AKILLI ALTYAPI

Dr. Öğr.Üyesi Mete Başar BAYPINAR
İstanbul Üniversitesi

T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI

1. Giriş

Akıllı bir şehir, iyi yönetilen, sürdürülebilir, sağlıklı, adil yaşam koşulları sunan ve halkının mutlu olduğu yenilikçi bir şehir olarak görülür.

Bütün bunların sağlanmasında en kritik işlevleri akıllı altyapı sistemleri ve ilgili temel ve dijital hizmetler yüklenir.

Birincil kentsel altyapılar: içme ve kullanma suyu şebekeleri, enerji şebekeleri, kanalizasyon ve atık su arıtma sistemleri, çöp toplama ve katı atık bertaraf sistemleri, toplu taşıma sistemleri vb.

İkincil kentsel altyapılar: konut alanları, yeşil alanlar, eğitim altyapısı, sağlık altyapısı olarak kabul edilmektedir (Al-hader vd., 2009).

Önümüzdeki yıllarda dünya genelinde talep tarafının yönetilmesi ve hizmet üreticisi ve tüketici arasındaki ilişkinin bütüncül şekilde geliştirilmesi ile kentsel altyapı hizmetleri değer zincirinde devrim niteliğinde adımlar atılacağı öngörülmüştür (Stimmel, 2016).

Bu sunumda birincil altyapılara odaklanılmaktadır.

2. Kentsel Altyapılar

Altyapının Genel Tanımı

Kentsel Altyapı

Kentsel Altyapının Stratejik Rolü

Güncel Kentsel Altyapı Sorunları

Altyapının Genel Tanımı

Kentsel altyapı, hem altyapının kendisi, hem tüketicilerin bulunduğu bir piyasa, hem de bütün bunlarla ilişkili olan yerler ve çevre sistemlerini kapsayan geniş bir kavram olarak kullanılabilmektedir:

- Maddeyi ya da enerjiyi tüketen bir “piyasa”,
- Madde veya enerjinin bir halden bir diğerine dönüştürüldüğü bir işleme birimi
- İşleme biriminin bulunduğu yerden madde veya enerjiyi alıp tüketici ile buluşturan bir fiziksel dağıtım birimi ile işleme biriminin bulunduğu konum
- Altyapı sistemine girdileri sunan ve bunun çıktılarından oluşan çevre. (Nielsen vd. 2000).

Kentsel altyapı analiz edilirken inşa, bakım ve işletme süreçleri, ilgili aktörler, yetkiler ve altyapıya dayalı sunulan kentsel hizmetler dikkate alınır.

Kentsel Altyapı

Kentsel altyapılar, temel yaşam olanakları sunar, malların, suyun, insanların, bilginin ve enerjinin kentsel mekanda dağıtılmasını ve toplanmasını sağlarlar (Ogie vd. 2017).

Kentleşmiş alanlara hizmet eden, kırsal alanlara göre çok yüksek kapasiteleri olan, kullanıcı sayısı nedeniyle daha verimli çalışma olanağı bulunan ve kentin ana omurgasını oluşturan sistemlerdir.

Geleneksel birincil kentsel altyapı sistemleri şunlardır:

- İçme ve kullanma suyu sistemleri (dağıtıcı)
- Kanalizasyon, atık su ve yağmur suyu toplama ve bertaraf sistemleri (Toplayıcı)
- Elektrik sistemleri (dağıtıcı)
- Gaz sistemleri (doğalgaz, geçmişte havagazı) (dağıtıcı)
- Kara ulaşım sistemleri (karayolu, otobüs, raylı sistemler) (toplayıcı-dağıtıcı)
- Deniz ulaşım sistemleri (feribotlar, araba vapuru, deniz taksi vb.) (toplayıcı-dağıtıcı)
- Çöp ve katı atık toplama sistemleri (toplayıcı)
- İletişim sistemleri (toplayıcı-dağıtıcı)

Kentsel Altyapı

Antik çağda Mezopotamya, Hindistan ve Çin'de kanallar, İran'da asfalt yollar, Orta Asya ve Anadolu'da su şebekeleri

19.yy'da yeni gelişen sanayi kentleri ve eski kentlerde yığılma neticesine salgın hastalık ve ulaşım sorunlarının çözümü, bilimsel ve teknik temellere dayanan altyapı şebekelerinin doğuşu

20.yy.'da kentsel nüfusun hızla artması ve küresel ulaşım ağları ile birbirine bağlı kentlerin ortaya çıkması, çevresel sorunlar

Bilişim teknolojilerinin önce planlama, kestirim ve tasarım amaçlı kullanımı,

1990'lardan itibaren zeki altyapı sistemlerinin ortaya çıkması

21.yy. kentsel altyapının akıllı, adaptif, kendini koruyan ve diğer sistemlerle iletişim kuran otonom sistemlere dönüşümü

Kentsel Altyapının Stratejik Rolü

Ekonomik işlevleri : mal, bilgi, enerji ve hizmetlerin hareketliliği, ölçek ve kapsam ekonomileri oluşturma, teknolojik yayılma hızını artırma (Rodrigue, 2013, Glaeser, 1992).

Yaşam Kalitesi ve Kent Mutluluğu İşlevleri: Yaşamın idame ettirilmesi için temel ihtiyaçların karşılanması, erişim hakkının kullanılabilmesi (erişilebilirlik) ve yaşam kalitesi (Wolff, 2004, (Rodrigue, 2013)

Ekosistem işlevlerinin sürdürülebilirliği : Ekosistemin kaynak sağlama, düzenleyici ve kültürel işlevlerini güçlendirme ya da bozma

Kent güvenliği işlevleri: Can ve mal güvenliği, sağlık, gıda güvenliği, afetlere karşı dayanıklılık

Kent – kır ilişkisi işlevleri: Kırsal alanların dünya ile bağlantısının sağlanması, kırsal alanlara yönelik hizmetlerin üretilmesi (Rodgiue, 2013) Kırsal alanların kirlenmesi ve kaynaklarının tükenmesi (Johnson, 2001).

Kentin küresel konumuna dair işlevleri: Ulaşım terminalleri ve iletişim altyapısı ile kentin diğer kentlere göre daha önemli bir konuma erişmesi ve yatırımları çekmesi (Rodrigue, 2013).

Güncel Kentsel Altyapı Sorunları

1900 yılında Dünya nüfusu 1.5 milyar kişi iken 2019 yılında 7.7. milyar kişiye erişmiştir.

Günümüzde toplam nüfusun yarısından fazlası kentlerde yaşamaktadır.

2050 yılında kentsel nüfusun 2.9 milyar kişi daha artması beklenmektedir. Mevcut kentsel altyapının bunu taşıması mümkün değildir. (UN, 2010, Istrate ve Nadeu 2012).

Küresel sorunlar:

- Şebeke su kayıpları (Reynolds, 2019)
- İklim değişikliğine dayalı altyapı hasarı ve kentsel hizmetlerde kesintiler (Willbanks ve Fernandez, 2013).
- Altyapı verimliliği ve hizmet kalitesine ilişkin beklentilerin artması (Annaswamy vd. 2016; Fang vd. 2012).
- Karbon salınımı, enerji tasarrufu, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı gibi gelişmelere uyum gösterebilme.

Güncel Kentsel Altyapı Sorunları

Yeni, akıllı altyapılara geçmenin önündeki engeller:

- Batık maliyetler
- Büyük ölçekli yatırım ihtiyacı
- Büyük kentsel alanlarda hizmetlerin sürekliliği zorunluluğu
- Kentsel saçaklanma, yetki çatışmaları veya yetkisizlik

3. Akıllı Altyapılara İlişkin Genel Çerçeve
Akıllı Altyapıların Doğuşuna Neden Olan Faktörler

- **Çevresel faktörler:** ekolojik ayak izini küçültmek, kaynak tasarrufu, kirlenme, iklim değişikliği ve küresel ısınma, biyolojik çeşitlilikteki azalma, artan kaygılar
- **Politika ve yönetimde değişim:** Yeni kamu ekonomisine geçiş, kamu-özel sektör ortaklıkları, üçlü sarmal ve dörtlü sarmal yenilik modellerine geçiş, altyapının kentsel rekabet açısından artan önemi, kamu iktisadi teşebbüslerinin yaygınlaşması, bütünleşik kentsel gelişme yaklaşımları, altyapı ve hizmetlerin birbirlerinden ayrışması
- **Teknolojik gelişmeler:** kurumsal kaynak yönetimi, nesnelerin interneti, büyük veri, yapay zeka, makine öğrenmesi, yaygın genişbant kullanımı, bulut bilişim, ölçeklenebilir altyapılar, sensörler, diğer destekleyen malzeme, makine vb. teknolojiler sayesinde ortaya çıkan teknolojik yakınsama süreçleri (Yesner ve Özdemir, 2017)

Akıllı Altyapı Kavramı

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.

Akıllı Altyapı ile klasik altyapı arasındaki farklılıklar şu şekilde özetlenebilir:

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

Akıllı Altyapı Kavramı

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

Şekil.2 Klasik ve Akıllı Altyapı Katmanları

Akıllı Altyapı Kavramı

Weiss'a göre (2009) kentleri "akıllı" yapan tüm siber-fiziksel altyapı sistemleri akıllı altyapılardır.

- 1990'lardan itibaren, sensörler yoluyla eski altyapı bileşenlerinin veri üretir hale gelmesi.
- Kurumsal Kaynak Planlama yazılımları ile verilerin bütünleştirilmesi , sistemler, uygulamalar ve ürünlerin bütünleştiği SAP sistemlerinin akıllı coğrafi bilgi sistemleri platformları üzerinde ortaya çıkması, bu teknolojileri salt altyapı firmalarının değil, büyük gayrimenkul üreticilerinin de benimsemesi ile ortaya çıkmışlardır(Al-Hader ve Rodzi, 2009).

Akıllı Altyapı Kavramı

Akıllı altyapı bütüncül şekilde çalışan akıllı bir alt sistem (enerji ya da su gibi), akıllı bir enformasyon alt sistemi ve akıllı bir iletişim alt sisteminin birlikteliğinden doğan varlıktır (Guizani and Anan, 2014).

Bu sayede daha adaptif, daha uzun ömürlü ve daha verimli hizmetler tüketici ve işletmelere sunulabilir, kentlerin afetlere ve krizlere dayanıklılığı artırılabilir.

Akıllı altyapılar, diğer sistemlerle iletişim kuran, kullanıcılarda 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).

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).

Akıllı Altyapı Kavramı

Akıllı altyapılar şu karakteristik özelliklere sahiptirler:

- Kendi farkındalığında olma (self-awareness) ve değişen koşullara tepki verebilme (El-Diraby ve Rasic, 2004)
- Kendi iç yapısal bütünlüğü ve malzeme sağlığı hakkında rapor sunabilme (Burgy ve Garrett, 2002).
- Akıllı altyapının kendi kendisini insan müdahalesine gerek kalmadan yönetme becerileri, Annaswamy vd (2016)

Akıllı Altyapı Kavramı

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 Kavramı

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 üretemez.

Zeki ya da yarı akıllı sistemler (intelligent or semi-smart systems) Bunlar veriyi gerçek zamanlı eyleme geçilebilir enformasyona dönüştürebilecek şekilde toplayıp işleyebilmekte, bu enformasyon da kendisi ya da bir insan operatör tarafından optimal kararlar almakta kullanılabilmektedir. (The Royal Academy of Engineering (2012)

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

Akıllı Altyapı Kavramı

Akıllı altyapı nedir?

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 öyle ya da böyle rolleri bulunan altyapılar, bunlarla beraber çalışan dijital platformlar ve fiziki ve dijital platformalara dayalı olarak bir ekosistem tarafından sunulan hizmetler bütünüdür.

Akıllı Altyapıların Faydaları

- Kendi-kendini izleme ve karar vermede yüksek isabet düzeylerini yakalamak
- Verimlilik ve tasarruf
- Güvenilirlik
- Güvenlik ve şoklarla baş edebilme gücü
- Kullanıcı etkileşimi ve kullanıcının güçlendirilmesi ve yüksek memnuniyet düzeyi
- Sürdürülebilirlik
- Atıl bileşenlerin azaltılması
- Tepki süresinin iyileştirilmesi
- Düşük karbon ayak izi (Ogie vd. 2017)
- Yüksek hizmet kalitesi
- Yenilikçi ekonomik ekosistem

Mavi ve Yeşil Altyapılar

Benedict vd., (2002), yeşil altyapıyı ekosistem değerlerini ve işlevlerini koruyan ve bu sayede ilgili insan nüfusuna fayda yaratan birbiri ile bağlantılı yeşil alanlardan oluşan bir altyapıyı yeşil altyapı olarak tanımlamaktadır.

Günümüzde akıllı altyapıların bulunduğu akıllı şehirlerde mavi ve yeşil altyapılar da yer almaktadır.

Mavi ve yeşil altyapılar, kompakt ve sürdürülebilir şehir gelişimini desteklemek için arazi kullanımı, ulaşım planlaması, bireysel hareketliliğin sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda planlanması, ekolojik sistemlerin korunmasına yönelik önlemler vb. bir çok aracı bir arada kullanan gelişmiş yerel yönetimler (Lazaroiu & Roscia, 2012; Lombardi et al., 2012) için önemli bir seçenektir.

Örneğin New York Şehri Catskill Dağları'ndaki su toplama alanlarını 1.5 milyar ABD Doları harcayarak korumuş ve bu sayede 4 ila 6 milyar dolar ABD dolarını su arıtma sistemlerine harcamaktan kurtulmuştur.

4. Çeşitli Altyapılara Özel Teknolojiler ve Uygulamalar

Akıllı Altyapı: Retrofit Uygulamalar veya Yeni Yatırımlar

Kentsel altyapı gibi büyük teknik sistemler zaman içinde güçlenme ve mekana hakim olma, kendi varlığını sürdürme eğiliminde olmakla beraber, belirli bir sorunu mevcut teknolojik olanaklar ile çözemez hale geldiklerinde çökmekte ve başka sistemlere yerlerini bırakmaktadırlar (Hughes, 1987).

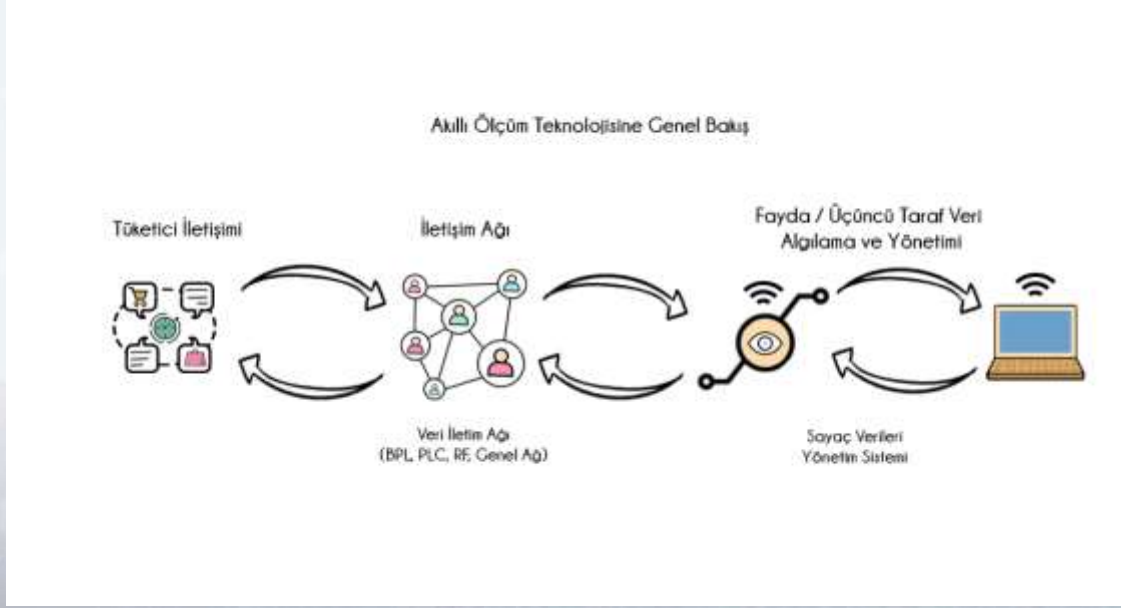
Ancak çok büyük kentsel altyapıların bir defada tamamen yenilenmesi mümkün değildir. Bu nedenle mevcut altyapı bileşenlerinin akıllı sistemlerle bütünleştirilmesi benimsenir. Buna retrofit denilmektedir.

Daha küçük yeni kent uygulamalarında topyekün yeni altyapı tasarımları geliştirilebilmektedir. Örneğin Güney Kore'deki Yeni Songdo Akıllı Şehir çöp toplama sistemi, pnömatik sistemlerle binalarla bütünleşik uygulanmaktadır. Çöp kamyonları kullanılmayan bir sistem olarak tasarlanmıştır.

Akıllı Su Altyapıları

Akıllı su altyapıları şu bileşenlere ve sistemlere sahiptir:

Akıllı Sayaç Sistemleri : Daha basit sistemlerde otomatik veya dokunmatik okuma sistemli sayaçlar olduğu gibi, merkezi bir yapı ile karşılıklı veri alışverişi yapan, kaçak-kayıp tespit eden sayaç sistemleri de bulunmaktadır. Maliyeti azaltır, kullanıcı davranışlarına yön verir, kayıpları azaltır, dinamik fiyatlandırma sağlar, anlık, günlük, yıllık v.b. Veri üretir.



Akıllı Su Altyapıları

Sayaç Alanı Bölgeleri, Basınç Yönetim Alanları ve Kaçak Sızıntı Uyarı Sistemleri

Şebekedeki su kaçaklarını engellemek için CBS ve Hidrolik modelleme gibi araçlar ile sayaç alanı bölgeleri basınç yönetim alanları ve kaçak sızıntı uyarı sistemlerinin bir arada kullanılması benimsenmektedir.

Geniş bir şebeke yerine alt bileşenlere bölünmüş bir şebeke oluşturulması esasına dayanır.

Dijital master sayaçlar, tüketici sayaçları (analog, dijital), CBS, hidrolik ve su kalitesi modelleri, SCADA, kablosuz veya gsm hatlar, basınç dönüştürücüler, sunucular ve bulut tabanlı veri saklama, ana performans kriterlerini raporlayan yazılımlar kullanılmaktadır.

Çeşitli sapmalar, anomaliler ve bunların yeri daha hızlı ve doğru tespit edilmekte, bakım onarım süresi kısalmakta ve kaçak azaltılmakta, öncelikli bakım noktaları tespit edilebilmekte, tüketim örüntüleri ve kayıp kaçak verileri karşılıklı analiz edilebilmekte, arkaplan sızıntılar proaktif basınç yönetimi ile engellenmektedir. Ayrıca basınç yönetimi ile boruların ömrü uzatılmaktadır.

Yüksek maliyetlidir, aşama aşama geçilmesi gerekir.

Akıllı Su Altyapıları

Yönetim Bilgi Sistemleri:

Silolar halinde değil bütünleşik çalışan sistemlerdir.

Müşteri yönetim sistemi, faturalama sistemi, iş emirleri, varlık yönetimi, sayaç verileri, CBS, hidrolik modeller barındırır.

Müşterilerin kendi-kendine hizmet alabilmesini sağlayan, büyük veri, bulut bilişim ve sosyal medya gibi gelişmelere dayalı fayda sağlayan Müşteri İlişkileri Yönetim Sistemleri (CRM) yaygınlaşmaktadır.

Akıllı Su Altyapıları

Varlıkların coğrafi işaretlemesine olanak tanıyan Coğrafi Bilgi Sistemleri

Günümüzde LIDAR, GPS, Uydu ve Dron ile sahadan veri toplayan sistemler yoluyla yüksek hassasiyetli mekansal veri toplamak mümkün hale gelmiştir.

- Boruların kuruluş ve imal tarihleri, hasar ve bakım geçmişleri, çap vb. bilgileri;
- Valflerin kimlikleri, koordinatları, yükseklikleri ebatları, malzemesi, kurulum tarihi, açık-kapalı vb durumları;
- Pompaların marka ve modelleri, merkez noktası yüksekliği, ağırlıkları, tamir vb. bilgileri, kapasitesi, motor gücü gibi bilgiler;
- Depoların koordinatları, taban yükseklikleri, kurulum tarihleri, kalibrasyon tarihleri, su seviyeleri;
- Müşteri sayaçlarının teknik ve tüketim verileri;
- Yangın musluğu vb. araçların teknik verileri ile
- Fotoğraf, plan, proje gibi veriler bütün olarak saklanabilmekte, ilişkilendirilebilmekte ve analiz edilebilmektedir.

Akıllı Su Altyapıları

Kapsamlı Veritabanı Kontrol ve İzleme Sistemi (SCADA)

Kapsamlı Veritabanı Kontrol ve İzleme Sistemi (The Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) elektronik gerçek tabanlı veri toplama ile desteklenmiş, basit düzeylerden oldukça ileri düzeylere kadar otomasyon yeteneği sunan yazılım uygulamalarıdır.

Gerek fiziki bileşenler, gerekse su kalitesini ölçen sensörlerle genişletilebilen bir sistemdir.

Uzaktan ölçüme olanak verirler.

Akıllı Su Altyapıları

Hidrolik ve Su Kalitesi Modellemesi

Hidrolik modelleme su ile ilgili şebekelerde planlama, tasarım, operasyon ve optimizasyonda vazgeçilmez bir araç halini almıştır.

Sabit durum analizleri, uzatılmış periyot analizleri, yangın vanaları için gereken su akım analizleri, hidrolik geçici hal analizi, su kalitesi analizi, senaryo geliştirme, basınç optimizasyonu, mevcut ve gelecekteki talep senaryoları, operasyonel optimizasyon ve mevcut ve acil durum su tedarik analizleri gibi konularda kullanılan yazılımlar bulunmaktadır.

Verilerin sahada kalibre edilmesi, nitelikli personel istihdamı sorunları önemli olabilir.

Su kalitesi modelleri ise suyun arıtılması sonrasındaki durumuna yönelik modelleme çalışmalarını kapsamaktadır. Farklı kaynaklardan suyun karışması sonucu kalitenin nasıl etkileneceği, suyun hatta geçirdiği sürenin kaliteye etkisi, klorin kalıntı seviyeleri, dezenfektan yan ürünlerinin birikimi gibi temalarda kullanılmaktadır.

Akıllı Su Altyapıları

Su Kalitesi Uzaktan Algılama ve İzleme Sistemi

Uzaktan bulanıklık, asitlik/baz düzeyi, iletkenlik, kalıntı klorin düzeyi ve toplam organik karbon miktarı izlenebilmektedir.

Böylece şu sorunlara çok hızlı müdahale edilebilir:

- Sunulan suyun kalitesini gerçek zamanlı veri yoluyla hızla iyileştirmek,
- Kamu sağlığına ek bir koruma katmanı sunmak
- Sisteme yapılan sabotaj ya da terör saldırılarından erken haberdar olmak
- Konvansiyonel su kalitesi parametrelerini takip etmek
- Daha önce sistemsel tepkiler nedeniyle tespit edilemeyen aşırı sonuçları olabilecek kontaminasyon durumlarını tespit etmek,
- İşletme ve bakım giderlerini azaltmak.

Ancak teknik altyapı, personel ve entegrasyon önemli sorun alanlarıdır.

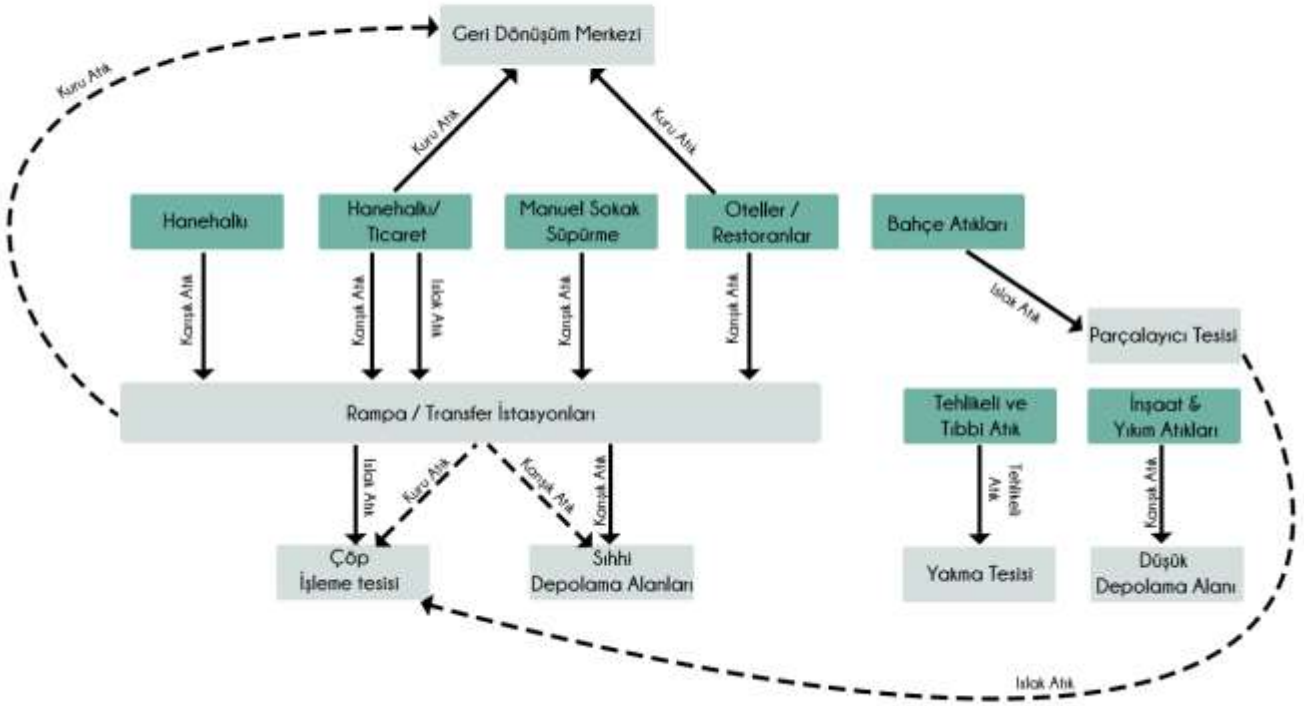
Akıllı Çöp Toplama Sistemleri

İstanbul 2010 yılı verilerine dayalı yapılan bir çalışmada, katı atık toplama sisteminde yapılacak iyileştirmelerle yılda 80 milyon ABD doları tasarruf edilebileceği, Türkiye için bu rakamın 400 milyon ABD Doları'na çıkabileceği ifade edilmektedir (Çavdar Vd. 2016).

Genellikle haneler, ticari ve sınai işletmeler, sokak temizlik işlemleri, yeşil alanlar, otel ve restoranlar, hastaneler ile inşaat ve yıkım faaliyetlerinden kaynaklanan atıkların toplandığı sistemlere ilişkin sorunları şöyle özetleyebiliriz:

- Islak atıklar ve karışık atıklar bir arada toplanmakta ve taşınmaktadır.
- Kuru atıklar (plastik ve cam şişeler gibi) belirli bir seviyede ayrı toplanabilmekte ve geri dönüştürülebilmektedir. Bazı hallerde karışık atıklardan ayıklanarak geri dönüşüme aktarılabilmektedirler.
- Hastane kaynaklı tehlikeli atıklar doğrudan yakma tesislerine iletilmektedir.
- Moloz ve inşaat atıkları atık sahalarına dökülmektedir.

Akıllı Çöp Toplama Sistemleri



Akıllı Çöp Toplama Sistemleri

Klasik sistemlerdeki sorunlar:

- Çöp konteynerlerinin doluluk durumu hakkında gerçek zamanlı bilgi bulunmaz
- Çöp toplama performansı bilinemez.
- Belirli bir alanda çöp toplamak için gereken süre önceden belirli bir hassasiyette kestirilemez.
- Konteynerlerin yerini tespit etmeye dayalı sorunlar sefer düzensizliklerine neden olur.
- Sıradışı olaylar ya da acil durumlarda araçların seferlerinin yeniden düzenlenmesi zordur.
- Araç ve konteyner varlıklarının durumu ve konumu izlenemez.
- Araç ve yer personeli izlenemez.
- Çalışan performansı ancak saha ziyareti ile ölçülebilir.
- Kazalar, araç arızaları gibi durumlardan kaynaklı aksamalara zamanında müdahale edilemez.
- Transfer noktalarına, geri dönüşüm birimleri ile çöp deponi alanlarına aktarılan çöp miktarı bilinmez.
- Çöplerin gerçekten bu noktalara erişip erişmediği bilinmez.
- Farklı tesisler ve araçların personeli koordine edilemez.
- Geleceğe yönelik planlama yapılamaz.

Akıllı Çöp Toplama Sistemleri

Bulut bilişim, nesnelerin interneti sensörleri, GSM/GPRS şebekelerine dayalı sistemler, RFID ve diğer düşük enerji gerektiren kablosuz iletişim teknolojileri ile coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak sistemin tek bir merkezden kontrol edilebilmesisağlamaktadır.

Filo yönetimi, güzergah optimizasyonu, sefer kusurlarının düzeltilmesi (gözden kaçan konteynerler hakkında uyarı verilmesi gibi), kapıdan kapıya çöp toplama hizmetlerinin optimizasyonu mümkün hale gelmektedir.

İşletme maliyetleri düşmekte, hem karbon salınımı azalmakta hem de çöp toplama performansı iyileştirilmektedir. Ayrıca konteyner kayıpları farkedilebilmekte, konteynerlerin konumları düzenlenebilmekte, restoran ve otellerin çıkardıkları çöp miktarına göre faturalama mümkün hale gelmektedir.

Akıllı Çöp Toplama Sistemleri

Örnek olarak konteynerlere dayalı sistemlerde şu alt sistemler kullanılabilmektedir:

- Konteyner doluluk takip sistemleri (çeşitli algılayıcılar ya da dijital imaj işleme yazılımları)
- Konteyner konum takip sistemleri (özellikle taşınması gereken konteynerler için GPS gibi sistemler)
- Konteyner araç ilişkisini sağlayacak RFID temelli konteyner yönetim sistemi
- Personel takibi için biyometrik saha mevcudiyet sistemi
- GSM/GPRS şebekeleri üzerinden araç konum takip ve CBS destekli sefer düzenleme – optimizasyon sistemleri
- Atık bertaraf takip – izleme sistemleri ve
- Şikayet-talep değerlendirme ve yanıt sistemleri.

Akıllı Çöp Toplama Sistemleri

Akıllı Çöp Toplama Sistemleri klasik sistemlere göre;

- Kent içi ulaşımın rahatlatılması,
- Koku ve gürültü kirliliğinin azaltılması;
- Trafik kazalarının azaltılması,
- Çöp toplama ve aktarma faaliyetlerinden kaynaklı karbon salınımının azaltılması;
- Farklı konteyner tiplerinin farklı geridönüşüm merkezlerine iletilerek geridönüşümün ekonomik hale getirilmesi ve atıkların azaltılması

gibi faydalar da yaratmaktadırlar.

5. Akıllı Altyapı Geliştirme ve Yönetim Süreçleri

Akıllı Altyapı Geliştirirken Dikkat Edilmesi Gereken Konular

Akıllı altyapılar ile müşteriler, yatırımcılar, seçmenler ve diğer kamu kurumları ile olan ilişkilerde, ortaya çıkan yeni gelir kaynakları, verinin sahipliği ve ücreti gibi yönetilmesi gereken yeni alanlar ortaya çıkar.

Klasik Kentsel Altyapılar

- İşletmelerin esas ilgisi hizmet kalitesi ve fiyatıdır.
- Hanehalkları için erişim, kalite ve fiyatın uygun olması önemlidir.
- Kent sakinleri için ise altyapının yarattığı yaşam kalitesi, verimliliği, sürdürülebilirliği, dayanıklılığı ve kirlilik yaratıp yaratmadığı önemlidir.

Akıllı Kentsel Altyapılar

- İşletmeler de sisteme veri yönetimi ve analiz, sistem optimizasyonu vb. hizmetler sunabilirler, bu verileri satın alarak başka hizmetler üretebilirler.
- Hanehalkları da sisteme girdi sağlayabilirler. Örneğin elektrik üretip satabilirler.
- Bazı kent sakinleri yeni akıllı hizmetleri almakta zorlanabilir. Dijital uçurumlar yaşam kalitesini olumsuz etkileyebilir.

Akıllı Altyapı Geliştirirken Dikkat Edilmesi Gereken Konular

Yatırımcılar ve altyapı işletmecileri açısından

Klasik Kentsel Altyapılar

- Yatırımın dönüşü (Return on Investment (ROI)) (Özel sektör)
- Düzenlemelere uygunluğu (Kamu)
- Diğer yetkili kurumlarla ilişkiler önemlidir.

Akıllı Kentsel Altyapılar

- Yerel yönetim risk transferi karşılığı gelirlerinden vazgeçebilmektedir. Ancak çeşitli yasal kısıtlarla karşılaşırlar.
- Özel Sektör için teknoloji yaşam döngüsü, fırsat maliyetleri, yazılımın hizmet olarak sunulduğu durumlara dayalı yeni maliyetler, eğitim maliyetleri, vb. yatırım dönüş oranlarını etkileyebilir.

Akıllı Altyapı Geliştirirken Dikkat Edilmesi Gereken Konular

Akıllı altyapılara dayalı hizmet veren işletmeciler için şu unsurlar önemlidir:

- Karlılık,
- Müşterilerin ödeme arzusu, kaçak abone oranları, cezalar vb.
- İşletme kolaylığı hem klasik altyapılarda hem akıllı altyapılarda önemli unsurlardır.
- Akıllı altyapı sistemlerinde fikri mülkiyet sorunları, güvenlik gibi yeni riskler ortaya çıkabilmektedir.

Akıllı Altyapı Geliştirirken Dikkat Edilmesi Gereken Konular

- Donanım satıcıları (sensör, veri üreten cihazlar vb.) donanım satışını ve bağlı gelirlerini maksimize etmek
- Altyapı şirketleri (klasik altyapı sektörlerinden gelen şirketler) yatırım dönüş oranlarını ve karlarını maksimize etmek
- Veri yönetimi ve analitik hizmet satıcıları hizmet gelirlerini maksimize etmek,
- Kent yönetimi ise yeni akıllı hizmetler ve akıllı altyapının getireceği politik, ekonomik, çevresel ve sosyal faydalar elde etmek isterler.

Akıllı Altyapı Gelir Modelleri

Gelir Modeli (The Revenue Model) her işlem için bir komisyon alınan, hizmet verenin altyapıya sahip olmadığı modellerdir. Uber, Booking.com örnek verilebilir.

Kullandıkça Öde Modelleri (Pay as you use models) yeni bir paradigma olup belirli bir ürün ya da varlığa sahip olmak yerine bir hizmeti kullanmaya doğru bir kayış ile ilgilidir. Araç paylaşımı, bisiklet ve skooter hizmetleri bu kategoriye girer. Kullanıcılar aylık sabit bir ücret ya da kullanım başına ücret öderler.

Aygıt Merkezli Modeller (Device Centric models) tüketicilerin ileri teknoloji ürünü olan güçlü bir markanın ürününe ödedikleri ücretin ana geliri oluşturduğu modeldir. Salt bu çekirdek ürün ile çalışan uygulamalar veya hizmetler ek gelirleri oluşturur. Apple, Tesla gibi markalar örnek verilebilir.

Akıllı Altyapı Gelir Modelleri

Düşük maliyetli modeller (Low Cost models) müşteriye en uygun fiyatı sunmaya odaklanırlar. Gelir kaynağı temel hizmetler ve bunlara dair ek hizmetlerdir.

Veri Merkezli Modeller (Data Centric models), süreç verilerine dayalıdır. Müşterilere ücretsiz, yüksek kaliteli hizmet sunarlar ve karşılığında kullanım verilerini toplarlar. Aslında ürün müşterinin kendisidir. Google hizmetleri buna örnek verilebilir.

Dağıtık Merkezli Modeller (Decentralized Services) Blokzincir teknolojisi kullanan platformların sunduğu hizmetlere dayalı gelir modelleridir. Bunlar henüz gelişme aşamasındadır ve faydaları tam kanıtlanmamıştır.

Yönetim Fonksiyonları ve Olası Değişimler

- Sürdürülebilirlik ilkelerine uygun altyapı yaşam döngüsü yönetimi (ILM)
- Etkin kurumsal kaynak yönetimi (ERP)
- Talep yönetimi (DM)
- Risk yönetimi (RM)
- Yerel önceliklere uygun teknoloji transfer ve AR-GE faaliyetleri (Localized R&D)

Radikal değişimler gerçekleşebilir.

Akıllı Altyapı Yatırımları ve Ortaklık Modelleri

Kamu Özel Sektör Ortaklıkları

- Şirket yapısındaki işletmeci doğrudan müşterilerle ilişkilidir.
- İhaleye dayalı kontrat yoluyla rekabet sağlanır.
- Belediye yönetimi ne tür hizmet istediğine, ne ödeyeceğine ve hangi kaliteyi beklediğine karar verir. Müşteriler de fiyat ve kaliteyi etkilerler.

İşletme Kamu Özel Sektör Ortaklıkları:

Altyapı mevcutsa ve fazla yatırım gerektirmiyorsa tercih edilir. İhale yoluyla işletmeci seçilir. İşletmeci bir diğer belediyenin bir kamu iktisadi teşekkülü ya da özel sektörden bir işletmeci olabilir.

- İşletme (management) kontratları : 1 ila 4 yıllıktır. Belediyeye daha fazla kontrol olanağı sunar.
- Uzun süreli kiralama (Leasing) Kontratları : 4-15 yıllıktır.
- İmtiyaz (Concession) Sözleşmeleri : 15 yıldan uzundur, daha ekonomik avantajları vardır.

Akıllı Altyapı Yatırımları ve Ortaklık Modelleri

Finansal Kamu Özel Sektör Ortaklıkları

- Daha yaygın olarak altyapının eski, yetersiz olduğu ya da hiç bulunmadığı durumlarda tercih edilmektedir. Hizmet sunulmadan önce büyük altyapı yatırımları gerekir.
- Özel işletmeci yatırım yapar ve altyapıyı kurar, belirli bir süre işletir.
- Genellikle 15-20 yıl sonra mülkiyeti belediyeye devreder.
- Teknolojik gelişmeler nedeniyle yaygınlaşan bir ortaklık türüdür.

Akıllı Altyapı Standartları

Bir çok farklı standarda tabi olmakla beraber, belli başlı standartlar şunlardır:

ISO/TS 37151 standartı

- **Bölge sakinleri için Akıllı altyapı perspektifi:** Sağlanan servislerin kullanılabilirliği, ulaşılabilirliği, satın alınabilirliği, güvenliği ve kalitesi,
- **Şehir Yöneticileri için Akıllı altyapı perspektifi:** Operasyonel verimlilik, ekonomik verimlilik, kullanılabilirlik veya performans durumu, sürdürülebilirlik ve dayanıklılık,
- **Çevre için Akıllı altyapı perspektifi:** Kaynakların etkin kullanımı, iklim değişikliğini azaltılması, azaltılmış kirlilik ve koruma gibi parametreler.

ISO / TR 37152/2016 standartı

Akıllı altyapılarının geliştirilmesi ve işletilmesi için ortak bir çerçevenin temel konseptini ana hatlarıyla belirtmiştir.

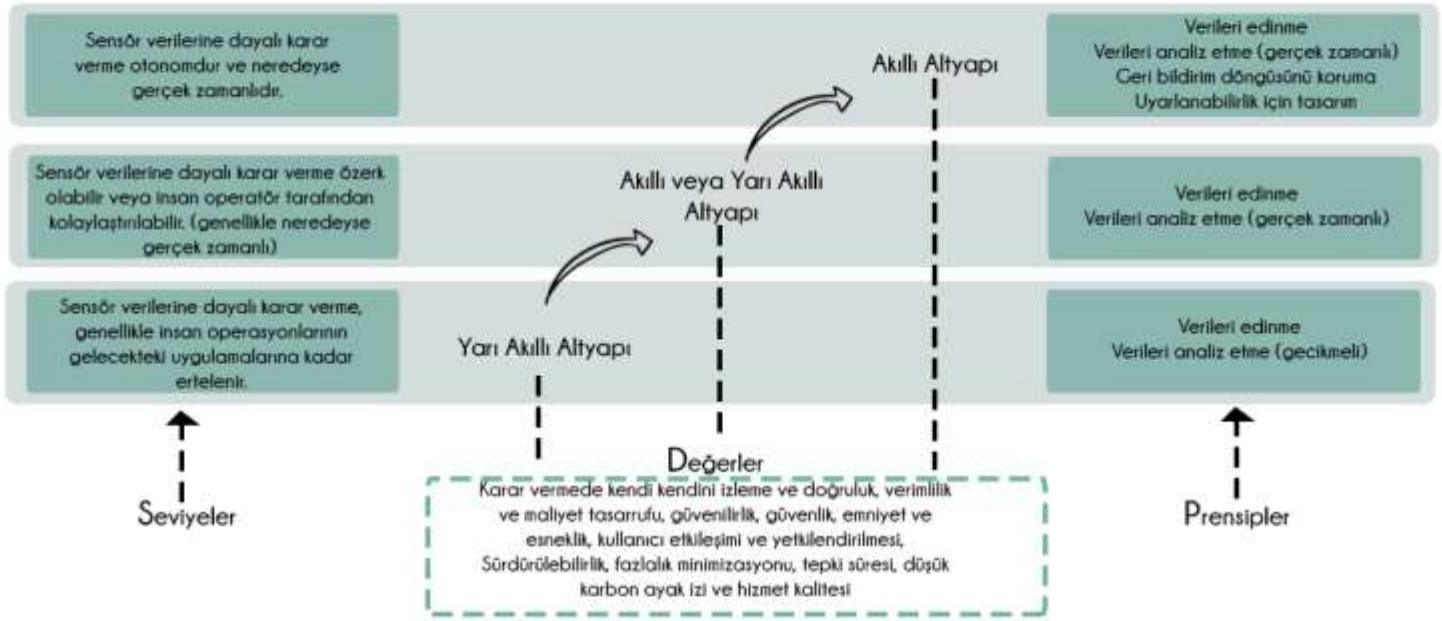
Akıllı Altyapı Standartları

IEC – Uluslararası Elektroteknik Komisyonu

“Akıllı Şebeke Standardizasyon Yol Haritası”nda aşağıdaki standartlar, akıllı şebeke yapısı açısından ana standartlar olarak belirtilmiştir. Ayrıca ortak çalışma grupları vardır:

- IEC 62357 Güç sistem kontrolü,
- IEC 61970 Enerji yönetim sistemi,
- IEC 61850 Trafo merkezlerinde haberleşme ve otomasyon,
- IEC 61968 Dağıtım yönetim sistemi,
- IEC 62351 Güç sistemleri yönetimi-veri ve haberleşme güvenliği,
- IEC 62056 Elektrik ölçümü-sayaç okuma, tarife ve yük denetimi için veri değişimi,
- IEC 61508 Güvenlikle ilgili elektrik/elektronik/programlanabilir elektronik sistemlerde fonksiyonel güvenlik

Akıllı Altyapıların Kıyaslanması



SVP Çerçevesinin Şematik Gösterimi

Ogie vd. 2017, Seviyeler, değerler ve prensipler çerçevesi

6. Akıllı Altyapı Sistemlerine İlişkin Eleştiriler

Akıllı şehir uygulamaları dünyanın bir çok yerinde tepki de çekebilmektedir. Başarılı uygulamalar için bu eleştiri ve kaygıların dikkate alınması faydalı olacaktır.

- Teknoloji şirketlerinin baskıları ve teknolojik bağımlılık (Buckman vd., 2014).
- Kişisel özgürlüklerin kısıtlanması ve aşırı kontrol (Klauser, Paasche, & Söderström, 2014; Krivý, 2018)
- Elitist, toplumu ayrıştırıcı uygulamalara dair eleştiriler (Caprotti, 2018)
- Büyük teknoloji şirketlerinin egemenleşmesi (Söderström, Paasche, & Klauser, 2014)
- Akıllı altyapılar nedeniyle ortaya çıkan siber güvenlik sorunları ve akıllı altyapının kendisinden kaynaklanabilecek sorunlar (Aldairive ve Tawalbeh, 2017).

7. Değerlendirme ve Sonuç

Akıllı altyapılar, hızla ihtiyaçları artan kentler için birçok çevresel, ekonomik, sosyal, siyasi ve yönetsel fayda sunan ve teknolojik gelişmelerle potansiyelleri her gün daha da artan çözümlerdir.

Akıllı altyapılar ciddi örgütsel değişimler yaratmaktadır. Bu değişimler sonucunda ortaya çıkacak yapının iyi tahlil edilmesi ve uygun ortaklık modelleri seçilmesi riskleri azaltır.

Kentsel akıllı altyapıların, kentsel stratejilerle uyumlu, kent ve yakın bölgesi için değer yaratacak ve sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ve hedeflerine erişmeyi sağlayacak nitelikte geliştirilmesi gerekir.

Akıllı altyapıların yaratacağı yeni güvenlik riskleri ve diğer kaygıların dikkate alınarak uygulamalar yapılması başarının anahtarıdır.

Teşekkürler

T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI