

KASIM 2019

B.' Enerji Notları BEN. 32

Elektrik Üretim Yöntemlerinin Göreceli Karşılaştırması: No Free Lunch

BELİZ KÜÇÜKOSMAN
belizkucukosman@gmail.com

ELEKTRİK ÜRETME YÖNTEMLERİNİN GÖRECELİ KARŞILAŞTIRMASI:
NO FREE LUNCH

BELİZ KÜÇÜKOSMAN

B.' Enerji Notları BEN. 32
<http://berument.bilkent.edu.tr/BEN>

Bilkent Üniversitesi
İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi
Bilkent 06800, Ankara-Türkiye

KASIM
2019

Elektrik doğada direk olarak bulunan bir enerji kaynağı olmayıp çeşitli yöntemlerle üretilmektedir. Bu çalışmanın amacı, var olan kaynakları itibari ile elektrik üretim yöntemlerinin avantaj ve dezavantajlarını sıralamaktır.

Tablo 1 bize çeşitli elektrik üretim yöntemlerinin değişik oranlarda CO₂ salınımlandığını göstermektedir. Yani tüm enerji üretim yöntemleri ister fosil yakıtlı olsun ister yenilenebilir enerji kaynağı olsun, bir şekilde çevresel etki yaratmaktadır.

Tablo 1: Enerji Kaynaklarına Göre Karbon Emisyon Değerleri

Kaynak	Min-Max Sera Gazı Emisyonu (Ton-CO ₂ /Gwh)	Ortalama Sera Gazı Emisyonu (Ton-CO ₂ /Gwh)
Linyit	790-1,372	1,054
İthal Kömür	756-1,310	888
Taş Kömürü	756-1,310	888
Fuel-Oil	547-935	733
Doğal Gaz	362-891	499
Nükleer	2-130	66
Jeotermal	-	26
Hidroelektrik	2-237	26
Güneş	13-731	23
Rüzgar	6-124	10

Kaynak: Enerji Atlası <https://www.enerjiatlası.com/haber/elektrik-uretiminde-karbon-salinimi>

Elektrik üretim santrallerinde gerek sabit gerek değişken maliyetler birçok farklı etkene göre değişiklik gösterir. Tablo 2 elektrik üretim santrallerinin ilk yatırım maliyetlerini, yıllar içerisindeki bakım-onarım masraflarını içeren operasyonel maliyetleri ve oransal karşılaştırmasını KWh cinsinden göstermektedir. Ulaşılan toplam maliyetlere baktığımızda bir kez daha anlaşılmaktadır ki, her santralde kullanılan yakıt ve teknoloji fiyat bakımından farklılıklar doğurmaktadır. Dolayısıyla farklılık gösteren ilk yatırım maliyeti, sabit ve değişken işletme maliyetleri arasında, doğru bir karşılaştırma yapılamamaktadır.

Tablo 2: Enerji Santrali Maliyetleri

Santral Tipi	İlk Yatırım Maliyeti (\$/KW)	Sabit İşletme Maliyeti (\$/KW-Yıl)	Değişken İşletme Maliyeti (\$/Mwh)	İlk Yatırım/ İşletme Maliyeti*
Kömür Yakıtlı Santral	3246	37.8	4.47	76.792
Doğal gaz Yakıtlı Santral	917	13.17	3.6	54.681
Nükleer Enerji Santrali	5530	93.28	2.14	57.954
Hidroelektrik Santrali	2936	14.13	0	207.785
Rüzgar Enerji Santrali (Kara)	2213	3955	0	0.560
Rüzgar Enerji Santrali (Deniz)	6230	74	0	84.189
Güneş Enerji Santrali	3873	24.69	0	156.865
Jeotermal Enerji Santrali	4362	100	0	43.620
Biyokütle Enerji Santrali	4114	105.63	5.26	37.100

Kaynak: MMO, Mühendis ve Makina Dergisi. Erişim tarihi: 11 07, 2019 *Verisi olmayan maliyetler 0 olarak alınmıştır.

Tablo 3: Türkiye Elektrik Enerjisi Üretiminin Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı (GWh)

Birincil Enerji Kaynakları		2014		2015		2016	
		Elektrik Üretimi (Gwh)	Toplam Üretim İçindeki Payı	Elektrik Üretimi (Gwh)	Toplam Üretim İçindeki Payı	Elektrik Üretimi (Gwh)	Toplam Üretim İçindeki Payı
Kömür	Taş Kömürü+İthal Kömürü + Asfaltit	39,647	15,7%	44,830	17,12%	53,778	19,67%
	Linyit	36,615	14,5%	31,336	12%	38,460	14,07%
Sıvı Yakıtlar	Fuel-Oil	1,663	0,66%	980	0,37%	1,103	0,40%
	Motorin	482	0,19%	1,244	0,48%	1,548	0,57%
	LPG		0,00%		0,00%		0,00%
	Nafta		0,00%		0,00%	2	0,00%
Doğal gaz + LNG		120,576	47,9%	99,219	37,90%	87,820	32,10%
Yenilenebilir+ Atık		1,433	0,57%	1,758	0,67%	2,179	0,80%
Termik		200,417	79,5%	179,366	68,52%	184,889	67,63%
Hidrolik		40,645	16,1%	67,146	25,60%	67,268	24,60%
Rüzgar		8,52	3,4%	11,652	4,45%	15,492	5,67%
Jeotermal		2,364	0,9%	3,424	1,31%	4,767	1,74%
Güneş		17,4	0,01%	194	0,07%	972	0,36%
Genel Toplam		251,963	100,00%	261,783	100,00%	273,387	100,00%

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji Ve Tabii Kaynaklar Görünümü

<https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik>

Tablo 3'te elektrik enerjisi üretiminin birincil kaynaklara göre dağılımı verilmiştir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. 2017). Bu tablo, Türkiye'nin elektrik üretiminde enerji alternatifleri arasında çeşitliliğe gittiğini göstermektedir;

Tablo 4: 2018 Yılı Elektrik Üretiminde Kullanılan Kaynaklar ve Kurulu Güç Kaynak Kullanımları
Yüzdesel Dağılım

Kaynak	Elektrik Üretiminde Kullanılan Kaynaklar (%)	Kurulu Güç Kaynak Kullanımları (%)
Kömür	%37,3	%21,5
Doğal Gaz	%29,8	%25,6
Hidrolik Enerji	%19,8	%31,9
Rüzgar	%6,6	%7,9
Güneş	%2,6	%5,7
Jeotermal Enerji	%2,5	%1,4
Diğer	%1,4	%5,9

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Resmi Web Sitesi

Tablo 4 ise Türkiye'nin elektrik üretiminde kurulum kapasitesinin dağılımını göstermektedir. Mevcut santrallerin 653 adedi hidroelektrik, 42 adedi kömür, 249 adedi rüzgâr, 48 adedi jeotermal, 320 adedi doğal gaz, 5.868 adedi güneş, 243 adedi ise diğer kaynaklı santrallerdir. Elektrik tüketiminin 2023 yılında baz senaryoya göre yıllık ortalama %4,8 artışla 385 TWh'e ulaşması beklenmektedir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı). Çalışmanın bundan sonraki kısmında, her bir elektrik üretim yönteminin yapısı, avantajları ve dezavantajları sunulacaktır. Burada gösterilmek istenen şey, her bir yöntemin avantaj ve dezavantajlarının olduğu ve hepsini kapsayan tek bir elektrik üretim yönteminin olmayacağı ve ülkelerin bu yöntemleri belli bir kombinasyonla kullanması gerektiğidir.

1. Kömüre Dayalı Elektrik Üretimi

Taş kömürü, ithal kömür veya asfaltit yakarak sahip olunan ısı enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren santraller genellikle fosil yakıtlı güç santralleri olarak adlandırılır. Fosil yakıtlarla santralde ısıtılan su, bir buhar türbinini döndürerek elektrik üretilmesini sağlar. Afşin Elbistan, Soma, Yatağan ve Çayırhan Termik Santralleri gibi ülkemizde 50'ye yakın kömüre dayalı elektrik üreten santral bulunmaktadır. Termik santrallerde katı yakıt olarak en çok taş kömürü ve linyit kullanılmaktadır.

Avantajları:

- Suyun buhar haline getirilmesi amacıyla kullanılan su ve düşük kalitede tercih edilen kömürden dolayı düşük maliyetli olup üretim yapması kolay bir kaynaktır.
- Yeraltı kaynaklarına veya santral kurulacak bölgedeki enerji kaynaklarına bağlı olmadığı için kömürün taşınabildiği her yere santral kurulabilir. Ayrıca kömür, dünyada hemen hemen her bölgede bulunabildiğinden arz güvenliği sorunu yaşanmaz.
- Yanma sonrasında açığa çıkan su buharı ile elektrik üretimi sağlandığı için bu tür santrallerde elektrik üretimi, ekonomik kaygılar taşımaz.
- Hidroelektrik santralle karşılaştırıldığında, kömüre dayalı elektrik üretim santrallerin kuruluş masrafının daha az olduğu, üretime daha kısa zamanda geçildiği ve üretimin iklime bağlı olarak değişiklik göstermediği gözlenmiştir. Ayrıca kömür, diğer birincil enerji kaynaklarına göre ülkeler arasında daha adil bir dağılıma sahiptir.
- Bacalardan çıkan zararlı gazların etkisini minimize etmek için Baca Gaz Arıtma Sistemleri kullanılmaktadır.

Dezavantajları:

- Termik santrallerde üretim sırasında azot oksit (NO), kükürt dioksit (SO₂) ve pek çok küçük yapılı partikül açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan bu partiküller Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlediği sınırları geçtiğinde insan sağlığı için tehdit oluşturmaktadır. Yapılan araştırmalara göre bu maddeler santral yakınlarında yaşayanların sinir sisteminde olumsuz etkilere yol açmaktadır.
- Santral bacalarından çıkan zararlı gazlardan sadece insanlar değil, santral yakınlarındaki hayvanlar da zarar görmektedir. Üretim sırasında bacalardan salınan küller solunduğunda çevrede kanser riskini arttırmaktadır. Ayrıca çevredeki tarlalara, su kaynaklarına ve ormanlara da zarar verebilir.
- Bacalardan çıkan NO ve SO₂ zararlı gazların direk etkilerinin yanı sıra, bu gazlar asit yağmurlarına sebep olmaktadır. Asit yağmurları sonucunda da santralin olduğu bölgelerde toprak yapısında bozulmalar ve verim düşüklüğü gözlemlenmiştir. Ayrıca asit yağmurlarından etkilenen ağaçlar sonucunda hayvancılık sektörü de etkilenmektedir.
- Enerji kaynaklarına göre karbondioksit (CO₂) emisyonları incelendiğinde kömüre dayalı termik santrallerde 870 g- CO₂ eq/KWh emisyon oluşmaktayken, emisyon değerleri rüzgar enerji santrallerinde 14 g- CO₂ eq/KWh ve nükleer enerji santrallerinde 12 g- CO₂ eq/KWh 'dir. Dolayısıyla küresel ısınma ve hava kirliliği göz önüne alındığında kömüre dayalı termik santraller dünyamıza en büyük zararı vermektedir (Solarbaba, 2019).
- Santraller de elde edilen buharın soğutulması amacıyla santraldeki sıcak su, soğuk suyla değiştirilmektedir ve santralden çıkan sıcak su santral dışına bırakıldığında ortamdaki canlılara zarar vermekte, etraftaki yer altı sularını ve akarsuları kirletmektedir.

- Gençer'in (2003) çalışmasında bahsettiğine göre, nükleer santrallerle kömür santrali karşılaştırıldığında, kömür santralının 100 kat fazla radyasyon yaydığı tespit edilmiştir. Türkiye genelinde yıllık yaklaşık olarak 64 milyon ton linyit yakıt olarak kullanılmaktadır. Bu santrallerden hiçbir önlem alınmadan yaklaşık 80 ton uranyum ve neredeyse iki katı kadar toryum çevreye atılmaktadır. Kömür içerisinde ortalama milyonda 1.3 uranyum, milyonda 3.2 toryum vardır. 1000 MW'lık bir kömür santralinden yılda 5.2 ton uranyum, 12.8 ton toryum, 0.33 ton radyoaktif potasyum (K-40) çevreye atılmıştır. Örneğin Afşin-Elbistan termik santrali kurulu gücü 1360 MW ve yılda 18 milyon ton linyit kömürü yakılmaktadır. Afşin-Elbistan termik santralinden yılda 23.4 ton uranyum ve 57.6 ton toryum çevreye salınmıştır (Şahin, Yıldız, & Altınok, 2002).
- Ayrıca termik santral küllerinin toplandığı alanda oluşan radon gazı havaya ulaştıktan 4 gün içerisinde Polonyuma ve aktif kurşuna dönüşebilmektedir. Dolayısıyla kül yığınları çevreye radyoaktif madde yaymaktadır.
- Kömüre dayalı termik santrallerde verim düşüklüğü teknolojiye ve sisteme bağlı olarak oluşmaktadır. Aslan (1996)'ın çalışmasında da görüldüğü üzere "bir termik elektrik santralının %33 gibi düşük bir verimde çalışması demek, %38 gibi yüksek verimde çalışmasına göre, 2 milyar kWh'lik enerjinin boşa harcanması demektir".

2. Doğal Gaz Yakıtlı Üretim Santralleri (Kombine Çevrim Santralleri)

Elektrik üretimde yakıt olarak doğal gaz kullanan santrallerde, diğer bir deyişle kombine çevrim santrallerinde, türbinler doğal gazla çalıştırılır. Türbinden çıkan ısı ve egzoz gazlarının ısını, su veya buhar çevriminde kullanarak elektrik enerjisi üretilmesini sağlar.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın verilerine göre bugün Türkiye'de 320 tane doğal gaz santrali bulunmaktadır ve bu santrallerin yıllık enerji üretimleri yaklaşık 147.357 GWh'dır. Günümüzde enerji üretimimizin %30,7'si, doğal gaz santrallerinden karşılanmaktadır. Fakat hammaddede dışa bağımlı olduğumuzdan dolayı enerji üretim çokluğumuzla doğru orantılı olarak dış borcumuz da artmaktadır (Gülter, Sarı, Basut, Ünlüer ve Sevinç, n.d). EPDK'nın yayınladığı 2018 Yılı Doğal gaz Piyasası Sektör Raporuna göre, 2018'de ithal edilen doğal gaz 2017 rakamlarına göre %8,85 düşerek 50,360.58 milyon Sm³ doğal gaz olmuştur. 2018'de ithal edilen doğal gazın 15,644.87 Sm³ lük kısmı yani %31,72'si elektrik santrallerinde tüketilmiştir.

Avantajları:

- Elektrik üretiminde fosil yakıt kullanılan konvansiyonel santrallerle karşılaştırıldığında doğal gazla çalışan çevrim santrallerinin maliyetleri yatırım ve bakım anlamında düşük olup, göreceli olarak daha verimlidir. Ayrıca ihtiyaç duyulan alan konvansiyonel santrallere göre daha azdır.
- Elektrik üretiminin yanı sıra kazandan veya türbinlerden dışarıya atılacak ara buharın toplanması halinde lokal olarak kullanılabilir elektrik enerjisi de üretilmiş olur. Bu sisteme birleşik ısı-güç veya kojenerasyon denir.
- Yapılan yatırımın kendini kompanse etme süresi, santralin emre amadeliliği, güvenilirliği ve üretim kapasitesinin fazlalığı sebebiyle kısadır.
- 15-20 dakika gibi kısa bir sürede tam yüke ulaşılır.

- Santral alanının çok büyük olması gerekmediğinden şehir yük merkezlerinin yakınına kurulabilir.
- Çevresel etkileri bakımından diğer termik santrallere göre çevreye daha az zarar verir. Yüksek verimli olduğu ve tam yanma gerçekleştiği için çevreye düşük miktarda CO gibi yanmamış gazlar salınır. Bu sebepten ötürü en çok tercih edilen fosil yakıtlı santrallerden biri olmuştur.

Dezavantajları:

- Doğal gaz gaz halinde taşınabildiği için taşıma maliyeti düşüktür ancak taşıma için gerekli sıcaklık/basınç oranı iyi hesaplanmazsa patlama riski taşır. Ayrıca herhangi bir sızıntı durumunda renksiz ve kokusuz olduğu için sızıntının anlaşılması zordur.
- Santrallerin bacasından çıkan azot gazları, azot dioksit (NO₂) halini alarak havadaki su ile tepkimeye girerek asit oluşumunu sağlar. Bu oksitler, kömürle çalışan termik santrallerde olduğu gibi bir hafta havada asılı kalırlar ve daha sonra asit ve nitrat hallerinde yeryüzüne çökerek kirliliğe neden olur. Bu kirlilik insanlarda akciğer kanseri ve amfizem gibi çok ciddi akciğer hastalıklarına yol açar ve ayrıca kanın oksijen taşıma kapasitesini de düşürür.
- Havaya yayılan azot gazlarının yanı sıra, gerekli tedbirler alınmadığında havaya kükürt oksit (SO_x) salınımı olur. SO₂ de yine NO₂ gibi havada 2 ila 4 gün asılı kalır ve 1000 km yol alabilir ve dolayısıyla ortaya çıkan kirlilik uluslararası bir boyut kazanabilir. Kükürt oksitler su ile birleştiğinde sülfürik asitleri oluşturur ve asit yağmurları olarak yeryüzüne ulaşır.
- Yakıtlar karbon monoksitle (CO) kısmi olarak yanar ve atmosferdeki oksijenle birleşerek karbondioksiti (CO₂) oluşturur. Yanma maksimum verimle gerçekleşirse CO yayını minimuma inmiş olur. Fakat CO insanlarda çok ciddi problemlere yol açmaktadır. Ayrıca atmosferde CO₂ artışı sera etkisi yaratır ve oksijen derişimini düşürür.
- Çevresel etkilerinin yanı sıra yakıt giderleri diğer elektrik üretim santrallerine göre çoktur. Bu yüzden kombine çevrim santralleri son yıllarda daha çok elektriğin pahalı olduğu, elektrik tüketiminin çok yüksek olduğu puant saatlerde çalışmaya başlamıştır.

3. Nükleer Enerji

Nükleer Enerji üretilirken, santraldeki reaktörlerde Uranyum-235 çekirdeklerine nötronlar çarparak Uranyum-236 haline dönüşür ve hemen bölünür. Oluşan fisyon sonucunda nükleer enerji ortaya çıkar. Nükleer enerji santrallerinde elektrik üretimi, nükleer ada denilen kısımda suyu yüksek enerji ve kalitede buhara dönüştürerek türbin adasına gönderilmesiyle başlar. Adadaki buhar, türbin kanatlarına çarparak kanatların dönmesini sağlar. Türbin milinin ucundaki jeneratör rotorunda oluşan mekanik enerji elektrik enerjisine dönüşür. Ülkemizde hali hazırda nükleer santral yoktur fakat Akkuyu ve Sinop'ta Rusya ve Japonya ile anlaşarak yapılması planlanmıştır.

Avantajları:

- İklimsel ve meteorolojik şartlardan etkilenmeden 7/24 çalışabilirler, dolayısıyla bu konuda güvenlidirler.

- Birim maliyet fiyatlandırmasında diğer enerji kaynaklarına göre operasyonel giderler bakımından nükleer yakıt maliyeti daha düşüktür.
- Hodoğulları (2017)'nin da bahsettiği üzere, fosil yakıtlı santrallerde olduğu gibi sera gazı salınımı veya asit yağmurlarına sebebiyet verecek SO₂, CO₂ gibi çeşitli gaz salınımı yapmaz. Dolayısıyla karbon salınımını arttırmadan büyüyen bir ekonominin elektrik ihtiyacını karşılamak için uygulanabilir bir çözümdür.
- Ayrıca elektrik üretim santrallerinin karbon salınımına bakıldığında, “nükleer enerji şu an için mevcut olan büyük ölçekli, oturmuş, geniş ölçüde aktarılabilir tek karbonsuz elektrik üretim kaynağıdır” (Uçkun, 2015).
- Geniş bir santral alanına gerek yoktur. Fakat santral yapılacak alanın çok doğru seçilmesi gerekir. Reaktörün yapılacağı bölgenin sismik ve meteorolojik özelliklerine dikkat edilmelidir, çünkü her türlü sismik hareket, santrali etkileyecektir dolayısıyla santraller 6,5 büyüklüğünde olabilecek depremlere karşı dayanıklı tasarlanmalıdır (ISISAN, 2017).
- Yayıdığı radyasyon bakımından termik santrallere göre daha güvenlidir, dolayısıyla etrafında tarım, balıkçılık ve turizm yapılabilir.
- Çok ufak büyüklükte uranyum kullanıldığında 1ton kömür veya 481 m³ doğal gazdan üretilen elektrik üretilir. Aynı zamanda bir nükleer reaktör sayesinde neredeyse 780.000 hanenin elektriği karşılanmış olur.

Dezavantajları:

- Elektrik üretimi sırasında çok tehlikeli atıklar oluşmaktadır ve bu atıkların düzenli olarak depolanması gerekmektedir. “Ortalama gücü 1000 MW olan bir nükleer santral, yaklaşık 27 ton yüksek düzeyli, 250 ton orta düzeyli, 450 ton düşük düzeyli atık üretmektedir. Bu atıklar ve tükenmiş yakıt çubukları, 10-20 reaktörün içindeki ya da yanındaki havuzlarda bekletilerek radyasyon seviyesi düşürülmektedir. Henüz dünyanın hiçbir bölgesinde, nükleer atıkların saklanması ve imhası için, lisanslı nihai bir çözüm ve depolama alanı bulunmamaktadır” (Yıldırım ve Örnek, 2007).
- Nükleer santral kazalarının eski örneklerinden de anlaşılacağı gibi çevre ve insanlar açısından çok ciddi sorunlara yol açabilmektedir. Yaşanacak olası bir problemde eğer herhangi bir sızıntı olursa su kirlenir ve kirlenmiş suyun etkisi uzun yıllar görülür. Şimdiye kadarki yaşanan nükleer santral felaketlerinden en çok hasara neden olan Çernobil ve Fukushima kazalarıydı. Çernobil kazasından sonra toplamda kaç kişinin öldüğü net olarak bilinmese de 800.000'den çok olduğu, Ukrayna'nın (o zamanlar SSCB'ye bağlı) Pripyat kentinden 350.400 kişinin tahliye edildiği ve dört bin kilometrelik alanın tahliye edildiği bilinmekle beraber başta Rusya olmak üzere dünyada kansere yakalanma riski artmıştı. Yine aynı şekilde Fukushima kazasında da 160 bin kişi evlerinden ve köylerinden tahliye edildi. Yaşanan kazaların etkilerinin önümüzdeki 20-30 yıl devam etmesi beklenmektedir (Greenpeace, 2014).
- Olası terör saldırılarında büyük risk taşımaktadır.
- Nükleer santrallerin kurulum, sökme ve bertaraf etme maliyetleri yüksektir. Mentş (2009)'in bahsettiğine göre örneğin “ABD'deki Maine Yankee reaktörünün kurulum maliyeti 280 milyon dolar iken, söküp bertaraf edilmesinin maliyeti 2 milyar dolardır.

Yani bir nükleer santralden kurtulabilmek için kuruluş maliyetinin sekiz katını ödemek gerekmiştir". Bunun yanı sıra yüksek miktarda sabit maliyette gerektirmektedir.

- Uranyum kaynaklarının yakın gelecekte tükeneceği ön görülmektedir.

4. Hidrolik Enerji (Hidroelektrik Santralleri- HES)

Hidroelektrik sistemleri, santral gücüne (büyük, küçük, mikro ve makro ölçekli hidroelektrik sistemler) ve suyun depolanmasına göre farklılık gösterir. Dolayısıyla hidrolik enerji, her güç büyüklüğüne ve depolama sistemine göre farklı avantaj ve dezavantajlara sahiptir.

Avantajları:

- Depolamalı sisteme baktığımız zaman, suyun önü bir baraj sistemi ile kapatılmaktadır. Bu sistemin avantajı yağışlı sezonda suyun barajda tutulmasıdır. Böylece yağışsız ve kuru sezonda da gerekli potansiyel enerji sağlanmış olur.
- Diğer yandan depolamasız sistemde suyun önü kesilmez, sadece bir kısmı bir kanal içerisine alınır. Mikro hidroelektrik sistemler genellikle depolamasız sistemlerdir. Depolamasız sistemlerin en büyük avantajı lokal olarak çok düşük bir maliyetle yapılabilmeleridir. Akarsu yatağına az zarar verirler ve yükleme odasında günlük bazda yapılan ayarlarla da su debisi kontrol edilir.
- "1 MW'lık bir güç yaklaşık 40.000 elektrik lambasının ihtiyacı olan enerjiyi üretir. 1 KW'lık bir güç ise 4 lambalı (25 wattlık) 10 evin aydınlanması için gerekli olan enerjiyi verir. 50 MW'lık bir güç 500.000 evin ışık ihtiyacı olan enerjiyi verir" (Çakanyıldırım,2019).
- Hidroelektrik santrallerinin inşa süreleri uzun olmasına rağmen ekonomik ömürleri termik santrallerden daha uzundur. Kömür yakıtlı santraller ile kombine çevrimli santrallerin ömürleri 25 yıl iken baraj ve hidroelektrik santrallerin ekonomik hizmet süresi 40-50 yıldır. Bu değerler fizibilite çalışması değerleridir. Bazı rehabilitasyon çalışmaları ile hidrolik santrallerin ömürleri 75-100 yıla çıkartılabilmektedir. Ayrıca termik santraller doğal kaynakları tüketir. Buna karşılık hidrolik potansiyelin gelişmesi ile barajlarda meydana getirilen yapay göller vasıtasıyla ortamda oluşan buharlaşma havzanın daha fazla yağış almasına yol açmakta ve diğer bir deyişle kaynak artırıcı olarak işlev görmektedir.
- Türkiye'nin en fazla kullanılan alternatif enerji kaynağı olmasına rağmen potansiyelin %29 'luk kısmı kullanılmaktadır. Türkiye'nin geliştirilen projelere göre öngörülen ekonomik hidroelektrik potansiyeli 125 milyar kWh/yıl'dır. Bu potansiyelin 1997 yılına kadar ancak %29'u (36 milyar kWh/yıl) üretilebilmiştir. [TÜBİTAK-TTGV].
- Hidroelektrik santrallerin teknik bazda en büyük avantajı diğer santrallere kıyasla (özellikle pik saatlerde) çok çabuk devreye girme özelliğidir. Bir hidroelektrik santralin ani talep durumunda devreye girmesi için sadece birkaç saniyeye gereksinim varken bu süre termik santraller için birkaç saati almaktadır. Genel olarak hidrolik santraller sayesinde üretilen enerjinin maliyeti düşüktür ve kirlilik oluşturmaz. Aynı zamanda %80 gibi yüksek verim oranına sahiptir (Çakanyıldırım, 2019).

Dezavantajları:

- Depolamalı sistemler avantajlı olmalarının yanı sıra operasyonel harcamalar bakımından daha pahalıdır ve karmaşıktır. Pahalı olmasının sebebi, zamanla baraj gölünün kum ve benzeri maddelerle dolmasıdır, böyle durumlarda baraj gölünün temizlenmesi ve eski halini alması hayli zaman almakla beraber çok maliyetlidir.
- Depolamasız sistemlerde görülen en büyük dezavantajlardan biri ise kurak sezonda türbinin dönmesi için gereken debinin verilememesidir.
- Türkiye'nin yağış rejimi iklimsel ve meteorolojik değişimler yüzünden düzensiz ve dengesiz olarak görülmektedir. Bu durum, hidroelektrik üretiminde yıllar arası farklılıklar doğurmaktadır (Çakanyıldırım, 2019).
- Türkiye'de var olan akarsulardan maksimum faydanın sağlanabilmesi için akarsularımızın düzenlenmesi ve yapılan araştırmalara göre neredeyse 702 adet barajın inşa edilmesi gerekmektedir (Çakanyıldırım, 2019).
- Tüm avantajlarına rağmen, hidroelektrik santralleri yaptıkları bölgenin ekolojisini değiştirmektedir. Örneğin, nehirlerden akan su ile karşılaştırıldığında barajlarda toplanan su daha soğuktur ve bu durum balık ölümlerine neden olmaktadır. Barajları besleyen çevredeki nehirlerde su seviyesi normalde olması gerekenden daha aşağıda veya yukarıda görülebilir ve nehir çevresindeki bitki gelişimine olumsuz etkide bulunabilir (Kayfeci, 2011).
- Yapılan barajlar ve hidroelektrik santralleri kurulduğu bölgeyi ve Türkiye'nin ekonomisini olumlu etkilese de yapılan teknik hatalar veya eksiklikler o bölgedeki balıkların zararına olabilmektedir. Balıkların göç yollarına yapılan baraj veya hidroelektrik santraller (HES) balıkların üreme ve beslenme zincirini yarıda kesmektedir. Balık türlerinin göç yollarından tekrar habitatlarına dönmeleri için HES'lere balık geçitleri yapılmalı, bununla da kalmayıp bu geçitlere yeterli suyun verilmesi gerekmektedir. Ülkemizde DSİ tarafından yapılan ilk barajlarda balık geçitlerinin olmaması büyük bir eksiklik, bazılarında ise yalnızca regülatör vardır. Bunun yanı sıra, Siirt Alkumru Barajı ve Rize Kalkandere Barajı gibi barajlarda balık geçitleri bulunmaktayken, Atatürk barajında balık geçitlerinin bulunmaması yüzünden dikenli yılan ve tatlısu kefali gibi birçok türün sayısında azalma olabilir. Bunun önüne geçmek için tehlike altında olan balıkları tuzaklayıp, uygun olanlarını küçük havuzlarda yetiştirip çoğalttıktan sonra serin sulara taşıma gibi transfer yapılabilir (Bozkurt & Yüksel, 2017).

5. Rüzgar Enerjisi

Türkiye'de yer seviyesinden 50 metre yükseklikte ve 7.5 m/s üzeri rüzgar hızlarına sahip alanlarda kilometrekare başına 5 MW gücünde rüzgar santrali kurulabileceği kabul edilmiştir (T.C. Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı). Bu kabuller ışığında Türkiye rüzgar enerjisi potansiyeli 48.000 MW olarak belirlenmiştir. Bu potansiyele karşılık gelen toplam alan Türkiye yüz ölçümünün %1.30'una denk gelmektedir. Yüksek teknoloji gerektiren deniz üstü rüzgar santralleri (DRES) ise içinde farklı riskler barındırdığı için henüz Türkiye'de faaliyete geçmemiştir

(IEA, 2016). 2018 yılında rüzgar türbinleri kurulumu için harekete geçilmiş fakat henüz sonuç alınamamıştır. Dünyada ise 10 tanesi Avrupa'da olmak üzere Çin ve Japonya deniz üstü rüzgar enerjisinden faydalanmaktadır. DRES'lerin yatırım maliyetleri RES'lerin iki katı olmasına rağmen DRES'lerden alınacak fayda RES'lerin iki katıdır ve yıllar içerisinde rüzgar enerjisinden elektrik üretimindeki talebin DRES'lere kayacağı düşünülmektedir (Koroğlu, & Ülgen, 2018). Ayrıca "IRENA'nın raporuna göre offshore RES ihaleleri sonucu oluşan fiyatlar ile 2020-22 yılları arasında hayata geçecek projelerin elektrik üretim maliyetleri 6-10 ¢/kWh seviyelerine inecek ve bu sayede 2020 yılından sonra fosil yakıt kullanan elektrik santrallerinin üretim maliyetleri ile rekabet edebilecekler" (Dünya Enerji Konseyi, 2018).

Rüzgar türbinlerinin kurulum maliyeti kulenin kurulacağı betonarme temel, türbinleri temele taşımak için yapılacak 30 tonluk kamyonları taşıyacak güçte olan yolların yapımı, transformatör, türbinleri kontrol etmek için kullanılacak iletişim bağlantıları ve kablo maliyetlerini içerir, ve bu maliyet yaklaşık olarak 15000 USD'ye yakındır. Operasyon maliyetlerine baktığımızda ise tek bir türbin kurmaktansa rüzgar tarlası oluşturmak daha karlıdır. Kurulan rüzgar türbinleri ortalama 20 yıl ömre sahiptir ve yıllık bakım masrafları kurulan türbinin yaşına, kalitesine ve bölgedeki hava şartlarına göre değişir. 25kW-150kW üretim yapabilen eski türbinlerin yıllık bakım maliyeti güce göre değişse de 3cent/kWh'dir. Kurulan yeni türbinlerse yıllık 1,5-2 cent bakım masrafı gerektirir. Sabit olan bu masraflar 0.001 USD/kWh civarındadır (Ağçay,2007).

Avantajları:

- Termik santrallerde olduğu gibi bir yakıt maliyeti yoktur.
- Elektrik üretiminde rüzgar enerjisi kullanılırken doğaya hiçbir zararlı gaz veya sera gazı salınımı yapılmaz, bu anlamda temiz enerji kaynağı ve üretim yöntemidir (Varınca & Varank, n.d).
- Rüzgar türbinlerinin kurulumunda, yerleşim yerlerinden uzak olması ve daha dağlık arazilere kurulması dışında, alan sınırlaması yok denilecek kadar azdır. Fakat yine de kuş göç yolları üzerinde olmamasına dikkat edilmelidir. Güneş enerji tarlaları gibi büyük bir arazi alanı kaplamaz. Örneğin bir adet rüzgar türbini 1MW elektrik üretebilirken, güneş enerjisi ile 1 MW elektrik üretebilmek için 20.000 m² alan gereklidir.
- Rüzgar enerji santrallerinde toplam santral alanının %1'i işgal edilir, geri kalan kısım tarımsal ve hayvansal faaliyetlerde kullanılabilir (Varınca & Varank, n.d).
- Rüzgar türbinleri optimum rüzgar hızında çalışabilmektedir, gece ve gündüz koşullarına bağlı olarak üretimde değişiklik olmaz (Ankara Üniversitesi, 2018). "Elde edilecek enerji ortalama rüzgar hızının kübü ile orantılıdır. Eğer rüzgar hızı 2 kat artar ise elde edilen enerji 8 kat artar (Ağçay, 2007).

Dezavantajları:

- Rüzgar enerji santrallerinde üretim yapılabilmesi için optimum seviyede esmesi gereken rüzgar, fazla veya az eserse türbinler çalışmaz.
- Lisanssız kurulan güneş santralleri gibi rüzgar enerji santrallerinin kurulumu kolay değildir, santral lisansı alabilmek için çok ciddi ölçümlerin yapılması gerekmektedir.
- İlk yatırım maliyetleri yüksektir.

- Rüzgar güllerinin çevresel en büyük sorunlarından biri göç eden kuşlara verdiği zararlardır. Ayrıca esen rüzgarın yönünü değiştirebildiğinden veya dağıttığından, çevrede uçan böceklere ve arılara zarar vermekle beraber, rüzgarla uçan polenlerinde yönünü değiştirerek tozlaşmayı zorlaştırır (Varınca & Varank, n.d).
- Rüzgar santralleri eğer çok fazla miktarda bir bölgede toplanmış ise, bulunduğu bölgede 2-3 km'lik alanda cep telefonu ve TV sinyallerini bozabilmektedir (Kakilli ve Aküner, n.d).
- Rüzgar enerji santrallerinin en önemli sorunlarından biri gürültü yapmasıdır. Santralden çıkan gürültü uçak motorlarının sesine benzer ve eğer santral, yerleşim yerlerine yakınsa bu durum çevrede yaşayan insanlara ve diğer canlılara zarar vermektedir. İnsanlarda uyku bozukluğu, baş ağrıları, kulak çınlaması, sersemlik hissi, konsantrasyon ve hafıza bozuklukları gibi daha birçok hastalığa yol açabilir (Ankara Üniversitesi, 2018). Fakat yapılan diğer çalışmalar göstermektedir ki rüzgâr türbinlerinin çıkardığı gürültü 50 dB seviyesindedir ve diğer çoğu kaynaktan (uçaklar, havalı matkap vb.) çıkan gürültüye göre daha azdır. Bu durum, rüzgâr türbinlerinde oluşan gürültünün insanları rahatsız edecek bir düzeyde olmadığını göstermektedir.
- Rüzgar enerjisinin bir diğer sorunu üretim ve tüketim zamanları arasında oluşan farktır. Elde edilen enerji, üretildiği yerde tüketilmek veya enterkonnekte şebekeye verilmelidir. Bu anlamda farklı depolama yöntemleri kullanılmaktadır. Suyun ayrıştırılarak içindeki hidrojen moleküllerinin depolanması, enerjinin akümülatörlerle depolanması, suyun pompalanarak potansiyel enerjisinin artırılması, enerjinin sıkıştırılmış havada depolanması ya da enerjinin ısı enerji şeklinde suda depolanması gibi birçok yöntem izlenebilir.

6. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisinde düşük, orta ve yüksek sıcaklık değerlerine göre farklı uygulamalar görülmektedir. Örneğin, düşük sıcaklıkta (20-100 °C) genelde bina, sera ve havuz gibi alan ısıtmalarında, tuz üretiminde; orta sıcaklıkta (100-300 °C) buhar ve elektrik üretimi, büyük ısıtma ve soğutma sistemlerinde; yüksek sıcaklık sayesinde (>300 °C) parabolik çanak ve merkezi alıcılarla elektrik üretimi yapılmaktadır (Varınca & Varank, n.d.). Güneş enerjisinden yararlanmada güneş havuzları, güneş bacaları, parabolik kolektörler, fotovoltaik güneş panelleri gibi çok farklı sistemler geliştirilmiştir. Ayrıca Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli Almanya'ya oranla 2 kat daha fazla olmasına rağmen Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA) 2016 verilerine baktığımızda Almanya'da fotovoltaik güneş panelleriyle 38.098 GW elektrik üretirken, Türkiye yalnızca 1.043 GW üretmiştir (IEA).

Avantajları:

- Tükenmeyen ve temiz bir enerji kaynağıdır, termik santrallerde olduğu gibi çevreye sera gazı salınımı yapmaz. Ayrıca güneş enerji santrallerinin 2014-2030 yılları arasında, fosil yakıtlı elektrik üretim santrallerinin yaydığı karbon emisyonunu muhtemel olarak 67,4 milyon tCO₂e azaltacağı beklenmektedir (Cebeci,2017).
- Türkiye konumu itibarıyla yıllık toplam 2,741 saat ve günlük ortalama 7,5 saat güneşlenir (T.C Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı) ve bu oran diğer Avrupa ülkelerine göre

yüksektir. Güneş enerjisi kullanımı fosil yakıt kullanımında olduğu gibi dışa bağımlılık yaratmadığından, ülke ekonomisine katkı sağlar.

- İlk yatırım maliyetleri dışında ucuz bir kaynaktır. 1MW kurulu güçteki fotovoltaik santralin ilk yatırım maliyeti kullanılan modüller, arazi maliyetleri, invertörler ve diğer her şey dahilinde 1.102.007 \$'ı bulmaktadır. Fakat yapılan bazı kanuni düzenlemelerle belirli bir fiyatın üzerindeki yatırımlarda bazı vergi indirimleri veya muafiyetleri, olmaktadır. Bunun haricinde tesisin yıllık işletme ve bakım maliyetleri personel, sigortalama, bakım ve onarım ve diğer tüm giderler hesaba katıldığında 28.755 \$'ı bulabilmektedir. Yani, işletme ve bakım maliyetleri, yatırım maliyetinin yalnızca yaklaşık %2,6'sına denk gelmektedir (Cebeci,2017). Unutmamak gerekir ki 1 MW kurulu güce sahip bir güneş enerji santralinden bir yılda 1,5 milyon kWh'e yakın elektrik enerjisi üretilebilmektedir.
- Enerjinin nakil problemi olmadığından ihtiyaç duyulan yerlerde kolayca elde edilebilmektedir.
- Karbon emisyonu açısından baktığımızda kWh başına 100-200 gram gibi az da olsa karbon salınımı yapmaktadır.

Dezavantajları:

- Birim yüzeye gelen güneş ışınımı az olduğundan geniş yüzeylere ihtiyaç duyulmaktadır.
- Elektrik üretiminde güneşten yararlanma, iklimsel ve meteorolojik faktörlerden etkilenmektedir. Güneş ışınımı sürekli olmadığından depolanma gerekmektedir ve depolama imkanları sınırlıdır. Enerji ihtiyacının fazla olduğu kış aylarında güneş ışınımı az ve geceleri ise hiç yoktur (Ankara Üniversitesi, 2017).
- Güneş ışınımından faydalanan sistemin güneş ışığını sürekli alabilmesi için çevrenin açık olması, gölgelenmemesi gerekmektedir.
- Yukarıda da bahsedildiği üzere güneş enerjisi için kullanılacak birçok tesisatın ilk yatırım masrafları fazladır ve hali hazırda ekonomik değildir.
- Ayrıca özellikle kuşlar için de bazı durumlarda zararlı olabilmektedir.
- Emre amade değildir.
- Güneş enerjisinden elektrik üretimi çevre dostu olsa da güneş enerji santrallerinde kullanılan her panel çevre dostu olmayabilir. Panellerin içerdiği kristal silikonun içerisinde bulunan bazı kimyasallar ve ağır metaller çevre ve insan sağlığını tehdit edebilmekte. Spesifik olarak içinde kadmiyum ve kurşun bulunan, parçalanan, kırılan veya eskijen güneş panelleri direk olarak veya ayrıştırılmadan çöpe atıldığında insanları ve çevreyi etkileyebiliyor. Bu hususta seçilen güneş panelinin Çin malı veya Avrupa Birliği ülkelerinden birinin malı olması da panelin verdiği zararlarda belirleyici bir faktördür (Atakan, 2018).

7. Jeotermal Enerji

Elektrik üretimi, rezervuar sıcaklığı 200 °C ve daha fazla olan jeotermal akışkanlardan gerçekleşmektedir. Fakat sürekli gelişmekte olan teknolojilerle beraber akışkanın çıkış haznesi sıcaklığı 150 °C'ye kadar düşük olsa bile elektrik üretilebilmektedir. Yakın zamanlarda geliştirilen ve ikili (binary) çevrim sistemiyle, buharlaşma noktaları düşük gazlar (freon, izobütan vb.) kullanılarak 70°C<T<80 °C'ye kadar olan sıcaklıktaki sulardan da elektrik üretilebilmektedir (Kayfeci, 2011).

Türkiye'nin jeotermal enerjideki potansiyeli 31.500 MWt olarak değerlendirilmekteyken (Arslan, Darıcı & Karahan) yapılan yeni araştırmalar ve açılan yeni sahalarla birlikte bu rakam Türkiye Jeotermal Derneği'ne göre 62.000 MWt'a yükselmiştir (Akkuş & Alan, 2016). Türkiye'de çıkan jeotermal akışkanlar başta elektrik üretimi olmak üzere konut ısıtmasında, seracılıkta ve sağlık amaçlı kullanılmakta olup Türkiye'de toplam kurulu kapasite 867 kW'dır. Bu sayı yaklaşık olarak 0.867 MW'a eşittir. Jeotermal kaynaklar, hemen hemen Türkiye'nin her bölgesinde bulunmakla beraber, bulunan kaynakların %78'i Batı Anadolu Bölgesi'nde bulunmaktadır ve en yüksek sıcaklığa sahip jeotermal saha 242 °C ile Denizli-Kızılder'e'dir (Arslan, Darıcı & Karahan). 2018 yılı sonu itibariyle yeni keşfedilmiş 173 sahadan 10 tanesinin elektrik üretimine uygun olduğu anlaşılmış ve şu anda hali hazırda 632 adet bulunmaktadır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı).

Avantajları:

- Türkiye'de üretim potansiyeli yüksek olan yenilenebilir enerji kaynağıdır.
- Arama-üretim çalışmaları ve yatırımlar pahalı olmasına rağmen yapılan yatırımlar kısa sürede karşılığı alındığı ve üretilen ürünün tümünün tüketilmesi jeotermal enerjiye olan ilginin önde gelen nedenleridir.
- Nükleer enerji santrallerindeki gibi terör tehdidi ile karşı karşıya kalındığında sorun teşkil etmez.
- Yenilenebilir, çevreyi kirletmeyen ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak görülmektedir. Jeotermal akışkanlar yeryüzüne çıkarken beraberinde birçok mineral ve gaz da getirir fakat bu akışkanlar, usulüne uygun çıkarılıp kullanıldığında çevreye zarar vermez (Gündüz, 2018).
- Jeotermal kaynaklardan yararlanırken en çok, ısıtma uygulamaları, enerji üretimi ve termal kullanım alanlarında yoğunluklu olarak kullanılmaktadır. Bunun dışında, kimyasal madde üretimi (sıvı karbondioksit), kuru buz, deri işlemesi, tarımsal kurutma, ısı pompası gibi diğer kullanımlarda da jeotermal kaynaktan yararlanılmaktadır. Ancak önemli bir potansiyel olmasına karşılık henüz yaygınlaşmış değildir.
- Elektrik üretiminin yanı sıra sağlık-termal turizm alanında turizme katkı sağlamakla beraber daha birçok alanda kullanıldığı için kullanım alanı geniştir.

Dezavantajları:

- Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan jeotermal enerji, yüzeye çıkarken yer altından birçok mineral, gaz ve zararlı akışkanı (siyanür, arsenik ve bor gibi) da çıkarabilir,

dolayısıyla bu akışkanların yeraltına reenjekte edilmesi yani çıkan mineral ve gazların yeraltına deşarj edilmesi gerekmektedir. Fakat denetimdeki eksiklikler ve maliyetten kaçma isteği yüzünden, reenjekte edilmeyip dere ve nehirlere akıtılan bu akışkanlar insanlar, deredeki balıklar veya diğer canlılar ve tarım ürünleri için tehlike yaratabilir (Gündüz, 2018).

- Sondaj yaparken yeraltındaki akışkanlar çok yüksek basınçla sıvı veya gaz halde yüzeye çıkıp, içindeki bütün zararlı minerallerle patlamalara neden olabilir, jeotermal sıvı ile su ve toprak kirlenebilir, sıvı ekstraksiyonu sebebiyle arazi çökebilir.
- Kullanılan yanlış üretim süreçleri, işlenmesi ve sondajı sonunda oluşacak zararın telafisi mümkün olmayabilir.

8. Biyokütle Enerjisi

Biyokütleden enerji üretiminde, bitkisel (ayçiçeği, patates, buğday, bezelye, dal, sap, kök, kabuk vs.) ve ormansal kaynaklar (ormanlardaki ağaçlar, odunsu olmayan kabuk ve yapraklar vs.), hayvansal atıklar (gübre) ve şehir- endüstri atıkları (endüstride kullanılmayacak hurda odunlar, çöpler, talaş vs.) şeklinde sınıflandırılır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın verilerine göre Türkiye'nin biyokütle atık potansiyelinin yaklaşık 8,6 milyon ton eşdeğer petrol (MTEP) ve üretilebilecek biyogaz miktarının 1,5-2 MTEP olduğu tahmin edilmektedir. Toplam 811 MW'lık kurulu güce sahip biyokütle kaynaklı elektrik üretim santrallerinden, 2018 yılında 3.216 GWh elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir. "Türkiye ormanlarında her yıl yaklaşık 7 milyon m³ kadar ağaç atıklarının ormanda kaldığı ve bunun büyük bir oranının nakliye masraflarını karşılamadığı için ormanda çürümeye terk edildikleri bilinmektedir. Ormanlarda çürütülen bu çok büyük miktardaki ağaç atıklarının yanı sıra her yıl ülkemizde tarımsal üretim sonrası yaklaşık 56 milyon ton bitki sapı ve atıkların enerji üretiminde değerlendirilmeleri sağlandığında ülkemiz de biyokütle atıklarından enerji üreten ülkeler gibi biyoenerjiden yararlanmayı gerçekleştirmiş olacaktır" (Karayılmazlar, Saraçoğlu, Çabuk & Kurt, 2011).

Avantajları:

- Tek bir kaynağa bağlı değildir, hammaddesi olduğu sürece üretim tahmini yapılabilir.
- Termik santrallerdeki gibi fosil yakıt yakılmadığından, biyokütle enerjisi daha çevrecidir.
- Biyokütleye bağlı enerji santralleri diğer üretim tesislerine göre daha az maliyetlidir (Enerji Portalı, 2017).
- Enerji eldesi daha çok bitkisel ve hayvansal olduğu için, özellikle kırsal kesimlerde tarımsal ve hayvansal iş alanları yaratabilir, dolayısıyla köyden kentlere göç oranı düşürülebilir.
- Üretildiği anda kullanılması gerekli değildir, depolanabilir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı).

Dezavantajları:

- Enerji eldesi yanma sonucu meydana geldiği için havaya azda olsa gaz salınımı gerçekleşir. Fakat açığa çıkan hidrojen ve karbon monoksit kimya sanayiinde kullanılabilir (Kayfeci, 2011).

- Diğer üretim yöntemleriyle karşılaştırıldığında daha düşük verimlidir ve üretimde su ihtiyacı fazla olabilmektedir (Enerji Üretim Sistemleri, n.d.).
- Elektrik üretmek için gerekli olan su tüketimlerine baktığımızda yenilenebilir enerji kaynakları arasında biyoenerji 184 m³/MWh ile en çok su tüketen enerji kaynağı konumundayken, güneş enerjisi ve rüzgar enerjisinde su tüketimi 0-0,1 m³/MWh'dır (Solarbaba, 2019).

Sonuç

Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı'nın (IRENA) yayınladığı 2018 Yenilenebilir Enerjiden Elektrik Üretimi Maliyetleri Raporunda yenilenebilir enerjiden elektrik üretim maliyetleri 2017'den beri düşüş göstermekte. Öyle ki biyoenerjide %14, güneş enerjisinde (fotovoltaik) ve rüzgar enerjisinde (kara) %13, ve hidro enerjide %11, jeotermal enerjide %1 düşüş olmuştur (IRENA,2019). Küresel ısınmanın da artmasıyla beraber termik santrallerin doğaya ve atmosfere yaydığı gazlar dolayısıyla kullanımından olabildiğince kaçılmaya çalışılmaktadır ve gerek devletler gerek uluslararası ve uluslar üstü kurumlar yenilenebilir enerji kullanımını desteklemektedir. Görüldüğü üzere yıllar içerisinde düşen maliyetlerle birlikte yenilenebilir enerji kullanmak termik santrallerde elektrik üretmekten daha mantıklı hale gelmiştir. Ayrıca IEA'nın 2018'de elektrik üzerine yayınladığı raporda, Türkiye'nin de üyesi olduğu OECD ülkelerinde 2016-2017 yılları arasında fosil yakıtlardan elektrik üretiminde kömürde %1,1 ve doğalgazda %1,6 düşüş yaşandığı belirtilmekle beraber, yine nükleer enerjiden elektrik üretiminde %0,7 ve hidroelektrik üretiminde %0,7 düşüş gözlemlendiği belirtilmiştir. Bununla beraber yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar enerjisinden elektrik üretiminde %15,1 ve güneş enerjisinden elektrik üretiminde %21,9 artış trendi yakalandığı belirtilmektedir. Yine IEA'ya göre Avrupa ülkelerinde elektrik üretimi en çok rüzgar enerjisinden sağlanmakta ve bu artış bir negatif korelasyon oluşturarak kömür yakıtlı üretimi düşürmektedir.

Yaşanan teknolojik gelişmeler, hammaddeye ulaşımında kolaylık ve hammadde alternatiflerinin çok olması, üreticilere birçok farklı üretim alternatifi sunmuştur. Her üretim yolunda kullanılan teknoloji, hammadde ve kapasite maliyetleri etkilemektedir. Dolayısıyla üreticiler, elektrik üretimini ucuza mal etmek istemektedirler. Fakat burada kesinlikle göz ardı edilemeyecek unsur küresel ısınmadır. İnsanlarda çevre bilincinin bugünkü kadar yüksek olmadığı önceki yıllarda yapılan yanlışlar ve eksiklikler yaşadığımız dünyada ve özellikle atmosferde kalıcı sorunlara yol açmıştır. Gelecek nesillere daha iyi bir dünya bırakmak ve şu anda yaşadığımız dünyayı daha az kirletmek her ülkenin sorumluluğu olduğundan her alanda çevresel etkileri göz önünde bulundurarak buna göre bir yol haritası çizmeliyiz. Kurulacak yeni elektrik üretim santralleri için, çevresel faktörler ve fosil yakıtların yakın gelecekte tükeneceği dikkate alınarak ülkelerin enerji gelecekleri için bir karara varılması en doğrusu olacaktır.

Kaynakça

- Ağçay Murat, (2007). "Türkiye'nin Elektrik Enerjisi Arz Talep Dengesinin Tespiti, Üretim Projeksiyonuna Yönelik Rüzgar Elektrik Santrali Tasarımı RES'in Kurulum Maliyetlerinin ve Üretim Parametrelerinin Analizinin Matlab&Simulink İle Yazılan Programda Yapılması". Erişim tarihi: 10 07, 2019 http://www.emo.org.tr/ekler/dc375089b790ef9_ek.pdf adresinden erişilmiştir.
- Akkuş İbrahim, Alan Hüseyin, (2016). "Türkiye'nin Jeotermal Kaynakları, Projeksiyonlar, Sorunlar Ve Öneriler Raporu". TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası. Erişim tarihi: 07 07, 2019 https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/5ee60fb07fcb1e1_ek.pdf adresinden alınmıştır.
- Ankara Üniversitesi Gama Meslek Yüksekokulu (n.d.). "Rüzgar Gücü İle Elektrik Üretimi". Erişim tarihi: 06 07, 2019 https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/62106/mod_resource/content/0/1.%20HAFTA.pdf adresinden alınmıştır.
- Arslan Sinan, Darıcı Mustafa, Karahan Çetin, (n.d.). "Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli". Erişim tarihi: 07 07, 2019 http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/a0819e9e2f84a52_ek.pdf adresinden alınmıştır.
- Aslan Hıdır, (1996). "Kömüre Dayalı Termik Elektrik Santrallerinde Verim ve Kapasite Kullanım Oranı Düşüklüğünün Nedenleri ve Bunların Yükseltilmeleri İçin Alınması Gerekli Tedbirler". TMMOB 1. Enerji Sempozyumu Erişim Tarihi: 01 07, 2019 http://www.emo.org.tr/ekler/8982b8d271b99d6_ek.pdf adresinden alınmıştır.
- Atakan, Yüksel, (2018, 30 06). "Temiz Güneş Enerjisinin Pek Bilinmeyen Kirlı Yanı". Erişim tarihi: 11 07, 2019 <https://www.fmo.org.tr/wp-content/uploads/2018/06/GUNES-PANELLERI-Atakan-30062018-1.pdf> adresinden alınmıştır.
- Avcıoğlu Onurbaş Ayten, (2017). "Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Teknolojileri Dersi". Erişim tarihi: 06 07, 2019 https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/18475/mod_resource/content/0/YENI%20ENERJİ%20KAYNAKLARI%20VE%20TEKNOLOJİ%20C4%B0LER%20C4%B0%204.pdf adresinden alınmıştır.
- Bozkurt Ramazan, Yüksel Aslan Yusuf, (2017). "Balık Geçitleri Ve Hidroelektrik Santrallerinin Balık Göçlerine Etkisi". Türk Doğa Ve Fen Dergisi. Erişim tarihi: 05 07, 2019 <https://dergipark.org.tr/download/article-file/384779> adresinden alınmıştır.
- Cebeci Seda, (2017). "Türkiye'de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretim Potansiyelinin Değerlendirilmesi". Erişim tarihi: 06 07, 2019 <http://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/11/Seda-Cebeci.pdf> adresinden alınmıştır.
- Çakanyıldırım Çetin, (2019, 10 04). "Alternatif Enerji Kaynakları Hidro Enerji". Erişim tarihi: 05 07, 2019 <http://web.hitit.edu.tr/dosyalar/duyurular/cetincakanyildirim@hititedutr100420195B2N5W5Z.pdf> adresinden alınmıştır.
- Dünya Enerji Konseyi, (2018, 08 04). "Enerjide Yeni Teknoloji: Türkiye'de Offshore Rüzgar". Erişim tarihi: 15 07, 2019 <https://www.dunyaenerji.org.tr/enerjide-yeni-teknoloji-turkiyede-offshore-ruzgar/> adresinden alınmıştır.
- Ekolojist.net (2018, 30 04). Termik Santralin Yararları ve Zararları. Erişim tarihi: 01 07, 2019 <http://ekolojist.net/termik-santralin-yararlari-ve-zararlari/> adresinden alınmıştır.
- EKO IQ, (2015, 10 09). "Uyuyan Isıyı Uyandırmak: Jeotermal". Erişim tarihi: 08 07, 2019 <http://ekoIQ.com/2015/09/10/uyuyan-isiyi-uyandirmak-jeotermal/> adresinden alınmıştır.
- Enerji Atlası, (2016, 01 03). "1 MW'lık Güneş Enerjisi İle 1 Yılda 1.463.019 kWh Elektrik Üretildi". Erişim tarihi: 06 07, 2019 <https://www.enerjiatlası.com/haber/1-mw-gunes-enerjisi-ile-1-yilda-1463019-kWh-elektrik-uretildi> adresinden alınmıştır.

- Enerji Portalı (2017, 03 08). “Nükleer Enerji Nedir? Nükleer Enerji Nasıl Çalışır?” Erişim Tarihi: 03 07, 2019 <https://www.enerjiportali.com/nukleer-enerji-nedir-nukleer-enerji-nasil-calisir/> adresinden alınmıştır.
- Enerji Portalı (017, 29 07). “Biyokütle Enerjisi Nedir?”. Erişim tarihi: 09 07, 2019 <https://www.enerjiportali.com/biyokutle-enerjisi-nedir/> adresinden alınmıştır.
- Enerji Üretim Sistemleri (n.d.). “Biyokütle Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları”. Erişim tarihi: 10 07, 2019 <http://enerjiuretimsistemleri.blogspot.com/2011/10/biyokutle-enerjisinin-avantaj-ve.html> adresinden alınmıştır.
- EPDK (2019). 2018 Yılı Doğal gaz Piyasası Sektör Raporu. Erişim Tarihi: 02 07, 2019 <https://www.epdk.org.tr/Detay/Icerik/3-0-94/yillik-sektor-raporu> adresinden alınmıştır.
- Gençer Çetin, (2003). “Termik Santral Çevresinde Otomatik Olarak Çalışabilen Radyasyon Kontrol Sisteminin Modellenmesi”. Politeknik Dergisi erişim Tarihi: 01 07, 2019 <https://dergipark.org.tr/download/article-file/384368> adresinden alınmıştır.
- Greenpeace (2014, 16 04). “Fukuşima”. Erişim tarihi: 04 07, 2019 <http://www.greenpeace.org/turkey/tr/campaigns/nukleersiz-gelecek/fukusima/> adresinden alınmıştır.
- Greenpeace, (2014, 10 04). “Çernobil’de Ne Oldu?”. Erişim tarihi: 04 07, 2019 <http://www.greenpeace.org/turkey/tr/campaigns/nukleersiz-gelecek/chernobyl/chernobilde-ne-oldu/> adresinden alınmıştır.
- Gülter Taha M., Sarı Behice, Basut Beritan, Ünlüer İbrahim, Sevinç Tuğkan (n.d.). “Doğal gaz Kombine Çevrim Santralleri”. Erişim Tarihi: 02 07, 2019 https://www.academia.edu/38001935/DO%4C%9EALGAZ_KOMB%4C%B0NE_%C3%87EVR%4C%B0M_SANTRALLER%4C%BO adresinden alınmıştır.
- Gündüz Orhan, (2018). “Jeotermal Enerji Tesislerinin Çevresel Etkileri”. İzmir Bölgesi Enerji Forumu. Erişim tarihi: 08 07, 2019 http://www.emo.org.tr/ekler/c3ef98f7b7293f3_ek.pdf adresinden alınmıştır.
- IEA. “Electricity Generation From Renewables By Source” Erişim Tarihi: 03 07, 2019 <https://www.iea.org/statistics/?country=TURKEY&year=2016&category=Renewables&indicator=RenewGenBySource&mode=chart&dataTable=RENEWABLES> adresinden alınmıştır.
- IEA, (2016, 30 09). “Energy Policies of IEA Countries: Turkey 2016 Review”. Erişim tarihi: 14 07, 2019 <https://webstore.iea.org/energy-policies-of-iea-countries-turkey-2016-review> adresinden alınmıştır.
- IEA, (2018, 20 08). “Electricity Information: 2018 Overview”. Erişim tarihi: 14 07, 2019 <https://webstore.iea.org/electricity-information-2018-overview> adresinden alınmıştır.
- IRENA (2019), Renewable Power Generation Costs in 2018, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- ISISAN (2008). Yenilenebilir Enerjiler Alternatif Sistemler, Isısan Çalışmaları, İstanbul, No:375.
- Kakilli Adnan, Aküner Caner, (n.d.). “Doğal gaz Kombine Çevrim Santrallerinin Diğer Elektrik Üretim Merkezleriyle Karşılaştırılması” Erişim Tarihi: 03 07, 2019 http://www.emo.org.tr/ekler/3d7dc096493e1f7_ek.pdf?tipi=46&turu=X&sube=0 adresinden alınmıştır.
- Karayılmazlar Selman, Saraçoğlu Nedim, Çabuk Yıldız & Kurt Rifat, (2011). “Biyokütlenin Türkiye’de Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi”. Bartın Orman Fakültesi Dergisi. Erişim tarihi: 10 07, 2019 <https://dergipark.org.tr/download/article-file/297590> adresinden alınmıştır.
- Kaya Kadir, Koç Erdem, (2015). “Enerji Üretim Santralleri Maliyet Analizi”. Mühendis Ve Makina Dergisi. Erişim tarihi: 11 07, 2019 https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/14c4511b3c98f14_ek.pdf adresinden alınmıştır.

- Kayfeci Muhammet, (2011). "Alternatif Enerji Kaynakları". Erişim tarihi: 05 07, 2019
<https://staff.emu.edu.tr/mustafailkan/tr/documents/elet319/okuma%20materyalleri/materyal5.pdf> adresinden alınmıştır.
- Koroğlu, & Ülgen, (2018). "Denizüstü Rüzgar Enerji Santralleri: Çanakkale Örneği". Güç Sistemleri Konferansı. Erişim tarihi: 14 07, 2019 <http://www.cigreturkiye.org.tr/gsk2018/bildiri/30.ID-26.pdf> adresinden alınmıştır.
- Menteş, İsmail (2009). "Yenilenebilir Enerji Kaynakları", Kastamonu- Çankırı Yerel Enerji Formu, Kastamonu.
- Nükleer Akademi (2015, 16 10). "Nükleer Enerjinin 5 Avantajı". Erişim Tarihi: 03 07, 2019
<http://nukleerakademi.org/nukleer-enerjinin-5-avantaji/> adresinden alınmıştır.
- Özgürel Bülent, Egeli Sinan M. (n.d.). "Doğal gaz Yakıtlı Kombine Çevrim Santralleri". Erişim Tarihi: 02 07, 2019 http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/197002b9a0853ec_ek.pdf?dergi.2017 adresinden alınmıştır.
- Solarbaba (2019). <https://www.solarbaba.com.tr/bilgimerkezi/>
- Şahin, H.M., Yıldız, K. ve Altınok, T., "Nükleer ve Kömür Santrallerinin Çevre Açısından Değerlendirilmesi", IV Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu,16-18 Ekim, 2002
- T.C. Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (n.d.) "Rüzgar". Erişim tarihi: 05 07, 2019
<https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar> adresinden alınmıştır.
- T.C. Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (n.d.) "Güneş". Erişim tarihi: 05 07, 2019
<https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes> adresinden alınmıştır.
- T.C. Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (n.d.) "Jeotermal". Erişim tarihi: 05 07, 2019
<https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Jeotermal> adresinden alınmıştır.
- T.C. Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (n.d.) "Biyokütle Enerjisinin Avantajları". Erişim tarihi: 05 07, 2019
http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle_enerjisi_adv.aspx adresinden alınmıştır.
- T.C. Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (n.d.) "Elektrik". Erişim tarihi: 05 07, 2019
<https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik> adresinden alınmıştır.
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2017, 01 01). "Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü" erişim tarihi: 08 07, 2019
https://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2f1%2fDocuments%2fEnerji%20ve%20Tabii%20Kaynaklar%20G%C3%B6r%C3%BCn%C3%BCm%2fSayi_15.pdf adresinden alınmıştır.
- Uçkun, Ayşegül (2015). "Arz Güvenliği ve İklim Değişikliği Açısından Nükleer Enerji Bir Zorunluluk Mudur?", Enerji ve Diplomasi Dergisi
- Vatansever Hodaloğulları Zeliha (2017). "Nükleer Santrallerin Enerji Güvenliğine Etkisi". Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi Erişim Tarihi: 03 07, 2019
http://www.sosyalarastirmalar.com/cilt10/sayi52_pdf/2tarih_siyaset_uluslararasiiliskiler/hodalogullari_zeliha1.pdf adresinden alınmıştır.
- Varınca Kamil B., Varank Gamze, (n.d.). "Rüzgar Kaynaklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Değerlendirilmesi Ve Çözüm Önerileri". Erişim tarihi: 06 07, 2019
<http://www.yildiz.edu.tr/~kvarınca/Dosyalar/Yayinlar/yayin002.pdf> adresinden alınmıştır.
- Varınca Kamil B., Varank Gamze, (n.d.). "Güneş Kaynaklı Farklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Kıyaslanması Ve Çözüm Önerileri". Erişim tarihi: 06 07, 2019
<http://www.yildiz.edu.tr/~kvarınca/Dosyalar/Yayinlar/yayin003.pdf> adresinden alınmıştır.
- Yıldırım, Mehmet ve Örnek, İbrahim (2007). "Enerjide Son Seçim: Nükleer Enerji", Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi.