

## Sürdürülebilirlik ve Bölgesel Kalkınmada Altyapı Sistemleri

Müzeyyen Anıl ŞENYEL KÜRKÇÜOĞLU<sup>1</sup>

### Öz

Bu çalışmada bireylerin, toplumların ve kurumların iletişimini, hizmet ve bilgi akışlarını sağlayan altyapı sistemleri ile sürdürülebilirlik ilişkisi incelenmektedir. Altyapı sistemleri öncelikle tekil bileşenler bazında değerlendirilmekte, sonrasında sistemlerin kentsel ve bölgesel düzeyde bütünleşik bir yapıda sürdürülebilirliğin üç ana eksenini olan çevre, ekonomi ve sosyal alanlarda karşılıklı etkisi tartışılmaktadır. Yenilenebilir kaynakların kullanımı, akıllı şebekelere geçiş, dağıtık sistemler, geri dönüşüm ve yeniden kazanım pratikleri altyapıda verimliliğe ve sürdürülebilirliğe önemli etkilerde bulunmaya başlamıştır. Son yıllarda küreselleşmenin hız kazanması ve bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişmesiyle altyapıyı fiziksel bir hizmet sunumu olmasının yanı sıra sosyo-ekonomik gelişmişliğe kolaylaştırıcı etkisi olan, insan sermayesini ve buluşçuğu destekleyen bir hizmet bileşeni olarak bakma yaklaşımı ağırlık kazanmaktadır. Bu yaklaşım doğrultusunda altyapı sistemlerinin sunumunda sürdürülebilirliği, yönetimi ve esnekliği temel alan politikalar, bölgesel kalkınmaya katkı koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Kentsel altyapı, sürdürülebilirlik, yaşanabilirlik, akıllı şebekeler, bölgesel kalkınma

## Infrastructure Systems in Sustainability and Regional Development

### Abstract

In this study, the relationship of infrastructure systems which enable the relations, service and information flows of individuals, communities and institutions with sustainability is discussed. Infrastructure systems are initially evaluated in single component basis, then, being discussed in an integrated way at urban and regional levels covering the mutual impacts of environment, economy and society as the three pillars of sustainability. The use of renewable resources, shifting to smart grid, distributed networks, recycling and reuse practices started to have crucial impacts on efficiency and sustainability in infrastructure. The approach that consider infrastructure as a facilitator in socio-economic growth besides being a physical service provision activity is gaining importance recently with the accelerating globalization and developing communication and information technologies. In respect to that, policies based on sustainability, governance and flexibility in infrastructure services' provision contribute to regional development.

**Keywords:** Urban infrastructure, sustainability, smart grid, regional development

<sup>1</sup> Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Ankara, TÜRKİYE  
\*İlgili yazar / Corresponding author: senyel@metu.edu.tr  
Gönderim Tarihi / Received Date: 30.09.2021  
Kabul Tarihi / Accepted Date: 28.12.2021

## 1. Giriş

Altyapı sistemleri, yapılı çevreyi bir arada tutar ve ilişkilendirir; sosyo-ekonomik akışları sağlar ve doğal çevre ile yapılı çevrenin geçişliliğini şekillendirir. Sürdürülebilir bir gelişme için altyapının yalnız fiziksel üstyapıyla değil, kentin sosyo-ekonomik, kültürel ve çevresel bileşenleriyle de ilişkili olduğu düşünülerek yeterli, etkin ve esnek tasarlanması ve yönetilmesi gerekmektedir. Kentsel teknik altyapı; ulaşım, enerji, iletişim, atık ve su sistemlerini içerir. Tüm sistemlerin kendilerine özgü dinamikleri ve işleyiş biçimleri olmakla birlikte her bir sistem hem birbiriyle hem de kentteki tüm diğer sektörlerle doğrudan ve dolaylı olarak ilişkilidir. Çok yönlü ve çok boyutlu kentsel altyapı bileşenleri günlük hayatın akışının doğal ve olması gereken bir parçası olarak algılandıkları için göz ardı edilebilirler. Ancak kentsel yapının ve bağlı olduğu tüm kullanım ve sistemlerin sürdürülebilirliği için altyapının hem tekil sistemler hem de ilişkili ağlar düzeyinde öncelikli bir alan olarak planlanması gerekmektedir.

Sistemlerin kesintisiz işleyişi, modern toplumun kurumlarının da işlevselliğine olanak verir. Ancak aksi durumlarda sistem akışlarında meydana gelen aksaklıklar, örneğin; enerji akışının kesilmesi üretim, ısınma ve aydınlatma gibi faaliyetlerin durmasına; su akışının kesilmesi ciddi boyutlara varabilecek temizlik ve sağlık sorunlarına; iletişim akışındaki aksamalar dijital veri depolama ve analiz odaklı çalışan bankacılık, sigorta, sağlık, eğitim ve diğer sayısız sektörün hizmet verememesi gibi problemlere neden olabilir. Bu nedenlerle altyapı hizmetlerinin toplumun her kesimine ve kentteki her sektöre belli standartta ve kesintisiz olarak sağlanması esastır. Altyapı sistemlerinin bütününde ise sürdürülebilirlik ilkesinin esas olması beklenir. Sürdürülebilirlik ilkesi doğrultusunda yapılan sistem tasarımlarının; kaynakların verimli kullanımı, çevre duyarlılığı ve toplumsal hakçılığı gözeterek sistemlerin etkin ve verimli işleyişini sağlaması beklenir.

Altyapı, sürdürülebilirliğin konusu olmakla birlikte sürdürülebilirliğin sağlanmasında da bir araç olarak düşünülebilir. Sürdürülebilirlik ve altyapının içsel ve dışsal etkileşimleri birbirlerini karşılıklı etkileyen ve yönlendiren süreçlerdir. Kentteki diğer sektörlerle doğrudan ilişkili olan altyapı sistemlerinin kendilerinin sürdürülebilir tasarımı ve işletilmesi kadar, ilişkili oldukları sektörlerin ve tüm kentsel/bölgesel sistemin sürdürülebilirliğine katkıları da değerlendirilmelidir. Sistemlerin iç sürdürülebilirlikleri; kaynak kullanımını optimum düzeyde tutmaya ve karbon ayak izini minimuma indirmeye yönelik verimlilik ve etkinlik, temiz ve yenilenebilir kaynakların kullanımı, kaçak ve kayıpların önüne geçilmesi, geri dönüşüm ve yeniden kazanım gibi politika ve uygulamalarla ilişkilidir. Altyapının kentsel, bölgesel ve hatta küresel sistemler bütününde sürdürülebilirliğe katkısı ise sektörler arası işleyişlerin sağlanmasının yanı sıra yeni fikirlerin doğuşu ve standartların belirlenmesini, üretimde yenilikçi modellere geçişi ve tüm bunlara yönelik politikaların geliştirilmesini içerir.

Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde kentsel altyapı bileşenleri ayrı ayrı ele alınıp sürdürülebilirlikteki rolleri ile birlikte tartışılacak, devamında altyapının bölgesel kalkınma ve sektörel ilişkilerdeki konumuna değinilecektir. Dördüncü bölümde altyapı sunumunda talep eksenli yaklaşım ele alınacaktır. Tartışma, altyapının sürdürülebilirlikte rolü ve etkisi üzerine genel bir değerlendirme ve sonuçlar ile tamamlanacaktır.

## 2. Sürdürülebilirlik ve Altyapı İlişkisi: Altyapı Bileşenlerinin Sürdürülebilirlikte Rolü

Kentsel altyapı bileşenleri, her biri ayrı ancak birbirini tamamlayan alanlarda akışları ve ağ iletişimlerini kurarak gündelik hayatın ve modern toplumun istikrarını ve üretimin devamlılığını sağlar. Yerel ve küresel sürdürülebilirliğe katkıları yanı sıra sistemlerin kendi işleyişlerinde de sürdürülebilir olmaları beklenmektedir. Kesintisiz ve belli standartlarda hizmet sunmaları ve

kaynak kullanımında çevreye duyarlı ve ekonomik olmaları sistemlerin etkin işleyişlerinin sağlanması ile yerel ve bölgesel kalkınmayı da destekler. Günümüzde sistemlerin kendi etkinlik ve verimliliklerinin artırılması ile hizmet alanlarında sürdürülebilirliğin sağlanmasında teknolojik ve yenilikçi çözümler büyük katkı sağlamaktadır. Sürdürülebilirlikte akıllı şehir uygulamalarını da kapsayan bilgi ve iletişim teknolojileri (ICT), nesnelerin interneti (IoT) ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS-GIS) temelli bu çözümler kentsel altyapı hizmetlerinde üretimden dağıtıma, üretici ile son kullanıcı arasındaki diyalogu sağlamak ve karar verme, uygulama, izleme, geri bildirim, bilgilendirme, katılım gibi konularda etkileşimin optimum düzeyde olmasına, hizmetlerin kesintisiz ve belli bir kalitede sağlanmasına, kaynakların verimli kullanımına katkı koyar.

Kentsel altyapı bileşenlerine ilişkin sürdürülebilirlik tartışmaları hem tekil ama birbirini tamamlayan hem de bütünsel olarak birbirine bağımlılık ve ilişkisellikler konularında yoğunlaşmaktadır. Kentsel altyapı bileşenleri; enerji, su ve atık su, katı atık, telekomünikasyon ile ulaşım sistemleri olarak ele alınabilir. Ulaşım sistemleri, kapsamı ve diğer arazi kullanımları ile günlük birebir etkileşim kapasiteleri nedeniyle yazında oldukça geniş ve detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Ancak diğer altyapı bileşenleri ve özellikle bu bileşenlere özgü sürdürülebilirlik tartışmaları ile kentsel-bölgesel gelişim ilişkileri daha sınırlı bir sayıda kalmaktadır. Bu çalışmada söz konusu eksiklik göz önünde bulundurularak kentsel altyapının ulaşım haricinde kalan sistemleri incelenmiştir.

## **2.1. Kentsel enerji sistemlerinde sürdürülebilirlik**

Enerji, yerleşimlerdeki ilişkilerin var olması ve devamlılığı için vazgeçilmezdir. Isıtmadan aydınlatmaya, üretimden ulaşımaya kadar pek çok eylemin gerçekleştirilmesi ve devamlılığı enerji akışı ile gerçekleşir. Endüstri Devrimi sonrasında üretim modelinin ve ölçeğinin değişmesi; mal ve hizmet akışlarının artması ve hızlanması ile birlikte küresel ölçekte hem toplam hem de kişi başı enerji tüketiminde ciddi bir artış olmuştur. Dünya Bankası verilerine göre kişi başı elektrik enerjisi tüketimi 1971'den 2014 yılına kadar 1200 kwh'den 3132 kwh'e çıkmıştır (World Bank, 2014). 2018'den 2050 yılına kadar ise dünya enerji tüketiminde yaklaşık %50'lik bir artış olacağı beklenmektedir (U.S. Energy Information Administration, 2019). Kullanımdaki bu artışın en yüksek oranda Çin ve Hindistan gibi nüfusu büyük ve endüstriyel üretimi hızla artan ülkelerin yer aldığı Asya kıtasından kaynaklanması beklenmektedir. Enerji ihtiyacının günden güne artması ile birlikte enerjinin elde edilmesi, son kullanıcılara ulaştırılması ve tüketimi sürecinde sürdürülebilirliğin sağlanması daha fazla önem kazanmaktadır. Çünkü enerji sektörü, özellikle üretim aşamasında çevreye ciddi bir tehdit oluşturmakla birlikte bölgelerin gelişmişliklerini doğrudan etkilemekte, kaynaktan dışa bağımlı bölgelerin sosyal, ekonomik ve teknolojik yönlerden geri kalmasına neden olmaktadır. Süreç hem korumacı hem de gelişmeyi destekleyici hassas dengeler üzerinde tasarlanmalı ve yönetilmelidir. Arz ekseninde enerji sunumunda tarihsel olarak birincil kaynaklar fosil yakıtlar olmuştur. Türkiye'nin de üyeleri arasında olduğu Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) raporlarına göre 1970'lerde petrol, kömür ve doğalgaz yaklaşık %87 oranında sunumda birincil yakıt olarak yer alırken 2017 itibarıyla bu oran %81'e gerilemiştir (IEA, 2019). Ancak birincil kaynak olarak halen en yüksek payı alan fosil yakıtların çevresel ve ekonomik dezavantajları göz önünde bulundurularak yenilenebilir enerji kaynakları ile değiştirilmesi dünya çapında hedeflenmekte; buna yönelik önlemler alınmakta ve politikalar geliştirilmektedir. REN21 raporuna göre 2018 sonu itibarıyla 169 ülkede ulusal ya da bölgesel düzeyde yenilenebilir enerji hedefleri kabul edilmiştir (REN21, 2019, s. 20).

### **2.1.1. Enerji kaynağı olarak fosil yakıtlar**

Kentsel kullanımlarda enerji akışı; doğalgaz ve elektrik sistemleri ile sağlanır ve sistemler üretim, iletim ve dağıtım şebekelerinden oluşur. Doğalgaz, birincil kaynak olarak dönüştürülmeden sistemde yerini alırken elektrik, ikincil enerji kaynağı ya da diğer bir deyişle enerji taşıyıcısı olarak birincil kaynaklardan üretildikten sonra kullanılabilir hale gelir. Enerji

ihtiyacı, 1920'lere kadar neredeyse tamamen kömürden, sonrasında ise ağırlıklı olarak petrol, kömür ve doğalgazdan karşılanmıştır. Ne var ki öncelikli kaynak olarak fosil yakıtların (kömür, petrol, doğalgaz ve diğer petrol türevleri) kullanılması, pek çok çevresel ve ekonomik probleme yol açmaktadır. Fosil yakıtlar enerji üretim sürecinde kullanıldıklarında karbondioksit, azot dioksit, sülfür dioksit, karbon monoksit vb. gazların salımına yol açar. Bu gazların salımı, hava ve su kirliliğine, dolayısıyla da çevresel bozunma ve sağlık problemleriyle yaşam kalitesinin düşmesine neden olur. Özellikle sera gazları içinde yaklaşık %72'lik payla en yüksek orana sahip olan karbondioksit uzun erimde çok daha ciddi bir tehdit olan küresel ısınma ve neticesinde iklim değişikliğine katkıda bulunur (Olivier, Schure ve Peters, 2017).

Fosil yakıtlar, temiz ve yenilenebilir olmayan kaynaklardır. Bu tür yakıtların, ithal eden ülkelere getirdikleri ciddi ekonomik külfet ve enerji bağımlılığı, görünen maliyetleridir. Yaratıkları hava ve su kirliliği ile küresel ısınmayla birlikte iklim değişikliğinin hız kazanması ise çoğu zaman parasal olarak ifade edilemeyen ve çevresel bozunma ile birlikte değerlendirilebilen gizil maliyetleri arasında yer alır. Artan enerji ihtiyacının fosil yakıtlardan karşılanmaya devam edilmesi durumunda hem yerel hem de küresel ölçekte sürdürülebilirliğin yakalanması mümkün gözükmemektedir. Bir yandan fosil yakıtların tüketiminin mümkün olduğunca azaltılması ve kullanılan enerji kaynaklarında fosil yakıtlar yerine temiz ve yenilenebilir kaynaklara geçiş yapılması gerekmektedir. Diğer yandan ise tüketim alışkanlıklarının değiştirilerek enerji tüketiminin azaltılması ve kullanımda verimliliğe gidilmesi amaçlanmalıdır. Bu bağlamda iki konu üzerinde durmak önemlidir: çevresel bozunma sürecinin yavaşlatılması, geri çevrilmesi, hatta restorasyonu ve ikinci olarak da kendine yetebilir ekonomiler oluşturulması.

Atmosferdeki salımlar, diğer gazlar ve maddeleri kontrol etme gerekliliği; enerji üretim, iletim, dağıtım ve tüketiminde verimlilik ile çevreye duyarlı enerji sistemlerine, özellikle de yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına güven temelli olmalıdır (Kaygusuz ve Toklu, 2012, s. 2). Yenilenebilir enerji; güneş, rüzgâr, su, jeotermal ve biyokütle kaynaklarından elde edilir. Özellikle gelişmiş ekonomilerde yenilenebilir enerji kaynaklarına ciddi yatırımlar yapılmaktadır. 2018 yılı itibarıyla yenilenebilir enerjilerin küresel ölçekte toplam kurulu güç kapasitesinden aldıkları pay %33'e yükselirken, elektrik üretimindeki payları da %26 olmuştur ve yenilenebilir elektrikte hidroelektrik %60'lık bir paya sahipken onu %21 ile rüzgar, %9 ile güneş, %8 ile biyokütle ve %2 ile jeotermal ve diğer enerjiler izlemektedir (REN21, 2019).

Yenilenebilir enerji kullanımı ve yatırımlar ülkeler arası farklılık göstermektedir. Toplam kurulu kapasitelerde başı çeken ülkeler Çin, Amerika Birleşik Devletleri ve Brezilya iken, kişi başına kapasitelerde Almanya güneş enerjisinde, Danimarka ise rüzgâr enerjisinde birinci sıradadır (REN21, 2019, s. 25). Türkiye ise, enerjide çoğunlukla dışa bağımlıdır ve tüketimde kaynak olarak fosil yakıtların kullanımı yüksektir. 2016 yılı için birincil enerji talebinin yerli üretim ile karşılanma oranı yaklaşık %26, başka bir deyişle dışa bağımlılık yaklaşık %74 olarak ifade edilmekte iken, doğalgaz tüketiminde dışa bağımlılığın petroldekinden yüksek olduğu ve gaz talebinin %99'unun ithalatla karşılandığı belirtilmektedir (TPAO, 2019). Kullanılan kaynaklarda fosil yakıtların diğerlerine üstünlüğü de bir başka sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Örnek olarak, 2018 yılında elektrik üretiminin %37'si kömürden, %30'u doğalgazdan, %20'si hidrolik enerjiden, %7'si rüzgârdan, %3'ü güneşten ve geri kalan oranda jeotermal ve diğer kaynaklardan elde edilmiştir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019).

### **2.1.2. Enerji kaynağı olarak yenilenebilir enerjiler**

Yenilenebilir enerji kaynakları birbirleriyle ve fosil yakıtlarla karşılaştırıldığında çeşitli avantaj ve dezavantajları vardır. Güneş enerjisi, aktif ve pasif olarak kullanılabilir. Aktif sistemlerde enerjinin toplanması ve depolanması için ekipmanlara ihtiyaç vardır. Fotovoltaik güneş panelleri, güneş kolektörleri ve gün ısılar aktif güneş enerjisi sistemleri arasında yer alır. Güneş

panelleri ve kolektörlerden elektrik enerjisi elde edilebilirken gün ısı sıcak su elde etmekte kullanılır. Güneş tarlaları ile büyük ölçekli enerji üretimi mümkündür ve fosil yakıtlara rakip olabilecek düzeydeki enerji üretimi bu sistemlerden sağlanır. Çok daha küçük ölçekli, yapı tasarımı, konumlandırılması ve ısı yalıtımı ile sağlanabilecek uygulamalar ise pasif güneş enerjisi sistemleridir. Rüzgâr enerjisinden elektrik elde edilmesi çeşitli teknoloji ve tasarımlarla üretilmiş rüzgâr türbinleri sayesinde olur. Her ölçekte kurulabilecek türbinler, yine rüzgâr tarlaları şeklinde yüksek enerji üretir kapasitelere sahip olabilir, ancak rüzgârın belli bir eşik kuvvette olmasını gerektirdiği için coğrafi koşullara bağlıdır ve kestirilebilirliği görece düşüktür. Güneş ve rüzgâr santrallerinin arazi kullanımlarına etkileri, özellikle kırsalda yürütülen tarım faaliyetleriyle çatışabilecek müdahaleler içerebileceği de olumsuz yönler olarak karşımıza çıkmaktadır. Yeraltında sıcak su kaynaklarının buhar ve gaz enerjilerinden elde edilen jeotermal enerji ise yaygın olarak ısıtmada, çok daha sınırlı bir şekilde de elektrik üretiminde kullanılır. Jeotermal kaynaklar yer altı su ve kayaç durumuna bağlıdır ve bu nedenle her coğrafyada rastlanmayabilir. Ayrıca jeotermal elektrik üretiminde ilk yatırım maliyetleri, diğer yenilenebilir enerjilere benzer şekilde yüksektir. Biyokütle enerjisi, organik atıkların dönüşümüyle sağlanır. Yerel bir kaynaktır ve atıkların geri kazanımına olanak verir, ancak organik atıkların yakılması sürecinde atmosfere sera gazları salımı olmaktadır. Hidrolik enerji ise su kaynaklarından yararlanarak üretilen enerjidir. Barajlarda ve hidroelektrik santrallerde su enerjisinden faydalanılır; ancak hidroelektrik santraller ekolojik yapıya doğrudan müdahaleler gibi olumsuz etkilerinden dolayı tartışmalıdır.

Yenilenebilir enerji teknolojilerinde sürdürülebilirlik, çeşitli ölçütlere dayandırılmaktadır. Çevresel ve ekonomik yönlerden sayısız avantajlarının yanı sıra çevreye tamamen zararsız değillerdir ve özellikle ilk yatırım maliyetleri yüksek olabilir. Yenilenebilir enerjilerin değerlendirilmesinde; maliyetler, sera gazı salımı, elde edilebilirlik, teknolojik kısıtlar, verimlilik, arazi kullanımı gereksinimleri, su tüketimi, toplumsal ve çevresel etki gibi ölçütler göz önünde bulundurulur. Tüm ölçütlere eşit ağırlık verildiğinde sürdürülebilirlikte rüzgâr enerjisi ilk sırada yer almaktadır (Evans, Strezov ve Evans, 2009, s. 1086). Ölçütlerin öncelikleri ve ağırlıklarının belirlenmesi farklı coğrafya ve ekonomilerde yeniden değerlendirilebilir, hatta değişen teknolojiler ve gereksinimler doğrultusunda ölçütlerin kendileri de güncellenebilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının birbirlerine olan üstünlüklerini tanımlamak, sürdürülebilir enerji üretiminde önceliklerin belirlenmesi ve buna yönelik ulusal ve yerel düzlemde politikalar geliştirilmesi için de faydalıdır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının barındırdıkları negatif yönler bir yana, çevresel olarak fosil yakıtlara tartışmasız bir üstünlükleri vardır. Kurulum, işletim ve bakım maliyetleri açısından, teknolojik gelişmelerle ve kullanımda yaygınlaşmalarıyla orantılı olarak daha ulaşılabilir olmakta, böylece fosil yakıtlarla ekonomik rekabet kapasiteleri de gün geçtikçe artmaktadır. İstihdamda da yenilenebilir enerji, gelişen bir sektör olması nedeniyle yeni fırsatlar sunmaktadır. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IREA) raporuna göre toplam küresel yenilenebilir enerji istihdamı 2012 yılından 2018 yılına kadar 7.28 milyondan 10.98 milyona çıkmış ve bu istihdamın %40'ı güneş enerjisi (fotovoltaik, ısıtma ve soğutma toplam), %29'u biyoenerji, %19'u hidrolik enerji, %12'si rüzgâr ve diğer yenilenebilir enerji teknolojilerinde kaydedilmiştir (IREA, 2019, s. 7). Devletin yenilenebilir enerjilere yönelik çeşitli sübvansiyon, yardım, vergi, vb. destekleri, bu enerjilerin yaygınlaşması yanında sektörel istihdamın artmasına da katkı sağlayacaktır.

Enerjide sürdürülebilirliğin sağlanması için tüketim alışkanlıklarının değiştirilmesi ve kullanılan enerjinin mümkün olan en yüksek oranda fosil yakıtlar yerine temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması gerekliliği açıktır. Gelişen teknolojilerle yenilenebilir kaynakların geleneksel sistemlerle bütünleştirilmesi; yatırım, üretim ve işletim maliyetlerinin düşürülmesi; coğrafi ve iklimsel olarak dezavantajlı coğrafyalarda bile üretilmesi mümkün olmakta, ayrıca yenilenebilir enerji sektörüne yönelik istihdam fırsatları sunmaktadır.

### **2.1.3. Kentsel enerji sistemlerinde verimlilik**

Üretimde kullanılan enerji kaynağının çeşidinden bağımsız olarak üretim, iletim, dağıtım ve son kullanıcı aşamalarında sistem verimliliğinin sağlanması da sürdürülebilirlikte büyük rol oynar. Üretimde verimlilik, çoğunlukla mühendislik çözümleri ve kullanılan teknolojilerle ilişkilidir. İletim ve dağıtım aşamalarında ise kaçak ve kayıpların önüne geçilmesi verimliliği etkileyen unsurlardandır. Tüketim düzeyine gelindiğinde de hem sistem hem de kullanıcı düzeylerinde teknoloji destekli fiziksel dönüşüm, fiyatlandırma, bilinçlendirme gibi uygulamalar verimlilik tartışmalarında öne çıkmaktadır.

Gelişmiş ekonomilerde kayıplar teknik nedenlerden kaynaklanmakta iken gelişmekte olan ekonomilerde kayıpların yanında sistem kaçakları ve yasal olmayan kullanımlar da sorun teşkil etmektedir. Türkiye'nin iletim ve dağıtım şebekesinin toplam teknik ve teknik olmayan kayıp oranları OECD ortalamasının iki katından fazla olup 2015 yılında toplam tüketimin %14.2'sini oluşturmuştur (Düzyü, 2018, s. 621). Kaçakların ve yasal olmayan kullanımların önüne geçilmesi yerel ve devlet düzeylerinde denetim ve düzenlemeler gerektirmektedir. Kayıpların önüne geçilmesinde ise sistemin fiziksel bileşenlerinde yeni ve dayanıklı materyaller kullanılması ve sistem kayıplarını kontrol ederek merkezle iletişim kuran akıllı mekanizmaların sisteme bütünleştirilip etkinliklerinin artırılması çözüme yönelik alternatiflerdir. Sistem kayıplarının azaltılması konusunda, merkezi enerji sistemlerinden dağıtık (decentralized) sistemlere geçiş ise diğer bir alternatiftir. Geleneksel sistemlerde enerji, belli merkezlerde üretilir ve uzun mesafelerde iletilerek dağıtım noktalarına gelir. İletim sistemindeki enerji kayıplarının ve beraberinde verimsizliğin en önemli nedeni de üretimin ve depolamanın az sayıda büyük ölçekli merkezlerde toplanmasıdır. Dağıtık enerji sistemlerine geçiş, bu sorunun çözümüne yönelik bir öneridir ve gerek elektrik üretimi gerekse yaygın (mahalle/şehir ölçekli) ısıtma ve soğutmada alternatifler sunar. Dağıtık enerji üretimi, dağıtım sistemine bağlı, görece küçük ölçekli (orta ve düşük voltajlı: 110kV ve altı) kapasite üretimidir; kullanılan birincil enerji çoğunlukla yenilenebilir ve yerelde mevcut kaynaklar olmakla birlikte bazı durumlarda fosil yakıtlar da kullanılabilir (Altmann vd., 2010, s. 11). Dağıtık sistemler talep eksensidir ve tüketicilerin kimi zaman tekil üretici de olabilmesine olanak verir, aynı zamanda akıllı şebekelere geçişi destekler. Dağıtık sistemlerden olan yerel/mahalle ısıtma sistemleri hem kullanılan enerji türünde hem de sistem bütününde esneklik sunmaktadır. Küçük ölçeklerden başlayarak her düzeyde tasarlanabilen bu sistemler, yerel kaynakların kullanımında en üst düzeyde fayda sağlarken kaynaklar arasında geçişliliğe de izin verir.

Avrupa; merkezi ve büyük ölçüde fosil yakıtlar ile nükleere dayalı enerji sistemleri aracılığıyla pasif kullanıcılara elektrik sağlanmasından, çoğunlukla küçük ölçekli yenilenebilir enerji kaynakları ile birleşik ısı ve güç üretimine dayanan ve tüketicilerin aktif katılımına izin veren enerji üretimi dönüşümüne başlamıştır (Altmann vd., 2010, s. 10). Bu yöntemle karbon salımının azaltılması ve enerjide yenilenebilir kaynakların payının artırılması hedeflenmektedir. Örneğin Danimarka yerel/mahalli ısıtma ve birleşik ısı ve güç üretimini aktif olarak hayata geçirmektedir. Danimarka'da hanehalkının %64'ü yerel/mahalli ısıtma sistemi ile tedarik edilmekte ve bu, ülkenin dünyanın en enerji-verimli ülkelerinden biri olmasına katkı sağlamaktadır (Gjedde, 2018). Almanya'da da mahalle ölçekli ısıtma sistemleri yaygınlaşmaktadır. Sürdürülebilir, düşük-karbonlu ve kaynak-verimli toplumlara dönüşümü küresel ölçekte destekleyen bir sivil toplum kuruluşu olan State of Green raporuna göre Hamburg kentinin yaklaşık yüzde on dokuzu, kentin yenilenen bir bölgesi olan HafenCity'nin ise tamamı bu şekilde ısıtılmaktadır (State of Green, 2016, s. 15). Türkiye'de ise Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın hazırlamış olduğu Sürdürülebilirlik Performanslı Kentsel Dönüşüm (Süperkent Sistemi) Hakkında Yönetmeliğin gerekçesi kapsamında mahalle ölçekli ısıtma ve soğutma sistemleri bir enerji bileşeni olarak alınmıştır ancak kapsamlı bir uygulamaya geçilmemiştir.

Son yıllarda enerji verimliliği tartışmalarında gelişen teknolojilerin de yardımıyla yaygınlaşan akıllı şebekeler ön plana çıkmaktadır. Akıllı şebekeler, sistemin bütününe yönelik yenilikçi alternatifler sunarak daha verimli ve çevreye daha duyarlı çözümler sunan, geleneksel şebekelere alternatif sistemlerdir. Bu sistemlerde talep dalgalanmalarının daha iyi yönlendirilmesi ve kaynakların iyi yönetimi ile enerji verimliliği sağlamak adına akıllı sayaçlar gibi teknolojik ekipmanların yaygınlaştırılması, müdahale ve kontrol mekanizmalarının kurgulanması, tek yönlü hizmet sunumunun değil çift yönlü geribildirim izin veren akışların etkinleştirilmesi ve olabildiğince temiz ve yenilenebilir kaynak kullanımına geçilmesi hedeflenmektedir. Çok sayıdaki küçük yerel katılımcılar arasındaki enerji alışverişini hızlandırmak için internet destekli bir elektronik enerji piyasa sisteminin geliştirilmesi gerekmektedir (Strbac, 2008, s. 4424). Böyle bir sistemde geleneksel altyapı bileşenleri ve araçları yetersiz kalmaktadır ve akıllı şebekelerin yaygınlaştırılması ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.

Akıllı şebekelerin önemli bir bileşeni de üreten tüketici (prosumer) olarak adlandırılan artı enerjiyi aynı anda üreten ve şebeke aracılığıyla diğer kullanıcılarla paylaşan tüketicilerdir (Zafar, vd., 2018). Akıllı şebeke teknolojisinde Avrupa Birliği dünya lideri konumundadır ve süreç 2001 yılında 12 AB ülkesine 45 milyon akıllı sayaç takılması ardından enerji tüketiminin %10 düşmesiyle başlamıştır (İqtiyanillham, Hasanuzzaman ve Hosenuzzaman, 2017, s. 1675). AB dışında ABD, Güney Kore, Avustralya, Kanada, Japonya ve Çin'de de enerji altyapısının sürdürülebilirliğini sağlamak ve geleneksel sistemlerin modernizasyonu amaçlı akıllı şebeke uygulamalarına geçilmekte, bunlara yönelik kurul ve birimler oluşturularak politika ve hedefler üretilmektedir. Türkiye'de de Enerji Piyasası Denetleme Kurumu'nun desteği ile Elektrik Dağıtım Hizmetleri Derneği koordinasyonu ile Türkiye Akıllı Şebekeler 2023 Vizyon ve Strateji Belirleme Projesini yürütülmektedir.

## **2.2. Su ve atık su sistemlerinde sürdürülebilirlik**

Su, yalnız altyapıda değil küresel sürdürülebilirlikte de birincil öneme sahiptir. Temiz ve sağlıklı suya erişim, Birleşmiş Milletler tarafından insan hakkı olarak kabul edilmiştir. Ne var ki bir hak olarak tanımlanan su, sınırsızca ve bedelsiz tüketebileceğimiz bir kaynak değil, aksine hızla tükenen ve kirlenen, bu anlamda da korunması gereken bir varlıktır. Küresel ölçekte pek çok kent, su talebi ve mevcudiyeti arasındaki dengesizliğin giderek büyüdüğü su kıtlığı yaşayan alanlar olarak sınıflandırılmaktadır (Wilcox vd., 2016, s. 448). Talep ve mevcudiyet bir döngü olarak birbirini tamamlayan ve tüketen, sektörel ve kullanıcılar bazında farklılıklar gösteren, coğrafi özelliklerle ve toplumsal yapıyla ilişkili niteliktedir. Bu nedenle su altyapısında sürdürülebilirlik tartışmaları, ekolojik su döngülerinden ve suya bağlı diğer sektörlerden bağımsız düşünülemez. Kentleşme, endüstriyel ve tarımsal üretim, su kaynakları üzerindeki en ciddi baskı unsurlarıdır. Bu baskıları azaltmak adına kontrolsüz tüketimin ve kirliliğin önüne geçilmesi ile verimliliği arttırmaya yönelik alternatif politika ve uygulamalar geliştirilebilir.

### **2.2.1. Su sistemlerinde verimlilik ve geri dönüşüm**

Tüketimde kontrol sağlanması ve yönlendirme için su kullanımında verimlilik esaslı ve teknoloji destekli yeni çözümlere gidilebilir. Verimlilik esaslı çözümler; sistem yönünde şebekelerde kayıp ve kaçakların önüne geçilmesi ve tüketim yönünde su israfının azaltılması şeklinde iki yönlü değerlendirilebilir. Kurulum aşamasında ileride gerçekleştirilecek sızıntıların önüne geçilip su temininde belirli standartların yakalanması için kullanılan altyapı malzemelerinde aşınma ve yıpranmaya dayanıklı boru ve teçhizat tercih edilmesi gerekmektedir. İletim ve dağıtım aşamalarında ise şebekelerdeki kayıp ve kaçakların önlenmesi, ilgili kurumların etkin denetim ve geri bildirim sistemleri kurmalarını gerektirir. Denetim ve geribildirimde akıllı teknolojilerden faydalanılabilir. Buna yönelik gerçek zamanlı izleme ve uyarı mekanizmaları oluşturulması, sorun noktasının onarımına ilişkin akıllı cihazların şebekelere uyumlandırılmasına ilişkin uygulamalar bulunmaktadır.

Şebekenin tümü düşünüldüğünde, verimliliği artıracak bir diğer önemli çözüm de atık suyun yeniden kullanımı ve geri dönüşümüdür. Suda sürdürülebilir yeniden kullanım uygulamalarında bütüncül yaklaşım; politik, sosyal, ekonomik, teknolojik ve çevresel geri dönüşüm faktörlerinin hesaba katılmasını gerektirmektedir (Sgroi, Vagliasindi ve Roccaro, 2018, s. 20). Yeniden kullanım ve geri dönüşüm söz konusu olduğunda atık su bir kaynak olarak düşünülebilir. Amaç, artık içilebilir özelliğini kaybetmiş gri su ve siyah su gibi kullanılmış suların çeşitli işlemlerden geçirilerek farklı alanlarda yeniden kullanılmasıdır. Gri su; konut, üretim ve ticaret kullanımlarındaki tuvalet kullanımı haricindeki günlük temizlik aktivitelerinden elde edilmiş atık sudur. Gri suyun daha etkin kullanılması için temizlikte kullanılan deterjanların içeriklerinde aşırı miktarda zararlı kimyasal (yüksek asit ve alkali içeren ürünler, çözücüler, çamaşır suları vb.) bulunmayanların tercih edilmesi ve mümkün olduğunca çevre dostu olması, uzun süre bekletilmeden kullanılması, sulamada bitkilerin üzerine değil köklerine verilmesi gibi bazı önlemler alınabilir. Siyah su ise, gri sudan farklı olarak içeriğinde çok miktarda zararlı organizmaların bulunduğu, kanalizasyona verilen sudur. İçinde yüksek oranda patojenlerin bulunduğu siyah suyu doğrudan kullanmak mümkün değildir. Ancak biyolojik ve/veya kimyasal süreçlerden geçirilerek tekrar kullanıma uygun hale getirilebilir.

Geri dönüşüme uğramış sudan; tarım, peyzaj, park ve golf alanlarının sulanması; fabrikalarda ve petrol rafinerilerinde soğutma amaçlı kullanılması; endüstriyel üretim sürecinde işlevlendirilmesi; tuvalet rezervuarlarında, toz kontrolünde ve çimento karıştırmada kullanılması; suni göletlerin doldurulması gibi alanlarda faydalanılabilir. Suyun yeniden kullanılması ve geri dönüşümünde sudan ve enerjiden tasarruf sağlandığı bir gerçektir ancak özellikle siyah suyun geri dönüşümündeki sistemlerin kurulum ve bakım maliyetlerinin yüksekliği de karar verme süreçlerinde göz önünde bulundurulmalıdır. Bunların dışında yağmur suyu hasadı da yüzeye düşen yağmur sularının toplanıp depolanarak değerlendirilmesini sağlayan tasarruf ve geri dönüşüm esaslı alternatif çözüm örnekleridir.

### **2.2.2. Su tüketiminde yeni ve yenilikçi çözümler**

Teknoloji desteği, verimlilik esaslı çözümlerle bütünleştirilerek sistem ölçeğinde izleme, geri bildirim ve onarım aşamalarında kullanılabilmesi gibi, son kullanıcı hedefli yeni ve yenilikçi çözümler de uygulanabilir. Evsel kullanımda ve üretimde özellikle temizlik için kullanılan makinalarda enerji ve su tasarrufu sağlayan yeni nesil teknolojiye sahip olanlar tercih edilebilir. Kullanıcıların bilinçlenmesi ve yeni nesil teknolojilerin yaygınlaştırılması adına bu teknolojilere yönelik etiketleme sistemleri geliştirilmiştir (örneğin enerji ve su tasarrufu sağlayan makine ve beyaz eşyalarda ABD Energy Star, Türkiye A'dan G'ye 10 farklı enerji sınıfında enerji tasarrufu etiketlendirmeleri mevcuttur).

Yine armatürlerde ve benzeri cihazlarda sensörlü sisteme geçilmesi, rezervuarlarda su miktarını tercihe göre kademelendiren sistemler kurulması da küçük ölçekli ama hem bilinçlendirme hem de tasarruf açısından etkili çözümler arasında yer almaktadır. Su tüketiminin ciddi bir kısmından sorumlu olan tarımsal üretimde ise damla sulama gibi su tasarrufu sağlayan tekniklere geçilmesi, sulama takviminin mevsimsel yağış rejimine göre ayarlanması, yetiştirilen ürünlerin iklim ve toprak tipine uygun seçilmesi, suyun akış hızını kontrol amacıyla tarımsal arazilerde taraçalandırma yapılması gibi çözümler uygulanabilir.

### **2.2.3. Su kirliliği ve bertaraf önerileri**

Kirlilik ise su kaynaklarına negatif yönde etki eden, sürdürülebilirliğin önündeki ikinci büyük unsurdur. Bu bağlamda evsel kaynaklı kirlilik ile özellikle sanayi ve tarımsal kirlilik hem su kaynaklarının sürdürülebilirliği hem de insan sağlığı açısından ciddi tehditlerdir. Kentleşme ile beraber toprağa sızamayan su, doğal arıtım olan topraktan mahrum kalmakta ve yüzeyde biriken kirliliği doğrudan su kaynaklarına taşımaktadır (Gülbaz ve Kazezyılmaz-Alhan, 2017, s. 1041). Bu durumun önüne geçebilmek için doğa temelli çözümleri (nature based solutions)



içeren yeşil çatı, ağaçlandırma, peyzaj uygulamaları gibi çeşitli yeşil altyapıları güncel çözüm alternatifleridir. Tarımda ise kullanılan çeşitli kimyasallar, suni ve hayvansal gübre ile hayvancılık hem yeraltı hem de yüzey sularının organik ve kimyasal bileşiklerle kirlenmesine ve tuzlanmasına (salinization) yol açmaktadır. Bu kirliliğin engellenmesi havza ölçeğinde kapsamlı çalışmalar gerektirirken tarımsal üretimde kullanılan maddelerin kontrolü, üreticilerin bilinçlendirilmesi, tarım alanları ve su kaynakları arasında çeşitli bitki ve ağaçlarla tampon bölgeler oluşturulması, yine çeşitli bitki örtüsü ile erozyonun önlenmesi gibi çözümlere gidilebilir. Kimya, metal, madencilik, gıda gibi endüstriyel sektörler de kimyasal ve metal atıkları nedeniyle su kirliliğine yol açar. Arıtma tesisleri kurulması, üretimde çeşitli kontrol ve limitler getirilmesi, çevre dostu üretim biçimlerine geçilmesi gibi çözümlerle de endüstriyel kirliliğin azaltılması ve kontrol altına alınması sağlanabilir. İsveç, atıklardan enerji elde etme ve geri dönüştürme sistemlerinde başarılı örnekler sunmuş; Finlandiya, Avusturalya, Avusturya, Kanada ve ABD gibi ülkelerde üretim, çevre mükemmeliyeti ve halkla ilişkilerin entegre yürütüldüğü ekonomik olanaklar sunan aynı zamanda ekosistemi geliştiren eko-endüstriyel parklar kurulmuştur (Casares vd., 2005, s. 1076).

Su kirliliğinin önüne geçmek için üretim ve evsel etkinliklerde kullanılan kimyasalların ve çözünen/çözünemeyen zararlı atıkların kontrollü kullanımı ve azaltılması; kentlerden ve tarım alanlarından su kaynaklarına ulaşan ya da yüzeyden yeraltı sularına karışan yüzey sularının fiziksel müdahalelerle filtrelenmesi; yine kentsel etkinlik ve endüstriyel üretim sonucu ortaya çıkan atık suların kimyasal süreçlerle filtrelenmesi ve teknoloji desteğiyle su kullanımında hem miktarın hem de kirliliğin azaltılması gibi müdahale biçimleri değerlendirilebilir.

### **2.3. Katı atık sistemlerinde sürdürülebilirlik ve atık yönetimi**

Katı atık, atık su örneğinde olduğu gibi ekonomiye tekrar kazandırılacak bir kaynaktır. Geçmişte katı atık, insan sağlığını tehdit eden ve yaşam alanlarından mümkün olan en hızlı şekilde uzaklaştırılması gereken maddeler olarak görülmekteydi. Son yirmi yılda ise artan nüfus ve tüketime bağlı olarak atık miktarlarının kontrolün ötesinde artması ve atıkların çeşitli işlemlerden geçirilerek tekrar işlevlendirilebilen bir kaynak olabileceğinin farkına varılmasıyla bu görüş değişmiştir. Katı atıkları yalnızca toplayıp bertaraf ederek ya da yerleşimlerden uzaklaştırıp depolayarak değil, geri dönüşümle bir kaynak olarak kullanmayı içeren bu yaklaşım, katı atık sistemlerinde yeni süreç tasarımlarını getirmiştir.

Atıklar; içerik, miktar ve çeşit açısından oldukça geniş bir aralıkta farklılaşır. Sistem, diğer altyapı bileşenleriyle karşılaştırıldığında daha az karmaşık bir süreci içerir; ancak sürdürülebilirliğin sağlanması için katı atıkların doğru yönetilmesi ve doğru müdahale biçimlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle ayrıştırma, depolama, imha, geri dönüşüm ve geri kazanım gibi müdahale biçimleri atığın özelliğine göre farklılaştırılmalıdır. Özelleşmiş müdahalelerle yalnızca çevresel değil ekonomik olarak da en yüksek faydanın alınması sağlanabilir. Süreçte ele alınması gereken ilk ve en yaygın düzeydeki politika, bilinçlendirme ve eğitim olmalıdır. Katı atığın tamamen değersiz ve zararlı olduğu algısının önüne geçmek için her atığın çöp niteliğinde olmadığı, geri dönüşüm ve geri kazanım süreçleriyle yeniden işlev kazandırılacağı eğitim ve bilinçlendirme çalışmalarıyla gösterilmeli, son kullanıcıların geri kazanıma katılımı teşvik edilmeli ve nihayetinde uygulamaya her düzeydeki katılımcının ortak eylemiyle geçilmelidir. Atıkların oluşumundan başlayarak ayrıştırma, bertaraf etme ve işlevlendirmesine yönelik bir eylem planı ve yönetim modeli oluşturulması, sistemin etkinliğini ve sürekliliğini sağlayacaktır.

Atık yönetiminde ilk hedef, atık miktarının azaltılmasıdır (McDougal vd., 2001, p. 9). İkinci adımda ise atıkların ayrıştırılması gelir. Kâğıt, cam, plastik ve metal gibi geri dönüşüme sokularak yeniden kazanılabilecek atıklar diğer atıklardan ve birbirlerinden ayrılarak biriktirilir, sonrasında ise geri dönüşüm tesislerinde yeniden kullanıma hazır hale getirilir. Çevre Koruma ve Ambalaj Atıkları Değerlendirme Vakfı (ÇEVKO) verilerine göre 1 ton kâğıdın dönüşümüyle

17 ağacın kesilmesi önlenirken 1 ton camın dönüşümüyle 100 litre petrol tasarrufu sağlanmaktadır (ÇEVKO, 2018). Organik atıklar, mikro düzeyde biriktirilerek tarımsal üretim için kompost olarak kullanılmakta; makro düzeyde ise organik atıkların toplanma alanlarında çürüme sürecinden sonra ortaya çıkan metan gazından biyokütle enerjisi olarak faydalanılmaktadır.

Sonuç olarak, tüketimde ortaya çıkan atıklar en aza indirgenerek kalanların geri dönüşümü mümkün olanlarının ayrıştırılıp işlenmesi ve yeniden kullanılabilir hale getirilmesi ya da enerjiye dönüştürülmesiyle bir döngü yaratılması sürdürülebilirliğe katkı sağlayacaktır. Katı atık sistemlerinde sürdürülebilirliği sağlayan bu döngüde; son kullanıcılar, yerel yönetim, endüstri ve sivil toplum taraflarındaki aktörlerinin katılımıyla yürüyecek bir yönetim modelinin ve eylem planının oluşturulması gerekli ve esastır.

#### **2.4. Telekomünikasyon sistemlerinin sürdürülebilirlikte rolü**

Telekomünikasyon ağları, bireyler ve kurumların kendi aralarında ve birbirleriyle iletişimini sağlar. Bu iletişimin belli standartlarda devamlılığı, hızı, kapasitesi ve kapsayıcılığı ülkeler ve bölgeler düzeyinde özellikle sosyo-ekonomik gelişime etki eder. Ancak bu fiziksel etkiler belli bir dereceye kadar anlamlıdır çünkü bu sistemler kablolu, kablosuz hatlar ve uydu aracılığı ile her erimdeki mesafede bilgi, veri, görüntü ve ses iletimini gerçekleştirirken hemen hemen tüm ilişki biçimlerini mekândan bağımsızlaştırır. Son yıllarda kullanıcılara, kurumlara ve devletlere bankacılık, ulaşım, eğitim, sağlık gibi hizmetlerde veri depolama ve işleme olanağı sunan geniş bir platform niteliği kazanmışlardır. Sistemlerin mükemmel işleyişi, hizmetlerin devamlılığı ve güvenliği için önemlidir. Örneğin havaalanlarındaki iletişim sistemlerinde kısa süreli bir kesinti ya da arıza halinde bile uçuşlar aksar, yolcular ulaşım hizmetlerinden faydalanamaz ve havayolu şirketleri maddi zarara uğrar. Aynı şekilde bankacılık veri depolama ve veri aktarım sistemlerinde oluşacak bir problem ya da güvenlik açığı bireysel, kurumsal hatta devletler düzeyinde ciddi maddi kayıplara neden olabilir. Bu nedenle, kurumları siber ortama taşıyan bu yapının eş zamanlı izlenmesi ve aksaklıklara anında müdahale edilmesi, sistem sürekliliği ve kurumların güvenirliliği açısından önemlidir.

Gelişen teknolojiler ve kullanıcıların teknolojiye hâkimiyet kapasiteleri arttıkça telekomünikasyon sektörü daha yaygınlaşmakta ve farklı kullanım alanları kazanmaktadır. Easterling, telekomünikasyon sektörünün bileşenlerinden biri olan mobil telefon hizmetini dünyanın en büyük dağıtım platformu olarak tanımlarken bu hizmetin en hızlı büyüdüğü coğrafyaların Kenya gibi gelişmekte olan ekonomiler olduğunu belirtmektedir (Easterling, 2017, s. 19). Mobil telefon sektörünün yaygınlaşması sektörün bir yüzüdür. Diğer yüzünde ise dünya nüfusunun çoğu gelişmekte olan ülkelerde yaşayan yaklaşık 3.9 milyar, yani %52'nin üzerindeki bölümünün internet erişimi bulunmamaktadır (World Economic Forum, 2017). Oyedemi (2012), Güney Afrika'da üniversite öğrencilerine yönelik yaptığı çalışmada, internet erişimine kısıtlı erişimin toplumsal eşitsizliği arttırdığını vurgulamaktadır. Toplumdaki belli grupları internet sunucu ağlarından dışlayan bu durum, onların teknolojik gelişmelerini yavaşlatırken küresel ağlarda birer aktör olma fırsatlarını da önemli ölçüde sınırlandırır. Öte yandan mobil telefon hizmetine benzer bir şekilde internet sektörünün geniş coğrafyalarda gelişimi için fırsatlar da sunmaktadır. Yakın gelecekteki böyle bir hizmet yayılımı, sunacağı çeşitli olanakların yanında, hedef toplumun gelişmişlik düzeyleri düşünüldüğünde sosyo-ekonomik ve kültürel olarak zorlayıcı hatta yıkıcı, marjinal ve dezavantajlı grupları dışlayıcı olabilir. Olası negatif etkileri en aza indirmek için, kontrolü merkezi bir yönetimden sağlamak yerine dijital okuryazarlığı artırmaya yönelik eğitim çalışmaları sağlamanın orta ve uzun erimde sürdürülebilirliğe daha büyük katkı koyması beklenir.

Telekomünikasyon sistemlerinin sürdürülebilirliği desteklemedeki rolü, çoğu zaman sistemlerin kendi sürdürülebilirliğinin önüne geçmektedir. Özellikle üretim sektöründe bilişim teknolojilerinin gelişmesi ve yaygınlaşması, yeni bir paradigmaya işaret eder. On dokuzuncu

yüzyılın buhar gücüyle çalışan fabrikalarının yerini yirminci yüzyılın başında elektrifikasyonun ön ayak olduğu seri üretim almış, 1970'lere gelindiğinde ise endüstri otomasyona dayalı hale gelmiştir (Rüssmann vd., 2015, s. 1). Yirmi birinci yüzyılın başlarında olgunlaşan Endüstri 4.0, ya da 4. Nesil Endüstri Devrimi olarak da adlandırılan yeni üretim modeli ise kendini öncülleyen üç endüstriyel devrimini geride bırakmıştır. Bu yeni nesil üretim anlayışında, otomasyonun çok ötesinde uzaktan yönetilen bilişim destekli sistemler bulunmakta, üretimde insan faktörü en aza indirgenmektedir. Üretimin temelinde buluşçuluk, araştırma ve geliştirme faaliyetleri yatar ve teknoloji yoğun bir süreç söz konusudur. Üretimin fiziksel mekânı ile yürütücü ve denetleyişi sistemlerin siber mekânı sürekli bir iletişim halindedir.

İnsan faktörünü devreden çıkaran akıllı üretim teknolojilerinin şekillendirdiği bu süreçte, telekomünikasyon altyapısı kritik rol oynar. İşletim, izleme, uyumlandırma ve geri bildirim aşamalarının tümünde dâhili ağ sistemleri (intranet) ve bağlantılı geniş ağlar kullanılır. İnsan faktörünün dahlini ve kontrolünü en aza indirgeyen yapılarda sistemin ve dolayısıyla da endüstrinin devamlılığı neredeyse tamamen bilgi ve iletişim sistemlerinin etkin ve verimli işleyişine bağlı duruma gelir.

Siber bağlantılar, fiziksel bağlantıları da güçlendirir ve ekonomide rekabetçilik kapasitelerini etkiler. Dijital altyapının bağlantılarının, ticaret ve lojistik aktivitelerinin geliştirmesi, kalifiye ve eğitilmiş iş gücüne, buluşçuluğa ve araştırma geliştirmeye katkıları ile küresel değer zincirlerine katılımında anahtar önem taşır (Schwab, 2016, s. 13). Bölgelerin ve ülkelerin küresel ekonomide etkin bir oyuncu olması, bilgi ve iletişim teknolojilerinden faydalanma düzeylerini belirleyicidir.

Akıllı kent uygulamalarında yaygınlaşan nesnelerin interneti (IoT), özellikle büyük veri yönetiminin de yardımıyla sürdürülebilirliğe yeni fırsatlar sunmaktadır. Nesnelerin interneti tarafından etkinleştirilen büyük veri uygulamaları, sürdürülebilir kalkınma hedefleri açısından akıllı şehirler için önemli bir bileşen haline gelmektedir (Bibri, 2018). Akıllı kentler, izleme ve önleme aşamalarında ilerleme sağlayan IoT araçlarından gelen büyük veriden faydalanmaktadır (Lavalle, vd., 2020). IoT, enerji ve su kaynaklarının mevcudiyeti ve kullanımında, kaynakların korunmasında bilincin artırılmasında, trafik düzenlemeleri ve park olanakları konusunda veri toplamada, gaz tüketimi ve CO2 salımının azaltılmasına gerçek zamanlı veri toplanmasını sağlayabilir (Nonnecke, Bruch ve Crittenden, 2016, s.1).

Zaman ve mekân boyutlarından; hatta üretimde ve hizmetlerde insan faktöründen bağımsızlaştıran telekomünikasyon ağlarının; bilgide üretim, akış, değerlendirme, izleme, uygulama ve geri bildirim kapasitelerine doğrudan ve dolaylı etkileri, sürdürülebilirliğin sağlanmasında sayısız olanaklar sunmaktadır. Toplumların bu sistemlerin en etkin ve verimli şekilde kullanılmasına ve geliştirilmesine hazır durumda olmaları ise insan sermayesini ve buluşçuluğu destekleyecek eğitim, yatırım ve politikalarla sağlanabilir.

### **3. Bölgesel Kalkınmada Sürdürülebilirlik ve Altyapının Rolü**

Çok bileşenli ve çok katmanlı sosyal, kültürel, ekonomik ve ekolojik işleyiş ve ilişkilerin kapsamlı bir biçimde ele alınmasında anlamlı olan bölge biriminin, kalkınma ve sürdürülebilirlik bağlamlarında ayrı bir başlıkta değerlendirilmesi doğru olacaktır. Çevreye ilişkin kaygıların, yerel ölçekte düzenlemeler içeren konulardan bölgesel ve küresel ölçekte kaynakların yönetimine ilişkin konulara dönmekte, bunun da çeşitli aktivitelerin çevresel etkilerine sistematik bir bakış gerektirmektedir (Holmgren, 2006, s. 10). Çevre sorunlarındaki dışsallık ve yayılma etkilerinin yerel ölçeği çoğu zaman yetersiz ve anlamsız kılması da gerek konu gerekse coğrafi uzamda daha kapsamlı bir çözümleme ihtiyacına yok açmaktadır.

Bölge, belli bir alan tanımından çok iç dinamikleri ve bağlantılarıyla bir sistemi tanımlamaktadır. Bölgenin sağlıklı işleyişi, esnekliği ve dayanıklılığı; ekonomik, ekolojik ve sosyal bileşenlerin dengelenmesini gerektirir. Altyapı, değişimin bir yönlendiricisidir ve toplumsal istikrar, hızlı kentleşme, iklim değişikliğine uyumlanma ve doğal afetlerden sakınım gibi günümüzdeki sistematik gelişmeyi en fazla zorlayan ve sınayan konularla ilgilidir. Altyapının çevreci ve kapsayıcı olması ülkelerin temel ihtiyaçlarını sağlamada ve rekabet kapasiteleri geliştirmede etkilidir.

Bu noktada vurgu, yaşanabilirliğe yapılmakla beraber, bölgesel gelişmişlik farklarının azaltılması ve kalkınma da öncelikli konular arasındadır. Bölgesel kalkınmada sürdürülebilirlik ve altyapının rolü zaman içinde değişmiştir. İkinci Dünya Savaşı sonrası yeniden yapılanma sürecini takip eden neo-klasik büyüme modelleri fiziki sermaye birikiminin önemiyle ağırlıklı olarak ekonomik boyuta işaret eder. Bu görüşte ulaşım ağının genişletilmesi ve iyileştirilmesi, yeni enerji santralleri kurulması ve dağıtım şebekesinin yaygınlaştırılması, üretim altyapılarının desteklenmesi gibi doğrudan fiziki sermaye yatırımlarının gelişmekte olan ekonomilerde hızlı bir büyümeyi getireceği, gelişmiş ekonomilerde ise rekabeti arttıracığı ve son tahlilde tüm ekonomilerde kapsamlı bir kalkınma yakalanacağı ve bölgeler arası gelişmişlik farklarının kapanacağı varsayılmaktaydı. Bu noktada en önemli ölçüt, maliyetlerin düşürülmesi olarak kabul edilmekte ve maliyetlerin sürecin standartlaşması ve büyük ölçekli devlet yatırımlarıyla sağlanacağı anlayışı hakimdir. Bu yaklaşımda, geleceğe yönelik kestirimlere dayanarak oluşacağı tahmin edilen talep miktarı hesaplanır ve yatırımlar buna göre planlanır. Geleneksel yaklaşım, yeni gelişme alanlarını talebin pasif bir şekli olarak tasavvur etmiş ve talepteki büyümenin arz yönelimli seçeneklerle karşılanabileceğini öngörmüştür (Marvin ve Guy, 1997, s. 2028).

Ne var ki bilgi ve iletişim teknolojilerinin değişimi ile hızlı kentleşme ve küreselleşme, çoğu zaman farklı coğrafyalardaki gelişmişlik makasının daha da açılmasına neden olur ve topyekûn kalkınma varsayımını pek çok durumda boşa çıkarabilir. Bu nedenle, fiziksel sermaye ile birlikte insan sermayesinin önemi ve ekonomik büyümeye katkı sağladığı fikri gelişmiştir (Romer, 1986; Lucas ve R, 1988; Chesire ve Margini, 2000). İnsan sermayesi, rekabetçilik ve ekonomik büyümede anahtar belirleyicidir (Cadil, Petkovova ve Blatna, 2014, s. 85). Buna yönelik olarak da yaşam boyu eğitim, sağlık ve çevreye ilişkin altyapı ve hizmetlerin geliştirilmesi önem kazanmıştır.

Son yirmi yılda bilgi toplumuna geçişle sermaye birikimini öncülleyen ekonomilerin yerini sermaye, insan ve bilgi akışları ve iletişimi öncülleyen bilgi-temelli ağ ekonomileri almıştır. Bu işleyişte insan iletişimlerinin yoğunluğu ve karmaşıklığı artmış ve erişilebilirlikte coğrafi belirleyiciliğin önemi azalmıştır (Karlsson ve Westin, 1994, s.2). Bilgi ve iletişim teknolojileri ağlarına katılım, eğitici sistemler ve iş kültürünün de ekonomik başarıda önemli faktörler arasında yer almasıyla geleneksel karşılaştırmalı üstünlük bakış açısı, küresel ekonomide bölgelerin görece ekonomik performanslarını açıklamada artık yeterli değildir (Nijkamp, 2003, s. 396).

Değişen ekonomik sistemde altyapı, gündelik hayatın ve üretimin sürdürülmesinin yanında kullanımlar arası işleyiş ve aktörler arası iletişimi sağlamakta rol oynar. Bütünleşik bölge yaklaşımı ile altyapı planlaması ve buna yönelik olarak arazi kullanımı, ulaşım ve istihdam gibi sektörlerde bütünleşik politikaların gözetilmesi, sürdürülebilir bölgesel gelişimde önemlidir (Regan ve Bajracharya, 2010). Bu noktada, sektörler arası eşgüdümün sağlanması, sürecin yeniden ele alınmasını, yeni sistemin taleplerine daha etkin cevap verebilecek yönetim yapısının kurgulanarak gerektiğinde yeni kurumlar kurulmasını ve mevcut kurumların yeniden yapılandırılmasını gerektirmektedir.

Araştırma geliştirme etkinliklerinin; sürdürülebilirlik çerçevesinde bilim, ekonomi, çevre ve sosyal gelişmeyi destekleyeceği düşünülmekte ve rekabet kapasitesinin buluşçulukla artacağı varsayılmaktadır. Buluşçuluğun temelinde de nitelikli insan gücü ile işler bir fiziksel altyapının varlığı yatmaktadır. Altyapının etkin, verimli ve güvenilir hizmet vermesi, ekonomide sektörlerin varlığı ve devamlılığı açısından hayati önem taşımaktadır. Örneğin bilgi ve iletişim servislerinin; sektörel paylarda ağırlık kazanan profesyonel hizmetlerin işleyişi ile ulaşım altyapısında lojistik hizmetler ve üretimin devamlılığı açısından önemi büyüktür. Dördüncü endüstri devrimi bağlantısallıkları ve ticaret etkinliklerini kolaylaştıran dijital altyapı üzerine kurulmuştur (Schwab, 2016, s. 4). Dünya Ekonomik Forumu tarafından 2004 yılından itibaren yayımlanan ve her ülkenin kendi bölgesi içinde ve dünyayla karşılaştırmalı durumlarının sunulduğu raporlarda altyapı; rekabetçiliğin on iki ana ayağından biri olarak bölgesel gelişmişliğe doğrudan etkilidir (World Economic Forum, 2017). Öte yandan buluşçuluk, piyasa verimliliği, sağlık, eğitim, karmaşık üretim süreçleri gibi diğer ayaklarla da dolaylı olarak ilişkilidir.

Kısaca yıllar içinde altyapı, bölgesel kalkınmada büyük rol oynamış, fiziksel altyapı yatırımları üretimin ölçeği ile ürünlerin erişim alanı ve hızını değiştirmiştir. Ancak bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişmesiyle değişen ekonomik ve sektörel yapı, bölgesel kalkınmada ve rekabetçilikte altyapının rolünün ve aktörlerin yeniden tanımlanmasını beraberinde getirmektedir. Altyapının yeni rolü; bilgi, ürün ve insan akışlarını hızlandırmak, kolaylaştırmak ve yaygınlaştırmak olarak yeniden tanımlanmakta, bunlar için kurumların yeniden yapılandırılması ve sürecin yeniden tasarlanması gereklilikleri doğmaktadır. Bölgesel kalkınma tartışmalarında ağırlık ekonomik boyutta olsa da insan sermayesi ve rekabetçilikle birebir ilişkili olan yaşanabilirliğin önem kazanmasıyla sosyal gelişme ve doğal çevrenin korunması da kalkınma tartışmalarında yer bulmaktadır.

#### 4. Değerlendirme

Enerji, su, atık ve iletişim akışlarını sağlayan; bilginin paylaşım, saklanma, dağıtım ve işleme platformlarını oluşturan, kurumlar ve bireylerin kendi aralarında ve birbirleriyle iletişimini gerçekleştiren altyapı bileşenlerinin hem sistemler düzeyinde sürdürülebilir olması gerekmekte, hem de bağlı ve ilişkili oldukları tüm sektörlerin, sektörlerin oluşturduğu ağların, kent ve bölgelerin sürdürülebilirliklerini desteklemesi beklenmektedir. Günümüzde geleneksel işlevlerinin ve niteliklerinin ötesinde altyapı hizmetlerini, yalnız fiziksel bileşenler, ağlar ve bunlar arasındaki akışlarla açıklamak yeterli değildir. Çok boyutlu ve çok yönlü bir yaklaşım; yatırım, politika geliştirilmesi, eğitim ve buluşçuluğu da içermeli, insan sermayesine katkı koymalıdır. Altyapı, gizli olmak şöyle dursun, artık hepimizin arasındaki açık temas ve erişim noktasıdır – gündelik hayatın tüm mekânını yöneten kurallardır (Easterling, 2017, s. 13). Bu kurallar ve standartlar dizini, tanımı gereği mevcut ve gelecek nesillerin ihtiyaçlarının karşılanabilirliğini esas alan sürdürülebilirliğin sağlanması için gereklidir.

Kentsel, endüstriyel ve tarımsal etkinliklerin değişen ve dönüşen nitelik ve nicelikleri, kaynakların hızla tüketilmesini ve kirletilmesini de beraberinde getirmiştir. Bu bağlamda kaynakların kullanımı ve hizmetlerin üretimi aşamasında yeni ve yenilenebilir kaynaklarına yönelmek, tüketim alışkanlıklarının eğitim ve bilinçlendirme çalışmaları ile yeniden kurgulanması, teknolojik gelişmelere paralel yeni ve yenilikçi uygulamalar geliştirilmesi, çözüme yönelik bazı önerilerdir. Hizmetlerin sunumu aşamasında ise sistemlerin kendi sürdürülebilirliklerini desteklemek ve kentsel/bölgesel bileşenler düzeyinde sürdürülebilirliğin yakalanması için teknoloji destekli altyapı bileşenleri ile kurulum, denetim ve geri bildirim sistemleri kurulması da oldukça önemlidir. Günümüzde, bilişim teknolojileri aracılığıyla altyapı sistemleri yeniden yapılandırılmaya başlamış ve pek çok bileşen siber platforma taşınmıştır. Geleneksel sistemlerin yerini alan ya da onlarla bütünleştirilen akıllı sistemler yoluyla iletişim

ve bilgi aktarımının yaygınlaşması ve hız kazanması; aynı zamanda altyapı sistemlerinde kurulum, işletme ve izleme aşamalarında etkinlik ve verimlilik artışı sağlanmıştır.

## 5. Sonuç

Gündelik hayatın devamlılığının ve kurumların işlerliğinin sağlanabilmesi, altyapı sistemlerinin sunduğu ağ ilişkilerinin kesintisiz ve belli bir standartta sağlanabilmesine bağlıdır. Altyapı, toplumların gelişimine zemin hazırlayan, şekil veren ve hızlandıran sistemler bütünüdür. Gelişimin sürdürülebilir olması, altyapı sistemlerinin de sürdürülebilirlik çerçevesinde sunumuna bağlıdır. Bileşenler tekil ve birbirleriyle ilişkili olarak değerlendirildiğinde, sürdürülebilirlik çerçevesinde sistemlerin nasıl kurgulanması gerektiğine dair ipuçları verir.

Kentsel altyapı bileşenlerini tekil olarak değerlendirdiğimizde, sürdürülebilirlik ile ilişkili şu sonuçlara varabiliriz: Enerji sistemlerinde fosil yakıtlardan yenilenebilir kaynaklara geçiş, kaçak ve kayıpların önüne geçilmesi ile verimliliğin artırılmasına yönelik önlemler ön plana çıkmaktadır. Su ve atık su sistemlerinde ise yaklaşımın, suyun korunması gereken bir varlık olarak kabulü ile bu varlığın daha iyi bir şekilde değerlendirilmesine yönelik kaçak ve kayıpların önüne geçilmesi, geri dönüşüm ve tasarım uygulamaları ile sürdürülebilirliğe katkı koyacak öneriler geliştirilmesi olarak değerlendirilebilir. Katı atıkta ise katı atık miktarını azaltmaya çalışan politikalar ile geri dönüşüm ve geri kazanımla mevcut atıktan optimum fayda sağlamaya yönelik pratikler hayata geçirilebilir. Telekomünikasyon sektöründe sistemlere erişimin herhangi bir dışlanmaya mahal vermeyecek şekilde fiziksel ve ekonomik olarak sağlanması, sürdürülebilirliğin hakçalık ekseninde önem kazanmaktadır. Altyapı bileşenleri, birbirleriyle ilişkili olarak değerlendirildiğinde ise, tüm bileşenlerde teknoloji destekli yeni ve yenilikçi çözümler ile akıllı mekanizma ve şebekelere geçiş sürdürülebilirliğe ilişkin politika ve araçların uygulanmasına ve sistemlerin uyumlandırılmasına olanak sağlar. Yine sistemlerin bütünü göz önünde bulundurulduğunda talep ekseninde tüketicilere yönelik farkındalığın artırılması ve buna yönelik politikaların hayata geçirilmesi hem kullanıcıların gündelik pratiklerinde köklü değişiklikler sağlayacak hem de sistemden beklentilerinin sürdürülebilirliği gözetir şekilde değişmesine imkân verecektir.

Etkin ve verimli bir şekilde sağlanan altyapı sistemleri, bölgesel, ulusal ve en nihayetinde küresel gelişime katkı sağlayacaktır. Bölgesel düzeyde ele alınacak olursa erken dönemlerdeki altyapı sunumunun doğrudan ekonomik büyümeyle sonuçlanacağı yaklaşımından, beşerî sermayenin geliştirilmesi ile rekabetçilik ve işbirliğinin desteklenmesine olanak sağlayan, araştırma geliştirme faaliyetleriyle buluşçuluğa zemin hazırlayan sistem tasarımlarına geçilmesi ile bölgesel sürdürülebilirliğin artırılması yaklaşımına geçilmiştir.

Sonuç olarak bir yandan teknoloji desteği diğer yandan eğitim ve bilinçlendirme politikaları ile kentsel altyapı hizmetleri geliştirilebilir ve altyapı sektörünün kentsel-bölgesel-küresel sürdürülebilirliği çevre, hakçalık ve ekonomik eksenlerde desteklenmesi sağlanabilir. Bu yönüyle altyapı artık yalnızca fiziksel bir unsur olarak değerlendirilebilen teknik bir bileşen olmanın ötesine geçerek sosyo-teknik bir nitelik kazanmaktadır. Fiziksel bileşenlerde belli standartların sağlanması ve araştırma-geliştirme etkinlikleri ile hizmetlerde sürekliliğin ve verimliliğin sağlanması, bunların yanında sistemleri geliştirecek ve etkin olarak kullanabilecek bir toplumun meydana getirilmesi adına insan sermayesine de yatırımlar yapılmasını gerekli kılmaktadır.

## Kaynaklar

- Bibri, S., E. (2018). The IoT for smart sustainable cities of the future: An analytical framework for sensor-based big-data applications for environmental sustainability. *Sustainable Cities and Society*, 38, 230-253. doi: 10.1016/j.scs.2017.12.034
- Cadil, J., Petkovova, L., ve Blatna, D. (2014). Human capital, economic structure and growth. *Procedia Economics and Finance*, 12, 85-92. doi:10.1016/S2212-5671(14)00323-2
- Casares, M. L., Ulierte, N., Mataran, A., Ramos, A., ve Zamorano, M. (2005). Solid industrial wastes and their management in Asegra Granada, Spain. *Waste Management*, 25(10), 1075-1082. doi:10.1016/j.wasman.2005.02.023
- Cheshire, P., ve Margini, S. (2000). Endogeneous processes in European regional growth: convergence and policy. *Growth and Change*, 31(4), 455-479. doi:10.1111/0017-4815.00140
- Düzgün, B. (2018). Elektrik İletim ve Dağıtım Şebekesinin Enerji Verimliliğinin Değerlendirilmesi ve 2023 Projeksiyonları. *Journal of Polytechnic*, 21(3), 621-632. doi:10.2339/politeknik.389604
- Easterling, K. (2017). *Devletdışı Güç: Altyapı Mekanı ve İktidar*. İstanbul: Metis.
- Evans, A., Strezov, V., ve Evans, T. J. (2009). Assessment of Sustainability Indicators for Renewable Energy Technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13, 1082-1088. doi:10.1016/j.rser.2008.03.008
- Gülbaş, S., ve Kazezyılmaz-Alhan, C. M. (2017). Düşük etkili kentleşme uygulaması: Biyotutmanın hidrolojik performansının deneysel modellerle araştırılması. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(9), 1041-1048. doi:10.5505/pajes.2017.54531
- Iqtiyanillham, N., Hasanuzzaman, M., ve Hosenuzzaman, M. (2017). European Smart Grid Prospects, Policies and Challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 67, 776-790. doi:10.1016/j.rser.2016.09.014
- Karlsson, C., ve Westin, L. (1994). Patterns of a Network Economy: An Introduction. In B. Johansson, C. Karlsson, & L. Westin (Eds.), *Patterns of a Network Economy* (pp. 1-14). Berlin: Springer-Verlag.
- Kaygusuz, K., ve Toklu, E. (2012). Energy Issues and Sustainable Development in Turkey. *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 1(1), 1-25.
- Lavalle, A., Teruel, M., A., Mate, A., ve Trujillo, J. (2020). Improving Sustainability of Smart Cities through Visualization Techniques for Big Data from IoT Devices. *Sustainability*, 12, 5595(1-17).
- Lucas, R. E. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22, 3-42.
- Marvin, S., ve Guy, S. (1997). Infrastructure provision, development processes and the co-production of environmental value. *Urban Studies*, 34(12), 2023-2036. doi:10.1080/0042098975204

McDougal, F. R., White, P. R., Franke, M., ve Hindle, P. (2001). *Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory* (2 ed.). UK: Blackwell science.

Nijkamp, P. (2003). Entrepreneurship in a modern network economy. *Regional Studies*, 37(4), 395-405. doi:10.1080/0034340032000074424

Oyedemi, T., D. (2012). Digital Inequalities and Implications for Social Inequalities: A Study of Internet Penetration Amongst University Students in South Africa, *Telematics and Informatics*, 29(3), 302-313. doi: 10.1016/j.tele.2011.12.001

Regan, M., ve Bajracharya, B. (2010). Integrating Regional and Infrastructure Planning. In T. Yiğitcanlar (Ed.), *Sustainable Urban and Regional Infrastructure Development: Technologies, Applications and Management* (pp. 259-276). Hershey, New York: Information Science Reference.

Romer, P. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002-1037.

Sgroi, M., Vagliasindi, F. G., ve Roccaro, P. (2018). Feasibility, Sustainability and Circular Economy Concepts in Water Reuse. *Current Opinion in Environmental Science and Health*, 2, 20-25. doi:10.1016/j.coesh.2018.01.004

Strbac, G. (2008). Demand side management: benefits and challenges. *Energy Policy*, 36(12), 4419-4426. doi:10.1016/j.enpol.2008.09.030

Wilcox, J., Nasiri, F., Bell, S., ve Rahaman, M. S. (2016). Urban water reuse: A triple bottom line assessment framework and review. *Sustainable Cities and Society*, 27, 448-456. doi:10.1016/j.scs.2016.06.021

Zafar, R., Mahmood, A., Razzaq, S., Ali, W., Naeem, U., ve Shehzad, K. (2018). Prosumer Based Energy Management and Sharing in Smart Grid. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82(1), 1675-1684. doi:10.1016/j.rser.2017.07.018

URL-1: Altmann, M., Brenninkmeijer, A., Lanoix, J. C., Ellison, D., Crisan, A., Hugyecz, A., Hanninen, S. (2010). *Industry, Research and Energy: Decentralized Energy Systems*. Erişim adresi <http://www.europarl.europa.eu/document/activities/cont/201106/20110629ATT22897/20110629ATT22897EN.pdf>

URL-2: ÇEVKO. (2018). *Neden Geri Kazanım?* Erişim adresi [http://www.cevko.org.tr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=272&Itemid=254](http://www.cevko.org.tr/index.php?option=com_content&task=view&id=272&Itemid=254)

URL-3: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2019). *Elektrik*. Erişim adresi <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik>

URL-4: Gjedde, C. (2018). *New German White Paper on District Energy*. Erişim adresi <https://stateofgreen.com/en/partners/state-of-green/news/new-german-white-paper-on-district-energy-launched/>

URL-5: Holmgren, K. (2006). *A System Perspective on District Heating and Waste Incineration, Linköping Studies in Science and Technology, Dissertation No. 1053*. Linköping, Sweden. Erişim adresi <http://liu.diva-portal.org/smash/get/diva2:22895/fulltext01.pdf>



URL-6: IEA. (2019). Key World Energy Statistics. Erişim adresi  
<https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2019>

URL-7: IREA. (2019). *Renewable Energy and Jobs Review*. Erişim adresi  
<https://www.irena.org/publications/2019/Jun/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2019>

URL-8: Nonnecke, B., Bruch, M., ve Crittenden, C. (2016). *IoT and Sustainability: Practice, Policy and Promise*. Erişim adresi  
<https://escholarship.org/content/qt7dp1t4p8/qt7dp1t4p8.pdf> .

URL-9: Olivier, J. J., Schure, K. M., ve Peters, J. (2017, December). *Trends in Global CO2 and Total Greenhouse Gas Emissions 2017 Report*. Erişim adresi  
[https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2017-trends-in-global-co2-and-total-greenhouse-gas-emissions-2017-report\\_2674\\_0.pdf](https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2017-trends-in-global-co2-and-total-greenhouse-gas-emissions-2017-report_2674_0.pdf)

URL-10: REN21. (2019). *Renewables 2019 Global Status Report*. Erişim adresi  
[https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr\\_2019\\_full\\_report\\_en.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2019_full_report_en.pdf)

URL-11: Rüssmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., ve Harnisch, M. (2015). *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. Erişim adresi  
[http://www.inovasyon.org/pdf/bcg.perspectives\\_Industry.4.0\\_2015.pdf](http://www.inovasyon.org/pdf/bcg.perspectives_Industry.4.0_2015.pdf)

URL-12: Schwab, K. (Ed.). (2016). *World Economic Forum Global Competitiveness Report 2016-2017, Geneva*. Erişim adresi [http://www3.weforum.org/docs/GCR2016-2017/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2016-2017\\_FINAL.pdf](http://www3.weforum.org/docs/GCR2016-2017/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2016-2017_FINAL.pdf) adresinden alındı

URL-13: State of Green (2016). District Efficiency. Erişim adresi  
<https://stateofgreen.com/files/download/9499>

URL-14: TPAO. (2019). Türkiye'de Petrol ve Doğalgaz. Erişim adresi  
<http://www.tpa.gov.tr/?mod=sektore-dair&contID=98>

URL-15: U.S. Energy Information Administration. (2019, September). *International Energy Outlook 2019 with projections to 2050*. Erişim adresi  
<https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/ieo2019.pdf>

URL-16: World Bank. (2014). Electric Power Consumption. Erişim adresi  
<https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.ELEC.KH.PC>

URL-17: World Economic Forum. (2017). Internet for All. Erişim adresi  
[https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Internet\\_for\\_All\\_4\\_pager.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_Internet_for_All_4_pager.pdf)