

AKILLI ENERJİ

Yrd. Doç. Dr. Hüseyin BAYRAKTAR¹, Dursun Yıldırım BAYAR², Bestami KARA³

¹ Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, 06530, Çankaya, Ankara, huseyin.bayraktar@csb.gov.tr

² Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, 06530, Çankaya, Ankara, dyildirim.bayar@csb.gov.tr

³ Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, 06530, Çankaya, Ankara, bestami.kara@csb.gov.tr

ÖZET

Ülkemizde akıllı şehir politikalarına ulusal katmanda bütüncül bir bakış açısı getirerek ulusal politikalarla uyumlu şekilde yatırımları güvence altına almak amacıyla 2020-2023 Ulusal Akıllı Şehirler Strateji ve Eylem Planı hazırlanmıştır. 2020-2023 Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı kapsamında tanımlanan eylemlerin, görev ve sorumlulukların gerçekleştirilmesine ulusal ölçekte katkı sağlanması ve başta yerel yönetimlerimiz olmak üzere tüm paydaşların kapasitesinin artırılması amacıyla "Akıllı Şehirler Kapasite Geliştirme ve Rehberlik Projesi" T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü tarafından hayata geçirilmiştir. Proje kapsamında hazırlanan akıllı şehir külliyatında akıllı enerji konusu kapsamlı bir şekilde ele alınmış, bu konuda eğitim kitabı, video ve sunumlar hazırlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Akıllı Şehirler, Akıllı Enerji, Akıllı Şebekeler

ABSTRACT

SMART ENERGY

The 2020-2023 National Smart Cities Strategy and Action Plan has been prepared in order to assure investments in line with national policies by bringing a holistic perspective to smart city policies at the national level in our country. Smart Cities Capacity Building and Guidance Project was implemented by the General Directorate of Geographic Information Systems of the Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change, in order to contribute to the realization of the actions, duties and responsibilities that are defined within the scope of the 2020-2023 National Smart Cities Strategy and Action Plan, and to increase the capacity of all stakeholders, especially municipalities. In the smart city collection prepared within the scope of the project, the issue of smart energy was comprehensively discussed, and a training book, videos and presentations were prepared on this subject.

Keywords: Smart Cities, Smart Energy, Smart Grids

1. GİRİŞ

Akıllı şehir politikalarına ulusal katmanda bütüncül bir bakış getirerek birlikte çalışabilme yetisi kazanmak, belirlenen politikalarla uyumlu yatırımları önceliklendirerek yatırımların doğru proje ve faaliyetlerle uygulandığını güvence altına almak amacıyla ulusal ihtiyaçları ve öncelikleri bütüncül olarak göz önünde bulunduran, ekosistem paydaşlarının ortak aklı ile inşa edilen 2020-2023 Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı hazırlanmıştır.

Akıllı enerji 2020-2023 Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planında 16 akıllı şehir bileşeni arasında yer almaktadır. Akıllı bir şehir olabilmek için, her şehrin yerel enerji kaynaklarını, enerji ihtiyaçlarını ve sürdürülebilir enerji planlamasını yapabilmesi, bölgesel ısıtma-soğutma sistemleri gibi alan bazlı uygulamalar üzerinde çalışması, yenilenebilir enerjinin gerektirdiği yeni standartlara uygun teknik altyapı alanlarının düzenlenmesi gerekir. Ayrıca yeni yapılacak binalar ve mevcut binaların salt enerji verimliliği değil, aynı zamanda enerji üretimi açısından geliştirilmesine uygun zemin oluşturacak çalışmalar gerçekleştirilmelidir. Akıllı şehirlerin yenilikçi, yaşam kalitesini artıran ve yaşama maliyetini azaltan sürdürülebilir enerji sistemlerini hayata geçirmesi gerekmektedir.

2. AKILLI ENERJİ

Bu bölümde öncelikle klasik altyapılardan akıllı altyapılara dönüşüm genel hatları ile incelenmektedir. Ardından uluslararası yazında ve 2020-2023 Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı'nda yer alan "akıllı enerji sistemleri" ve "akıllı enerji bileşeni" kavramları sunulmaktadır. Son olarak Akıllı Enerji Bileşeni ile ilgili stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlayacak düşünsel bir zemin sunabilmek için ayrıca kentsel metabolizma çerçevesi, materyal ve enerji akımlarına dair başlıca karakteristik özellikler sunulmaktadır.

2.1. Klasik Altyapılardan Akıllı Altyapılara Dönüşüm ve Enerji Altyapısı

Altyapı genel olarak şu şekillerde tanımlanmaktadır:

- Maddeyi ya da enerjiyi tüketen bir "piyasa" (market),
- Madde veya enerjinin bir halden bir diğerine dönüştürüldüğü bir işleme birimi (Process unit)
- İşleme biriminin bulunduğu yerden madde veya enerjiyi alıp tüketici ile buluşturan bir fiziksel dağıtım yapısı (distribution unit) ile işleme biriminin bulunduğu yer (location of the process unit)
- Altyapı sistemine girdileri sunan ve bunun çıktılarında oluşan çevre (Nielsen ve Elle, 2000).

Altyapı sistemlerini incelerken ayrıca,

- İnşa etme, kullanma ve işletme-yürütme bilgisi (know-how),
- Görev alan aktörler ile bunların görev ve sorumlulukları ile
- Altyapının sunduğu hizmetin kendisini de dikkate almak gerekmektedir.

Bir diğer perspektiften bakıldığında, ekonomik bir sektör olarak enerji sektörü günümüzde şu alt sektörlerde faaliyet göstermektedir:

- Çıkarıcı sektörler (extractive industries)
- Dönüştürücü sektörler (transformative industries)
- Dağıtıcı sektörler (distributive industries) (Singelmann, 1978).

Çıkarıcı sektörler, tarım, petrolcülük, madencilik (kömür, uranyum vb. düşünüldüğünde) gibi alanlar olarak düşünülebilir. Bunlar doğal kaynakları doğrudan çıkararak ve çok az işlemden geçirerek diğer sanayilerin kullanımına sunmaktadırlar. Dönüştürücü sektörler ise maddenin formunu veya enerjinin türünü değiştirmektedir. Örneğin doğal gaz ile elektrik üretilebilmektedir. Yenilenebilir enerji sistemleri düşünüldüğünde, hem çıkarıcı hem de dönüştürücü sektörler olarak ele alınmaları mümkündür. Dağıtıcı sektörler ise, altyapı, ulaştırma vb. sektörleri kapsamakta ve bir malın, enerjinin ya da hizmetin tüketicilere ulaştırılmasını sağlayan faaliyetleri içermektedir. Bunlara elektrik dağıtım sistemlerinin sahibi olan firmalar veya kamu iktisadi teşebbüsleri, doğal gaz dağıtım şirketleri, tüp gaz dağıtıcıları örnek olarak verilebilir.

Geleneksel olarak enerji ile ilgili tanımlar veya işlevler tek sektörlü dar bir çerçevede ele alındığından, günümüzdeki teknolojik gelişmeler ve yönetsel değişikliklerle ortaya çıkan akıllı enerji bileşeninin açıklanmasında klasik tanımlar yetersiz kalmaktadır (Lund, vd. 2017). Bunun için, öncelikle genel olarak klasik altyapı ile akıllı altyapı kavramları arasındaki farklılıkları incelemek doğru olacaktır.

Geleneksel altyapı sistemlerinde, fiziksel bileşenler olan pompalar, borular vb. birbiri ile iletişim kurmazlar ya da kısıtlı bir iletişim söz konusudur (O'Reilly vd. 2001). Bu nedenle de izleme takip ve operasyonların yönetim işlevleri çok kısıtlıdır. Elektrik enerjisi ile ilgili sistemlerde durum biraz daha farklı olmakla beraber, aşağıda incelenen akıllı şebekeler ortaya çıkana kadar durum hemen hemen aynıdır.

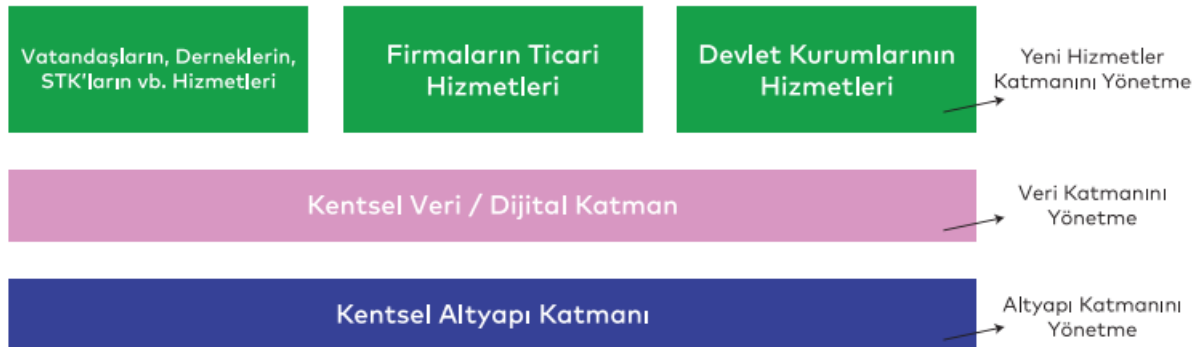
Basit bir şekilde ise Akıllı Altyapı ile klasik altyapı arasındaki farklılıklar şu şekilde özetlenebilir:

- Klasik Altyapı bir fiziksel katman (altyapı) ve bir de hizmet katmanından oluşmaktadır.
- Akıllı Altyapı sistemlerinde ise bu iki katman arasında fiziksel altyapıyı ve kullanıcılara ilişkin özellikleri temsil eden bir dijital katman ortaya çıkmaktadır.

Bu dijital katmanda, birçok eski ve yeni bilişim sistemi birlikte çalışır hale gelmektedir.

2. SONUÇLAR

Akıllı enerji sistemlerine geçiş, Endüstri 4.0 devriminde ön sırada olmak, Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'na ulaşmak ve ülkemizin karşılaştığı enerji risklerini azaltmak açısından hayati önem taşımaktadır. Nitekim ulusal plan ve programlar ile uluslararası iş birliği programlarında da bu konuya özel bir önem ve öncelik verildiği görülmektedir.



Şekil 1: Klasik ve Akıllı Altyapı Katmanları

Akıllı enerji sistemleri aynı zamanda ulaşım sistemini de radikal şekilde değiştirebilecek sistemler olup, karbon salınımının azaltılması, kentsel hareketliliğin iyileştirilmesi, gürültü kirliliğinin önlenmesi gibi birçok fırsat

sunmaktadır. Bu çerçevede akıllı enerji sistemleri ve ulaşım sistemlerinin ortak paydalarının iyi belirlenmesi ve sinerji oluşturan uygulamaların tercih edilmesi ile başarılı bir şekilde şehirlerin akıllı şehirlere dönüşmesi sağlanabilecektir.

1990’lardan itibaren eski altyapıların bileşenlerini birbirleri ile ilişkilendirmek ve bir bütün olarak çalıştırabilmek için özellikle bilişim teknolojilerindeki yenilikler önemli fırsatlar sunmaya başlamıştır. Bunda yukarıda da bahsedildiği üzere iletişim ağlarındaki gelişmelerle algılayıcılara dair (sensör) gelişmeler büyük rol oynamaktadır. Kurumsal kaynak planlaması (Enterprise resource planning-ERP) yaklaşımları birbirinden kopuk sistemleri tek ve zengin fonksiyonlara sahip bir sistemler, uygulamalar ve ürünler bütününe (Systems Applications Products-SAP) dönüştürme ve işletmeciler için kesintisiz şekilde hizmet üretme olanağı yaratmıştır.

Bu uygulamalar ile bütün olası iş modelleri ve operasyonlar tek bir Coğrafi Bilgi Sistemi (Smart/GIS) platformunda da standartlaştırılabilmektedir. Geniş bir coğrafyadaki inşaat, bakım-onarım ve kazaların tek elden birçok yönetici tarafından eş zamanlı olarak takip edilebilir hale gelmesi, önemli ekonomik kazançlar yaratmaktadır (Al-Hader ve Rodzi, 2009).

Weiss’a göre (2009) şehirleri “akıllı” yapan tüm siber-fiziksel altyapı sistemleri akıllı altyapılardır. Guizani ve Anan (2014), akıllı altyapıyı bütüncül şekilde çalışan akıllı bir alt sistem (enerji ya da su gibi), akıllı bir enformasyon alt sisteminin ve akıllı bir iletişim alt sisteminin birlikteliği olarak tanımlamakta, bu sayede daha adaptif, daha uzun ömürlü ve daha verimli hizmetlerin tüketici ve işletmelere sunulabildiğini ifade etmektedir. Bunların şehirlerin afetlere ve ekonomik krizlere karşı baş edebilme yeteneğini (resilience) geliştirdiğini düşünmemiz gerekmektedir.

Akıllı altyapılar, diğer sistemlerle iletişim kuran, kullanıcılardan ya da bağlı aygıtlardan gelen talep koşullarına uyum gösteren ve daha büyük sistemlere bağlanan sistemlerdir (Royal Academy of Engineering, 2012; Weiss, 2009; Ogie vd. 2017 içinde erişilmiştir). Bu çerçevede akıllı enerji sistemleri de farklı altyapıları bütünleştiren sistemler olarak görülmektedir

2.2. Akıllı Enerji Bileşeni ve Akıllı Enerji Tanımları

Akıllı şehir kavramının başlıca bileşenlerinden biri olan akıllı enerji bileşeni, akıllı enerji sistemleri ve akıllı enerji yönetimi konularını kapsayan bir uygulama ve yönetim alanı olarak görülmektedir.

Altyapı açısından ele alındığında, akıllı altyapılarla ilgili belli başlı teknolojiler şunlardır:

- Bina bilgi modellemesi (building information modelling)
- Coğrafi bilgi sistemleri (geographic information systems)
- Yapay zeka ve makine öğrenmesi (artificial intelligence-AI-including machine learning)
- Gerçek zamanlı veriye ulaşma ve işleme olanağı sunan etkinleştirici teknolojiler (fiber optik ya da kablosuz algılayıcı ağları, düşük enerjili mikroeletromekanik sistemler (Memss) (Liu ve Tomizuka, 2003).

Akıllı Altyapı sistemlerine has bir diğer özellik ise çok miktarda enformasyonun (işlenmiş ve şekillendirilmiş veri) sürekli olarak toplanması, analiz edilmesi ve sistemin işletilmesinde performansı artıracak şekilde kullanılmasıdır (Engineers Australia, 2015: Ogie vd. 2017 içinde erişilmiştir).

En basit tanımı ile, akıllı bir altyapı birbirine bağlı algılayıcı ağlarının sistemin durumu hakkında gerçek zamanlı dijital enformasyon sunduğu bir altyapıdır (Morimoto, 2010). Bu tanıma göre sistemin kendi kendini fiziksel varlıklar ve dijital teknolojiler yoluyla izleyebilmesi becerisi bulunmaktadır (Balakrishna, 2012).

2.2.1. Akıllı Enerji Sistemleri

Son yıllarda, “Akıllı Enerji” ve “Akıllı Enerji Sistemleri” ifadesi gittikçe yaygınlaşmıştır. Akıllı şebeke, salt elektrik şebekeleri ile ilgili bir kavramdır. Oysa günümüzde akıllı şehirlerde elektrik, bina ısıtma ve soğutma, endüstri ve ulaşım sistemlerini de kapsayan bütünleşik enerji sistemleri oldukça gelişmiş seviyelere ulaşmıştır (Lund vd. 2017). Bu konularda teknolojik ilerleme ve yakınsama hızları da oldukça yüksektir.

Akıllı enerji sistemleri bütünleşik sistemler olmanın ötesinde, sürdürülebilir kalkınma amaçlarına erişmeyi kolaylaştıran, yenilenebilir enerji kaynaklarını piyasa koşullarını, teknolojik sınırları ve kullanıcı ihtiyaçlarını gözetenek kullanma olanakları veren sistemler olmaları nedeniyle de büyük önem kazanmışlardır.

Akıllı enerji sistemleri kavramı, tek tek ayrı sektörlerle ait tanımlarla ifade edilemeyen, bütünleşik sistemleri ifade etmek için bilimsel bir kavram olarak ilk defa 2012 yılında kullanılmıştır (Lund vd. 2012). Bununla beraber, bazı meslek grupları (kontrol mühendisliği gibi) akıllı enerji sistemini çok daha dar anlamda akıllı şebekeler yerine de kullanabilmektedir. Zaman zaman da bu kavram yerine “bütünleşik enerji sistemleri” ya da “bütünleşik semt enerji

sistemleri” kavramları da kullanılmaktadır. Ayrıca literatürde, mevcut enerji sistemlerine yenilenebilir enerji sistemlerinin de eklenerek kullanıldığı görülmektedir (Lund vd., 2017).

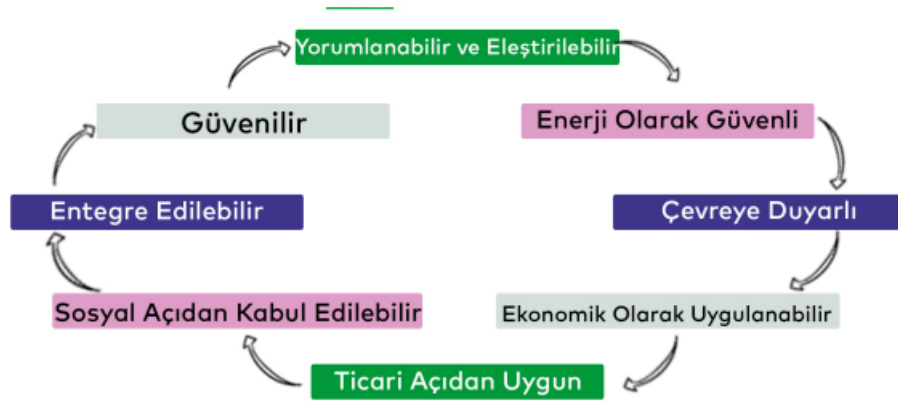
Özetle, akıllı enerji sistemlerini, bilişim teknolojilerini, enerji teknolojilerini ve yenilenebilir enerji teknolojilerindeki gelişmeleri; teknoloji yakınsamaya bağlı olarak, piyasa odaklı ekonomik yapı içinde ortaya çıkan, küreselleşme ve yerelleşme süreçlerinden etkilenen, sürdürülebilirlik ve kentsel/bölgesel dayanıklılık gibi gündemler içinde önemi artan sistemler olarak tanımlanmaktadır. Son yıllarda en çok öne çıkan boyutları ise sektörler arası bütünleşme ve yenilenebilir enerji sistemlerinin mevcut sistemlerle bütünleştirilmesi olmuştur (Lund vd. 2017).

2.2.1.1. Akıllı Enerji Sistemlerinin Yarattığı Fayda ve Sinerji

Lund H. (2014) ve Connolly vd. (2013) “Akıllı Enerji Sistemi”ni akıllı elektrik, termal, gaz vb. şebekelerin enerji depolama teknolojileri ile ilişkilendirilen ve aralarında oluşturulan sinerjiler ile koordineli sektörler kadar tüm enerji sistemi için de optimal çözümler üretilen bir sistem olarak tanımlamaktadır. Akıllı enerji sistemlerinin fayda ve sinerji yarattığı durumlar şu şekilde özetlenebilmektedir:

- Sanayi ve elektrik üretiminden çıkan atık ısının bölgesel ısıtma altyapısı ile binaların ısıtılmasında kullanılabilmesi
- Elektrığın ısıtma amacıyla kullanılacağı durumlarda daha ucuz, ekonomik ve verimli olduğu için elektrik yerine ısının depolanabilmesi
- Bölgesel soğutma sistemlerinde ısıtma amaçlı ısı pompalarının kullanılması ya da bunun tersinin de mümkün olması
- Isıtma için kullanılan elektrığın güç ve elektrik şebekeleri arasındaki dengeyi sağlamak için kullanılabilmesi (güç piyasaları dikkate alınarak)
- Biyokütlenin gaza veya sıvı yakıtlara dönüştürülmesinde ihtiyaç duyulan buharın bütünleşik ısı ve güç (CHP) istasyonlarında üretilmesi, bu arada ortaya çıkan düşük sıcaklıktaki ısının bölgesel ısıtma ve soğutma sistemlerinde kullanılabilmesi
- Biyogaz üretiminin ihtiyaç duyduğu düşük sıcaklıktaki ısının bölgesel ısıtma sistemi tarafından, bir terminale göre daha verimli şekilde üretilmesi
- Hidrojenasyon gibi gaz üretim tekniklerinde elektrik kullanılması ile, elektrik yerine gazın kolayca ve ucuz bir şekilde saklanabilmesi
- Binaların ısıtılmasında enerji tasarruflarının aslında düşük sıcaklığa sahip bölgesel ısıtma sisteminin kullanılması ve böylece endüstriyel ısı fazlalıklarının ve güç ve ısı terminaleri gibi ısı kaynaklarının optimize edilebilmesi
- Taşıtlarda kullanılan elektrığın sıvı yakıtların yerini alması ve elektrik şebekesini dengelemekte bundan faydalanılabilmesi

Bunlara ek olarak, Dinçer ve Acar (2017), akıllı enerji sistemlerine dair başlıca beklentileri aşağıdaki şekildeki gibi tanımlamaktadırlar.



Şekil 2: Akıllı Enerji Sistemlerinden Beklentiler (Dinçer ve Acar, 2017)

Akıllı enerji sistemlerinin ekonomik faydaları arasında şehirde elektrik ve ısı arzını gerçek zamanlı olarak dengelemek, ısı ve elektrik israfını azaltmak, şehir için daha akıllı enerjinin ekonomik faydalarından yararlanmak, akıllı sayaç kullanarak elektrik kaçaklarını ve hırsızlıkları yer almaktadır. Akıllı enerji sistemlerinin çevresel faydaları ise; yenilenebilir ve sürdürülebilir elektrik sistemlerinin değişen üretim ve tüketim modellerini desteklemek, talep yönetimini sağlayarak toplam sera gazı emisyonunu azaltmak, dağıtılmış enerji kaynaklarını entegre ederek enerji dayanıklılığını artırmak ve gelecekte temiz enerji talebini karşılamak için gereken ölçekte yenilenebilir enerjiyi

entegre etmektir. Akıllı enerji sistemleri hem büyük, hem de küçük sağlayıcılardan gelen tüm enerji kaynaklarını kullanarak ek enerji üretme ek enerji üretme ihtiyacını azaltır (ÇŞB, 2019).

2.2.1.2. Akıllı Enerji Sistemlerinin Yaygınlaşması

Ülkelerin enerji karışımında yenilenebilir enerji kaynaklarının payı arttıkça, arz dalgalanmalarını dengelemek için yenilenebilir enerji kaynaklarının şebeke sistemlerine verimli şekilde entegre edilmesi daha fazla önem kazanmaktadır. Günümüz enerji sistemleri ile akıllı enerji sistemleri birbirlerinden çok farklı sistemlerdir. Ancak akıllı enerji sistemlerinin kurulması ve ilgili teknolojinin yaygınlaşması birçok engelle karşılaşmaktadır. Bu çerçevede enerji sistemlerinin zaman içinde dönüşümü teknolojik gelişmelere bağlı olarak değişik hızlarda seyredebilmektedir. Aşağıda bu teknik sorunlar ve fırsatlar ele alınmaktadır (Şekil 3 ve 4).

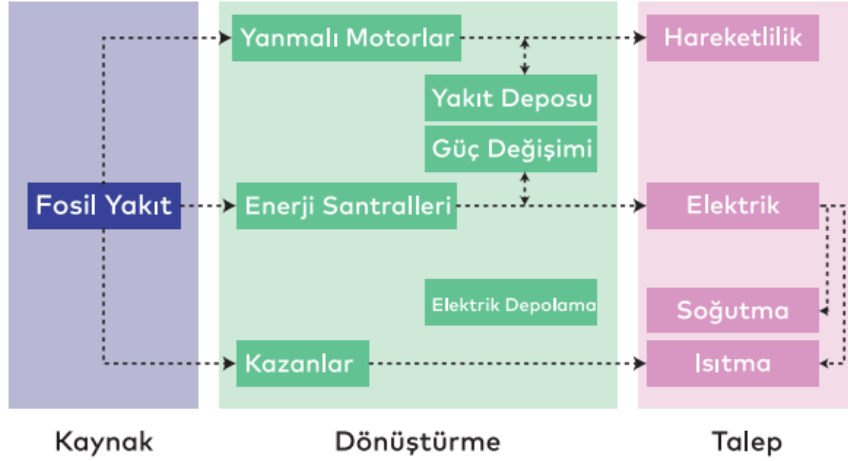
Akıllı enerji sistemleri sonraki nesillere daha yeşil bir gelecek bırakmak için gösterilen çabalar sonucu ortaya çıkan uygun maliyetli ve sürdürülebilir enerji sistemleri bütünüdür. Bu sistemde yenilenebilir enerji üretimi, altyapı desteği ve enerji tüketimi birbiriyle iç içedir; aynı zamanda enerji hizmetleri, aktif kullanıcılar ve güncel teknolojiler ile koordine edilmiş durumdadır. Enerji hizmet sağlayıcılarının ve tüketicilerin bu konuda bilinçlenmesinin oluşturacağı motivasyon ile birlikte, üretim aşamasından nihai tüketiciye kadar tüm şebekenin baştan sona uzaktan izlenip kontrol edilebilir olması mantığı ile çalışan akıllı enerji sistemleri ile daha etkili, güvenilir ve temiz enerji imkanı elde etmek mümkün hâle gelecektir (ÇŞB, 2019).

Akıllı enerji fikri, operasyonel faaliyetlerin gerçekleştirilebilmesinde gerekli olan zengin verileri toplamak için yeni nesil iletişim ağlarının kurulmasına ve çok yönlü, sürdürülebilir, kendi kendini iyileştiren bir enerji ağının oluşturulmasına dayanan, akıllı iletişim sistemi üzerinden tüm tedarik, şebeke ve arz unsurlarını birbirine bağlayan

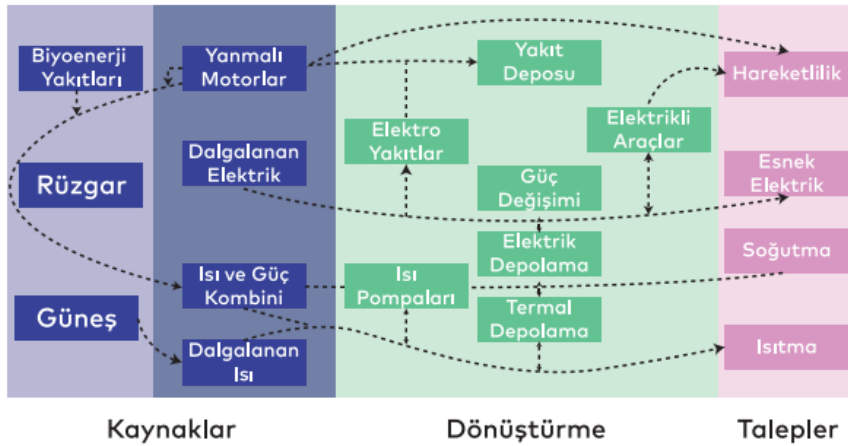
akıllı elektrik sistemi ile güvenilir, dayanıklı, emniyetli, yönetilebilir ve standartlara uygun olarak çalışan akıllı şebeke ilkesine dayanmaktadır (Batal 2017).

Akıllı enerji sistemlerinde birçok teknoloji ve girişimden faydalanmak mümkündür. Bilgisayar tabanlı uzaktan kontrol ve otomasyon uygulamaları, enerji depolama, prize takılabilen hibrit araçlar, kablosuz sokak lambası kontrolü ve akıllı aydınlatma sistemleri bu teknolojiler arasında yer almaktadır.

Yakıttan enerji talebine doğru doğrusal yollarla karakterize edilen günümüz enerji sistemi



Şekil 3: Günümüz Enerji Sistemleri



Şekil 4: Akıllı Enerji Sistemleri

2.2.3. Uluslararası Yazında Akıllı Şehirler ve Akıllı Enerji Bileşeni

Akıllı Enerji Sistemleri'nin akıllı şehir gündemindeki yerini anlamak için akıllı şehirlere ilişkin uygulamalar ve yazın incelendiğinde, akıllı şehirlerde aşağıdaki olguların gözlemlendiği anlaşılmaktadır (Anthopoulos, 2015; Fernandez-Anez, Fernández-Güell & Giffinger, 2018; Nam & Pardo, 2011; Neirotti, De Marco, Cagliano, Mangano, & Scorrano, 2014; Paskaleva, 2011):

- Yüksek eğitim düzeyine sahip insanların yoğunluğu, bilgi yoğunluğuna sahip iş ve çalışma türleri, bilgi güdümlü, bilginin belirleyici olduğu sektörlerin varlığı,
- Çıktı odaklı planlama sistemlerinin varlığı,
- Sürdürülebilirlik eksenli girişimler,
- Yaratıcı - yenilikçi eylemler,
- Daha yüksek yaşam kalitesi,

- Kaynakların akıllı yönetimi,
- Katılımcı yönetim süreçlerinin varlığı,
- Bilişim teknolojilerinin geniş kapsamlı ve yoğun şekilde kullanımı ile ortaya çıkan teknolojik yakınsama,
- Kaynak teknolojileri, yeşil altyapı, malzeme teknolojileri ve döngüsel ekonomi gibi bilişim teknolojisi dışındaki çözümlerin yaygın kullanımı,
- İleri ve konvansiyonel teknolojilerin akıllı bir karışımı ile ekonomi ve yaşam kalitesi açısından rekabetçi avantajlar edinimi

Bu çerçevede akıllı enerji bileşeni, bilişim teknolojilerini ve katılımcı süreçleri kullanarak, sürdürülebilir kalkınma amaçlarına hizmet eden, yaratıcı-yenilikçi enerji çözümleri ve hizmetleri sunan, yaşam kalitesini yükselten, kaynakların akıllıca yönetildiği, ileri ve konvansiyonel teknolojileri akıllıca bir arada kullanan sistemlerin geliştirilmesi, işletilmesi ve yönetilmesi olarak tanımlanabilmektedir.

2.2.4. 2020-2023 Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı’nda Akıllı Enerji Tanımı

Akıllı Enerji 2020-2023 Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı’nda “Enerji ve kaynak açısından yüksek düzeyde verimli ve giderek artan bir şekilde yenilenebilir enerji kaynakları ile desteklenen, maliyet ve enerji tasarrufu sağlayan; stratejik planlama için entegre ve esnek kaynak sistemlerinin yanı sıra iç görüye dayalı, kamusal değeri olan ve yenilikçi yaklaşımlara dayanan şebekeler ile enerjinin yönetimidir.” şeklinde tanımlanmıştır.

2.3. Akıllı Enerji Bileşeni ve Kentsel Metabolizma Kavramı

Eski bir fikir olmakla beraber çağdaş anlamda kentsel metabolizma kavramı ilk defa Abel Wolman (1965) tarafından öne sürülmüştür (Fischer-Kowalski ve Hüttler 1998). Günümüzde akıllı enerji yaklaşımı açısından önemli bir düşünsel bütünlük sağlayan kentsel metabolizma kavramı dört madde içermektedir:

- Toplam girdiler (enerji, materyaller, sermaye, enformasyon),
- Kentsel fonksiyonları sürdürmek için girdilerin şehir içinde dağıtımı,
- Toplam çıktılar (ürünler, emisyonlar, bilgi ya da bilişsel beceriler),
- Bu akımları ve dağıtımı düzenleyen fonksiyonlar (Bai ve Schandl 2010).

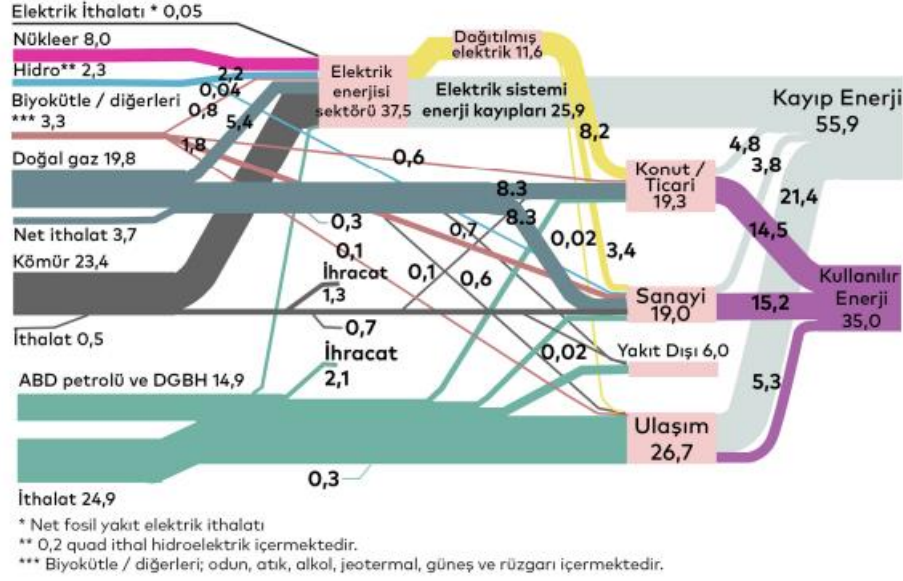
Kentsel metabolizma perspektifine dayanarak, Bai ve Schandl (2010) kentsel ekosistemlere dair sekiz materyal ve enerji özelliği tanımlamaktadırlar:

- Materyal ve enerji bütçesi ve güzergahı: Hangi materyal ve enerji türleri hangi kanallardan kentsel ekosistem içinde akıyor ve bunların küresel etkileri nelerdir?
- Materyal ve enerji yoğunluğu: Kişi başına ya da alan başına düşen materyal ve enerji yoğunluğu nedir?
- Materyal ve enerji etkinliği: Birim materyal veya birim enerji tüketimi (ve geri kazanımdan elde edilen birim fayda) miktarına göre ne kadar hizmet veya ürün üretilebiliyor?
- Akümülayasyon ve geri kazanım oranı: Ne kadar materyal ya da enerji geri kazanılabiliyor? Sistemde ne kadar tutulabiliyor? • Kendi kendine yeterlilik veya dışa bağımlılık: Hangi düzeyde şehir kendi kendine yeterli?
- Kentsel ekosistem içindeki heterojenlik: Materyal ve enerji yoğunluğu, etkinliği, geri kazanım oranı ve kendine yeterlilik ile ilgili göstergeler şehir içinde nasıl dağılıyor? (alt birimler ve bütün bazında)
- Zaman ve mekana dayalı varyasyon : Farklı şehirler arasında materyal ve enerji akımları nasıl farklılık gösteriyor?
- Düzenleyicilik kapasitesi: Kentsel ekosistemde materyal ve enerji akımlarını yönetecek etkin yasal ve yönetsel süreçler var mı?

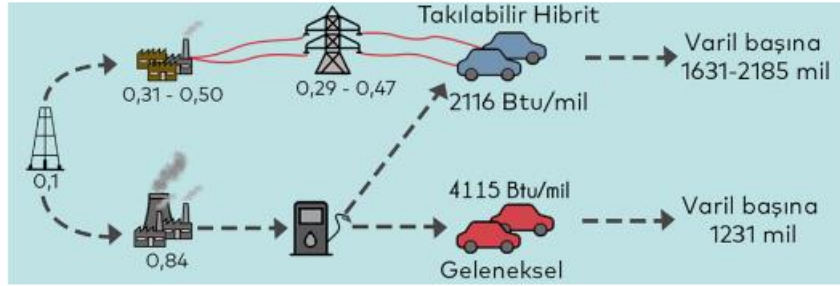
Akıllı enerji sistemlerinin, etkin, sürdürülebilir çözümler üretilmesi için kentsel metabolizma perspektifi önemli bir düşünsel çerçeve sunmaktadır. Kentsel ekosistemlerin biyojeokimyasal bütçesinde yer alan karbon, nitrojen ve

fosfor gibi besleyicilerin akımlarının anlaşılması kadar, bunlardan çok daha fazla miktardaki antropojenik akımların anlaşılması şehirlerin ekolojik ayak izinin hesaplanabilmesi, etkin ve verimli bir şekilde kentsel ekosistemlerin yönetilebilmesi için gereklidir. Akıllı şehirlerin sürdürülebilir, sağlıklı ve rekabetçi şehirler olarak tasvir edildikleri düşünüldüğünde, kentsel metabolizma bakış açısının sağlıklı, güçlü ve çevresi ile uyum içinde bir şehir oluşturmaya hizmet edecek akıllı enerji sistemlerinin kurgulanmasında katkısı olacağı açıktır.

Bu bağlamda örneğin ABD'de 2001 yılındaki enerji kayıpları incelendiğinde, önemli bir kısmın kentsel alanlardan kaynaklandığı ve aslında bunun önemli bir kısmının önlenilebileceği anlaşılmaktadır (- Şekil 5). Görüldüğü üzere en çok kayıp elektrik şebekesi ve ulaşım sistemlerindedir (Şekil 6).



Şekil 5: ABD'de 2001 Yılında Enerji Akımları ve Kayıp Enerji (Amin, 2008)



Şekil 6: Konvansiyonel Araçlar İle Hibrid Araçların Petrol Varili Başına Kat Ettikleri Mesafe (Amin, 2008)

3. SONUÇLAR

Akıllı enerji sistemlerine geçiş, Endüstri 4.0 devriminde ön sırada olmak, Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'na ulaşmak ve ülkemizin karşılaştığı enerji risklerini azaltmak açısından hayati önem taşımaktadır. Nitekim ulusal plan ve programlar ile uluslararası iş birliği programlarında da bu konuya özel bir önem ve öncelik verildiği görülmektedir.

Akıllı enerji sistemleri birçok farklı altyapı ve hizmet seçeneği barındırmaktadır. Akıllı bir şehir olabilmek için, her şehrin yerel enerji kaynaklarını enerji ihtiyaçlarını ve sürdürülebilir enerji planlamasını yapması bir zorunluluktur. Bölgesel ısıtma-soğutma sistemleri gibi alan bazlı uygulamalar üzerinde çalışması, yenilenebilir enerjinin gerektirdiği yeni standartlara uygun teknik altyapı alanlarının düzenlenmesi, yeni yapılacak binalar ve mevcut binaların salt enerji verimliliği değil, bir yandan da enerji üretimi açısından geliştirilmesine uygun zemin oluşturacak çalışmalar

gerçekleştirilmesi gereklidir. Böylece yenilikçi, yaşam kalitesini artıran ve yaşama maliyetini azaltan sürdürülebilir enerji sistemlerinin hayata geçirilmesi sağlanabilecektir.

Akıllı enerji sistemleri aynı zamanda ulaşım sistemini de radikal şekilde değiştirebilecek sistemler olup, karbon salınımının azaltılması, kentsel hareketliliğin iyileştirilmesi, gürültü kirliliğinin önlenmesi gibi birçok fırsat sunmaktadır. Bu çerçevede akıllı enerji sistemleri ve ulaşım sistemlerinin ortak paydalarının iyi belirlenmesi ve sinerji yaratan uygulamaların tercih edilmesi ile başarılı bir şekilde şehirlerin akıllı şehirlere dönüşmesi sağlanabilecektir. Önümüzdeki dönemde temiz, sürdürülebilir, yaşam kalitesini artıran ve yaşama maliyetlerini azaltan akıllı enerji çözümlerini en iyi kullanan şehirler akıllı şehirler olacaktır.

KAYNAKLAR

- T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2021. Akıllı Enerji/ www.akillisehirler.gov.tr/egitim-akilli-enerji/, (Eylül 2022).
- Al-Hader, M., Rodzi, A., Sharif, A. R., & Ahmad, N. (2009). Smart City Components Architecture. Paper presented at the 2009 International Conference on Computational Intelligence, Modelling and Simulation. 7-9 Sept. 2009
- Anthopoulos, L. G. (2015). Understanding the Smart City Domain: A Literature Review. In M. P. Rodríguez-Bolívar (Ed.), *Transforming City Governments for Successful Smart Cities* (pp. 9-21). Cham: Springer International Publishing.
- Bai, X., and H. Schandl. 2010. Urban ecology and industrial ecology. In *Handbook of urban ecology*, ed. D. Ian, D. Goode, M. Houck, and R. Wang, 26– 37. London: Routledge.
- Balakrishna, C. (2012). Enabling technologies for smart city services and applications. Paper presented at the 2012 sixth international conference on next generation mobile applications, services and technologies.
- Batal, M.S. (2017). Nesnelerin İnterneti (Iot) Tabanlı Akıllı Şehir Teknolojileri Ve İyi Uygulamalar. Doi:10.13140/RG.2.2.17926.5280
- Connolly D, Lund H, Mathiesen BV, Østergaard PA, Møller B, Nielsen S, et al. (2013) Smart energy systems: holistic and integrated energy systems for the era of 100% renewable energy. Aalborg: Aalborg University; 2013.
- Fernandez-Anez, V., Fernández-Güell, J. M., & Giffinger, R. (2018). Smart City implementation and discourses: An integrated conceptual model. The case of Vienna. *Cities*, 78, 4-16. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.12.004>
- Fischer-Kowalski, M., and W. Hüttler. (1998). Society's metabolism: The intellectual history of materials flow analysis, Part II, 1970–1998. *Journal of Industrial Ecology* 2: 107–136.
- Guizani, M., & Anan, M. (2014, August). Smart grid opportunities and challenges of integrating renewable sources: A survey. In *2014 International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC)* (pp. 1098-1105). IEEE.
- Lund H, Andersen AN, Østergaard PA, Mathiesen BV, Connolly D. From electricity smart grids to smart energy systems - a market operation based approach and understanding. *Energy* 2012;42:96e102. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2012.04.003>.
- O'Reilly, T. C., Edgington, D., Davis, D., Henthorn, R., McCann, M. P., Meese, T., ... & Schramm, R. (2001, November). " Smart network" infrastructure for the MBARI ocean observing system. In *MTS/IEEE Oceans 2001. An Ocean Odyssey. Conference Proceedings (IEEE Cat. No. 01CH37295)* (Vol. 2, pp. 1276-1282). IEEE.
- Østergaard, P. A. (2013). Wind power integration in Aalborg Municipality using compression heat pumps and geothermal absorption heat pumps. *Energy*, 49, 502–508. doi:10.1016/j.energy.2012.11.030
- Özdamar, A. (2000). Dünya Ve Türkiye'de Rüzgâr Enerjisinden Yararlanılması Üzerine Bir Araştırma. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 6. 133-145.
- Tanrıöven, K., Yaraş, S. Ve Cengiz, H. (2011). Geleceğin Elektrik Dağıtım Şebekesi Smart Grid. Fırat Üniversitesi. Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu. <http://web.firat.edu.tr/feeb/kitap/C12/37.pdf> adresinden erişildi.