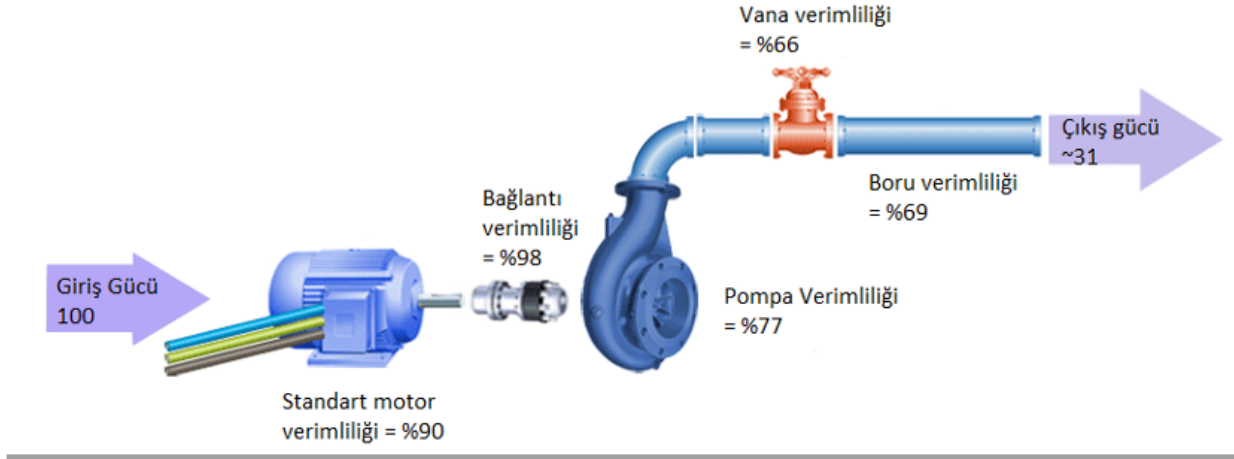
Tarım sektöründe kullanılan sistemlerin büyük çoğunluğu sanayide kullanılanlar ile benzer nitelikte olsa da, bu sektörün özgün uygulama koşulları, tarımda enerji verimliliğini ayrıca incelemeyi gerekli kılmaktadır. Ülkemizde toplam enerji tüketimi içerisindeki payı %5 dolayında olan tarım sektöründe enerji verimliliği uygulamaları iş makineleri ve sulama sistemleri ile birlikte, alternatif enerji kaynaklarının kullanılmasına odaklanmıştır.

Tarımsal üretim süreçleri içerisinde teknik ve ekonomik verimlilik için birçok işlem iş makineleri ile yapılmaktadır. Tarihsel süreç içerisinde, tarım arazilerinin elektrik şebekesine uzak olması ve makinelerin kullanımında mobilitenin öneminden dolayı, içten yanmalı motorlar yaygın biçimde kullanılmaya başlamıştır. Günümüzde de toprak işleme, ilaçlama, ürün hasadı, ürün işleme ve taşıma işlemlerinin büyük kısmı, motorin ile çalışan iş makineleri tarafından yapılmaktadır. Traktör ve biçer-döver bunların en yaygın iki örneğidir. Bu altyapı özelliğine bağlı olarak tarımsal makinelerinin enerji verimliliği de başta içten yanmalı motorların verimliliği ile ilişkilidir. Bu motorların verimliliği ise, önceki bölümde de açıklandığı üzere, yanma işleminin etkin kontrolü ve kullanılan yakıtın kalitesi ile artırılabilir. Bu temel unsurlar, ilgili ulusal standartlar ile yönetilmektedir. Bunların yanı sıra makine parçalarının mekanik verimlilikleri, bakımlarının düzenli yapılması, kapasitelerinin doğru seçilmesi ve makinelerin doğru kullanımı da tarımsal üretimde enerji verimliliği açısından önemlidir.

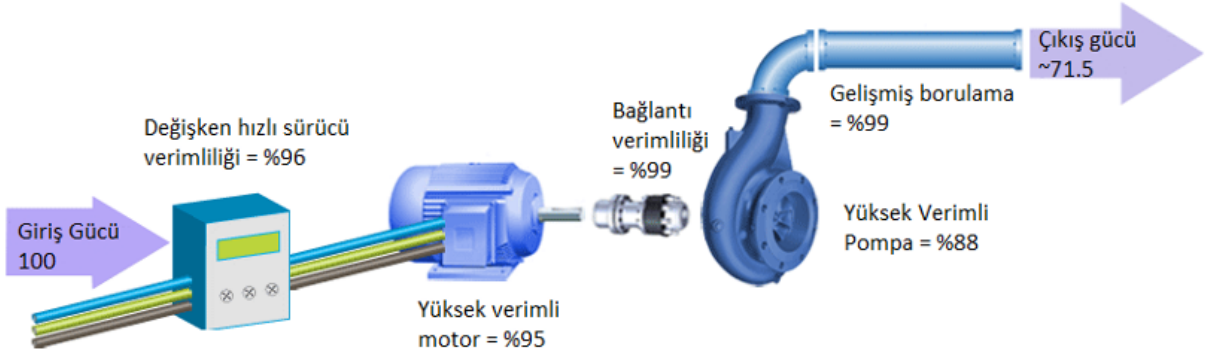
Tarımsal üretimde yoğun olarak kullanılması kaçınılmaz olan ve enerji tüketimi içerisinde önemli paya sahip olan su pompaları ise, bu sektörün enerji verimliliği açısından kritik bir diğer araçtır. Küçük kapasiteli içten yanmalı motorlar ile çalıştırılan su pompaları yukarıda değinilen verimlilik unsurlarına tabidir. Elektrik motorları ile çalıştırılan su pompalarının ise, endüstriyel sistemlerde olduğu gibi, amacına uygun biçimde kullanılması, doğru boyutlandırılması ve kullanım amacına uygun gelişmiş kontrol birimine sahip olması ile daha enerji verimli biçimde çalışması mümkündür. Şekil 19, elektrikle çalışan bir sulama sisteminde yapılan verimlilik artırıcı uygulamalar neticesinde sistemin verimliliğindeki değişimi göstermektedir [15]. Verimli motor teknolojisi, gelişmiş kontrol birimi ve verimli mekanik bileşenlerin kullanılması ile aynı giriş gücü sağlanması durumunda yaklaşık iki kat çıkış gücü elde edilebilmiştir. Daha yüksek çıkış gücü ise suyun daha yüksek kinetik enerjiye sahip olacağından, daha uzağa ya da daha yükseğe taşınabilmesini sağlar.

## ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK

### Geleneksel Pompa Sistemi (Verimlilik ~%31)



### Verimli Optimize Edilmiş Pompa Sistemi (Verimlilik ~%72)



Şekil 19: Geleneksel ve enerji verimli pompa sistemlerinin bileşenleri ve verimlilikleri [15].

Tüm sulama sistemleri için enerji tasarrufu potansiyeli barındıran bir konu ise sulama işleminin kendisinin doğru planlanmasıdır. Bulunulan bölgenin iklimsel koşullarına, toprağın fiziksel özelliklerine ve bitkilerin ihtiyaçlarına uygun biçimde ve zamanlarda sulama yapılması, su ihtiyacını azaltabilir. Benzer şekilde, açık sulama yerine damla sulama gibi etkin sulama sistemlerinin kullanımı, su ve enerji tüketimini azaltabilir. Bu doğrultudaki araştırmalar ile desteklenen tarımsal üretim, sadece su ve enerji kaynakları açısından değil, iş gücü ve sermaye açısından da daha verimli olacaktır.

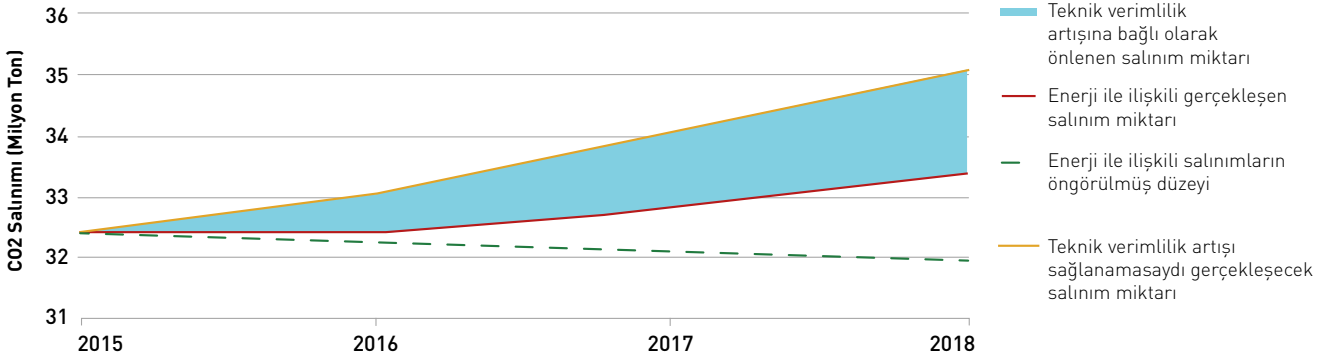
Başta elektrik pompaları ve aydınlatma olmak üzere tarım alanlarının elektrik ihtiyacının karşılanması, üretimin sürekliliği ve kalitesi açısından oldukça önemlidir. Bununla birlikte tarım arazilerinin coğrafi açıdan dağınık yapıda olması nedeni ile elektrik şebekesinin ana hatlarına ve bağlantı noktalarına uzak olması, buralara elektriğin taşınması sürecinde ciddi oranlarda kayıplara neden olmaktadır. Uzun hatlar çekilerek az sayıda ve düşük kapasitede cihazların beslenmesi durumu, bu hatların kurulum ve işletim maliyetlerinin yanı sıra, enerji verimliliği açısından da olumsuz bir etkidir. Bu yüzden, yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanarak yerinde elektrik üretimi uygulamaları gittikçe yaygınlaşmaktadır. Bu doğrultuda genellikle güneş ve rüzgar enerjisinden elektrik üretebilen sistemler tercih edilmektedir.



## ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK

### 2.5 Enerji Verimliliği ve Çevre İlişkisi: İklim Değişikliğinin Mücadeledeki Rolü

Yukarıda anlatılan enerji verimliliği yöntemleri, sadece enerji kaynaklarının etkin kullanımı açısından değil, enerji üretiminin çevreye olumsuz etkisini azaltabilmek için de kritik öneme sahiptir. Enerji sektörünün çevresel etkisini ölçmek ve takip etmek için kullanılan temel gösterge, enerji üretim süreçleri ile atmosfere salınan özellikle CO<sub>2</sub> (karbon dioksit) (ve az oranda da CO (karbon monoksit) ve NO<sub>x</sub> (nitrojen oksitler)) miktarıdır. Bu gösterge, enerji verimliliği çalışmaları ile elde edilen kazanımları açıklamak için de kullanılmaktadır. Şekil 20'de yer alan mavi bölge, 2015 yılı baz alınarak, 2018 yılına kadar sürdürülen enerji verimliliği çalışmalar ile Dünya'da önlenmiş CO<sub>2</sub> salınımlarının miktarını göstermektedir [16]. Buna göre, bu enerji verimliliği çalışmaları sayesinde sadece 2018 yılında 1,5 milyar-tonun üzerinde CO<sub>2</sub> salınımı engellenmiştir. Bu miktar, 2018 yılında gerçekleşen ve enerji (fosil yakıt kullanımı) ile ilişkili CO<sub>2</sub> salınımlarının %4,2'sine denk gelmektedir. Aynı yıl, CO<sub>2</sub> salınımlarının diğer önemli sebebi olan orman kaynaklarındaki azalmaya bağlı olarak 6.2 milyar tonluk CO<sub>2</sub> salınımı gerçekleşmiştir [17]. Bu rakam da göz önünde bulundurulduğunda, enerji verimliliği çalışmaları ile önlenen salınımın gerçekleşen salınım oranının (küresel düzeyde) ise %3,6 mertebesinde olduğu hesaplanabilmektedir.



Şekil 20: 2015 yılı baz alındığında enerji verimliliği çalışmaları ile dünya genelinde engellenen sera gazları (özellikle CO<sub>2</sub>) salınım miktarı (turkuaz ile işaretli alan) [16].

Şekil 20, enerji verimliliğinin, çevrenin korunması ve iklim değişikliği mücadele açısından ne kadar faydalı olabileceğini açıkça ortaya koymaktadır. Öte yandan, 2018 yılında, atmosferdeki CO<sub>2</sub> yoğunluğu 407 ppm (parts per million: milyonda bir parçacık) düzeyine yükselerek, güvenli seviye olarak kabul edilen 350 ppm değerinin oldukça üzerinde bir seviyeye ulaşmıştır [17, 18]. Hava kirliliğinin, astım, solunum yolları rahatsızlıkları, kalp-damar rahatsızlıkları, kanser ve strese bağlı rahatsızlıklar gibi birçok hastalığın önemli sebepleri arasında yer aldığı bilinmektedir [19]. Bu durum ise, enerji verimliliği ile sağlanan kazanımların hava kirliliği ile mücadele ve toplum sağlığı açısından da ne kadar önemli olduğunu işaret etmektedir.

## 3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

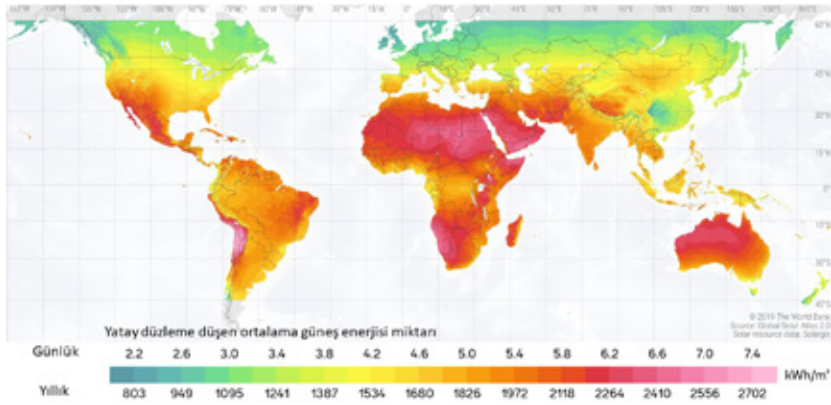
İlk bölümde de değinildiği üzere dünya enerji ihtiyacının karşılanmasında, büyük oranda fosil yakıtlardan faydalanılmaktadır. Bu durum ise beraberinde yoğun sera gazlarının salınımını getirmektedir. Birincil enerji kaynaklarının gerek doğrudan kullanımı (sanayi tesislerinde olduğu gibi) gerekse de elektrik enerjisi üretimi için kullanımına bağlı olarak oluşan çevre kirliliği, tüm dünyanın öncelikli sorunları arasındadır. İkinci bölümde de değinildiği üzere, bu sorunun üzerinden gelmek için atılabilecek en etkili adımlardan biri hem enerji tasarrufunun hem de verimliliğinin artırılmasıdır. Bununla birlikte, enerji ihtiyacının çevreye duyarlı kaynaklar üzerinden karşılanması da etkili araçların bir diğeridir. Bu kapsamda enerji ihtiyacının karşılanmasında yenilenebilir kaynakların kullanılması, teknik ve ekonomik açıdan kendini ispatlamış bir stratejidir.

Yenilenebilir enerji, enerji kaynağının toplam enerjisinin ihmal edilebilecek düzeyde küçük bir kısmını faydalı enerjiye dönüştürülebilir sistemler ile elde edilir. Örneğin, güneş enerjisi santralleri güneşin toplam enerjisinin çok küçük bir kısmını kullanırlar. Ayrıca bu dönüşüm sürecinde genellikle zararlı gaz salınımına sebep olmazlar (bazı biyokütle ve jeotermal enerji uygulamaları hariç). Yenilenmez nitelikteki fosil yakıtlar ise hem kısıtlı miktardaki enerji kaynaklarını tüketirler (petrol ve doğal gaz gibi) hem de enerji dönüşümü esnasında sera gazlarının salınımına sebep olurlar. Günümüzde güneş, rüzgar, hidrolik, jeotermal ve biyokütle kaynakları ile ısı veya elektrik enerjisi üretimi, teknik ve ekonomik uygunlukları dolayısıyla dünya genelinde yaygınlaşmaktadır.

# ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK

## 3.1 Güneş

Güneş etrafına bizim görebildiğimizden ve algılayabildiğimizden çok daha büyük miktarda enerjiyi ışınlama yayar. Bunun dünya üzerine düşen kısmı, güneşin toplam enerjisi ile karşılaştırıldığında oldukça küçüktür, fakat dünya üzerindeki yaşamın temelini oluşturacak kadar etkilidir. Dünya'nın bütün enerjisi aslında güneşten gelmektedir. Dünya atmosferinin dış yüzeyine metrekaresine başına ulaşan güneş ışınımının şiddeti  $1370 \text{ W/m}^2$  dolayında iken, yeryüzüne ulaşan miktar  $0-1120 \text{ W/m}^2$  arasında değişir. Bu düzeydeki gücü ile dünyaya ulaşan güneş ışınımı, ekolojik ve iklimsel süreçlerdeki rolü ile birçok birincil enerji kaynağının (fosil yakıtlar dahil olmak üzere) kökenidir. Aşağıda verilen harita (Şekil 21), yeryüzüne ulaşan günlük ve yıllık toplam güneş enerjisi miktarının dağılımını göstermektedir [20]. Bu haritada, kuzey ve güney-batı Afrika, Arap Yarımadası ve Avustralya'nın potansiyeli göze çarpmaktadır.



Şekil 21: Yeryüzüne düşen güneş ışınımı şiddetinin dağılımı [20].

Güneşin enerjisi çok farklı biçimlerde kullanılabilmiştir. Gıda kurutmaktan binaların ısıtılmasına (ve hatta soğutulması) kadar pratik birçok kullanım vardır. Fakat günümüz dünyasında "güneş enerjisi" denildiğinde, çoğunlukla güneşten ısı veya elektrik enerjisi üretilmesi kastedilmektedir. Küçük ölçekli sistemler ile güneşten ısı enerjisi üreterek binaların ve endüstriyel işlemlerin sıcak su ihtiyacı belli oranlarda karşılanabilmektedir. Benzer biçimde, yine küçük ölçekli sistemler ile güneşten elektrik enerjisi üretmek de mümkündür ve günümüzde yaygın olarak kullanılır. Fakat güneşten elektrik üretip ticaretini yapabilmek için, daha karmaşık ve büyük ölçekli sistemler kullanılmaktadır.

Güneşten doğrudan elektrik enerjisi üretmek için kullanılan en yaygın teknoloji, bir yarı iletken teknolojisi olan fotovoltaik pillerdir. Bir fotovoltaik pil tek başına çok az enerji üretebildiği için, genellikle belli sayıda pil bir araya getirilerek panel halinde kullanılır. Bu teknolojinin farklı türleri, panel üzerine düşen güneş ışınımının enerjisinin %10-20 kadar bir kısmını elektrik enerjisine dönüştürebilmektedir. Bu teknoloji çok sayıda panelin kolayca ve esnek tasarım koşullarında bir araya getirilmesini mümkün kıldığı için, güneş enerjisi santrali kurmak için kullanılabilir. Kullanım ömrü 20 yılı aşan güneş panellerinin bakım maliyetleri de düşüktür. Öte yandan, performansları hava koşulları ve gün ışığı oranına bağlı olduğu için, işletme verimliliği ciddi bir planlama gerektirir.

Güneşten yüksek kapasitede elektrik enerjisi üretmek için kullanılan diğer bir teknoloji ise ısı güneş enerjisi sistemleridir. Bu sistemler, güneş ışınımını çok sayıda yansıtıcı yüzeyin odakladığı kule tipi sistemler veya bir hat boyunca odaklayan yoğunlaştırıcı kolektörler olmak üzere iki ana tipte bulunur. Her iki versiyonda da ana prensip, sudan yüksek sıcaklık ve basınçta buhar elde edilmesidir. Bu buhar daha sonra türbinler aracılığıyla jeneratörü döndürerek elektrik üretmek için kullanılır. Günümüzde kule tipi ısı güneş enerjisi teknolojileri deneysel kullanım aşamasında iken, dünya genelinde yoğunlaştırıcı kolektör teknolojileri kullanan ticari sistemler bulunmaktadır.

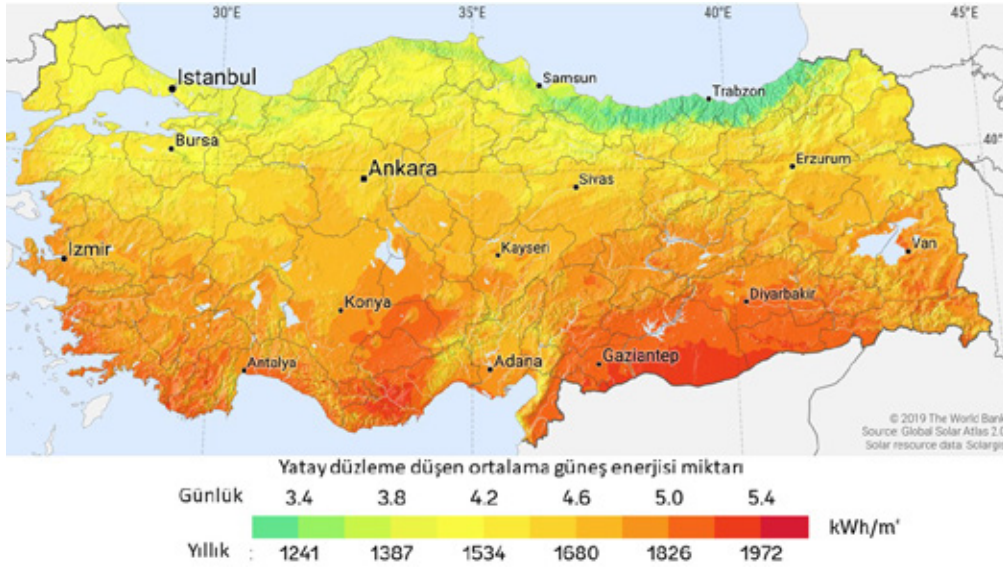
Ülkemiz güneş enerjisi potansiyeli açısından şanslı bir ülkedir. Buna bağlı olarak özellikle son yıllarda kuruluşu hızla artan güneş enerjisi santrallerinin toplam üretim kapasitesi 2.5 GW-saat'i aşmıştır. Bunların hepsi fotovoltaik teknolojisi üzerine kuruludur. Isıl güneş enerjisi teknolojileri üzerine kurulu ticari elektrik enerjisi santrali bulunmamakla birlikte, tesis içi ihtiyacı karşılamaya yönelik olanlar mevcuttur. Bunların en büyüğü, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi

## ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK

kampüsü içerisinde yer alan ve bu üniversitenin Özyeğin Üniversitesi ile birlikte yer aldıkları BRICKER projesi kapsamında kurulan sistemdir (Şekil 22) [21]. Aşağıda verilen harita (Şekil 23) ise metrekare başına düşen günlük ve yıllık güneş enerjisi potansiyelinin dağılımını ve dolayısıyla ülkemizin güneş enerjisi potansiyelini göstermektedir [20].



Şekil 22: Aydın Adnan Menderes Üniversitesi kampüsü içerisinde yer alan yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemi [18]



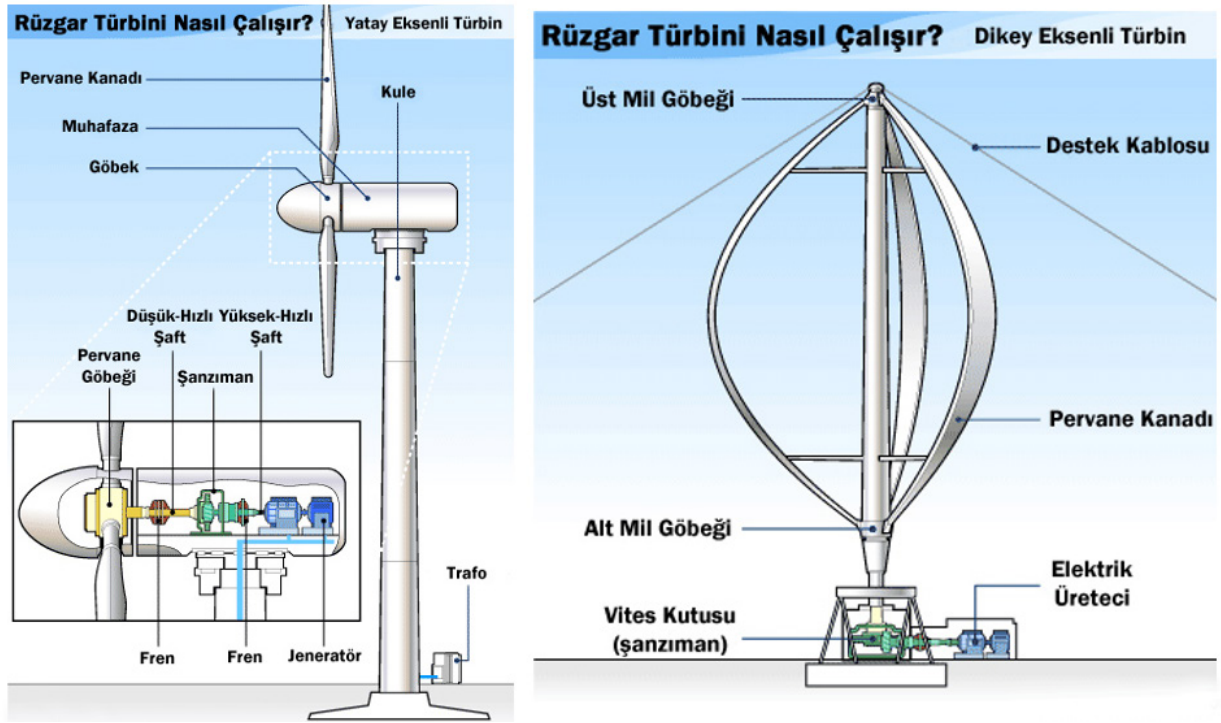
Şekil 23: Türkiye'ye düşen güneş ışınımı şiddetinin dağılımı [20].

### 3.2 Rüzgar

İlk bölümde gördüğümüz üzere, cisimlerin hareketine bağlı enerjilerine kinetik enerji denir. Güneş ışınlarının yeryüzünü ısıtması ile oluşan rüzgâr da hareket eden hava moleküllerinden oluştuğu için, bir kinetik enerji kaynağı olarak düşünülebilir. Bu kaynak, yüzyıllardır çeşitli işleri yerine getirmek için kullanılmaktadır. Yelkenli teknelerin hareketinin sağlanması ve rüzgâr gülleri ile su pompalanması dünya geneline yayılmış uygulamalardır. Bununla birlikte günümüzde rüzgarın en yaygın kullanımı, elektrik enerjisi üretimidir.

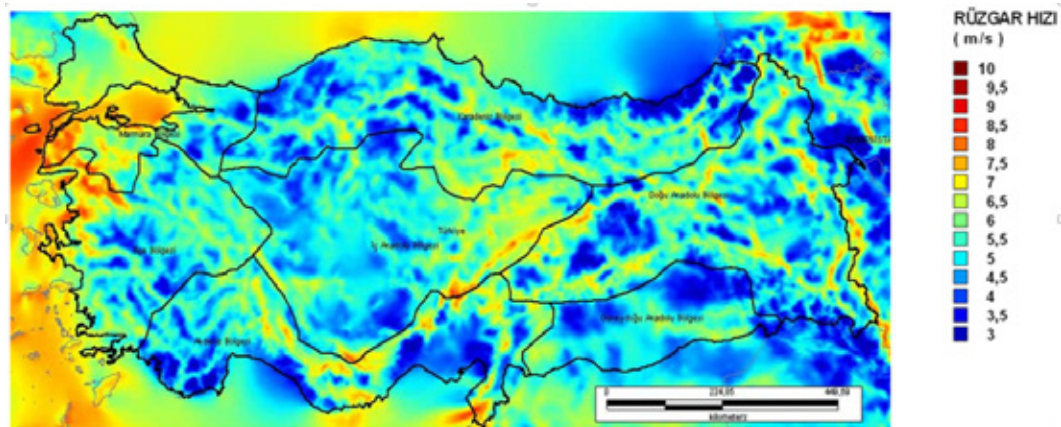
Rüzgar enerjisinden elektrik üretimi rüzgar türbini adı verilen sistemler tarafından gerçekleştirilir. Rüzgar türbinleri mekanik tasarımlarına bağlı olarak, dikey ve yatay eksenli olmak üzere ikiye ayrılır. Dikey eksenli rüzgar türbinlerinde kanatlar yer yüzeyine dik olarak uzanan bir eksen etrafında dönerler. Yatay eksenli rüzgar türbinlerinde ise bu eksen yere paralel olarak uzanır. Aşağıdaki çizimler (Şekil 24) bu iki tip rüzgar türbinin temel bileşenlerini göstermektedir [22]. Günümüzde rüzgar santrallerinin hemen hepsi yatay eksenli türbinleri kullanır. Dikey eksenli türbinler ise daha çok küçük ölçekli (konut tipi) üretim için kullanılmaktadır. Tipi veya boyutu ne olursa olsun tüm rüzgar türbinleri, rüzgarın döndürdüğü kanatların bağlı olduğu bir milin jeneratörü harekete geçirmesi ile elektrik üretir.

## ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK



Şekil 24: Dikey ve yatay eksenli rüzgar türbinlerinin yapısı ve bileşenleri [22].

Rüzgar türbinleri, teknik ve ekonomik açıdan performansları kendilerini kanıtlamış teknolojilerdir ve dünya genelinde aktif olarak çalışan çok sayıda santralde elektrik enerjisi üretmektedirler. 2017 yılında rüzgar enerjisi ile üretilen toplam elektrik enerjisi miktarı 1 milyon GW-saat'i geçmiştir. Ülkemizde de 2019 yılında 20 bin GW-saat'i geçen elektrik enerjisi üretimi rüzgar santralleri tarafından karşılanmıştır. Bu oran, toplam elektrik enerjisi üretiminin %7.5'ine denk gelmektedir. Bu santrallerin çoğunluğu Ege ve Marmara bölgesinde yer almaktadır. Rüzgar hızı, rüzgar enerjisi ile elektrik üretme potansiyeli açısından en önemli faktörlerin başında gelir fakat tek başına belirleyici değildir. Rüzgar enerjisi potansiyeli, atmosfer basıncı, rakım ve hava sıcaklığı gibi iklimsel koşullara da bağlıdır. Potansiyel değeri yüksek bir noktaya santral kurulup kurulamayacağı ise arazi koşulları ve iletim hatlarına olan uzaklık gibi yerel koşullara da bağlıdır. Aşağıdaki harita (Şekil 25), Türkiye genelinde ortalama yıllık rüzgar hızı dağılımını (50 m yükseklikte) göstermektedir [23].



Şekil 25: Ülkemizde ortalama rüzgar hızı dağılımı [23].

### Etkinlik-12

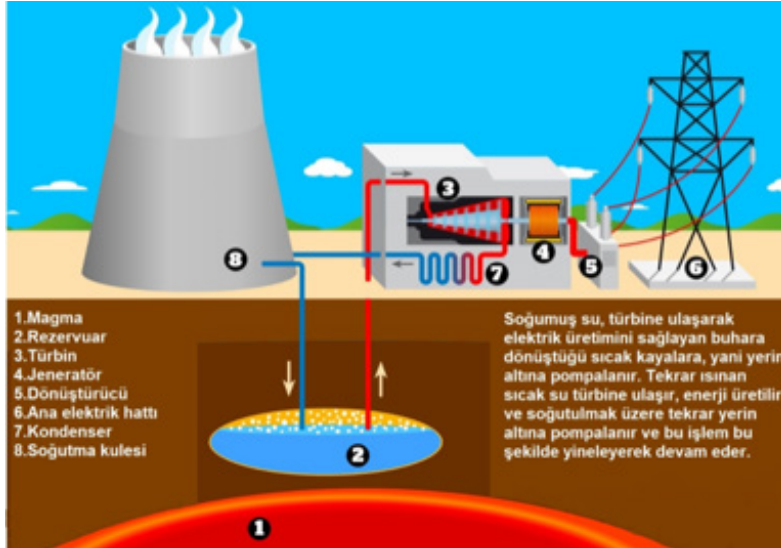
Yukarıda ülkemiz için verilen rüzgar hızı ve güneş ışınımı dağılımı haritalarını kullanarak, bulunduğunuz şehrin yenilenebilir enerji potansiyelini (bu iki kaynak açısından) diğer iller ile karşılaştırın.

# ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK

## 3.3 Jeotermal Enerji

Yerkürenin merkezindeki yüksek sıcaklığa ve yer kabuğu içerisindeki hareketlere bağlı olarak yer altında yüksek sıcaklık ve basınca sahip su, buhar ve gazlar birikir. Bunların yeryüzüne taşınarak ısı veya elektrik enerjisi üretmek için kullanılmasına jeotermal enerji denir. Merkezinin çok büyük bir ısı kaynağı olması dolayısıyla, jeotermal enerji kullanımı yerkürenin kaynaklarına ve enerji dengesine bir zarar vermez. Bu yüzden yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alan jeotermal enerjinin ısı enerjisi kaynağı olarak kullanımı birçok farklı biçimde olabilmektedir. Özellikle tarım ve hayvancılık sektöründe kurutma ve ısıtma amaçlı kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra çimento kurutma ve alüminyum elde etme gibi endüstriyel işlemlerde de kullanılabilir.

Jeotermal enerjiden elektrik enerjisi üretimi ise ısı güneş enerjisi sistemleri ile elektrik enerjisi üretimine benzetilebilir. Burada yüksek sıcaklık güneş ışınımı ile değil, yer altındaki ısı kaynakları aracılığıyla temin edilmektedir. Aşağıdaki çizim (Şekil 26), bu tür bir santralin çalışma prensibini göstermektedir [21]. Yeryüzünden gönderilen düşük sıcaklıktaki su, yer altındaki ısı kaynağına ulaştığında sıcaklığı yükselerek buhar haline gelir ve güç üretimi için türbinlere yönlendirilir. Burada yine türbine bağlı bir jeneratör aracılığıyla elektrik üretilir ve şebekeye aktarılır. Bu biçimde çalışan güç santrallerinin kurulu gücü 1517 MW'a kadar çıkabilmektedir.

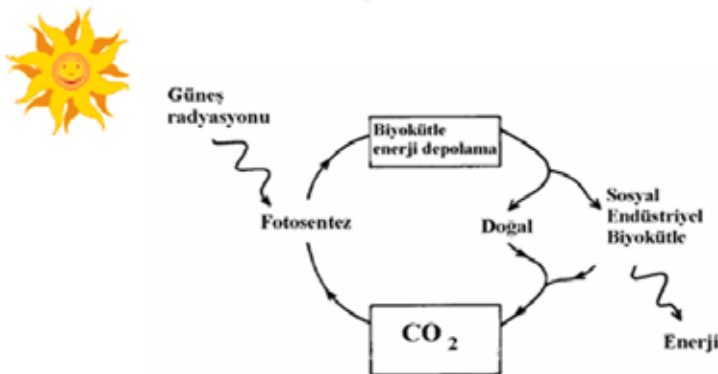


Ülkemizde jeotermal enerji, yukarıda sayılan uygulamalarının yanı sıra turizm sektörü tarafından kaplıca uygulamaları için de kullanılır. Bununla birlikte jeotermal enerjiden elektrik enerjisi üreten tesislerin sayısı 50'yi, toplam kurulu gücü ise 650 MW'ı geçmiştir.

Şekil 26: Jeotermal enerji santrallerinin çalışma prensibi [24].

## 3.4 Biyokütle

Ekolojik çevrime bağlı olarak veya çeşitli üretim ve tüketim süreçlerinin yan ürünü olarak oluşan fosilleşmemiş organik atıkların ısı ve elektrik enerjisi üretmek için kullanılmasına biyokütle enerjisi denir. Bu tanımdan da anlaşılacağı üzere, biyokütle atıklarında saklı enerjinin asıl kaynağı güneştir. Biyokütle kaynaklarının oluşum ve kullanım döngüleri Şekil 27'de gösterilmiştir [25].



Şekil 27: Biyokütle kaynaklarının oluşum ve kullanım döngüleri [25].

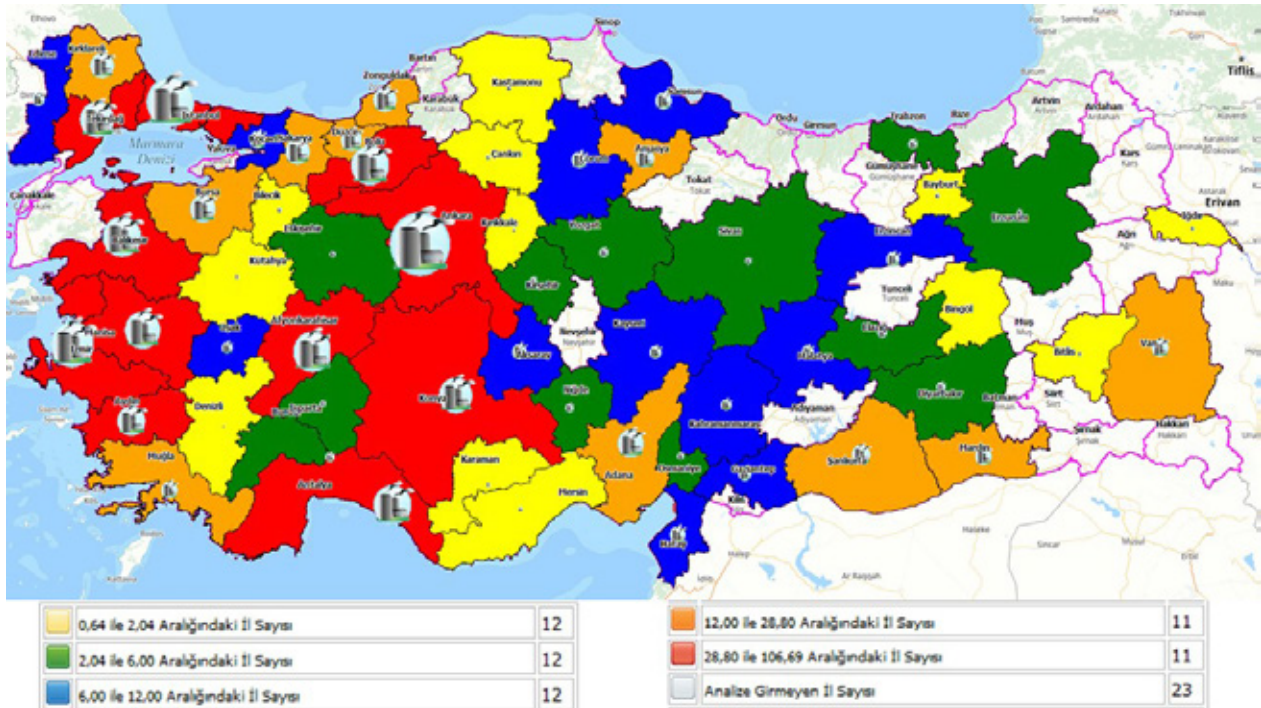
## ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK

Birinci bölüm kapsamında değindiğimiz üzere insanlar uzun yüzyıllar boyunca bu tür kaynaklardan biri olan odunu doğrudan yakarak enerji ihtiyaçlarını karşılamışlardır. Bu bölümde değinilen biyokütle enerjisinin kaynakları ise, modern teknolojiler ile işlenerek enerji yoğunluğu açısından zenginleştirilerek ve özelleşmiş sistemler ile kullanılan kaynaklardır. Söz konusu işlemler ve sistemler hem kaynakların verimli kullanılmasını hem de zararlı gaz salınımlarının en aza indirilmesini sağlar.

Bu geniş kapsamda baktığımızda, biyokütle enerjisinin kaynakları oldukça çeşitlidir (Şekil 27). Bunların en yaygın kullanılanları şunlardır [26]:

- tarımsal atıklar,
- tomruk ve orman ürünlerinin işlenmesi esnasında oluşan atıklar,
- evsel atıklar başta olmak üzere belediye çöpleri,
- hayvansal gübreler,
- kanalizasyon şebekelerinin dip çamurları,
- atık su arıtma sistemlerinde biriken çamurlar,
- antibiyotik ve fermantasyon endüstrisi başta olmak üzere çeşitli endüstriyel süreçlerin atıkları.

Güneş ve jeotermal enerji teknolojilerinde olduğu gibi biyokütle kaynakları da hem ısı enerjisi elde etmek hem de elektrik enerjisi elde etmek için kullanılabilir. Ülkemizdeki biyokütle atık potansiyelinin 8,6 milyon TEP dolayında olduğu tahmin edilmektedir [27]. Aşağıdaki harita (Şekil 28), ülkemizde kurulu biyokütle kaynakları ile lisanslı elektrik enerjisi üretimi yapan santrallerin dağılımını göstermektedir [28].

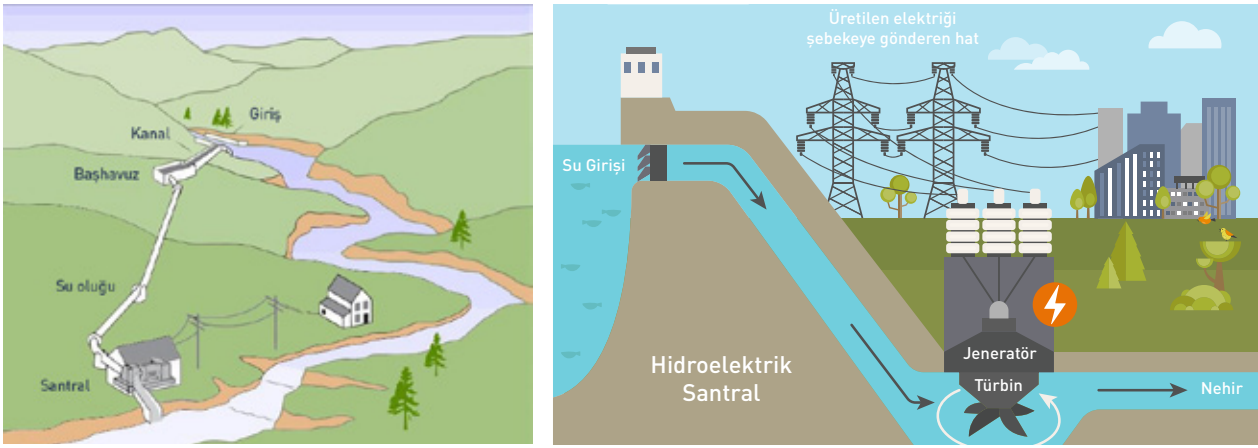


Şekil 28: Türkiye’de kurulu biyokütle kaynakları ile lisanslı elektrik enerjisi üretimi yapan santrallerin dağılımı [28].

## ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK

### 3.5 Hidroelektrik Enerjisi

Akmakta olan suyun kinetik enerjisinden çok uzun zamandır yararlanılmaktadır. Tarihsel süreçte değirmenlerin mekanik sistemlerine güç verilmesi ve taşımacılık uygulamaları en yaygın ve önemli olanlar arasında gelir. Bununla birlikte elektrik kullanımının yaygınlaşması ile birlikte, elektrik enerjisinin üretimi için de kullanılmaya başlanmıştır. Bu kapsamda belli bir kinetik enerji düzeyinde türbinlere ulaştırılan su, jeneratörlerin harekete geçerek elektrik üretebilmesini sağlar. Bu yöntemin doğası gereği hidroelektrik santralleri genellikle su debisinin yüksek olduğu bölgelerde kurulur. Bu sistemin düzgün ve sürekli çalışabilmesi için inşa edilen barajlar, suyun belli bir yükseklikte depolanmasını ve ihtiyaç durumunda duran suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülebilmesini mümkün kılmaktadır. Bu kapsamda hidroelektrik santralleri nehir tipi ve barajlı olmak üzere ikiye ayırılır. Nehir tipi santraller suyun depolanmadan sadece akış enerjisinden faydalanılan santrallerdir. Aşağıdaki şekilde (Şekil 29) iki santral tipinin çalışma ilkeleri basit biçimde gösterilmiştir [29,30].



Şekil 29: Nehir tipi Hidroelektrik Santral ve Barajlı Hidroelektrik Santral [29,30].

Türkiye’de teknik ve ekonomik uygunluk koşullarını sağlayabilecek hidroelektrik enerji potansiyelinin 160 milyar kWh/yıl mertebesinde olduğu hesaplanmıştır [31]. 2019 yılı sonu itibari ile ülkemizdeki toplam hidroelektrik santral sayısı 650’yi geçmiştir. Bu santrallerin toplam elektrik üretimindeki payı ise yaklaşık olarak %32 civarındadır. [32].

### 3.6 Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği İlişkisi

Yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği, enerji üretiminde kaynak çeşitliliğinin artırılması ve enerji tüketiminde yoğunluğun azaltılması doğrultusunda birbirlerini destekleyici rol oynarlar. Günümüzde başta rüzgar ve güneş olmak üzere yenilenebilir enerji kaynakları, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltarak, enerji ihtiyacının karşılanmasında kaynak çeşitliliğini artırır. Öte yandan, birçok durumda fosil yakıt yerine elektrik kullanan teknolojiler (ısı pompası ve elektrikli otomobil gibi) sayesinde nihai enerji kullanımında daha yüksek verimlilik elde edilebilmektedir. Dolayısıyla, yenilenebilir kaynaklardan elektrik enerjisi üretimi ve yüksek verimliliğe sahip elektrikli çözümlerin bir araya getirilmesi ile bütüncül çözümler elde edilebilir. Bu yaklaşıma bağlı çözümler sayesinde CO2 salınımının, fosil yakıtlara olan bağımlılığın ve enerji yoğunluğunun azaltılması ile kaynak çeşitliliğinin artırılması gibi birçok kazanım bir arada elde edilebilir. Yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği arasındaki ilişkiyi etkin biçimde desteklenmesi, Türkiye gibi enerji ihtiyacının karşılanmasında dışa bağımlılık oranı yüksek olan ülkeler açısından daha da kritiktir.

## ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK

### Sözlük

Birincil Enerji	Enerjinin herhangi bir değişim veya dönüşümden geçmemiş hali
Enerji	İş yapabilme kabiliyeti
Enerji Tasarrufu	Uygun davranış biçimleri ve kullanım alışkanlıkları ile değer üretmeyen enerji tüketiminin (israfların) önlenmesi yaklaşımı
Enerji Verimliliği	Herhangi bir ürün ya da hizmetin üretilmesi veya kullanılması sürecinde harcanan enerjinin, ürün veya hizmetin niteliklerinden taviz vermeden bilimsel yöntemler sayesinde azaltılması
Gayrisafi Yurtiçi Hasıla (GSYH) [33]	Bir ülkede bir yıl süresince üretilen mal ve hizmetlerin piyasa fiyatlarına göre hesaplanan değeri
İkincil Enerji	Enerjinin değişim veya dönüşüm süreçlerinden geçirilerek kullanım özelliklerinin geliştirilmiş hali
Joule	Bir cisim üzerine uygulanan bir Newton'luk kuvvetin cismi kendi doğrultusunda 1 metre ileriye taşımaya denk gelen iş birimi
Kilowatsaat (kWh)	Bir kilovatlık gücün bir saatte verdiği iş ve enerji birimi
Kuvvet [33]	Durgunluğu harekete veya hareketi durgun bir duruma çeviren etken
Tarife	Fiyat gösteren çizelge
TEP	Ton eşdeğer petrol. Bir ton petrolün yakılması ile elde edilebilecek enerji miktarı olarak kabul edilen ve $41,8 \times 10^9$ J'e karşılık gelen enerji miktarıdır.
Termodinamik	Isı enerjisi ile hareket enerjisi arasındaki ilişkileri ve bu konuyla ilgili olayları inceleyen bilim dalı
Watt (W)	Saniyede bir Jul'lük iş yapan bir motorun güç birimi (kW: 1.000 W ; MW=1.000.000W)
Yenilenebilir Enerji Kaynakları [34]	Hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyokütleden elde edilen gaz (çöp gazı dâhil), dalga, akıntı enerjisi ve gel-git gibi fosil olmayan enerji kaynakları



# ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK

## KAYNAKÇA

- [1] *Thermodynamics: An Engineering Approach*, Yunus A. Çengel, Michael A. Boles, Mehmet Kanoğlu, Mc Graw Hill Education, 2019, 9. Basım
- [2] World record in low temperatures, Erişim Tarihi: 21.03.2021, [http://ltl.tkk.fi/wiki/LTL/World\\_record\\_in\\_low\\_temperatures](http://ltl.tkk.fi/wiki/LTL/World_record_in_low_temperatures)
- [3] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019 Ulusal Enerji Denge Tablosu, Erişim Tarihi: 30.11.2020, <https://enerji.gov.tr/enerji-isleri-genel-mudurlugu-denge-tablolari>
- [4] Uluslararası Enerji Ajansı, Global Energy & CO2 Status Report 2019, <https://www.iea.org/reports/global-energy-co2-status-report-2019s>
- [5] Epiş Şeffaflık Platformu, Erişim Tarihi: 30.11.2020, <https://seffaflik.epias.com.tr>
- [6] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı,, Enerji İstatistik Bülteni, Sayı:370 (2019, 52. Hafta) URL: <https://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Istatistik-Raporlari>
- [7] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye Elektrik Enerjisi Talep Projeksiyonu Raporu, Erişim Tarihi: 29.11.2020, <https://enerji.gov.tr/eigm-raporlari>
- [8] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı Verileri
- [9] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı Verileri
- [10] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı Verileri
- [11] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı 2017-2023 Belgesi, <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-verimliliği-ulusal-enerji-verimliliği-eylem-planı>
- [12] *Enhancing Turkey's policy framework for energy efficiency of buildings, and recommendations for the way forward based on international experiences*, Deger Saygın, Yonca Ercumen, Maarten De Groote, Frances Bean, SHURA Energy Transition Center ve Buildings Performance Institute Europe, Haziran 2019, <https://www.shura.org.tr/wp-content/uploads/2019/06/Buildings-Energy-Efficiency-Policy-Working-Paper.pdf>
- [13] *Passive Solar Home Design*, Erişim Tarihi: 30.07.2020, <https://www.energy.gov/energysaver/energy-efficient-home-design/passive-solar-home-design>
- [14] *Elektrikli Ev Aletlerinin Enerji Etiketlemesinin İncelenmesi*, M. Mutlu, Ö. Kaynaklı, M. Kılıç, Erişim Tarihi: 30.07.2020, [http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/728306c33e38495\\_ek.pdf](http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/728306c33e38495_ek.pdf)
- [15] *Sanayide Enerji Verimliliği Yöntemleri*, Sümeyye Gülep, Erişim Tarihi: 30.07.2020, <https://www.voltimum.com.tr/haberler/sanayide-enerji-verimliliği-yontemleri>
- [16] IEA, Energy Efficiency Report 2019, <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2019>
- [17] Global Carbon Project, Global Carbon Budget 2019, [https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/archive/2019/GCP\\_CarbonBudget\\_2019.pdf](https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/archive/2019/GCP_CarbonBudget_2019.pdf)

## ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK

[18] James Hansen, Pushker Kharecha, Makiko Sato, Valerie Masson-Delmotte, Frank Ackerman, David J. Beerling, Paul J. Hearty, Ove Hoegh-Guldberg, Shi-Ling Hsu, Camille Parmesan, Johan Rockstrom, Eelco J. Rohling, Jeffrey Sachs, Pete Smith, Konrad Steffen, Lise Van Susteren, Karina von Schuckmann, James C. Zachos, "Assessing "Dangerous Climate Change": Required Reduction of Carbon Emissions to Protect Young People, Future Generations and Nature", Plos One, 2013, DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0081648>

[19] Environmental Health Perspectives and the National Institute of Environmental Health Sciences, "A Human Health Perspective On Climate Change", 2010, [https://www.niehs.nih.gov/health/materials/a\\_human\\_health\\_perspective\\_on\\_climate\\_change\\_full\\_report\\_508.pdf](https://www.niehs.nih.gov/health/materials/a_human_health_perspective_on_climate_change_full_report_508.pdf)

[20] Global Solar Atlas, Erişim Tarihi: 30.07.2020, <https://globalsolaratlas.info>

[21] Avrupa Birliği 7. Çerçeve Programı BRICKER Projesi, Erişim Tarihi: 30.07.2020, <http://www.bricker-project.com/>

[22] *Rüzgar Enerjisi Nedir? Rüzgar Türbinleri Nasıl Çalışır?*, Erişim Tarihi: 30.07.2020, <https://www.bilgiustam.com/ruzgar-enerjisi-nedir-nasil-calisir>

[23] *Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası*, Erişim Tarihi: 29.11.2020, <https://repa.enerji.gov.tr/REPA/>

[24] *Jeotermal Enerji Nasıl Çalışıyor*, Erişim Tarihi: 30.07.2020, <https://www.karfo-endustriyel.com.tr/tr/cozumler/industriyel-mikroskop-cozumleri/mineral-cevher-incelemeleri/jeotermal-enerji-tas-analizi>

[25] Biyokütle, Erişim Tarihi: 29.11.2020, [http://deneysan.com/Content/images/documents/es-07\\_182760.pdf](http://deneysan.com/Content/images/documents/es-07_182760.pdf)

[26] F. Taner, B. Halisdemir, E. Pehlivan, İ. Ardic, 'Türkiye'de Biyokütle Potansiyeli ve Enerjisi, 2003, 5. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi

[27] Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası, Erişim Tarihi: 30.07.2020, <https://bepa.enerji.gov.tr/>

[28] Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası, Erişim Tarihi: 30.07.2020, <https://bepa.enerji.gov.tr/>

[29] *Design Optimization of A Hybrid Hydro-Wind Micropower System For Rural Communities*, Sameer Alquburi, Amer M. Al, Mohammad Aljaradin, Journal of Engineering and Sustainable Development, Vol. 22, No. 2, Month 3, 2018, DOI: 10.31272/jeasd.2018.2.

[30] Hidroelektrik Santralleri Nedir?, Erişim Tarihi: 30.07.2020, <https://www.enerjiportali.com/hidroelektrik-enerjisi-hes-nedir-nasil-elektrik-uretir>

[31] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Erişim Tarihi: 30.07.2020, <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-hidrolik>

[32] *Hidroelektrik Enerjisi Projeleri, Türkiye Orta Ölçekli Sürdürülebilir Enerji Finansman Programı*, Erişim Tarihi: 30.07.2020, <https://www.midseff.com/kredi/hidroelektrik-enerjisi-projeleri?ref=hidroelektrik-enerjisi-projeleri>

[33] [sozluk.tdk.gov.tr](http://sozluk.tdk.gov.tr)

[34] *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi Ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik*, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Erişim Tarihi: 30.07.2020, [www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=18907&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5](http://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=18907&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5)

# ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK

## EK-1: Lise Fizik Dersi Müfredatı ile Eşleştirme

Aşağıdaki tablo; enerjinin tanımı, ilgili temel kavramlar, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dair içeriğin, lise fizik dersi müfredatı ile ilişkilendirilebilecek konuları göstermektedir.

Konu Başlığı	9. Sınıf	10. Sınıf	11. Sınıf	12. Sınıf
<b>Enerjiye İlişkin Genel Kavramlar</b>				
Enerjinin Tanımı	,Enerji, Hareket-Kuvvet Isı-Sıcaklık		Kuvvet-Hareket	
Enerjinin Çeşitleri	Enerji			
Enerji Yasaları	Enerji, Isı-Sıcaklık			
Verimlilik Denklemleri	Enerji			
Enerji Kaynakları	Enerji			
Birincil ve İkincil Enerji Kaynakları	Enerji			
Enerji Verimliliği	Enerji			
Enerji Tasarrufu	Enerji			
Enerji Yoğunluğu	Enerji			
Türkiye’de Enerji Arz ve Talebi	Enerji			
Türkiye’nin Enerji Yoğunluğu	Enerji			
UEVEP	Enerji			
<b>Enerji Verimliliği - Temel Uygulamalar</b>				
<b>Binalarda Enerji Verimliliği</b>				
Yalıtım	Madde ve Özellikleri			
Aydınlatma		Elektrik ve Manyetizma	Elektrik ve Manyetizma	Modern Fizik ve Uygulamaları (LED)
Isıtma-Soğutma	Isı-Sıcaklık			
Elektrikli Aletler		Elektrik ve Manyetizma	Elektrik ve Manyetizma	Modern Fizik
<b>Sanayide Enerji Verimliliği</b>				
Elektrik Motorları, Pompalar, Fanlar		Elektrik ve Manyetizma	Elektrik ve Manyetizma	
Kazanlar ve Fırınlar	Isı-Sıcaklık			
Basınçlı Sistemler		Basınç ve Kaldırma Kuvveti		
Elektrik Sistemleri		Elektrik ve Manyetizma		
Aydınlatma		Elektrik ve Manyetizma	Elektrik ve Manyetizma	
<b>Ulaşımında Enerji Verimliliği</b>				
Motor Verimliliği	Enerji			
Yakıt Standartları	Isı-Sıcaklık			
Ulaşım Planlaması	Enerji			
Sürüş Teknikleri	Enerji			
<b>Tarımda Enerji Verimliliği</b>				
Sulama Sistemleri	Enerji	Basınç ve Kaldırma Kuvveti		
Elektrik Sistemleri	Enerji	Elektrik ve Manyetizma		
Tarım Makinaları	Enerji			
Enerji Verimliliği ve Çevre	Enerji			
<b>Yenilenebilir Enerji Kaynakları</b>				
Güneş Enerjisi	Enerji			.Modern Fizik ve Uygulamaları (Fotovoltaik)
Rüzgâr Enerjisi	Hareket-Kuvvet		Kuvvet-Hareket	
Jeotermal Enerji	Isı-Sıcaklık			
Biyokütle Enerjisi	Isı-Sıcaklık			
Hidroelektrik Enerji	Hareket-Kuvvet		Kuvvet-Hareket	

# ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK

## EK-2: Etkinlikler Cevap Anahtarı

**Etkinlik-1:** Günümüzde araba yolculuğu için gerekli enerji genellikle, petrol türevi yakıtlar olan benzin veya dizelden karşılanmaktadır. Son yıllarda yaşanan teknolojik gelişmelere bağlı olarak yaygınlaşmaya başlayan elektrikli araçlar ise bataryalarında depoladıkları elektrik enerjisi ile hareket ederler.

Yelkenli tekneler, hem rüzgârın kinetik enerjisinden hem de depoladıkları dizel yakıtın kimyasal enerjisinden faydalanarak hareket edebilirler.

Bir mahalın aydınlatılabilmesi için gündüz saatlerinde gün ışığından, akşam saatlerinde yapay ışık kaynaklarından faydalanılabilir.

Evsel sıcak su ihtiyacı elektrik veya doğalgaz ile çalışan ısıtıcıların yanı sıra uygun iklim bölgelerinde güneş enerjisi sistemleri ile temin edilebilir.

**Etkinlik-2:** Tarihte uzun mesafeli insan ve yük taşımacılığı için kullanılan ilk trenler, birincil enerji kaynakları arasında yer alan kömür enerjisi ile çalışmakta idi. Kömürün lokomotiflerde yer alan kazanlarda yakılması ile elde edilen buhar basıncı trenin hareket ettirilmesi için kullanılırdı. İçten yanmalı motorların gelişmesi ile kömürün ardından benzin ve dizel yakıtı (ikincil enerji kaynakları) ile çalışan lokomotifler geliştirilmiştir. Bu sistemlerin düşük verimleri dolayısıyla sürdürülen çalışmalar neticesinde dizel-elektrik güç sistemine sahip trenler yaygınlaşmıştır. Bu tür trenlerde dizel motor ve jeneratör ile üretilen elektrik, tekerlekleri döndüren elektrikli motora aktarılır ve günümüzde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde, özel hatlar ve donatılar ile şebekeden beslenen ve genellikle şehiriçi ulaşımında kullanılan elektirikli (ikincil enerji kaynağı) trenler de oldukça yaygındır.

**Etkinlik-3:** Evlerde yaygın olarak kullanılan birincil enerji kaynakları doğal gaz ve kömür iken, en yaygın ikincil enerji kaynağı elektriktir. Bu etkinlikte öğretmen, okulun doğal gaz ve elektrik faturaları üzerinden de bir bilgilendirme yapabilir. Çocukların yakından tanıdıkları binalarındaki enerji tüketimleri hakkında bilgi edinmeleri hedeflenmektedir.

**Etkinlik-4:** LED armatürler, yarı-iletken teknolojisi ile üretilmekte olup, elektrik enerjisinin ışığa dönüştürülmesi atom seviyesindeki etkileşimler ile olur. Akkor flamanlı lambalar ise tungsten telin yüksek derecelere ısıtılması ile akkor haline gelip ışınım yapması esasına göre çalışır. Bu tür bir çevrimde belli düzeyde ısı da oluşur. LED teknolojisi ise çok daha az miktarda ısı açığa çıkarır. Dolayısıyla akkor telli ampüller, LED armatürlere göre daha düşük verimli bir enerji çevrimine tabi olarak çalışmaktadırlar.

**Etkinlik-5:** Okul binalarında hayata geçirilebilecek başlıca enerji verimliliği uygulamaları: dış cephe ve çatı izolasyonu, yüksek yalıtımlı pencere uygulamaları, mahal düzeyinde kontrol edilebilen merkezi ısıtma sistemi, verimli aydınlatma (LED veya kompakt floresan gibi) teknolojileri kullanılması, verimlilik sınıfı yüksek ekran ve projeksiyon cihazlarının kullanımı olabilir. Başlıca enerji tasarrufu uygulamaları ise boş sınıf ve diğer mahallerin aydınlatılmasının ve iklimlendirilmesinin (mümkünse) önüne geçilmesi, gün ışığının yeterli olduğu durumlarda yapay aydınlatma kullanımının önlenmesi, projeksiyon cihazı ve ekranların gereksiz kullanımının önlenmesi, kullanılmayan elektrik cihazların fişinin çekilmesi olabilir.

**Etkinlik-6:** Öğrenciler gün içerisinde okuldayken toplu olarak ve evdeyken aileleri ile veya bireysel olarak gerçekleştirdikleri enerji tüketimlerini listelemeye teşvik edilebilir. Okulda başlıca tüketim aydınlatma ve iklimlendirme sistemleri ile ilişkili iken, evlerde bunlara ek olarak kişisel bilgisayar, elektrikli aletler ve evsel sıcak su kullanımı gibi edimler dolayısıyla da enerji tüketirler. Ayrıca ulaşım için araç kullanılıyorsa, bununla ilgili tüketimler de değerlendirilebilir. Öğrenciler, evde gerçekleştirdikleri ve enerji kullanılan eylemleri karşılaştırabilir.

**Etkinlik-7:** Bu etkinlikte öğrenciler, farklı cephelerdeki odaların günün farklı saatlerinde gün ışığından hangi oranda faydalandıklarını ve yapay aydınlatmaya gerek olup olmadığını değerlendirebilir. Benzer biçimde bu saatlerde perde ve panjur kullanımının etkisini de tartışabilirler. Örneğin, akşamüzeri doğrudan güneş almayan bir odada perdeyi açarak oturma odasının gerekli aydınlatma düzeyini sağlayıp sağlamadığını kontrol edebilirler.

## ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖĞRETMENLERİN EĞİTİMİ İÇİN DESTEKLEYİCİ DİJİTAL KİTAPÇIK

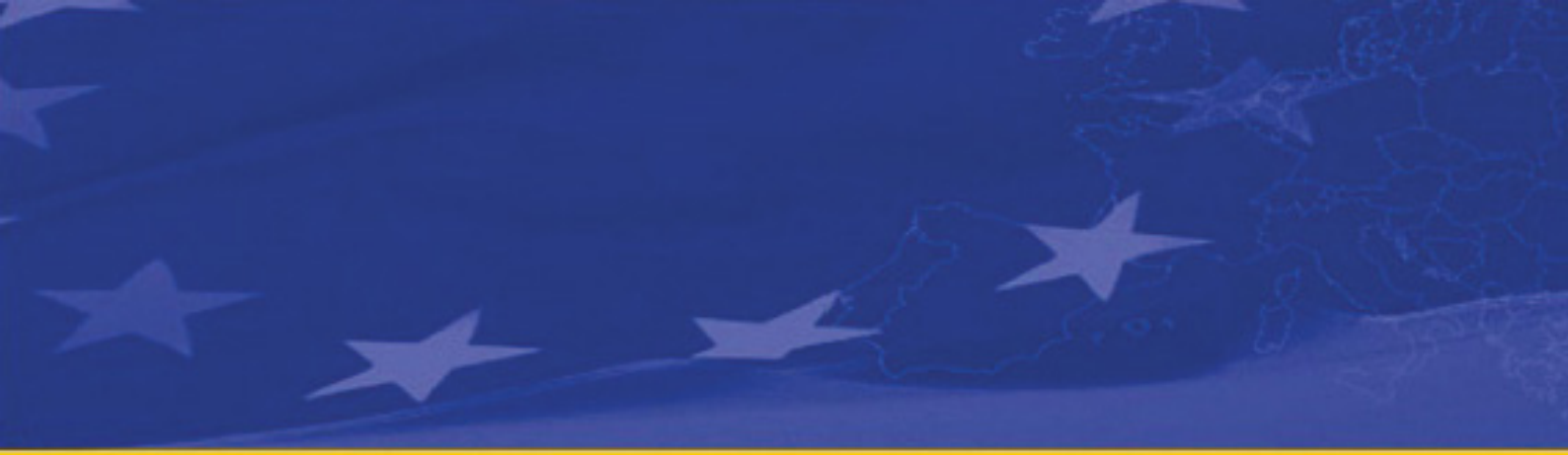
**Etkinlik-8:** Öğrencinin hesaplayacağı yoğunluk değeri (toplam uzunluk/odanın alanı) ile odalardaki ısı deneyimi karşılaştırması istenebilir. Örneğin, yeterince ısınmayan (veya fazla ısınan) bir odanın, gerekli koşulları sağlayan oda ile arasındaki yoğunluk farkı karşılaştırılabilir. Petek verimi açısından iki ana faktör peteğin etrafı ile ısın alışverişini (hava akışını) engelleyecek bariyerlerin (perde, mobilya, vb.) olmaması ve petek yüzeylerinin temizliğidir.

**Etkinlik-9:** Aynı teknolojiye yapay ışık kaynağı bulunan odalardaki lambaların toplam gücünü oda alanlarına bölerek basit bir yoğunluk değeri elde edilir. Bu değer üzerinden ortalama aydınlanma düzeyine yönelik görsel karşılaştırma yapılabilir. Ayrıca oda içerisinde ışık kaynağına farklı mesafelerdeki aydınlanma düzeyi de karşılaştırılabilir.

**Etkinlik-10:** Hemen her öğrencinin evinde bulunan buzdolabı, çamaşır makinası gibi beyaz eşyaların enerji sınıflarını belirlemesi istenerek, öğrencinin farkındalığı artırılabilir. Bu etiketler beyaz eşyalarda genellikle cihazın üzerinde yer almaktadır. Öte yandan öğrenci, kullanım kitapçığına ulaşabileceği diğer cihazlar (küçük ev aletleri, elektronik eşyalar) için de benzer çalışma yapabilir. Sınıf içi etkinlik olarak yapılması durumunda öğretmen sınıftaki cihazlar (ekran, projeksiyon cihazı, vb) üzerinden bu bilgilendirmeyi yapabilir.

**Etkinlik-11:** Öğrenciler evleri ile okulları arasında yürüme, bisiklet veya scooter kullanımı, velileri tarafından özel araç ile ulaşım, okul servisi ve toplu taşıma gibi alternatifler arasından mümkün olan iki tanesini karşılaştırabilir. Enerji tüketiminin yanı sıra maliyet ve ulaşım süresi de değerlendirilmeye katılabilir.

**Etkinlik-12:** Metin içerisinde bulunan yoğunluk haritaları kullanılarak, öğrencilerin buldukları şehrin yenilenebilir enerji potansiyeline yönelik farkındalığının artırılması sağlanabilir. Yaşanılan şehirde öğrencilerin daha önce görme ihtimali bulunan santraller (güneş ve rüzgar santralleri) hatırlatılarak ilişki kurmaları sağlanabilir. Ayrıca en yüksek ve düşük potansiyelli bölgeler vurgulanarak, ülke genelindeki dağılıma dair de fikir verilebilir.



Bu belge, Avrupa Birliği'nin mali desteği ile hazırlanmıştır.

Belgenin içeriğinden yalnızca Reta Reklamcılık ve Tanıtım Ltd. şti. sorumlu olup, Avrupa Birliği'nin veya ETKB'nin görüşlerini yansıttığı şeklinde yorumlanamaz.