

# AKILLI ŞEHİRLERDE ALTYAPI

Yrd. Doç. Dr. Hüseyin BAYRAKTAR<sup>1</sup>, Dursun Yıldırım BAYAR<sup>2</sup>, Bestami KARA<sup>3</sup>

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

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

<sup>3</sup> 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 altyapı konusu kapsamlı bir şekilde ele alınmış, bu konuda akıllı altyapı eğitim kitabı, video ve sunumlar hazırlanmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Akıllı Şehirler, Akıllı Altyapı, Yönetişim

## ABSTRACT

### SMART INFRASTRUCTURE

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 local governments. In the smart city collection prepared within the scope of the project, the issue of smart infrastructure was comprehensively discussed, and a training book on smart infrastructure, videos and presentations were prepared on this subject.

**Keywords:** Smart Cities, Smart Infrastructure, Governance

## 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 altyapı 2020-2023 Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planında 16 akıllı şehir bileşeni arasında yer almaktadır. Akıllı altyapılar, hızla ihtiyaçları artan kentler için birçok çevresel, ekonomik, sosyal, siyasi ve yönetsel fayda sunma potansiyeli olan altyapılardır. Bu fırsatlardan faydalanmayı kolaylaştıracak olan yeni standartlar, yaklaşımlar ve teknolojik çözümler akıllı şehirlerin dönüşümü için büyük önem taşımakta, sürdürülebilir ve yaşanılabilir şehirlerin kurulmasına olanak tanımaktadır.

## 2. AKILLI ALTYAPILARA İLİŞKİN GENEL ÇERÇEVE

Önümüzdeki yıllarda dünya genelinde talep tarafının yönetilmesi ve hizmet üreticisi ile tüketici arasındaki ilişkinin bütüncül şekilde geliştirilmesi ile kentsel altyapı hizmetleri değer zincirinde devrim niteliğinde adımlar atılacağı öngörülmüştür (Stimmel, 2016). Aslında bu devrim şu anda akıllı altyapılar ve akıllı binalar yoluyla gerçekleşmektedir. Bu kısımda akıllı altyapıların doğuşuna neden olan çevresel, politik ve ekonomik ve teknolojik faktörler özetlenmekte, akıllı altyapı kavramı açıklanmakta, akıllı altyapıların ne gibi faydalar sunduğu ile ilgili farklı akıllı altyapı yaklaşımları ele alınmaktadır.

### 2.1. AKILLI ALTYAPILARIN DOĞUŞUNA NEDEN OLAN FAKTÖRLER

Akıllı altyapılar genel olarak akıllı şehir olgusu ile beraber ortaya çıkmışlardır. Hatta akıllı şehir kavramının doğuşunda 1990 sonrasında altyapı teknolojilerindeki gelişmeler belirleyici olmuştur. Akıllı şehir yaklaşımları, son yıllarda salt şehrin kolay yönetilmesi değil, çevresel etkilerin azaltılması, sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması ve sağlıklı, müreffeh şehirler oluşturulması için de fırsatlar sunan bir çerçeve yaklaşım olarak kamu politikalarına yön verir hale gelmiştir.

### 2.1.1. Çevresel Faktörler Çeşitli

Avrupa Birliği politika dokümanlarında ve diğer araştırmalarda akıllı şehirleri önemli kıldığı düşünülen güçlü çevresel trendlerin şunlar olduğu ifade edilmektedir (Fernandez-Anez vd. 2018):

- Ekosistemler üzerindeki baskıyı azaltmak ve ekolojik ayak izini küçültmek, arazi varlıklarının ekolojik fonksiyonlarını onarmak ve geliştirmek
- Su, enerji, yapı malzemesi, vb. kaynak kullanımında verimliliği teşvik etmek, döngüsel ekonomiye hizmet eden uygulamaların yaygınlaşmasını sağlamak
- Şehirlerin iklim değişikliği ve afet risklerine karşı dayanma ve baş edebilme gücünü artırmak
- Çevre dostu kentsel çevreler geliştirmek ve artan çevresel kaygılara yanıt vermek
- Çevresel sorunlara bütüncül yaklaşımlarla çözüm üretmek Söz konusu trendler ve koşullar altında günümüzde gerek Türkiye’de gerekse dünyada şehir yönetimleri şu konularda somut ve güçlü adımlar atmaktadır;
- Ekosistemler üzerine veri toplamak • Ekolojik varlıkların ve sistemlerin planlama araçları tarafından görünür hale gelmesini sağlamak • Planlama ve uygulama süreçlerinde kaynak kullanımına dair düzenlemeler getirmek
- Afet ve iklim değişikliği gibi konulara özel stratejik, taktik ve operasyonel planlama ve uygulama yeteneklerini geliştirmek
- Çevresel etkisi düşük kentsel mekanlar oluşturmak
- Çevre sorunlarında altyapıyı, kentsel hizmetleri, yapı stoklarını, ekonomik aktiviteleri, bilişim teknolojilerini ve yönetsel süreçleri bütüncül bir şekilde kullanarak çözümler üretmek

### 2.1.2. Politika ve Yönetim Değişimleri

Klasik kentsel altyapının yönetimi, 1990’lar öncesinde bileşenlerin ayrı ayrı yönetildiği bir kamu yönetimi anlayışı içinde gerçekleşmiştir. Bu dönemde öncelikler şunlardır:

- İşletici kamuya ait bir kurumdur ya da kontratlıdır ve siyasi yönlenme buna dayanmaktadır.
- Altyapı kendini finanse edemiyorsa kamu destekleri işletmeciye ödenmektedir.
- Hizmetler finansal sınırlar içinde maksimize edilmektedir.
- Hizmetlerde erişilebilirlik, kalite, hanehalkının maliyeti karşılayabilmesi amaçlanmaktadır.
- Hizmet sunucu seçimler ve diğer yasal süreçler yoluyla doğrudan vatandaş ile ilişki içindedir.
- Politik süreçler hizmet kalitesi ve miktarını belirlemektedir.
- Monopolistik altyapı sistemleri bulunmaktadır.

1980’li yıllarda sanayisizleşen Avrupa’da ve ABD şehirlerinde yaşanan krizler, yenilikçi ve yaratıcı sektörleri şehirlere çekmek için başlayan rekabet, hem birincil hem de ikincil altyapıları stratejik bir konuma taşımıştır. Nitelikli işgücü ve yatırımları çekmek isteyen şehirler, özellikle yaşam kalitesi ve ekonomik rekabet gücünü artıracak altyapıya ve kentsel tasarıma dayalı kentsel dönüşüm çözümleri üzerinde odaklanmışlardır. Ancak bu dönem aynı zamanda yerel yönetimlerin kaynaklarının önceki döneme göre çok daha kısıtlı olduğu bir dönemdir ve bu nedenle altyapı işletme maliyetlerinin ve bakım onarım maliyetlerinin azaltılması büyük önem kazanmıştır. Bu dönemde Bütünlük Altyapı Yönetim Sistemleri ve Varlık Yönetim Sistemleri ortaya çıkmıştır (Gharaibeh et al. 1999; Roohanirad 2001) Bu yaklaşımlar, altyapı ve buna dayalı hizmetleri sunan sistemi bir bütün olarak ele almakta, bileşenlerin kendisi kadar birbirleri ile ilişkilerini de yönetmeyi amaçlamaktadır. Bu gelişmelere ve küreselleşme eğilimleri ile ilişkili olarak 1990’lı yıllardan itibaren kamu ekonomisi anlayışı hakim olmaya başlamıştır.

Bu dönemde genel sistem şu hale gelmiştir:

- Talep yönetimi öne çıkmıştır,
- Bütünlük altyapı yönetimi bulunmuştur, altyapı kentsel rekabetin bir unsuru ve ekonomik büyümenin sağlayıcısı olarak görülmektedir.
- Rekabet ve piyasa düzenleme yoluyla yönlendirilir hale gelmiştir (enerji piyasası vb.),
- Kentsel hizmetlerde kâr ya da en azından maliyetleri karşılama temel amaçtır,
- Altyapı ve hizmetler rekabet nedeniyle birbirinden ayırmaya ve farklı kurumlar tarafından işletilmeye başlanmıştır (Unbundle),
- Hizmet üretimi otonom olmakla beraber bunların sunumu hala siyasi süreçlere tabidir,
- Sadece piyasa kusurları söz konusu olduğunda devlet desteği verilmesi benimsenmiştir,
- Daha karmaşık teknolojik sistemlerin kurulması için daha esnek bir yapı sunulmaktadır. (Finger ve Künneke, 2011)

Bu yaklaşımlara uygun olarak, özellikle metropolitan alanlarda altyapı geliştiren ve hizmet sunan, kamu denetimine tabi ancak özel sektör koşullarına uygun faaliyet gösterebilen, teknolojik yeniliklere daha çabuk adapte olacağı düşünülen kamu iktisadi teşebbüslerinin oluşturulması genel olarak hızlanmıştır. Örneğin Portekiz’de 1998- 2008 yılları arasında bu kurumların sayısı hızla artmıştır. Ancak bunlar, belediye içi hizmetlere göre daha verimli çalışmadıkları iddiası ile zaman zaman eleştirilmektedir (da Cruz ve Marquez, 2011).

Önceki kısımda açıklandığı üzere ölçek ekonomileri, batık maliyetler ve hizmetlerin sürekliliğinin getirdiği zorunluluk ve kısıtlar, salt idari değişiklikler ile aşılması zor şeylerdir. Bu çerçevede farklı altyapı sistemlerinin bütüncül olarak ele alınması ve bütünleşik kentsel gelişim planlaması ve yönetiminin geliştirilmesi ile şehirlerin daha “akılcı ve idari sınırlarının ötesi etkileri dikkate alacak şekilde” yönetilmesi ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.

Kamu ekonomisi yaklaşımı, günümüzde Yeni Kamu Ekonomisi denilen yaklaşıma dönüşmüştür. Bu çerçevede çeşitli yeni yönetim modelleri yaygınlaşmıştır. Bu dönemde:

- İşletmeci ya özelleştirme yoluyla ya kurulmuş özel işletme, ya piyasadaki bir işletme ya da kamu iktisadi teşekkülüne dönüştürülmüş ve özel sektör koşullarına tabi bir kamu sahipliğindeki kurumdur.
- Altyapı ve hizmetler birbirinden ayrı olabilmektedir.
- Üretimi teşvik eden ya rekabettir (ulaşımında tercih edilir) ya da ihale sistemidir (su şebekelerinde tercih edilir).
- Müşteriler doğrudan ilgili işletmeci ile iletişim kurmaktadır (Finger ve Kün - neke, 2011).

### 2.1.3. Teknolojik Gelişmeler

Politika tarafındaki değişimler ile çevresel baskılar kadar bilimsel ve teknolojik ilerlemelerin de akıllı altyapıların doğuşundaki rolünden bahsetmek gerekir. Akıllı altyapıların doğuşuna neden olan en önemli gelişmenin bilgi işleme teknolojilerine dayalı olduğu söylene - bilmektedir. Daha 1960’lı yılların sonunda ana çerçeve bilgisayarla rı bağlayan ilkel iletişim ağı sistemleri bu yöndeki ilk atılımlar gibi düşünülebilmektedir. Ancak yaygın ve güçlü etki, 1980 sonrasında mikro bilgisayarların ve akabinde 1990’larda internetin ortaya çıkması ile olmuştur.

Altyapı sistemlerinin kendisi hakkında bilginin toplanması ve paylaşılması, analiz edilmesi ve planlama-karar verme ve altyapı yöneti - minde kullanılmasında bilişim teknolojileri özellikle 1990’lı yıllardan itibaren kritik önem kazanmıştır. Nitekim, ilk siber şehir, teknopolis ya da dijital şehir tanımları da bu yıllarda ortaya çıkmıştır. Ayrıca mikro bilgisayarlar ve internet halkın ve işyerlerinin de kullanımına sunulduğu için, kentsel hizmetlere dair belirli bilgilerin dijital ortama sunulması yeni bir hizmet olarak yine bu dönemde ortaya çıkmıştır. Buna örnek olarak Amsterdam Dijital Şehri gösterilebilir (DDS, 2004)

Akıllı altyapı teknoloji etkinleştiricilerini kavrayabilmek için internetin evrimine kısaca göz atmak faydalı olacaktır. İlk internet sistemi veritabanları, masaüstü uygulamalar, arama motorları, kurumsal portallar ve web siteleri gibi bileşenlerden oluşan şekilde ortaya çıkmış ve esas olarak üretkenliği artıracak şekilde, enformasyon toplama ve arama-bulma fonksiyonlarını gerçekleştirecek bir işlev üstlenmiştir.

İkinci nesil internet sistemi insanları birbirine bağlamaya daha odaklıdır. Elektronik posta, RSS haber besleyicileri, alışveriş siteleri, çok kullanıcılı oyun portalları, bloglar, wikipedia gibi kolektif portallar vb. bu sistemde ortaya çıkan yeniliklerdir. Bu seviyede zengin bir enformasyon birikimi sağlanmıştır. Bu dönemde taşınabilir iletişim cihazları iyice yaygınlaşmaya başlamıştır.

Üçüncü nesilde ise enformasyon bilişsel becerilere dönüşmeye baş - lamıştır. Semantik Web diye adlandırılan bu nesilde, yapay zeka, semantik arama, yarı-otonom programlar (intelligent agents), kişisel asistanlar, ontolojiler vb. öne çıkmıştır. Bu çerçevede bilginin daha yoğun ilişkilendirildiği ve akıl yürütme işlevlerinin geliştiği gö - rülmektedir.

Dördüncü nesilde ise farklı zeki sistemlerin birbirleri ile bağlandığı bir durum ortaya çıkmaktadır. Doğal diller, otonom fikri mülkiyet, semantik kurumlar, semantik birim (agent) ekosistemleri, semantik bloglar vb. insanlar gibi bilen, öğrenen ve akıl yürüten birimler oluşmaktadır. Dolayısıyla insanlara ihtiyaç duymadan birbirleri ile haberleşerek bazı sorunları tanımlayan, çözüm üreten ve gerçek dünyaya etki edecek şekilde uygulamaları çalıştırabilen sistemler ortaya çıkmaktadır (Balakrishna, 2012).

Bu sistemlerin gelişiminde özellikle sensörler ve (gömülü, kablosuz haberleşebilen vs.) ve RFID gibi teknolojiler ile yapay zeka, makine öğrenmesi, derin öğrenme gibi teknolojiler önem taşımaktadır. Bu teknolojilere dayalı nesnelere interneti (IoT), Makineden makineye (M2M) ve makineden kullanıcıya (M2U) iletişimin temelini oluştur - maktadır. Bunlar da makine öğrenmesi gibi daha üst düzey bilişsel beceriler yani kolektif bir zekanın ortaya çıkmasını sağlamaktadır.

Yesner ve Özdemir’e (2017) göre günümüzde şu teknolojiler gelişmekte ve akıllı altyapılara yön vermektedir:

- Yeni Nesil Güvenlik Sistemleri, Blokzincir Uygulamaları vb.
- Zenginleştirilmiş Sanal Gerçeklik,
- Nesnelere İnterneti
- Bilişsel / Yapay Zeka
- Robotik
- 3 Boyutlu Yazıcı Teknolojileri
- Bulut Bilişim

- Büyük Veri Analizi
- Mobil Cihazlar
- Sosyal Ağlar
- Ölçeklenebilir Altyapı Sistemleri

## 2.2. AKILLI ALTYAPI KAVRAMI

Akıllı şehir yaklaşımlarının en önemli bileşenlerinden birisi akıllı çevre bileşenidir. Bununla beraber bazı yaklaşımlarda akıllı altyapı ayrı bir bileşen olarak sunulmaktadır. Sonuçta amaç karmaşık kentsel alanları mümkün olduğunca bütüncül bir şekilde kavramak ve yönetmektir (Şekil 2).

Akıllı şehir yaklaşımlarında benimsenen başlıca bileşenlerden biri olan çevre bileşeni için önemli fiziki unsurlar:

- **bina stokları,**
- **kamusal mekan,**
- **altyapı ve geri dönüşüm ve atık bertaraf sistemleridir (dağıtıcı ve toplayıcı sistemler).**

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.

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, bu iki katman arasında fiziksel altyapıyı ve kullanıcılara ilişkin özellikleri temsil eden bir dijital katman ortaya çıkmaktadır.



Şekil 2. Klasik ve Akıllı Altyapı Katmanları

Bu dijital katmanda, birçok eski ve yeni bilişim sistemi birlikte çalışır hale gelmektedir. Yani CBS sistemi bir nevi sistemlerin sistemi gibi düşünülebilir. Örneğin SCADA sistemleri ile sensörler bütünleşik işlev gösterebilmektedir.

1990'lerden 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 (sensor) gelişmeler büyük rol oynamıştır. Buna uygun olarak, 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) dönüştürmeyi amaçlamıştır. Bu sayede işletmeciler kesintisiz sürekli bir üretim fonksiyonunu sürdürebilmektedirler.

SAP ile bütün olası iş modelleri ve operasyonlar tek bir Akıllı 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. Faydaları nedeniyle, bu sistemleri zaman içinde büyük gayrimenkul geliştiriciler de kullanmaya başlamışlardır (Al-Hader ve Rodzi, 2009).

Weiss'a göre (2009) şehirleri "akıllı" yapan tüm siber-fiziksel altyapı sistemleri yani, akıllı altyapılardır (Guizani and Anan, 2014). Akıllı altyapıyı bütüncül şekilde çalışan akıllı bir alt sistem (enerji ya da su gibi), akıllı bir enformasyon alt sistemi ve akıllı bir iletişim alt sis - teminin birlikteliği olarak tanımlamakta, bu sayede daha adaptif, daha uzun ömürlü ve daha verimli hizmetlerin tüketici ve işletmelere sunulabildiğini ifade etmektedir. İlgili durumların şehirlerin afetlere ve ekonomik krizlere karşı baş edebilme yeteneğini (resilience) geliştirdiği de düşünülebilir.

Akıllı altyapılar, diğer sistemlerle iletişim kuran, kullanıcılardan ya da bağlı aygıtlardan gelen talep koşullarına uyum gösteren ve daha büyük sistemlere bağlanan yapılarıdır (Royal Academy of Engineering, 2012).

Daha güncel yaklaşımlarda bir sistemin akıllı altyapı olarak tanımlanması için altyapıya uygulanan bilişim teknolojisi çözümlerinin köşebucak erişilir nitelikte olması (bulut bilişim ve nesnelerin interneti )(e.g. cloud computing and the Internet of things) gerektiği savunulmaktadır. Ancak bu daha dar bir meslek grubunun konuya bakışını yansıtmakta; yeşil ve mavi altyapı gibi bir şehir için akıllı olabilecek çözümleri kısmen dışlamaktadır.

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 mikroelektromekanik sistemler (Memss) (Liu and Tomizuka, 2003).

Akıllı Altyapı sistemlerine has bir diğer özellik ise çok miktarda en - formasyonun (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 ağların sistemin durumu hakkında gerçek zamanlı dijital enformasyon sunduğu bir altyapıdır (Morimoto, 2010). Bu tanıma göre sistemin kendi kendini fiziksel varlıklar ve dijital teknolojiler yoluyla izleyebil - me becerisi bulunmaktadır (Balakrishna, 2012).

Zeki ya da akıllı sistemler ayrımı henüz çok net bir şekilde tartışılmıyor iken sistemlere dair ilk tanımlardan birisi bugün de üzerinde ge - nel olarak uzlaşılan ve Aktan vd. (1998: p. 675) tarafından sunulan tanımdır. Buna göre böyle bir altyapı sistemi, bütünlük bir fiziksel altyapı ve algılayıcı tabanlı izleme sistemi paketidir. Kontrol ve iletişim fonksiyonları bulunmaktadır. Şu becerilere sahiptir:

- Kendisine yük oluşturan çevreyi, yüke karşı kendi tepkisi ile ortaya çıkan hasarı veya sistemsel bozulmayı algılayabilmektedir.
- Kendi durumunu, bileşenlerinin sağlığını, kapasitesini ve performans ihtiyaçlarını ve gerçek performansını değerlendirerek akıl yürütebilmektedir.
- Uygun arayüzlerle diğer bileşenler ve sistemlerle, insan yöneticilerle iletişim kurabilmektedir.
- Deneyimden ve insanlarla etkileşimden sezgisel ve mekanik bilişsel beceriler kazanacak şekilde öğrenebilmektedir.
- Karar verip eyleme geçerek resmi yetkilileri uyarma, kullanıcıları uzaklaştırma, yapısal kontrol, kendi kendini tamir etme veya kapatma gibi eylemleri gerçekleştirebilmektedir.

Bugün ise zeki sistemler daha dar anlamda kullanılmaktadır. Prasad and Ruggieri (2014) zeki altyapıların verinin elde edilmesi ve analizine dayalı olarak verimliliğin otomasyonla sağlanmasından ibaret olduğunu söylemektedir. Akıllı altyapılar daha ileri becerilere sahip sistemler olarak görülmektedir. Akıllı Altyapı sistemlerinde salt veri toplanıp saklanmaz. Verinin güvenilir olması, eylemler gerçekleştirecek şekilde enformasyona dönüştürülebilmesi ve altyapı yöneticilerinin anlayışını daha ucuza, daha hızlı ve daha doğru şekilde derinleştirecek ve doğru kararlar üretmelerine katkıda bulunacak nitelikte ve süreklilikte sunulması gerekmektedir (Hagen, 2011).

Kendi farkındalığında olma (self-awareness) seviyesi bugün akıllı altyapılarda bir üst aşama olarak görülmektedir. Bu sistemde, altyapı sistemi izleme sistemlerinden elde ettiği enformasyonla değişen koşullara tepki verebilmekte (El-Diraby ve Rasic, 2004) ya da kendi iç yapısal bütünlüğü ve malzeme sağlığı hakkında rapor sunabilmektedir (Burgy ve Garrett, 2002). Daha yeni yaklaşımlardan birinde Annaswamy vd. (2016) akıllı bir altyapının kendi kendisini insan müdahalesine gerek kalmadan yönetme becerisini de tanıma dahil etmeyi önermişlerdir. Özetle bu sistem, kendisini izleyebilen, iletişim kurabilen ve kendisini yönetebilen bir sistemdir ve koşullara göre kendi bakımını gerçekleştirebilmekte ve operasyonel maliyetleri azaltabilmektedir.

Akıllı bir altyapı “çevresel koşullardaki değişimleri algılayarak kendi kullanımına, bakımına ve desteklenmesine zeki bir şekilde yön verebilen ve kullanıcılarını etkileyebilen bir varlık” olarak tanımlanmaktadır (CSIC, 2016: s. 9). Ancak burada bir altyapıyı akıllı kılmak için kontrol gücününün ne kadar altyapıya devredilebileceği sorusu önem kazanmaktadır. Ogie vd. (2017) son yıllarda zeki altyapı sistemleri (intelligent) yerine akıllı altyapı sistemleri (smart) kavramının gerek akademide gerekse gri literatürde daha yaygınlaştığını ortaya koymuşlardır.

2014’ten itibaren yaygın kullanılan isim Akıllı Altyapı olmuştur. Akıllı Altyapıların “akıl” ya da zeka düzeyi:

- Yarı-zeki sistemler (Semi-intelligent systems): Kendi kullanımı, yapısal performansı, çevre koşulları vb. hakkında bilgiyi toplar ve raporlar, ancak bunlara dayalı kararlar üretmez.
- Zeki ya da yarı akıllı sistemler (Intelligent or semi-smart systems): Bunlar veriyi gerçek zamanlı eyleme geçirebilmekte, enformasyona dönüştürebilecek şekilde toplayıp işleyebilmekte, bu enformasyon da kendisi ya da bir insan operatör tarafından optimal kararlar almakta ve kullanılabilir. (The Royal Academy of Engineering (2012)

• Akıllı altyapı (Smart infrastructure): Bu sistemler veriyi toplar, işler, tamamen otonom bir şekilde değişen çevre koşullarına uyum gösterecek şekilde adaptif ve dinamik eylemler gerçekleştirmektedirler. Akıllı şebekeler, akıllı binalar ve akıllı kentsel altyapı bu kategoriye girmektedir (Elmenreich ve Egarter, 2012).

Ogie vd. 2017, akıllı altyapıyı şu şekilde tanımlamaktadır:

Akıllı altyapı, dijital teknolojileri şu amaçlarla bütünleştiren bir sistemdir:

- Karar verme, verimlilik, tasarruf, güvenilirlik, güvenlik ve dayanıklılık-baş edebilme gücü, kullanıcı etkileşimi ve yetkilendirilmesi, sürdürülebilirlik, atılığın minimizasyonu, çabuk tepki verme, düşük karbon salınımı ve hizmet kalitesi gibi çeşitli konularda kendi kendini izleyerek ve hassasiyet-doğruluk sunarak değer yaratır,
- Veri toplama, veri analizi, geri beslemenin sağlanması fonksiyonları ile değişen koşullara uyum gösterebilir tasarımlara sahiptir,
- Yarı zeki sistemlere veya yarı akıllı sistemlere göre çok daha yüksek performansta çalışırlar. Bütün bu teknik ifadelerin yanı sıra, akıllı altyapının kentsel hizmetleri en verimli, en iyi, en sürekli şekilde sunan, afetlere ve krizlere karşı dayanıklılık sağlayan ve kendisini de koruyabilen, çeşitli yeni hizmetler ve sektörlerin doğuşunda rol oynayarak şehirlerde yeni bir ekonomik ekosistem oluşturan, kullanıcıları ile daha fazla etkileşen ve kullanıcıların da yönetiminde rolleri bulunan altyapılar olduğu söylenebilmektedir.

### 3. SONUÇLAR

Akıllı altyapılar, hızla ihtiyaçları artan şehirler için birçok çevresel, ekonomik, sosyal, siyasi ve yönetsel fayda sunma potansiyeli olan altyapılardır. Bu fırsatlardan faydalanmayı kolaylaştıracak olan yeni standartlar, yaklaşımlar ve teknolojik çözümler her geçen gün artmaktadır.

Ancak akıllı altyapılar aynı zamanda ciddi örgütsel değişim gerektirebilmekte, nitelikli işgücü, sermaye malları ve gayrimenkuller, fikri mülkiyet ve yönetim becerisi ve ileri teknolojili girdiler (çipler, sensörler, uygun kimyasallar veya biyolojik ürünler) gerektirdikleri için yüksek yönetim kapasitesine sahip olmalıdır. Bu nedenle iş modelleri, gelir modelleri, gelir-gider, fayda-maliyet projeksiyonları gibi unsurlar önemlidir. Ayrıca akıllı altyapıların önemli bir maliyeti olduğu için bunların çevresel faydalarının bulgularla desteklenmesi önemlidir. Bu açıdan da simülasyon çalışmaları değerlidir.

Kentsel akıllı altyapılar geliştirilirken şehir ve bölgeyi ilgilendiren üst ölçekli stratejik kararlar ile ilişki kurulması, altyapının ölçek ve kapsam ekonomilerini destekler, yaşam kalitesini artırır, ekosistem işlevlerini destekler ve korur, şehir güvenliğini ve kentsel hizmetlerin güvenilirliğini artırır, şehir ve kırsal ilişkisini mümkünse güçlendirir ve şehrin küresel ağlarda daha iyi bir konuma gelmesine hizmet edecek şekilde çalışmasını sağlar. Örneğin belirli bir sektörde rekabet gücünün artırılması gibi üst ölçekli bir stratejiye hizmet edebilmesi için o altyapının dünyadaki diğer yerlere göre daha ucuza, daha hızlı ve güvenilir bir şekilde malların bozulmadan ve değeri azalmadan aktarılmasına, üretimin kesintisiz sürdürülmesine hizmet edecek nitelikleri olmalıdır.

Akıllı altyapılar bir yandan kentsel altyapıları daha güvenli ve daha yüksek performansla hizmet verebilir hale getirirken, bir yandan da yeni güvenlik riskleri yaratabilmektedir. Risk yönetimi, uygun teknoloji seçimi ve güvenlik önlemlerinin güncel tutulması daha da önemli hale gelmektedir.

Akıllı altyapıların diğer altyapılar ile ilişki kurarak, bir akıllı şehir bütünü oluşturması başka önemli fırsatlar sunmaktadır. Yenilikçi hizmetler, yeni gelir kaynakları olabildiği gibi yeni istihdam olanakları da yaratmakta, yaşam kalitesini artırmakta, kaynak kullanımını azaltmaktadır. Ancak bunun için farklı altyapıların birbirleri ile hangi teknik ve örgütsel temeller üzerinde ilişki kurabileceği üzerine özel çalışmalar gerçekleştirmek, geliştirme çalışmalarını koordine edecek kurumsal kapasiteyi oluşturmak önemlidir. Bu çerçevede Akıllı şehir ile ilgili ihtisas birimleri önemli bir rol üstlenmektedir.

### KAYNAKLAR

• T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2021. Akıllı Altyapı/ <https://www.akillisehirler.gov.tr/egitim-akilli-altyapi/>, (Eylül 2022).

Stimmel, C. L. (2014). Big data analytics strategies for the smart grid. CRC Press.

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>

Gharaibeh, N. G., Darter, M. I., & Uzarski, D. R. (1999). Development of prototype highway asset management system. *Journal of infrastructure systems*, 5(2), 61-68.

- Roohanirad, A. (2001). Small counties can prioritize, too [Asset management systems in Jackson County]. *Better Roads*, 71(6).
- Finger, M., & K\_nneke, R. W. (Eds.). (2011). *International handbook of network industries: The liberalization of infrastructure*. Edward Elgar Publishing.
- da Cruz, N. F., & Marques, R. C. (2011). Viability of Municipal Companies in the Provision of Urban Infrastructure Services. *Local Government Studies*, 37(1), 93-110. doi:10.1080/03003930.2010.548551
- 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
- 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.
- Royal Academy of Engineering (2012) *Smart Infrastructure: the Future*. Royal Academy of Engineering, London, UK. See <http://www.raeng.org.uk/publications/reports/smart-infrastructure-the-future> (accessed 25/11/2016). (Ogie vd. 2017 içinde erişilmiştir).
- Li, D. H. W., Yang, L., & Lam, J. C. (2013). Zero energy buildings and sustainable development implications – A review. *Energy*, 54, 1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.01.070>
- Engineers Australia (2015) [https://www.engineersaustralia.org.au/sites/default/files/shado/Resources/smart\\_infrastructure.pdf](https://www.engineersaustralia.org.au/sites/default/files/shado/Resources/smart_infrastructure.pdf) (accessed 25/11/2016). (Ogie vd. 2017 içinde erişilmiştir).
- Morimoto, R. (2010). Estimating the benefits of effectively and proactively maintaining infrastructure with the innovative Smart Infrastructure sensor system. *Socio-Economic Planning Sciences*, 44(4), 247-257.
- 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.
- Hagen A (2011) *Exploring Support Infrastructures for Freight Transport Operations*. PhD thesis, Department of Logistics and Transportation, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden.
- CSIC (Cambridge Centre for Smart Infrastructure and Construction) (2016a) *Smart Infrastructure: Getting More from Strategic Assets*. CSIC, Cambridge, UK. See <http://www-smartinfrastucture.eng.cam.ac.uk/files/the-smartinfrastucture-paper> (accessed 25/11/2016).