

TEDARİK ZİNCİRİ PERSPEKTİFİNDEN YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI YÖNETİM STRATEJİLERİ ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME¹

Geliş Tarihi : 21.10.2019

Doç. Dr. Mutlu Yüksel AVCILAR²

Kabul Tarihi : 30.12.2019

Arş. Gör. Mehmet Fatih AÇAR³

Makale Türü : Alan Araştırması

Özet

Küresel enerji tüketiminin artan bir şekilde yükselmesi önemli problemleri beraberinde getirmektedir. Petrol, kömür doğal gaz gibi geleneksel enerji kaynaklarının azalması, dünya genelinde bu kaynakların daha verimli kullanılması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bununla beraber fosil yakıt tüketimi, hava kirliliği ve sera gazı salınımı gibi birçok çevresel soruna da yol açmaktadır. Bu problemlerle baş etmenin en önemli yollarından biri yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarının tedarikinin geliştirilmesi olarak görülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları sürdürülebilir olmasının yanında dünyanın her yerinde bulunabilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Günümüzde çevresel kaynakları korumak ve yaşam kalitesini iyileştirmek adına geleneksel kaynaklara alternatif olarak çeşitli yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmaktadır. Yenilenebilir enerji için artan talep ve tedarik sistemlerinin karmaşıklığı, kapsamlı yenilenebilir enerji tedarik zinciri yönetimi yaklaşımlarına olan ihtiyacı artırmaktadır. Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarının tedarik zinciri perspektifinden değerlendirilmesi ve yenilenebilir enerji kaynakları tedarik zincirinin performans, engeller ve geliştirme stratejileri bileşenlerine odaklanarak incelenmesi amaçlanmıştır. Literatür taraması sonucunda, yenilenebilir enerji tedarik sürecinde karşılaşılan engeller dönüşüm maliyetleri, konum kısıtlamaları ve karmaşık dağıtım ağları olarak tespit edilmiştir. Bu engellere bağlı olarak yenilenebilir enerji değeri hakkında farkındalık oluşturulması, dağıtım ağlarının geliştirilmesi ve depolama teknolojisinin ilerletilmesi stratejilerinin uygulanabileceği belirlenmiştir. Çalışmanın yönetici ve araştırmacılara yenilenebilir enerji tedariki konusunda anlayış geliştirmeleri açısından katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji Tedarik Zinciri, Biyokütle Enerjisi, Hidroelektrik Enerjisi, Jeotermal Enerji, Güneş Enerjisi.

Jel Kodları: Q42, Q49.

A REVIEW ON RENEWABLE ENERGY RESOURCES MANAGEMENT STRATEGIES FROM SUPPLY CHAIN PERSPECTIVE

Abstract

Rise of the global energy consumption increasingly brings with significant problems. Reduction of conventional energy sources such as oil, coal and natural gas reveals the necessity of using these resources more efficiently across the world. Moreover, fossil fuel consumption causes many environmental problems like air pollution and greenhouse gas emission. It is suggested that one of the most important ways to deal with these problems is to improve the supply of renewable and clean energy resources. Renewable energy sources are very important not only because they are sustainable but also

¹ Bu makale, 25-27 Nisan 2019 tarihleri arasında Niğde’de düzenlenen 8. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi’nde sunulan bildirinin öneriler dikkate alınarak geliştirilmiş şeklidir.

² Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, myukselavcilar@osmaniye.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5621-2377

³ Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, mfatihacar@osmaniye.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5459-093X

they can be found all over the world. Nowadays, various renewable energy sources are used as an alternative to traditional resources to protect environmental resources and improve the quality of life. The increasing demand for renewable energy and the complexity of supply systems increases the need for comprehensive renewable energy supply chain management approaches. In this context, the aim of this study is to evaluate the renewable energy sources from the supply chain perspective and to examine the renewable energy resources supply chain by focusing on the components of performance, barriers, and development strategies. Results show that the barriers encountered during the renewable energy supply process are conversion costs, location restrictions, and complex distribution networks. In order to overcome these barriers, some strategies, which are raising awareness about renewable energy value, development of distribution networks and improvement of storage technology, are suggested. The practical implications of this study is thought to be that it will contribute to understanding of managers and researchers about renewable energy supply.

Keywords: Renewable Energy Supply Chain, Biomass Energy, Hydroelectric Energy, Geothermal Energy, Solar Energy.

Jel Codes: Q42, Q49.

1. GİRİŞ

Küresel enerji tüketiminin artan bir şekilde yükselmesi önemli problemleri beraberinde getirmektedir. Petrol rezervlerinin büyük bir kısmı dünyanın üçte birini oluşturan ülkelerde yer almakta ve petrol tedarikinin yakın gelecekte son bulması beklenmektedir. Bununla beraber fosil yakıt tüketimi, hava kirliliği sera gazı salınımı gibi birçok çevresel soruna yol açmaktadır. Bu problemlerle baş etmenin en önemli yollarından biri yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarının tedarikinin geliştirilmesi olarak görülmektedir (Hamelinck vd., 2005, s. 115). Yenilenebilir enerji, fosil yakıtlara bağımlılığı azaltmak, enerji verimliliğini artırmak için alternatif enerji olarak kabul edilmektedir (Saavedra vd., 2018, s. 248-249).

Yenilenebilir enerji doğal olarak yenilenebilen, ancak akışı sınırlı kaynaklardan elde edilebilen enerji türüdür. Dünyada yaygın olarak kullanılabilen beş adet yenilenebilir enerji kaynağı bulunmaktadır. Bunlar, biyokütle enerjisi, hidroelektrik enerjisi, jeotermal enerji, rüzgâr enerjisi ve güneş enerjisidir (EIA, 2018). Yenilenebilir Enerji Politikası Ağı verilerine göre 2016 yılı sonu itibarıyla dünya genelinde birincil enerji tüketiminin %10.4'ü yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmıştır. Toplam enerjinin %4.1'i biyokütle, güneş ve jeotermal enerjinin ısı enerjisine dönüştürülmesiyle; %3.7'si hidroelektrik enerjisinden elektrik üretilmesiyle; %1.7'si rüzgar, güneş, biyokütle ve jeotermal enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesiyle ve %0.9'u araçlarda kullanılmak üzere biyoyakıtlardan elde edilmiştir. (REN21, 2018, s. 31). 2015 yılı verilerine göre Türkiye genelinde birincil enerji tüketiminin %11.9'u yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Toplam enerjinin %4.5'i hidrolik enerjiden, %3.7'si jeotermal ısı enerjisinden, %2.3'ü biyokütle enerjisinden, %0.8'i rüzgar enerjisinden ve %0.6'sı güneş enerjisinden elde edilmiştir (TMMOB., 2017, s. 10).

Enerji tedarik zinciri yenilenebilir enerji endüstrisinin gelişiminde etkili olacak en önemli unsurlardan biri durumundadır (Saavedra vd., 2018, s. 248-249). Enerji tedarik zinciri enerji üretimi için kullanılacak girdiyi sağlayan üyelerden başlamak üzere geleneksel tedarik zincirine benzer şekilde kullanıcılara kadar uzanan bir zincirdir. Enerji tedarik zincirinin başında birincil kaynaklar bulunmakta, sonraki aşamalarda ise kaynağın enerjiye dönüşmesini sağlayan üretim şirketleri, enerjiyi tüketiciye ulaştıran dağıtım şirketleri ve son olarak enerjinin tüketicileri yer almaktadır (Afşar ve Büyükkeklik 2016, s. 77).

Yenilenebilir enerji tedarik zincirindeki ana görevler enerjinin depolanmasını, dağıtımını ve verimliliğinin artırılmasını kapsamaktadır. Yenilenebilir enerji tedarik süreci

fiziksel, bilgisel ve finansal akış içermekte; endüstrilerin tedarik zinciri performanslarını artırabilmeleri adına yeşil üretim süreçleri, yeşil lojistik ve yeşil ürünler hakkında farkındalık oluşturmaya çalışmaktadır (Saavedra vd., 2018, s. 249). Bu kapsamda bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarının tedarik zinciri perspektifinden değerlendirilmesi ve yenilenebilir enerji kaynakları tedarik zincirinin performans, engeller ve geliştirme stratejileri bileşenlerine odaklanarak incelenmesi amaçlanmaktadır.

2. BİYOKÜTLE ENERJİSİ

Fosil yakıtlara bağımlılığın azaltılması ve fosil yakıtların çevresel etkilerinin hafifletilebilmesi adına yenilenebilir enerji kaynaklarına ilgi artmaktadır. Günümüzde çoğu ülke biyolojik atıklardan elde edilen biyokütle enerjisine önem vermektedir. Biyokütle enerjisinin hammadde olan biyokütle, yaşayan organizmalardan yakın zaman önce elde edilmiş ve enerjiye dönüştürülebilen organik madde olarak tanımlanmaktadır (Mafakheri ve Nasiri, 2014, s. 116). Biyokütle enerjisi tarımdan, ormancılıktan ve endüstriyel bitki bazlı organik atıklardan elde edilmektedir (Wee vd, 2012, s. 5452). Bu atıklar ürün atıkları, orman kalıntıları, odun artıkları, testere tozu, üretim atıkları, hayvan atıkları vb. içerebilmektedir (Khan, 2009, s. 39). Biyokütle materyalleri işlenerek katı, sıvı, gaz yakıtlara dönüştürülmektedir. Dönüşüm sonunda biyodizel, biyogaz, biyoetanol, pirolitik gaz gibi ana ürünlere ek olarak gübre, hidrojen gibi yan ürünler de elde edilmektedir (YEGM, 2018). Türkiye’de biyokütle enerjisi genellikle ısı ve elektrik üretiminde kullanılmaktadır (EİGM, 2016). Biyokütle enerjisi kaynakları, çevrim teknikleri, elde edilen yakıtlar ve bu yakıtların uygulama alanları Tablo 1’de yer almaktadır.

Tablo 1. Biyokütle Enerjisi Kaynakları, Çevrim Teknikleri, Elde Edilen Yakıtlar ve Bu Yakıtların Uygulama Alanları

Biyokütle	Çevrim Yöntemi	Yakıtlar	Uygulama alanları
Orman atıkları	Havasız çürütme	Biyogaz	Elektrik üretimi, ısınma
Tarım atıkları	Piroliz	Etanol	Isınma, ulaşım araçları
Enerji bitkileri	Doğrudan yakma	Hidrojen	Isınma
Hayvansal atıklar	Fermentasyon, havasız çürütme	Metan	Ulaşım araçları ısınma
Çöpler	Gazlaştırma	Metanol	Uçaklar
Algler	Hidroliz		Sentetik yağ, roketler
Enerji ormanları	Biyofotoliz	Motorin	Ürün kurutma
Bitkisel ve hayvansal yağlar	Esterleşme reaksiyonu	Motorin	Ulaşım araçları, ısınma, seracılık

Kaynak: YEGM, 2018

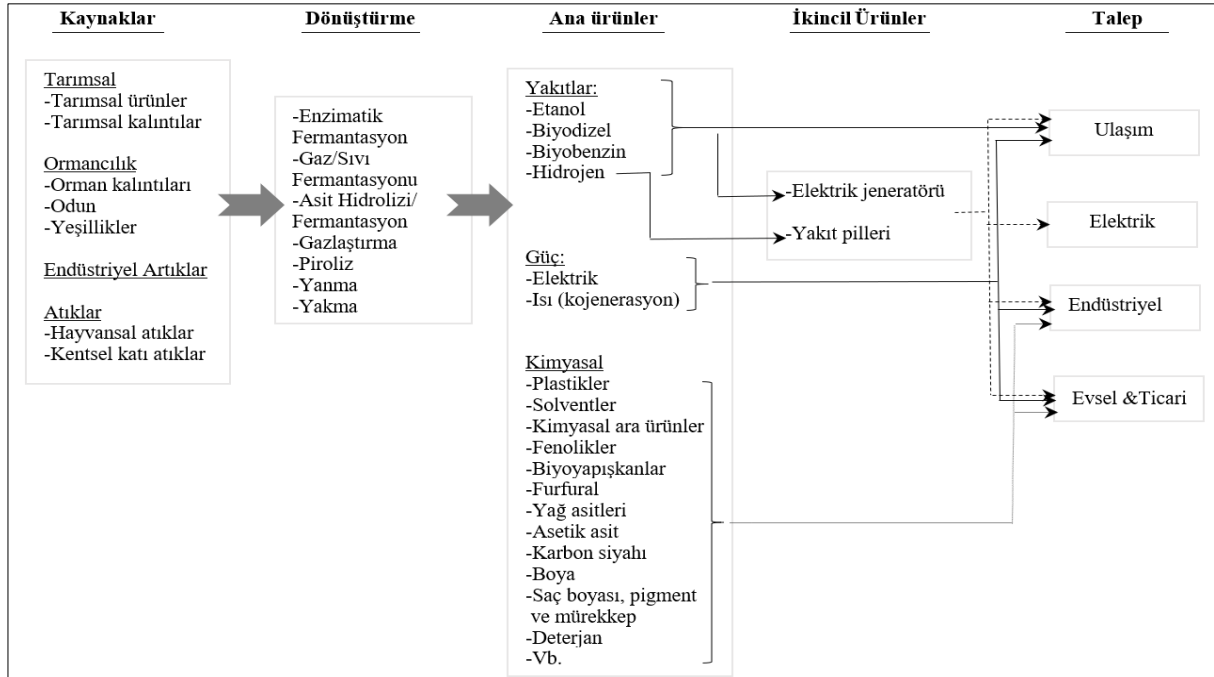
Yenilenebilir Enerji Politikası Ağı 2018 Raporu’na göre 2016 yılında dünya birincil enerji kaynakları üretimi içinde Biyokütle enerjisi yaklaşık %4 paya sahip olmuştur (REN21, 2018, s. 31). Türkiye’de ise bu oran Enerji İşleri Genel Müdürlüğü’nün 2017 Yılı Ulusal Enerji Denge Tablosu’ndan edinilen bilgilere göre yaklaşık %3.04’tür. (EİGM, 2016).

Biyokütle enerjisi sürdürülebilir kalkınmaya katkı açısından önemlidir. Biyokütle enerjisi, hammaddeye ulaşımın kolay olması nedeniyle yüksek sermaye yatırımları olmaksızın ikincil enerji kaynağına dönüştürülebilmektedir. Ayrıca biyokütle enerjisi, toprağa organik madde ekleyerek bozulmuş araziye pozitif etkide bulunabilmektedir. Biyokütle enerjisi, sera gazı emisyonlarının azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Çünkü sürdürülebilir bir şekilde üretildiği ve kullanıldığı zaman, biyokütle kullanımı fosil yakıt sera gazı emisyonlarını azaltabilecektir. Bunun yanında biyokütle enerji tesisleri, kalkınmakta olan ülkelerde ve kırsal alanlarda yeni istihdam olanakları yaratabilecek, böylece sürdürülebilirliğin sosyal yönüne de katkıda bulunabilecektir (Hoogwijk, 2003, s. 120).

Tedarik zinciri yönetimi biyoenerji üretim sürecinde önemli bir rol oynamaktadır. Biyokütle tedarik zinciri yönetimi, biyomateryallerin toplanmasından enerji dönüşüm tesislerinde enerjiye dönüştürülmesine ve dağıtımına kadar olan süreci içermektedir. Biyokütle enerji tedarik zinciri sürecinde beş taraf bulunmaktadır. Bu taraflar biyokütle tedarikçisi, taşıyıcı ve dağıtıcılar, enerji üretim tesisi geliştirici ve operatörleri, hükümet ya da diğer teşvik sağlayan kuruluşlar ve son kullanıcılar şeklindedir (Mafakheri ve Nasiri, 2014, s. 117).

Biyokütle enerjisi tedarik zinciri çeşitli yönlerden geleneksel tedarik zincirlerinden ayrılmaktadır. Bu farklılıklar arasında tarımsal biyokütlelerin mevsimsel mevcudiyeti, düşük enerji yoğunluğu, belirsiz enerji üretim performansına bağlı talep değişimleri bulunmaktadır (Mafakheri ve Nasiri, 2014, s. 117). Bu nedenlerle biyoyakıt enerjisi tedarik sürecinde birtakım zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu zorluklardan birincisi, biyokütle enerjisi düşük enerji yoğunluğuna ve yüksek nem içeriğine sahiptir, depolama sırasında bozulabilmektedir. İkincisi, büyük biyokütle hammaddeleri (özel enerji bitkileri ve mahsul kalıntıları) sadece belirli mevsimlerde hasat edilebilmektedir, buna karşılık her mevsim talebin karşılanması durumu söz konusudur. Üçüncüsü, biyoyakıt endüstrisinin petrol bazlı yakıtlarla rekabet edebilmesi için en karlı biyoyakıt tedarik zinciri tasarımının belirlenmesi gerekmektedir (An vd., 2011, s. 7861). Bu sorunlara bağlı olarak biyokütle tedarik zinciri yönetiminin ana hedefleri maliyeti ve çevresel etkileri minimize etmek ve sürekli bir emniyet stoku oluşturmaktır (Mafakheri ve Nasiri, 2014, s. 117).

Biyokütle enerjisi üretiminde geri dönüştürülebilir atıkların etanol, biyodizel veya elektrik enerjisine dönüştürülebilmesi için bir dizi teknolojik süreç bulunmaktadır (Wee vd, 2012, s. 5452). Biyokütle enerjisinin hammaddesi olan atıklar bu teknolojik süreçlerden geçerek elektrik üretmek için doğrudan bir güç kaynağına veya bir araca enerji vermek için kullanılan etanol gibi bir yakıtla dönüştürülebilmektedir (Searcy vd., 2007, s. 639). Biyokütle enerjisi tedarik zinciri süreci Şekil 1 de yer almaktadır.



Kaynak: Wee vd. 2012

Şekil 1. Biyokütle Enerjisi Tedarik Zinciri Süreci

3. HİDROELEKTRİK ENERJİSİ

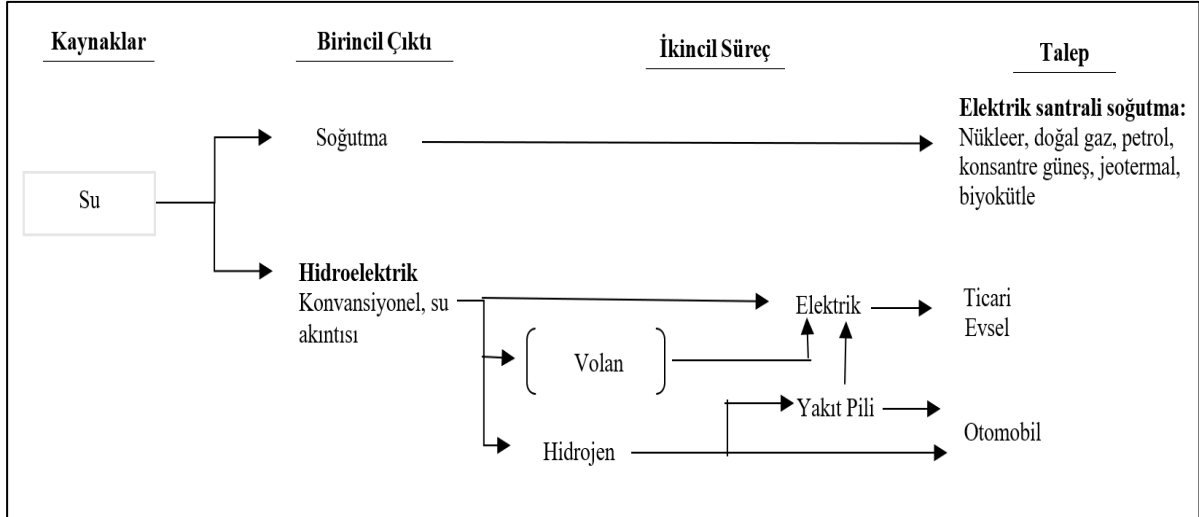
Hidroelektrik enerjisi, üretimi en gelişmiş ve en yaygın kullanılan yenilenebilir enerji teknolojilerinden bir tanesi olarak görülmektedir. Dünya genelinde birçok ülkede şebeke elektriğine en büyük katkıyı hidroelektrik enerjisi üretimi sağlamaktadır. Hidroelektrik santralleri, suyun potansiyel enerjisini elektriğe dönüştürmektedir (Bahadori vd., 2013, s. 565). Türbinler yardımıyla akan suyun gücüne dayalı olarak üretilen hidroelektrik enerjisi sanayi, tarım ve konut uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Elektrik üretiminin yanı sıra, hidroelektrik enerji üretiminde kullanılan sudan, enerji santrali operasyonlarında veya hidroelektrik barajlarda soğutma sıvısı olarak yararlanılabilmektedir. Hidroelektrik enerjisi ayrıca denizlerdeki gelgit veya dalga hareketlerinden de üretilmektedir (Wee vd., 2012, s. 5452).

Hidroelektrik enerjisi dünya genelinde yenilenebilir kaynaklar arasında elektrik üretimi açısından lider konumdadır. 2017 yılı verilerine göre tüm kaynaklardan elde edilen elektriğin %16,4'ünü hidroelektrik enerjisi karşılamaktadır (REN21, 2018, s. 41). 2017 yılı verilerine göre Türkiye'de elektrik üretiminde hidroelektrik enerjisinin genel üretimdeki payının %19,6 olduğu tespit edilmiştir (TEİAŞ, 2018a).

Hidroelektrik enerjisinin birtakım avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Düşük işletme bakım giderlerine sahip olması, teknik ömrünün uzun olması, ekonomik olarak bölgesel gelişmeyi desteklemesi, yüksek enerji verimliliği sağlaması, su taşkını koruması sağlaması, düşük sera gazı emisyonuna sahip olması, atık üretmemesi, yenilenebilir olmayan enerji kaynaklarını azaltmaması ve tatlı su ekosistemleri oluşturması başlıca avantajları olarak sayılmaktadır. Yüksek ön yatırım ve uzun vadeli planlama gerektirmesi, yerel arazi kullanım şekillerini değiştirmesi, karasal habitatın su altında kalmasına neden olması, balık göçlerini engellemesi gibi dezavantajları da bulunmaktadır (Yüksel, 2010, s. 463).

Hidroelektrik enerjisi tedarik zinciri nehir sistemini, hidroelektrik tesislerini, su ve enerji talep bölgelerini, kanal veya boru sistemlerinden oluşan hidroelektrik tesislere bağlantıları ve taşkın bölgelerini içermektedir. Elektrik, hidroelektrik tesislerinde üretilmekte, iletim ağı aracılığıyla talep bölgelerini oluşturan şehirlere, endüstriyel ya da ticari bölgelere iletilmektedir. Üretimde kullanılan su ise hidroelektrik tesisler tarafından geri çekilmekte kanal ya da boru sistemleri aracılığıyla su talep bölgelerine dağıtılmaktadır. Son olarak fazla su ise nehir havzalarından taşkın bölgelerine taşmaktadır (Mun, 2016, s. 48).

Hidroelektrik enerjisi tedarik zincirinin doğru bir şekilde geliştirilebilmesi için dikkat edilmesi gereken birtakım unsurlar vardır. Hidroelektrik ağının öncelikle enerji üretme, sulama ve taşkın önleme gibi temel işlevleri yerine getirmesi gerekmektedir. Tesisler, mevsimler boyunca su mevcudiyetinin değişimini yönetebilmelidir. Bu yönetim su depolama, sulama ve taşkın kontrolünü içermektedir. Aynı nehir sistemi üzerindeki ardışık hidroelektrik tesislerin birbirlerini etkileyebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Çünkü akış kontrol kararları aşağı havzadaki diğer tesisleri etkileyecektir (Mun, 2016, s. 49). Enerji iletimi verimliliğindeki kayıplar göz ardı edilmemeli ve depolanan sudaki buharlaşma kaybı dikkate alınmalıdır (Kessides, 2013, s. 271). Hidroelektrik enerjisi tedarik zinciri süreci Şekil 2'de yer almaktadır.



Kaynak: Wee vd. 2012

Şekil 2. Hidroelektrik Enerjisi Tedarik Zinciri Süreci

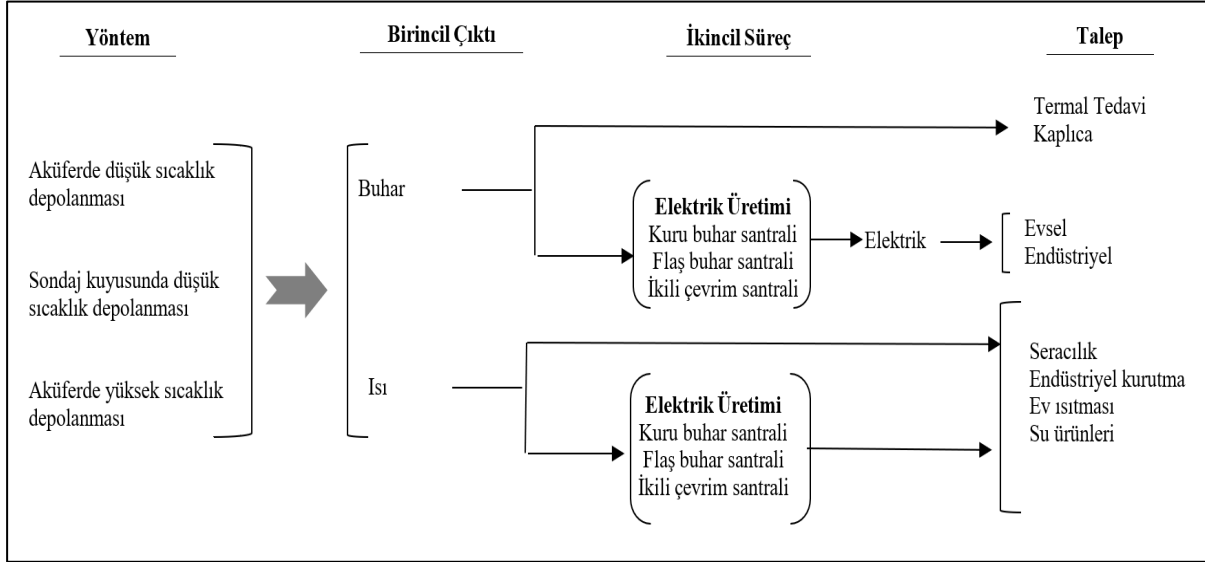
4. JEOTERMAL ENERJİ

Enerji kaynaklarının tükenme tehlikesi ve atmosferi olumsuz etkilediğinin farkına varılmasıyla, asgari çevresel etkiye sahip sürdürülebilir enerji kaynaklarını bulma ve geliştirmeye yönelik ilgi artmıştır. Bu tür kaynaklardan bir diğeri de jeotermal enerjidir (Jassim, 2013, s. 195). Standart bir tanımı olmamakla beraber jeotermal enerji, yeryüzü yüzeyi ile belirli bir derinlik arasında depolanan tüm termal enerjiyi ifade etmektedir. Tarihin en eski zamanlarında bile yeryüzüne kendiliğinden çıkması dolayısıyla insanlar tarafından çeşitli amaçlar için kullanılan jeotermal enerji, günümüzde, enerjinin yüzey göstergelerine yakın bölgelerde kuyular açılarak elde edilmektedir (Wee vd., 2012, s. 5452). Jeotermal enerjiden elektrik üretiminde, ısıtmada, tarım uygulamalarında yararlanılabilmektedir (Jassim, 2013, s. 195). Jeotermal enerjinin ısıtma amaçlı kullanılması binaları ısıtma, seraların ısıtılması, hayvan çiftliklerinin ısıtılması toprak, cadde, havaalanı pistlerinin ısıtılması ve termal turizm faaliyetlerini içermektedir. Endüstriyel olarak ise dokuma ve boyacılıkta, deri kurutma işleme vb. uygulamalarda jeotermal enerjiden yararlanılmaktadır (Akkuş ve Alan, 2016, s. 6).

Dünya genelinde jeotermal enerji birincil enerji tüketiminin küçük bir oranına katkıda bulunmaktadır. Dünya enerji konseyinin 2016 yılı Raporuna göre 2015 yılında jeotermal enerji dünya elektrik üretiminin %1'inden daha azını karşılamıştır (WEC, 2016, s. 2). Dünya genelinde 2015 yılına ait jeotermal enerjinin doğrudan kullanım uygulamaları incelendiğinde en yüksek oranın %55.3'le jeotermal ısı pompası olduğu belirlenmiştir. Jeotermal ısı pompasını, %15'le merkezi ısıtma, %20.3 ile banyo ve yüzme, %15'le merkezi ısıtma, %4.5'la sera ısıtma, %2.3'le su ürünleri havuz ısıtma, %1.78'le endüstriyel kullanım, % 0.44'le soğutma ve kar eritme, 0.35'le tarımsal kurutma, ve %0.25'i ile diğer uygulamalar takip etmiştir (WEC, 2016, s. 11). Aynı raporda Türkiye'nin jeotermal enerjinin doğrudan kullanıldığı ülkeler arasında ikinci sırada olduğu belirtilmektedir. Söz konusu ülkelerin sıralaması Çin, Türkiye, İzlanda, Japan, Macaristan, ABD ve Yeni Zelanda şeklindedir (WEC, 2016, s. 2). 2016 Ocak ayı itibariyle Türkiye'de toplam potansiyelin %20'sinin kullanıldığı belirlenmiştir. Kullanılan kapasitenin %56.9'u konut, sera ve termal tesis ısıtma uygulamalarında, %25.7'si termal tedavi uygulamalarında, %16.2'si elektrik üretiminde, %1.1'i ısı pompası uygulamalarında, %0.03'ü tarımsal kurutmada kullanılmaktadır (Akkuş ve Alan, 2016, s. 34).

Jeotermal ısı pompaları yüksek ve düşük miktardaki talepleri dengeleyerek enerjiyi saklayabilmektedir (Wee vd., 2012, s. 5452). Isı pompaları binaların ısıtılması ve soğutulmasından yüzme havuzlarının ısıtılmasına kadar birçok işlevi yerine getirmektedir. Isı pompası sistemleri sıcaklığı 50-60 fahrenheit düzeylerinde sabit olduğu dünya yüzeyinin altında yer alan borulardan sıcak suyu pompalayarak ısıyı iletmektedir. Kış mevsiminde ısı pompaları sayesinde borularda yer alan su, dünya yüzeyinin altındaki sıcaklığı absorbe ederek ısıyı binalara taşımaktadır. Yaz mevsiminde ise ısı pompaları tersten çalışarak soğutma görevi görebilmektedir. (Jassim 2013, s. 204).

Jeotermal enerjinin birtakım avantajları ve dezavantajları mevcuttur. Jeotermal enerji %80'e varan enerji tasarrufu sağlaması ve az miktarda emisyonunun olması nedeniyle çevre dostudur. Bunun yanında jeotermal enerji rüzgâr enerjisi veya güneş enerjisi gibi kaynaklara göre rüzgâra ya da güneşe bağımlı olmadığı için daha güvenilirdir. Jeotermal ısı pompaları geleneksel sistemlere göre daha az elektrik kullandığı için daha verimlidir. Buna ek olarak ısı pompaları uzun ömürlü ve az bakım gerektirmektedir. Jeotermal kaynaklarının azalabilir nitelikte olması, yatırım maliyetlerinin yüksek olması, kurulduğu yerlerde boş araziye ihtiyaç duyulması jeotermal enerjinin dezavantajları arasında sayılabilmektedir. Büyük şehirlerde boş arazi ihtiyacı sorunu jeotermal enerji tedarikinin önündeki önemli bir engeldir. Bu engel, dikey kapalı döngü sistemi kullanılarak ortadan kaldırılabilir (Greenmatch, 2018). Ayrıca, jeotermal kaynakların, sadece ateş çemberi olarak adlandırılan depremlerin ve volkanik hareketlerin yoğunlaştığı bölgelerde bulunması jeotermal enerji tedarikinde önemli bir kısıttır (Wee vd., 2012, s. 5452). Elektrik enerjisine dönüştürülebilen veya ısı pompalarıyla doğrudan kullanılabilen jeotermal enerjinin tedarik zinciri süreci Şekil 3'te yer almaktadır.



Kaynak: Wee vd. 2012

Şekil 3. Jeotermal Enerji Tedarik Zinciri Süreci

5. RÜZGAR ENERJİSİ

Rüzgâr enerjisi uzun zamandan beri kullanılan bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Günümüzde, rüzgâr türbinleri elektrik enerjisi üretmek için yaygın olarak kullanılan yenilenebilir enerji alternatiflerinden biri haline gelmiştir (Wee vd., 2012, s. 5452). Rüzgâr

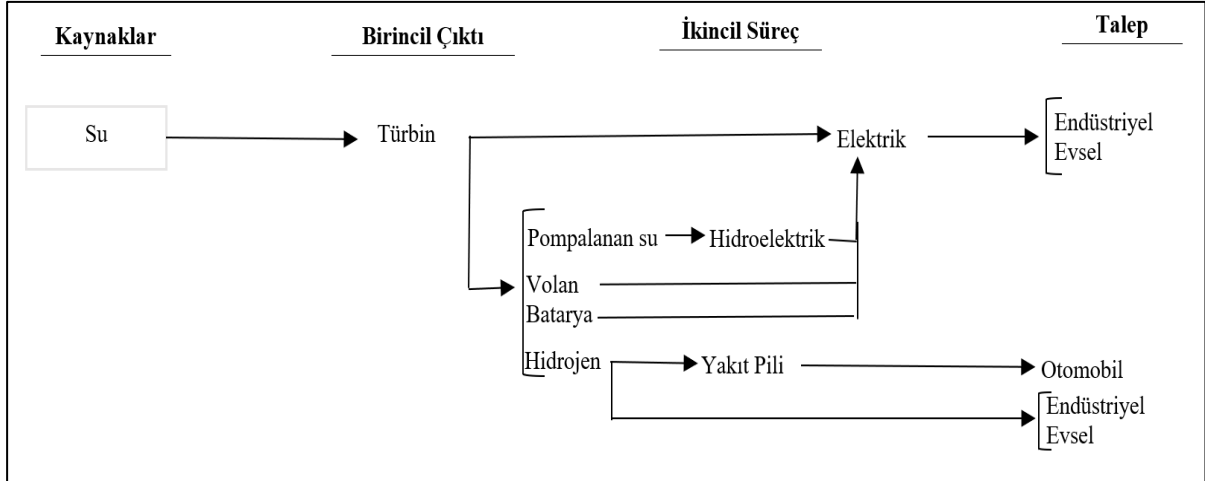
türbinleri, hareket halindeki havanın kinetik enerjisini öncelikle mekanik enerjiye sonrasında elektrik enerjisine dönüştürebilen makinalardır (ETKB, 2018).

Rüzgâr hem değişkenliği yüksek olması hem de coğrafi olarak bölgeler arası taşınmaması nedeniyle diğer enerji kaynaklarında ayrılmaktadır. Belirli bir bölgedeki rüzgâr enerjisi üretiminin gelişimi yüksek kaliteli rüzgâr kaynağının mevcudiyetine bağlıdır (Menz ve Vachon, 2006, s. 1791). Rüzgâr türbinlerinin çoğunluğu, arazi kullanımı üzerindeki çevresel etkileri azaltmak ve daha büyük rüzgâr gücü toplamak için açık denizlere kurulmaktadır (Saavedra vd. 2018, s. 249). Teknolojinin desteği ile kentsel alanlarda enerji üretmek için daha küçük rüzgâr türbinleri de geliştirilmiştir. Ancak rüzgârın gücü tahmin edilemez ve dinamik bir yapıda olduğundan elektrik talep değişimlerini dengelemek için enerjinin depolanması gerekmektedir. Ayrıca rüzgâr enerjisi sabit ve sürekli bir enerji kaynağı olabilmesi için güneş enerjisi veya hidroelektrik enerjisi ile de birleştirilebilmektedir (Wee vd., 2012, s. 5453).

Dünya genelinde rüzgâr enerjisi endüstrisinde son 20 yılda büyük bir ilerleme söz konusudur. Rüzgâr enerjisi teknolojisi konusunda sağlam bir teknik fizibilite oluşturulmuştur. Bu nedenle umut vaat eden yenilenebilir enerji kaynaklarından bir tanesi olarak kabul edilmektedir (He ve Chen, 2009, s. 2891). 2007 yılında 94 Gigawatts olan küresel rüzgâr enerjisi kapasitesi 2017 yılında 539 Gigawatts'a yükseltilmiştir (REN21, 2018, s. 109). Türkiye'de ise 2017 yılının sonunda toplam rüzgâr enerjisi kapasitesi yaklaşık 6.52 Gigawatts'tır (TEİAŞ, 2018b). Dünya genelinde 2017 sonuna kadar kurulmuş olan tüm rüzgâr türbinleri küresel elektrik enerjisi talebinin %5'inden fazlasını karşılayabilecek düzeydedir (WWEA, 2018; REN21, 2018, s. 41).

Rüzgâr enerjisi tedarik zinciri, rüzgâr enerjisi üretim endüstrisini geliştirebilmek adına anahtar bir faktördür. Rüzgâr türbini jeneratörü sistemi parçaları ve aksesuarları büyük ve ağırdır. Üretim süreci de oldukça karmaşıktır. Uzun vadeli bir üretim döngüsü gerektirmektedir. Fiyatı pahalı ve arz stoku düşük seviyededir. Bu şartlar altında tüm rüzgâr enerjisi üreticileri için zamanında üretim yapma ve teslim etme etkin bir tedarik zinciri yönetimi ile mümkündür (He ve Chen, 2009, s. 2894).

Rüzgâr enerjisi üretiminde tedarik zincirini geliştirmenin önünde birtakım engeller bulunmaktadır. Türkiye'de rüzgâr enerjisi tedarik sürecinde gerekli olan bileşenlerin yabancı tedarikçilerden elde edilmesi gerekebilmektedir. Bir diğer engel ise işçilerin rüzgâr enerjisi üretimi hakkında yeterli düzeyde resmi eğitim almaması dolayısıyla işlerin tam olarak yürütülememesidir. İşçilerin yetkin olamaması rüzgâr türbinlerinin kalitesi ve tedarik zinciri gelişiminin önündeki önemli bir engel olabilmektedir. Başka bir engel ise teknolojinin üretim için yeterli düzeyde olmamasından kaynaklanabilmektedir. İleri teknoloji eksikliğinden dolayı üreticiler rüzgâr türbinlerinin önemli bileşenlerini üretememektedirler. Bütün bunlara ek olarak uluslararası kriterlere göre rüzgâr türbinleri en az 20 yıl çalışacak şekilde tasarlanmalıdır. Bir rüzgâr türbini kötü havalarda da çalışabilmelidir. Buna bağlı olarak yapımında soğuk havalara ve asit yağmurlarına dayanabilecek özel malzeme bulunması gerekmektedir (He ve Chen, 2009, s. 2894-2896). Ayrıca rüzgâr türbinleri kuvvetli rüzgâr alabilen yerlere konumlandırılmalıdır (Wee vd., 2012, s. 5452). Rüzgâr enerjisi tedarik zinciri süreci Şekil 4'te yer almaktadır.



Kaynak: Wee vd. 2012

Şekil 4. Rüzgâr Enerjisi Tedarik Zinciri Süreci

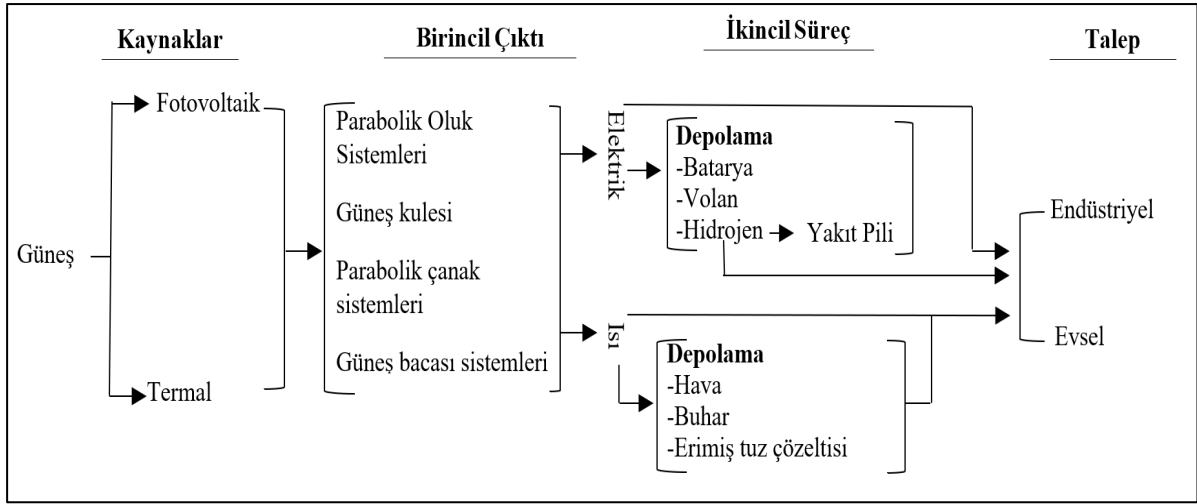
6. GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneş enerjisi alternatif yenilenebilir enerji kaynakları arasında kaynağının sınırsız olması yönüyle en iyi seçenek olarak kabul edilmektedir. Diğer kaynaklara göre tükenmemesi ve daha verimli bir çıktı elde edilmesi nedeniyle gelecek vaat eden bir enerji kaynağıdır. Güneş ışınımının yayılımı ve yoğunluğu güneş enerjisi endüstrisinin gelişimini etkileyen iki ana faktördür. Güneş ışınları dünyaya ulaşırken büyük bir kısmı dağılma, yansıma veya bulutlar tarafından emilmesi sonucu kaybolmaktadır. Bu yüzden güneş ışınlarının çoğunluğu boşa harcanmakta ve enerji üretimi için kullanılamamaktadır (Kannan ve Vakeesan, 2016, s. 1031).

Güneş ışınları ve ısı elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir. Elektrik enerjisi üretiminde kullanılmasının yanı sıra birçok kişisel taşınabilir cihaza elektrik gücü sağlamak için yaygın olarak kullanılmaktadır (Wee vd., 2012, s. 5453). Güneş enerjisi alternatiflerine göre daha esnektir ve kurulumu nispeten daha küçük yatırımlar gerektirmektedir. Bununla birlikte, güneş ışığı olmadığında enerji talebini karşılamak için enerji depolanması gerekmektedir. Güneş enerjisi elektrige fotovoltaik (Fotovoltaik cihazları veya güneş pilleri) ve güneş termal enerjisi / elektrik enerji santralleri olmak üzere iki şekilde dönüştürülebilmektedir (Saavedra vd. 2018, s. 250). Güneş enerjisi düşük çevresel zararlar serbestçe temin edilebildiğinden çok çeşitli kullanım alanları vardır. Güneş enerjisi, elektrik üretiminin yanı sıra binaların ısıtılması, binaların soğutulması, endüstriler için ısı üretimi, gıda soğutma, suyun ısıtılması, damıtma, kurutma ve pişirme gibi birçok uygulamanın enerji kaynağı niteliğindedir (Kannan ve Vakeesan, 2016, s. 1101).

Dünya genelinde güneş enerjisi endüstrisinde son 20 yılda büyük bir ilerleme kaydedilmiştir. 2007 yılında 8 Gigawatts olan küresel rüzgâr enerjisi kapasitesi 2017 yılında yaklaşık 402 Gigawatts'a yükseltilmiştir (REN21, 2018, s. 91). Türkiye'nin mevcut coğrafi konumu, güneş enerjisi potansiyeli bakımından çok verimlidir. Güney bölgelerden kuzey bölgelere doğru gidildiğinde güneşlenme potansiyeli azalmaktadır. Karadeniz bölgesi, coğrafi konumu ve güneşli gün sayısı az olması nedeniyle en az ışınım alan bölgedir ve güneşlenme süresi yılda 1971 saattir. İç Anadolu, Doğu Anadolu, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu ise yüksek değerlerde ışınım alan bölgelerimizdir. Güneşlenme süreleri yılda 2628 ile 2993 saat arasında değişmektedir (Özgür, 2018, s. 351). Türkiye'de 2017 yılının sonunda toplam güneş enerjisi kapasitesi yaklaşık 3.42 Gigawatts'tır (Özgür, 2018, s. 359).

Güneş enerjisi endüstrisi hızla gelişmesine rağmen gelişiminin önünde birtakım engeller bulunmaktadır. Birincisi, güneş fotovoltaik teknolojisi oldukça pahalıdır ve üretim ve kurulum için ileri teknoloji gerektirmektedir. İkincisi güneş panellerinin performansı, özellikle güneş ışığı yoğunluğu, bulutluluk ve rüzgâr hızı gibi çevresel faktörlerden çok etkilenmektedir. Üçüncüsü, diğer alternatif pazarlardaki rekabet güneş enerjisi projelerini etkilemekte, hızlı bir gelişim göstermesinin önüne geçmektedir. Dördüncüsü, güneş enerjisi üretimi her zaman tutarlı olmayabilmektedir. Bu nedenle tutarlı bir tedarik sağlamak için diğer enerji kaynaklarının şebeke ağına entegrasyonu şarttır. Beşincisi enerji üretimindeki çevreye zarar veren durumlar endüstriyi dolaylı yoldan olumsuz etkileyebilmektedir. Örneğin kuşlar ve böcekler güneş kolektörü nedeniyle yoğun güneş ışığına doğru uçarlarken ölebilmektedirler. Bunun yanında güneş pilleri genellikle toksik içeren çeşitli kimyasallardan üretilmektedir ve bunların çevreye atılmaması gerekmektedir. Ayrıca kollektörlerdeki ısı eşanjörleri çevreye toksik sıvılar bırakabilmektedir (Kannan ve Vakeesan, 2016, s. 1102-1103). Güneş enerjisi tedarik zinciri süreci Şekil 5'te yer almaktadır.



Kaynak: Wee vd., 2012

Şekil 5. Güneş Enerjisi Tedarik Zinciri Süreci

Tablo 2'de 2017 yılı itibariyle dünya genelinde ve Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilebilecek kurulu elektrik enerjisi kapasiteleri ve kaynakların elektrik enerjisi üretimindeki payları yer almaktadır.

Tablo 2. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elde Edilen Elektrik Enerjisi Kapasiteleri ve Kaynakların Elektrik Enerjisi Üretimindeki Payları

Enerji Kaynakları	Elektrik Enerjisi Üretim Kapasitesi (GW)		Elektrik Enerjisi Üretimindeki Payı (%)	
	Dünya	Türkiye	Dünya	Türkiye
Hidroelektrik Enerjisi	1114	27,27	16,4	19,6
Rüzgâr Enerjisi	539	6,52	5,6	6
Güneş Enerjisi	402	3,42	1,9	1
Jeotermal Enerji	12,8	1,06	0,4	2,1
Biyokütle Enerjisi	122	0,48	2,2	0,7
TOPLAM	2194,7	38,75		

Kaynaklar: REN21, 2018; TEİAŞ, 2018a; TEİAŞ, 2018b

Tablo incelendiğinde 2017 yılı sonu itibariyle yenilenebilir enerji kaynakları içinde dünyada en yüksek kapasiteye sahip olan kaynağın 1114 GW'la hidroelektrik enerjisi olduğu görülmektedir. Hidroelektrik enerjisini sırasıyla, 539 GW'la rüzgâr enerjisi, 402 GW'la güneş enerjisi, 122 GW'la biyokütle enerjisi, 12.8 GW'la jeotermal enerji takip etmektedir. Dünya genelinde yenilenebilir kaynaklardan elde edilebilecek toplam kurulu elektrik enerjisi üretim kapasitesinin 2194.7 GW olduğu tabloda yer almaktadır. Türkiye'de ise en yüksek elektrik üretim kapasitesine sahip kaynağın kaynağın 27.27 GW'la hidroelektrik enerjisi olduğu görülmektedir. Hidroelektrik enerjisini sırasıyla, 6.52 GW'la rüzgâr enerjisi, 3.42 GW'la güneş enerjisi, 1.06 GW'la jeotermal enerji ve 0.48 GW'la biyokütle enerjisi takip etmektedir. Türkiye'de toplam kapasitenin 38.75 GW olduğu tabloda görülmektedir.

Dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam elektrik üretimindeki payları incelendiğinde en yüksek paya sahip olan kaynağın %16.4'le hidroelektrik enerjisi olduğu görülmektedir. Hidroelektrik enerjisini sırasıyla, %5.6'yla rüzgar enerjisi, %2.2 ile biyokütle enerjisi, %1.9'la güneş enerjisi, %0.4'le jeotermal enerji takip etmektedir. Türkiye'de ise elektrik üretiminde en yüksek paya sahip olan kaynağın %19.6 ile hidroelektrik enerjisi olduğu tabloda yer almaktadır. Hidroelektrik enerjisini sırasıyla, %6'yla rüzgâr enerjisi, %2.1 ile jeotermal enerji, %1'le güneş enerjisi, %0.7 ile biyokütle enerjisi takip etmektedir.

7. SONUÇ

Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarının tedarik zinciri perspektifinden değerlendirilmesi ve yenilenebilir enerji kaynakları tedarik zincirinin performans, engeller ve geliştirme stratejileri bileşenlerine odaklanarak incelenmesi amaçlanmıştır. Küresel enerji tüketiminin artması önemli problemlere neden olmaktadır. Bu problemlerle baş etmede yenilenebilir enerji kaynakları, sürdürülebilir olmasının yanında dünyanın her yerinde bulunabilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Yenilenebilir enerji için artan talep ve tedarik sistemlerinin karmaşıklığı, kapsamlı yenilenebilir enerji tedarik zinciri yönetimi yaklaşımlarına olan ihtiyacı artırmaktadır.

Dünyada yaygın olarak kullanılabilen beş adet yenilenebilir enerji kaynağı bulunmaktadır. Bunlar, biyokütle enerjisi, hidroelektrik enerjisi, jeotermal enerji, rüzgâr enerjisi ve güneş enerjisidir. Enerji tedariki yenilenebilir enerji endüstrisinin gelişiminde etkili olacak en önemli unsurlardan biri durumundadır. Yenilenebilir enerji tedarik zincirindeki ana görevler enerjinin depolanmasını, dağıtımını ve verimliliğini içermektedir.

Biyokütle tedarik zinciri, biyomateryallerin toplanmasından enerji dönüşüm tesislerinde enerjiye dönüştürülmesine ve dağıtımına kadar olan süreci kapsamaktadır. Tedarik sürecinde tarımsal biyokütlenin mevsimsel mevcudiyeti, düşük enerji yoğunluğu, belirsiz enerji üretim performansına bağlı talep değişimleri aşılması gereken engeller olarak kabul edilmektedir. Bu sorunlara bağlı olarak biyokütle tedarik zinciri süreci kapsamında, maliyet ve çevresel etkilerin minimize edilmesi ve sürekli bir emniyet stoku oluşturulması gerekmektedir.

Hidroelektrik enerjisi tedarik zinciri nehir sistemi, hidroelektrik tesisleri, su ve enerji talep bölgeleri, kanal veya boru sistemlerinden oluşan hidroelektrik tesislere bağlantıları ve taşkın bölgelerini kapsamaktadır. Hidroelektrik enerjisi tedarik zinciri sürecinde enerji üretme, sulama, taşkın gibi ana işlevler yerine getirilmeli, mevsimler boyunca su mevcudiyeti yönetilebilmelidir. Bu yönetim, depolama, sulama ve taşkın kontrolünü içermektedir. Enerji iletimi verimliliğindeki kayıplar göz ardı edilmemeli ve depolanan sudaki buharlaşma kaybı dikkate alınmalıdır.

Jeotermal enerji tedarik sürecinde, kaynakların azalabilir nitelikte olması, yatırım maliyetlerinin yüksek olması, kurulduğu yerlerde boş araziye ihtiyaç duyulması ve jeotermal kaynakların sadece depremlerin ve volkanik hareketlerin yoğunlaştığı bölgelerde bulunması gibi çeşitli kısıtlar mevcuttur. Buna rağmen, jeotermal enerji rüzgâr enerjisi veya güneş enerjisi gibi kaynaklara göre rüzgâra ya da güneşe bağımlı olmadığı için daha güvenilirdir.

Rüzgâr enerjisi tedariki sürecinde, rüzgâr türbini parçalarının tedarikinin zor olması, işçilerin eğitilmiş ve yetkin olmalarının gerekmesi, teknolojinin yetersiz kalması ve rüzgâr türbinlerinin uzun süre dayanabilecek nitelikte olması zorunluluğu gibi çeşitli sorunlarla karşılaşmaktadır. Bunun yanında, üretim süreci karmaşıktır ve uzun vadeli bir üretim döngüsü gerektirmektedir. Fiyatı pahalı arz stoku düşük seviyededir. Bu koşullar altında üretim yapma ve teslim etme etkin tedarik zinciri yönetimi ile mümkündür.

Güneş enerjisi tedarikinde fotovoltaik teknolojinin pahalı olması, üretim ve kurulum için ileri teknoloji gerekmesi, güneş panellerini performansının güneş ışığı yoğunluğu, bulutluluk ve rüzgâr gibi çevresel koşullardan etkilenmesi, güneş enerjisi üretiminin her zaman tutarlı olmaması gibi çeşitli engeller söz konusudur. Buna bağlı olarak tutarlı bir tedarik sağlamak için diğer enerji kaynaklarının şebeke ağına entegrasyonu şarttır. Ayrıca, enerji üretim ve dağıtımındaki çevreye zarar veren durumlar, endüstriyi dolaylı yoldan etkileyebileceği için, göz ardı edilmemelidir.

Çalışma kapsamında yapılan literatür taraması sonucuna göre, yenilenebilir enerji değeri hakkında farkındalık oluşturulması, dağıtım ağlarının geliştirilmesi ve depolama teknolojisinin ilerletilmesi yenilenebilir enerji tedarik süreçlerinin geliştirilmesi adına önemli stratejiler olarak belirlenmiştir. Yenilenebilir enerji tedarik sürecinde karşılaşılan diğer engeller dönüşüm maliyetleri, konum kısıtlamaları, karmaşık dağıtım ağları olarak tespit edilmiştir. Çalışmanın, yenilenebilir enerji tedariki ile ilgili yönetsel bilgiler ve gelişiminin önündeki engellerin aşılabilmesi adına öneriler sunması açısından, araştırmacılara ve yöneticilere katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Afşar, Y., ve Büyükkeklik, A. (2016). Elektrik enerjisinde tedarik zinciri yönetimi: Türkiye’de kullanıcılara yönelik bilgisayar uygulama önerisi. *Verimlilik Dergisi*, 3, 75-99.
- Akkuş, İ. ve Alan, H. (2016). *Türkiye’nin jeotermal kaynakları, projeksiyonları, sorunlar ve öneriler raporu*, Ankara: TMMOB Jeoleji Mühendisleri Odası.
- An, H., Wilhelm, W. E., ve Searcy, S. W. (2011). A mathematical model to design a lignocellulosic biofuel supply chain system with a case study based on a region in Central Texas. *Bioresource Technology*, 102 (17), 7860-7870.
- Bahadori, A., Zahedi, G., ve Zendejboudi, S. (2013). An overview of Australia's hydropower energy: Status and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 20, 565-569.
- EIA. (2018). “What is renewable energy?”. https://www.eia.gov/energyexplained/index.php?page=renewable_home#tab1, (Erişim tarihi: 28.01.2019).
- EİGM. (2018). “2017 Yılı Genel Enerji Denge Tablosu”, <http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/2017Yili-Ulusal-Enerji-Denge-Tabloları>, (Erişim tarihi: 28.01.2019).

- ETKB. (2018). “Rüzgar”, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar>, (Erişim tarihi: 29.01.2019).
- Greenmatch (2018). “Advantages and Disadvantages of Geothermal Energy - The Source of Renewable Heat”, <https://www.greenmatch.co.uk/blog/2014/04/advantages-and-disadvantages-of-geothermal-energy>, (Erişim tarihi: 29.01.2019).
- Hamelinck, C, Suurs, R. A. A. ve Faaij, P.C. (2005). International bioenergy transport costs and energy balance. *Biomass and Bioenergy*, 29, 114-134.
- He, Y., ve Chen, X. (2009). Wind turbine generator systems. The supply chain in China: Status and problems. *Renewable Energy*, 34 (12), 2892-2897.
- Hoogwijk, M., Faaij, A., Broek, R. V. D., Berndes, G., Gielen, D., ve Turkenbur, G. W. (2003). Exploration of the ranges of the global potential of biomass for energy. *Biomass and Bioenergy*, 25 (2), 119-133.
- Jassim, H. (2013). Geothermal energy and possibility use it in Iraq. *The Islamic College University Journal*, 8 (25), 193-213.
- Kannan, N., ve Vakeesan, D. (2016). Solar energy for future world: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 1092-1105.
- Kessides, I. N. (2013). Chaos in power: Pakistan’s electricity crisis. *Energy Policy*, 55, 271-285.
- Khan, A. A. (2009). Potential to use biomass for bio-energy in Ontario. *Guelph Engineering Journal*, 2, 39-44.
- Mafakheri, F. ve Nasiri, F. (2014). Modeling of biomass-to-energy supply chain operations: Applications, challenges and research directions. *Energy Policy*, 67, 116-126.
- Menz, F. C., ve Vachon, S. (2006). The effectiveness of different policy regimes for promoting wind power: Experiences from the states. *Energy policy*, 34 (14), 1786-1796.
- Mun, K. G. (2016). *Designing Energy and Water Supply Chains for Prosperity*, Doctorate Thesis, The State University of New Jersey, New Jersey.
- Özgür, E. (2018). “Türkiye’de Güneş Enerjisi”, *Türkiye’de Enerji Görünümü 2018*, Ankara: TMMOB
- REN21. (2018). “Renewables 2018 Global Status Report”, Renewable Energy Policy Network for the 21st Century.
- Saavedra, M. R., Fontes, C.H. ve Freires, G. M. (2018). Sustainable and renewable energy supply chain: A system dynamics overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 247-259.
- Searcy, E., Flynn, P., Ghafoori, E., ve Kumar, A. (2007). The relative cost of biomass energy transport. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 7/136-140, 639-652.
- TEİAŞ. (2018a). “2017 Yılı Türkiye elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımı”, <https://www.teias.gov.tr/tr/iii-elektrik-enerjisi-uretimi-tuketimi-kayıplar-0>, (Erişim tarihi: 28.01.2019).
- TEİAŞ. (2018b). “Türkiye elektrik sistemi kuruluş ve kaynaklara göre kurulu güç”, https://www.teias.gov.tr/sites/default/files/2019-01/kurulu_guc_aralik_2018.pdf, (Erişim tarihi: 28.01.2019).

- TMMOB. (2017). “Türkiye enerji görünümü Eylül 2017”.
https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/TURKIYE%20ENERJ%C4%B0%20G%C3%96R%C3%9CN%C3%9CM%C3%9C_EYL%C3%9CL%202017%20%281%29.pdf, (Erişim tarihi: 29.01.2019).
- WEC. (2016). “World Energy Resources Geothermal 2016”.
<https://www.worldenergy.org/assets/images/imported/2016/10/World-Energy-Resources-Full-report-2016.10.03.pdf>, (Erişim tarihi: 29.01.2019).
- Wee, H. M., Yang, W. H., Chou, C. W., ve Padilan, M. V. (2012). Renewable energy supply chains, performance, application barriers, and strategies for further development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16 (8), 5451-5465.
- WWEA. (2018). “Wind power capacity reaches 539 GW, 52,6 GW Added in 2017”,
<http://wwindea.org/blog/2018/02/12/2017-statistics/>, (Erişim tarihi: 29.01.2019).
- YEGM. (2018). “Biyokütle çevrim teknolojileri”,
http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle_cevrim_tekno.aspx, (Erişim tarihi: 28.01.2019).
- Yüksel, I. (2010). Hydropower for sustainable water and energy development, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 462-469.