

Sanayi 4.0'ın Enerji Güvenliğine Olası Etkileri *Possible Impacts Of Industry 4.0 On Energy Security*

Hasan Sencer Peker*
Hakan Arslanoğlu**

Öz: Petrol'ün yeryüzündeki dağılımı, kömürle karşılaştırıldığında çok daha dar bölgelerle sınırlıdır. Bu durum, bolca petrole sahip olan, petrolü olmayan ve dünyadaki petrol alış/satışlarını kendi kontrolü altında tutmak isteyenler arasında geçmişte benzerine pek rastlanmamış ilişkilerin kurulmasına yol açtığı gibi “Enerji Güvenliği” kavramının da ortaya çıkmasına neden olmuştur. Elbette bu süreçte, insanlığın çeşitli birincil enerji kaynaklarından yararlanarak elde etmeye başladığı elektrik enerjisinden de söz etmek gerekir, zira elektrik hemen her türlü mekanik güç gerektiren alanda, ısıtmada, soğutmada rahatça kullanılabilen bir enerji türüdür ve adeta diğer tüm enerji kaynakları kullanılarak elde edilmeye çalışılan hedef enerji biçimi olmuştur. Elektrik enerjisinin hemen her alanda kullanılmaya başlaması teknolojiadaki gelişmeleri hızlandırmış, bilişim teknolojileri ve haberleşmenin yaygınlaşmasıyla da dünya adeta küçülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Sanayi Devrimleri, Enerji Güvenliği, Sanayi 4.0

Abstract: The distribution of petroleum on earth is much narrower in comparison with coal. This situation has led to the creation of relationships which never seen before between the parties, who have plenty of oil, who do not have oil, and who want to keep the oil trade under their control. During those days the concept of “Energy Security” was born as well. Of course, in this process, we must mention the electric energy that humanity has started to produce by using various primary energy sources, because the electricity is a type of energy that can be used comfortably in the field; heating, cooling, for any kind of mechanical power. Actually, It has become a goal to be achieved by using primary energy sources. The use of electric energy in almost every area accelerates the development of technology, and the world has become smaller by the spread of information technology and communication.

Keywords: Industrial Revolutions, Energy Security, Industry 4.0

*Dr., Polis Akademisi Güvenlik Bilimleri Enstitüsü Öğretim Üyesi, hasansencer.peker@pa.edu.tr

** Yüksek Lisans Öğrencisi, Polis Akademisi Güvenlik Bilimleri Enstitüsü, harslanoglu@outlook.com

Giriş

İş yapabilme yeteneği olarak da tanımlanabilecek bir kavram olan enerji; bireyler, ülkeler hatta daha büyük ölçekli düşünüldüğünde tüm evren açısından hareketin tek kaynağıdır. Bu sebeple eşyanın tabiatı gereği, canlılar bilinçli bir şekilde, cansız maddeler ise bildiğimiz kadarıyla bilinçsiz bir şekilde enerji tüketirler.

Konu enerji ile ilgili olunca, öncelikle fizik biliminin yaklaşımını göz önüne almak gerekir. Fizik bilimi açısından bakıldığında; *Enerji yoktan var edilemez ve üretilemez; ayrıca yok edilemez ve tüketilemez. Günlük dilde enerji üretmek, fizik dilinde enerjiyi bir biçimden başka bir biçime dönüştürüp kullanılabilir hale getirmek demektir. Günlük dilde enerji tüketmek, fizik dilinde enerjinin artık iş yapmak için kullanılmayacak bir biçime dönüşmesi demektir.* Dolayısıyla, insanoğlu küçük ölçekte varlığını sürdürmek, büyük ölçekte ise iş yapmak, yani bir şeyler üretmek için gerçek anlamda hiçbir zaman tüketemediğimiz enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Burada bahsi geçen, varlığını sürdürmek kavramı, sadece insanın hayatta kalması için gereken enerji olarak dikkate alındığında; gıda ihtiyacının karşılanmasına (dolayısıyla canlı bir organizma açısından gıda güvenliği, aslında enerji güvenliğidir), ısınmasına ve barınak yapabilmesi için gerekli mekanik enerji ihtiyacının karşılanmasına kadar, indirgenebilecek bir kavramdır. Oysa insanoğlu, gelişmek, ilerlemek, diğerlerinden üstün olmak, hatta en güçlü olup hükmetmek gibi bir hırsa sahiptir. İşte bu hırs, bir yönüyle insanlığın bilimde, sanayide ilerlemesini sağlarken, diğer yandan da bir bölüşüm ve güç savaşına sebep olmaktadır.

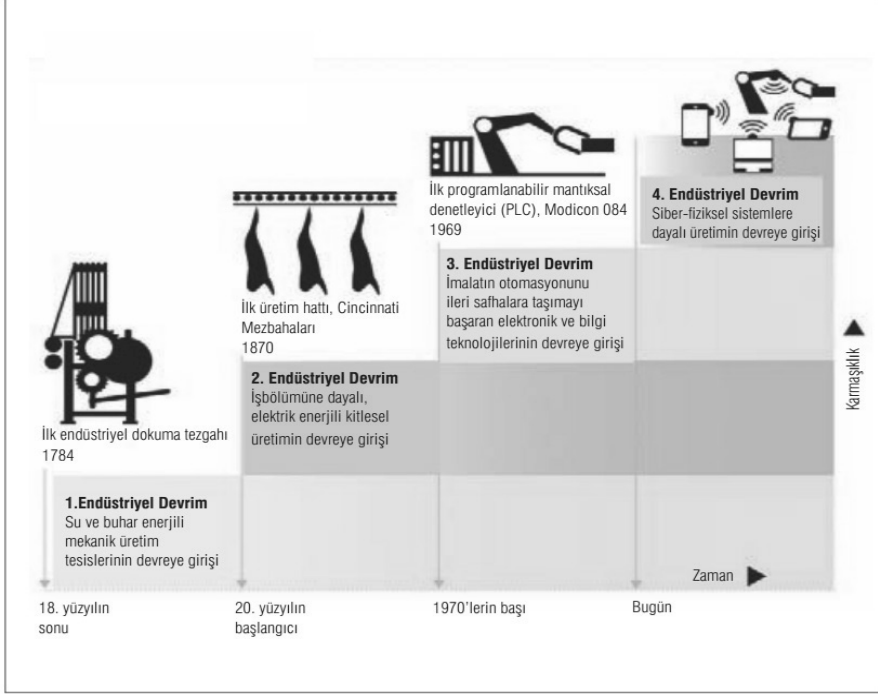
Tarihsel açıdan bakıldığında, insanlığın bilim ve teknolojiadaki ilerlemesinde doğal sürecin dışında “sıçrama” olarak tarif edilebilecek gelişmeler yaşanmış ve bu sıçramalar devrimsel bir gelişme olarak nitelendirilip “Sanayi Devrimleri” olarak adlandırılmıştır. Bu kapsamda, başlangıç ve bitiş zamanları ile sayıları konusunda tam bir mutabakat olmasa da, genel kabule göre, insanlığın bugüne kadar üç sanayi devrimi yaşadığı ve dördüncüsünü de bugünlerde yaşamaya başladığı söylenebilir. Bugüne kadar yaşanan tüm sanayi devrimleri temelde seri üretim artışına yol açmış ve bu durum daha istikrarlı bir enerji kaynağına olan ihtiyacın artmasını tetiklemiştir. Başka bir deyişle, sanayi devrimleri ile enerji kullanımındaki artış arasında kuvvetli bir ilişkisi söz konusudur. Bu çalışmada, son zamanların en çok tartışılan konularından olan Sanayi 4.0 ile yaşanacağı öngörülen gelişmelerin, enerji kullanımını, geçmişteki sanayi devrimleri gibi, etkileyip etkilemeyeceği incelenecek ve sonuç olarak enerji güvenliği kavramının Sanayi 4.0 ile nasıl evrilebileceği yorumlanacaktır.

Sanayi Devrimleri ve Enerji

Sanayi devrimlerinin ne zaman başladığı, ne zaman sonuçlandığı konusunda net tarihler vermek mümkün değildir. Bununla beraber, bilim ve teknolojiye yaşanan gelişmeler kapsamında üç sanayi devriminin gerçekleştiği ve dördüncüsü olan

Sanayi 4.0'ın başladığına dair ortak bir kanı mevcuttur, bu durumu Şekil 1'deki gibi resmetmek mümkündür;

Şekil 1: Sanayi Devrimleri



Kaynak: Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0 (2013: 13).

Aslında tarihsel gelişime bakıldığında; modern öncesi çağlarda yaşayan toplumların, toprak ürünlerinden elde edilen enerjiye bağlı sınırlama ve kısıtlamaların etkisinde olduklarını görmekteyiz. Rüzgâr ve su gücü kullanımları ise çok sınırlı ve verimsizdi. Kullandıkları enerjinin % 95'inden fazlası bitkisel ürünlerden geliyordu. Temel amaçları toprağı en verimli şekilde kullanmaktı, bu sayede ısınma ve mekanik güç için gerekli birincil ihtiyaçlarını topraktan karşıyorlardı. Isınma oduna dayalı olduğundan geniş ormanlara ihtiyaç vardı. Mekanik güç ise çoğu zaman insan ya da hayvanların kas güçlerinden elde ediliyordu. Bu nedenle de, enerjinin temel kaynağı gıdadan geliyordu ve üretim kas gücüne dayalı olduğundan da kölelik en rasyonel çözümdü. Ekonominin temelde tarıma dayalı olduğu bu zamanlarda Çin ve Hindistan dönemin süper güçleriydiler ve bu durumlarının 18. yüzyılın başlarına kadar devam ettiği söylenebilir. Bu sıralarda Avrupa ise nispeten daha fakirdi. Fakat Avrupa'da özellikle de İngiltere'de kömürün başat enerji kaynağı olarak sanayide kullanılmaya başlanmasıyla durum değişti. Aslında İngil-

tere’de kömür kullanımı çok daha eskilere 16. yüzyıla kadar dayanmaktadır, zira İngiltere ormanlar açısından yetersizdi ve ısınmak için kömür kullanımı özellikle Londra gibi büyük şehirlerde çok yaygındı. Bu durum, daha o yıllarda Londra’da yoğun hava kirliliği yaşanmasına yol açmıştı.

Buhar makinasının 18. yüzyıl başlarında icadı ve geliştirilmesiyle, mekanik güç için daha önce kullanılan kas gücünün ya da verimli kullanılamayan su ile rüzgâr güçlerinin yerini kömür ve buhar gücü aldı. Böylece doğanın izin verdiği değil, insanın kontrolünde gerçekleşen bir üretim süreci kurulmuş oldu. Bu sayede, çok verimli şekilde demir üretimi gerçekleştirilebildi. Sonuçta demirin yaygın kullanımıyla daha derinlerden ve daha çok kömür çıkarılması mümkün oldu. Sonraları demiryolları çoğaldı. Ulaşımın demiryollarıyla gerçekleştirilebiliyor olması ise, kömürün çok daha fazla miktarlarda ve daha süratli şekilde başka yerlere taşınabilmesini mümkün kıldı (Dannreuther, 2017: 17). Kömürün yakılmasıyla elde edilen buhar gücünün kullanımı tekstil sektörünü geliştirdi, makina kullanımı hızla arttı. Böylece birinci sanayi devrimi başlamış oldu. Dolayısıyla, birinci sanayi devrimi için en önemli anahtar kelimeler olarak; kömür, buhar makinası, demir ve tekstil makinelerini sayabiliriz.

Birinci sanayi devriminin eseri olan buharlı makinelerin üretimi ve gelişimi ile çeliğin ham madde olarak kullanılması, XIX. yüzyılın başında buharlı gemilerin üretilmesine neden oldu. Kıtalar arası seyahat kolaylaştı, ulaşım sektörü büyük gelişim yaşadı. Çelik kablo ve sacların üretimi ile sadece ulaşım sektöründe değil; aynı zamanda inşaat (ilk gökdelenler ile çelik asma köprülerin üretimi) ve savunma sektörlerinde de (yarı otomatik tüfekler, tanklar, daha güçlü silahların üretimi) gelişmeler yaşandı. Artık ikinci sanayi devriminden söz edilmeye başlanmıştı; doğru elektrik akımının bulunup, doğru akım motorlarının üretilmeye başlanması ve bunları kullanan aletlerin de icat edilmesiyle, elektrikli alet kullanımı yaygınlaştı, telgraf ve telefon icat edildi. 1870 yılında elektrikli ilk üretim hattı kuruldu. Ayrıca, petrolün çıkartılıp işlenmesi ve ilk içten yanmalı motorların üretilmesi ile benzinle çalışan otomobiller insan hayatına girdi. Özetleyecek olursak, ikinci sanayi devrimi için anahtar kelimeleri; çelik, petrol, elektrik, içten yanmalı motorlar ve telefon olarak sıralayabiliriz.

İkinci Sanayi Devrimi esnasında başlatılan seri üretimler, bilişim teknolojilerinin gelişmesiyle ivme kazanmıştır. Bu kapsamda, ilk programlanabilen mantık devrelerinin (Programmable Logic Controller – PLC) 1969 yılında üretilmesi, üretim otomasyonunda elektroniğin kullanılmasının yolunu açmıştır. Dolayısıyla üçüncü sanayi devrimiyle ilgili anahtar kelimeler olarak; bilgisayar ve bilişim teknolojilerini özellikle de interneti sayabiliriz.

Buraya kadar gerçekleşen üç sanayi devrimi, enerji kullanımı açısından da devrimleri getirmiştir. Her bir sanayi devrimi, ihtiyacı olan enerjiyi daha kaliteli, ucuz ve güvenli bir şekilde tedarik etme ihtiyacını arttırmıştır. Bu sebeple de her bir sanayi devrimi, enerji devrimlerini de tetiklemiştir. Kaliteli ve ucuz enerji ile kesintisiz bir şekilde beslenmesi gereken yeni sanayi için, artık ülkelerin kaynak-

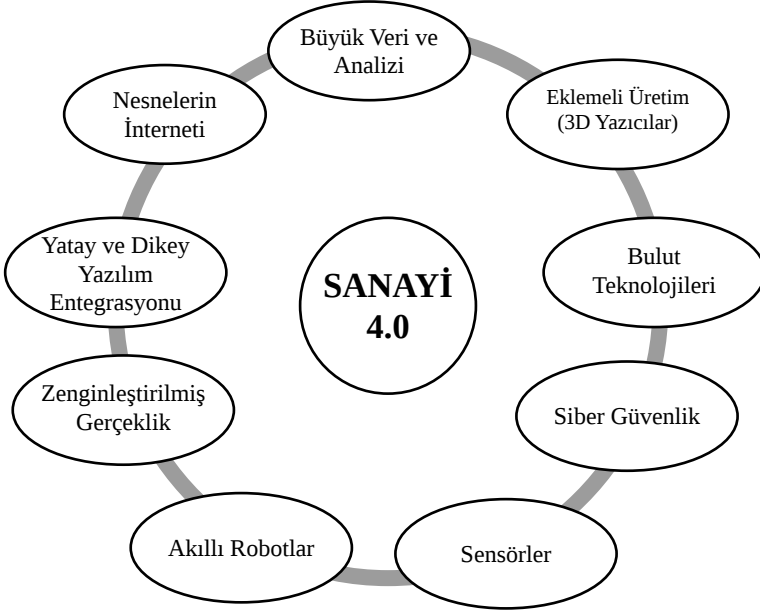
ları yetersiz kalmıştır. Sanayisizlik veya savaş ise güçlü bir ülke için asla ikilem olmamıştır.

Alman Ulusal Bilim ve Mühendislik Akademisi (Acatech) tarafından “Sanayi 4.0 Manifestosu” adıyla yapılan yayınlara, Alman Hükümeti 2011 yılında ilk kez Sanayi 4.0 kavramını gündeme getirmiştir. Daha sonra, Dünya Ekonomik Forumu'nun kurucusu ve yönetim kurulu başkanı Klaus Schwab'un, 2016 yılında Davos'ta yaptığı konuşmada, dördüncü sanayi devrimine ilişkin olarak; “*Bugün karşı karşıya kaldığımız çok çeşitli ve büyüleyici zorluklardan en yoğun ve önemli olan, yeni teknoloji devrimini anlamak ve şekillendirmektir. Bu, insanlığın dönüşümünden başka bir şey değildir. Yaşayış tarzımızı, çalışma şeklimizi ve birbirimizle ilişki kurma biçimimizi temelde değiştiren bir devrimin başlangıcındayız. Dördüncü sanayi devrimi olarak düşündüğüm şey; ölçeği, kapsamı ve karmaşıklığı ile insanlığın daha önce deneymediği hiçbir şeye benzememektedir..*” (Lang, 2016: 4) sözlerini sarf etmesi, artık Sanayi 4.0'ın başlamış olduğu fikrini genel bir teamül haline getirmiştir. Peki, nedir bu Sanayi 4.0 ve önceki sanayi devrimlerinde olduğu gibi gerçekten insan hayatını temelden değiştirecek yenilikler getirebilecek midir?

Sanayi 4.0 temel olarak; insanlar, makineler ve ürünler arasında gerçek zamanlı iletişim, bağlantı ve tanımlamaların gerçekleştirilmesini sağlayacak; bu sayede, son derece yüksek bir esneklik içeren, müşteri taleplerine göre özelleşmiş ve dijitalleşmiş akıllı imalat modelleri geliştirilebilecektir. Burada zikredilen akıllı imalat modeli; üretimin merkezileşmeden çıkarılıp, yerelleştirilmeye dönüşümü ve ürünün tek tip olmaktan, kişiye özel (customized) hale gelmesidir. Konuyu biraz daha açmak gerekirse; kullanıcılar ya da tüketicilerin artık kısmen değil, tamamen üretime katılacakları, gerçek dünyanın sınırlarının sanal dünyanın olanakları ile ortadan kalktığı, dolayısıyla Siber Fiziksel Üretim Sistemlerinin (SFS) hayatın vaz geçilmezi olacağı bir çağa adım atmış bulunmaktayız. (Fırat ve Fırat: 2017: 10).

Sanayi 4.0, hayatımızda bu kadar köklü değişimler gerçekleştireceğine göre, acaba bu durum nasıl ve hangi aşamalarla gerçekleşecektir? İşte bu soruyu Şekil 2 ile belli bir oranda cevaplamak mümkündür.

Şekil 2: 4. Sanayi Devriminin Unsurları



Kaynak: Fırat, (2016: 4).

Şekil 2’de de görüldüğü üzere, Sanayi 4.0 temelde dokuz alandaki gelişmeler dâhilinde vücut bulmaktadır. Bu kapsamda; büyük veri analizi, bulut teknolojileri, zenginleştirilmiş gerçeklik, yatay ve dikey yazılım entegrasyonu ile siber güvenlik daha ziyade işin yazılım ağırlıklı kısmını oluştururken; 3D yazıcılar, sensörler, akıllı robotlar, nesnelerin interneti ise donanım ağırlıklı kısımdadır. Bu saydıklarımızı basit bir senaryo dâhilinde somutlaştıracak olursak; bir takım elbise almak istediğinizi düşünerek işe başlayalım, Sanayi 4.0 ile şöyle bir süreç yaşamamız mümkün olabilecektir:

1. Evinizdeki lazerli tarayıcılar (sensörler) ile vücut ölçüleriniz taranacak,
2. Bu veriler ışığında ve bulut teknolojileri ile büyük veri analizi sayesinde size alternatif takım elbise modelleri önerilecektir.
3. Zenginleştirilmiş gerçeklik ile önerilen alternatiflerin üzerinizde nasıl duracağını farklı açılardan görmeniz mümkün olacağından, karar vermeniz kolaylaşacaktır.
4. Kararınızı verdikten sonra, işin üretim süreci başlayacak ve nesnelerin interneti, üç boyutlu yazıcılar, akıllı robotlar ile gerçekleştirilecek, üretim tüm aşamalarda sizinle paylaşılacaktır.

5. Yatay ve dikey yazılım entegrasyonu ile üretim aşamalarında olası karar değişiklikleriniz üretim sürecine hızlıca yansıtılacak, bu sayede nihai ürünün tam da sizin istediğiniz şekilde olması sağlanacaktır.

Elbette tüm bu işlemler siber güvenlik ile olası kötü amaçlı girişimlere karşı güvenlik altında tutulacaktır.

Yukarıda basit bir örnekle aktarmaya çalıştığımız, Sanayi 4.0'ın hayatımıza getireceği yeniliklerin yanında, inceleme konumuz olan enerji ile ilgili de pek çok açılıma yol açacağı beklenmektedir. Bu kapsamda; “Enerjinin şimdiye kadar ki tüm endüstri (sanayi) devrimlerinde anahtar rol oynadığı açıktır. Bununla beraber, enerji endüstrisi yeni sanayi devriminin kendisini nasıl değiştireceğinden yeteri kadar haberdar değildir” (Lang, 2016: 5) şeklinde görüşler ileri sürülmek suretiyle, aslında Sanayi 4.0'ın enerji alanıyla ilgili getirilerinin tam anlaşılamadığı dile getirilmektedir. Hatta bahse konu, değişiklikleri/yenilikleri vurgulamak adına, Sanayi 4.0'dan hareketle, Enerji 4.0 gibi yeni bir terim bile kullanılmaya başlanmıştır.

Enerji kullanımı açısından Sanayi 4.0'a bakıldığında; önceki sanayi devrimlerinde yaşanan enerji yoğun kullanımının yerini temel olarak daha bilinçli tüketim, enerji tasarrufu, enerji çeşitliliği ve enerji verimliliğinin alacağını söylemek mümkündür. Bu kapsamda, Sanayi 4.0 ile enerji konusunda yaşanacak olası gelişmeler şöyle özetlenebilir:

- Kullanılacak akıllı teknolojiler ve ileri otomasyon sayesinde enerji verimliliği artacak, bu durum daha az enerji ile daha çok üretimi mümkün kılacaktır.
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının daha fazla kullanımı söz konusu olacaktır, zira özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarını elektrik enerjisine dönüştüren kalemdeki (güneş panelleri, rüzgâr santralleri vb.) kurulum maliyetlerinin makul seviyelere ineceği öngörülmektedir.
- Enerji nakil hatlarının işletiminde kullanılan kontrol sistemleri ile nesnelerin interneti (IoT-Internet of Things) çözümlerinin gelişmesi, enerji nakil hatlarının (petrol, doğalgaz boru hatları, elektrik iletim hatları vb.) güvenliğini arttıracak, hatlarda oluşabilecek sorunlar hızlı ve çok fazla noktadan alınacak veriler kullanılmak suretiyle, daha sorun oluşmadan tespit edileceği için; sürekli, kesintisiz ve sorunsuz enerji sağlanması mümkün olacaktır.
- İnsansız sistemlerin gelişmesiyle; havadan, deniz altından, karadan tüm enerji nakil hatlarının sürekli izlenmesi mümkün olacağı için; hırsızlık, sabotaj gibi olaylar erken tespit edilebilecek ve çok hızlı müdahale mümkün olacaktır.
- Enerji depolama çözümlerinin gelişmesi ile hızlı ve ucuz depolama müm-

kün olabilecektir. Bu sayede, elektrikli araçların kullanımı yaygınlaşacak ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin kolayca depolanması mümkün olacağından, alternatifli ve kesintisiz yenilenebilir enerji çözümleri sunulabilecektir.

- Enerji verimliliğinin artması fosil yakıtların tüketimini azaltacaktır. Ayrıca bilişim teknolojilerinin gelişmesi de insanların çalışma şekillerini değiştireceğinden, evinden çıkmadan çalışanların sayısı artacak, bu durum ulaşım için harcanan petrol giderlerini azaltacaktır. Ayrıca Sanayi 4.0'ın kaynak verimliliğinden % 18'lik bir artış sağlaması beklenmektedir (PWC Industry 4.0 – Opportunities and Challenges of the Industrial Internet, 2016: 21).
- Çevreye dost enerji üretimine getirilecek teşvikler ve çevreyi kirletenlere verilecek yüksek cezalar, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını yaygınlaştıracaktır.
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımındaki artışla birlikte enerji verimliliğinin de artması enerjinin yerel olarak üretilip, üretildiği yerde ya da hemen yakınında tüketilmesini mümkün kılacaktır. Dolayısıyla, mikrogrid (<https://www.energy.gov/articles/how-microgrids-work>, 2018) uygulamaları geniş çaplı olarak hayata geçirilebilecek, bu sayede; hem enerji nakli sırasında oluşan kayıp, kaçak olaylarına engel olunacak, hem de iletim hattı kurulum, bakım, onarım maliyetleri çok büyük oranda düşecektir.

Enerji Güvenliği

Winston Churchill, Birinci Dünya Savaşı'nın hemen öncesinde, İngiliz donanmasını Alman donanmasından daha hızlı kılmak ve böylece küresel konularda etkinliğini devam ettirebilmek amacıyla, kömür yerine petrole dayalı gemilerden oluşan bir donanmaya dönüştürme yönünde tarihi bir karar almıştır. İşte bu karardan bugüne kadar enerji güvenliği konusu, uluslararası politika ve güvenliğin başlıca konularından birisi olmuştur (Yergin, 2006: 69). Zaman içerisinde, “güvenlikleştirme” olarak bilinen ve iktidar sahiplerinin, olağanüstü tedbirler almak istedikleri konuları, güvenlik tehdidi olarak sunarak, uygulayacakları yaptırımları meşrulaştırmaları (Baysal ve Lüleci, 2015: 63) olarak tanımlanabilecek yaklaşımın da etkisiyle enerji güvenliği kavramının; yere, zamana, kişiye ve duruma göre değişen, muğlak bir hal aldığı görülmektedir.

Temel olarak enerji güvenliği kavramıyla ilgili iki yaklaşım söz konusudur. Bu yaklaşımlardan ilki enerjiye, diğeri ise güvenliğe ağırlık vermektedir. Enerji güvenliğine enerji ağırlıklı yaklaşım; enerji kaynaklarının bulunabilirliği, erişilebilirliği ve kabul edilebilirliği kavramlarını içine almaktadır. Enerji güvenliğine, güvenlik ağırlıklı yaklaşım ise; enerji arama, geliştirme, üretim, iletim, çevrim, dağıtım, pazarlama ve tüketim aşındaki tesislerin her türlü saldırıya karşı fiziki

olarak korunması anlamını içermektedir (Gençtürk, 2012: 1). Dolayısıyla, muğlak bir kavram olarak ifade edilebilecek enerji güvenliğinin bakış açısına göre farklı tanımları bulunmakta, hatta bazen tanımlarda kullanılan kavramların içeriklerinde bile değişkenlikler söz konusu olabilmektedir. Bu konuda yapılan tanımlamaları incelediğimizde ve tanımlarda kullanılan her bir kavramı parametre ya da faktör olarak ifade ettiğimizde, enerji güvenliğinin 4A'sı olarak adlandırılan (Cherp ve Jewell, 2014: 417) ve İngilizcesi "Availability, Accessibility, Affordability, Acceptability" (Mevcudiyet-Kullanılabilirlik, Erişilebilirlik, Ekonomiklik-Hesaplılık-Ucuzluk, Kabul Edilebilirlik-Uygunluk olarak kullanılacaktır) olan kelimelerin baş harflerinden oluşan parametrelerin sıklıkla kullanıldığını görmekteyiz. Bu yazının bir sonraki bölümünde bahse konu bu dört kavram dâhilinde, Sanayi 4.0'ın enerji güvenliği üzerine olası etkileri incelenecektir.

Sanayi 4.0 Enerji Güvenliğinin 4A'sını Nasıl Etkileyebilir?

Enerji güvenliğinin 4A'sından ilki olan "Availability" ya da Türkçeleştirilmiş haliyle, Mevcudiyet-Kullanılabilirlik faktörü enerji kaynağının var olup olmaması, diğer bir deyişle kaynak talep edildiğinde olup olmamasını işaret etmektedir (Çelikpala, 2014: 79). Dolayısıyla kaynakların tükenmesi ihtimali, yeni rezervlerin bulunması ve teknolojik imkânlar bağlamında özellikle arz-talep güvenliği açısından önemlidir. Sanayi 4.0 açısından ilk A olan "Availability"nin yani kaynak mevcudiyetinin, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımındaki yaygınlık, kaynak çeşitliliği ve enerji verimliliğindeki artışla, mevcut fosil yakıtlara olan bağımlılığın azaltılması sayesinde, öncekinden çok daha dar bir içeriğe ve öneme sahip olacağını öngörebiliriz. Zira Sanayi 4.0 ile hemen her yerdeki mevcut imkânlar en verimli şekilde kullanılacağından ve enerji üretimi yerleşeceği için, enerjiye ihtiyaç duyacak uygulamaya en yakın yerde gerekli kaynak (elektrik) da hazır olacaktır. Dolayısıyla kaynak mevcudiyeti çok geniş anlamda yaygınlaşacağı için; Sanayi 4.0 ile ilk A'nın artık enerji güvenliği açısından geçmişteki kadar önemli bir parametre olmayacağı öngörülebilir.

İkinci A olan "Accessibility" ya da Türkçe karşılığıyla, Erişilebilirlik, ihtiyaç duyanların enerji kaynaklarına rahatlıkla ulaşım ulaşılamamasıyla ilişkilidir. Boru hatlarının inşası, iletim ve ulaşım kanallarının varlığı ve açıklığı, Erişilebilirlik altında değerlendirilebilir. Bu bağlamda, kaynaklardan enerjinin kesintisiz olarak akışının sağlanması beklenmektedir (Çelikpala, 2014: 85). Erişilebilirlik faktörünü, Sanayi 4.0 perspektifinden incelediğimizde; enerji verimliliğindeki artış sayesinde, fosil yakıtların kullanımında bir azalmanın söz konusu olacağı ve sonuç olarak, mevcut boru hatlarına ilave, yeni petrol boru hatlarının kurulmasına gerek olmayacağı, şeklinde değerlendirebiliriz. Mevcut boru hatlarıyla ilgili temel husus ise, kesintisiz akışın sağlanmasının garanti altına alınması olacaktır. Bu kapsamda, Sanayi 4.0 ile gerçekleşecek iletişim teknolojilerindeki gelişmeler, robotik ve nesnelerin interneti uygulamaları sayesinde; önceden yaşanan kaçak, kayıp

oranları yok denecek kadar azalacak ve terör saldırıları ile sabotajlar nedeniyle oluşan kesintiler en aza indirilecektir. Ayrıca daha önce de konu olduğu üzere; yerinde enerji üretip, yerinde tüketmek kavramının yaygınlaşması ve oluşturulacak “mikrogrid” yapılar sayesinde; mevcut elektrik nakil hatları problemleri oldukça büyük oranda azalacaktır. Dolayısıyla, enerji güvenliğinin ikinci A’sı olan “Accessibility” ya da Erişilebilirlik Sanayi 4.0 ile “maksimum yerelleşme” ve “kaçak, kayıpların oluşmadan önlenmesi” gibi kavramları içerecek hale dönüşebilir.

Üçüncü A olan “Affordability” ya da Türkçesi ile Ekonomiklik-Hesaplılık-Ucuzluk olarak tanımlanabilecek faktör, enerji kaynaklarının maliyetiyle ilgilidir. Talep edenin uygun fiyatla ve rekabetçi bir piyasa mekanizmasında enerji kaynaklarını elde edip edememesi anlamına gelen bu faktör; ekonomik olarak herhangi bir kaynağın diğerine tercih edilmesini dolayısıyla da seçilecek kaynağın marjinal faydasının, marjinal maliyetinin üzerinde olmasını gündeme getirir. Bu durum, aynı maliyette bir yatırımla elde edilecek enerjinin miktarı dikkate alınarak bir kaynağın diğerine göre tercih edilmesine neden olmaktadır (Çelikkpala, 2014: 79). “Affordability” ya da kısaca hesaplılık parametresinin Sanayi 4.0 ile değişmeyeceği değerlendirilmektedir. Çünkü Sanayi 4.0 ile çokça dillendirilen enerji verimliliği, ilk aşamada hangi enerji kaynağına yatırım yapılacağı hususuna eğilmekte ya da diğer bir ifadeyle hesaplılık faktörü ile başlamaktadır.

Dördüncü A olan “Acceptability” ya da Kabul Edilebilirlik-Uygunluk kullanılacak enerji kaynaklarının kalitesi ile ilgilidir. Biraz detaylandırarak olursak, kullanılacak enerji kaynağından elde edilen enerji, belli bir kalitenin üzerinde olmalı ve bu kalitenin düşmemesi de garanti edilebilmelidir. Bu faktör sağlanmadığı zaman, kullanılan enerji kaynağının istikrarlı yapıda olduğunu söylemek mümkün olmayacaktır. Enerji kaynağındaki kalite düşüşü yanında enerji akışında yaşanabilecek olası kesintilerde belli oranda bu kapsama dâhil edilebilir, zira bu tür olaylarda bir anlamda kalite düşümü olarak sınıflanabilir. Sanayi 4.0 çerçevesinden “Acceptability” faktörünü değerlendirirsek; kullanılacak enerjinin ağırlıklı olarak elektrik enerjisi olacağını ve elektrik enerjisi elde etmek için de, ilk tercihin yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması yönünde olacağını söyleyebiliriz. Elbette fosil yakıt kullanımından yenilenebilir enerjiye geçiş, çok hızlı ve sorunsuz şekilde gerçekleşmeyecektir, neticede bu bir süreçtir. Verim katsayısı yüksek güneş enerjisi sistemlerinin geliştirilmesi, rüzgâr enerjisi sistemlerinin yaygın kullanımının sağlanması vb. hususların yanında ve bunların hepsinden daha da önemli olarak, hızlı şarj edilebilen ve düşük kayıplı enerji depolama sistemlerinin geliştirilmesi sayesinde “Acceptability” faktörü yenilenebilir enerji kullanımıyla büyük oranda çözülebilir. Bununla birlikte, “Acceptability”, faktörünün, Sanayi 4.0 kapsamında bir süre daha varlığını aynı içerikle sürdüreceğini de belirtmek gerekir.

Sürdürülebilir enerji ve Sanayi 4.0 dijital fabrikalar kavramı ile ortak çalışabilme fırsatı bulmuştur. Bunun için öncelikle enerji sistemi ve fabrika arasında bir bilgi akışı altyapısı gereklidir. Bu bilgi akışı ise yapay zekânın sistemdeki

yenilenebilir enerji oranı ile piyasa fiyatını karşılaştırıp buna göre enerji üretim ve tüketime karar vermesini sağlayabilir (UNIDO, 2017: 29). Ayrıca yerel üretim ve tüketim sayesinde ortalama % 14'lerdeki iletim ve dağıtım kayıpları da önemli ölçüde azalabilir.

Sonuç

Sanayi devrimleri; insanoğlunun bilim ve teknolojiye gerçekleşen gelişmeler neticesinde o zamana kadar olan, iş yapış tarzlarının ve yaşam şekillerinin büyük ölçüde değişikliğe uğradığı dönemlerdir. Önceleri sadece insan ve hayvan gücünden gelen mekanik enerji ile üretim yaparken, sanayi devrimleriyle birlikte makineleri kullanarak seri üretim yapmaya başlayan insanoğlu, bitmek bilmeyen hırsı ve fazla kâr elde etmek gayesiyle, her geçen gün daha ucuz ve daha çok üretim yapabilmek adına, üretimde kullandığı makineleri durmaksızın çalıştırmaya uğraşmış, bunun için de kolayca ulaşılabilen, enerjisi yüksek, kesintisiz ve maliyeti düşük enerji kaynağı arayışı içerisinde olmuştur. Seri üretimin temel taşı olan enerji, aynı zamanda yaşam tarzı değişen insanın hayatında da her geçen gün daha fazla yer tutmaya başlamıştır. Önceleri yaşamını sürdürmek için besinlerden aldığı ve ısınmak için ihtiyaç duyduğunun dışında, günlük yaşantısında enerji yönünden fazla bir beklentisi olmayan insanın, günümüzde elektrik olmadan yaşantısını sürdürüp sürdüremeyeceği bile sorgulanabilir hale gelmiştir.

Enerji bağımlılığının her geçen gün artması, enerjinin güvenlik altına alınması hususunu yani Enerji Güvenliği kavramını doğurmuştur. Kullanımı, kişiye, duruma, yere ve zamana göre değişen bu muğlak kavram, çeşitli şekillerde standart bir tanıma ulaştırılmaya çalışılmış ve fakat herkesin üzerinde mutabık kalacağı bir hale getirilememiştir. Bu durum, gücü elinde bulunduran çevrelerin güvenlikleştirme yaklaşımından hareketle ve enerji güvenliği kavramını kullanmak suretiyle, yaptıkları haksız müdahaleleri meşrulaştırmalarına imkân sağlamaktadır. Dolayısıyla, enerji güvenliği kavramının mümkün oldukça net bir tanıma kavuşturulabilmesi, en azından bu kavramın farklı amaçlar için kullanımına belli oranda engel olabilir. Bazı akademisyenlerin bu amaçla yapmış oldukları çalışmalarda, enerji güvenliği kavramını tanımlayabilmek için farklı sayılarda gösterge/parametre/faktör kullandıkları görülmektedir. Bununla beraber, üzerinde çoğu kişinin mutabık kaldığı, kısaca 4A olarak tanımlanan ve İngilizce “Availability, Accessibility, Affordability, Acceptability” kelimelerinin baş harflerinden oluşan dört faktör, enerji güvenliği açısından diğerlerine göre daha öne çıkmaktadır. Dolayısıyla, bu çalışmada özellikle bu dört parametre üzerinde durulmuş ve bunların Sanayi 4.0 ile nasıl şekilleneceği yorumlanmaya çalışılmıştır.

Sanayi 4.0'ın yeni bir kavram olması ve Almanya merkezli olarak ortaya atılması pek çok yeni sorunun sorulmasına yol açmaktadır. Örneğin, Endüstri 1.0 olarak adlandırılacak ilk sanayi devrimi İngiltere merkezlidir ve yazıda vurgulandığı üzere anahtar kelimeleri; kömür, buhar makinası, demir ve tekstil maki-

naları olarak özetlenebilir. Endüstri 2.0 ve 3.0 için artık merkez Amerika kıtasına kaymış ve ABD olmuştur. Endüstri 2.0 ve 3.0 için anahtar kelimeler ise çelik, petrol, elektrik, içten yanmalı motorlar, telefon, bilgisayar, bilişim teknolojileri ve internet olarak sıralanabilir. Dolayısıyla, Sanayi 4.0 ile nelerin değişeceği ya da bu sanayi devriminin anahtar kelimelerinin neler olacağı, ayrıca son yıllarda hegemonik gücü zayıflayan ABD'nin yerine, bu sanayi devriminin Almanya tarafından dile getirilmiş olmasının tam olarak ne anlama geldiği gibi konular ancak önümüzdeki yıllarda açıklığa kavuşabilecek gibi durmaktadır.

Bu yazıda Sanayi 4.0, yukarıda kısaca değinilen pek çok tartışmalı konu yerine, sadece enerji penceresinden mercek altına alınmış ve bu kapsamda enerji güvenliğinin 4A'sı üzerine Sanayi 4.0'ın olası etkileri değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuç ise kısaca; Sanayi 4.0 ile enerji tasarrufu, enerji verimliliği ve enerji çeşitliliğinde çok ciddi gelişmelerin olacağı yönündedir. Bahsi geçen bu üç alandaki gelişmeleri tetikleyecek teknolojik açılımlar /yenilikler ise: A+++ seviyesinin üzerinde enerji verimliliğine sahip ürünlerin geliştirilmesi ve bunların kullanımının yasalarla zorunlu hale getirilmek suretiyle yaygınlaştırılması; enerji depolama sistemlerinde, çok hızlı şarj olabilen ve kayıpları çok düşük yeni teknolojilerin kullanılması ile özellikle elektrik enerjisinin, ulaşım başta olmak üzere pek çok alanda fosil yakıtların yerini alması; Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş ve rüzgâr enerjisini, elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerin kurulum maliyetlerinin düşmesi ve kullanımlarının yaygınlaşması; Enerji nakil hatlarındaki kaçak, kayıp oranlarının en aza indirilerek enerji tasarrufu sağlanması; mikrogridlerin yaygınlaşması ile enerjinin üretildiği yerde tüketilmesi yönündeki uygulamaların yaygın olarak kullanımı, şeklinde sıralanabilir.

Tüm bu bilgiler ışığında, Sanayi 4.0 ile enerji güvenliğinin 4A'sından; "Availability" yani kaynak mevcudiyetinin, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının yaygınlaşması ve çok az enerji tüketen sistemlerin kullanımı sayesinde, eski önemini yitireceği öngörülebilir. İkinci A olan "Accessibility" yani Erişilebilirlik ise, ihtiyaç duyulan enerjinin yerel üretilip mikrogrid yapılar sayesinde yerinde tüketilmesi ile farklı bir içeriğe bürünecek gibi durmaktadır. Yeni Erişilebilirlik kavramı "maksimum yerelleşme" ve "kaçak kayıp oranlarının en aza indirilmesi" gibi hususları içerecek şekilde tanımlanabilir. Üçüncü A, "Affordability" ya da Hesaplılık kavramı, Sanayi 4.0 ile varlığını sürdürmeye devam edecek bir gösterge olarak değerlendirilmektedir. İçeriği ise daha önce temel olarak petrol, doğalgaz vb. kaynaklara yapılacak yatırımların kıyaslaması şeklindeyken, Sanayi 4.0 ile hangi yenilenebilir enerji kaynağının kullanılmasının daha uygun olacağı ya da mikrogrid seçeneğinin ne ölçekte kullanılacağı gibi konuları kapsayacak şekilde güncellenebilir. Dördüncü A "Acceptability" ya da Kabul Edilebilirlik parametresi, kullanılacak enerji kaynağının belli bir kalitenin üzerinde olması ile ilgili olduğundan ve Sanayi 4.0 ağırlıklı olarak elektrik enerjisi kullanımını ön plana çıkardığından, bahsi geçen enerji kalitesini belirleyen kriterler elektrik enerjisi odaklı olarak güncellenebilir.

Kaynakça

- Baysal, Başar, Lüleci, Çağla, (2015), “Kopenhag Okulu ve Güvenikleştirme Teorisi”, *Güvenlik Stratejileri* Yıl: 11 Sayı: 22, Ankara, s.61-95.
- Cherp, Aleh ve Jewell, Jessica, (2014), “The Concept of Energy Security: Beyond the Four As”, *Energy Policy*, S. 75, Amsterdam, s. 415-421.
- Çelikpala, Mitat, (2014), “Enerji Güvenliği: NATO'nun Yeni Tehdit Algısı”, *Uluslararası İlişkiler Dergisi*, Cilt 10, Sayı 40, İstanbul, s. 75-99.
- Dannreuther, Roland, (2017), *Energy Security*, Cambridge: Polity Press.
- Department of Energy, (2014), *How Microgrids Work?*, <https://www.energy.gov/articles/how-microgrids-work> (ET: 05/05/2018).
- Fırat, Seniye Ü., Fırat, Oktay Z., (2017), “Sanayi 4.0 Devrimi Üzerine Karşılaştırmalı Bir İnceleme: Kavramlar, Küresel Gelişmeler ve Türkiye”, *Toprak İşveren Dergisi*, Sayı:114, İstanbul, s. 10-23.
- Gençtürk, Tuğçe, (2012), “Enerji güvenliği nedir? Ulusal ve Uluslararası Boyutta Enerji Güvenliği Sorunu”, *Başkent Üniversitesi Stratejik Araştırmalar Merkezi Raporu*, Ankara.
- Lang, Matthias, (2016), “Lang, From Industry 4.0 to Energy 4.0: Future Business Models and Legal Relations”, *Digitalisierung in der Energiewirtschaft XX. Jahrestagung Institut für Berg- und Energierecht Bochum*, http://www.germanenergyblog.de/wp-content/uploads/2016/04/160317_Lang_IBE_Bochum_From_Industry_4_0_to_Energy_4_0_fin.pdf (E.T: 28/04/2018).
- PWC, (2014), *Industry 4.0 – Opportunities and Challenges of the Industrial Internet*, Pricewaterhouse Coopers Report.
- Securing the Future of German Manufacturing Industry Recommendations for Implementing the Strategic Initiative, (2013), *INDUSTRIE 4.0 Final report of the Industrie 4.0 Working Group*, Acatech.
- Unido, (2017), *Accelerating Clean Energy Through Industry 4.0*, United Nations Industrial Development Organization Report.
- Yergin, D. (2006). Ensuring Energy Security”, *Foreign Affairs*, Mart-Nisan, <https://www.foreignaffairs.com/articles/2006-03-01/ensuring-energy-security> (E.T: 09.07.2018)