

KRİTİK ENDÜSTRİYEL ALTYAPI GÜVENLİĞİ: Enerji İletim ve Dağıtım Güvenliği



İşbu eserde yer alan veriler/bilgiler, yalnızca bilgi amaçlı olup, bu eserde bulunan veriler/bilgiler tavsiye, reklam ya da iş geliştirme amacına yönelik değildir. STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş. işbu eserde sunulan verilerin/bilgilerin içeriği, güncelliği ya da doğruluğu konusunda herhangi bir taahhüde girmemekte, kullanıcı veya üçüncü kişilerin bu eserde yer alan verilere/bilgilere dayanarak gerçekleştirecekleri eylemlerden ötürü sorumluluk kabul etmemektedir. Bu eserde yer alan bilgilerin her türlü hakkı STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş.'ye aittir. Yazılı izin olmaksızın işbu eserde yer alan bilgi, yazı, ifadenin bir kısmı veya tamamı, herhangi bir ortamda hiçbir şekilde yayımlanamaz, çoğaltılamaz, işlenemez.



1. GİRİŞ

Güvenlik kavramı uzun yıllar boyunca ülkelerin iç ve dış tehditlere karşı korunması kapsamında askeri ve polisiye tedbirler boyutunda algılanmış ve uygulanmıştır. Ancak 21'inci yüzyıl, teknolojinin ve internetin hızla yaygınlaşması, iş ve sosyal yaşamın dijitalleşerek boyut değiştirmesi gibi gelişmelerle beraber farklı tehditleri de gündeme getirmiştir. Tüm sektörleri ve sosyal yaşamı sarmalayan yeni dinamikler çerçevesinde pek çok alan da bütünsel güvenlik kapsamı çerçevesinde değerlendirilmeye başlanmıştır.

Ortadoğu'da yaşanan Arap Baharı'nın tetiklediği ve günümüzde de devam eden göç olgusu, dünyanın pek çok noktasını saran gıda krizleri, artan nüfus artışı ile mal ve hizmetlere yönelik aşırı talebin doğurduğu toplumsal kapasite sorunları hemen her alanda baş göstermiştir. Büyüyen ve çeşitlenen ekonomilerin gerektirdiği ekstra tedarik gereksinimleri, enerji ihtiyacının artması gibi gelişmeler elektrik, su, telekomünikasyon gibi toplumsal altyapılarda sorunlar doğurmuştur. Bunun yanında şiddetini her geçen gün artıran küresel iklim değişikliği ani hava olaylarını, sel, fırtına veya aşırı sıcak dalgaları gibi iklim kaynaklı şokları tarihte görülmedik biçimde çoğaltmıştır. Mevcut sorunlar COVID-19 pandemisinin paradigma değiştirici etkileriyle 2019 sonundan itibaren katlanarak çoğalmaya devam etmiş, pandeminin açtığı yaralar sarılmadan Rusya'nın Ukrayna'yı işgaliyle birlikte temel gıda maddelerinde ve hemen her sektör için kritik önem taşıyan çeşitli emtialarda ciddi fiyat artışları görülmüştür. Dünyada kıtlık tehlikesi ortaya çıkmış, küresel jeopolitik konjonktürde yeni bir dünya savaşının tetikleneceğine dair endişeler körüklenmiştir.

Tüm bu unsurlar, özellikle gıda, su, enerji, telekomünikasyon ve ulaşım gibi toplumsal yaşamla doğrudan bağlantılı çok sayıda alanı güvenlik boyutuyla öne çıkarmıştır. Yaşanan gelişmeler bir ülkenin güvenliğinde büyük yer tutan ve kritik endüstriyel altyapılar olarak tarif edilen sistemlerin güvenliğinin sağlanmasını her zamankinden daha önemli kılmıştır. Bu perspektiften yola çıkarak, üç bölümden oluşacak Araştırma Raporu yazı dizimizin birinci bölümünde, kritik endüstriyel altyapılar tanım ve tasnif bakımından değerlendirilecek, kritik endüstriyel altyapıların güvenliklerinin dünyada ve Türkiye'de nasıl algılandığına değinilecek, Türkiye'de enerji iletim ve dağıtım güvenliği, toplumsal dayanıklılık (elastikiyet) çerçevesinde incelenecektir.

2. KRİTİK ENDÜSTRİYEL ALTYAPILARIN TANIM VE TASNİFİ

2.1 Kritik Endüstriyel Altyapıların Tanımı

Kritik altyapı kavramı son yıllarda dünyanın hemen her yerinde tartışılmaktadır. Ülkelerin farklı öncelikleri bulunması nedeniyle üzerinde uzlaşılan tek bir tanım olmamakla birlikte, kritik altyapılar genel olarak, devlet düzeninin ve toplumsal düzenin sağlıklı bir şekilde işlemesi için gerekli olan ve birbirleri arasında bağımlılıkları olan fiziksel ve dijital sistemler bütünü olarak tarif edilmektedir^[1].

Bir başka tanıma göre kritik altyapı, ülkelerin her türlü faaliyetlerini yürütebilmeleri ve gündelik yaşamın gereklerinin sağlanmasında kullanılan hayati öneme sahip sistemlerin internet hatları vasıtasıyla koordine edildiği bir

sistemler sistemidir. Kritik altyapılar, barındırdığı bilginin özelliği ve ulaşılabilirliği bozulduğunda, can ve mal kaybına, büyük ve telafi edilemez ekonomik zarara, kişisel ve ulusal güvenlik zafiyetine ve kamu düzeninin bozulmasına sebep olabilecek alt alanları içeren kompleks ve büyük sistemlerdir^[2].

T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından hazırlanan “2014-2023 Kritik Altyapıların Korunması Yol Haritası Belgesi”nde^[3] ise kritik altyapı, “İşlevini kısmen veya tamamen yerine getiremediğinde çevrenin, toplumsal düzenin ve kamu hizmetlerinin yürütülmesinin olumsuz etkilenmesi sonucunda, vatandaşların sağlık, güvenlik ve ekonomisi üzerinde ciddi etkiler oluşturacak ağ, varlık, sistem ve yapıların bütünü” şeklinde tanımlanmıştır. AFAD’a göre, işlevlerini yerine getiremediğinde toplumsal düzenin sürdürülebilirliğinin veya kamu hizmetlerinin sunumunun olumsuz etkileneceği ulaşım, haberleşme, enerji, su, finans gibi sektörleri kapsayan ağ, varlık, sistem ve yapılar bütünü, kritik altyapıları oluşturmaktadır^[4].

Geçmiş yıllarda, kritik altyapılar fiziksel olarak ayrı ve bağımlılığı olmayan sistemler olarak değerlendirilirken, bilgi teknolojilerinde ve internetteki gelişmelerle artık birbirlerini etkiledikleri için tüm fiziki altyapı sistemleri aynı zamanda siber güvenlik alanının da konusu olarak kabul görmektedirler. Fiziki altyapılarla ilgili yaşanan ikinci büyük değişim, yine teknolojiyle bağlantılı olarak bu sistemlerin günümüzde sadece ulusal değil bölgesel ve küresel öneme sahip yapılara dönüşmüş olmalarıdır. Dolayısıyla bir ülkedeki kritik altyapılarda görülecek aksamlar, bağlantılılık nedeniyle diğer ülkelerdeki altyapı sistemlerini de etkiler hâle gelmiş, bu nedenle uluslararası işbirliğinin gerekli olduğu sistemlere dönüşmüşlerdir. Dolayısıyla kritik altyapılar siber dünyada tehditlere karşı korunması gereken en önemli sistemler olarak öne çıkmışlardır.

Genel olarak altyapıların kritikliği, altyapının yakın çevresinde, tüm ülkede hatta sınırdaş ülkelerde bu sistemin faydalanan ya da etkilenen kesimlerin hayatta kalmasını, refahını ve yaşam tarzını koruma derecesine göre belirlenmektedir. Kritik altyapıların tehdit edilmesi durumunda çalışmaması veya kaybı hâlinde insanların hayatına ve yaşam tarzına doğrudan olumsuz etki edebileceği, ülkelerin hâlihazırda yürütülen sağlık, çevre, teknoloji, ekonomi, siyaset ve ulusal güvenlik sistemlerindeki dengeyi bozabileceği bir gerçektir^[5].

Bu nedenle kritik altyapıların korunması, kamu düzeni ve güvenliğinin sağlanması açısından vazgeçilmez önemdedir. Vatandaşların yaşamına, yaşam tarzına, toplumun birlikteliğine ve birlikte yaşama arzusuna yönelik her türlü saldırı ve tehditlere karşı önlem almaya karşılık gelen iç güvenlik, altyapıların kullanılabilirliğinin devamını sağlamak için bir seçenek değil zorunluluktur^[6].

2.2 Kritik Endüstriyel Altyapıların Tasnifi

Kritik altyapıya dahil olabilecek sektörler Avrupa Birliği tarafından 2004 yılında dokuz başlık altında kategorize edilmiştir^[2].

Bu sektörler şunlardır:

- Enerji kurulumları ve ağları,
- Bilgi ve iletişim teknolojileri ile bağlantılı yapılar,
- Finansman hizmetleri,
- Sağlık hizmetleri ve ilişkili yapılar,
- Gıdanın kendisi, yapıları ve ağları,
- Suyla ilgili altyapılar,
- Ulaşım araçları ve ağları,
- Nükleer, kimyasal, biyolojik maddeler gibi tehlike arz eden maddelerin üretimi, saklanması ve nakliyesi,
- Hükümete ait değerli varlıklar ve işlevler.

3. SEÇİLMİŞ ÜLKE VE BÖLGELERDE KRİTİK ENDÜSTRİYEL ALTYAPILARA İLİŞKİN MEVZUAT

Dünyada çok sayıda ülke uzun yıllardır kritik endüstriyel altyapılarını oluşturmakta, geliştirmekte ve bunların korunması için mevzuatlar düzenlemektedir. Raporumuzun bu bölümünde iki ülkede (Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ile Japonya) ve iki ulusüstü kuruluşta (Avrupa Birliği (AB) ile Birleşmiş Milletler (BM)) kritik altyapı kavramına nasıl bakıldığı ve kritik altyapıların güvenliği konusunda atılan adımlar incelenecektir.

3.1 ABD Açısından Kritik Altyapı

Kritik altyapı kavramının çıkış noktası olan ABD’de toplumun refahı ve yaşam destek sistemlerinin devamlılığı için önemli olan yapılara yönelik tehditlerin belirlenmesi ve tedbirlerin alınması öncelikli bir konudur.

ABD’de kritik altyapı kavramı ilk kez Başkan Bill Clinton tarafından 1996 yılında imzalanan bir kararnamede gündeme getirilmiştir^[2]. Bu kararname ile kritik altyapıların korunmasına yönelik ilke ve esasları belirlemek üzere bir komisyon kurulmuştur. Oluşturulan komisyon, 1997 yılında “Kritik Altyapıların Korunması Hakkında Rapor” başlıklı bir rapor hazırlanmıştır (President’s Commission on Critical Infrastructure Protection, 1997)^[7]. Raporda temel tanımlamalar ve durum analizi yapılarak, alınması gereken önlemler sıralanmıştır. Bu raporun ardından 1998’de Başkan Clinton tarafından imzalanan “Başkanlık Karar Direktifi”, ABD’nin kritik altyapılarını işleten ve ulusal güvenlikle ilgili tüm kamu kurumlarına gönderilmiştir. Kritik altyapının refah ve ulusal güvenlik açısından önemini vurgulandığı direktifte ulusal hedefler, kritik altyapıların listesi, kurumların atması gereken adımlar, eşgüdümle ilgili konular belirlenmiş, silahlı kuvvetlerin ve ekonominin kritik altyapılara ve dijital sistemlere giderek artan bir hızla bağımlı olduğu belirtilmiştir^[1].

ABD Hükümeti kritik altyapıların korunması çalışmalarını Ulusal Güvenlik kapsamında değerlendirmiş ve kritik altyapıları “Ulusal Altyapı Koruma Planı” ile belirlemiştir^[8]. Tarım ve Gıda; Bankacılık ve Finans; Kimya; Ticari Tesisler; İletişim; Kritik Üretim; Barajlar; Savunma Sanayii; Acil Servisler; Enerji; Hükümet Tesisleri; Sağlık Hizmeti ve Kamu Sağlığı; Bilgi Teknolojisi; Ulusal Anıtlar

ve Simgeler; Nükleer Reaktörler, Maddeler ve Atıklar; Posta ve Nakliye; Ulaşım Sistemleri ve Su olmak üzere bu planda 18 adet kritik altyapı sayılmıştır.

ABD’de kritik altyapıların korunması ile ilgili düzenleyici çerçeveyi 2002 tarihli Yurt Güvenliği Yasası (Patriot Act)^[9] ve buna istinaden hazırlanan 2003 tarihli Başkanlık Direktifi oluşturmaktadır.

Patriot Act ile kritik altyapılar ve önemli kaynakların (Critical Infrastructure and Key Resources -CIKR) korunması konusunda Yurt Güvenliği Teşkilatı (Department of Homeland Security -DHS) kurulmuştur. DHS’nin görevleri arasında ABD sınırları içinde terörist saldırıları engellemek, ABD’nin terörizm karşısındaki zafiyetlerini azaltmak, doğal ve insan kaynaklı felaketler ve acil durum planlamasında merkez noktası işlevi görmek, yurt güvenliği çalışmalarını sırasında ülkenin ekonomik bütünlüğünün ve istikrarının zarar görmesini önlemek yer almaktadır^[10]. Ardından çıkarılan 2002 Tarihli Federal Bilgi Güvenliği Yönetim Yasası (FISMA)^[11] ile, her bir federal kurum kendi faaliyetlerini ve varlıklarını etkileyen bilgi ve bilgi sistemlerinin güvenliğini sağlamakla yükümlü kılınmıştır. 2003 tarihli Başkanlık Direktifi (HSPD – 7)^[12] ile de federal kurumlara ve bakanlıklara terörist saldırılardan korunmak için kritik altyapıları ve önemli kaynakları belirleme ve önceliklendirme yükümlülüğü getirilmiştir^[10].

3.2 AB’de Kritik Altyapı

İspanya’nın başkenti Madrid’de yolcu trenlerine yapılan terörist saldırıların ardından Avrupa Konseyi, AB Komisyonundan kritik altyapıların korunması konusunda genel bir strateji hazırlanmasını istemiştir. Bunun üzerine AB Komisyonunun 20 Ekim 2004 tarihinde yayınladığı “Terörizmle Mücadele Kapsamında Kritik Altyapıların Korunması” tebliği, kritik altyapıların korunması kapsamında AB’de atılan ilk adım olmuştur^[10].

Bu tebliğde kritik altyapı, “ (...) insanların hayati sosyal fonksiyonlarının, sağlıklarının, emniyetlerinin, güvenliklerinin, ekonomik ve sosyal refahlarının devamı için gerekli olan ve aksaması veya yok edilmesi bir üye ülkede bu fonksiyonları sürdürmede yetersizlik doğuracak varlık, sistem veya ilgili parçalar” olarak tarif edilmiştir^[13].

AB tarafından 2005 yılında “Kritik Altyapıların Korunması için Avrupa Programı (KAKAP)” açılmış, ayrıca “Kritik Altyapılar Uyarı Bilgi Ağı” kurulmuştur. Bu belge, kritik altyapıların terör saldırıları öncelikli olmak üzere doğal afetleri de içerecek şekilde bir korunma kapasitesi oluşturulmasına ve kritik altyapılarda zayıf noktaların azaltılmasına odaklanmıştır. 2008 yılında nihai çerçeve olarak “Avrupa Kritik Altyapılarının Belirlenmesi ve Koruyucu Tedbirlerin Artırılması” direktifi yayınlanmıştır. Bu direktifte kritik altyapılar enerji ve ulaşım olarak ikiye ayrılmıştır. Enerji alanındaki altyapılar; elektriğin kullanımıyla ilgili doğalgaz, elektrik üretim ve iletim tesisleri ve altyapısı, petrol üretim, rafine, işleme, depolama tesisleri ve dağıtım boru hatları ile sınıflandırılmış doğalgaz terminalleridir. Ulaştırma alanındaki altyapılar ise hava, demiryolu ve karayolu taşımacılığı, iç sularda taşımacılık, okyanus ve kısa mesafe denizyolu taşımacılığı ile limanlardır. Direktif, Avrupa kritik altyapıların korunması sorumluluğunu üye devletlere ve bu tür

altyapıların sahip veya işletmecilerine vermiştir. 2009 tarihli Stockholm Programı ise, Avrupa’da kritik altyapıların korunmasının ve kırılabilirliklerinin belirlenmesinin önemini vurgulamıştır. 2011 yılında Avrupa Birliği İç Güvenlik Stratejisi “5 Adımda Daha Güvenli Avrupa” ile altyapıların korunmasının dayanışma yoluyla olacağını belirtmiştir. Lizbon Antlaşması ve İç Güvenlik Stratejilerinin yürürlüğe girmesi ise, KAKAP faaliyetlerini desteklemiştir^[6].

3.3 Japonya Açısından Kritik Altyapılar

Japonya’da kritik altyapılar konusunda yaklaşım ABD ve AB’den daha farklı gelişmiştir. Japonya konuyu bilgi altyapılarının korunması perspektifinden değerlendirmiş ve farklı olarak yasal çerçeve, daha çok eylem planlarından oluşmuştur.

2000 yılında çıkarılan “Gelişmiş Bir Bilgi ve İletişim Toplumu Kurulması İçin Temel Kanun”, Japonya’da kritik altyapıların korunması çalışmalarının dayanaklarından birini oluşturmaktadır. Kanunun amacı, gelişmiş bir bilgi ve telekomünikasyon ağı toplumunu oluşturmak için gerekli tedbirleri desteklemektir. Yine 2000 yılında Kritik Altyapılara Karşı Siber Tehditler Üzerine Özel Eylem Planı, 2003 yılında Bilgi Güvenliği Üzerine Kapsamlı Strateji, 2005 ve 2009 yıllarında ise Kritik Altyapılar İçin Bilgi Güvenliği Önlemleri Üzerine Birinci ve İkinci Eylem Planları çıkarılmıştır^[10].

3.4 BM Açısından Kritik Altyapılar

Birleşmiş Milletler Güvenlik Konseyi (BMGK), 2001 yılından itibaren kritik altyapılara ilişkin uygulamaları ve kırılabilirlikleri belirlemek ve terör saldırılarına karşı korumak amacıyla ülkeleri önlemler almaya davet etmiştir. 2004 yılında da, bu tür saldırılara hızlı yanıt vermenin önemini ifade etmiştir. BMGK Terörle Mücadele Komitesi ise 2014 yılında “Turizmde Kritik Altyapının Korunması” ve 2015 yılında “Terörist Olaylar Sonrası Acil Müdahalenin Güçlendirilmesi” konularında iki toplantı düzenlemiştir. 2016 yılında BMGK tarafından üye devletlerin sorumluluklarına ilişkin görüşlerin sunulduğu ve Ukrayna heyeti tarafından başlatılan “Terörist Saldırlara Karşı Kritik Altyapının Korunması” konulu bir toplantı yapılmıştır. BMGK 2017 yılında kritik altyapıları hedefleyecek terör saldırılarına karşı kırılabilirlik ve yeteneklerin değerlendirilmesini isteyen bir karar yayınlamış, Terörle Mücadele Komitesi tarafından “Terörist Saldırlara Karşı Fiziki Altyapıların Korunması” adıyla bir rapor hazırlanmıştır. 2018 yılında ise “Terörist Saldırlara Karşı Kritik Altyapının Korunması: İyi Uygulamaların İncelenmesi” adıyla çeşitli ülkelerce kritik altyapıların korunmasına karşı hayata geçirilen uygulamalar incelenmiştir^[6].

BM kritik altyapıları, su gibi yaşamsal ürünlerin tedariklerinin sağlanması, enerji, ulaşım hizmetleri olarak sayarken, altyapıların korunmasını bu tesislerin fiziki ve siber terör saldırılarına maruz kalmasını önlemek olarak tanımlamıştır. Bu tesisler; iletişim, acil durum hizmetleri, enerji, barajlar, finans, gıda, kamu hizmetleri, sanayi, sağlık, ulaştırma, doğalgaz, radyo ve televizyon gibi kamu iletişim araçları, bilgi teknolojileri, ticari tesisler, kimya ve nükleer sektörler ile suyla ilişkili tedarik ve ikmal tesisleridir^[6].

4. KRİTİK ALTYAPILARA YÖNELİK TEHDİTLER VE ALTYAPILARIN KORUNMASI

4.1 Kritik Altyapılara Yönelik Tehditler

Soğuk Savaş döneminin ardından bilgi teknolojilerinde yaşanan gelişmeler daha önce askeri alanda kullanılan teknolojilerin hızla sivil dünyaya yayılmasını sağlamıştır. Bu durum risk altında olan ve korunması gereken unsurları çoğaltmış ve tehditler farklılaşmıştır. Böylece devletlerin risk, tehdit ve önlemler konusunda daha ciddi planlar yapma zorunluluğu doğmuştur.

Kritik altyapıya yönelik tehditlerden bazıları Şekil 1'deki tabloda kategorize edilmiştir.

The International Disaster Database (EM-DAT) kayıtlarına göre Sanayi Devrimi sonrasında, 1900'lü yıllar ila 2014 yılı arasında ciddi sonuçlar doğuran 7.825 adet büyük kaza ve teknolojik afet meydana gelmiştir^[3]. Bu kaza ve afetler kritik altyapıların güvenliğinin sağlanmasında uluslararası boyutta önlemlerin alınması gerektiğini göstermiştir.

Son yıllarda meydana gelen çok sayıda saldırı, olay ve doğal afet birçok ülkede kritik endüstriyel altyapılara zarar vermiştir. ABD'de yaşanan 11 Eylül saldırıları ve Katrina Kasırgası, 2004 yılında İspanya'da ve 2006 yılında İngiltere'de yaşanan terör saldırıları, 2007 yılında Estonya'da ve 2008 yılında Gürcistan'da yaşanan siber saldırılar öne çıkan örneklerdir.

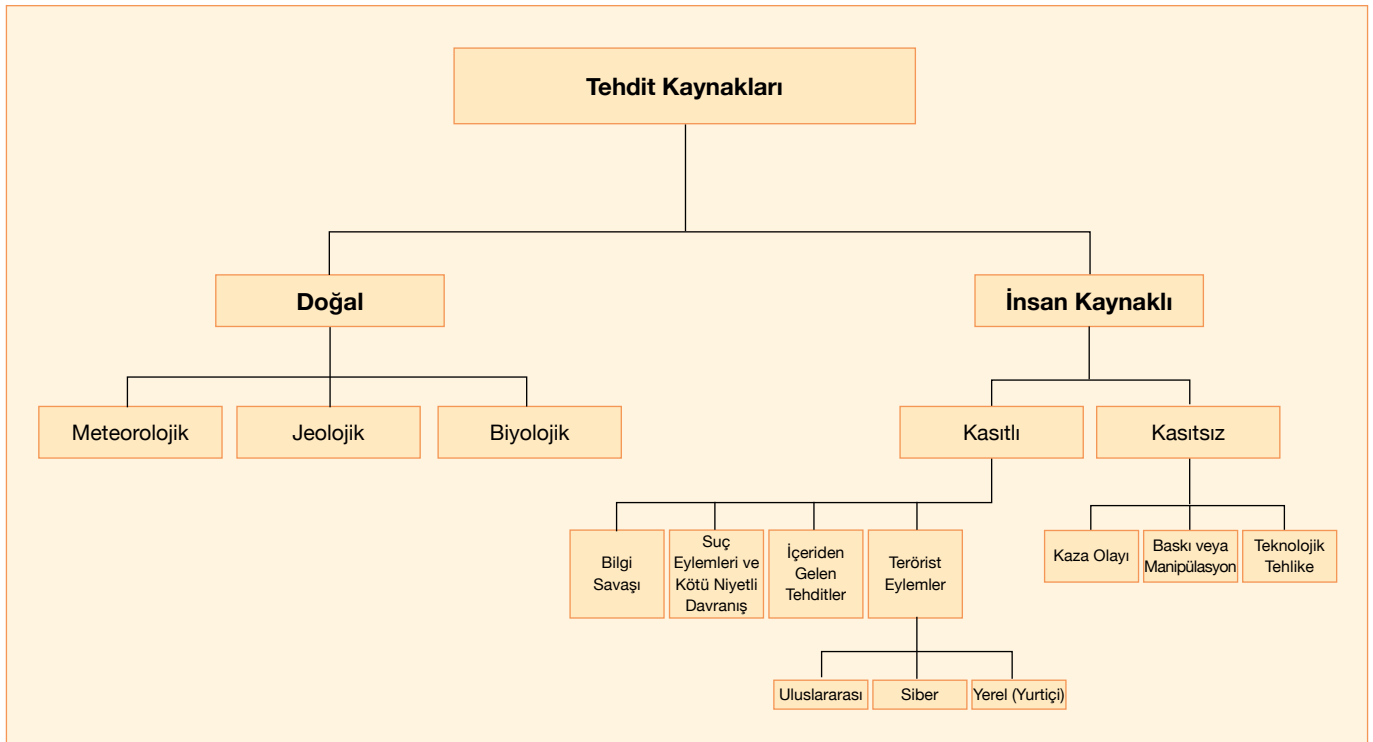
Japonya'da 11 Mart 2011 tarihinde meydana gelen 9.0 büyüklüğündeki Büyük Doğu Japonya Depremi (Tohoku depremi) ve buna bağlı olarak gerçekleşen

tsunaminin Fukuşima Nükleer Elektrik Santrali'nde yol açtığı nükleer kaza ise kritik altyapı güvenliğine yönelik jeolojik tehditlere en önemli örneklerden biri olarak gösterilebilir^[2].

4.1.1 Kritik Altyapılara Yapılan Siber Saldırıları

Kritik altyapıların kurulması ve devamlılığının sağlanması, günümüzde internet altyapısına bağlı olduğundan tüm tehdit kaynakları arasında siber saldırılar son yıllarda belirgin biçimde öne çıkmıştır. Bu görece yeni tehdit türü alınacak önlemlerde yeni ve teknolojiye dayalı birtakım unsurların devreye alınmasına yol açmıştır. Her şeyden önce siber saldırılar çok büyük hasarlara yol açmaktadır. Pek çok ülkenin kritik endüstriyel altyapı unsurları çeşitli tarihlerde siber saldırıların hedefi olmuştur. Ancak 2010 yılında yaşanan bir siber sabotaj tüm dünyada durumun ciddiyetinin kavranmasında dönüm noktası olmuştur. Stuxnet virüsü ile İran'daki Buşehr adlı nükleer tesise siber saldırı düzenlenmiştir. İran Hükümeti olayı zararsız atlattıklarını açıklasa da^[14] zararın yaklaşık 800 milyon dolar olduğu bilinmektedir. Bu bir kritik enerji altyapı tesisine yöneltilen ilk büyük çaplı siber sabotaj olarak kabul edilmektedir. Saldırıya hazırlıksız yakalanan İran, bu olay sonucunda büyük ekonomik kayıplar yaşamıştır. Bu saldırıda üretim durdurulmuş ve süreç teröristlerce ele geçirilmiştir.

Bir başka önemli saldırı ise, 2012 yılında dünya petrol üretiminin yüzde 10'unu tek başına karşılayan Saudi Aramco şirketine "Shamoon" virüsü ile yapılan siber sabotajdır. Bu saldırıda üretim zarar görmemiş fakat şirket bilgisayarlarının yaklaşık dörtte üçü etkilenmiş, teröristler tarafından kritik bilgiler ele geçirilmiş ve tahrip edilmiştir.



Şekil 1: Kritik altyapılara yönelik tehdit kaynakları^[3].

araştırmaya göre, gerçekleşen terörist saldırılarının yaklaşık yüzde 1'i kritik enerji altyapı unsurlarına karşı gerçekleştirilmiştir. Bu saldırılarda hedefler genellikle boru hatları, tankerler, iletim istasyonları, off-shore platformları ve nakliye ağları olmuştur. Bu saldırıların büyük çoğunluğu başarıya ulaşmış ve 2003-2007 yılları arasında enerji sektörüne yönelen terörist saldırıların oranı yüzde 25'den yüzde 35'e çıkmıştır^[19].

- **Siber Saldırıları:** Son yıllarda artan dijitalleşme ve teknolojik bağımlılık nedeniyle siber saldırılar artmış ve kritik enerji altyapıları için başlıca tehditler arasında ilk sıralara yükselmiştir. Örneğin Norveç merkezli yenilenebilir enerji şirketi Norsk Hydro, Mart 2019'da uğradığı siber saldırı sonucunda üretimini durdurmuş ve bu durum şirkete 51 milyon dolarlık bir mali zarar vermiştir^[21]. Dünya Ekonomik Forumu "2022 Küresel Risk Raporu"na göre siber saldırıların 2021 yılında küresel ekonomiye etkisinin altı trilyon dolar olduğu tahmin edilmektedir. S&P Global Platts'ın bir raporuna göre^[22], son beş yıl içinde tüm dünyadaki siber saldırıların üçte biri enerji ve petrol altyapılarına yönelik gerçekleştirilmiştir. 2017 yılından bu yana 35 büyük siber saldırı enerji altyapılarını hedeflerken, en çok saldırıya maruz kalan ülke ABD olmuş, onu İngiltere ve Suudi Arabistan takip etmiştir. 2021'de ABD'de bölgesel bir enerji krizine neden olan Colonial Boru Hattı saldırısı başta olmak üzere, çok sayıda üst düzey siber saldırının meydana geldiğine dikkat çekilen raporda, ABD'nin Doğu Yakasındaki boru hattına yönelik siber saldırının ABD benzin fiyatlarında ciddi düzeyde artışa sebep olduğu vurgulanmaktadır. Dünyanın en büyük petrol şirketi Saudi Aramco da 2021 yılında saldırıların hedefinde yer almış ve bir terabyte'lık tescilli özel verinin çalınarak "karanlık web"de satışa çıkarıldığı kaydedilmiştir. Platts tarafından toplanan verilere göre petrol varlıkları ve altyapısı, 2017'den bu yana bilgisayar korsanları ve siber saldırılar için en büyük hedefler olarak ortaya çıkarken, bir sonraki en savunmasız alan olan elektrik şebekelerine saldırılar, tüm olayların dörtte birini oluşturmuştur.
- **Savaş:** Savaşlarda en kritik hedeflerin başında enerji altyapıları gelmektedir. Zira savaşılan ülkenin enerji üretimini, enerjisinin zenginleştirilmesini ve naklini sağlayan unsurlarını, yani düşmanın temel kapasitelerinden birini yok etmek savaşın seyrini etkileyecektir^[19].
- **Doğal Afetler:** Sel, tsunami, deprem, kasırga, toprak kayması gibi doğal afetler kritik enerji altyapılarına kısmen ya da tamamen zarar verme potansiyeli taşımaktadır. ABD'de 2005 yılında Katrina Kasırgası gerçekleşmiş ve enerji altyapısının zarar görmesi sonucunda yaklaşık 2,5 milyon eve elektrik verilememiştir. Katrina Kasırgası'nın ABD'ye ekonomik zararının 200 milyar dolar civarında olduğu tahmin edilmektedir. 2011 yılında Japonya'da gerçekleşen bir depremin ardından oluşan tsunami Fukuşima Nükleer Santrali'ne zarar vermiş, başkent Tokyo'nun suyuna radyasyon sızmış, Pasifik Okyanusu'na normal değerlerin

4.000 kat üzerinde nükleer sızıntı gerçekleşmiştir. Felaketin Japon ekonomisine maliyeti 360 milyon dolar olarak hesaplanmıştır. Ülkedeki 50 nükleer santralden 11'inin faaliyetleri durdurulmuş, ülkenin elektrik üretimi yaklaşık yüzde 40 azalmıştır. 2012'de ise tüm nükleer santrallerin faaliyetleri durdurulmuştur. Ayrıca ortaya çıkan enerji açığını kapatma çabaları nedeniyle Japonya dış ticaret açığı vermeye başlamıştır. Tüm bu zararlar silsilesi sonucunda ülkede resesyon baş göstermiş ve işsizlik artmıştır^[19].

Daha pek çok örneği verilebilecek bu tür doğal afetleri kritik enerji altyapısına yönelik bir tehdit olarak kabul edip güvenlik politikaları geliştirmek devletler açısından zorunluluk olmuştur.

- **Hırsızlık:** Hırsızlık kapsamında en sık rastlanan tehditlere örnek olarak terör örgütü üyelerince petrol boru hatlarına vana takılması yöntemi verilebilir. Kacak elektrik kurulumu da yaygın bir diğer örnektir.

5.2 Kritik Enerji Altyapı Güvenliğine Yönelik Önlemler

Enerji altyapılarına yönelik tehditlerin çeşitliliği alınacak önlemlerin de kapsamlı olmalarını gerektirmektedir.

5.2.1 İstihbarat

Özellikle devlet dışı aktörlerin artan çeşitliliği, stratejik istihbaratı kritik enerji altyapılarının güvenliğini sağlamada çok önemli bir pozisyona taşımaktadır.

5.2.2 İşbirliği

Petrol ve doğalgaz boru hatları çoğu zaman birkaç ülkeden geçtiğinden, alınacak pek çok önlem için ilgili ülkelerin işbirliği zorunluluk hâline gelmiştir. 11 Eylül saldırılarından sonra Kuzey Amerika ülkelerinin kritik enerji altyapı güvenliğini ön plana çıkarmaya başlayıp bu konuda işbirliğine önem vermeleri buna örnek olarak gösterilebilir. Mesela Kanada, ABD ile işbirliğine gitmiş, kurum ve altyapılarını bu ülkeyle tamamen uyumlu hâle getirmiştir^[19].

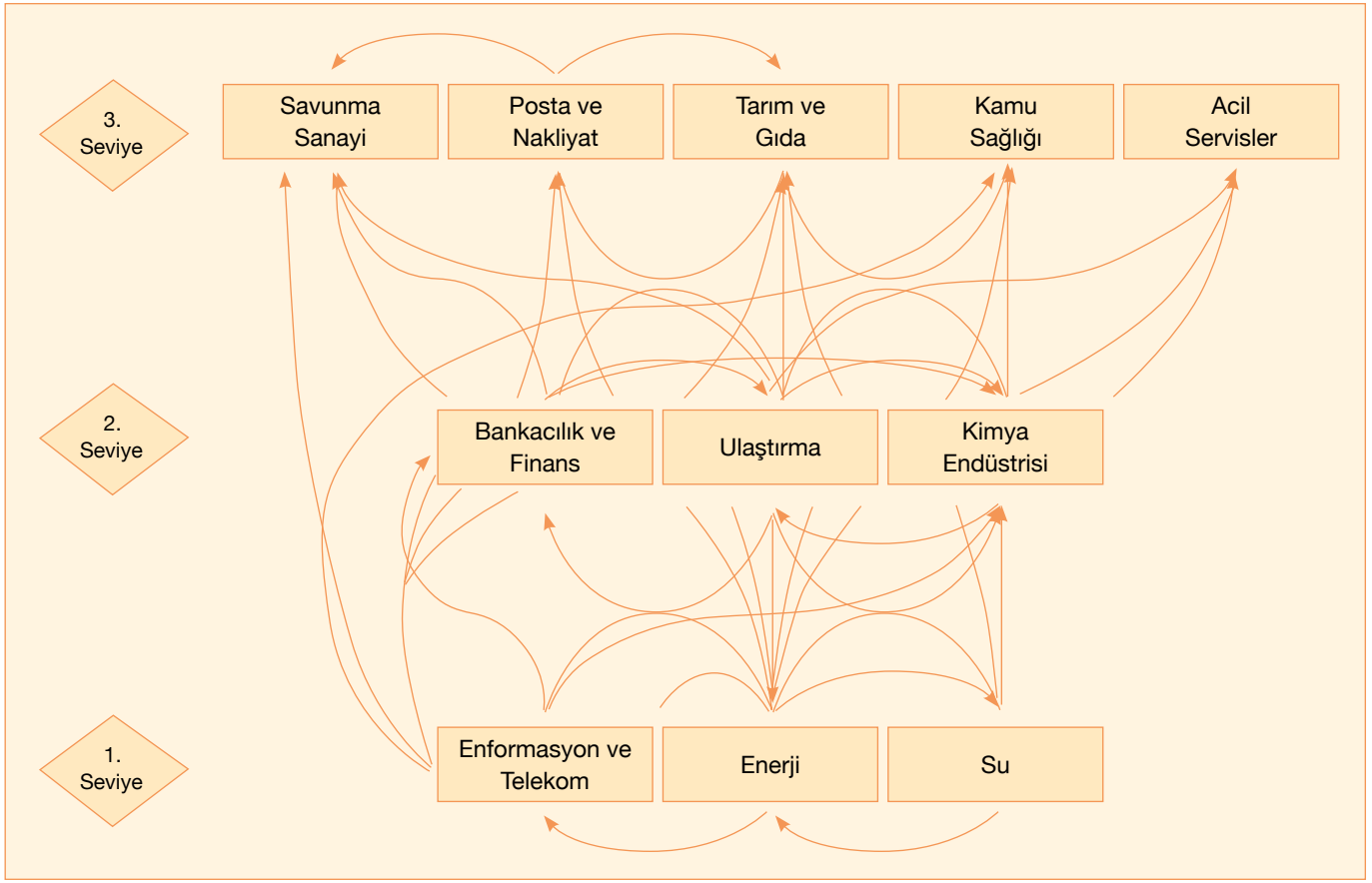
5.2.3 Dünyada Enerji Altyapılarının Güvenliğinin Sağlanmasında Kullanılan Teknolojiler

5.2.3.1 SCADA Sistemleri

Günümüzde enerji üretim ve dağıtımının kontrolü, su, doğalgaz, kanalizasyon sistemleri gibi kritik altyapıların kontrolünü ve izlenmesini de sağlayan SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) sistemleri ile yapılmaktadır. Bu sistemlerin büyük bir bölümü bilgi ve iletişim teknolojilerinden oluşmaktadır^[23].

SCADA sistemi, tüm sahaları kontrol eden ve izleyen merkezi sistemlerdir. Denetim kontrolü ve veri toplama, altyapı işlemlerini (su arıtma, atık su arıtma, gaz boru hatları, rüzgâr santralleri, vb.) ve tesis tabanlı işlemleri (havaalanları, uzay istasyonları, gemiler, vb.) kontrol etmek için kullanılan endüstriyel kontrol sistemleri anlamına gelmektedir. Genellikle endüstriyel işlemlerde (üretim, rafinaj, elektrik üretimi vb.) kullanılmaktadır^[24].

Aşağıdaki alt sistemler genellikle SCADA sistemlerinde bulunmaktadır:



Şekil 2: Kritik altyapının kritiklik seviyeleri ve enerjinin yeri^[20].

- Bir insan operatör tarafından kullanılan aparat,
- Süreçle ilgili tüm gerekli verileri toplayan bir denetim sistemi,
- Proses sensörlerine bağlı sensörlerin dijital verilere dönüştürülmesine ve verilerin denetleyici akışa gönderilmesine yardımcı olan Uzak Terminal Birimleri (RTU'lar),
- Saha cihazları olarak kullanılan Programlanabilir Mantık Kontrol Cihazı (PLC'ler),
- İletişim altyapısı.

SCADA sistemleri geniş alanlara yayılmış karmaşık sistemlerdir. Neredeyse tüm kontrol işlemleri, uzak terminal birimleri (RTU) veya programlanabilir mantık kontrolörleri (PLC) tarafından otomatik olarak gerçekleştirilir. Özellikle endüstriyel IoT uygulamalarıyla birlikte birçok alanda başarıyla kullanılmaktadır^[24].

Mimari yapı olarak SCADA'yı birinci nesil monolitik, ikinci nesil dağıtık (distributed) ve üçüncü nesil ağ tabanlı (networked) olarak üç nesle ayırmak mümkündür.

- **Monolitik (İlk Nesil):** Birinci nesil sistemlerde ağ yapısı mevcut değildir uzak terminal birimleriyle haberleşmeler özel protokollerle yapılmaktadır. Ayrıca bu tür sistemlerde yedeklemede bulunmamaktadır^[24].
- **Dağıtılmış (İkinci Nesil):** İkinci nesil SCADA sistemlerinde; bilgiyi gerçek zamanlı paylaşan ve LAN (Local Area Network) ile birbirlerine bağlanan çoklu

istasyonlar kullanılmıştır^[23]. İstasyonların maliyeti ve büyüklüğü, ilk nesilde kullanılanlara göre daha düşüktür. Ağlar için kullanılan protokoller SCADA sistemleri için birçok güvenlik sorununa neden olmuştur.

- **Ağa Bağlı (Üçüncü Nesil):** Günümüzde kullanılan SCADA sistemi bu kuşağa aittir. İnternet Protokolleri (IP) gibi WAN protokoller ile sistem ve ana istasyon arasında iletişim sağlanmaktadır. Kullanılan standart protokollere ve ağa bağlanmış SCADA sistemlerine internet üzerinden erişilebildiği için, sistemin kırılganlığı artmaktadır. Ancak, güvenlik teknikleri ve standart protokollerin kullanılması sayesinde SCADA sistemlerinde güvenlik iyileştirmeleri yapılabilmektedir^[24].

Dünyadaki birçok ülkede olduğu gibi Türkiye'de de enerji üretim ve dağıtım sistemlerinin SCADA güvenliğinin sağlanması için gerekli düzenleme ve denetim mekanizmaları oluşturulup uygulamaya geçirilmelidir.

Dikkat edilmesi gereken önemli hususların başında ise, başta SCADA sistemleri olmak üzere enerji altyapılarında kullanılan tüm bilgi teknolojileri (BT) ve otomasyon ağında siber güvenlik tedbirlerinin zirveye taşınması gerekliliği gelmektedir.

İngiltere'de kritik altyapıların güvenliği konularında çalışma yapan Center for Protection of National Infrastructure (CPNI) proses kontrol ve SCADA sistemlerinin güvenliği konusunda yayınladığı bir rehberde aşağıdaki güvenlik önlemlerinin alınması tavsiyesinde bulunmuştur^[23].

- İş risklerinin anlaşılır kılınması,
- Güvenli mimarinin hayata geçirilmesi,
- Olayları ele alma yeteneğinin oluşturulması,
- Farkındalığın artırılması ve yeteneklerin geliştirilmesi,
- Üçüncü parti risklerin yönetimi,
- Projelerin güvenlikle birlikte ele alınması,
- Sürekli bir yönetim modelinin kurulması.

2006 yılında ise North America Electric Reliability Corporation (NERC), ABD’de elektrik altyapılarının güvenli hâle getirilmesi için elektrik sistemi üretim ve dağıtımındaki taraflara siber güvenlik standartları gerçekleştirme planını yayınlamıştır. 2010 yılı sonuna kadar bütün elektrik üretim ve dağıtımını yapan kurumların, olası siber saldırılara karşı, BT altyapı güvenliklerini denetlenebilir bir seviyeye getirmeleri istenmiştir^[23].

5.2.4 Kriz Yönetimi İçin Depolama Gerekliği

Savaş durumunda öncelikle kritik enerji altyapılarına zarar verilmesi amaçlanacak, belki de düşman tarafından tüm hatlara aynı anda zarar verilebilecektir. Bu nedenle farklı bölgelerde mümkün olduğunca fazla kapasiteye sahip depolama alanları oluşturmak bir devletin bekası için zorunludur. Ayrıca depolama, savaş dışında da günümüzün başlıca sorunlarından küresel iklim değişikliği ya da enerji ithal edilen ülkelerde görülebilecek çeşitli problemlerden doğacak kesinti olasılıkları gibi tehdit kaynaklarına karşı bir güvence oluşturulması açısından da temel bir gerekliliğe dönüşmüştür.

Depolanan enerji tükenmeden mevcut kaynağın yerine konulması da önemlidir. Bu gibi durumların ve olasılıkların çok iyi hesaplanması, olası kesinti sürelerine göre depolama sistemlerinin kurgulanması, işletmelerin veya cihazların kesintisiz faaliyet göstermesinin en önemli yoludur.

Mevcut enerji depolama teknolojileri arasında lityum iyon bataryalar, sodyum iyon bataryalar, nikel kadmiyum bataryalar, kurşun asit bataryalar, hidrojen yakıt hücreleri, lityum sülfür teknolojisi, nanoBolt Lityum Tungsten bataryalar, grafen süperkapasitörleri, redox akım bataryaları, alüminyum grafit bataryalar, biyoelektrokimyasal bataryalar, organosilikon elektrolit bataryalar, katı hâl bataryaları, altın nanokablolu jel elektrolit bataryalar gibi son yıllarda geliştirilmiş çok çeşitli seçenekler bulunmaktadır^[25].

Bataryalar dışında da, farklı enerji depolama sistemlerinde enerji depolanabilmektedir. Pompaj hidroelektrik depolama sistemleri, basınçlı hava enerji depolama sistemleri, gelişmiş batarya enerji depolama sistemleri, çark enerji depolama sistemleri, buzda enerji depolama sistemleri bu seçenekler arasındadır.

Farklı enerji depolama sistemleri genellikle tek başlarına tercih edilmekle birlikte, bazı durumlarda birbirlerini yedekler nitelikte bir arada da kullanılabilirler. 2021 yılında küresel ölçekte 1.363 enerji depolama projesinin faaliyette olduğu ve 11 projenin ise inşa aşamasında bulunduğu bildirilmiştir. Faaliyette olan projelerin yüzde 40’ı ABD’de bulunmaktadır. Bir arada kullanılabilen farklı enerji depolama sistemleri Hibrid Enerji Depolama Sistemleri (Hybrid Energy Storage Systems -HESS) olarak

da adlandırılmaktadır. Çeşitli ülkeler elektrik depolama teknolojilerinin gelecekte daha da önem kazanacağı gerçeğinden hareketle bu alandaki Ar-Ge faaliyetlerini sürdürmektedir^[25].

6. TÜRKİYE’DE KRİTİK ENDÜSTRİYEL ALTYAPILARIN DURUMU

6.1 Türkiye’de Kritik Altyapılara İlişkin Mevzuat

Türkiye’de kritik altyapıların korunması süreci, 1999 yılında AB’ye aday ülke olunmasıyla başlamıştır. Tam üyelik uyum mevzuatı kapsamında çevre başlığı altında yürütülen çalışmalarla kritik altyapıların korunması, teknolojik afetler başlığı altında değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, teknolojik afetlerin, doğal afetlerin tetiklenmesi sonucunda ya da insan kaynaklı bir kaza, terör veya sabotajdan kaynaklanabileceği ifade edilmiştir. Dolayısıyla Türkiye’de kritik altyapıların korunması literatürü güvenlik boyutundan ziyade, afet ve acil durum yönetimiyle özdeşleşmiştir^[6].

Afet ve acil durum safhasının bir bütün olarak ele alınması ve doğal afetler yanında, teknolojik afetler gibi insan kaynaklı afetlerin de risklerinin minimuma indirilmesi amacıyla afet yönetim sisteminde ve teşkilatında 2009 yılında değişikliğe gidilmiştir. Bu çerçevede, 2009 yılında Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) kurulmuştur. Bu kararla birlikte Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Sivil Savunma Genel Müdürlüğü ve Türkiye Acil Durum Yönetimi Genel Müdürlüğü kapatılmıştır^[15].

2014 yılında AFAD tarafından, kurum ve kuruluşlar arasında etkin ve verimli koordinasyonun sağlanması ve teknolojik afetlerin risk ve zararlarının azaltılması amacıyla “Kritik Altyapıların Korunması Yol Haritası Belgesi”^[3] yayınlanmıştır.

AFAD’ın kuruluş amacı Türkiye’de karşılaşılan her türlü doğal, insani ve teknolojik felakete karşı “Bütünleşik Afet Yönetimi” anlayışına geçilmesi açısından önemli olmuştur. Önceden devlet tarafından öngörülen “Kriz Yönetimi” yaklaşımı, bütünsel bir yaklaşımla “Risk Yönetimi”ne evrilmiştir. “Bütünleşik Afet Yönetimi Sistemi” olarak adlandırılan bu model;

- Afet ve acil durumların sebep olduğu zararların önlenmesi amacıyla tehlike ve risklerin önceden tespiti,
- Afet olmadan önce meydana gelebilecek zararların önlenmesi veya en aza indirecek tedbirlerin alınması,
- Etkin müdahale ve koordinasyonun sağlanması ve afet sonrasında iyileştirme çalışmalarının bir bütünlük içerisinde yürütülmesine katkı sağlamayı öngörmektedir^[3].

10. Kalkınma Planı (2014-2018)^[16] kapsamında ise aşağıdaki maddelerle Türkiye’de kritik altyapıların korunmasının önemi vurgulanmıştır:

- Afet risklerinin azaltılmasına yönelik uygulama mekanizmaları güçlendirilecek, afetlere hazırlık ve afet



sonrası müdahalede özel önem arz eden hastane, okul, yurt gibi ortak kullanım mekânları ile enerji, ulaştırma, su ve haberleşme gibi kritik altyapıların güçlendirilmesine öncelik verilecektir.

- Afetlere karşı daha etkin mücadele etmek üzere kamu kurum ve kuruluşları arasında hızlı, güvenli ve etkin bir veri paylaşımını sağlayacak afet bilgi yönetim sistemi kurulacak, etkin ve kesintisiz haberleşme temin edilebilmesi için iletişim altyapısı daha da güçlendirilecektir.
- Bina ve altyapı tesislerinin afetlere daha dayanıklı olarak inşa edilmesi sağlanacak ve inşaatların denetimi bağımsız, ehil ve yetkili kişi ve kurumlar aracılığıyla güçlendirilecektir.

Siber Güvenlik Kurulunun 2013 tarihli kararına göre Türkiye’de kritik altyapılar; elektronik haberleşme, enerji, bankacılık ve finans, kritik kamu hizmetleri, ulaştırma ve su yönetimi olarak belirlenmiştir. Türkiye’nin kritik altyapılara ilişkin özel bir stratejik planı bulunmasa da kamu kurumlarının toplam bilgi varlığının risk düzeylerini tanımlamak, analizini yapmak ve önlem almak gibi aşamalardan oluşan bilgi güvenliği yönetim sistemi ISO/IEC 27001 standardizasyonu kullanımının zorunlu hâle getirilmesi, sızma testlerinin belirli aralıklarla yapılması, sistem odalarında bulunması gereken asgari kriterlerin belirlenmesi gibi kritik altyapıyla bağlantılı genel hedeflere 2016-2019 Siber Güvenlik Stratejisi’nde yer verilmiştir.

TÜBİTAK tarafından hazırlanan “Kritik Bilgi Sistem Altyapıları için Asgari Güvenlik Önlemleri Dokümanı” ise Türkiye’de kritik altyapıyı tanımlayıp kategorize etmektedir. Ayrıca bünyesinde kritik altyapı işleten kurum ve kuruluşları kapsayan bu dokümanda kritik altyapı sistemleri için gerekli olan asgari güvenlik önlemleri belirlenmiştir^[17]. Türkiye’de kritik altyapıların listesi ve bu altyapılara ilişkin sorumlu kurumların dağılımı Tablo 1’de gösterilmiştir^[3].

Türkiye’de iç güvenlik açısından kritik altyapıların korunmasına ilişkin bütünsel bir yaklaşım ve bir strateji belgesi henüz hazırlanmamıştır. Kritik altyapı konusunun afet kaynaklı insani ve çevresel etkinin azaltılması olarak anlaşılması bunun nedenidir. Bu yaklaşım iş güvenliği ve afetlere hazırlık çalışmaları açısından önemli olsa da, kritik altyapıların sürdürülebilirliğine yönelik farklı boyuttaki tehditlerin kapsam dahiline alındığı bütünsel bir yaklaşımla oluşturulmuş bir iç güvenlik stratejisine ve makro düzeyde koordinasyonu sağlayacak bir teşkilatlanmaya olan ihtiyaç devam etmektedir^{[18], [6]}.

7. TÜRKİYE ENERJİ ALTYAPISININ UNSURLARI

Türkiye enerjide bölgesel bir transit ülke olma konumunun getirdiği bir ayrıcalığa sahiptir. Göreve gelen hükümetler uzun yıllar boyunca bu konumu güçlendirmek için çok sayıda girişimde bulunmuştur. Hazar Havzası hidrokarbon kaynaklarının doğrudan Batı ülkelerine

Kritik Altyapı Sektörleri (KAS)	KAS Belirleme Sorumluluk	KAS Güvenlik Sorumluluk (Sektör Bazında)	KAS Güvenlik Sorumluluk (Tesis Bazında)	KAS Koordinasyon Sorumluluk
Enerji	EPDK, Enerji Bakanlığı, TAEK, AFAD	EPDK	İşletme Sahibi (Özel Sektör)	AFAD
Ulaştırma	UDHB, AFAD	UDHB	İşletme Sahibi (Özel Sektör)	AFAD
Su Yönetimi / Barajlar	Orman ve Su İşleri Bakanlığı, AFAD	Orman ve Su İşleri Bakanlığı	İşletme Sahibi (Özel Sektör)	AFAD
Haberleşme	BTK, UDHB, AFAD	BTK, UDHB	İşletme Sahibi (Özel Sektör)	AFAD
Bankacılık ve Finans	BDDK, SPK, Hazine Müsteşarlığı, Maliye Bakanlığı, AFAD	BDDK, SPK, Hazine Müsteşarlığı, Maliye Bakanlığı	İşletme Sahibi (Özel Sektör)	AFAD
Kritik Kamu Hizmetleri	İçişleri Bakanlığı, AFAD	İçişleri Bakanlığı	İşletme Sahibi (Özel Sektör)	AFAD
Kritik Üretim/Ticari Tesisler	Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Gümrük ve Ticaret Bakanlığı, AFAD, TOBB	Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, TOBB	İşletme Sahibi (Özel Sektör)	AFAD
Sağlık	Sağlık Bakanlığı, AFAD	Sağlık Bakanlığı	İşletme Sahibi (Özel Sektör)	AFAD
Tarım ve Gıda	GTHB, AFAD	GTHB	İşletme Sahibi (Özel Sektör)	AFAD
Kültür ve Turizm	Kültür ve Turizm Bakanlığı, AFAD	Kültür ve Turizm Bakanlığı	İşletme Sahibi (Özel Sektör)	AFAD

Tablo 1: Türkiye’de kritik altyapıların listesi ve bu altyapılara ilişkin sorumlu kurumların dağılımı^[9].

ulaştırılmasını öngören ve “21’inci Yüzyılın İpek Yolu” olarak sunulan Doğu-Batı Enerji Koridoru ile başlayan boru hatları projeleri yıllar içinde çeşitlenmiştir (Tablo 2).

Transit Boru Hatları
Irak-Türkiye Ham Petrol Boru Hattı (ITP)
Bakü-Tiflis-Ceyhan Ana İhrac Ham Petrol Boru Hattı (BTC)
Trans-Anadolu Doğalgaz Boru Hattı (TANAP)
Türkakım Doğalgaz Boru Hattı (TÜRKAİM)
Doğalgaz Boru Hatları
Rusya -Türkiye Doğalgaz Boru Hattı (Batı Hattı)
Mavi Akım Doğalgaz Boru Hattı (Mavi Akım)
Doğu Anadolu Doğalgaz Ana İletim Hattı (İran - Türkiye)
Bakü -Tiflis-Erzurum Doğalgaz Boru Hattı (BTE)
Türkiye-Yunanistan Doğalgaz Enterkonneksiyonu (TYE)

Tablo 2: Türkiye’deki transit ve doğalgaz boru hatları^{[26], [27]}.

Türkiye’nin kritik enerji altyapı unsurları; uluslararası çapta öneme sahip doğalgaz ve petrol boru hatları, doğalgaz depolama tesisleri, elektrik iletim hatları, LNG terminalleri, hidroelektrik santralleri ile diğer çeşitli tesisler olarak sayılabilir.

Türkiye’de kritik enerji altyapı unsurlarının güvenliği, “tesis içi güvenlik” ve “tesis dışı güvenlik” olarak iki kategoride değerlendirilmektedir. Boru hatları, elektrik iletim hatları tesis dışı güvenlik kapsamında sayılırken, LNG terminalleri, rafineriler, barajlar ve kurulmakta olan nükleer santral gibi altyapıların güvenliği ise tesis içi güvenlik kapsamına dahildir. Türkiye’de enerji arz güvenliğinin artan önemi ile bölgeler arası petrol ve doğalgaz ihtiyacını karşılayan boru hattının uzunluğunun yaklaşık 20.000 km’yi bulması göz önüne alındığında kritik enerji altyapı güvenliği kapsamında öne çıkan unsurun kaçınılmaz şekilde boru hatları olduğu görülmektedir^[18].

Enerji güvenliği temelde enerjinin üretim, taşınma, iletim ve dağıtım süreçlerinin sorunsuz işleyişi, yani kritik enerji altyapı unsurlarının güvenliğinin sağlanması üzerine kuruludur. AFAD tarafından hazırlanan Kritik Altyapıların Korunması Yol Haritası Belgesinde, kritik altyapı güvenliğinin enerji sektörü bazında sorumluluğunun Enerji Piyasası Denetleme Kuruluna (EPDK), tesis bazında ise şirketlere verildiği görülmektedir^[3].

8. TÜRKİYE ENERJİ ALTYAPISININ GÜVENLİĞİ

Türkiye’de genel olarak enerji güvenliği ve daha spesifik perspektifte endüstriyel enerji altyapı güvenliği pek çok unsura bağlıdır. Ancak doğal zenginliklerinin yetersiz olması nedeniyle enerjide yüzde 90 oranında yurtdışına bağımlı olan Türkiye’nin enerji güvenliği konseptinin tartışılmasından önce bu bağımlılığın ve sonuçlarının ortaya konması gerekmektedir. Özellikle 2022’nin ilk aylarında yaşanan iki olay -İran’dan gelen doğalgaz akışında meydana gelen kesinti sonucunda Türkiye’de endüstriyel üretimin durma noktasına gelmesi ve Rusya’nın Ukrayna’yı işgali sonucunda küresel bir enerji krizi ihtimalinin belirmesi- Türkiye’nin yumuşak karnı enerjide tekrar yüzleşmesini zorunlu olarak gündeme getirmiştir.

8.1 Türkiye Enerji Görünümü

Türkiye COVID-19 pandemisinin ortaya çıkmasının ardından yaşanan peş peşe gelişmelerin ardından enerji alanında ciddi sınavlarla karşı karşıya kalmıştır.

8.1.1 COVID-19 Pandemisi Sonrası Artan Enerji Fiyatları

COVID-19 pandemisinin etkisinin azalmaya başlamasıyla 2021’in başından itibaren küresel enerji sektörü hâlen devam eden sorunlar yaşamaya başlamıştır. Pandemide ertelenen talebin devreye girmesi nedeniyle birçok sektörde üretimin hızlanmasıyla tüm dünyada enerji talebi yükselişe geçmiştir, dünyanın farklı yerlerinde yaşanan olağanüstü iklim olayları bu gelişmeyle birleşince enerji piyasalarında rekor fiyat artışları görülmeye başlanmıştır. Türkiye de doğal olarak bu gelişmelerden etkilenmiştir.

8.1.2 İran’dan Doğalgaz Akışının Kesilmesi

20 Ocak 2022’de İran Milli Gaz Şirketi’nin (NIGC) sürpriz bir kararla Türkiye’ye doğalgaz iletimini “teknik bir arıza” nedeniyle 10 gün süreyle durduğunu açıklaması üzerine Boru Hatları ile Petrol Taşıma AŞ (BOTAŞ), yüksek miktarda gaz çeken bazı sanayi kuruluşlarına gönderdiği yazıyla gaz tedarikindeki kesintilere bağlı olarak günlük çekiş miktarını sınırlamıştır^[28]. Günlük tüketimi 300.000 m³’ün üzerinde olan abonelere günlük doğalgaz çekişinin yüzde 40 oranında kısıllanacağını açıklanmasıyla sanayi firmaları kapasitenin yüzde 60’ı ile iş yapabilir hâle gelmiştir. İran’ın kararı, günlük 288 milyon m³ doğalgaz tüketimiyle hem genel olarak Türkiye’nin hem de 81 ilin 73’ünün doğalgaz tüketim rekoru kırmasından sadece üç gün sonra gelmiştir^[29]. İran’ın kararının ardından Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ) ise Organize Sanayi Bölgelerine (OSB) 72 saatlik enerji kesintileri uygulamıştır^[30]. Sanayi tesislerine uygulanan elektrik kısıntısı 29 Ocak itibarıyla kaldırılırken, doğalgazda uygulanan kısıntı ise 31 Ocak’tan itibaren yüzde 20’ye düşürülmüştür. Bazı kritik tesislerin kapsam dışında tutulduğu bu uygulama pek çok sanayi tesisinde üretim durdurmalarını beraberinde getirmiş, firmaların ihracatları sektöre uğramış, şirketler müşterileri nezdinde itibar kaybı yaşamıştır.

Hem sanayide kullanılan elektriğin üretilmesinde hem de konutlarda doğalgaz kullanımının maksimum seviyelerde gerçekleştiği kış mevsiminde yaşanan kesinti bir kez daha Türkiye’nin enerji arz güvenliği sorununu gündeme taşımıştır. Kritik sektörlerdeki sanayi tesislerinde yaşanan kapanmaların ardından yeniden üretime başlamak için de günler geçmesi gerektiğinden yaşanan sorunun etki süresi uzamıştır. Hatırlanacağı üzere, Türkiye COVID-19 salgınının ilk günlerindeki kapanma döneminde de bu türden sorunlar yaşamıştır.

8.1.3 Rusya’nın Ukrayna’yı İşgali

İran’dan gelen doğalgaz akışının kesilmesiyle yaşanan problemlerin etkileri daha ortadan kalkmadan Türkiye, Şubat ayı sonunda bu kez Rusya’nın Ukrayna’yı işgaliyle enerji problemiyle bir kez daha yüzleşmiştir. Kriz tüm dünya piyasalarında enerji ürünlerinde fiyat artışlarının hızlanmasına ve petrol fiyatlarının rekor seviyelere tırmanmasına yol açmıştır.

Türkiye, 2021 yılında doğalgazının yüzde 44’ünü Rusya Federasyonu’ndan ithal etmiştir.

Enerji uzmanları Türkiye’nin doğalgaz ve petrolde Rusya’ya bağımlı olması nedeniyle enerji faturasının hızlı bir şekilde yükseleceğini belirtmiştir^[31]. En başta Türkiye’nin her iki ülkeyle yakın ilişkiler içinde olduğu sektörler açısından tedirginlik yaratan işgal, doğalgazda yüzde 99.1, petrol ve ürünlerinde ise yüzde 92.4 dışa bağımlı olan Türkiye’de enerji kaynaklı riskleri artırmıştır^[32].

Ayrıca Türkiye’nin enerji tedariki bakımından Rus doğalgazına olan bağımlılığı ve iki ülke arasında enerjiye dayalı birçok anlaşma ve boru hattının varlığı Türkiye’yi enerjide Rusya’yı gözardı edemeyecek şekilde dengeler gözetmek zorunda bırakmaktadır^[18].

8.2 Jeopolitik Risklerin Türkiye Ekonomisinde Yol Açtığı Sorunlar

İran’dan doğalgaz akışının kesilmesi nedeniyle sanayide üretimin durma noktasına gelmesi zincirleme ekonomik etkiler yaratmıştır. Organize Sanayi Bölgeleri Kuruluşu Başkanı Memiş Kütükçü, *Dünya* gazetesine verdiği demeçte, “Enerjinin iki önemli kaynağından birisi doğalgaz, birisi elektrik; bunların ikisinde de aynı anda kısıntıya gitmiş olmamızı yabancı yatırımcılara anlatmakta çok zorlandık. Enerji, hammaddeden sonra sanayi üretiminin ana girdisi. Eğer siz enerji arz güvenliğini sağlayamazsanız sanayi üretimini güvence altına alamazsınız, yatırımcı alamazsınız” diyerek sorunun ekonomik yansımaları tarif etmiştir^[30].

Enerji maliyetlerindeki yüksek seviye Türkiye’nin ilave gaz talep etmesini zorlaştıran bir faktördür. Türkiye’de elektrik üretiminin doğalgaza dayanması da başlı başına bir risk faktörü olarak değerlendirilmektedir^[33].

Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği (TMMOB) Makine Mühendisleri Odası Enerji Çalışma Grubu Başkanı Oğuz Türkyılmaz da Türkiye’nin enerji ithalatının Ukrayna krizi yüzünden daha pahalı hâle geleceğine işaret etmiştir: Varil başına 1 dolarlık artışın Türkiye’nin petrol ithalat faturasını 300 milyon dolar artırdığını belirten Türkyılmaz, yaşanan krizin petrol faturasını yükselteceğine dikkat

çekmektedir: “İkincisi, doğalgaz fiyatları Rusya’dan, İran’dan ya da Azerbaycan’dan alınan gazın fiyatını dolaylı yönden etkileyecek. Bu sözleşmelerdeki alım fiyatlarında da fiyatlar belli dönemlerle gözden geçiriliyor. O gözden geçirilme esnasında kullanılan ölçütlerden bir tanesi petrol fiyatları. Petrol fiyatlarındaki artış doğalgaz fiyatlarını da yukarı doğru itecek^[31].”

Sektör uzmanları Türkiye’nin gaz depolama yatırımlarını yıllardır ağırdan almasını da sık sık tekrarlanan arz problemlerinin en önemli nedenleri arasında saymaktadır. Ayrıca OSB’ler ve büyük enerji tesislerinin olası bir enerji krizine hazırlıklı olmadıkları da yaşanan gelişmelerle ortaya çıkmıştır. Devletin sunduğu avantajlı teşviklere rağmen OSB’lerde ya da büyük endüstriyel tesislerde güneş enerjisi sistemlerinin başarılı bir şekilde hayata geçirildiğini söylemek zordur. Önümüzdeki dönemde bu yönde hızlı atımlara ihtiyaç vardır.

8.3 Türkiye’nin Enerji Arz Güvenliğinin Sağlanması İçin Öneriler

Son birkaç yılda yaşanan gelişmeler bir arada değerlendirildiğinde enerjide dış dünyaya bağlı olan Türkiye’nin, enerji teminiyle ilgili söz konusu olabilecek neredeyse her sorunla karşılaştığı görülmektedir. Küresel iklim değişikliğinin doğurduğu tehditler, 2021’in yaz aylarında yurdun pek çok noktasında meydana gelen yangınlarla bazı enerji tesislerinin tehdit altında kalması, Isparta başta olmak üzere çeşitli illerimizde sert kış mevsiminin etkisiyle meydana gelen ve günler süren doğalgaz ve elektrik kesintileri, enerji temin ettiğimiz ülkelerin kendi içlerindeki talep artışından ya da çeşitli arızalardan kaynaklanan ani kesintiler, terör faaliyetleri, savaş gibi hadiseler kısa bir zaman diliminde Türkiye’nin enerji arz güvenliğini etkilemiştir. Bu kapsamda analizimizin bu bölümünde, yaşanan gelişmeler çerçevesinde enerji güvenliğinin sağlanması için sektör uzmanlarınca paylaşılan öneriler tartışılacaktır.

BOTAŞ Doğalgaz Alım Dairesi Eski Başkanı, Enerji Uzmanı Arif Aktürk’e göre anlık şekilde sisteme ilave gazın girip çıkabilmesi, serbestleşme ile piyasadaki tedarikçi sayısının artması ve ithalattaki ticari ve hukuki engellerin ortadan kaldırılması gerekmektedir^[30].

Türkiye Ekonomi Politikaları Araştırma Vakfı (TEPAV) Kurucu Direktörü Güven Sak, Türkiye’nin enerjide bir acil eylem planına ihtiyacı olduğuna dikkat çekmektedir. “Yeşil dönüşümle hidrokarbonların üzerine bir maliyet getirmenin tartışılması gerektiği bir dönemin tam başındayız. Dolayısıyla bu acil eylem planını o çerçeveye oturtabiliriz” diyen Sak, 2030’lu yıllarda kömürden nasıl çıkacağımızı, özel sektörün işlettiği termik santrallerin nasıl dönüşeceğini belirlememiz gerektiğini ve Sanayi Bakanlığının bu yeni dönemin teşvik sisteminin nasıl olması gerektiği konusunda daha yapıcı bir yol haritası ortaya koyması gerektiğini vurgulamaktadır^[30].

Makine Mühendisleri Odası da bir duyuruyla İran’dan gaz arzının ileride de herhangi bir nedenle aksaması olasılığına karşın; Güney, Güneydoğu ve Doğu illerinin gazsız kalmaması için şu önerilerde bulunmuştur^[34]:

- Azerbaycan’ın Türkgözü giriş noktasından Erzurum’a gelen boru hattından uygun koşullarda gaz temininin sağlanması,
- Mevcut kompresör istasyonları ve boru hattı şebekesinin çift yönlü çalışmasına imkân verecek yatırımların hızla sonuçlandırılması, şebekelerdeki eksik yatırımların tamamlanması,
- Bölgede doğalgaz deposu olarak kullanmaya uygun formasyonların araştırılması,
- Kesintilerde Türkiye’nin gazsız kalmaması için mevcut depolama tesis projelerinin bir an önce bitirilmesi gerekmektedir.

8.4 Beklenen Marmara Depremine Taşıdığı Sektörel Riskler

Küresel enerji denkleminin karmaşıklığı göz önüne alındığında peş peşe yaşanan olumsuzlukların sona ermeceği açıktır. Bu anlamda Türkiye’nin enerji sistemindeki aksaklıkları giderecek eylemleri bir an önce hayata geçirmesi gerekmektedir. Türkiye’de enerji başta olmak üzere kritik endüstriyel altyapıları tehdit eden belki de en büyük tehlike ise “kapımızdaki kıyamet” diye tarif edebileceğimiz beklenen İstanbul depremi olacaktır. 1999 depreminden bu yana geçen 23 yılda uzmanların sürekli uyarmasına rağmen, bu konuda kamuoyundaki ve bilim dünyasındaki endişeleri hafifletecek bir önlem planının tam anlamıyla ortaya konulduğu maalesef söylenemez. Son olarak, 2021’in Mart ayında, Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği (TÜSİAD) ve Türk Girişim ve İş Dünyası Konfederasyonu (TÜRKNFED), İstanbul’u ciddi şekilde etkilemesi beklenen Büyük Marmara Depremi için kritik öneme sahip beş sektörün kırılganlıklarının ve güçlendirilmesi gereken alanların belirlendiği sektörel çalıştaylar sonucunda bir rapor yayınlamıştır.

United Parcel Services (UPS) Vakfının desteğiyle hazırlanan “Sektörler İstanbul Depremine Ne Kadar Hazır?” başlıklı rapor^[35] kapsamında, enerji, bilgi ve iletişim teknolojileri, ulaştırma ve lojistik, tarım ve gıda, sigorta ve finans olmak üzere beş kritik sektör incelenmiştir. Raporda; sektörel kırılganlıkların nerelerde yoğunlaştığı, bu kırılganlıkların hangi yöntem, işbirliği ve destek mekanizmalarıyla azaltılabileceği, sektörlerin geleceği için bu hazırlık sürecinin ne ölçüde mümkün olduğu değerlendirilmiştir. Bilindiği üzere, toplam nüfusun yüzde 19’unun yaşadığı, GSYH’nin yüzde 30,1’inin karşılandığı, Türkiye’nin insani ve sosyoekonomik faaliyetlerinin çok önemli bir kısmının yürütüldüğü İstanbul’da etkileri yoğun bir şekilde hissedilecek olan Büyük Marmara Depremi’nin çok ciddi hayati ve ekonomik riskleri beraberinde getirmesi beklenmektedir.

Rapora göre elektrik, akaryakıt, gaz gibi kritik kaynakları kapsayan enerji sektörünün afetlere yönelik farkındalığı yüksek, kurumsal ve sektörel işbirliği potansiyeli güçlü görünmektedir. Ancak bu sektörün en kırılgan ve en önemli konusu elektrik iletim ve dağıtım hatları ile trafoların güçlendirilmesi gerekliliği olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, elektrik iletim ve dağıtım ağıyla ilgili bilgi ve veri eksikliği, iş sürekliliği ile afet ve acil durum



planlarının olmaması, deprem anında yaşanabilecek olası kesintilere karşı işbirliğinin yetersizliği ve yüksek maliyetli yatırım nedeniyle altyapının güçlendirilmesi alanında eksikler tespit edilmiştir.

Rapor, beklenen Büyük Marmara Depremi'nin gerçekleşmesi durumunda özellikle elektrik altyapısında yaşanacak sorunların sadece İstanbul veya Marmara Bölgesi ile sınırlı kalmayıp dalga dalga tüm ülkeye ve sektörlerle yayılacak bir milli güvenlik sorununa dönüşebileceğini gözler önüne bir kez daha sermektedir. Raporadaki olası felaket senaryolarında çarpıcı ihtimallerden bahsedilmektedir. Enerji ve bilgi sektörlerine ilişkin altyapı yetersizliklerine değinilen raporda, ülke genelinde uzun süreli elektrik kesintileri yaşanabileceği ve İstanbul'a uzun süre elektrik verilememesi riski olduğu belirtilmektedir. İletişimin çökmesinin de olası olduğu belirtilen raporda, lojistik sorunları nedeniyle gıda sektörünün de zarar görebileceği ve bu nedenle işyerlerinin yağmalanmasının ihtimal dahilinde olduğu aktarılmıştır. Enerji sektörü içinde, sektörler arasında ve kamu ile afet ve acil durum odaklı iletişim ve işbirliğinin de yetersiz olduğu da bulgular arasındadır. Sektörel değerlendirmeler, Avrupa yakasındaki dağıtım merkezlerine depremden sonra en erken üç saat, Anadolu yakasındaki dağıtım merkezlerine ise en erken sekiz saat sonra enerji verilebileceğini öngörmektedir. Ayrıca enerji sektöründe yaşanacak bir çöküş, diğer sektörlerdeki sorunların da tetikleyicisi olacaktır. Örneğin bilgi ve iletişim sektörünün altyapısının devreye girip girmeyeceği enerji akışının durumuna bağlı olacaktır. Ayrıca binaların üzerindeki baz istasyonlarının zarar görmesi durumunda mobil baz istasyonlarıyla iletişimin sağlanmasının gerçekçi olmadığı belirtilmektedir.

2021 yılının Ağustos ayında açıklanan ve TÜSİAD, TÜRKONFED ve Sektörel Dernekler Federasyonu (SEDEFED) işbirliğiyle hazırlanan "İstanbul Depremi Senaryosu İş Dünyası Hazırlık Raporu"nda ise İstanbul'daki sanayi ve üretim alanlarının yüzde 60'ının deprem bölgesinde olduğu ve depremden sonra meydana gelebilecek ekonomik zararın 25 ila 300 milyar doları bulabileceği vurgulanmaktadır^[36]. En başta can kayıpları olmak üzere depremin ekonomik ve sosyal zararlarından en az düzeyde etkilenmek ve depremin bir milli güvenlik sorununa dönüşmesini engellemek için diğer sektörleri etkileme potansiyeli göz önünde bulundurularak, her şeyden önce enerji sektöründe adım atılması gerektiği görülmektedir. Özellikle enerji altyapılarının güçlendirilmesi, sektörde bu tür bir krize hazırlanmaya yönelik işbirliği ve farkındalığın bir an önce geliştirilmesi ve eylem planlarının hazırlanıp kamuoyuyla paylaşılması büyük önem taşımaktadır.

9. ENERJİ KURULUMLARI VE AĞLARI

Rusya'nın Ukrayna'yı işgali ve ardından Batı dünyasının öncülüğünde bu ülkeye karşı hayata geçirilen yaptırımların küresel enerji denkleminde dengeleri değiştirecek boyutlara ulaşması beklenmektedir. Başta Almanya olmak üzere enerjisini büyük oranda Rusya'dan ithal eden Avrupa ülkeleri, Rusya'ya olan enerji bağımlılıklarını ortadan kaldıracak yeni enerji kurumları, strateji, eylem ve rotalar üzerinde ilk günden itibaren girişimlere başlamışlardır. Dünyada yeni enerji kurumlarında ana trendi ise uzun bir süredir yenilenebilir enerjiler belirlemektedir.

9.1 Dünyada Yeni Enerji Kurulumlarında Yenilenebilir Enerjilerin Payı

Paris İklim Anlaşması hedefleri doğrultusunda 2050 yılına kadar hava sıcaklık artışının 1,5 santigrat derece ile sınırlandırılması hedeflenmektedir. Bu amaç doğrultusunda Avrupa Birliği (AB), 2030 yılında emisyon salımını azaltma hedefini yüzde 55'e çıkarmıştır. AB, 2030 yılına kadar ortalama yüzde 32 oranında yenilenebilir enerji kullanmayı ve 2050 yılına kadar karbon-nötr olmayı amaçlamaktadır.

Uzun yıllardır pek çok kurumun derlediği istatistikler küresel enerjinin temininde yenilenebilir enerjilerin payındaki ciddi artış eğilimini göstermektedir. Örneğin Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansının (IRENA) "Yenilenebilir Kapasitesi 2021 İstatistikleri" raporuna göre, dünya genelinde yenilenebilir enerji kapasitesinde 2020'de 2019'a göre yüzde 50'den fazla artış gerçekleşmiştir. Kurumun istatistiklerine göre yeşil enerjinin yaklaşık yüzde 91'i rüzgâr ve güneş yatırımlarından gelmiştir. Bu dönemde, güneş enerjisinde 127 gigawatt, rüzgâr enerjisinde ise 111 gigawatt kurulu güç devreye alınmıştır. IRENA'nın verilerine göre, 2050 yılına kadar yenilenebilir enerji kaynaklarının küresel enerji ihtiyacının yüzde 86'sını karşılaması beklenmektedir^[37].

Uluslararası Enerji Ajansının (IEA) Yenilenebilir Enerji Piyasa Raporu'na^[38] göre, küresel yenilenebilir enerji kurulumlarının 2021'de 290 gigawattla rekor tazelenmesi öngörülmürken, bunun 160 gigawatt'ının güneş enerjisinden gelmesi beklenmektedir. Güneş enerjisinde 2021'de devreye girecek toplam kapasitenin geçen yıla göre yüzde 17 artış göstereceği hesaplanırken, karadaki rüzgâr ilavelerinin ise, 2015-2020 dönemine göre ortalama dörtte bir oranında daha yüksek olacağı öngörülmektedir. Toplam açık deniz rüzgâr kapasitesinin 2026 yılına kadar üç kattan fazla olacağı tahmin edilirken, yenilenebilir enerji kaynaklarındaki bu rekor büyümenin yüksek emtia ve nakliye fiyatlarının egemen olduğu bir dönemde gerçekleşiyor olması enerjideki dönüşümün boyutlarını göstermektedir. Buna rağmen iklim değişikliğiyle mücadele kapsamında sıfır emisyon hedeflerine ulaşmak için yenilenebilir kaynakların elektrik üretiminin yanı sıra tüm sektörlerde yaygın şekilde kullanılması gerekmektedir.

Rapora göre, küresel yenilenebilir enerji kapasitesinin 2026'da, 2020'deki seviyesine göre yüzde 60'tan yüksek bir oranda artarak 4.800 gigawatta yükseleceği tahmin edilmektedir. Bu kapasite, dünyadaki mevcut fosil yakıt ve nükleer kapasitenin toplamına eşittir. Bu dönemde küresel elektrik kapasitesindeki artışın yüzde 95'i yenilenebilir kaynaklardan sağlanırken, bu miktarın yarısından fazlası güneş enerjisinden oluşacaktır. Rapora göre, yenilenebilir enerji, 2026 yılına kadar küresel enerji kapasitesindeki artışın neredeyse yüzde 95'ini oluşturacaktır. Dünyada 2021-2026 döneminde devreye alınan yenilenebilir enerji kapasitesi 2015-2020 döneminde devreye alınan kapasiteye göre yüzde 50 artış gösterecektir. Bu artışta hükümetlerin iklim politikalarının ve Birleşmiş Milletler İklim Zirvesi (COP26) öncesi ve sonrasında açıklanan temiz enerji hedeflerinin belirleyici olacağı öngörülmektedir^[39].

Ülkeler bazında değerlendirildiğinde ise küresel yenilenebilir enerji kurulumlarında Çin'in lider konumunu koruması ve 2026'da 1.200 gigawatt rüzgâr ve güneş enerjisi kapasitesine ulaşması beklenmektedir. Hindistan'ın ise gelecek beş yıl içinde büyük ekonomiler arasında en hızlı yenilenebilir kapasite artışı oranına sahip olacağı tahmin edilirken; Avrupa ve ABD ile birlikte 2026'ya kadar kurulacak yenilenebilir enerji kapasitesinin yüzde 80'inin söz konusu dört piyasada oluşacağı öngörülmektedir.

Uluslararası Enerji Ajansı (UEA) Başkanı Fatih Birol, bu yılki rekor kapasite artışının yeni bir enerji ekonomisinin oluştuğunun göstergesi olduğunu belirterek, "Bugün gördüğümüz yüksek emtia fiyatları yenilenebilir enerji sektörü için yeni riskler oluşturuyor ama artan fosil yakıt fiyatları da yenilenebilir enerjileri daha rekabetçi kılıyor" demektedir. Hindistan'ın yenilenebilir enerji kapasitesindeki artış hızına dikkati çeken Birol, "Hindistan'daki artış hükümetin yeni açıkladığı 2030'da 500 gigawatt yenilenebilir enerji kapasitesine ulaşma hedefini destekliyor. Çin ise yenilenebilir enerjideki gücünü göstermeye devam ediyor" değerlendirmesinde bulunmaktadır^[40].

Ancak raporda emtia fiyatlarının 2022'nin sonuna kadar yüksek kalması hâlinde, rüzgâr yatırımlarının maliyetinin en son 2015'te görülen seviyelere geri döneceği ve güneş için üç yıllık maliyet indirimlerinin silineceği vurgulanmaktadır.

Rapora göre hükümetler, izin ve şebeke entegrasyonu zorlukları, sosyal kabul sorunları, tutarsız politika yaklaşımları ve yetersiz ücretlendirme gibi zorlu engelleri ele alarak yenilenebilir enerji kaynaklarının büyümesini daha da hızlandırabilir.

Uzmanlara göre, gelişmekte olan ülkelerdeki yüksek finansman maliyetleri de önemli bir engel oluşturmaktadır. Bu engellerin bir kısmının aşıldığını varsayan rapora göre, ortalama yıllık yenilenebilir kapasite ilaveleri, 2026'ya kadar tahmin edilenden dörtte bir oranında daha yüksek olabilir. Bununla birlikte, bu daha hızlı büyüme bile yüzyılın ortasına kadar net sıfır emisyon giden küresel yolda ihtiyaç duyulanın çok gerisinde kalacaktır. Bu durum aynı zamanda, 2021-2026 döneminde biyoyakıt talebinde ana duruma göre ortalama dört kat daha fazla büyüme ve yenilenebilir ısı talebinde ise neredeyse üç kat daha fazla büyüme anlamına gelmektedir.

2021'de yaklaşık 290 gigawatt yeni yenilenebilir enerji kapasitesi (2020'nin olağanüstü büyümesinden yüzde 3 daha yüksek) devreye girecektir. Güneş enerjisi tek başına 2021'deki tüm yenilenebilir enerji genişlemesinin yarısından fazlasını oluştururken, bunu rüzgâr ve hidroelektrik takip etmektedir.

WindEurope tarafından hazırlanan "2021 Avrupa Rüzgâr Enerjisi İstatistikleri ve 2022-2026 Görünümü" raporuna^[41] göre ise, 2021 sonunda Avrupa, rüzgâr enerjisi kurulu gücünde 236 gigawatt kapasiteye ulaşmıştır. 2021 yılında Avrupa'da 17 gigawattlık yeni kapasite kurulumu gerçekleşmiş ve bu kurulumun 11 gigawattını AB üyesi 27 ülke oluşturmuştur. Bu kurulumların yüzde 81'ini ise karasal rüzgâr kapasitesi oluşturmaktadır.

2021'de en fazla rüzgâr enerjisi kurulumu 2,64 gigawattla İngiltere'de gerçekleşmiştir. İngiltere'de bu

dönemde 328 megavat karasal rüzgâr santrali; 2,31 gigawatt deniz üstü (offshore) rüzgâr santrali kurulumu yapılmıştır. İngiltere'yi, 2,10 gigawatt kurulumla İsveç, 1,92 gigawatt kurulumla Almanya takip ederken, Türkiye 1,4 gigawattlık rüzgâr enerjisi kurulumuyla, İngiltere, İsveç ve Almanya'nın ardından dördüncü sırada yer almıştır.

9.2 Türkiye'de Enerji Kurulumları ve Yenilenebilir Enerjilerin Payı

Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ) 2022 Şubat ayı kurulu güç raporuna göre, Türkiye'nin toplam kurulu gücü 10.604 santral ile 99.890 MW olmuştur (Tablo 3). Yeni kurulan 56 santral ile toplam kurulu güçte 2022'nin Ocak ayına göre 156 MW artış meydana gelmiştir. Şubat ayı itibarıyla toplam kurulu güçte, hidroelektrik santralleri (HES) 31.502 MW ile ilk sırada, doğalgaz kombine çevrim santralleri (DKÇS) 27.663 MW ile ikinci sırada, termik santraller (TES) 20.380 MW ile üçüncü sırada, rüzgâr enerji santralleri (RES) 10.771 megavat ile dördüncü sırada, güneş enerji santralleri (GES) 7.953 MW ile beşinci sırada, jeotermal enerji santralleri (JES) ise 1.676 MW ile altıncı sırada yer almıştır^[42].

2020 ve 2021 yılı Aralık ayı kurulu güç karşılaştırıldığında ciddi farklar görülmektedir. Özellikle de güneş ve rüzgâr santral kapasitelerindeki artış dikkat çekicidir (Tablo 4).

Birincil Kaynak	Toplam Kurulu Güç
Akarsu	8.218,50
Asfaltit Kömür	405
Atık Isı	390,9
Barajlı	23.283,50
Biyokütle	1.661
Doğalgaz	25.354
Fuel Oil	251,9
Güneş	7.953,30
İthal Kömür	8.993,80
Jeotermal	1.676,20
Linyit	10.142,50
LNG	2,00
Motorin	1,00
NAFTA	4,70
Rüzgâr	10.711,00
Taşkömür	840,80
Toplam	99.890,10

Tablo 3: 2022 Şubat itibarıyla birincil kaynaklara göre kurulu güç (MW)^[42].

Kaynak	2020 Aralık Kurulu Güç Aralık (MW)	2021 Aralık Kurulu Güç Aralık (MW)	Kurulu Güç Fark (MW)
Akarsu	8.058,9	8.212,2	153,3
Asfaltit Kömür	405	405	0
Atık Isı	369,1	390,9	21,8
Barajlı	22.925	23.280,4	355,4
Biyokütle	1.115,6	1.644,5	528,9
Doğalgaz	25.672,9	25.573,6	-99,3
Fuel Oil	305,9	251,9	-54
Güneş	6.667,4	7.815,6	1.148,2
İthal Kömür	8.986,9	8.993,8	6,9
Jeotermal	1.613,2	1.679,2	63
Linyit	10.119,9	10.119,9	0
LNG	2	2	0
Motorin	1	1	0
Nafta	4,7	4,7	0
Rüzgâr	8.832,4	10.607	1.774,6
Taş Kömürü	810,8	840,8	30
Toplam	95.890,6	99.819,6	3.929

Tablo 4: 2020 ve 2021 yılları kurulu güç karşılaştırılması^[43].

Türkiye'nin lisanslı elektrik santralleri kurulu gücü değerlendirildiğinde, 2021 yılsonu itibarıyla doğalgaz yüzde 28,71 oranıyla toplam kurulu güçte ilk sırada gelmektedir. İkinci sırada yüzde 25,67 ile barajlı hidrolik ve üçüncü sırada ise yüzde 11,33 oranıyla linyit yer almaktadır^[44].

Türkiye, yenilenebilir enerji yatırımlarını ve enerji verimliliğini destekleyen politika mekanizmaları ile küresel enerji dönüşümünde aktif katılımcılardan biridir. Türkiye'de enerji dönüşümü hedefleri doğrultusunda rüzgâr ve güneş kapasite kurulumunu desteklemek için farklı politika mekanizmaları uygulanmaktadır. Bu mekanizmalar arasında düzenleyici politika mekanizmaları olarak "Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM) 2.0" ve Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı (YEKA) ihale modeli ve önlisans ihaleleri öne çıkmıştır^[45]. Türkiye'de, güneş ve rüzgâr enerjisine dayalı elektrik üretiminin YEKDEM mekanizmasıyla teşvik kapsamına alınmasıyla yatırımlar hızlanmıştır^[44].

Türkiye'nin yenilenebilir enerji kurulu gücü yıllar itibarıyla artan bir trend izlemektedir. 2013 yılında 25,6 GW olan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı kurulu güç, yıllık ortalama yüzde 10 oranında artarak 2021 yılında 53.235,9 GW'a ulaşmıştır (Tablo 5). 2013 yılında yüzde 40 olan toplam kurulu güç içerisindeki yenilenebilir enerjilerin payı ise 2021 yılında yüzde 53,7'ye yükselmiştir^{[42], [46], [47]}.

Türkiye'nin yenilenebilir enerji yatırımlarına hız verdiği 2014 yılından bu yana son sekiz yılda toplam kurulu güç yüzde 40 artarken, rüzgârda dokuz, güneşte 195 kat büyüme yaşanmıştır^[44].

2021 sonu itibarıyla Türkiye kurulu gücünün yüzde 7,8'i güneş, yüzde 10,62'si rüzgâr enerjisine dayalı santrallerden oluşmaktadır. Türkiye'nin güneş enerjisi kurulu gücü 2014'te 40 MW düzeyinden, 2021 sonu itibarıyla 7.815,6 MW seviyesine ulaşmıştır. 2021'de toplam enerji üretiminin yüzde 13,6'sı rüzgâr ve güneşten gerçekleştirilmiştir. 2020'de yüzde 26 düzeyinde olan hidroelektriğin payı, 2021'de yüzde 17'ye düşmüştür. Hidroelektrik haricinde, rüzgâr, güneş, biyokütle vb. her türlü yenilenebilir enerji üretimi payı ise 2021'de yüzde 18'e ulaşmıştır^[44].

Türkiye Rüzgar Üreticileri Birliğinin rakamlarına göre, 2021 yılında devreye alınan 1.796 MWm ile rüzgâr kurulu gücü toplam 11.101 MWm'e ulaşmıştır. Türkiye'de hâlen 803,08 MW'lık 20 rüzgâr santralinin inşası devam etmektedir^[48]. 2021 yılı sonu itibarıyla Türkiye'de üretilen yenilenebilir enerjinin toplam enerji üretimi içindeki oranı yüzde 53 civarındadır.

9.3 Türkiye Enerji Dönüşümü İçin Politika Seçenekleri

European Climate Foundation (ECF), Agora Energiewende ve Sabancı Üniversitesi İstanbul Politikalar Merkezinin (IPM) ortaklaşa kurduğu SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi tarafından 2020'nin Ocak ayında, Türkiye'de 2030 yılına kadar muhtemel güneş ve rüzgâr enerjisi kapasite kurulumu senaryolarını içeren bir rapor yayınlanmıştır. "Türkiye enerji dönüşümünü hızlandırmak için 2020 yılı sonrası düzenleyici politika mekanizması seçenekleri: Şebeke ölçeğinde ve dağıtık güneş ve rüzgâr enerjisi kapasite Kurulumları"^[45] başlıklı raporda, karasal (onshore) rüzgâr ve güneş enerjisi santrallerinin kurulumunu destekleyen farklı politika mekanizmalarının üreticilere, tüketicilere, çevreye, ekonomiye ve topluma olan etkileri araştırılmıştır.

Düzenleyici çerçevenin belirlenmesi, şebeke entegrasyonu ve yenilikçilik gibi unsurların da dikkate alınması gerektiğinin altını çizen araştırmada, maliyetlerin düşürülmesi, piyasanın öngörülmesi ve proje yatırımlarının zamanında yapılmasının önemi vurgulanmıştır. Çalışmada ayrıca, incelenen politika mekanizmalarının Türkiye'nin enerji sektörü dönüşüm politikalarıyla uyumlu olarak; yerli teşvik, vergi avantajları ve iklim politikaları gibi alternatif mekanizmalarla desteklenmesi önerilmektedir. Kurumsal satın alım anlaşmalarının, diğer düzenleyici politika mekanizmalarını desteklemesini öneren raporda, "Destek seviyelerinin TL cinsinden belirlenmesi durumunda yerli ekipman üretim ve kullanımı projede ortaya çıkabilecek riskleri azaltabilir" denilmektedir.

2020-2030 dönemi muhtemel güneş ve rüzgâr kapasite kurulumu senaryolarına göre, Türkiye'nin gelecek 10 yıl içerisindeki toplam kurulu güç gelişimi yerli kaynak kullanımı, düşük maliyet ve düşük karbon salımı açısından en optimum şekilde değerlendirildiğinde, 2030 yılında toplam elektrik tüketiminin yarısından fazlası yenilenebilir enerjilerden karşılanabilecek; güneş ve rüzgâr enerjisi üretiminin payı yüzde 30'a ulaşabilecektir. Bu orana göre, 2030 yılına kadar rüzgâr ve güneş enerjisi kurulu gücü 60.000 MW'ın üzerine ulaşabilir. Türkiye'nin bu potansiyeli kullanması, enerji dönüşümü hedeflerine sürdürülebilir bir şekilde ulaşması ve bu dönüşümün hızlandırılması için, hem şebeke ölçeğinde hem de dağıtık güneş ve rüzgâr kapasite kurulumu için uzun vadeli planlama, yenilenebilir enerji kaynaklarının sistem entegrasyonu ve bunlara uygun politika mekanizmalarının oluşturulması önem taşımaktadır^[45].

Kaynak	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Hidroelektrik	22.289	23.643	25.868	26.682	27.273	28.291	28.503	30.984	31.492,6
Rüzgâr	2.760	3.630	4.498	5.751	6.516	7.005	7.591	8.832	10.607
Güneş	0	40	310	833	3.421	5.063	5.995	6.667	7.815,6
Biyokütle	224	288	345	467	575	739	1.163	1.485	1.644,5
Jeotermal	311	405	624	821	1.064	1.283	1.515	1.613	1.676,2
Yenilenebilir Toplam	25.583	28.006	31.645	34.554	38.849	42.381	44.768	49.584	53.235,9

Tablo 5: Yenilenebilir enerji kurulu güç gelişimi (MW)^{[43], [46]}.

9.4 Yenilenebilir Enerjilerin Dış Açığa Katkısı

Henüz daha alınacak çok yol olmakla birlikte, Türkiye’de son yıllarda yenilenebilir enerjiye yönelim yerinde bir karar olmuştur. Zira ülkelerin yenilenebilir enerji yatırımlarındaki ve üretimindeki artış enerji ithalatı ve bağımlılığını azaltmaktadır. Sakarya Üniversitesi öğretim üyesi Prof. Dr. Selim İnançlı ve yüksek lisans öğrencisi Aylin Akı’nın 2020 yılının Aralık ayında yayınlanan “Türkiye’nin Enerji İthalatı ve Yenilenebilir Enerji Arasındaki İlişkinin Ampirik Olarak İncelenmesi” başlıklı çalışmalarında^[49], Türkiye’de yenilenebilir enerji yatırımları ve üretimindeki artışın enerji ithalatı ve bağımlılığını azalttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Türkiye enerji açığını ithalat yoluyla petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlarla karşılamakta, bu da döviz giderlerinin, yani dış borçların ve cari açığın artmasına yol açmaktadır. Türkiye’nin enerji ithalatı, ara mali ve yatırım mali dengesindeki açığın önemli nedenlerinden biridir. Bunun için Türkiye kendi kaynaklarına yönelerek enerjide dışa bağımlılığı azaltmak için nükleer enerji, rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, jeotermal enerji ve biyoyakıtlar gibi enerji türleri üzerinde çalışmalara devam etmelidir. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji arzı içindeki payının artırılması, enerji verimliliğinin artırılması ve yatırım ortamının iyileşmesi gerekmektedir. Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli yönünden fosil kaynaklara göre daha avantajlı durumdadır.

	Enerji İthalatı (milyar dolar)	Enerji İthalatı/ Toplam İthalat (%)	Enerji İthalatının Bağımlılık Oranı (%)
1990	4,718	21,1	52,7
1995	4,413	12,3	58,21
2000	9,398	23,1	67,53
2005	21,226	18,2	72,62
2006	28,828	20,7	73,9
2007	33,846	19,9	74,66
2008	48,252	23,9	72,37
2009	29,889	21,2	71,36
2010	38,467	20,7	69,64
2011	53,999	22,4	72,1
2012	59,843	25,3	73,63
2013	55,915	21,4	74,36
2014	54,889	21,8	75,28
2015	37,843	17,7	76,87
2016	27,169	13,4	75,48
2017	37,200	15,5	77,16
2018	43,005	18,6	75,64
2019	41,184	19,5	74,11

Tablo 6: 1990-2019 Türkiye’de enerji ithalatı ve bağımlılık oranı (%)^[49].

İnançlı ve Akı’nın 1990-2019 verilerini kullanarak yaptıkları çalışma, yenilenebilir enerjide meydana gelecek yüzde 1’lik bir değişimin enerji ithalatında yüzde 0.041’lik bir azalma sağlayacağını göstermektedir. Ulaşılan bu sonuç yenilenebilir enerjinin, Türkiye’de enerji ithalatı üzerinde sınırlı da olsa azaltıcı bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır^[49]. Bunun için yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelinin iyi değerlendirilmesi ve bu konuda projelerin desteklenmesi, Ar-Ge ve altyapı yatırımlarının artırılmasıyla enerji ithalatı ve bağımlılığı azaltılabilir.

10. TÜRKİYE’NİN ENERJİ İLETİM VE DAĞITIM ALTYAPISININ YETERLİLİĞİ VE GÜVENLİĞİ

2022’nin Şubat ayı itibarıyla Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ) tarafından işletilen elektrik iletim sistemi 72.526 km enerji iletim hattı uzunluğuna, 769 adet transformator merkezine, 11 adet enterkonneksiyon bağlantısına sahiptir. 2022 Ocak sonu itibarıyla elektrik enerjisi üretimi 28,5 TWh, tüketimi ise 28,6 TWh düzeyinde gerçekleşmiştir^[50].

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının hazırladığı Türkiye Elektrik Enerjisi Talep Projeksiyonu Raporu (2020-2040 Dönemi), 2020 yılında yaklaşık 305 TWh olarak gerçekleşen Türkiye’nin elektrik talebinin, önümüzdeki 20 yıllık dönemde tüm senaryolar dikkate alındığında, yıllık ortalama yüzde 2,9-3,7 arasındaki artış oranıyla 545-636 TWh bandında gerçekleşeceğini öngörmektedir. Rapora göre referans senaryo için beklenen talep artış oranı yüzde 3,4 ve elektrik talebi 591 TWh’tir. Bu şekilde, kişi başı elektrik tüketiminin 5.430-6.336 kWh bandına yükseleceği ve referans senaryonun 5.895 kWh düzeyinde gerçekleşeceği öngörülmektedir^[51].

Elektrik talebinde beklenen artış, iletim konusunda yaşanan bazı sorunların ivedilikle çözülmesi gerektiğine işaret etmektedir. Bu sorunlardan bazıları aşağıda incelenmiştir.

10.1 Kayıp Kaçak Oranının Getirdiği Riskler

Türkiye’nin elektrik iletim ve dağıtımında uzun yıllardır yaşanan önemli sorunlardan biri yüksek kayıp kaçak oranları olarak göze çarpmaktadır. Elektrik iletim ve dağıtım şebekesinin enerji verimliliğini teknik ve teknik olmayan kayıplar belirlemekte, özellikle gerilimdeki dalgalanmalarla ortaya çıkan teknik kayıpların yanında teknik olmayan kayıplar verimliliği oldukça düşürmektedir. Başlıca kaçak elektrik kullanımı; dağıtım fiderinden kablo çekilmesi, sayacın tahrip edilmesi veya müdahale dönüştürme oranını gösteren etiketi tahrip etmeleri ve tarımsal sulama amaçlı pompaların işletilmesinde elektrik hırsızlığı yapacakların dağıtım hattına çengel atmaları gibi yöntemlerle elektrik kaçak olarak kullanılabilir. Türkiye’nin iletim ve dağıtım şebekesinin toplam teknik ve teknik olmayan kayıp oranları OECD ortalamasının iki katından fazla olup 2015 yılında toplam tüketimin yüzde 14,2’sini oluşturmuştur. Yapılan analizler 2023

yılına kadar yapılacak yaklaşık 2,2 milyar dolar yatırım sonucunda kayıp oranlarının yüzde 12,38 seviyesine düşürülebileceğini ve kayıp oranlarında Türkiye'nin OECD ortalamasına ancak 2030 sonrasında ulaşmasının mümkün olabileceğini göstermektedir^[52].

Elektrik Mühendisleri Odası İstanbul Başkanı Cemil Kocatepe, kayıp-kaçak oranının dünya ortalamasının maksimum yüzde 5-6 civarında olduğunu söyleyerek, Türkiye'deki kayıp-kaçak oranının hem çok yüksek olduğunu hem de çok pahalıya mâl olduğunu belirterek santral kurmaktan önce kayıpların azaltılması gerektiğine işaret etmektedir. 2013 yılında yüzde 15,9 olarak gerçekleşen elektrikte kayıp-kaçak oranı, 2019 yılında yüzde 11,8'e gerilemekle birlikte bu oran hâlen yüksek seviyelerdedir. Türkiye Elektrik İletim A.Ş.'nin verilerine göre 2019'da elektrik üretimi 291 milyar kilovatsaat, tüketimi ise 290,4 milyar kilovatsaat olarak gerçekleşmiştir. Kocatepe, "291 milyar kilovatsaat elektriğin yüzde 12'si kayıp ve kaçağa gidiyorsa, yılda yaklaşık 35 milyar kilovatsaati kayboluyor demektir. Bu, kurulması planlanan nükleer santralin üretim kapasitesi kadar hatta daha da fazla olabiliyor" diyerek kayıp kaçak miktarındaki büyüklüğe dikkat çekmiştir^[53].

10.2 Elektrik Altyapısı Yenilenme Yatırımları

Türkiye'nin elektrik dağıtım altyapısının çağın gereklerine uygun olarak yenilenme ihtiyacı da bulunmaktadır. Bu ihtiyacı karşılamak üzere Hükümet'in çalışmaları hâlen devam etmektedir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanı Fatih Dönmez, 2021'in Mart ayında, yapılacak yatırımlarla altyapının daha da güçlendirileceğini vurgulayarak, yeni uygulama döneminde kırsal şebeke yatırımlarının artacağını ve buna tarımsal sulamanın da dahil olacağını söylemiştir. Elektrik dağıtım sektöründe 2016-2020 üçüncü uygulama döneminde yaklaşık 40 milyar lira yatırım yapıldığını hatırlatan Bakan Dönmez, "2021-2025 döneminde yapılacak 66,7 milyar lira dağıtım yatırımıyla altyapımızı daha da güçlendireceğiz" diyerek planlı bakımlar için ilk kez işletme bütçesinden ayrı 10,5 milyar liralık, Ar-Ge için ise bir milyar liralık bütçe ayrıldığını duyurmuştur^[54].

10.3 Enerji Verimliliği Adımları

Elektrik iletim ve dağıtım kapsamında değerlendirilen en önemli unsurlardan biri de enerji verimliliğidir. Türkiye'de dağıtım açısından bakıldığında; özellikle enerji verimliliği alanında hedeflerin, ölçümlenebilecek net performans indikatörlerinin ve finansman mekanizmalarının detaylı olarak belirlenmesi gerekmektedir^[55].

2007 yılında Enerji Verimliliği Kanunu ile başlayan enerji verimliliğini destekleyen politika mekanizmaları süreci, 2012 yılında eyleme geçen 2023 yılı Strateji Belgesi ile atılım göstermiştir. 2019 yılında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına bağlı olarak Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı kurulmuştur. Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı tarafından, Türkiye'nin 2017-2023 döneminde uygulanacak enerji verimliliği çalışmalarını içeren Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (UEVEP) 2019 Yılı Gelişim Raporu hazırlanmıştır^[56].

Enerji verimliliği için yapılan bütün çalışmaların yol haritası UEVEP ile belirlenmektedir. UEVEP kapsamında, bina ve hizmetler, enerji, ulaştırma, sanayi ve teknoloji, tarım ve yatay konular olmak üzere altı kategoride 55 eylem planı yer almaktadır. Bu plan çerçevesinde, 2023'te Türkiye'nin birincil enerji tüketiminin yüzde 14 azaltılması hedeflenmektedir. 2023'e kadar 23,9 milyon ton eşdeğer petrol tasarruf sağlanması için 10,9 milyar dolar yatırım yapılması planlanırken, 2017 fiyatlarıyla 2033'e kadar sağlanacak kümülatif tasarruf miktarının 30,2 milyar doları bulacağı öngörülmektedir.

UEVEP 2019 Yılı Gelişim Raporu'na göre, Türkiye'de 2019 yılında enerji verimliliği uygulamaları için bina ve hizmetler, sanayi ve teknoloji, enerji, ulaştırma ve tarım sektörlerinde yapılan 1 milyar 182 milyon dolarlık yatırım sonucunda 300 milyon dolar parasal karşılığı olan 858 kiloton eşdeğer petrol (ktep) birincil enerji tasarrufu sağlanmıştır^[56]. UEVEP kapsamındaki eylemler çerçevesinde 2017-2019 döneminde de 960 milyon dolar parasal karşılığı olan 2.744 ktep enerji tasarrufu gerçekleştirilmiştir.

10.3.1 Hasat 2 Projesi

Enerji verimliliği konusunda ülkemizde hayata geçirilen önemli projelerden biri de Hasat projesidir (Dağıtım Sektöründe Enerji Verimliliği Potansiyelinin Hasatı)^[57]. Hasat Projesi, Türkiye'deki elektrik dağıtım şirketlerinin (EDAŞ) Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı çerçevesinde; enerji verimliliğine olan doğrudan veya dolaylı katkılarının artırılması ve enerji verimliliğinin orta ve alçak gerilim dağıtım şebekesi, perakende şirketleri ve son kullanıcı (tüketici) tarafında artırılması konularında teknik, altyapı ve planlama başlıklarında fırsatların ve eylemlerin tespitini hedeflemektedir. Projenin başlıca konuları; trafolarla enerji verimliliği, kapasitör kullanımı, gerilim optimizasyonu, dağıtım üretimin kayıplara etkisi, şebekenin yeniden şekillendirilmesi, gerilim seviyesinin artırılması, yük kapasitesinin artırılması, iletken değişimi, talep yönetimi, enerji depolama ve DC dağıtım ile kayıpların azaltılmasıdır.

Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı çerçevesinde;

- E3- Tüketiciye kıyaslanabilir ve daha detaylı bir fatura bilgisinin sunulması, ölçüm bilgisinin akıllı yönetimi için Enerji Veri Platformunun oluşturulması,
- E4- Elektrik sayaçlarının okunması ile ilgili düzenleyici çerçevenin AB müktesebatı ile belirlenen ana esaslarla uyumlaştırılması (akıllı sayaçların yaygınlaştırılması),
- E5- Transformatörlerde asgari performans standartlarının uygulanması,
- E6- Isıtma ve soğutma kaynaklı puant yükün yönetilmesi,
- E7- Genel aydınlatmada enerji verimliliğinin artırılması,
- E8- Elektrik iletim ve dağıtım faaliyetleri verimlilik artışının geliştirilmesi,
- E10- Talep tarafı katılımı (Demand Side Response) uygulaması için piyasa altyapısının oluşturulması

eylemleri belirlenmiştir. Bu kapsamda 2020 yılının ikinci çeyreğinde projenin ikinci fazı başlatılmıştır. Elektrik enerjisi talebi esneklik arz eden tüketicilerin özellikle puant saatlerdeki yüklerini dağıtabilmeleri/kaydırabilmeleri, hem EDAŞ'ların işletme verimlilikleri hem de ulusal enerji verimliliği açısından önemli bir etkidir. Ayrıca tüketici tarafında verimlilik bilincinin artırılması, davranışa dönüşmesi, verimlilik artırıcı faaliyetler ile bir yandan müşteri memnuniyeti ve sadakat programlarının oluşturulması, diğer yandan ulusal ve uluslararası yenilikçi yaklaşımların ortaya konmasında EDAŞ'ların önemli rolü bulunmaktadır^[58]. Enerjinin tüm alanlarda verimli kullanılması kritik önem taşımaktadır, zira 1990 yılında bir birim milli gelir elde etmek için 7,67 birim enerji tüketimi gerçekleşirken; bu rakam 2020 yılında 4,5 birim seviyeye gelmiştir.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, kamuoyunun enerji verimliliğini tespit etmek üzere çalışma başlatmıştır. Bu çalışma Enerji Verimliliği Derneğinin yükleniciliğinde tamamlanmış olup birinci Enerji Verimliliği Bilinç Endeksi Kantitatif Araştırma Raporu^[59] 2020 yılında yayınlanmıştır. Bu raporla, kamuoyunun enerji verimliliği konusunda bilgi, ilgi ve davranış düzeyinin tespit edilmesi, bilgi ve bilinç düzeyinin daha yüksek oranda davranış boyutuna geçmesini sağlayacak bulgulara ulaşılması ve kamuoyunda “Enerji Verimliliği Bilinç Endeksi” oluşturulması için gerekli olan “Anahtar Performans Kriterleri”nin (KPI) tespit edilmesi sağlanmıştır^[58].

Söz konusu rapora göre, 2019 yılında enerji verimliliği bilinç endeksi 0-200 değer aralığında 157.7 olarak tespit edilmiştir. Bu değer, kamuoyunun enerji verimliliği konusunda orta-üst seviyede bilinç düzeyinde olduğunu göstermektedir. Enerji verimliliği bilgi endeksi 177.9, davranış endeksi ise 137.5 olarak tespit edilmiştir (Şekil 3). Bu bulgular, kamuoyunun enerji verimliliği konusunda yüksek-alt seviyede bilgi düzeyi olduğunu ve enerji verimliliği konusunda davranış boyutunun orta-alt seviyede olduğunu ifade etmektedir. Özetle, bilgi

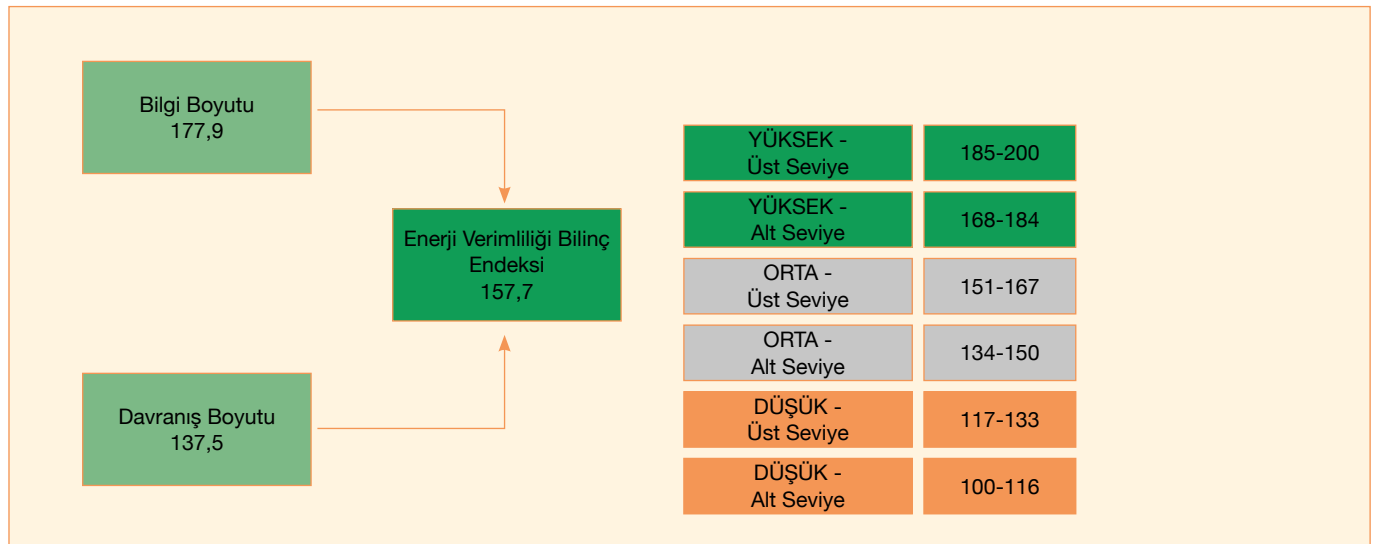
ve bilinç düzeyinin yeterli olduğu ama bilginin davranışa dönüşünün henüz istenilen seviyede olmadığı görülmektedir. Yani, enerji verimliliğinde hâlen gelişim alanı mevcuttur^[59].

HASAT Projesi elektrik dağıtım şirketlerinin, belirlenen hedeflere hangi yöntemleri kullanarak ulaşabileceğinin belirlenmesi ve saha uygulamaları ile doğrulamalarını içermektedir. Proje kapsamında Elektrik Dağıtım Hizmetleri Derneği (ELDER) işbirliğiyle oluşturulan Enerji Verimliliği Komisyonunda Türkiye’de öncelikle uygulanabilecek enerji verimliliği alanları belirlenmiştir. Bu komisyonun gündeminde öncelikle trafolarla enerji verimliliği, dağıtık üretim ve LED aydınlatma konuları ile talep tarafı katılımı ön plana çıkmaktadır^[60].

Bu kapsamda 2022’nin Mart ayında gerçekleştirilen “Elektrik Sektörü Dağıtım ve Perakende Tarafı Enerji Verimliliği Faaliyetleri Arama Toplantısı”nda, dağıtım şirketlerinin modellerinin ve hizmetlerinin, üreten tüketicilerin varlığı ve elektrikli araçların yaygınlaşmasıyla çeşitlendiğine dikkat çekilmiştir^[61]. Toplantıda iletim şebekesi ile dağıtım şebekesinin etkileşiminin arttığına dikkat çeken Enerji Verimliliği Derneği Genel Başkan Yardımcısı Dr. Oğuz Can, değişken yenilenebilir enerji santralleri için ileri tahmin sistemleri, dengeleme, depolama, sanal santraller, akıllı şarj, nesnelerin interneti, blok zinciri gibi birtakım modellerin değişimin öncüleri arasında yer aldığını vurgulamıştır. Can, enerji verimliliği, enerji maliyetlerinin yükünün azaltılması, enerjide arz güvenliğinin sağlanması, dışa bağımlılığın azaltılması ve iklim değişikliği ile düşük karbonlu ekonomiye geçiş gibi stratejik faaliyetlerin bir bütün olarak karşımıza çıktığına dikkat çekmiştir.

10.3.2 Enerji Verimliliği ve Yeni İş Modelleri

Türkiye elektrik sistemi dönüşümünde enerji verimliliğinin rolünü inceleyen kapsamlı bir enerji verimliliği çalışması da SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi tarafından gerçekleştirilmiş ve 2020 yılında “Türkiye Elektrik Sistemi İçin



Şekil 3: Enerji Verimliliği Bilinç Endeksi^[59].



En Ekonomik Katkı: Enerji Verimliliği ve Yeni İş Modelleri” başlığıyla bir ana rapor yayınlanmıştır^[62].

Raporda dünyada enerji verimliliğinin piyasa temelli politika mekanizması araçlarıyla desteklenmesine dair uygulamalar incelenerek, Türkiye’de enerji verimliliğini destekleyen piyasa temelli politika mekanizması araçlarının mevcut durumu ve gelişim alanları saptanmıştır. Rapor bulgularına göre, 2030 yılındaki toplam tasarrufun üçte biri piyasa temelli politika mekanizması araçları sayesinde sağlanabilecektir ve Türkiye’nin 2030 yılına kadar elektrik sektöründe baz senaryoya göre yüzde 10 tasarruf potansiyeli bulunmaktadır^[62].

Rapor çerçevesinde Şubat 2022’de düzenlenen ve sektör temsilcilerinin katıldığı bir webinar da dile getirilen öneri, değerlendirme ve sonuçlardan öne çıkanlar aşağıda özetlenmiştir^[60]:

- SHURA senaryosu ile tanımlanan enerji verimliliği önlemleri sayesinde 2030 yılında baz senaryoya kıyasla yüzde 10’dan fazla tasarruf potansiyeli bulunduğu, bu tasarrufun yüzde 40’ının sanayide, yüzde 32’sinin binalarda ve yüzde 28’inin diğer alanlarda oluşabileceği öngörülmüştür. Bu potansiyele ulaşmak için 10 yılda 54 milyar dolar yatırım yapılması gerekmektedir. Tasarruf potansiyeline ulaşmak için harcanan her 1 dolar, 1,2 ila 1,5 dolar fayda sağlamaktadır. Çalışmayla birlikte 2030 yılında 42,3 TWh/yıl net tasarruf ortaya çıkacağı görülmektedir.
- Türkiye’de gerçekleştirilecek toplam enerji verimliliği tasarrufunun ortalama üçte birine öncelikle enerji verimliliği yükümlülükleri, enerji verimliliği yarışmaları

ve enerji verimliliği ağırları olmak üzere piyasa temelli politika mekanizması araçlarıyla ulaşılabilir.

- Dünyadaki enerji verimliliği yükümlülükleri uygulamalarına bakıldığında, yükümlü taraflar olarak genellikle dağıtım ve tedarik şirketleri ile enerji kullanımı yüksek olan sanayi sektörlerinin seçildiği, yükümlülük sistemlerinin genellikle beyaz sertifika veya standart teklif programlarıyla desteklendiği görülmektedir.
- Türkiye’de enerji verimliliği yükümlülükleri için ulaşılabilir, yasal bağlayıcılığı bulunan, bütünlüğü olan bir sisteme ihtiyaç bulunmaktadır.
- Enerji verimliliği yükümlülüklerin başarılı olabilmesi için genel yapı ve hedeflerin doğru belirlenmesi önerilmektedir. Sorumlunun kim olduğu, hangi sektör ve yakıt türünün kullanılması gerektiği, yükümlü katılımcıların ve hedef sektörün seçimi önem arz etmektedir.
- Enerji verimliliği politika mekanizmalarına yönelik mevzuat yetersizliği, mevcut mevzuatın karmaşık yapısı, kurumsal yapıdaki eksiklikler ve enerji performans sözleşmelerinin hayata geçirilmesine yönelik sıkıntılar, örneğin teminat sorunu gibi konular hukuki engeller olarak karşımıza çıkmaktadır.
- Enerji verimliliği yükümlülüklerinin yerine getirilmesi sonucunda uygulanacak yaptırım sistemiyle elde edilen gelirler ve karbon salımı nedeniyle tüketicilerden elde edilen (ÖTV, MTV gibi) vergi gelirlerinden sürdürülebilir bir finansman mekanizmasının kurulmasında yararlanılabilir. Ancak sistemin hayata geçebilmesi için kapsayıcı ve planlı bir mevzuata ihtiyaç duyulmaktadır.

- Beyaz sertifikaların Türkiye’de uygulanabilirliği için politika unsurlarının, hedeflerinin ve sistem kurallarının belirlenmesi, kayıt sistemin oluşturulması ve yaptırımların belirlenmesi gerekmektedir.

10.3.3 Akıllı Şebekeler

Yenilenebilir enerji üretimi, elektrikli araçlar, depolama sistemleri gibi yeni teknolojilerin ve iş modellerinin gelişmesi ile tek yönlü geleneksel şebeke sistemi, yerini dağıtım ve bilginin çift yönlü olarak aktarıldığı akıllı şebeke sistemine bırakmaktadır^[60]. Bu sistemi destekleyen akıllı sayaçlar tüketilen enerjiyi daha görünür kılıp verileri değerlendirmekte ve tüketicilere enerji verimliliği konusunda harekete geçmeleri için farkındalık kazandırmaktadır.

Türkiye’de dağıtım bölgelerinin özelleştirilmesiyle birlikte şirketler kayıp-kaçak oranını azaltmak ve şebekede iyileştirmeler yaparak kazançlarını artırmak için akıllı şebekelere yönelmiştir. Akıllı sayaçların geliştirilmesi ve desteklenmesi için Türkiye Akıllı Şebekeler Yol Haritası Projesi ile Milli Akıllı Sayaç Sistemleri Projesi hayata geçirilmiştir.

T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) başkanlığında, Elektrik Dağıtım Hizmetleri Derneği (ELDER) koordinasyonunda yürütülen ve ülkemizde akıllı şebeke sistemlerine geçişin altyapısını oluşturacak olan “Türkiye Akıllı Şebekeler 2023 Vizyon ve Strateji Belirleme Projesi - TAŞ 2023” oluşturulmuştur^[63]. Türkiye 2023 Akıllı Şebekeler Yol Haritası; 2023 yılına kadar kısa ve orta, 2035 yılına kadar uzun dönem olacak şekilde planlanmıştır. TAŞ 2023’te akıllı şebekelerle ilgili olarak; akıllı şebeke şirket vizyon ve stratejisi, gelişmiş şebeke izleme, kontrol ve yönetim sistemleri, Bilgi Teknolojileri (BT) altyapıları ve veri analitiği, kurumsal uygulama entegrasyonu, dağıtık üretim entegrasyonu ve depolama, varlık yönetimi ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), elektrikli araçlar, akıllı sayaç altyapıları ve müşteriler, haberleşme altyapıları, siber güvenlik gibi teknik bileşenler yer almaktadır^[64].

Bu kapsamda elektrikte kayıp-kaçak oranının yüzde 8’in altına indirilmesi, tüketicilerin en az yüzde 80’inin akıllı sayaç kullanmasının sağlanması, küçük ölçekli ve yenilenebilir kaynaklı üretimin desteklediği bir dağıtım şebeke altyapısının geliştirilmesi için Türkiye’nin orta ve uzun vadeli yol haritası belirlenmesi hedeflenmiştir^[63].

10.3.4 Milli Akıllı Sayaç Sistemleri Projesi

Milli Akıllı Sayaç Sistemleri Projesi, TAŞ 2023 projeksiyonundaki akıllı şebeke dönüşümü için ölçüm sistemlerinin uçtan uca, akıllı bir yapıda tanımlanmasını amaçlamaktadır. 21 elektrik dağıtım şirketinin katılımıyla gerçekleştirilen Ar-Ge projesinde tüm sistem bileşenleri, bileşenler arasındaki haberleşme yapıları ve yazılımlar yerlilik ve millilik kriterleri esas alınarak tanımlanacaktır. Prototip ürünler üretilip pilot uygulamalarının gerçekleştirilmesi, ölçüm, analiz ve çıktılarının oluşturularak gerekli yasal düzenlemelerin tanımlanması projenin temel amacıdır^[65].

Sistem bileşenleri arasında marka bağımsızlığının sağlanması, farklı haberleşme protokolleri ile uyumlu çalışabilme, kolay entegrasyon ve sistem esnekliği, güvenlik kriterlerinin oluşturulması, ülke genelinde

gereksinimlerin bölgesel ve tüketici ihtiyaçlarına göre belirlenmesi, yerli üreticilerin küresel pazarlarda yer alması ve sayaç-tüketici ilişkisinin kurulması gibi amaçlarla proje hayata geçirilmiştir.

Projeyle edinilecek kazanımlar ise şunlar olacaktır^[66]:

- Uzaktan sayaç okuma (anlık ya da belirli aralıklar ile) ve otomatik faturalama,
- Müşteri tüketim eğrisine göre talep tahmine katkı ve tüketiciye göre farklı tarife sunumu,
- Uzaktan tüketiciye açma-kesme-güç sınırlaması uygulanabilmesi,
- Kaçak ve usulsüz kullanım kontrolü,
- Tedarik sürekliliği kayıt sistemlerine veri katkısı sağlanması (sistemle entegrasyonlarla),
- Kompanzasyon ve teknik kalite parametreleri takibi.

11. TÜRKİYE’DE KRİTİK ENERJİ ALTYAPISININ GÜVENLİĞİNİ SAĞLAMA YÖNÜNDE UYGULAMA VE ÖNERİLER

Türkiye’nin enerjide karşı karşıya olduğu dışa bağımlılık, enerji iletim altyapısına yönelik güvenlik problemleri, tüm dünyada yaşanan siber saldırılar gibi çok sayıda tehdit unsuru nedeniyle kritik enerji altyapılarının güvenliğini sağlamaya yönelik çok sayıda girişim söz konusudur. Bu bölümde, Türkiye’nin toplumsal elastikiyetinin güçlendirilmesi bağlamında, kritik enerji altyapılarında alınan ve alınması gereken önlemler değerlendirilecektir.

2018 yılında yayınlanan On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023) Enerji Arz Güvenliği ve Verimliliği Özel İhtisas Komisyonu Raporu^[67], “Altyapıyı İyileştirmeye Yönelik Yapılması Gerekenler” başlığı altında aşağıdaki maddeler yer almıştır:

- Elektrik piyasasında serbest tüketici limitinin yıllar içerisinde tedrici olarak düşürülmesi, tedarik ve perakende piyasasının gelişimine olumlu katkı sağlamıştır. Perakende rekabetinden beklenen faydanın sağlanabilmesi için tedarikçi değişiminin basit ve kolayca anlaşılabilir bir nitelikte olması önemlidir. Serbest tüketici limitinin sıfırlanabilmesi kapsamında, sistemden sorumlu kuruluşların altyapılarının güçlendirilmesi ve piyasa yönetim sisteminin yüksek sayıda portföy geçişine hazırlanması için gerekli altyapı çalışmalarına hız verilmelidir.
- Doğalgaz depolama kapasitesinin ülkedeki tüketime uygun şekilde geliştirilmesi ve ticaret merkezi ihtiyaçlarını karşılayacak büyüklükte olması önemlidir. Bu kapsamda, Türkiye’nin doğalgaz depolama kapasitesinin ülkenin yıllık tüketiminin yüzde 20’sine çıkarılması hedefinin gerçekleştirilmesi önem arz etmektedir.
- Elektrik talebinin güvenli, sürekli ve rekabetçi koşullarda karşılanabilmesini teminen, üretim, iletim ve

dağıtım yatırımlarının sürdürülebilirliği büyük önem taşımaktadır. Türkiye'nin elektrik üretim kapasitesi, özellikle son yıllarda ağırlıklı olarak yenilenebilir enerjiye dayalı olarak hızlı bir artış göstermiştir. İletim ve dağıtım şebekelerinde yenileme ve genişleme yatırımları, üretimdeki gelişme ve talepteki büyüme ile uyumlu şekilde sürdürülmektedir. Bu yatırımların önümüzdeki dönemde de yoğun bir şekilde devam etmesi gerekmektedir. Bu bağlamda elektrik sisteminin ana omurgasını oluşturan TEİAŞ'ın yatırımları en verimli şekilde sürdürülmeli, gerekli yatırım öncelikleri hayata geçirilmeli, Avrupa'daki örnekler benzer şekilde master planlar hazırlanmalı, üretim gelişim planları da iletim sistemi gelişim planları ile uyumlu şekilde oluşturulmalıdır. Ayrıca elektrik iletim sisteminin, iktisadi faaliyetlerin yoğun olduğu bölgelerde N-2 kriterlerine göre tesis edilmesi, uzun mesafeli güç aktarımı kapsamında iletim kayıplarını azaltmaya ve işletme verimliliğini arttırmaya yönelik yüksek voltajlı doğru akım iletim hattı (HVDC-High Voltage Direct Current) projelerinin geliştirilmesi etüt edilmelidir. Elektrik entegrasyonları geliştirilerek sınır ötesi ticaret ve bölgesel piyasalarla etkileşim fırsatları artırılmalıdır.

- Siber güvenlik şebeke endüstrilerinde her geçen gün daha da önemli hâle gelmektedir. Siber güvenliğin güçlendirilmesi amacıyla başlatılan çalışmalar titizlikle ve sürekli geliştirme ilkesiyle sürdürülmeli, bu bağlamda TEİAŞ için milli bir Enerji Yönetim Sistemi SCADA yazılımı geliştirilmelidir.
- Elektrik dağıtım sistemindeki tüm varlıkların, proje onayı ve tesis kabul işlemlerinin, aydınlatma şikâyetlerinin, kesinti takip sistemleri ve abone bilgilerine ilişkin kayıtların oluşturularak Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemine aktarılması konusunda dağıtım şirketleri görevlendirilmelidir.
- Elektrik dağıtım yatırımları kentleşme ve nüfus artışı gereksinimlerini zamanında karşılayabilecek şekilde sürdürülmeli, akıllı sayaç ve akıllı şebekelere ilişkin yol haritası tamamlanmalı, verim ve teknoloji odaklı şebeke yatırımlarına öncelik ve hız verilmelidir. Kurulacak akıllı şebeke sistemleri bileşenlerinin kalitelerinin güvence altına alınması amacıyla akreditasyon altyapısının tesis edilmesine yönelik çalışmalar gerçekleştirilmeli, Otomatik Sayaç Okuma Sistemi (OSOS) sistemi acil olarak tamamlanmalıdır.
- Kaçak elektrik kullanımının sosyal sebepleri detaylı olarak irdelenmelidir. Verimsiz kullanımlara yol açan kaçak elektrik kullanımı önemli bir sorun olarak varlığını sürdürmektedir. Salt tarife uygulamalarıyla çözülemeyeceği düşünülmekle birlikte, 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanununda çerçevesi çizilen sosyal tarife mekanizmalarının hayata geçirilmesinin, kaçak elektrikle mücadeleye katkı sağlayacağı düşünülmektedir.
- Elektrikli araçların yaygınlaşması, şarj altyapıları ve şebekelerin gelişimi ile ilgili konular bütüncül bir bakış açısıyla planlanarak azami fayda sağlanması temin

edilmelidir. Bu bağlamda, elektrik depolama teknolojileri alanında dünyadaki hızlı gelişmeler ve iyi uygulamaya örnekleri de analiz edilerek, şebekelerin kalite ve performansını destekleyici uygulamalar ile rüzgâr ve güneşe dayalı üretim birimlerinin daha etkin ve yaygın kullanımını destekleyici uygulamalar geliştirilmelidir.

- Yenilenebilir enerji kaynaklarının artan oranlarda ekonomiye kazandırılmasına yönelik olarak YEKA modeli ve lisanslı yenilenebilir enerji proje yarışmalarında 2017 yılında sağlanan ivme korunmalıdır. Bunun için bir taraftan iletim ve dağıtım şebekelerinde gerekli planlama ve yatırımlar zamanlıca yapılırken, diğer taraftan, dağıtık üretim fırsatlarının hayata geçirilmesine ilişkin çalışmalar da boyutlandırılmalıdır. Kırsal kalkınma, yerel istihdam ve verimlilik kazanımları açısından kaynağın olduğu yerde tüketime önem verilmeli ve bu kapsamda özellikle çatı tipi güneş sistemleri etkin bir planlama ile yaygınlaştırılmalıdır.
- Doğalgaz altyapısında son dönemde, depolama yatırımları ve Yüzer LNG Depolama ve Gazlaştırma Ünitesi (Floating Storage and Registration Unit -FSRU) yatırımlarında sağlanan önemli iyileştirmeler sürdürülmelidir. Bu çerçevede, arz güvenliğini ve esnekliğini artıracak altyapı gelişim çalışmaları sürdürülmeli, N-1 ve N-2 prensiplerinin işlerlik kazanmasına yönelik nitelikli analizler yapılmalıdır. Gelişmiş doğalgaz piyasalarına sahip ülkelerin, maksimum taleplerinin en az iki katından fazla giriş kapasitesine sahip oldukları görülmektedir. Bu minvalde ülkenin ihtiyacı olandan daha fazla (Türkiye maksimum talebinin 300 milyon Smcm/g'e çıkması öngörülen 2020 yılı için 400 mcm, daha sonrası için ise 600 mcm'lik kapasite hedeflenmelidir) giriş kapasitesinin hazır duruma getirilmesine yönelik çalışmalar yapılmalıdır. Bu kapasitenin boru hatları, yeraltı depolama tesisleri ve LNG tesislerinden dengeli bir biçimde sağlanması ticari açıdan önem arz etmektedir.
- Enerji güvenliği açısından, kaynak ve güzergâh çeşitliliği sağlanması büyük önem taşımaktadır. Bu çerçevede, yurtdışında da rezerv sahibi olunabilmesi (arama-üretim alanında kaynak ülke, proje çeşitlendirmesi), depolama opsiyonları geliştirilmesi ve güzergâh çeşitliliği kapsamında da rotalar ve boru hattı/LNG-FSRU opsiyonları dengeli bir şekilde değerlendirilmelidir.
- Petrol depolama kapasitesinin bölgesel olarak daha dengeli duruma getirilebilmesine yönelik olarak, ortak depo kullanımı seçenekleri ve depodan istasyonlara ürün nakli maliyetlerini azaltmaya yönelik olarak demiryolları gibi alternatif taşıma seçeneklerinin kullanılabilirliği incelenmelidir. Diğer taraftan, elektrik enerjisi depolanmasına yönelik teknolojilerin geliştirilerek uygulanması desteklenmeli, gerek yenilenebilir enerji kaynaklarının şebeke entegrasyonlarının önündeki kısıtlar azaltılmalı, gerekse de elektrikli araç kullanımındaki olası artışların yaratabileceği riskler dikkate alınmalıdır.

Raporda, Türkiye'nin enerji güvenliğinin sağlanmasında aşağıda sıralananların hayata geçirilmesinin önemli olduğu değerlendirilmektedir:

- Enerji verimliliğinin arz kaynağı olarak kabul edilmesi ve kapsamlı ve sistematik planlama ve uygulamayla enerji verimliliğinin artırılması,
- Enerji kaynağı bakımından ülke ve güzergâhların çeşitlendirilmesi,
- Yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artırılması,
- Nükleer enerjiden en güvenli şekilde yararlanarak sürekli kaynak girişinden azade baz yük ihtiyacının karşılanması,
- Enerjide bölgesel ticaret merkezi oluşturularak çok boyutlu değer yaratılması.

11.1 STM ThinkTech Elastikiyet Modeli

Türkiye'de geliştirilen önemli uygulamalardan biri de STM ThinkTech'in enerji de dahil olmak üzere kritik yapıların olası şoklara maruz kalmasına ne kadar elastik olduğunun değerlendirilebildiği bir modeldir. Bir ülkenin elastikiyeti ile o ülkenin kritik endüstriyel altyapılarının güvenliği arasındaki etkileşimin anlaşılmasına STM ThinkTech, yeni modeliyle ciddi bir katkı sunmaktadır. Gerek yurtiçindeki gerek yurtdışındaki paydaşlarının büyük çaplı ve karmaşık problemlerine ilişkin analiz, rapor, karar destek sistemleriyle model ve simülasyon çözümleri sunan STM ThinkTech'in en büyük farklılıklarından birini saha verisi ve teknolojiye dayalı geliştirdiği özgün çözümleri oluşturmaktadır. Elastikiyet olgusunun anlaşılması ve değerlendirilmesi bağlamında bütüncül ve kapsamlı bir modele duyulan ihtiyaçtan yola çıkan STM ThinkTech'in, NATO Müttefik Dönüşüm Komutanlığı için geliştirdiği elastikiyet karar destek modeli^[68], NATO SHAPE Karargahında uygulamalı olarak çalışmaktadır.

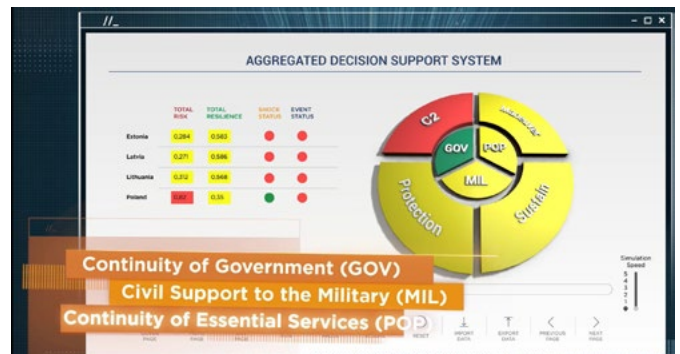
Modelde herhangi bir ülkeye bir şok gerçekleştiğinde NATO tarafından tanımlanan yedi faaliyet alanındaki değişimler takip edilmektedir. Her bir faaliyet alanında gözlemlenen elastikiyet etkisinin diğerlerini nasıl etkileyeceği, olası problem alanları, alınan önlemlerin nasıl bir değişim oluşturacağı model üzerinden gerçeğe yakın doğrulukla gözlemlenebilmektedir.

STM ThinkTech'in sistem dinamikleri yöntemi ile modellediği yaklaşımına göre elastikiyet süreci uluslararası kaynaklarda; hazırlık, şoka maruz kalma, telafi ve adaptasyon fazlarından oluşmaktadır. NATO modelinde elastikiyet tanım olarak, sisteme dışarıdan uygulanan şok ile mevcut düzeni bozan olumsuzluklara karşı sistemin olağan hâline dönmeye gösterdiği hız olarak tanımlanmaktadır. Kritik altyapılara zarar verme potansiyeli taşıyan şokun bir ülkede veya bütün dünyada görülmeyle başlamasıyla elastikiyet seviyesinde yaşanan düşme fazının ardından alınan önlemlerle telafi fazına geçilmektedir. Telafi fazında elastikiyet seviyemizin tekrar şok öncesi seviyeye gelmesi söz konusu olmaktadır. Elastikiyet sürecinin bu fazlardan geçilerek yaşandığı kabul edilmektedir.

NATO modelinde, pandemi, siber saldırı, büyük göç hareketleri ve elektrik kesintisi şokları ile enerji, su, gıda, iletişim ve ulaşım sektörlerindeki kritik altyapılarda büyük çaplı yıkımlara yol açabilecek olayların gerçekleşmesi hâlinde ülkelerin güvenlik, sağlık, iletişim, enerji, ulaşım, su ve gıda gibi temel faaliyet alanlarındaki performans, risk ve elastikiyet seviyeleri farklı senaryolar bağlamında takip edilebilmektedir.

Modelin en güçlü tarafı, karmaşık bir olgu olan elastikiyeti "Sistem Düşüncesi" ile, yani belirlenen problem sınırları içinde bulunan tüm unsurları ve karşılıklı etkileşimlerini kapsayacak şekilde ele almasıdır. Sistem düşüncesiyle ele alınan bu karmaşık olgu "Sistem Dinamikleri" yöntemiyle modellenmiştir. Bu yaklaşım ve yöntem sayesinde, karmaşık bir sistem içerisinde meydana gelen olayların birbirlerini nasıl etkiledikleri anlaşılabilen ve yorumlanabilmektedir.

Modelde enerji sektörü içerisinde üretim, iletim ve dağıtım altyapıları tanımlanmıştır. Ayrıca, bu altyapıları tahrip edebilecek olası olayların tanımlanabildiği bir yapı da modelde yer almaktadır. Böylece model kullanıcıları tarafından farklı senaryolar koşturulabilmektedir. Örneğin, bir siber saldırı sonucu enerji üretim sürecinin sekteye uğraması veya enerji dağıtım altyapısının tamamen veya kısmen tahrip edilmesi modelde simüle edilebilmektedir. Daha sonra enerji alt sisteminde yaşanan bu tip sorunların etkileri, belirli oranlarda iletişim, ulaşım, sağlık, su ve gıda gibi diğer alt sistemler görülebilmektedir. Kritik ulaşım altyapısında meydana gelebilecek bir yıkım veya arıza ile bu durumun enerji, su, gıda ve sağlık sektörlerinde ne gibi olumsuz değişimlere yol açabileceği modelde analiz edilebilmektedir. Aynı şekilde, sağlık alt sisteminde incelenen doktor, hastane ve ilaç stokları gibi kritik unsurlar sistemin çalışan sayılarına yönelik bileşenleriyle etkileşim hâlinindedir. Belirlenen sınır içinde oluşan herhangi bir değişim, tüm etkileşim ağı üzerinde hayatın doğal akışındaki gecikmeleri de dikkate alacak şekilde modellenilebilmektedir.



Şekil 4: STM ThinkTech Elastikiyet Modeli Stratejik Karar Destek Paneli

STM ThinkTech, Modelleme ve Simülasyon Lideri Dr. Gökhan Özkan, COVID-19 pandemisinde elde edilen tecrübenin Türkiye'nin elastikiyetini artırmaya yönelik yapılacak düzenlemelerde kullanılabileceğini belirtmektedir: "Bu bir model de olabilir, başka bir uygulama/

program ya da yöntem de olabilir. Bu kapsamda belirlenecek bir koordinasyon çatısı altında devlet, özel sektör, üniversiteler ve toplumda oluşan bu tecrübelerden faydalanan bireylerin de rol alacağı bütüncül ve kapsamlı bir model geliştirilebilir. Geliştirilecek modelin pandemiye benzer risk ve şoklara karşı ulusal elastikiyetimizin artırılmasına yönelik politikaların belirlenmesine ve test edilmesine katkı sağlayacağını değerlendiriyoruz. Biz de bu çalışmalarda STM ThinkTech olarak elimizden gelen tüm katkıyı sunmaya hazırız^[68].”

STM ThinkTech Elastikiyet modelinin yaklaşım ve yöntem boyutu yayınlanan bilimsel makaleler sayesinde^[69], ^[70], yapısal ve işlevsel boyutları ise NATO uzmanlarının modelleme ve deneme süreçlerindeki geribildirimleri ile doğrulanmıştır (NATO uzmanlarının katılımı ile modelleme toplantıları, deneme (experimentation) faaliyetleri ve model çalışmaları düzenlenmiştir).

11.2 Kritik Altyapılar Ulusal Test Yatağı Merkezi

Enerji sektöründe derin tahribatlar yaratabilecek siber tehditlerin sivil yapılarda yol açabileceği kritik sorunları önleme noktasındaki en önemli girişimlerden biri ise, 2021’in Şubat ayında elektrik dağıtımı ve su yönetimi altyapılarının güvenliğini sağlayacak çalışmalara ev sahipliği yapacak olan “Kritik Altyapılar Ulusal Test Yatağı Merkezi”nin hizmete girmesi olmuştur^[71]. Yerli ve milli bütünlük siber güvenlik çözümleri geliştiren STM ve Sakarya Üniversitesi işbirliğiyle açılan merkezde, başlangıç aşamasında enerji ve su yönetim sistemlerinin modellemesi yapılmaktadır. Siber güvenlik ortamında oldukça önem taşıyan kritik altyapılar kapsamında planlanan projeye hem kontrol sistemlerinin yerleşmesi hem de bu sistemlerin güvenliğinin milli imkânlarla sağlanması hedeflenmektedir^[72].

Sakarya Üniversitesi, Kritik Altyapılar Ulusal Test Yatağı Merkezi Koordinatörü Prof. Dr. İbrahim Özçelik’e göre enerji, su, ulaştırma gibi alanlarla ilgili tehdit ve saldırılar tespit etmek için proses üzerinde çalışmaların yapılması ve bu konuyla ilgili bilgi birikimlerinin elde edilmesi gerekmektedir. ABD, Singapur, Japonya ve Hollanda’da Kritik Altyapılar Ulusal Test Yatağı Merkezleri bulunduğu dikkat çeken Özçelik, özellikle enerjinin birçok alanın merkezinde durduğunu; suyu, petrolü, ulaştırmayı ve telekomünikasyonu beslediğine dikkat çekmektedir.

Bir kritik altyapının siber saldırıya uğraması sonucunda ortaya çıkabilecek bir hasar veya bir problemin, diğer kritik altyapıları ne kadar etkileyebileceğiyle ilgili ülkemizde çalışmalar yapılması gerektiğini ifade eden Prof. Dr. Özçelik, “Bir strateji olarak Kritik Altyapılar Ulusal Test Yatağı Merkezinde sadece elektrik ve su yönetimini hedefledik; ancak petrol, doğalgaz, ulaştırma gibi diğer kritik altyapılarla ilgili de ülkemizde bu tip test yatağı merkezlerine ihtiyaç bulunuyor” görüşünü dile getirmektedir^[73]. Enterkonnekte sistemin içerisinde özellikle enerji sistemlerinde herhangi bir kırılım merkezinin çökmesinin ondan beslenen diğer sistemin de çökmesi anlamına geldiğini hatırlatan Prof. Dr. Özçelik bu konuda TEİAŞ’ın, proses tarafında çalışan kişi ve kurumların,

üniversitelerin ve sektördeki firmaların birlikte çalışarak, bu tür siber saldırılarda geri dönüşü nasıl yapabileceklerini ortaya koymalarının önemini vurgulamaktadır: “Bu çok önemli bir eksiklik. IT sistemlerinde belki bu konularla ilgili bazı eksikler söz konusu olabilir ama özellikle kritik altyapılar ekseninde hem siber olaylara müdahale boyutuyla hem de geri dönüşüm boyutuyla endüstriyel kontrol sistemleri tarafında çok net tanımlamalar ve çözümler söz konusu değil. Bu konu üzerinde özel çalışmaların olması gerekiyor.”

11.3 Kritik Altyapıların Yedeklenme İhtiyacı

Son yıllarda küresel iklim değişikliğinin ürkütücü seviyelere varmasıyla günümüzde doğa olaylarının boyutunun farklılaştığı ve kritik altyapıların kamu düzenini tehdit edecek şekilde devreden çıktığı vakaların sayısında artış gözlenmektedir. Türkiye’de kritik altyapılara yönelik gerek siber gerekse de fiziki ortam kaynaklı yaşanan pek çok vaka yedeklemenin çok önemli bir emniyet sübabı olarak işlev taşıdığını göstermiştir. Bunun yanında kamu düzeni, verilen hizmetlerin devamlılığıyla mümkün olabilmektedir. “İşlerimizin devamlılığı için siber güvenliği sağlamak üzere nasıl verileri yedekliyorsak, altyapıların da yedeklenmesi ihtiyacı, yaşadığımız olaylarda net bir şekilde ortaya çıkmış oldu” diyen STM Teknoloji Genel Müdür Yardımcısı Enis Müçteba Memiş, “Enerji nakil hatları bunun için önemli bir örnek. Şehir sularının çeşitli barajlardan akışının devamlılığı yine toplum ve kamu düzeninin devamlılığı için esas teşkil ediyor. Siber güvenlikle yine birbirlerine teğet durumdadır. Kimisi çeşitli sabotaj ya da kazalarla meydana gelebilirken, kimisi çeşitli siber olaylarla ortaya çıkıyor” görüşünü ifade etmektedir^[73]. Türkiye’de geçmişte birkaç gün süren elektrik kesintileri yaşandığını, bazı bölgelerin enerjisiz kaldığını hatırlatan Memiş; PLC, SCADA gibi çeşitli kontrol sistemlerinin güvenliğinin, yedekliliğinin, işletilmesine yönelik çeşitli güvenlik kural ve politikalarının oluşturulması gibi konuların oldukça önemli olduğunun altını çizmektedir.

2021’in yaz aylarında Muğla Milas bölgesinde bir enerji santraline kadar yaklaşan orman yangınının doğurduğu tehlike Memiş’in haklılığını gösteren son örneklerden biri olmuştur. Bu nedenle temel altyapılarımızla ilgili güvenlik odaklı bir yedeklilik, kamu otoriteleri ve ilgili hizmeti veren kurum ve kuruluşlar tarafından belli bir politika çerçevesinde oluşturulmalıdır. Memiş; savaş, herhangi bir felaket ya da küresel iklim değişikliği gibi tehditlerden en az düzeyde etkilenmek için merkezi bir koordinasyonla önlemlerin oluşturulup bir politikaya dönüştürülmesi ve bunlarla ilgili çeşitli altyapı projelerinin ortaya çıkartılması gerektiğini vurgulamaktadır^[73].

Yedekleme konusunda en önemli alanların başında belki de enerji gelmektedir. LpsChain Genel Müdürü Gökhan Önal, bir rüzgâr santralının kontrol mekanizmasına yapılacak bir siber saldırıyla, santralin üretimini 1.000 MW iken aniden sıfıra düşürülebileceğini ve bu durumun sistemde kalıcı sorunlara yol açabileceğini belirtmektedir. Hem siber saldırıların hem de hacker’ların sayısının artması bu durumu kamu veya özel tüm firmalar için daha büyük bir sorun hâline getirmiştir. TEİAŞ,

TEDAŞ gibi kurumlar başta olmak üzere önde gelen neredeyse tüm firmaların enerji sistemlerinin tasarımlarını bu tehlikeleri göze alarak yapmakta olduklarına işaret eden Önal, durumun önemini şu sözlerle ortaya koymaktadır^[73]: “Bir ürün geliştirici olarak devlet ve özel sektör tarafından üretilen ve kullanılan verilerin güvenli bir şekilde yedeklenmesi, depolanması ve transferinde uygulanan yöntemler, bizim yıllarca mustarip olduğumuz bir konudur. Yüzlerce insanın çalıştığı ve milyarlarca doların harcandığı bir firmanın verisinin çalınması, firmanın stratejisinin bitmesine, hatta firmanın faaliyetlerinin sona ermesine bile neden olabilir.”

Sistemin yedeklenmesinin, güvenliği açısından taşıdığı önemi ise Önal şöyle vurgulamaktadır: “Contingency analiz dediğimiz bir analiz metodu vardır; n-1 kuralı. Bir sistem çökerse akabinde bu enerji eksikliğinin nereden karşılanacağına dair analizler ve senaryolar yapılır. Enerji sisteminde en kötü sonuç black out olmasıdır; bu durum ülke için büyük bir problemdir. Milyarlarca doların kaybedilmesi, hatta bir savaş durumunda ülkenin fişinin çekilmesi söz konusudur. Bunlar çok uzak senaryolar da değildir. Örneğin, Türkiye'nin elektrik şebekesi Avrupa'nın elektrik şebekesi ile senkron olarak çalışmaktadır. 2021 yazında Türkiye, tüm Avrupa şebekesinin çökmesini engelledi. Fransa bölgesinde bir santralin kaybolmasıyla frekansın aşırı yükselmesini Türkiye desteklemiştir. Yani Türkiye bu konumda yedekti. Sistem tasarımında da yedek bir hat veya yedek bir santral hayati önem bakımından göz önünde bulundurulmalıdır^[73].”

12. SONUÇ

21'inci yüzyıla birlikte teknoloji, dijitalleşme ve internet teknolojilerindeki çarpıcı gelişmeler beraberinde tehdit unsurlarının çoğalmasını da getirerek güvenlik kavramına yeni boyutlar kazandırmıştır. Oluşan yeni konjonktürde, özellikle ülkelerin endüstriyel kritik altyapıları olarak tanımlanan sistemlerin bütünsel güvenlik yaklaşımıyla ele alınması kaçınılmaz hâle gelmiştir. ABD, Avrupa Birliği, Birleşmiş Milletler gibi ülke ve ülke grupları toplum yaşamını ve kamu düzenini etkileyecek tüm kritik altyapılarının güvenliğine yönelik kapsayıcı ve bütünsel süreçler oluşturmuştur.

Türkiye'de ise kritik altyapılar daha çok afet kaynaklı insani ve çevresel etkiler kapsamında ele alınmış ve kritik altyapıların korunmasına ilişkin bütünsel bir yaklaşım ve bir strateji belgesi hazırlanmamıştır. Bu kapsamda ülkemizde kritik altyapıların sürdürülebilirliğine yönelik, farklı boyuttaki tehditlerin kapsam dahiline alındığı, bütünsel bir yaklaşımla oluşturulmuş bir iç güvenlik stratejisine ve

makro düzeyde koordinasyonu sağlayacak bir teşkilatlanmaya ihtiyaç bulunduğu görülmektedir.

Özellikle son dönemde yaşanan küresel iklim değişikliği, COVID-19 salgını ve Türkiye'nin jeopolitik konumundan kaynaklanan stratejik risk ve tehditler, Türkiye'nin karşılaşılabileceği ekonomik, sosyal ve toplumsal kırılganlıklara karşı toplumsal elastikiyetini güçlendirmesi bir zorunluluk hâline getirmiştir.

Tüm bu risk unsurlarına 2022'nin başından itibaren komşu ülkelere tedarik edilen enerji hammaddelerinin temininde ortaya çıkan sıkıntılar ve Rusya'nın Ukrayna'yı işgali gibi beklenmeyen şokların eklenmesi, kritik endüstriyel altyapılar içinde özellikle ve öncelikle enerji altyapısının güvenliğinin sağlanmasını öne çıkarmıştır.

Bu kapsamda enerji kurumlarının çeşitlenmesi, yenilenebilir enerji yatırımlarına daha çok önem verilmesi, elektrik iletim ve dağıtım altyapılarının yenilenmesi, enerji depolama çözümlerinin artırılması, beklenen Büyük Marmara Depremi öncesinde kritik enerji altyapılarının tesis güvenliğinin artırılması, enerji verimliliğinin tüm aktörlerce benimsenmesi ve hayata geçirilmesi belli başlı zorunluluklar olarak belirmektedir. Bunun yanında yenilenebilir enerji santralleri için ileri tahmin sistemleri, dengeleme, depolama, sanal santraller, akıllı şarj, nesnelerin interneti, blok zinciri gibi yeni teknolojik gelişmelerin enerji altyapısıyla buluşturulması ve enerjide yeni modellerin hayata geçirilmesi elzemdir. Enerjide arz güvenliğinin sağlanması, kaynak çeşitlendirmesine gidilerek dışa bağımlılığın azaltılması ve iklim değişikliği ile düşük karbonlu ekonomiye geçiş gibi stratejik faaliyetler de büyüyen ekonomi ve nüfus göz önüne alındığında atılması gereken stratejik adımlar arasındadır.

Enerjinin yanında, ulaşım ve haberleşme, siber güvenlik, bankacılık ve finans gibi temel altyapılarla ilgili güvenlik odaklı bir yedeklilik, kamu otoriteleri ve ilgili hizmeti veren kurum ve kuruluşlar tarafından belli bir politika çerçevesinde bir an önce oluşturulmalı; savaş, herhangi bir felaket ya da küresel iklim değişikliği gibi tehditlerden en az düzeyde etkilenmek için merkezi bir koordinasyonla önlemler belirlenerek bir politikaya dönüştürülmeli ve bunlarla ilgili çeşitli altyapı projeleri ortaya konulmalıdır.

Ayrıca belirlenecek bir koordinasyon çatısı altında devlet, özel sektör, üniversiteler ve toplumda oluşan tecrübelerden faydalanan bireyler de işin içine dahil edilerek bütüncül ve kapsamlı bir toplumsal elastikiyet modeli geliştirilebilir. Geliştirilecek model pandemiye benzer risk ve şokların ortadan kaldırılmasına yönelik politikaların belirlenmesi, test edilmesi ve elastikiyetimizin artırılmasında faydalı olacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] Karabacak, Bilge; (2011), "Kritik altyapılar ve kritik altyapıların korunması", *Academia*, (Mayıs 2011), https://www.academia.edu/9599632/Kritik_altyap%C4%B1lar_ve_kritik_altyap%C4%B1lar%C4%B1n_korunmas%C4%B1. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [2] Genco, Abdullah; (2021), "TÜRKİYE'DE KRİTİK ALTYAPI VE KRİTİK ALTYAPIYA YÖNELİK TEHDİTLER", *Dergipark*, (12 Ocak 2021), <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1456164>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [3] AFAD, "2014-2023 TEKNOLOJİK AFETLER Yol Haritası Belgesi", (Eylül 2014), <https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/3906/xfiles/teknolojik-afetler-son.pdf>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [4] AFAD, "Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü", <https://www.afad.gov.tr/aciklamali-afet-yonetimi-terimleri-sozlugu>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [5] Hazar Enstitüsü HASEN, (2015), "Kritik Enerji Altyapı Güvenliği El Kitabı" *Academia*, (Ocak 2015), https://www.academia.edu/10027314/Kritik_Enerji_Altyap%C4%B1_G%C3%BCvenli%C4%9Fi_El_Kitab%C4%B1. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [6] Ak, Tarık; (2019), "İÇ GÜVENLİK YÖNETİMİ AÇISINDAN KRİTİK ALTYAPILARINI KORUNMASI", (23 Eylül 2019), <https://dergipark.org.tr/tr/pub/assam/issue/48907/571342>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [7] *Center for Homeland Defense and Security*, (1997), "President's Commission on Critical Infrastructure Protection: Overview Briefing", (Haziran 1997), <https://www.hsd.gov/?abstract&did=487492>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [8] *U.S. Department of Homeland Security*, (2009), "National Infrastructure Protection Plan" https://www.dhs.gov/xlibrary/assets/NIPP_Plan.pdf. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [9] *U.S. Department of Homeland Security*, (2002), "PUBLIC LAW 107-296", (25 Kasım 2002), https://www.dhs.gov/xlibrary/assets/hr_5005_enr.pdf. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [10] Ünver, Mustafa; Canbay, Cafer; Burhan Özkan, Hüseyin; (2011), "Kritik Altyapıların Korunması", Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, (Nisan 2011), https://www.academia.edu/24841891/Kritik_Altyap%C4%B1lar%C4%B1n_Korunmas%C4%B1. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [11] *National Institute of Standards and Technology, Information Technology Laboratory COMPUTER SECURITY RESOURCE CENTER*, (2014), "Federal Information Security Modernization Act", (18 Aralık 2014), <https://csrc.nist.gov/topics/laws-and-regulations/laws/fisma>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [12] *Immediate Release Office of the Press Secretary The White House*, (2003), "Homeland Security Presidential Directive / HSPD-7", (17 Aralık 2003), <https://irp.fas.org/offdocs/nspd/hspd-7.html>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [13] *COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES*, (2004), "Critical Infrastructure Protection in the fight against terrorism", (20 Ekim 2004), <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2004:0702:FIN:EN:PDF>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [14] *BBC*, (2012), "İran: 'Siber saldırıyı önledik'", (25 Aralık 2012), https://www.bbc.com/turkce/haberler/2012/12/121225_iran_syber_attack. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [15] Tüney, Serdar; Gücüyener, Ayhan; "Kritik Altyapı Güvenliği, Teknolojik Afetler ve Türkiye'nin 2023 Stratejisi", *AFAD*, <https://www.afad.gov.tr/makaleler>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [16] *T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı*, (2013), "ONUNCU KALKINMA PLANI (2014-2018)", (2 Temmuz 2013), <http://www.sp.gov.tr/tr/temel-belge/s/99/2014-2018+Onuncu+Kalkinma+Plani>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [17] *T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı*, "Kritik Altyapı Bilgi Sistemleri için Asgari Güvenlik Önlemleri Dokümanı", <https://hgm.uab.gov.tr/uploads/pages/siber-guvenlik/kritik-bilgi-sistem-altyapilari-i-c-in-asgari-gu-venlik-o-nlemleri-6445b90e-b2ad-4e5e-9c13-6ae-19ba10e37.pdf>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [18] Sarıkaya, Yalçın; (2017), "Kritik Enerji Altyapısı Güvenliği Bakımından Türkiye: Kavramlar Kurumlar Analiz", *Academia*, (Kasım 2017), https://www.academia.edu/41351289/Kritik_Enerji_Altyap%C4%B1s%C4%B1_G%C3%BCvenli%C4%9Fi_Bak%C4%B1m%C4%B1ndan_T%C3%BCrkiye_Kavramlar_Kurumlar_Analiz. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [19] Güzelöğlü, Mehmet; (2017), "Enerji güvenliği bağlamında kritik enerji altyapı güvenliği, NATO konsepti ve Bakü-Tiflis-Ceyhan (BTC) Petrol Boru Hattı örneği", *TOBB EKONOMİ VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ*, <http://earsiv.etu.edu.tr/xmlui/handle/20.500.11851/3540>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [20] Karabacak, Bilge; (2011), "USAK Kritik Altyapı Güvenliği Projesi Sonuç Raporu", *Academia*, https://www.academia.edu/21583796/USAK_Kritik_Altyap%C4%B1_G%C3%BCvenli%C4%9Fi_Projesi_Sonu%C3%A7_Raporu. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [21] *Hürriyet*, (2020), "Siber saldırı kayıplarının toplam maliyeti yıllık 6 trilyon dolara ulaşacak", (16 Mart 2020), <https://www.hurriyet.com.tr/teknoloji/siber-saldiri-kayıplarının-toplam-maliyeti-yillik-6-trilyon-dolara-ulasacak-41469820>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [22] Critchlow, Andy; (2022), "Cyberattacks on oil surge as hackers target commodities", *S&P Global*, (18 Şubat 2022), <https://www.spglobal.com/commodity-insights/en/market-insights/latest-news/oil/021822-cyberattacks-on-oil-surge-as-hackers-target-commodities>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [23] Kara, Mehmet; (2011), "Kritik Altyapılar: Elektrik Üretim ve Dağıtım Sistemleri SCADA Güvenliği", *Research Gate*, (Kasım 2011), https://www.researchgate.net/publication/279659520_4_Ag_ve_Bilgi_Guvenligi_Sempozyumu_Kritik_Altyapilar_Elektrik_Uretim_ve_Dagitim_Sistemleri_SCADA_Guvenligi. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [24] *Prowmes*, (2019), "Scada Sistemi Nedir", (6 Mayıs 2019), <http://www.prowmes.com/blog/scada-sistemi-nedir/>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [25] *STM ThinkTech*, (2022), "Enerji Depolama Teknolojilerindeki Son Gelişmeler", (5 Ocak 2022), <https://thinktech.stm.com.tr/enerji-depolama-teknolojilerindeki-son-gelismeler>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [26] *T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı*, "Doğalgaz Boru Hatları", <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-dogal-gaz-boru-hatlari>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [27] *T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı*, "Transit Boru Hatları", <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-transit-boru-hatlari>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [28] *BORU HATLARI İLE PETROL TAŞIMA A.Ş GENEL MÜDÜRLÜĞÜ*, (2022), "KAMUOYU DUYURUSU", (20 Ocak 2022), https://www.botas.gov.tr/uploads/dosyaYoneticisi/668334-botas-20.01.2022-tarihli-kamuo-yu-duyurusu.pdf?utm_source=webteknolo. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [29] Kalelioğlu, Eray; (2022), "İran Türkiye'ye Doğal Gaz Akışını Durdurdu: BOTAŞ, Sanayi Tüketiminde Ciddi Kısıtlamaya Gitti", *Webteknolo*, (Şubat 2022), <https://www.webteknolo.com/iran-dogal-gaz-kesintisi-botas-sanayi-tuketim-kisiltlamasi-h119859.html>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [30] *Dünya*, (2022), "Enerjide arz ve fiyat krizine karşı iyi planlama şart", (8 Şubat 2022), <https://www.dunya.com/sectorler/enerji/enerjide-arz-ve-fiyat-krizine-karsi-iyi-planlama-sart-haberi-648233>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [31] Kızılkaya, Soner; Bakiler, Oğulcan; (2022), "Ukrayna Krizi Türkiye'nin Enerji Faturasını Arttıracak", *Amerikanın Sesi*, (28 Şubat 2022), <https://www.amerikaninsesi.com/amp/ukrayna-krizi-turkiye-nin-enerji-faturasi-ni-arttiracak/6462819.html>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [32] Ünker, Pelin; (2022), "Türkiye enerjide neden dışa bağımlı hale geldi?", *Deutsche Welle*, (9 Mart 2022), <https://www.dw.com/tr/t%C3%BCrkiye-enerjide-neden-d%C4%B1m%C5%9Fa-ba%C4%9F%C4%B1ml%C4%B1-hale-geldi/a-61055315>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [33] *Paraanaliz*, (2022), "ANALİZ: Enerji krizinin nedeni plansızlık", (Şubat 2022), <https://www.paraanaliz.com/2022/genel/analiz-enerji-krizinin-nedeni-plansizlik-g-22911/amp/>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [34] *Enerji Günlüğü*, (2022), "MMO'dan gaz ve elektrik kesintileri açıklaması Kaynak: MMO: Elektrik ve gaz kesintileri hayat pahalılığını arttıracak", (Ocak 2022), <https://www.enerjigunlugu.net/mmodan-gaz-ve-elektrik-kesintileri-aciklamasi-46566h.htm>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [35] *TÜRKONFED*, (2021) "Belirsizliğe Hazırlanmak - Sektörler İstanbul Depremine Ne Kadar Hazır?", (Mart 2021), (<https://turkonfed.org/tr/detail/3691/sectorler-istanbul-depremine-ne-kadar-hazir-raporu>), <https://turkonfed.org/Files/ContentFile/turkonfedbelirsizligehazirlanmakraporu-5300.pdf>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [36] *TÜSİAD*, (2021), "İstanbul Depremi Senaryosu İş Dünyası Hazır-

- lık Raporu”, (Ağustos 2021), <https://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/10816-istanbul-depremi-senaryosu-is-dunyasi-hazirlik-raporu>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [37] *Corpus Sigorta*, (2021), “Yenilenebilir enerjide son durum”, (3 Eylül 2021), <https://corpussigorta.com.tr/blog/is-dunyasi/yenilenebilir-enerjide-son-durum-80>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [38] *International Energy Agency*, (2021), “Renewables 2021”, (Aralık 2021), <https://www.iea.org/reports/renewables-2021>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [39] Taşbaşı, Didem; (2021), “IEA’dan Yeni Rapor: ‘Küresel yenilenebilir enerji kapasitesi yüzde 60’dan fazla artacak’”, *Temiz Enerji*, (2 Aralık 2021), <https://temizenerji.org/2021/12/02/ieadan-yeni-rapor-kuresel-yenilenebilir-enerji-kapasitesi-yuzde-60dan-fazla-artacak/amp/>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [40] *Dünya*, (2021), “Küresel yenilenebilir enerji kuruluşları 290 gigavatla rekora hazırlanıyor”, (1 Aralık 2021), <https://www.dunya.com/amp/kuresel-ekonomi/kuresel-yenilenebilir-enerji-kurulumlari-290-gigavatla-rekora-hazirlaniyor-haberi-641431>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [41] *Wind Europe*, (2022), “Wind energy in Europe: 2021 Statistics and the outlook for 2022-2026”, (24 Şubat 2022), <https://windeurope.org/intelligence-platform/product/wind-energy-in-europe-2021-statistics-and-the-outlook-for-2022-2026/>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [42] *TEİAŞ*, (2022), “Şubat 2022 Kurulu Güç Raporu”, (Mart 2022), <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/kurulu-guc-raporlari>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [43] *GENSED*, (2022), “TEİAŞ, 2021 Aralık Ayı Kurulu Güç Raporunu Yayınladı”, (21 Şubat 2022), <https://bit.ly/38o6vcM>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [44] Kaya, Mehmet; (2022), “Yenilenebilir enerji üretimi hızlandı ancak daha gidecek çok yol var”, *Dünya*, (7 Şubat 2022), <https://www.dunya.com/sectorler/enerji/yenilenebilir-enerji-uretimi-hizlandi-ancak-daha-gidecek-cok-yol-var-haberi-648080>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [45] *Shura*, (2020), “Türkiye enerji dönüşümünü hızlandırmak için 2020 yılı sonrası düzenleyici politika mekanizması seçenekleri: şebeke ölçeğinde rüzgar ve güneş enerjisi kapasite kuruluşları”, (Ocak 2020), <https://bit.ly/3Jed2U9>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [46] *TSKB*, (2021), “Enerji Görünümü 2021”, (Kasım 2021), <https://www.tskb.com.tr/i/assets/document/pdf/enerji-sektor-gorunumu-2021.pdf>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [47] *TRT Haber*, (2022), “Enerjideki kapasite artışının yüzde 97’si temiz enerjiden”, (22 Şubat 2022), <https://www.trthaber.com/haber/ekonomi/enerjideki-kapasite-artisinin-yuzde-97-si-temiz-enerjiden-657111.html>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [48] *TUREB*, “RÜZGARDA TOPLAM KURULU GÜÇ 10 GW’I AŞTI”, <https://tureb.com.tr/lib/uploads/2d7a823a65b9af8u.pdf>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [49] İnançlı, Selim; (2020), “Türkiye’nin Enerji İthalatı ve Yenilenebilir Enerji Arasındaki İlişkinin Ampirik Olarak İncelenmesi”, *Econder*, (30 Aralık 2020), <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1475041>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [50] *TEİAŞ*, “Türkiye’de Elektrik İletimi Sayılarla İletim İstatistikleri”, <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/sayilarla-elektrik-iletimi>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [51] *T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı*, “TÜRKİYE ELEKTRİK ENERJİSİ TALEP PROJEKSİYONU RAPORU (2020-2040 DÖNEMİ)”, https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/EIGM/tr/Raporlar/ENTAP/114176-turkiye_elektrik_enerjisi_talep_projeksiyonu_raporu.pdf. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [52] Düzgün, Bilal; (2018), “Türkiye elektrik iletim ve dağıtım şebekesinin enerji verimliliğinin değerlendirilmesi ve 2023 projeksiyonları”, *Politeknik Dergisi*, <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/418254>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [53] Tuncer, Gökşen; (2020), “Kaçak elektriğin tüketiciye yansıtılması işlemi 5 yıl daha uzatıldı: Türkiye’de kayıp-kaçak elektrik miktarı, Akkuyu Nükleer’in üretim kapasitesi kadar”, *Independent Türkçe*, (26 Kasım 2020), <https://bit.ly/3yJvYrJz>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [54] Temizer, Murat; Erkul Kaya, Nuran; (2021), “Türkiye’nin elektrik dağıtım altyapısı çağın gereklerine uygun olarak yenileniyor”, *Anadolu Ajansı*, (16 Mart 2021), <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/turkiyenin-elektrik-dagitim-altyapisi-cagin-gereklerine-uygun-olarak-yenileniyor/2177514>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [55] *Shura*, (2020), “Enerji Verimliliği Çözümü: Piyasa Temelli Politika Mekanizması Araçları”, (Ekim 2020), https://www.shura.org.tr/wp-content/uploads/2020/10/SHURA_PolitikaMekanizmalari.pdf. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [56] *T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı*, (2019), “Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı 2019 Yılı Gelişim Raporu”, https://enerji.enerji.gov.tr/Media/Dizin/BHIM/tr/Duyurular/bc0bc5c0-dea2-4e3a-adae-f95f8f91b862_UEVEP%202019%20Geli%C5%9Fim%20Raporu%20Y%C3%B6netimi%20C3%96zeti.pdf. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [57] *Enerji Verimliliği Derneği*, “HASAT PROJESİ”, <https://www.enver.org.tr/hasat-projesi>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [58] Şen, Bülent; (2021), “Enerji dağıtım şirketleri ve enerji verimliliği Ar-Ge projesi (HASAT)”, *PETROTÜRK*, (27 Eylül 2021), <https://www.petroturk.com/gaspower/enerji-dagitim-sirketleri-ve-enerji-verimliliği-ar-ge-projesi-hasat>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [59] *T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı*, (2020), “Enerji Verimliliği Bilinç Endeksi Kantitatif Araştırma Raporu 2020”, *Enerji Verimliliği Derneği*, https://www.enver.org.tr/media/catalog/pdf/enerji_verimliliği_bilinc_endeksi_kantitatif_raporu_2020.pdf. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [60] *Shura*, (2021), “Enerji Verimliliği Çözümü: Piyasa Temelli Politika Mekanizması Araçları’ SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi Webinar Özet Raporu”, (4 Şubat 2021), https://www.shura.org.tr/wp-content/uploads/2021/02/Enerji_Verimliliği_Cozumu_Piyasa_Temelli_Politika_Mekanizması_Araclari.pdf. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [61] *MC² Haber*, (2021), “Elektrik Dağıtım Sektörü Enerji Verimliliğini Geliştirecek”, (8 Mart 2021), <https://mc2haber.com/elektrik-dagitim-sektoru-enerji-verimliliğini-gelistirecek>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [62] *Shura*, (2021), “Türkiye Elektrik Sistemi için En Ekonomik Katkı: Enerji Verimliliği ve Yeni İş Modelleri”, (Şubat 2021), https://www.shura.org.tr/wp-content/uploads/2021/02/Enerji_Verimliliği_Ana_rapor.pdf?_ga=2.130579020.291845055.1649321275-1611016822.1647751872. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [63] *ELDER*, “Türkiye Akıllı Şebekeler 2023 Vizyon ve Strateji Belirleme Projesi”, <https://www.elder.org.tr/Content/yayinlar/TAS%20TR.pdf>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [64] İLİSULU, Fadime; Koluksa Tarhan, Ayça; KAVAK, Kubilay; (2020), “Akıllı Şebeke Olgunluk Modelinin Dünya Çapındaki Uyarlamaları ve Türkiye için Öneriler”, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1081336>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [65] *Milli Akıllı Sayaç Sistemleri*, “Projenin Amacı”, <https://www.mass.org.tr/hakkimizda/hakkında/>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [66] *Milli Akıllı Sayaç Sistemleri*, “Sunum”, <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.mass.org.tr%2Fwp-content%2Fuploads%2F2020%2F10%2FMASS.pptx&wdOrigin=BROWSELINK>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [67] *T.C. Kalkınma Bakanlığı*, (2018), “ON BİRİNCİ KALKINMA PLANI (2019-2023) ENERJİ ARZ GÜVENLİĞİ VE VERİMLİLİĞİ ÖZEL İHTİSAS KOMİSYONU RAPORU”, https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/04/EnerjiArzGuvenciligi_ve_VerimlilikOzelIhtisasKomisyonuRaporu.pdf. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [68] *STM ThinkTech*, (2020), “Covid-19 Şoku ve Elastikiyet (Resilience): Toplumsal Adaptasyon Nasıl Sağlanabilir?”, (28 Nisan 2020), <https://thinktech.stm.com.tr/tr/covid-19-soku-ve-elastikiyet-resilience-toplumsal-adaptasyon-nasil-saglanabilir>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [69] Hodicky, Jan; Özkan, Gökhan; Özdemir, Hilmi; Stodola, Petr; Drozd, Jan; Buck, Wayne; (2020), “Analytic Hierarchy Process (AHP)-Based Aggregation Mechanism for Resilience Measurement: NATO Aggregated Resilience Decision Support Model”, *Entropy*, (16 Eylül 2020), <https://doi.org/10.3390/e22091037>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [70] Hodicky, Jan; Özkan, Gökhan; Özdemir, Hilmi; Stodola, Petr; Drozd, Jan; Buck, Wayne; (2020), “Dynamic Modeling for Resilience Measurement: NATO Resilience Decision Support Model”, *Applied Science*, (11 Nisan 2020), <https://doi.org/10.3390/app10082639>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [71] *STM*, (2021), “Kritik Altyapıların Güvenliğinin Sağlanmasında Türkiye’de Bir İlk Olan Ulusal Test Yatağı Merkezi Açıldı”, (10 Şubat 2021), <https://www.stm.com.tr/tr/medya/basin-bultenleri/kritik-altyapilarin-guvenliginin-saglanmasinda-turkiyede-bir-ilk-olan-ulusal-test-yatagi-merkezi-acildi>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [72] *Sakarya Üniversitesi*, “Kritik Altyapılar Ulusal Test Yatağı Merkezi”, <https://center.sakarya.edu.tr/index.html#>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)
- [73] *STM ThinkTech*, (2022), “Bütünsel Güvenlik Bağlamında Siber”, (18 Şubat 2022), <https://thinktech.stm.com.tr/butunlesik-guvenlik-baglaminde-siber>. (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2022)



thinktech
STM Teknolojik Düşünce Merkezi
<http://thinktech.stm.com.tr>

