



## Türkiye'nin Enerji Görünümü ve 2023 Yılı Birincil Enerji Arz Projeksiyonu\*

Nazile YILANKIRKAN<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Bölümü,  
Sivas, Türkiye  
nyilankirkan@cumhuriyet.edu.tr

Hikmet DOĞAN<sup>2</sup> 

<sup>2</sup> Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Teknikokullar,  
Ankara, Türkiye  
hdogan@gazi.edu.tr

**Geliş Tarihi/Received:**

**28.09.2020**

**Kabul Tarihi/Accepted:**

**19.12.2020**

**Yayın Tarihi/Published:**

**30.12.2020**

### ÖZ

Bu çalışmada; Türkiye'nin mevcut enerji potansiyeli değerlendirilmiştir. Genel veriler ışığında yapılan bu değerlendirmede; Türkiye'de fosil kaynakların yetersiz oluşu, yenilenebilir enerji kaynaklarından da istenen düzeyde yararlanılmadığından, enerji alanında dışarıya bağımlı hale geldiği görülmüştür. Bu nedenle bu çalışmada; Türkiye'nin geleceğe yönelik enerji ihtiyacının hesaplanması ve bu ihtiyacın mümkün oldukça yerli kaynaklardan karşılanabilmesi için nelerin yapılabileceği konusunda tespitlerin yapılmasına çalışılmıştır.

Bu hedef doğrultusunda, Türkiye'nin nüfus artışı, gayri safi yurtiçi hâsıla ve birincil enerji arz miktarları verileri kullanılarak, yapay sinir ağları (YSA) yardımıyla 2023 yılında Türkiye'nin ne kadar birincil enerjiye ihtiyaç duyacağı belirlenmesi amaçlanmıştır. YSA kullanılarak, tarafımızdan yapılan bu hesaplamalar sonucunda, 2023 yılında Türkiye'nin birincil enerji ihtiyacı 161.279 Bin Ton Eşdeğer Petrol (BTEP) olarak hesaplanmış ve söz konusu bu enerji ihtiyacının önemli ölçüde yerli imkânlarla karşılanabilmesi için nelerin yapılabileceği hususunda da tespit ve önerilerde bulunulmuştur. Çalışma kapsamında ayrıca enerji verimliliği çabalarının ve Türkiye'deki yenilenebilir enerji potansiyelinin değerlendirilmesinin önemi vurgulanmıştır. Enerji üretiminde ve tüketiminde faaliyetlerin çevre dikkate alınarak yürütülmesi gerektiğine dikkat çekilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji, Enerji Kaynakları, Enerji Verimliliği, Enerji Sistemleri, YSA

\* Bu makale Nazire YILANKIRKAN'ın doktora tezinden veriler güncellenerek türetilmiştir.

## Turkey's Energy Outlook and Primary Energy Supply Projection for 2023

### ABSTRACT

This study examined the existing energy potential in Turkey. Evaluation reveals that Turkey has become dependent on foreign sources (foreign-dependent) in the field of energy since there is a lack of fossil resources, and renewable energy resources fail to meet Turkey's energy needs at an adequate level. Therefore, this study attempted to calculate energy needs of Turkey in the future and to determine what can be done to meet this need using domestic sources as much as possible.

In line with these purposes, this study aimed to determine how much primary energy Turkey needs in 2023 with the help of artificial neural networks (ANN), allowing for population growth, gross domestic product and primary energy supply amounts in Turkey. As results of these calculations performed by researchers by using ANN, the primary energy need of Turkey was calculated as 161.279 BTEP for 2023, and evaluations and suggestions were made as to what could be done to meet this energy demand largely by using domestic resources. Furthermore, the study emphasizes the importance of evaluating the energy efficiency efforts and renewable energy potential in Turkey. The study reveals that activities in energy production and consumption should be carried out by taking the environment into account.

**Keywords:** Energy, Energy Resources, Energy Efficiency, Energy Systems, ANN

### 1. Giriş

Türkiye'nin yıllık toplam ithalatının yaklaşık dörtte birini enerji ithalatı oluşturmaktadır. Bu dörtte birlik enerji ithalat kalemi ise Türkiye'nin enerji ihtiyacının dörtte üçüne karşılık gelmektedir. Türkiye'de petrol ve doğal gaz rezervlerinin yetersiz oluşu, yenilenebilir, alternatif kaynaklardan yeterince faydalanılmaması ve enerji verimliliği çalışmalarının yakın zamana kadar etkin yürütülememiş olması birincil enerji arzında dörtte üçlük gibi yüksek bir değer de dışa bağımlığa sebep olmaktadır.

Enerji alanında bir ülkenin kendisine yetebilmesi konusu stratejik bir husus olup, günümüzde bağımsızlıkla eşdeğer görülmektedir. Gelişmekte olan Türkiye'nin 2023 yılı ve sonrasında artan nüfusunun enerji ihtiyacını büyük ölçüde kendi imkânlarıyla karşılayabilmesi sürdürülebilir kalkınma açısından gereklidir. Bu amaçla Türkiye'nin; gelecek yıllardaki birincil enerji ihtiyacının hesaplanması ve bu ihtiyacın nasıl karşılanabileceğinin araştırılması önem arz etmektedir.

Bu çalışmada; Türkiye'nin 2000 yılından 2018 yılına kadar geçen süredeki nüfus artışı, Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla (GSYH)'sı ve birincil enerji arz miktarı verileri Yapay sinir ağları (YSA) kullanılarak ileriye dönük enerji ihtiyacının tespit edilmesi ve bu ihtiyacın karşılanabilmesi için nelerin yapılması gerektiği konularında öneriler getirilmesi amaçlanmıştır.

Bir ülkenin enerji ihtiyacının karşılanması, pek çok faktör (toplum, teknoloji, ekonomi ve çevre gibi) dikkate alınarak gerçekleştirilmesi gereken bir yol haritasıdır. Uzun vadede enerji planlaması bir

milletin arz ve talebini etkileyecek yapısal değişiklikleri nasıl yapacağına yönelik stratejik bir yaklaşım olup aynı zamanda sürdürülebilir gelişmenin garantisidir (Prasad vd., 2014).

Ülkelerin bağımsızlığının önemli bir göstergesi de enerji arz güvenliğidir. Enerji arz güvenliğinde, elektrik enerjisi güvenliği ve ısı üretimi kadar yenilenebilir enerji kaynakları da önemli bir yere sahiptir. Enerji sektörünün önemli bir kısmını da yenilenebilir enerji kaynakları (rüzgâr, fotovoltaik, hidrolik, biyoyakıt, v.b.) oluşturmakta ve bu kaynakların en verimli şekilde kullanılması gerekmektedir (Augutis vd., 2014).

Enerji arz güvenliğini, petrol fiyatları, birincil enerji arzı, yenilenebilir enerji kaynakları oranı, karbondioksit emisyonu ve kişi başına enerji tüketimi gibi faktörler etkilemektedir. Bu nedenle, enerji arz güvenliğinin sağlanabilmesi için hem mevcut kaynakların yeni teknolojilerle verimliliğinin artırılması ve çevresel etkilerini azaltılması gerektiği hem de yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının artırılması gerekmektedir (Erdal, 2011).

Dünya’da enerji ihtiyacının %80’inin fosil yakıtlardan sağlanmakta olup tespit edilmiş fosil yakıtların da 70 yıl sonra tükenmesi beklenmektedir. Enerji kaynakları açısından fakir bir ülke olan Türkiye’de elektrik enerjisi üretimi amacıyla kullanılan yakıtın %85’ini ithal etmektedir. Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarına öncelik verilmesi, yerli kömürün çevreyle uyumlu hale getirilmesi, nükleer enerji ve hidrojen enerjisine önem verilmesi gerekmektedir (Tezekici, 2005).

Enerjiye büyük ölçüde bağımlı olan dünya ekonomisi için elektrik enerjisi üretiminde, fosil yakıtların sınırlı ve maliyetlerin yüksek olması, sera gazı emisyonlarının azaltılması ihtiyacı ile birlikte yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı çekici hale gelmiştir. Dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli büyük olup gelecek yıllarda artan enerji talebinde yenilenebilir enerji kaynakları payının, akıllı teknolojilerle ve güç elektroniği sayesinde artacağı görülmektedir. 2035 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi içerisindeki payının %31, ulaşımda %6, ve ısıtmada ise %14 olarak gerçekleşmesi beklenmektedir (Ellabban vd., 2014).

Türkiye’nin uzun dönemde elektrik enerjisi üretim planlamasında yenilenebilir enerji kaynaklarının üretime olan etkisini belirlenmesi ve bu kaynakları kapsayan planlamanın sonuçlarının teknik ve ekonomik açıdan değerlendirmesi amacıyla, 2012 – 2027 yıllarını kapsayan optimal üretim planlaması çalışması yapılmış, bu çalışma sonucunda hidrolik hariç rüzgâr, jeotermal, biyokütle ve güneş enerjisinden oluşan yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulu güçlerinin toplam kurulu güce oranlarında %8,92’den %8,94’e değişen bir artış gözlemiştir (Özcan, 2013).

Türkiye’de tüm sektörlerde enerjinin daha verimli kullanılmasını sağlamak amacıyla planlar ve stratejiler oluşturmanın, enerji verimliliği konusunda finansal mekanizmaların geliştirilmesinin önemi büyüktür. Bu amaçla, piyasa tabanlı enerji verimliliği politikalarından biri olan ve Avrupa Birliği ülkelerinde uygulanmaya başlanılan enerji verimliliği yükümlülükleri uygulamasının enerji verimliliğini sağlamakta etkin olduğunu görülmektedir (Düzgün, 2014).

Enerji kaynak planlamasının en önemli parçası bölgesel ve ulusal hizmet alanlarında gelecekteki elektrik tüketiminin tahmini etmektir (Kaytez, 2012). Türkiye’de enerji alanında, zaman serileri,

regresyon modeli, genetik algoritma, bulanık mantık ve yapay sinir ağları gibi geleceğe yönelik birçok tahmin teknikleri kullanılmaktadır. Bunlar arasında en çok yapay sinir ağları metodu kullanılmaktadır.

Yapay Sinir Ağları kullanılarak, Türkiye'deki konut ve sanayi sektörlerinin enerji tüketimini tahmin etmek için çalışmalar yapılmıştır (Bilgili vd. 2012). Türkiye'nin net enerji tüketiminden yola çıkılarak YSA tekniği ile gelecekteki net enerji tüketimini kabul edilebilir doğrulukta tahmin etmek mümkündür (Özkaymak vd., 2005). Türkiye'de enerji tüketiminin gelecekteki seviyesini belirlemek amacıyla YSA kullanılarak, ekonomik göstergeler (Gayri Safi Millî Hâsıla ve GSYH) ve nüfus artışına dayalı denklem yardımıyla net enerji tüketimi tahmin etmek mümkündür (Sözen ve Arcaklıoğlu, 2007). Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla, nüfus, ithalat, ihracat, bina yüzölçümü ve taşıt sayısı verilerini kullanarak, yapay sinir ağları modeliyle kabul edilebilir ve yüksek doğrulukta net enerji talebi tahmin edilebilmektedir (Es vd.,2014).

Türkiye'nin 1970-2015 yıllarına ait elektrik enerjisi verileri işlenmiş, Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Mantık Çıkarım Sistemi (ANFIS) yöntemleri kullanılarak önceden yapılan tahminler ile gerçekleşen tüketim değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışma neticesinde her iki yöntemde enerji arz tahmin metodu olarak kullanılabilceği görülmüştür (Ekinci, 2019).

## 2. Materyal Ve Yöntem

### 2.1 Durum Analizi

Türkiye'nin enerji ihtiyacı yüksek ve bu ihtiyacın önemli bir kısmı da ithal edilmektedir. Nüfus artışı ve değişen dünyada yeni teknolojilerin insan yaşamına daha fazla girmesiyle enerji ihtiyacı daha da artmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre hazırlanan Türkiye'nin nüfus projeksiyonu Şekil 1'de verilmiş olup, 2069 yılında nüfusun en yüksek seviyeye çıkarak 107.664.079 olması, bu tarihten itibaren düşmeye başlaması öngörülmektedir (Türkiye İstatistik Kurumu, 2020).

Türkiye'de nüfusun artışıyla doğru orantılı olarak enerji tüketimi de artmaya başlamıştır. Teknolojik gelişmeler, insan yaşamında elektronik ürün kullanımının artışı ve bu ürünlerin çeşitlenmesi, yaşam alanlarında daha fazla konfora ihtiyaç duyulması, enerjinin sanayinin en temel girdilerinden biri olması gibi pek çok önemli faktörün yanı sıra yük ve yolcu taşımacılığında enerji tüketiminin artışıyla birlikte enerjiye duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır.

Ülkeler enerji ihtiyaçlarını fosil kaynaklardan, Yenilenebilir enerji kaynaklarından ve Nükleer enerji gibi başlıca önemli kaynaklardan temin etmektedirler. Türkiye'de Fosil enerji kaynakları rezervleri incelendiğinde bu güne kadar tespit edilmiş olan petrol, doğal gaz rezervlerinin ihtiyacı karşılamada çok yetersiz olduğu, mevcut kömür rezervlerinin değerlendirilmekle birlikte ömürlerinin kısa olduğu görülmektedir.

Türkiye'nin petrol rezervi incelendiğinde, Türk Petrolleri Anonim Ortaklığının çalışmalarına göre, 2018 yılı itibariyle 366 milyon varil rezervi olduğu yeni keşifler olmadığı takdirde mevcut rezervin 18 yıllık bir ömrünün olduğu görülmektedir. 2018 yılında yerli ham petrol üretiminin ham petrol tüketimine oranı %11,9 olarak gerçekleştiği, 2019 yılında ise aynı oranın %8,8 olduğu, yani petrole olan bağımlılığının arttığı görülmektedir.

Türkiye’de 2019 yılı itibariyle günlük ortama 60 bin v/g ham petrol üretimi yapıldığı ancak günlük tüketimin 684 bin v/g olduğu görülmektedir. Aynı yıl 624 bin v/g ham petrol ithalatı, 273 bin v/g ise işlenmiş ürün ithalatı gerçekleşmiştir. 2019 yılı itibariyle Türkiye’nin petrolde ithalat bağımlılığı %91,2 olarak gerçekleşmiştir.

Türkiye’de doğal gaz rezervi 2018 yılında 3,8 milyar m<sup>3</sup> olarak tespit edilmiş olup yeni kaynaklar bulunamadığı sürece mevcut üretilebilir doğal gaz rezervinin 9 yıllık bir ömrünün olduğu görülmektedir. Türkiye’de 2019 yılında toplam 45,7 milyar m<sup>3</sup> doğal gaz tüketimi gerçekleşmiş bu miktarın 45,2 milyar m<sup>3</sup> lük kısmı ise ithal edilmiştir (Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, 2019).

Kömür rezervlerine bakıldığında, Türkiye’nin en önemli taşkömürü rezervleri Zonguldak Havzasında olduğu görülmektedir. Havzada bugüne kadar yapılan rezerv arama çalışmalarında -1200 m derinliğe kadar tespit edilmiş toplam jeolojik rezerv 1,517 milyar ton olup, bunun yaklaşık %48’i görünür rezerv olarak kabul edilmektedir. 2019 yılında Türkiye’de 39.506.000 ton Taşkömürü tüketilmiş olup, 1.206.748 ton Taşkömürü yerli üretimle 38.300.000 ton Taşkömürü ise ithal kaynaklardan temin edilmiştir (Türkiye Taşkömürü Kurumu, 2020).

Türkiye, linyit rezervleri incelendiğinde ise 2018 yılı itibariyle 19.136.809.000 ton linyit rezervinin bulunduğu görülmektedir. Türkiye’nin yıllık linyit tüketimi ise 2017 yılında yaklaşık olarak 71,7 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye’de linyit rezervleri taşkömürüne göre kayda değer miktarda daha fazla olmakla birlikte bu linyit rezervlerinin temiz kömür çıkartma teknolojileri ile daha verimli hale getirilmesi önemli bir husustur (Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, 2018).

Son yıllarda Dünya genelinde ilgi gören fosil kaynaklardan şeyl gazı açısından Türkiye kayda değer rezerve sahiptir. Yapılan çalışmalara göre Marmara, Güneydoğu Anadolu bölgesi, İç Anadolu Bölgesi ve Sivas bölgesinde şeyl gazı havzaları bulunmaktadır. Türkiye’nin şeyl gazı rezervinin 13 trilyon m<sup>3</sup> olduğu ancak bunun 1.8 trilyon m<sup>3</sup>’ünün üretilebileceği tespit edilmiştir. Türkiye’nin yılda ortalama 50 milyar m<sup>3</sup> doğal gaz tükettiği göz önünde bulundurulursa 40 yıllık bir rezerv olduğu söylenebilir (21.Yüzyıl Türkiye Enstitüsü, 2020)

Elektrik enerjisi kurulu gücü açısından incelendiğinde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) verilerine göre, 2019 yılı Eylül ayı sonu itibarıyla Türkiye’nin Elektrik enerjisi kurulu gücü 90.720 MW’a ulaşmıştır. Bu kurulu gücün kaynaklara göre dağılımı Şekil 2.’de verilmiştir. Şekildeki grafikte, yerli kaynak olan hidroliğin % 31 ile ilk sırada yer aldığı görülmektedir. İthal kaynak olan Doğal gazın payının %29 gibi yüksek bir miktarda olduğu bununda dışa bağımlılığı artırdığı bilinmektedir. Üçüncü sırada yer alan Kömürün payı ise %22 olup kömürün bir kısmının yerli üretim önemli bir kısmının ise ithal kaynak olduğu bilinmektedir. Tüm bu veriler Türkiye’nin elektrik enerjisi üretiminde dışa bağımlılığının çok olduğunu göstermektedir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının verilerine göre hazırlanan Şekil 2 incelendiğinde, Türkiye’nin Yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücü görülmektedir. %31 hidrolik, %8 Rüzgâr, %6

Güneş ve %2 Jeotermal olmak üzere Türkiye'nin elektrik enerjisi kurulu gücünün hemen hemen yarıya yakını yenilenebilir enerji kaynakları oluşturmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları içinde hidrolik enerjinin oranının yüksek olduğu Güneş ve Rüzgâr enerjilerinin paylarının mevcut potansiyellerine göre değerlendirildiğinde düşük olduğu görülmektedir. Türkiye Güneş enerjisi potansiyeli açısından oldukça avantajlı bir coğrafik konumda bulunmakta olup, Güneş enerjisini değerlendirme hususunda her geçen gün daha iyiye gitmektedir. Güneş enerjisi konusunda Türkiye'de yerli teknolojiler hızlı bir gelişim göstermekte ve bunun sonucu olarak bu enerji kaynağının kullanım alanları çeşitlenmekte ve sağlanan fayda kayda değer miktarda artmaktadır.

## 2.2 Yapay Sinir Ağı Uygulaması

Yapay sinir ağları, insan beyninden esinlenerek geliştirilmiş ağırlıklı bağlantılar aracılığıyla birbirine bağlanan ve her biri kendi belleğine sahip işlem elemanlarından oluşan paralel ve dağıtılmış bilgi işleme yapılarıdır (Elmas, 2007). YSA insan idrakinin ve biyolojik sinirlerin matematiksel olarak modellenmesidir. YSA, biyolojik sinir hücresinden (Şekil 3) esinlenerek geliştirilmiş yapay sinir hücrelerinin birleşmesiyle meydana gelmektedir (Biyoloji Portalı, 2020).

YSA, hem sebep-sonuç ilişkisine dayalı hem de zaman serisine dayalı tahmin yöntemlerinde kullanılabilir. Sebep-sonuç ilişkisine dayanan tahmin problemi için yapay sinir ağlarında girdiler bağımsız değişkeni, çıktı ise bağımlı değişkeni ifade etmektedir. YSA'nın girdileri veri serisinin geçmiş gözlem değerlerinden oluşurken, çıktı ise gelecekteki tahmin değerini temsil etmektedir. Yapay Sinir ağ yapısı Şekil 4.'te görülmektedir (Kurlu ve Badur, 2009).

## 3. Bulgular

Nüfus ve GSYH'daki artış enerji tüketimini doğrudan etkilemekte ve Türkiye'nin enerji tüketimi her geçen gün artmaktadır. Artan bu enerji tüketimin yerli kaynaklardan karşılanabilmesi durumunda dışa bağımlılık azalacaktır. Türkiye'nin sürdürülebilir büyümeyi gerçekleştirebilmesi için ihtiyaç duyduğu enerjiyi yerli imkânlarla karşılayabilmesi içinde geleceğe yönelik enerji planlamalarını doğru yapması gerekmektedir.

Enerji ihtiyacının yerli kaynaklardan karşılanabilmesi ve dışa bağımlılığın azaltılması amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarından daha etkin yararlanmanın yanında enerji verimliliği çalışmaları da oldukça önemlidir. Enerji verimliliğinin en önemli göstergesi ise enerji yoğunluğudur. Enerji yoğunluğu, 1.000 dolar'lık hâsıla için tüketilen Ton Eşdeğer Petrol (TEP) enerji miktarını temsil eder. Yani, yoğunluk ne kadar düşükse enerji o kadar verimli kullanılıyor demektir (Yılankırkan, 2015)

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından her yıl yayımlanan yıllık istatistik verilerine göre 2012-2018 yılları arasında Türkiye'nin GSYH'sı, enerji tüketimi, bu iki veriden çıkartılan enerji yoğunluğu (Enerji yoğunluğu= Milyon Ton Eşdeğer Petrol (MTEP)/GSYH) Tablo 1'de verilmiştir. Enerji yoğunluğunun 2013 yılından itibaren düşmeye başladığı, 2014 yılında kayda değer düşüş gerçekleştiği ve 2015-2017 yılları arasında bu değer korunduğu görülmektedir. 2018 yılında ise tekrar bir yükselme olduğu bunun nedeninin de GSYH'daki düşüşten kaynaklı olduğu görülmektedir (International Energy Agency, 2020).



Tablo 1 incelendiğinde Türkiye'nin nüfusunun ve enerji tüketiminin artışı ile birlikte CO<sub>2</sub> emisyonunun artış seyrinde olduğu görülmektedir. Yaşam ve sanayi üretimi süreçleri sonucunda oluşan CO<sub>2</sub> emisyonu dünyada olduğu gibi Türkiye'de de önemli bir konudur. CO<sub>2</sub> salınımı olan tüm alanlardaki süreçlerde özellikle enerji üretim ve tüketim süreçlerinde bu salınımın daha düşük seviyelerde tutulması dünyadaki yaşamın sağlıklı devam edebilmesi açısından kritik öneme sahiptir.

Enerji ihtiyacının karşılanması ve enerji kaynaklarının ihtiyaca karşılık verecek şekilde planlanması önemlidir. Özellikle uzun vadeli planlamalar yapılırken doğru tahminlerin yapılabilmesi ve bu tahminler yapılırken doğru yöntemlerin kullanılması ülkelerin geleceğe yönelik ekonomik ve kalkınma planlarını doğrudan etkilemektedir. Dünya'da ve Türkiye'de geleceğe yönelik enerji ihtiyacı tahmin ve planlama faaliyetleri konusunda birçok çalışma yapılmıştır. Son yıllarda geleceğe yönelik tahmin çalışmalarında YSA kullanımı tercih edilmektedir. Özellikle enerji alanındaki tahminlerde başarılı sonuçlar elde edilmektedir.

Türkiye Cumhuriyeti'nin 100. Kuruluş yılı olan 2023 yılında ne kadar birincil enerjiye ihtiyaç duyulacağını belirlemek için söz konusu enerji ihtiyacının karşılanabilmesi için yapılması gereken planlamalar ve enerji politikalarının tespit edilmesi önem arz etmektedir. Türkiye'de 2000 – 2018 yılları arasında gerçekleşen birincil enerji arz miktarı Tablo 2'de verilmiş olup, yıllar bazında sürekli artış gösteren bir enerji arzı görülmektedir (Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, 2020). Türkiye'nin aynı yıllar arasındaki nüfus artışı (Türkiye İstatistik Kurumu, 2020) ve GSYH (Türkiye İstatistik Kurumu, 2020) değerleri kullanılarak 2023 yılında gerçekleşmesi beklenen birincil enerji arz miktarı tespit edilmiştir. Bu amaçla yapay sinir ağı metodu kullanılmıştır.

Tablo 2'deki veriler YSA ile programa uygulanmış ve uygun ağ yapısı belirlenmiştir. Yapılan hesaplama sonucu elde edilen çıkış değerleri ve eldeki birincil enerji arz miktarları değerleri kullanılarak belirleme katsayısı  $R^2 = 0,9828$  olarak bulunmuştur. Bulunan  $R^2$  değerinin 1'e yakın olması yapılacak tahminin o derece doğru olduğunu göstermektedir.

Hesaplarda da görüldüğü gibi; nüfus ve GSYH artışı enerji tüketimi artışını doğrudan etkilemektedir. Enerji tüketim miktarını doğrudan etkileyen bu faktörlerden de faydalanarak Türkiye'nin gelecek yıllarda ihtiyaç duyacağı enerji miktarını tahmin etmek mümkündür.

YSA kullanarak bulunan çıktı değerleri ve verileri baz alınan yıllar (2000–2018) kullanılarak tahmin denklemi bulunmuş ve bu denklem kullanılarak Türkiye'nin 2023 yılında ki birincil enerji arz miktarı hesaplanmıştır (Tablo 3).

Dünya'daki değişim ve gelişmeler de dikkate alınarak, Türkiye'nin artan nüfusuna, yerli, ucuz ve elde etmesi kolay, güvenilir, çevreye zarar vermeyen, enerji kaynak ve teknolojilerini nasıl sağlayabileceği hususunda çalışmalar yapılması oldukça önemlidir. Bu çalışmaların ülke ekonomisine sağlayacağı katkı büyük olup tüm çalışmaların sürdürülebilir olması da bir o kadar önemlidir.

Uluslar Arası Enerji Ajansı tarafından hazırlanmış olan "World energy Outlook 2014"a göre küresel enerji talebinin 2040 yılına kadar %37 oranında artması, ancak ekonomik kalkınmanın daha az enerji yoğun gerçekleşmesi beklenmektedir. 2040 yılında dünya enerji arz bileşeninin petrol, doğal gaz, kömür ve düşük karbonlu enerji kaynakları olmak üzere dört eşit kaynaktan oluşması

beklenmektedir (TÜSİAD, 2014). Düşük karbonlu enerji kaynakları olarak ifade edilen yenilenebilir enerji kaynakları ve Nükleer enerji gibi kaynaklar Dünya genelinde gelişmiş olan tüm ülkelerin enerji kaynak çeşitlilikleri arasında yer almaktadır. Dünya’da artan çevre duyarlılığı ve yerel çözümler olabilmesi açısından da özellikle yenilenebilir enerji kaynakları daha fazla ilgi görmeye başlamıştır.

Günümüzde fosil yakıt ağırlıklı olan dünya enerji sektöründe fosil yakıtlara verilen sübvansiyonlar yenilenebilir enerji kaynakları ve enerji verimliliği konularındaki yatırımların önünü kesmektedir. Özellikle gelişmiş ülkelerde yaygın olarak kullanılan nükleer enerjinin, ulusal enerji stratejilerinin merkezinde olmaya devam etmesi beklenmektedir. Nükleer enerji hem CO<sub>2</sub> salınımını azaltabilecek hem de baz yük enerji sağlayabilecek alternatif bir enerji kaynağı olup, diğer üretim yöntemlerini ikame edebilecek bir enerji kaynağıdır.

Dünya genelinde yenilenebilir enerji pazarı (elektrik, ısıtma ve ulaşım) incelendiğinde son beş yılda kayda değer bir büyüme gözlemlenmiştir. Tablo 4’de dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretim miktarları ve oranları görülmekte olup 2010 ve 2035 yılları arasında 2,7 katı büyüme beklenmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından ısı üretimi 2010 yılında 337 Milyon ton eşdeğeri (Mtoe) petrol iken 2035 yılında 604 Mtoe olarak öngörülmektedir. Dünya genelinde biyoyakıt kullanımının ise 2035 yılında günlük 4,5 milyon varil eşdeğeri petrole ulaşması beklenmektedir (Ellabban vd., 2014).

Yenilenebilir enerji alanında Türkiye’de de dünya rakamlarına yakın gelişmeler ve beklentiler mevcuttur. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca hazırlanan 2019–2023 Stratejik Planına göre Türkiye, sürdürülebilir enerji arz güvenliğini sağlamak amacıyla yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik kurulu gücünün toplam kurulu güce oranının % 65 seviyesine yükseltilmesini amaçlamaktadır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020).

Türkiye’nin sektörel enerji tüketimi Şekil 5’te görülmekte olup, %25 ile Sanayi sektörü ve %24 ile Çevrim ve Enerji sektörleri en fazla enerji tüketimi olan sektörler olarak öne çıkmaktadır. Bu sektörleri %20 ile Ulaştırma sektörü takip etmektedir. Bu oranlara bakıldığında, enerji tüketiminin yüksek olduğu sektörlerdeki enerji verimliliği çalışmalarının önemi artmaktadır (Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, 2020).

Kömür ya da doğal gazdan elektrik enerjisi üretimi olan Çevrim sektöründe enerji tüketiminin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Santrallerde yakılan kömürün önemli bir kısmı, doğal gazında tamamı ithal edildiği bilgisinden yola çıkıldığında bu santrallerde elektrik enerjisi üretmenin ne kadar maliyetli olduğu görülmektedir. Bu nedenle santrallerde enerji verimliliği çalışmalarının ve atık ısı değerlendirme süreçlerinin önemi artmaktadır.

Ulaştırma sektörünün de enerji tüketiminde oldukça önemli bir paya sahip olduğu Şekil 5’te görülmektedir. Yük ve yolcu taşımacılığında daha çok karayollarının kullanılması sonucunda bu kadar fazla enerji tüketimi gerçekleşmektedir. Taşımacılıkta raylı sistemlerin yaygınlaşması, yük ve yolcu taşımacılığının önemli bir kısmının raylı sistemlerle yapılması bu enerji tüketim oranını düşürecektir. Yük taşımacılığında deniz ulaşımında kullanımının artırılmasıyla da ulaştırmadan kaynaklı enerji tüketim oranının düşmesine katkı sağlayacaktır.



#### 4. Tartışma Ve Sonuç

Türkiye’de petrol ve doğal gaz rezervleri kısıtlı olup, bu kaynaklara olan ihtiyaç ithal kaynaklardan karşılanmaktadır. Böyle kritik bir ihtiyacın ithal edilmesi Türkiye’nin cari açığını da artırmaktadır. Mevcut olan kömür rezervlerinin yeni temiz teknolojilerle daha yüksek verimde değerlendirilmesi, özellikle linyit kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Termik santrallerin yerli linyitlerin özelliklerine göre tesis edilmesi ve atık ısı geri kazanımlarının sağlanması gerekmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının en etkin şekilde değerlendirilmesi, enerji kaynakları arasındaki oranın ve kullanım potansiyelinin artırılması gerekmektedir. Dünya’daki gelişmiş ülkelerin enerji kaynak çeşitliliği incelendiğinde çevreyi de kirletmeyen nükleer teknolojinin payının yüksek değerlerde olduğu görülmektedir. Türkiye’nin enerji alanında dışa bağımlılığı azaltabilmesi için yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelinin daha etkin bir şekilde değerlendirilmesinin, enerji kaynak çeşitliliği ve bu çeşitlilik içerisinde nükleerin payının artırılması gerekmektedir. Bölgesel ihtiyaçların karşılanması amacıyla merkezi sistemden bağımsız olarak yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanılmasının önemi büyüktür (Yılankırcan, 2015).

Enerji tasarrufu potansiyelinin yüksek olduğu, özellikle enerji yoğun sektörlerdeki tasarruf potansiyellerinin değerlendirilmesi gerektiği ve Türkiye’de enerji verimli sistemlerin kullanımının zorunlu olduğu görülmüştür. Türkiye’nin, geleceğe yönelik enerji planlamalarını yaparken enerji verimli sistemlere yönelmesi, enerji yoğunluğunu düşürmesi, enerji planlamalarında ve uygulamalarında yerli kaynakları en etkin şekilde kullanması, çevre hususunu göz önünde bulundurarak sürdürülebilir bir enerji politikası belirlemesi gerektiği görülmüştür.

Dünya genelinde özellikle gelişmiş ülkeler enerji alanında çeşitlilik stratejisi yürütmektedirler, yani petrol, doğal gaz, kömür, yenilenebilir enerji, nükleer gibi hemen hemen tüm enerji kaynak türlerinden belirli oranlarda portföylerinde bulundurmaktadırlar. Enerji kaynaklarından herhangi birinde bir tedarik ya da üretim sorunu yaşanması durumunda, ülkelerinin enerji ihtiyaçlarını karşılamada herhangi bir aksaklık yaşamamak için bu stratejiyi yürütmektedirler. Türkiye’nin de enerji arz güvenliğini sağlamak için enerji kaynak çeşitliliği stratejisi yürütmesi yararına olacaktır. Petrol ve doğal gaz arama çalışmaları devam ederken, yerli kömürü daha verimli değerlendirme yöntemleri için çalışmalı, yenilenebilir enerji kaynaklarını en etkin şekilde değerlendirmeli, nükleer enerjiyi enerji portföyünde bulundurmalıdır. Enerji verimliliği çalışmalarının etkinliğini artırmalı, vatandaşların ve kurumlarının enerji tasarruf bilinci edinmelerini sağlamalıdır.

Türkiye bulunduğu coğrafi konum nedeniyle enerji boru hatlarının geçiş güzergâhındadır. Rusya ve Türk Cumhuriyetlerinden Avrupa’ya giden enerji boru hatları Türkiye topraklarından geçmektedir. Bu boru hatları projeleri süreçlerinde de Türkiye aktif rol oynamaktadır. Bu durumda Türkiye için stratejik bir avantaj teşkil etmektedir.

Türkiye, Karadeniz ve Akdeniz’de yapmakta olduğu hidrokarbon ve doğal gaz arama çalışmaları devam etmekte olup bu çalışmaların neticeleri görülmeye başlanmıştır. Bu faaliyetlerin

sürdürülmesiyle muhtemel rezervlerin Türkiye ekonomisine katkı sağlaması beklenmektedir. Türkiye coğrafi konum olarak Dünya'nın önemli doğal gaz ve petrol yataklarının olduğu orta doğu ya oldukça yakındır. Bu durum Türkiye'de de doğal gaz ve petrol bulunması ihtimalini güçlendirmektedir. Türkiye'nin Doğal gaz ve petrol arama faaliyetlerinin karada ve denizde devam etmesi, arama ve sondaj teknolojilerine sahip olması da stratejik öneme sahiptir.

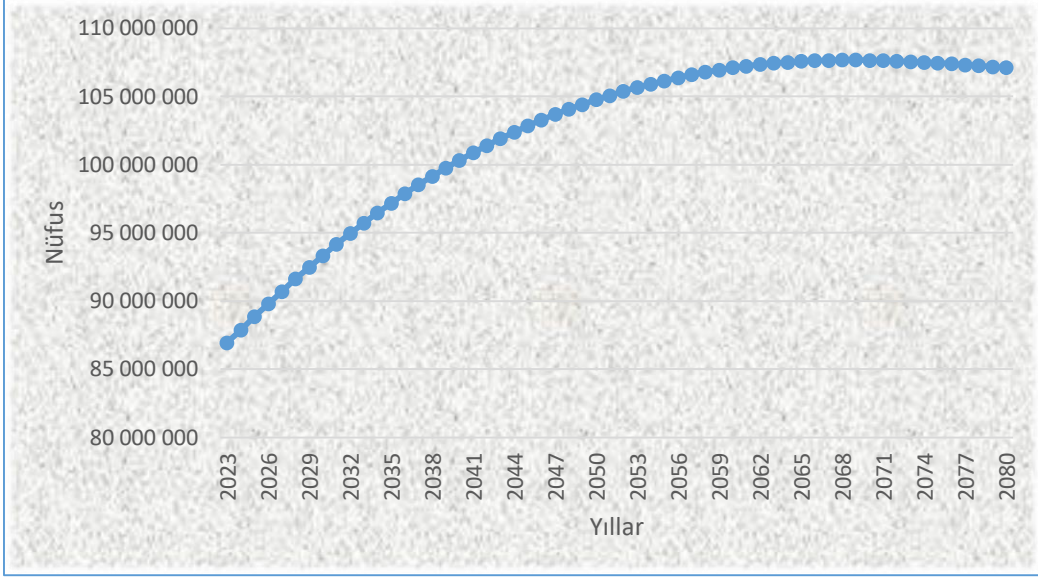
Bu çalışma geleceğe yönelik enerji ihtiyacının doğru tahmin edilebilmesi amacıyla YSA metodunun kabul edilebilir doğrulukta tahmin gerçekleştirdiğini göstermektedir. Nüfus artışı ve ekonomik göstergelerin, enerji talep artışı üzerindeki etkisi yapılan sayısal analizle ortaya konmuş ve enerji ihtiyacının yerli kaynaklardan karşılanabilmesi için yapılması gerekenler hususunda tespitlerde bulunulmuştur. Elde edilen tüm bu sonuçlar, Türkiye'nin geleceğe yönelik enerji planlamalarının belirlenmesine katkı sağlayacaktır.

## 5. Kaynakça

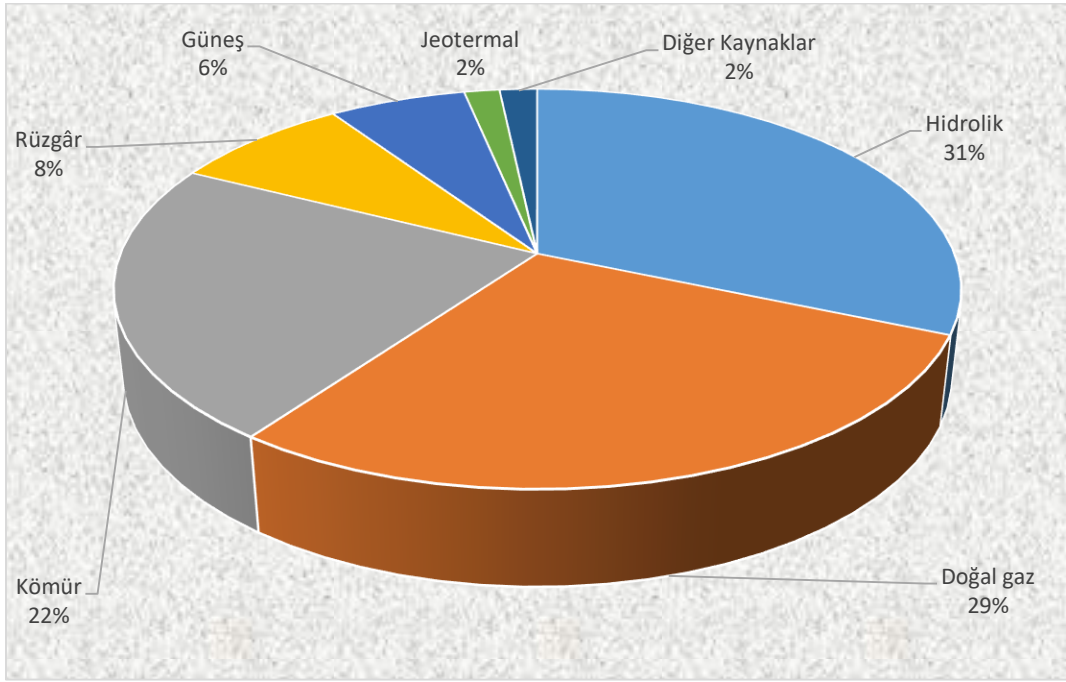
- Augutis, J., Martisauskas, L., Kriksitolaitis, R., Augutiene, E., (2014), Impact of the Renewable Energy Sources on the Energy Security, *Energy Procedia*, 61, 945- 948
- Bilgili M., Şahin B., Yaşar A. ve Şimşek E., (2012), Electric energy demands of Turkey in residential and industrial sectors, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Cilt 16
- Biyoloji Portalı. (2020). Sinir Sistemi. Retrieved from: <http://www.biyolojiportali.com/konu-anlatimi/9/14/Sinir-Sisteminin-Yapi-Gorev-ve-Isleyisi-Sinir-Sistemi-1>
- Düzgün, B. (2014), Türkiye'nin enerji verimliliğinin değerlendirilmesi: Beyaz Sertifikalar Sistemi'nin Türkiye'ye uygulanabilirliğinin incelenmesi, (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
- Ellabban, O., Ebu-rub, H., Blaabjerg, F. (2014), Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (39), 748-764
- Ekinci, F. (2019). YSA VE ANFIS Tekniklerine Dayalı Enerji Tüketim Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7, 1029-1044.)
- Elmas, Ç. (2007). "Yapay Zeka Uygulamaları", Ankara: Seçkin Yayınevi
- Enerji İşleri Genel Müdürlüğü. (2020). Denge Tabloları(2000-2018). Retrieved from: <https://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tabloları/Denge-Tabloları>
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2020). Bilgi Merkezi, Enerji. Retrieved from: <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik>
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2020). 2019-2023 Stratejik Planı, Retrieved from: <https://sp.enerji.gov.tr/>
- Erdal, L. (2011), Enerji arz güvenliğini etkileyen faktörler ve yenilenebilir enerji kaynakları alternatifi, (Doktora Tezi). Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın
- Es, H. A., Kalender, F. Y., Hamzaçebi, C., (2014), Yapay Sinir Ağları ile Türkiye'nin Net Enerji Talep Tahmini, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29, 495-504

- International Energy Agency. (2020). Key World Energy Statistics. Retrieved from: <https://www.iea.org/search?q=key%20world%20energy%20statistics>
- Kaytez, F. (2012), En Küçük Kareler Destek Vektör Makineleri ile Türkiye'nin Uzun Dönem Elektrik Tüketim Tahmini ve Modellemesi, (Doktora Tezi). Gazi Üniversitesi, Ankara
- Kutlu, B. Badur, B. (2009). Yapay Sinir Ağları İle Borsa Endeksi Tahmini. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Dergisi*, 63, 25-40
- Özcan, M. (2013), Türkiye elektrik enerjisi üretim genişletme planlamasında yenilenebilir enerji kaynaklarının etkileri, (Doktora Tezi). Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli
- Özkaymak, M., Sözen, A., Arcaklıoğlu, E., (2005), Turkey's Net Energy Consumption, *Applied Energy*, 81, 2, 209 – 221
- Prasad, R.D., O., Bansal, R.C., Raturi, A., (2014), Multi - faced energy planning A:reviews, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (38), 686-699
- Sözen, A., Arcaklıoğlu, E. (2007), Prediction of Net Energy Consumption Based on Economic Indicators (GNP and GDP) in Turkey, *Energy Policy*, 35, 4981 – 4992
- Tezekici, S. (2005), Türkiye'de enerji sektörü ve elektrik enerjisi talep projeksiyonu (kaynaklar-politikalar), (Doktora Tezi). İstanbul Üniversitesi, İstanbul
- Türkiye İstatistik Kurumu.(2020). Temel İstatistikler/Nüfus ve Demografi/Nüfus projeksiyonları/Yıllara Göre Nüfus, Retrieved from: <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2020). Temel İstatistikler/Nüfus ve Demografi/Nüfus İstatistikleri/Yıllara Göre İl Nüfusları, Retrieved from: <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2020). Temel İstatistikler/Ulusal Hesaplar/Üretim Yöntemi ile GSYH, Retrieved from: <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>
- Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu (2018). 2018 Yılı Kömür (Linyit) Sektör Raporu. Ankara: TKİ Bilgi
- Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (2019). Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu. Ankara: TPAO Basın Odası
- Türkiye Taşkömürü Kurumu (2020). 2019 Yılı Taşkömürü Sektör Raporu. Ankara: TTK Faaliyetler
- TÜSİAD (2014). World energy Outlook 2014 Türkiye Tanıtımı. İstanbul: TÜSİAD Yayınları.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2019). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2019-2023 Stratejik Planı. Bilgi Merkezi. Ankara
- Yılankırkan, N. (2015). Türkiye'nin Mevcut Enerji Potansiyelinin Tespiti ve 2023 Hedefi Doğrultusunda Geleceğe Yönelik Enerji Sistemlerinin Değerlendirilmesi, (Doktora Tezi). Gazi Üniversitesi, Ankara
- 21.Yüzyıl Türkiye Enstitüsü. (2020). Şeyl Gaz Gerçeği, (cited: 2020) Retrieved from: <https://www.21yyte.org/tr/merkezler/seyl-gaz-gercegi>

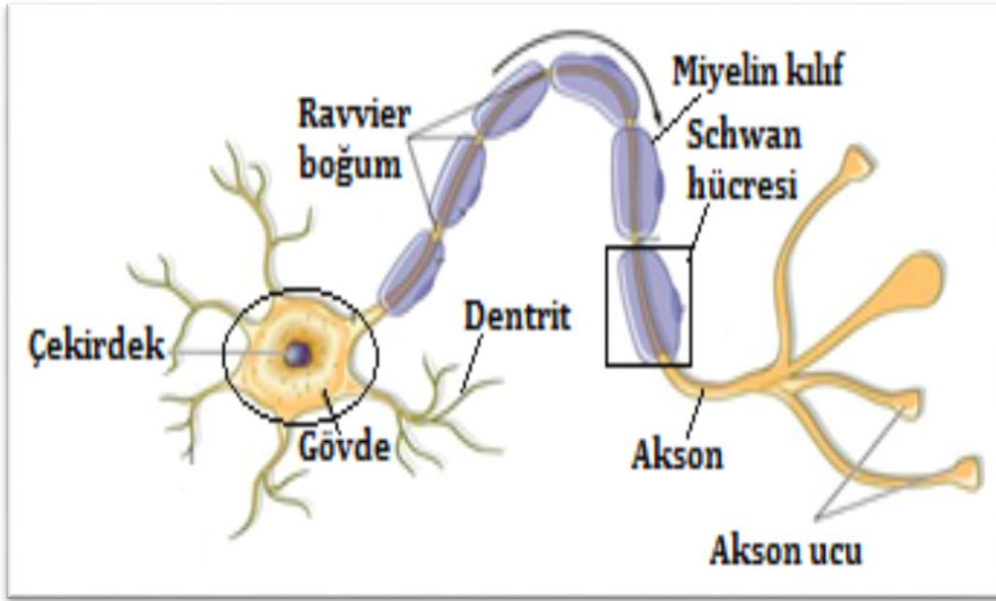
## 6. Tablolar Ve Şekiller



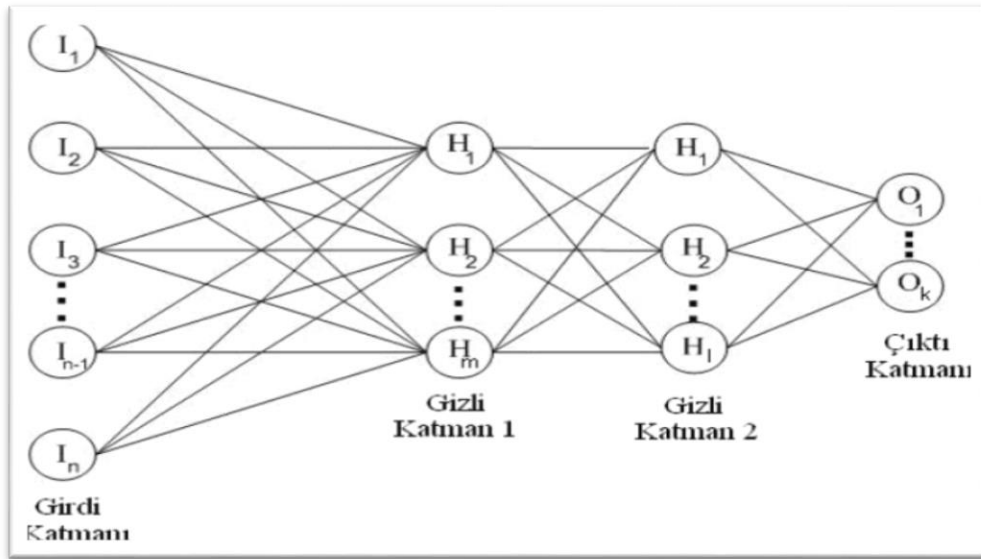
Şekil 1. Türkiye'nin geleceğe yönelik nüfus projeksiyonu



Şekil 2. Türkiye'nin elektrik enerjisi kurulu gücü



Şekil 3. Sinir Hücresi



Şekil 4. Ağ Yapısı

Tablo 1. Türkiye'nin enerji yoğunluğu

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
<b>Enerji Tüketimi MTEP (Milyon Ton Eşdeğeri Petrol)</b>	116,90	116,49	121,54	128,80	136,70	146,80	144,20
<b>GSYH (Milyar ABD Doları)</b>	627,75	654,07	870,92	1.087,60	1.122,50	1.206	980,40
<b>Nüfus (Milyon)</b>	74,90	75,77	76,62	77,50	78,20	80,30	81,40
<b>Milyon Ton CO2</b>	302,38	283,84	307,11	317,20	338,80	378,60	374,10
<b>Enerji Yoğunluğu (TEP/1000 Dolar)</b>	0,19	0,18	0,14	0,12	0,12	0,12	0,15

Tablo 2. Yapay sinir ağları giriş verileri (2000–2018)

YILLAR	NÜFUS	GSYH*1000.000 (TL)	BİRİNCİL ENERJİ ARZ MİKTARI (BTEP)
2000	64.729.501	170.667	79.428
2001	65.603.160	245.429	73.850
2002	66.401.851	359.359	77.075
2003	67.187.251	468.015	82.720
2004	68.010.215	577.024	85.665
2005	68.860.539	673.703	88.672
2006	69.729.967	789.228	96.165
2007	70.586.256	880.461	104.067
2008	71.517.100	994.783	102.825
2009	72.561.312	999.192	100.739
2010	73.722.988	1.160.014	105.888
2011	74.724.269	1.394.477	113.371
2012	75.627.384	1.569.672	117.312
2013	76.667.864	1.809.713	116.314
2014	77.695.904	2.044.466	120.505
2015	78.741.053	2.338.648	129.139
2016	79.814.871	2.608.526	136.229
2017	80.810.525	3.110.650	145.305
2018	82.003.882	3.724.388	143.666

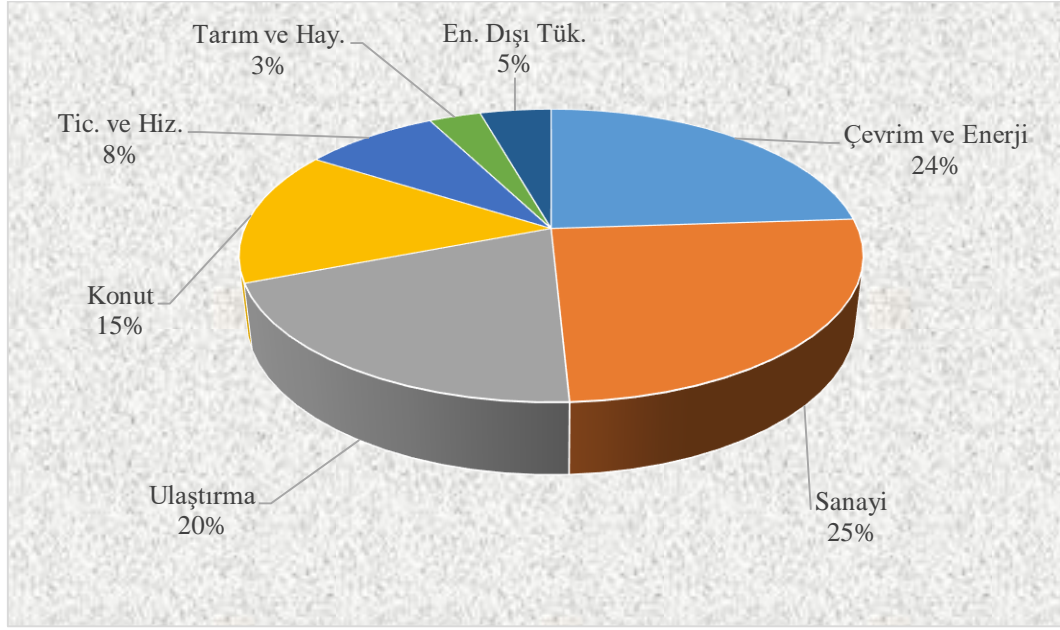


Tablo 3. Türkiye’ de 2019–2023 yılları için birincil enerji arz miktarları

Yıllar	Birincil Enerji Arzı BTEP
2019	145.509
2020	149.452
2021	153.394
2022	157.337
<b>2023</b>	<b>161.279</b>

Tablo 4. Dünya'daki yenilenebilir enerji kullanımı

	2010	2020	2035
Elektrik Üretimi (TWh)	4.206	6.999	11.342
Biyoenerji	331	696	1.487
Hidrolik	3.431	4.513	5.677
Rüzgâr	342	1.272	2.681
Jeotermal	68	131	315
Güneş	34	382	1.124
Dalga	1	5	57
<b>Toplam Üretimdeki Payı(%)</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>31</b>
Isı Talebi(Mtoe)	337	447	604
Endüstri	207	263	324
Bina ve Tarım	131	184	280
<b>Toplam Üretimdeki Payı(%)</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>14</b>
Biyoyakıt(mboe/gün)	1,3	2,4	4,5
Ulaşım	1,3	2,4	4,4
Havacılık	-	-	0,1
<b>Toplam Üretimdeki Payı(%)</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>6</b>



Şekil 5. Türkiye sektörel enerji tüketimi (2018)