

## Araştırma Makalesi

# Kentsel Hizmetlerde Nesnelerin İnterneti Cihazlarının Kullanımı: Çevresel Sürdürülebilirlik Ekseninde Bir Sorgulama<sup>1</sup>

Gökçe Nur ŞAFAK

Aksaray Üniversitesi

gokcenursafak@aksaray.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3531-9698

### Öz

Literatürde kentsel hizmetlerde nesnelerin internetinin kullanımının yarar ve zararları ile uzun erimde uygulama açısından beraberinde getireceği güçlüklerin yeterince tartışılmadığı ifade edilebilir. Çalışmada *nesnelerin internetinin* kentsel hizmet sunumunda kullanılmasının çevresel sürdürülebilirlik açısından etkileri sorunsallaştırılmıştır. Başlı başına nesnelerin internetinin kentsel hizmet sunumunda kullanılmasının özsel ve pratik zorlukları ile çevresel sürdürülebilirlik açısından etkileri ele alınmaktadır. Benimsenen literatür taraması yöntemi ile literatürde yeterince ele alınmamış boyutların ortaya çıkarılması ve teorik tartışmanın ileri taşınabilmesi hedeflenmiştir. Böylelikle, uygulamada çevresel sürdürülebilirlik açısından izlenebilecek ilkelerin tespit edilmesi hedeflenmiştir. Bu eleştirel perspektifin çalışmanın özgünlüğüne katkı sağlaması umulmaktadır. Çalışmada nesnelerin interneti literatürden hareketle güçlü ve zayıf yönleriyle birlikte açıklanmakta ve akıllı kentin çevre bileşeni çevresel sürdürülebilirlik açısından tartışılmaktadır. Gerçekleştirilen literatür taramasında, nesnelerin interneti kullanımının çevresel sürdürülebilirliğe katkı yapacağına genel bir biçimde kabul edildiği ancak uygulama güçlüklerinin ve çevresel etkilerinin hesaba katılmadığı temel bulgulardandır. Öneriler ve sonuç bölümünde Türkiye açısından sürecin çevresel sürdürülebilirlik öncelenecek nasıl yönetilebileceğine dair uygulama önerileri sunulmaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Nesnelerin interneti, akıllı kent, kentsel hizmet, sürdürülebilirlik

**JEL Sınıflandırma Kodları:** H70, O33, Q54, Q55

## Utilization of Internet of Things (IoT) Devices in Urban Services: An Analysis in the Context of Environmental Sustainability<sup>2</sup>

### Abstract

It can be argued that the benefits and drawbacks of the Internet of Things (IoT) in urban services, as well as its long-term implementation challenges, have not been sufficiently discussed. The study examines the effects of IoT in urban service delivery in terms of environmental sustainability, addressing its intrinsic and practical difficulties and their environmental impacts. Using a literature review, it aims to reveal underexplored dimensions and advance the theoretical discussion, while identifying principles for practice. Adopting a critical perspective, the study explains IoT with its strengths and weaknesses and discusses the environmental dimension of the smart city. The findings show that although IoT's contribution to environmental sustainability is widely accepted, its implementation challenges and environmental impacts are not adequately considered. The final section offers practical suggestions for managing the process with a focus on environmental sustainability in Türkiye.

**Keywords:** Internet of things, smart cities, urban services, sustainability

**JEL Classification Codes:** H70, O33, Q54, Q55

<sup>1</sup> Bu makale, 24 Nisan 2025 tarihinde 26. Uluslararası Kamu Yönetimi Forumu'nda sunulmuş özet olarak yayımlanan "Kentsel Hizmet Sunumunda "Nesnelerin İnterneti"nin Sürdürülebilirlik Bağlamında Tartışılması" başlıklı bildirden türetilmiştir.

<sup>2</sup> Extended abstract is presented at the end of the article.

Geliş Tarihi (Received): 23.07.2025 – Kabul Edilme Tarihi (Accepted): 26.02.2026

**Atıfta bulunmak için / Cite this paper:**

Şafak, G. N. (2026). Kentsel hizmetlerde nesnelerin interneti cihazlarının kullanımı: Çevresel sürdürülebilirlik ekseninde bir sorgulama. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(1), 249-274. doi: 10.18074/ckuiibfd.1748269

## 1. Giriş

Kamu yönetiminde ve kamu hizmeti sunumunda yaşanan dijital dönüşüm yurttaşlara sunulan hizmetin mahiyetine etki etmiş, pek çok geleneksel hizmet sunum biçimi yerini yeni hizmet sunum biçimlerine bırakmaya başlamıştır. Günümüzde kişiler e-devlet uygulaması üzerinden tapu kayıtları, sağlık bilgileri, firmalara ve yerel yönetimlere borç bilgileri, mezuniyet belgesi ve transkriptleri gibi bir dizi bilgi ve belgeye ulaşılabilen, abonelik yapılabilmekte, hatta eğitim alabilmektedir. Yurttaşların dijital oylama aracılığıyla politika ve hizmet sunumuna katılım sağladıkları görülmektedir.<sup>3</sup> Kamu politikalarının üretiminde ve hizmet sunumundaki dijitalleşmeye paralel olarak kentsel politikaların üretiminde ve hizmet sunumunda da teknolojik kapasite ve etki alanı genişlemektedir. Günümüzde dünyada ve Türkiye’de kentsel altyapı, ulaşım, su yönetimi, atık yönetimi gibi alanlarda dijitalleşme yaşanmaktadır.

Tarihsel olarak önce kentte belirli alanlarda yaşanan dijitalleşme, zaman içerisinde kentin geneline yayılmış; bu süreç akıllı kent olgusunu doğurmuştur. Günümüzde akıllı kentler, akıllı teknolojilerin aracılığıyla gündelik etkinliklerini kendine yeterli biçimde ve otomasyona dayalı olarak gerçekleştiren özerk yapılar olma hedefine yönelmiştir (Ahad, Paiva, Tripathi ve Feroz, 2020, s. 1). Akıllı kentleşme, ilk döneminde kentlerin uluslararası rekabet edebilirliklerini artırma vizyonları ile teknoloji şirketlerinin yönlendirmesi ve kârlılık hedefleri ekseninde plansız biçimde gelişmiştir. İkinci gelişim dönemi 2015 Paris İklim Anlaşması’ndan sonra başlamış, yerel yönetimler öncülüğünde daha planlı bir biçimde gerçekleştirilmiştir. İkinci dönemin, akıllı teknolojilerin şehre *yaygınlaştırılmasını* içerdiği ifade edilmekte, günümüzde üçüncü faz (Smart City 3.0) ise yurttaş katılımının ve etkinliğinin arttığı bir süreç olarak tanımlanmaktadır (Cohen, 2015, s.y.; Ataç, 2021, ss. 107-108). Bu gelişim süreci “akıllı kent” ile ilgili farklı tanımların yapılagelmesine neden olmuştur (Ataç, 2021, s. 103). Akıllı kentleşme, bilgi iletişim teknolojilerinin kentte farklı boyutlarda (eğitim, sağlık, turizm, kentsel hizmet vd.) etkin ve yaygın bir şekilde uygulanmasını açıklayan bir süreç olarak anlaşılabilir. Muhtelif biçimlerde tanımlanabilmekle birlikte akıllı kente yönelik yapılan tanımlar kavramın çok yönlü yapısına işaret etmekte ve farklı tanımlar, farklı ölçüm tekniklerini ve farklı sınıflandırmaları da beraberinde getirmektedir (Albino, Berardi ve Dangelico, 2015).

Akıllı kentleşmenin, kentlerin uluslararası rekabet edebilirliği, hizmet maliyetlerinde düşüş ve hizmetlerin etkinliğinde artış, karar alma ve müdahale süreçlerinin hızlanması, zaman tasarrufu, yurttaşların yaşam kalitesinde artış, kentsel hizmetlere katılımı ve demokratikleşmeyi teşvik gibi etkileri *toplumsal ve ekonomik sürdürülebilirliğe* katkıları olarak yorumlanabilir (Aslan vd., 2021, s. 102). Bu türden etkilerin yanında özellikle enerji verimliliğinin sağlanması ve yeşil

<sup>3</sup> Örnek olarak 12. Ulusal Kalkınma Planı yurttaş anketine açılmış, plan hazırlıklarına yurttaş katılımı sağlanmıştır.

ve/veya güneş enerjisiyle çalışan teknolojilerin kullanımıyla iklim değişikliğiyle mücadele ve *çevresel sürdürülebilirliğe* katkısının olabileceği öne sürülmektedir.

Farklı sınıflandırmalara tabi tutulmakla birlikte, literatürde yaygın biçimde kabul edilen bir tasnife göre akıllı kent; *akıllı ekonomi, akıllı insan, akıllı yönetim, akıllı hareketlilik, akıllı çevre* ve *akıllı yaşam* olarak altı bileşene ayrılmaktadır (Giffinger vd., 2007, s. 1).<sup>4</sup> Kentlerin girifliliği düşünüldüğünde bu bileşenlerin birbirinden katı sınırlar ile ayrılmasının mümkün olmadığı ifade edilebilir. Öte yandan, akıllı kent bileşenleri dijitalleşmenin gerçekleştiği alanı işaret ettiği gibi dijitalleşmenin etki ettiği alanı da göstermektedir. Makalenin temel sorunsalı kentte nesnelerin internetinin kullanımının çevresel sürdürülebilirlik açısından irdelenmesidir. Dolayısıyla çalışma bu sorunsalın mahiyeti nedeniyle doğal bir biçimde akıllı çevre bileşenine yönelmektedir. *Akıllı çevre* bileşeni ile kent planlamasında sürdürülebilirlik esas alınmaktadır. Akıllı çevre; kaynakların verimli kullanımı, karbon emisyonunun azaltılması, iklim dirençliliğinin sağlanması, kirliliğin önlenmesi ve çevrenin, ekosistemlerin ve biyoçeşitliliğin korunması amaçları doğrultusunda bilgi iletişim teknolojilerinin kullanıldığı akıllı kentleşme sürecini anlatmaktadır (Giffinger vd., 2007, s. 12; Cohen, 2014, s.y.; Bosch vd., 2017, ss. 27-29). Bu kapsamda akıllı çevre açısından; enerji verimliliği, su yönetimi, atık yönetimi, akıllı yapılar, aydınlatma, kent mobilyaları ve afet yönetimi gibi alanlarda kentlerde yaşanan dijitalleşmenin temel araçlarından birisi *nesnelerin interneti cihazlarıdır*.

Makalede kapsamlı bir literatür taraması yapılmaktadır. Kapsamın akıllı kentin *akıllı çevre* bileşeni ile sınırlandırıldığı makalede nesnelerin internetinin çevresel sürdürülebilirliğe olası katkıları, ontolojik ve pratik zorlukları tartışılmaktadır. Bu tartışmanın yürütülebilmesi için tercih edilen literatür taraması yöntemi literatürdeki boşlukların, yeterince ele alınmamış boyutların ortaya çıkarılmasına ve teorik tartışmanın ilerletilebilmesine hizmet etmektedir (Creswell, 2013, s. 229). Literatür taramasına dayanarak nesnelerin interneti açıklanmakta, nesnelerin interneti cihazlarının doğası itibariyle barındırdığı potansiyel sorunlar ile sürdürülebilirliğe katkı yapabilirlikleri uygulama biçimleriyle birlikte ele alınmaktadır. Böylelikle kentsel hizmette nesnelerin interneti cihazları kullanımına yönelik literatürün tartışmaya katmadığı boyutlar da ortaya konmaya çalışılmaktadır. Çalışmanın tartışma ve sonuç bölümünde nesnelerin internetinin çevresel sürdürülebilirlik bakımından fayda yaratması için Türkiye’de uygulama süreçlerine yönelik önerilerde bulunmaktadır.

---

<sup>4</sup> Bu çalışmada çevresel sürdürülebilirlik açısından öne çıkan akıllı çevre bileşenine odaklanılacaksa da diğer akıllı kent bileşenlerinin tamamının çevresel sürdürülebilirlik bağlamında çıktı üreten politika ve uygulamalar içerebileceği ifade edilmedi. Örnek olarak akıllı ulaşım kapsamında bisikletlerin yaygınlaşmasına yönelik nesnelerin interneti uygulamaları çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunabilecektir. Örnekler diğer bileşenler açısından da çoğaltılabilir.

## 2. Nesnelerin İnterneti Kavramı: Avantajlar, Güçlükler ve Eleştiriler

Akıllı kentleşmenin temelini oluşturan teknolojilerden birisi olan “nesnelerin interneti” sensör ve aktüatörleri olan cihazların bilgi topladığı, diğer cihazlarla iletişim kurabildiği, dış çevreden gelen -ısı, nem vb.- verileri toplayabildiği bir sistemi ifade etmektedir (Ahad, Paiva, Tripathi ve Feroz, 2020, s. 4). Daha açık bir tanımlamayla, nesnelerin interneti (Internet of Things/IoT), sensör ve aktüatörleri bulunan cihazların gerçek zamanlı veriyi algılayabildikleri, toplayabildikleri, işleyebildikleri ve iletebildikleri cihaz ekosistemi olarak tanımlanmaktadır (Jin, Gubbi, Marusic ve Palaniswami, 2014, s. 112; Mosco, 2019, s. 60; Hançer ve Samet, 2021, s. 79; Polat ve Oyuncu, 2021, s. 13; Uluyol ve Yıldız, 2021, s. 2).

Nesnelerin interneti cihazları kablolu veya kablosuz internet, bluetooth gibi teknolojiler aracılığıyla birbiriyle iletişim kurma, veriyi aktarma ve gerekli durumlarda cihaza müdahale etme kapasitesine sahip cihazlardır. Bir cihazın nesnelerin interneti cihazı olarak kabul edilmesi için adreslenebilir, ulaşılabilir, programlanabilir olması ve iletişim kurabilir nitelikte olması gerektiği ifade edilmektedir (Hançer ve Samet, 2021, ss. 80-84; Özkan Okay, Samet ve Arslan, 2021, ss. 53-55; Polat ve Oyuncu, 2021, ss. 14, 49; Uluyol ve Yıldız, 2021, ss. 1-2). Bir nesnelerin interneti cihazını örnek olarak hareketi sensörler aracılığıyla algılayabilen klasik bir cihazdan ayırmamıza yarayan temel özellik bir cihaz ekosistemi içerisinde iletişim kurabilmesidir (Ataç, 2021, s. 245).

Günümüzde nesnelerin interneti akıllı saatlerden beyaz eşyalara, binalara, kentsel güvenlik ve altyapı sistemlerine, sağlıktan eğitime, endüstriyel üretimden finansa ve tarıma kadar bir dizi alanda yaygın biçimde kullanılarak giderek gündelik yaşamın bir parçası haline gelmektedir (Aslan, Samet ve Özkan Okay, 2021, ss. 101-104). Öyle ki, nesnelerin internetinden *her şeyin internetine* (Internet of Everything/IOE) geçildiği bir sürecin yaşandığı ifade edilmektedir (Herzberg, 2018, s. 22). Nesnelerin interneti, sanal dünya ile gerçekliği, dijital dünya ile fiziksel dünyayı birbirine bağlayan bir köprü olarak nitelendirilmektedir (Vermesan vd., 2016, s. 20). Nesnelerin internetinin kentsel mekânda yaygınlaşması, gerçek dünya ile sanal dünya arasındaki, fiziksel ile dijital uzam arasındaki sınırı belirsizleştirmektedir.

Kentlerde ulaşım, altyapı, atık yönetimi, aydınlatma gibi hizmet alanlarının her birinde geleneksel yöntemlerin terk edilmeye başlanıp nesnelerin interneti teknolojilerinin yaygınlaşması sürdürülebilirlik açısından fayda yaratabilecekse de kentsel hizmeti ve çevresel sürdürülebilirliği olumsuz olarak etkileyebileceği alanlar da bulunmaktadır. Bu bağlamda makalenin bu bölümünde nesnelerin internetine içkin ve uygulamaya yönelik gerilimler ele alınmakta, nesnelerin interneti sürdürülebilirlik açısından tartışmaya açılmaktadır.

## 2.1. Kentte Nesnelerin İnterneti: Kavrama İçkin ve Pratik Gerilimler

Dünyada ve Türkiye’de eskijen, verimsiz hâle gelen ve değişmesi gereken veya sıfırdan kurulan altyapıların ve kentsel hizmet alanlarının akıllı teknolojilerle donatıldığı bir sürecin yaşandığı görülmektedir (Ataç, 2021, ss. 245-246; Durmuş ve Sevgi, 2021, ss. 321-323). Akıllı kentleşmenin temel araçlarından ve sonuçlarından birisi nesnelerin internetidir. Nesnelerin internetinin blok zincir ve yapay zekâ uygulamaları ile adapte edilmesinin tartışıldığı günümüzde, atık ve su yönetimi, ulaşım ve trafik yönetimi (akıllı kavşaklar, gişeler ve sinyalizasyondan bisiklet istasyonlarına), afet yönetimi, hava kalitesi ve gürültü takibi, eğitim, sağlık, güvenlik, kent mobilyaları, aydınlatma, inşaat gibi alanların her birinde nesnelerin interneti cihazları kullanılmaktadır.

Nesnelerin internetinin ve akıllı kentleşmenin yaygınlaşmasına dair birbirine zıt görüşler bulunmaktadır. Literatürden hareketle bu görüşler iyimser ve kötümser bakış açıları olarak nitelendirilmektedir (Herzberg, 2018, ss. 192-193). İyimser bakış açısı incelendiğinde bu perspektifin öncelikle akıllı kentleşmeyle ilgili fon sağlayıcı ve/veya proje yürütücü gibi pozisyonlarda konumlanan uluslararası kuruluşların raporlarında, uygulama rehberlerinde vb. ve ulusal politika belgelerinde yaygın biçimde benimsendiği ifade edilmelidir (Birleşmiş Milletler, 2002; OECD, 2019; European Commission, 2020). Bu görüş, akıllı kentleşmenin refahı, verimliliği, yaşam kalitesini beraberinde getireceği, çevresel zararı ve kaynak israfını en aza indirgeyeceği ve iklim değişikliği ile mücadeleye ve çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunabileceği, hatta bu hedeflerin gerçekleştirilmesi için akıllı kentleşmenin bir gereklilik olduğu kanaatlerini kapsamaktadır (Jin vd. 2014, s. 112; van den Buuse ve Kolk, 2019). Teknoloji firmalarının yayınları ile de desteklenen bu iyimser tutumun literatüre hâkim olduğunu söylemek mümkündür.

Nesnelerin internetinin kentsel hizmet süreçlerinde yaygınlaşmasına yönelik kötümser bakış açısına gelindiğinde en temel tartışmanın nesnelerin interneti kavramına içkin olan birbirleriyle haberleşen cihazların gerçek zamanlı veri toplamasından kaynaklandığı görülmektedir. Bu özsel niteliği, nesnelerin internetini güvenlik ve gizlilik açısından tartışmalı kılmaktadır (Aslan vd., 2021, ss. 119-124; Ataç, 2021, s. 129; Uluçol ve Yıldız, 2021, ss. 3-7). Nesnelerin interneti aracılığıyla toplanan gerçek zamanlı veri ile gizlilik gerektiren kişisel bilgilerin metalaştırıldığı ve kişisel alan-kamusal alanın sınırlarının bu doğrultuda dönüştüğü ifade edilmektedir (Mosco, 2019, s. 8). Kentsel altyapı ve hizmet sunumunda da en temel sorunlardan birisi gizlilik ve veri güvenliğine yönelik olacaktır. Kentte nesnelerin interneti ile işleyen her alan siber saldırılardan etkilenme ve gizliliğin ihlali risklerine sahiptir (Ahad, Paiva, Tripathi ve Feroz, 2020, s. 6).<sup>5</sup> Özellikle mahremiyet ihlali riskinin yarattığı distopik izlenime rağmen nesnelerin interneti kentsel hizmet sunumunda yalnızca bir araç olarak nitelendirilmekte ve bu aracın

<sup>5</sup> Nitekim Çin’de Chongqing’de hayata geçirilmeye çalışılan akıllı ve bağlantılı şehir vizyonlarında kurulması hedeflenen kamera ağı bu gizlilik ihlaline işaret etmekteydi (Herzberg, 2018, s. 123).

özünde bir kötülük olmayıp, nasıl kullanılacağına önemli olduğu; ortak verinin ortaya çıkışının hem kamu kurumları hem de kentliler açısından hizmeti izleme, faturalandırma vb. maliyet ve yükümlülükler açısından etkinlik ve verimlilik yaratacağı; hizmete erişim süresini kısaltacağı ve afet ve kriz yönetimini kolaylaştıracağı belirtilmektedir (Marinova, 2016, s. 274; Herzberg, 2018, ss. 38, 44-45). Ancak bu görüşün kamu kurumlarının ve firmaların veriyi etik bir biçimde kullanacağına ilişkin bir iyimserlik barındırdığı ifade edilebilir. Gizlilik tartışmasının yanı sıra toplanılan gerçek zamanlı verinin politika üretiminde ve hizmet sunumunda yararlanılabilecek *bilgiye* dönüşmesi için yerel yönetimlerin teknik, örgütsel, finansal ve personel kapasitelerinin yeterliliği tartışmalıdır (OECD, 2019, s. 20).<sup>6</sup>

Nesnelerin internetinin kente adaptasyonu kent planlaması, yönetimi ve kentsel hizmet sunumu yaklaşımlarını da köklü bir biçimde değiştirecek, yönetim ve planlama süreçlerinin akıllı teknolojilere uyumunun sağlanmasını beraberinde getirecektir.<sup>7</sup> Teknolojinin gelişim hızı ile nesnelerin interneti cihazlarının kendi içerisinde (kullandıkları iletişim protokolleri, enerji kaynakları vb. bakımından) standart olmayışı bir arada düşünüldüğünde planlama ve politika üretimi süreçlerinin esnek bir biçimde gerçekleştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır (Herzberg, 2018, s. 24; Durmuş ve Sevgi, 2021, ss. 320-322). Fakat sürecin gerektirdiği *hız ve esneklik* ile kamu hizmetinin ve politikalarının gerektirdiği *istikrar ve süreklilik* düşünüldüğünde birbirinden farklı ivmeler gerektiren bu iki sürecin nasıl uzlaştırılacağı, bütünleşik biçimde nasıl yönetilebileceği temel bir mesele olarak ortaya çıkacaktır. Kentsel hizmette istikrarı etkileyecek bir diğer tehdit de nesnelerin interneti cihazlarında kullanılan mikro çiplerin üretiminde veya tedarikinde yaşanan bir daralma senaryosunda ortaya çıkaracaktır.<sup>8</sup> Nesnelerin interneti cihazlarının aşırı doğa olaylarından, afetlerden ve vandalizmden etkilenmesi de kentsel hizmeti kesintiye uğratabilecek, toplumları kitlesel olarak etkileyen kriz durumlarında kırılabilirlikleri artırabilecektir (Ahad, Paiva, Tripathi ve Feroz, 2020, s. 6).

<sup>6</sup> Güvenlik ve gizlilik ekseninde nesnelerin internetinin sosyal psikolojik bakımdan da sonuçları olacaktır. 20. yüzyılın başlangıcında kırdaki toplumsal gözetimin karşısında kentliye mahremiyet ve anonimlik sağlayan büyük kentlerin sosyal psikolojik mahiyetinde bir değişimin ortaya çıktığı ifade edilebilir. Dijitalleşme ile CCTVler ile donatılmış büyük kentler mahremiyet ve anonimlik sağlamaktan oldukça uzaklaşmış, üstelik sokağı gözlemleyerek güvenliğe katkıda bulunan toplumsal refleks yerini kameralara bırakmıştır. Mahremiyet ve güvenlik ile ilgili tartışma için bk. Jacobs, J. (2011) *Büyük Amerikan Şehirlerinin Ölümü ve Yaşamı*. (Çev. Bülent Doğan, Yay. Haz. Özge Çelik), İstanbul: Metis Yayınları.

<sup>7</sup> Güney Kore’de Songdo kentinin tasarımında karbon ayak izinin azaltılması ve kaynakların verimli kullanımını sağlayacak yeşil binaları olan, yayalara ve bisiklete alan tanıyan, yeşil ve sürdürülebilir ve iklim dostu bir kent olması planlanmıştır (Shwayri, 2013, s. 40; Herzberg, 2018, s. 80, 87-89).

<sup>8</sup> Covid 19 salgını nedeniyle 2020-2021 yılların küresel ölçekte çip üretimi ve tedariki sektöre uğramış, bu daralma nesnelerin interneti cihazlarını da etkilemişti. Çip üretimi, kuraklıktan, aşırı hava olaylarından da etkilenebilmektedir (UN Department of Economic and Social Affairs, 2023).

Dünyada ve Türkiye’de nesnelere yönelik ilk uygulamaların bilgi teknolojileri ve telekomünikasyon şirketlerinin öncülüğünde yerel hizmetler düzeyinde gerçekleştirildiği bilinmektedir.<sup>9</sup> Yani akıllı kentleşmenin ilk döneminde dayandığı yaklaşımın şirketlerin kârlılığı olduğu söylenebilir. Ayrıca büyüyen akıllı kent teknolojileri sektörünün içerisinde nesnelere interneti teknolojisinin de pazar payının artacağı ifade edilmektedir (OECD, 2018, ss. 135-136). Bu arka plan akıllı kentleşmenin ve bir payandası olarak nesnelere internetinin neoliberal şehircilik anlayışının bir taşıyıcısı olarak görülmesine yol açmaktadır (Roy, 2016, s. 42). Nesnelere interneti cihazlarının özel sektör açısından kârlılığı kamu sektörü açısından ise kamu hizmetinde eşitliği, erişilebilirliği, istikrarı temsil etmesi gerekmektedir. Dolayısıyla iki kesimin çıkarlarının çatışacağı durumlarda (ilk kuruluş, bakım, onarım vb.) maliyetleri kimin üstleneceği, *kârın mı kamu yararının mı önceleneceği* kentsel hizmette nesnelere internetinin kullanımının özüne dair en temel sorunlardandır.

Akıllı kentleşmenin bir diğer biçimi ülkelerin sıfırdan akıllı kent inşa etme süreçlerinde gerçekleşmektedir. Suudi Arabistan’da Kral Abdullah Ekonomik Şehri veya Güney Kore’de Songdo akıllı kenti bunun erken örneklerindedir. Bu kentlerde nesnelere interneti aracılığıyla hizmet sunumunun gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Ancak nesnelere internetinin sıfırdan kurulan bir kentte veya bölgede, kentin bütününde veya bir bölümünde hayata geçirilmesi uzun bir sürece yayılabilmekte, her bir bölgenin kendine özgü teknik aksaklık potansiyeli barındırması akıllı kentleşmenin gerçekleşmesindeki uzun sürelerin doğal bir nitelik olarak belirttiği ifade edilmektedir (Herzberg, 2018, s. 152; Tijjani, Sarıkaya Levent ve Levent, 2025, s.y.). Dolayısıyla akıllı kentleşmenin yeni bir akıllı kent kurma biçiminde gerçekleşmesi durumunda da çeşitli uygulama güçlükleri bulunmaktadır.

Akıllı kentleşmenin uygulamaya yönelik bir diğer yapısal zorluğu toplumların ve kentlerin kendine özgü niteliklerinin göz ardı edilmesiyle ortaya çıkabilmektedir. Örnek olarak Hindistan’da kurulması hedeflenen Dholera Özel Yatırım Bölgesi kapsamında 920 kilometrekarelik alandaki tarım arazilerinin imara açılması gerekliliği bölgesel ve yerel dinamikleri köklü bir biçimde değiştirmiştir. Buradaki arazi sahipleri ekonomiden imar düzenine, kültürden topluluğun geçim kaynaklarına kadar birçok düzeyde etkilenmiştir. Herzberg, Dholera’daki süreci yetkililerin “adil bir düzenleme yapmak için çok uğraştığı” ve ilgili teknoloji şirketinin “bölgede teknolojik gelişmenin erdemini anlatılmasına yardımcı oldu”ğu sözleriyle anlatmakta fakat Amerikan tipine uygun bir kent vizyonunun

---

<sup>9</sup> Uluslararası düzeyde Cisco, IBM gibi bilgi teknolojileri firmaları ve AT&T, Verizon, Vodafone gibi telekomünikasyon firmalarının akıllı kentleşmede nesnelere internetinin yaygınlaşması süreçlerinde öncülük ettiği görülmektedir. Bu firmaların içerisinde çok uluslu şirketlerin de nesnelere interneti hizmetlerinde tedarikçi olarak yer aldığı belirtilmelidir (van den Buuse ve Kolk, 2019). Türkiye özelinde erken örneklerden birisi, Karaman ilinde ilk olarak bir telekomünikasyon şirketinin öncülüğünde hayata geçirilmiştir. Karaman’ın akıllı kentleşme sürecinde akıllı kavşaklar, vevneler ve sayaçlar kullanılmaya başlanmıştır.

Hindistan kentleri için uygunluğunun tartışmalı olduğunu da belirtmektedir (2018, ss. 157-159). Bir başka çalışmada ise, Hindistan'daki akıllı kentleşme sürecinde Batı kentlerinin yanı sıra Singapur, Çin modellerinin örnek alınmasının uygun olmadığı ifade edilmektedir (Roy, 2016, s. 33). Bu bakımdan akıllı kentleşmenin *uygulama aşamasındaki* en temel sorunun, uygulandığı toplumun kültürünü ve sosyo-ekonomik koşullarını gözetmemesinden ileri geldiği ifade edilebilir. Ayrıca uygulandığı mekânın mahiyetinde oluşacak değişimin çevresel etkilerinin öngörülmesi ve toplumsal mutabakata dayanıp dayanmadığı da irdelenmesi gereken başlıca meselelerdir.

Nesnelerin internetinin sosyo-ekonomik ve çevresel maliyetinin yaratacağı olanaklardan daha fazla olup olmayacağı tartışılmalıdır. Nesnelerin internetinin kentsel hizmet sunumuna entegre edilmesi sürecinde öncülük eden ve/veya yer alan proje sahibi ve yürütücüsü firmaların nihai hedeflerinin kârlılık olduğu unutulmamalıdır. Öte yandan akıllı kentleşmenin Batılı ülkeler ile doğu ülkeleri arasında, planlı alanlar ile plansız kentleşme eğilimi arasında farklı biçimlerde gelişeceği, farklı dinamiklere dayanacağı ifade edilmektedir. Örneğin Herzberg, Batılı ülkelerde merkezîyetçi olmayan ve demokrasiye dayalı çözümlerin etkili olabileceğini ancak Doğu ülkeleri açısından bu şekilde, benzer bir başarının sağlanamayabileceği yorumunu yapmaktadır (2018, ss. 192-195). Bu yaklaşımda *Doğu ve Batı* kendi içlerinde homojen kabul edilerek bir tür indirgemecilik yapıldığı ifade edilebilir. Meseleyi Doğu-Batı veya gelişmiş-gelişmekte olan ülke ekseninde değerlendirmektense her kentin ve toplumun kendine özgü nitelikleri, gereksinimleri ve sorunları olmasından hareketle, her kentin özgün bir akıllı kentleşmesinin olacağını ifade etmek daha isabetli olacaktır. Burada işaret edilmesi gereken daha temel mesele, her kentin akıllı kentleşmesinin zorunlu olmadığıdır. Bilhassa akıllı kentleşmenin çevresel sürdürülebilirlik ve Dholera örneği düşünüldüğünde yerel geçim ekonomilerini tehdit etmesi bağlamında toplumsal sürdürülebilirlik bakımlarından uzun erimde yaratacağı etkinin tartışılması hayati önem taşımaktadır. Ek olarak, kentte nesnelerin internetinin yaygınlaşmasının dijitalleşmeden yararlanamayan yoksul gruplar açısından dışlayıcı ve eşitsizliği derinleştiren, soylulaştırmayı ve bu grupları yerinden etmeyi kolaylaştıran ve kent yoksulluğunu artıran bir mekanizmaya dönüşme olasılığı bulunduğu da ifade edilmelidir (Roy, 2016, ss. 33, 43; OECD, 2019, s. 11, 19; Mosco, 2019, s. 29). Özetle, akıllı kentleşme süreçleri ile çevresel ve toplumsal sürdürülebilirlik arasında oluşacak olası çelişki ve çatışmanın; akıllı kentleşme stratejilerinde ulusal planlama açısından ve özelde Türkiye açısından çevresel ve toplumsal sürdürülebilirliğin öncelenmesinin gereken hususlardan ilki olduğu ifade edilebilir.

## 2.2. Nesnelerin İnternetinin Kentsel Hizmetlerde Kullanımının Çevresel Sürdürülebilirlik Bağlamında Değerlendirilmesi

Sürdürülebilir kalkınma kavramı 1987 yılında Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun yayınladığı "Ortak Geleceğimiz" Raporuyla birlikte

literatürde yerini almıştır. Ortak Geleceğimiz Raporu, çevrenin korunması ile kalkınma arasındaki çelişkinin çözümü olarak gelecek kuşakların ihtiyaç ve beklentilerinden ödün vermeyecek bir kalkınma paradigması şeklinde tanımlanan *sürdürülebilirliği* öne sürmüştür. Kavramın rapordaki bu ilk kullanımından itibaren sürdürülebilirliğin birlikte ele alındığı konulardan ve çözüm araçlarından birisi *teknoloji* olagelmıştır. Ortak Geleceğimiz, çevre üzerindeki baskının temel sebeplerinden birisi olmakla birlikte, teknolojinin yönlendirilebileceğini, sürdürülebilirliğin değişen koşullara adaptasyonu içeren tanımına paralel biçimde, çevreye uyumlu bir teknolojik yeniden yönlendirmenin mümkün olabileceğini vurgulamıştır (Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu, 1991, ss. 31-32, 90, vd.).

İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde (2002, ss. 2, 8, 11), tarafların kendi çevre ve kalkınma öncelikleri esas alınacak biçimde, sözleşmenin gelişmiş ülke taraflarınca gelişmekte olan ülkelere, karbon emisyonunu azaltmak üzere teknoloji ve bilgi transferinin, teşvikinin, finansmanının ve geliştirmesinin sağlanması yükümlülük düzeyinde belirlenmiş; iklim değişikliği, sürdürülebilir kalkınma ve teknoloji arasında ilişki kurulmuştur. Birleşmiş Milletlerin 2030 vizyonu ile belirlediği 17 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi'nde de (su yönetimi, temiz enerji, sanayi üretimi alanlarında) çevreye duyarlı teknolojilerin geliştirilmesi ve kullanılmasının önemi vurgulanmaktadır. Günümüzde iklim değişikliği ve diğer çevresel krizler karşısında bir çözüm olarak akıllı kentleşme süreçlerinin yaygın biçimde öne sürüldüğü görülmektedir. Ayrıca literatürde akıllı sürdürülebilir (smart-sustainable) kent, akıllı ve sürdürülebilir kent veya iklim-nötr akıllı kent gibi yeni kullanımlara yer verilmekte; çevresel sürdürülebilirlikle akıllı kentleşme birlikte konumlandırılmaktadır. Öyle ki akıllı kentleşmenin kavramsal olarak sürdürülebilirliğin yerini alabileceği yorumu yapılabilmektedir (Faßmann ve Franz, 2012, s. 120).

Ulusal açıdan, 10. Onuncu Kalkınma Planı'nda (2014-2018) çevreye duyarlı teknolojilerin geliştirilmesi için ar-ge faaliyetlerinin destekleneceği, imalat sanayiinde çevre dostu teknolojilerin benimsendiği bir dönüşümün yaşanması; kentsel alanda ulaşım, altyapı, sağlık, enerji, inşaat, afet yönetimi ve su yönetimi alanlarında akıllı kentleşmenin ve çevreye duyarlı teknolojilerin benimsenmesi öngörülmüştür (2013, ss. 87, 89, 97, 130, 177). On Birinci Kalkınma Planı'nda akıllı kentleşmeye ilişkin yerel yönetimlerin yol haritaları hazırlamalarının teşvik edilmesi, bu alandaki projelerin önceliklendirilmesi, bu konuda yerli standartların ve üretimin geliştirilmesi ve kamu hizmeti sunumunda nesnelere interneti vb. teknolojilerden yararlanılabilmesi için kapasite geliştirilmesi öngörülmüştür (2019, ss. 82, 160, 182). On İkinci Kalkınma Planı'nda ise nesnelere internetinin sürdürülebilirliğe katkısı açısından önemine işaret edilerek "akıllı, sürdürülebilir, iklim dostu, sakin ve dirençli kentler" birlikte anılmış; sürdürülebilir, iklim dirençli, akıllı, kentlerin oluşturulması öngörülmüştür. Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı'nda (2020-2023) ve Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı

Şeması'nda (2024-2030) da sürdürülebilirlik ve teknolojik gelişim konularına birbirini destekler biçimde yer verilmiştir.

Uluslararası ve ulusal düzeylerde görüleceği üzere, iklim krizi ve doğal varlıkların korunmasının günümüzde kazandığı önemin de bir sonucu olarak önceden gereksinilen konvansiyonel kentsel hizmet anlayışından ayrılan yeni bir kentsel hizmet gereksinimi *teknolojik gelişim* söylemiyle birlikte ortaya çıkmaktadır. Giffinger vd.'nin (2007) sınıflandırmasında akıllı kentin bileşenlerinden biri olarak kabul edilen akıllı çevre, bilgi iletişim teknolojileri aracılığıyla çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunulmasını içermektedir.

Akıllı kentleşmenin araçlarından birisi olan nesnelerin internetinin kentsel hizmet sunumunda kullanılmasının çevresel sürdürülebilirliğe ve iklim değişikliği ile mücadeleye katkıları olabileceği ifade edilmektedir. Bu katkılar, enerji ve kaynak israfının azaltılması, enerji verimliliğinin sağlanması, karbon emisyonunun azaltılması, su israfının azaltılması, sel ve yangın izleme ve erken uyarı sistemleri biçiminde sayılabilmektedir. Makalenin sonraki bölümünde de görüleceği üzere, nesnelerin internetinin sayılan alanlarda kullanılmasının sürdürülebilirlik açısından olumlu etkileri olabilecektir. Bununla birlikte, bu katkının yaratılabilmesinin makalede tartışılan nesnelerin internetine içkin ve pratik zorlukların aşılmasıyla mümkün olabileceği, bunun ise çevresel sürdürülebilirliğin ve kamu yararının merkeze alındığı, yeni bir paradigmanın benimsenmesiyle mümkün olabileceği ifade edilebilir.

### **3. Akıllı Çevre Bileşeni Kapsamında Kentsel Hizmette Nesnelerin İnterneti Uygulamaları**

Akıllı çevre bileşeni kapsamında *kaynak israfının ve kirliliğin önlenmesi ve halk sağlığını etkileyecek sorunların tespiti açılarından* kentsel hizmet sunumunda nesnelerin internetinin yaygın biçimde kullanılmasının bir örneği su yönetiminde gerçekleşmektedir. Kentlerdeki içme suyunun kimyasal nitelikleri, dolayısıyla suda halk sağlığını etkileyebilecek bozulmalar nesnelerin interneti cihazları ile takip ve tespit edilebilmektedir (Elmustafa ve Muhtaba, 2019, ss. 18-19; Salam, 2024, s. 119). İçme suyu şebekesinde meydana gelen kayıp ve kaçakların tespit edilmesinde gürültü üzerinden kaçakların tespit edilebileceği nesnelerin interneti cihazları yerleştirilebilmektedir.<sup>10</sup> Kentsel hizmet açısından nesnelerin internetinin işlevsel olabileceği bir diğer alan da (arızalar gibi nedenlere bağlı olarak) su arzındaki aksaklıkların tespit edilmesidir (Salam, 2024, s. 118). Evsel ve endüstriyel atık suyun geri kazanımını hedefleyen atık su yönetiminde; suyun fiziksel ve kimyasal olarak arıtılmasında, suyun niteliğinin (sıcaklığının, debisinin, pH düzeyi,

<sup>10</sup> Örnek olarak Barselona'da nesnelerin internetinin su yönetiminde kullanımı ile 2014 yılında 58 milyon dolarlık tasarruf sağlanabildiği ifade edilmektedir (Herzberg, 2018, s. 171). Türkiye'de ise Ankara'da ASKİ tarafından muhtelif pilot alanlara nesnelerin interneti cihazları yerleştirilerek su kaçağı ve arıza tespit uygulamasına başlanmıştır (ASKİ, 2022).

dezenfeksiyonu vd.) ölçümünde nesnelere internetten yararlanılabilmektedir (Singh, Singh ve Kaur, 2020, s. 247). Kentte su yönetiminde nesnelere internetin bir diğer kullanımının da parklardaki akıllı sulama sistemleri ile hayata geçirildiği görülmektedir. Toprağın nemliliği, sıcaklığı, pH değeri, pestisit-herbisit düzeyi sensörler aracılığıyla ölçülebilmektedir. Sensörlerden iletilen veriler aracılığıyla toprağa müdahale edilebilmekte, sulama yapılabilmektedir (Kayapınar, 2025, ss. 60, 64).<sup>11</sup> Dolayısıyla sulama planlanırken verimliliğin sağlanması ve kaynak israfının azaltılması hedeflenebilmektedir. Su yönetimi alanında nesnelere internetin bir diğer kullanım biçimi yağmur suyu hasadı yapan akıllı depolardır. Akıllı su depoları, aşırı yağış tahmini olduğunda deponun boşaltılmasına imkân tanımaktadır; taşkın yönetimine yardımcı olmaktadır ve kuraklık durumunda çevredeki bitkileri sulamaktadır (IWARU Institut, 2023, s. 41). Su yönetiminde nesnelere internetin kullanımı, kayıp, kaçak ve israfın önlenmesi, tüketimin izlenmesi ve optimize edilmesi ve kuraklıkla ve taşkınlarla mücadeleye yardımcı olması ile çevresel sürdürülebilirlik açısından katkı sağlamaktadır (Aivazidou vd., 2021).

*Kirliliğin önlenmesi ve halk sağlığının ve ekosistemin korunması kapsamında nesnelere internetin yaygın bir kullanımı hava kalitesinin ölçümünde gerçekleştirilmektedir. Geleneksel olarak sabit istasyonlarla hava kirliliği izleme sistemine, günümüzde taşınabilir izleme sistemleri eklenmektedir (Elmustafa ve Mujtaba, 2019, s. 27). Kentlerde hava kirliliği sensörler aracılığıyla ölçülebilmekte, izlenebilmekte, kirlilik haritaları çıkarılabilmekte ve gerektiğinde görevlilere ve vatandaşlara uyarı mesajları gönderilebilmektedir (Ünal ve Durukan Odabaşı, 2020, ss. 84-87).<sup>12</sup> Hava kalitesinin gerçek zamanlı izlenmesi kamu otoritesine kirliliğin kaynaklarının tespiti ve hızlı müdahale imkânı sunmaktadır. Öte yandan hava kalitesine dair verilerin kamuoyu ile paylaşılmasını sağlamaya yarayan uyarı sistemleri verinin açık hâle gelmesine, dolayısıyla toplumsal sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır. Yine nesnelere interneti cihazlarının kullanımı iklim değişikliğinin gerçek zamanlı verilerle takibini mümkün kılmaktadır (Salam, 2024, ss. 35-35).<sup>13</sup> Çevresel izleme (environmental monitoring) teknolojilerinden birisi olarak kullanılan nesnelere interneti hava kirliliğine benzer biçimde su kirliliği ve toprak kirliliğinin de tespitini*

<sup>11</sup> Akıllı sulamanın dünyadaki uygulamalarından biri olan Barselona'da parklardaki toprağın nemliliğini tespit eden sensörler kullanılmaktadır (WWF, Türkiye Belediyeler Birliği ve EY., 2021, s. 22). Türkiye'de de kent parklarında akıllı sulama sistemleri yaygın biçimde kullanılmaya başlamıştır. Örnek olarak Bursa'daki Botanik Park'ta kullanılan nemlilik tespit eden sensörler aracılığıyla uzaktan sulama sisteminin harekete geçirilmesi hedeflenmektedir.

<sup>12</sup> Türkiye'de Antalya, Gaziantep, Konya, İstanbul'da ölçüm istasyonları ve sensörler aracılığıyla hava kalitesi izlenebilmektedir.

<sup>13</sup> Ormanların (sıcaklık, nemlilik açılarından), yeraltı ve yüzey sularının, okyanusların, nehir ve göllerin (barındırdıkları organik bileşenlerin oranı, bulanıklık, kirlilik düzeyi, debi vb. açılarından) izlenmesinde nesnelere internetin kullanımı ile iklim değişikliğinin takibinin yapılabileceği ifade edilmektedir (Salam, 2024).

kolaylaştırmakta ve hızlandırmakta; ayrıca erozyon, orman yangını ve nehir taşkınlarının tespitinde de faydalı olmaktadır.

Akıllı çevre bileşeni açısından *enerji verimliliği ve afet yönetimi* bağlamlarında nesnelerin internetinin uygulandığı iki temel alan akıllı yapılar ve kent aydınlatmasıdır. Kentlerde altyapıda, ulaşım ve trafik kontrolünde, aydınlatmada ve atık yönetiminde, sulama sistemlerinde, nesnelerin interneti kullanılabilir. Nesnelerin interneti ile desteklenen çeşitli kentsel donatıların (köprüler, anıtlar) titreşiminin ölçülerek sağlamlığının tespiti, orman yangınlarının, depremin, heyelan ve taşkınların önceden tespiti yapılabilmekte, özetle nesnelerin interneti afet yönetiminde de etkili olabilmektedir (Aslan vd., 2021, ss. 112- 115).

Kentsel alanda enerji verimliliğini sağlayarak sürdürülebilirliğe katkıda bulunabilecek bir araç olan *akıllı yapılar* son yıllarda yerel yönetimlerin öncülüğünde kamusal kullanıma yönelik olarak hayata geçirilmektedir. 1980'li yıllarda gündeme geldiğinden bugüne *akıllı bina* kavramı süreç içerisinde farklı bileşenleri içerdiği için farklı biçimlerde tanımlanmıştır. Bununla birlikte akıllı bina denildiğinde, çeşitli alt işlevlerin bütünleşik ve birbiriyle uyumlu biçimde bir kontrol merkezi tarafından takip edildiği ve yönetildiği bir bina sisteminin kastedildiği ifade edilebilir. Akıllı binaların temel hedefi enerji verimliliğinin sağlanması ve kullanıcı dostu uygulamaların sunulmasıdır. Temel nitelikleri ise bu işlevlerin otomasyona dayalı biçimde en az insan müdahalesi ile gerçekleştirilebilmesidir (Hemmings, 2019, s. 8). Akıllı binalarda, uzaktan kontrol edilebilen aydınlatma, ısıtma, soğutma, havalandırma, enerji ve elektrik kullanımına dayalı sistemler, telekomünikasyon ve su tüketimini izleyen sensörler ve aktüatörler çeşitli tiplerde olabilmektedir (Hemmings, 2019, s. 14). Akıllı bir binada bu sistemlerin arasındaki haberleşme, veri toplama ve müdahale sistemleri nesnelerin interneti aracılığıyla yapılabilmektedir. Alt sistemler arası haberleşmenin yanı sıra alt sistemler ile bina kullanıcıları arasında da haberleşme bulunabilmekte ve ayrıca alt sistemler (iç ve dış) çevresel verileri de algılayabilmektedir (Utkutuğ, 2000, s.y.). Öte yandan akıllı evlerde bilgisayar, akıllı telefon veya tablette bulunan uygulamalar aracılığıyla, evin doğalgaz, elektrik, su ve iklimlendirme sistemlerine kullanıcı tarafından müdahale edilebilmekte; elektronik aletler ile küçük ev aletleri nesnelerin interneti aracılığıyla birbirine bağlı olarak çalışabilmektedir. Akıllı binaların yapımında yararlanmak üzere önerilen enerji modellemesinin binanın iklim koşullarından nasıl etkileneceği, yapıda kullanılan mimaride, materyallerde ve yapının otomasyon sistemlerinde bu etkinin nasıl yönetilebileceği öngörülebilmektedir. Gerek enerji verimliliğini hedefleyen alt sistemlerin kontrolüyle gerekse enerji modellemesi ile akıllı binalar aracılığıyla enerji verimliliğinin sağlanabileceği, enerji gereksiniminin, israfın, sera gazı salımının ve çevresel tahribatın azaltılabileceği; güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanmanın yaygınlaşabileceği dolayısıyla iklim değişikliğiyle mücadelede ve sürdürülebilirliğe katkıda bulunabileceği ifade edilmektedir (Hemmings, 2019, s.

30). Günümüzde akıllı binaların karbon nötr, atıksız ve iklim dostu biçimde üretilmesi tartışılmakta ve uygulanmaktadır. Bununla birlikte akıllı yapıların yaygınlaşmasının önünde başlangıç ve düzenli bakım maliyetlerinin yüksekliği temel bir güçlük olarak bulunmaktadır.

*Kentsel hizmette enerji verimliliğinin sağlanmasının bir aracı olan kent aydınlatmasında kullanılan sensörlerden toplanan eş zamanlı veri aracılığıyla (yayalar ve araç trafiği açısından) kullanım yoğunluğuna paralel olarak ışığın yoğunluğu ayarlanabilmekte ve oluşan arızalar tespit edilebilmektedir. Bu suretle kaynakların verimli kullanımı ve enerji tasarrufu sağlanarak sürdürülebilirliğe katkı sağlanmaktadır.*<sup>14</sup>

Günümüzde nesnelerin interneti ile desteklenmiş akıllı aydınlatma sistemleri aydınlatma dışında birçok işlev yüklenebilmektedir. Kentlerde güneş veya rüzgâr enerjisiyle de çalışabilen akıllı direklerde (smart poles) bulunan sensörler aracılığıyla hava kirliliği verisi toplanabilmekte, akıllı direkler ayrıca güvenlik kameraları, şiddetli yağışta su seviyesi kontrolü için sensörler, trafik lambaları, şarj istasyonları, yaya sayacı ve kablosuz ağ bileşenlerini de içerebilmektedir.<sup>15</sup> Benzer biçimde akıllı banklar aracılığıyla hava kalitesi ölçümü yapılabilen, şarj istasyonu ve kablosuz ağ erişimi hizmetleri sunulabilmektedir.

Akıllı çevre bileşeni kapsamında *kirliliğin önlenmesi ve enerji ve kaynak verimliliğinin sağlanması* bakımından nesnelerin interneti kullanımının bir diğer uygulama alanı atık yönetimidir. Kentleşmenin hızına paralel olarak kentlerde ortaya çıkan atık miktarı artmakta; kent yönetimlerinin atık yönetimi konusunda yükledikleri maliyetlerde bu doğrultuda artış yaşanmakta ve bu nedenle atık yönetimi sürdürülebilirlik açısından önemli bir konu hâline gelmektedir. Bu kapsamda ortaya çıkmış olan “akıllı atık yönetimi” (smart waste management), atıkların toplanması, ayrıştırılması, taşınması ve geri dönüştürülmesini içeren bütünsel bir süreçtir. Akıllı atık yönetimi ulusların karbon taahhütleriyle ilişkilendirilmekte ve kent yönetimlerinin gündemine hızla girmektedir.

Akıllı atık yönetiminin temel bileşenlerinden birisi akıllı çöp kutularıdır (smart bins). Nesnelerin internetinin adapte edildiği akıllı çöp kutularıyla beledi hizmetlerden biri olan atık yönetiminin büyük ölçüde değişebileceği öngörülebilmektedir. Geleneksel çöp kutularından farklı olarak akıllı çöp kutularında bulunan sensörler veya aktüatörler aracılığıyla çöp kutularının doluluk oranı, nem düzeyi ve sıcaklıkları ölçülebilmekte, çöpler sıkıştırılabilmekte, gerçek zamanlı veri akışı ile atık toplama ve transfer rotası düzenlenebilmektedir. Akıllı

<sup>14</sup> Örnek olarak Konya’da kamusal ortak kullanım alanlarında (park ve bahçelerde, altgeçitlerde vb.) bulunan 1500 armatürün takip edildiği akıllı aydınlatma sistemi ile %60 oranında enerji tasarrufu ve %90 oranında bakım giderlerinden tasarruf sağlandığı ifade edilmektedir (“Akıllı Aydınlatma” t.y.).

<sup>15</sup> Günümüzde dünyada Seul, Barselona gibi kentlerde Türkiye’de ise Kahramanmaraş, Sakarya, Kocaeli, Hatay ve Eskişehir Tepebaşı’nda akıllı direkler kullanılmaktadır.

çöp kutularının geleneksel olarak aynı saatte ve aynı güzergâhtan, sabit aralıklarla atık toplama sisteminin yerine, çöp kutularının doluluk oranına göre oluşturulmuş gerçek zamanlı bir güzergâh sistemi ve lojistiğini de beraberinde getirmektedir (Haque, Zabin, Yelamarthi, Yanambaka ve Abdelgawad, 2020, s.y.; Hoffmann, Franz, Hawlitschek ve Jahn, 2021, s. 1266; Sosunova ve Porras, 2022, s. 73327). Böylece, atık geri dönüşümünde oluşan çevresel katkının yanı sıra insan emeğine dayalı süreçler azaltılacak, zamandan tasarruf edilecek, maliyetler düşürülecek, atık toplayan ve transfer eden taşıtların yakıt kullanımının azaltılması ile enerji verimliliği sağlanabilecektir (Haque vd. 2020, s.y.).

Akıllı çöp kutularına atığın niteliğini tanıyarak buna göre ayırtıran sensörlerin veya eklenmesi ve yapay zekânın entegre edilmesi önerilmektedir (Hoffmann vd., 2021, s. 1267). Bu önerinin Avrupa ve ABD merkezli kimi şirketler tarafından hayata geçirildiği, özellikle iç mekânlarda kullanılan atık kutularında bu türden bir kaynağında ayırtırmanın mümkün olduğu görülebilmektedir. Nesnelerin internetinin entegre edildiği atık yönetiminin atıkların ayırtırılmasında ve transfer edilmesinde karbon emisyonunu azaltarak ve kaynakların verimli kullanımını sağlayarak çevresel sürdürülebilirliğe katkısının olabileceği görülebilmektedir (Mehta ve Bhalla, 2024, s. 4; Fatorachian, Kazemi ve Pawar, 2025, s. 11). Bununla birlikte bu sisteme nasıl geçileceği ile ilgili endişeler de bulunmaktadır. Öncelikli çekince, akıllı atık yönetiminin maliyetine, oluşturacağı verimliliğe ve yarattığı çevresel katkılara yönelik olarak yerel yönetimler ve firmalar tarafından yeterli derecede raporlamanın olmamasından ileri gelmektedir (Lundin, Özkil ve Schuldt-Jensen, 2017, s. 1395; Hoffmann vd., 2021, s. 1266). Dolayısıyla atık yönetimde nesnelerin interneti kullanımının çevresel sürdürülebilirlik açısından faydasının uzun erimde kestirimi güç görünmektedir.

Literatürdeki akademik çalışmalar farklı mimarilere sahip nesnelerin interneti modellerine (güç kaynağına, navigasyon sistemine nasıl uyarlanacağına vb.) ilişkin önerilerde bulunmakta, pilot uygulamalar veya simülasyon çalışmaları yapmaktadır (Memon, Shaikh, Mahoto ve Memon, 2019, s.y.; Haque vd. 2020, s.y.; Hoffmann vd., 2021; Lundin vd. 2017; Sosunova ve Porras, 2022, s. 73327). Bu türden çalışmalar, nesnelerin interneti ile atık yönetiminin verimlilik, tasarruf, çevresel katkı alanlarında etkin işleyebileceğini öngörseler de uygulamaya dair çeşitli tereddütler bulunmaktadır (Fatorachian vd., 2025, s. 1). Uygulama itibarıyla hâlihazırda var olan geleneksel çöp kutularının yerine akıllı çöp kutularının konması yerel yönetimlere yüksek bir maliyet getirebilecektir. Atık toplama ve bertaraf süreçlerinde personel istihdam etmenin maliyetinin geniş çaplı bir akıllı atık yönetimine geçişten çok daha düşük olabileceği ifade edilmektedir. Dolayısıyla kent yönetimi ve firmaların akıllı atık yönetimini tercih etmesi için gönüllü veya zora dayalı merkezî teşvik mekanizmaları gerekebilecektir (Lundin vd., 2017, s. 1394). Bir diğer tereddüt atık kutularının doluluğunu ölçen sensörlerin her zaman doluluk seviyelerini doğru biçimde vermeyebileceğidir (Hoffmann vd., 2021, s. 1267). Öte yandan sensörlü atık kutularının hırsızlığa uğramasına veya tahrip

edilmesine nasıl engelleneceği konusu açık değildir (Lundin vd., 2017, s. 1395). Bu türden sabit maliyet kalemlerini kimin üstleneceği (yerel yönetim, firmalar vb.) bir diğer tartışma konusudur.<sup>16</sup>

Sıfırdan kurulan akıllı kentlerde, kentin kurulduğu arazinin mahiyeti önem arz etmektedir. Örneğin Güney Kore'deki Songdo kentinin üzerine kurulduğu sulak alanla birlikte birçok ender türün de yaşam alanı yok edilmiştir (Shwayri, 2013, s. 53). Akıllı kentleşmenin Akıllı çevre bileşenini gözeterek yukarıda literatürden hareketle açıklandığı üzere akıllı binalarda, kentsel aydınlatmada, su, hava kirliliği ve atık yönetimi süreçlerinde nesnelere interneti cihazları kullanımının kaynak ve enerji israfının azaltılması, kirliliğin ve karbon salımının azaltılması ve döngüsel ekonominin uygulanması gibi etkileri çevresel sürdürülebilirlik açısından katkılar olarak sayılabilir. Bununla birlikte bilhassa akademik literatürde nesnelere internetinin çevresel sürdürülebilirlik açısından katkısının olduğunun yeterince tartışılmadan benimsendiği ifade edilmelidir. Özellikle mühendislik ve bilgisayar bilimleri kapsamında yapılan pilot uygulama veya simülasyonlara dayalı çalışmalarda nesnelere internetinin çevresel katkıları hesaplarken nesnelere interneti cihazlarının üretiminde gereksinilen enerji ve doğal kaynak kullanımının, üretim safhasında ortaya çıkan sera gazı emisyonunun hesaba katılmadığı görülmektedir (Memon, Shaikh, Mahoto ve Memon, 2019, s.y; Haque vd. 2020, s.y.; Hoffmann vd., 2021; Lundin vd. 2017; Sosunova ve Porras, 2022, s. 73327). Yine nesnelere interneti cihazlarının kendi başına enerji tükettiği ve bu tüketimin zamanla artan bir paya sahip olduğu da bu çalışmaların kestirim hesaplarının dışında bırakılabilmektedir.

Nesnelere internetinin yol açacağı olası çevresel zararın kestirimini güçleştiren faktörler bulunmaktadır. Bir nesnelere interneti ekosisteminde bulunan cihazların heterojen olmaması, cihaz ekosisteminin giderek genişlemesinin yaratacağı enerji gereksinimi ve çevresel yükün öngörülemezliği, teknolojik gelişimin ivmesinin ve doğrultusunun ve kullanıcı davranış ve tercihlerinin belirsizliği, nesnelere interneti cihazlarının ömrünü kısaltacak senaryoların belirsizliği ve ömrü biten cihazların oluşturacağı elektronik atıklarının çevresel etkileri bu kestirimi güçleştiren nedenler olarak sayılmaktadır (Pirson ve Bol, 2021, ss. 7-11).

Kullanılan sensörlerin üretiminden cihazların kullanımına geçen süreçte, teknolojinin yaygınlaşmasının enerji tüketimini artıracak olması ve teknolojinin

---

<sup>16</sup> Bütün bu handikaplara rağmen, 2023 yılında tamamlanan bir çalışmada Avrupa'da 619 şehir ve belediyenin akıllı çöp kutuları kullandıkları aktarılmaktadır (Stevic, 2023, s. 37). Barselona'da, Dubai'de San Francisco'da atığı sıkıştırabilen, doluluk oranına göre yetkililere uyarı gönderebilen ve on yılı aşkın kullanım ömrüne sahip güneş enerjisiyle çalışan sensörlerle donatılmış çöp kutuları hâli hazırda kullanılmaktadır ve uygulamanın yaygınlaştırılması hedeflenmektedir. Türkiye'de de Konya Meram Belediyesi tarafından nesnelere interneti ile desteklenmiş konteynerler aracılığıyla atık yönetimi yapılmaktadır. Konteynerlerde bulunan sensörler aracılığıyla doluluğun yanı sıra ısı ölçümü de yapılabilmekte, bu suretle konteynerde oluşan yangınlara da müdahale edilmektedir. İlçenin tamamında akıllı atık yönetimi gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir.

karbon-nötr olmaması nesnelerin interneti cihazlarının çevresel sürdürülebilirlik açısından şüpheyle karşılanmasına yol açmakta, hatta teknoloji şirketlerinin sürdürülebilirlik maskesi ile öne sürdüğü bir Truva atı veya yönetişimin ve kentsel altyapının şirketlere devredilişini gizleyen bir yeşil yıkama (green-washing) olduğu yorumlarını beraberinde getirmektedir (Martin vd., 2019, s. 641; Mosco, 2019, ss. 230-232).

Görüleceği üzere, nesnelerin interneti cihazlarının çevresel sürdürülebilirlik açısından avantajları olabildiği kadar uygulama güçlükleri, kentsel hizmetin niteliğini öngörülemez bir süratle değiştirmesi ve dijitalleşmenin getirdiği ekolojik yük bakımından da sakıncaları olabilecektir. Bütün bu sakıncalar nesnelerin internetinin kentsel hizmet sunumunda kullanımından önce politika yapım ve planlama süreçlerinden başlayarak kamu yararı ve çevresel sürdürülebilirliğin göz önünde bulundurulması gerektiğini düşündürmektedir.

#### 4. Öneriler ve Sonuç

Dünyada ve Türkiye’de kentsel hizmetin hemen her alanında nesnelerin interneti cihazlarının kullanımı git gide artmaktadır. Çalışmada görüleceği üzere, akıllı çevre bileşeni kapsamında aydınlatmada, atık yönetiminde, su ve hava yönetiminde ve akıllı yapılarda nesnelerin internetinin kullanımının enerji verimliliğine hizmet edebileceği, dolayısıyla, iklim değişikliği ve sürdürülebilirlik bağlamında umut vaat ettiği görüşü yaygın biçimde kabul görmüştür. Gerçekten de akıllı binaların enerji farkındalığını ve verimliliğini; atık yönetiminin kirliliğin önlenmesini ve enerji ve kaynak tasarrufunu; akıllı su yönetiminin enerji verimliliğini, hava kalitesi yönetiminin hava kirliliğinin azaltılmasını ve akıllı aydınlatmanın enerji verimliliği sağlayarak sürdürülebilirliğe katkıda bulunma potansiyeli vardır.

Türkiye’de de kalkınma planlarında akıllı kentleşmenin benimsendiği, çevresel sürdürülebilirlik ile teknolojik kapasite gelişiminin birlikte ele alındığı yani akıllı kentleşmenin ve bu sürecin bir bileşeni olarak nesnelerin internetinin sürdürülebilirliğe katkı yapan bir süreç olarak görüldüğü ifade edilebilir. Bununla birlikte, ulusal plan, strateji ve politika belgelerini etkileyen hâkim iyimserlik tartışılmaya muhtaçtır. Zira uluslararası ve ulusal düzeylerdeki projelerde, politika belgelerinde ve akademik çalışmalarda nesnelerin interneti cihazlarının çevresel sürdürülebilirlik açısından olası zararlarının hesaba katılmadığı görülmektedir.

Sürdürülebilirlik kavramı doğası itibariyle *ekonomik kalkınma* ile *toplumsal ve çevresel iyilik* arasındaki gerilimden doğmuştur. Dolayısıyla akıllı kentleşme ile sürdürülebilirliğin kesiştiği noktada, ekonomik ve teknolojik gelişim ile toplumsal ve çevresel sürdürülebilirlik arasındaki çelişki de konuya içkindir. Türkiye açısından 10. Ulusal Kalkınma Planından günümüze akıllı kentleşmenin ulusal kalkınma hedefleri içerisinde yer aldığı düşünüldüğünde, ulusal düzeyde akıllı kentleşme hedefinin benimsendiği ifade edilebilmektedir. Akıllı kentleşme sürecinde nesnelerin interneti kullanımının yaygınlaşmasının oluşabilecek risklerin

yeterince tartışılmadan göze alındığı bir süreç olduğu ifade edilebilir. Önümüzdeki süreçte Türkiye’de nesnelerin interneti cihazlarının kentsel hizmet sunumunda kullanımı yaygınlaşırken tartışılması gereken bazı hususlara işaret etmek gerekmektedir.

5G teknolojisinin gelişimi de düşünüldüğünde tartışılması gereken ilk meseleler, genel olarak akıllı kentleşmenin, özel olarak nesnelerin internetinin *mahiyetine* ilişkin olmalıdır. Bu kapsamda ilk olarak akıllı kentleşmede kullanılan teknolojilerin ve nesnelerin interneti cihazlarının çevreye ve insan sağlığına zararlı olup olmadığına dair yeterince araştırmanın var olup olmadığı tartışılmalıdır. Nesnelerin interneti cihazları ile birlikte tartışılan ve nesnelerin interneti cihazlarına adapte edilmesi mümkün olan yapay zekâ, blok zincir gibi teknolojilerin özellikle açık verinin yaygınlaşmasıyla birlikte bir taraftan yönetsel şeffaflığı artırması, kentsel hizmetleri demokratikleştirmesi, yaşam kalitesini artırması ve süreç içerisinde maliyetleri düşürmesi gibi sosyo-ekonomik sürdürülebilirliğe katkıları olabilecekse de bu teknolojilerin kendileri (üretim, tedarik, kullanım ve elektronik atığa dönüşüm safhalarının her birinde) yüksek bir enerji kullanımı gerektirmektedir. Dolayısıyla bu teknolojilerin gereksindiği enerji tüketiminin sürdürülebilirlik ve sera gazı emisyonu bağlamında ölçülerek uzun vadede yarar mı zarar mı getireceği tartışılmalıdır. Yine nesnelerin interneti ile ilgili bir diğer tartışma konusu da literatürde sıklıkla tartışılmış olan dijitalleşmenin veri gizliliği ve güvenliği konusunda yarattığı endişelerdir. Özetlenen hususlar nesnelerin internetinin doğasına yöneliktir. Kalkınma Planlarından eylem planlarına bir dizi ulusal politika belgesinde bilgi güvenliği gibi konulara yer verildiği görülmekle birlikte, nesnelerin internetinin ontolojik olarak ve özellikle çevresel sürdürülebilirlik bağlamında güçlü ve zayıf yönlerinin yeterince tartışıldığını ifade etmek güçtür.

Makalede, nesnelerin internetinin yaygınlaşmasının uygulama açısından belirli güçlüklerinin olduğu ifade edilmiştir. İlk olarak akıllı kentleşme ve nesnelerin internetinin kentsel hizmete eklemlenmesi süreci, kent planlaması ve kentsel hizmet sunumuna yönelik bütünleşik ve esnek bir planlamayı gerektirmektedir. Öte yandan kentsel hizmet alanında her hizmet türü, farklı mimarilere, iletişim protokollerine sahip nesnelerin interneti cihazları gerektirebilmekte; ayrıca pratikte üretici firmaların farklılığı nedeniyle de cihazlar farklılaşabilmektedir. Bu ise bütünleşik ve esnek bir planlamayı güçleştirecektir. Sürece firmaların öncülük etmesi durumunda toplumsal ve çevresel sürdürülebilirlik açısından çelişkilerin ortaya çıkabileceği öngörülebilmektedir.

Makalede tartışıldığı gibi, nesnelerin interneti teknolojisinde yararlanılan sensör ve aktüatörlerin üretiminde ve/veya ithalatında küresel veya ulusal çapta bir daralma yaşanması, siber saldırı ile bilgi güvenliğinin tehlikeye atılması veya nesnelerin interneti cihazlarının hırsızlığa veya vandalizme uğraması durumlarında kamu hizmetindeki istikrarın nasıl sağlanabileceği tartışılması gereken risklerdendir.

Yine nesnelerin interneti cihazlarının olağan ve olağan dışı bakım onarım işlerinin ve maliyetlerinin kimin tarafından üstlenileceği bir diğer uygulama güçlüğü olarak belirtmektedir. Nesnelerin interneti kapsamında gelişen özel sektör kollarının kârlılığı hedeflemesi buna karşılık kamu hizmetinde kamu yararının ve istikrarın esas olması temel çatışma alanlarından birisidir. Bu güçlüklerin yanı sıra kentsel hizmetlerde nesnelerin internetine geçişin ilk yatırım maliyetinin yüksek olması bir diğer güçlük olarak ifade edilmektedir.

Eleştirilere ve olası güçlüklerle bakıldığında Türkiye’de nesnelerin interneti yaygınlaşırken ulusal politikaların ve yerel yönetimlerin göz önünde bulundurması gereken kimi önemli noktaların olduğu öne sürülebilir:

- Çalışmada da ifade edildiği gibi, nesnelerin interneti cihazlarının üretiminde yararlanılan enerjinin ve doğal kaynakların; cihazların çalışırken tüketileceği enerjinin ve cihazların ömrünü doldurmasıyla ortaya çıkacak elektronik atıkların çevresel maliyetinin sürdürülebilirlik açısından yapılan kestirimlere dahil edilmesi gerekmektedir.
- Akıllı kentleşme süreçlerinde, toplumsal mutabakat aranmalı, özellikle sıfırdan akıllı teknolojilerle donatılacak alanların toplumsal, ekonomik ve çevresel niteliği göz önünde bulundurularak çevreye ve topluma zarar verecek bir akıllı kentleşme süreci gerçekleştirilmemelidir.
- Nesnelerin interneti uygulamasıyla yaşanacak dönüşüm, soylulaştırma veya yerinden etme süreçlerini içermemelidir.

Sonuç olarak, nesnelerin interneti cihazlarının kentsel hizmet sunumunda kullanımında ekonomik-toplumsal-çevresel sürdürülebilirlik alanlarının birbiriyle çelişmesi durumunda, çevresel ve toplumsal sürdürülebilirliğin öncelenmesi gerektiği ifade edilebilir. Nesnelerin interneti planlama-politika yapım süreçlerinde kentlerde toplumsal ve çevresel kırılganlıkları azaltacak biçimde yeniden düşünülmemelidir.

## Kaynakça

“Akıllı Aydınlatma” (t.y.) Erişim: 18.04.2025  
<https://www.akillisehirler.gov.tr/proje-envanteri/konya-akilli-aydinlatma/>

Ahad, M. A., Paiva, S., Tripathi, G., & Feroz, N. (2020). “Enabling Technologies and sustainable smart cities”. *Sustainable Cities and Society*, 61, 102301, s.1-12. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102301>

- Aivazidou, E., Baniyas, G., Lampridi, M., Vasileiadis, G., Anagnostis, A., Papageorgiou, E., & Bochtis, D. (2021) “Smart technologies for sustainable water management: an urban analysis”, *Sustainability*, 13(24), 13940. <https://doi.org/10.3390/su132413940>
- Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. M. (2015). Smart cities: definitions, dimensions, performance, and initiatives. *Journal of Urban Technology*, 22(1), 3–21. <https://doi.org/10.1080/10630732.2014.942092>
- ASKİ (2022) “ASKİ’den Türkiye’de Bir İlk: Suda Kayıp Kaçağa Anında Müdahale” Erişim: 20.04.2025 <https://aski.gov.tr/tr/HABER/Ask%C4%B1den-Turk%C4%B1yede-B%C4%B1r-Ilk-Suda-Kay%C4%B1p-Kacaga-An%C4%B1nda-Mudahale/483>
- Aslan, Ö., Samet, R., Özkan Okay, M. (2021) “Nesnelerin İnterneti Cihazlar”, *Nesnelerin interneti kuramdan uygulamaya*, (Ed.) Hüseyin Çakır, Çelebi Uluyol, Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık, s. 101- 126.
- Ataç, B. (2021) *Akıllı şehir ekosistemleri: sürdürülebilir şehirlerde yapılar ve ilişkiler*, İstanbul: Maltepe Üniversitesi Yayınları.
- Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (1991) *Ortak geleceğimiz*, Belkıs Çırakçı (çev.), Ankara: Türkiye Çevre Sorunları Vakfı Yayını.
- Birleşmiş Milletler (2002) *İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi* Erişim: 28.03.2025. Kaynak: [https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/webmenu/webmenu12421\\_1.pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/webmenu/webmenu12421_1.pdf)
- Bosch, P., Jongeneel, S., Rovers, V., Neumann, H. M., Airaksinen, M., ve Huovila, A. (2017). CITYkeys indicators for smart city projects and smart cities. *CITYkeys report*, 10. Erişim: 28.03.2025. Kaynak: [https://globalgbc.org/wp-content/uploads/2022/08/01015\\_CITYkeystheindicatorsAutosaved.pdf](https://globalgbc.org/wp-content/uploads/2022/08/01015_CITYkeystheindicatorsAutosaved.pdf)
- Cohen, B. (2014) “The smartest cities in the world 2015: Methodology”. Erişim: 14.06.2025 <https://www.fastcompany.com/3038818/the-smartest-cities-in-the-world-2015-methodology>
- Cohen, B. (2015) “The 3 generations of Smart Cities: inside the development of the technology driven city” Erişim: 14.06.2025 <https://www.fastcompany.com/3047795/the-3-generations-of-smart-cities>

- Creswell, J. W. (2016) *Nitel araştırma yöntemleri: Beş yaklaşıma göre nitel araştırma ve araştırma deseni*, (Çev. Ed.) Mesut Bütün, Selçuk Beşir Demir, Ankara: Siyasal Kitabevi.
- Durmuş, A., Sevgi, A. (2021) “Nesnelerin İnterneti Teknolojisi ve Akıllı şehirlerin Gelişimi”, *Nesnelerin interneti kuramdan uygulamaya*, (Ed.) Hüseyin Çakır, Çelebi Uluyol, Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık, s. 319-349.
- Elmustafa, S. A. A., Mujtaba, E. Y. (2019) “Internet of things in smart environment: Concept, applications, challenges, and future directions” *World Scientific News*, 134(1), 1-51.
- European Commission, 2020, *100 Climate-Neutral Cities by 2030 - by and for the Citizens: Interim report of the mission board for climate-neutral and smart cities*. Brussels. doi: 10.2777/46063
- Faßmann, H., & Franz, Y. (2012) “Smart cities oder: Wie intelligent ist smart?” *Jahrbuch StadtRegion 2011/2012 Schwerpunkt: Stadt und Religion*, (Ed.) . Pohlen, H. Glasauer, C. Hannemann, & A. Pott, Budrich UniPress, s. 117–124.
- Fatorachian, H.; Kazemi, H.; Pawar, K (2025) “Digital technologies in food supply chain waste management: A case study on sustainable practices in smart cities”, *Sustainability* 2025 (17)5 <https://doi.org/10.3390/su17051996>
- Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanovic, N., & Meijers, E. J. (2007) *Smart cities, ranking of european medium-sized cities, final report*, Vienna: Centre of Regional Science (SRF).
- Hançer, E., Samet, R. (2021) “Nesnelerin interneti donanım ve yazılım”, *Nesnelerin İnterneti Kuramdan Uygulamaya*, (Ed.) Hüseyin Çakır, Çelebi Uluyol, Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık, s. 79-99.
- Haque, K. F., Zabin, R., Yelamarthi, K., Yanambaka, P., & Abdelgawad, A. (2020) “An IoT based efficient waste collection system with smart bins”, *IEEE 6th World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, s. 1-5. Erişim: 10.04.2025 <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9221251>
- Hemmings, O. (2019) *Smart Applications for Facilities* (Research Report). University of Hawaii. Kaynak: <https://calhoun.nps.edu/server/api/core/bitstreams/f86053f6-fbf2-4680-a246-ba07aa42d6de/content>

- Herzberg, C. (2018) *Akıllı şehirler dijital ülkeler: dijital kentsel altyapı yarının kalabalık dünyasında nasıl daha iyi bir yaşam sunabilir*. İstanbul: Optimist Yayın Grubu.
- Hoffmann, D., Franz, R., Hawlitschek, F., ve Jahn, N. (2021) "Smart bins: Fallstudienbasierte bewertung der nutzenpotenziale von füllstandssensoren in intelligenten abfallbehältern" *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 58(5), s.1264-1279.
- IWARU Institute für Infrastruktur, Wasser, Ressourcen, Umwelt (2023). *Klimawandel – trockenheit und starkregen im urbanen raum (Wassertage Münster)*. Münster. Erişim: 09.12.2025. Kaynak: <https://d-nb.info/1355453437/34#page=42>
- J. Jin, J. Gubbi, S. Marusic and M. Palaniswami, "An information framework for creating a smart city through internet of things," in *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 1, no. 2, pp. 112-121, April 2014, doi: 10.1109/JIOT.2013.2296516
- Kayapınar, Y., E. (2025) "Gaziantep bizim şehir: Kimlikli, insan odaklı ve iklim dirençli akıllı şehir modeli" *Çevre, Şehir ve İklim Dergisi, Akıllı Şehirler Özel Sayısı*, s. 36-66.
- Lundin, A. C., Özkil, A. G., & Schuldt-Jensen, J. (2017) "Smart cities: A case study in waste monitoring and management", in *Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS 2017)* s. 1392-1401. <https://doi.org/10.24251/HICSS.2017.167>
- Martin, C., Evans, J., Karvonen, A., Paskaleva, K., Yang, D., & Linjordet, T. (2019) "Smart-sustainability: A new urban fix?" *Sustainable cities and society*, 45: 640-648. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.11.028>
- Mehta S., Bhalla, A. (2024) "Environmental Impact of Smart Bins: A Case Study Analysis of CO2 Emission Reduction in Major Cities", *2024 5th IEEE Global Conference for Advancement in Technology (GCAT)*, Bangalore, India, s. 1-4, doi: 10.1109/GCAT62922.2024.10923951
- Memon, S. K., Shaikh, F. K., Mahoto, N. A., & Memon, A. A. (2019) "IoT based smart garbage monitoring & collection system using WeMos & Ultrasonic sensors". *2nd International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies (iCoMET)*, s. 1-6.

- Marinova, N. (2016). "Possibilities for Improving Public Sector Services Using the Advantages of the Internet of Things", In *Proceedings of International Conference on Application of Information and Communication Technology and Statistics in Economy and Education (ICAICTSEE)* s. 273-278.
- Mosco, V. (2019) *The smart city in a digital world*. Bingley: Emerald Publishing Limited.
- OECD (2018). *Housing dynamics in Korea: Building inclusive and smart cities*. OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264298880-en>
- OECD (2019). "Enhancing the Contribution of Digitalisation to the Smart Cities of the Future" OECD Regional Development Papers, No. 2019/14, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/f6970913-en>
- Özkan Okay, M., Samet, R., Aslan, Ö. (2021) "Nesnelerin İnterneti Mimarileri ve Protokolleri", *Nesnelerin interneti kuramdan uygulamaya*, (Ed.) Hüseyin Çakır, Çelebi Uluyol, Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık, s. 53-77.
- Polat, H., Oyuncu, S. (2021) "İletişim Protokolleri", *Nesnelerin interneti kuramdan uygulamaya*, (Ed.) Hüseyin Çakır, Çelebi Uluyol, Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık, s. 13-52.
- Pirson, T., & Bol, D. (2021) Assessing the embodied carbon footprint of IoT edge devices with a bottom-up life-cycle approach. *Journal of Cleaner Production*, 322, 128966, s. 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128966>
- Roy, S. (2016) "The smart city paradigm in India: Issues and challenges of sustainability and inclusiveness". *Social Scientist*, 44(5/6), 29-48.
- Salam, A. (2024) *Internet of things for sustainable community development: Wireless communications, sensing, and systems*. 2. Edition, Cham: Springer.
- Shwayri, S. T. (2013) "A model korean ubiquitous eco-city? The politics of making songdo", *Journal of Urban Technology*, 20(1), 39-55. <https://doi.org/10.1080/10630732.2012.735409>
- Singh, P., Singh, G., & Kaur, G. (2019) "Green Smart Water and Sanitation System", In *Green and smart technologies for smart cities* (Eds.) Pradeep Tomar, Gurjit Kaur, New York: CRC Press s. 239-260.
- Sosunova, I., Porras, J. (2022) "IoT-enabled smart waste management systems for smart cities: A systematic review", *IEEE Access*, 10, s. 73326-73363. <https://doi.org/10.1109/access.2022.3188308>

- Stevic, D., (2023) *Smart waste management—a comprehensive overview of current technologies in europe*, [Master’s Thesis], Erişim: 05.05.2025  
<https://pub.fh-campuswien.ac.at/obvfcwhsacc/content/titleinfo/9584127/full.pdf>
- T.C. Kalkınma Bakanlığı (2013) *Onuncu Kalkınma Planı 2014-2018* Erişim: 21.04.2025.  
[https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/08/Onuncu\\_Kalkinma\\_Plani-2014-2018.pdf](https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/08/Onuncu_Kalkinma_Plani-2014-2018.pdf)
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Daire Başkanlığı (2019), *BM Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları ve Göstergeleri*, Erişim: 21.04.2025.  
<http://www.surdurulebilirkalkinma.gov.tr/wp-content/uploads/2021/02/SKA-ve-Gostergeleri-Kapak-Birlestirilmis.pdf>
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Daire Başkanlığı (2019), *On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023)*. Erişim: 21.04.2025  
[https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/07/On\\_Birinci\\_Kalkinma\\_Plani-2019-2023.pdf](https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/07/On_Birinci_Kalkinma_Plani-2019-2023.pdf)
- Tijjani, K. S., Sarıkaya Levent, Y., & Levent, T. (2025). “Smart cities in the global context: geographical analyses of regional differentiations”. *Systems*, 13(4), 296 <https://doi.org/10.3390/systems13040296>
- Türkiye Cumhuriyeti Strateji ve Bütçe Başkanlığı (2023), *On İkinci Kalkınma Planı*, Erişim: 21.01.2025. [https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/12/On-Ikinci-Kalkinma-Plani\\_2024-2028\\_11122023.pdf](https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/12/On-Ikinci-Kalkinma-Plani_2024-2028_11122023.pdf)
- Uluyol, Ç., Yıldız, A. E. (2021) “Nesnelerin İnternetine Giriş”, *Nesnelerin interneti kuramdan uygulamaya*, (Ed.) Hüseyin Çakır, Çelebi Uluyol, Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık, s. 1-11.
- UN Department of Economic and Social Affairs (2023) *Monthly Briefing World Economic Situation and Prospects: Economic Analysis*, 173 July 2023. Erişim: 26.11.2025.  
<https://digitallibrary.un.org/record/4047096/files/1405382-EN.pdf>
- Utkuğ, G. S. (2000) “Yeni yüzyıla girerken bina tasarımı ekoloji/enerji etkin/akıllı bina”, 4. *Uluslararası Yapıda Tesisat Bilim ve Teknoloji Sempozyumu*. Erişim: 27.03.2025. <http://file.ttmd.org.tr/makale/14-2.PDF>

- Ünal, A. N., Durukan Odabaşı, Ş. (2020) *Nesnelerin interneti: akıllı şehirler kapasite geliştirme ve rehberlik projesi*. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü Eğitim Kitapçığı. Erişim: 09.12.2025. Kaynak: [https://akillisehirler.csb.gov.tr/wp-content/uploads/KapasiteGelistirme/Egitim\\_Pdf/Nesnelerin\\_Interneti.pdf](https://akillisehirler.csb.gov.tr/wp-content/uploads/KapasiteGelistirme/Egitim_Pdf/Nesnelerin_Interneti.pdf)
- van den Buuse, D., & Kolk, A. (2019). “An exploration of smart city approaches by international ICT firms”. *Technological Forecasting and Social Change*, 142, s. 220-234. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.07.029>
- Vermesan, O., Friess, P., Guillemin, P., Serrano, M., Bouraoui, M., Freire, L.P. ve diğer (2016) “IoT digital value chain connecting research, innovation and deployment”, *Digitising the Industry Internet of Things Connecting the Physical, Digital and Virtual Worlds*, (Eds.). Ovidiu Vermesan ve Peter Friess, River Publishers. <https://doi.org/10.1201/9781003337966>
- WWF, Türkiye Belediyeler Birliği ve EY (2021, Haziran) *Değer yaratmak için akıllı şehirler Türkiye ve dünyadan uygulama örnekleri*. Erişim: 27.03.2025. Kaynak: [https://wwfr.awsassets.panda.org/downloads/tbb\\_wwf\\_ey\\_deer\\_yaratmak\\_icin\\_akll\\_ehirler\\_rapr\\_1\\_6\\_2021.pdf](https://wwfr.awsassets.panda.org/downloads/tbb_wwf_ey_deer_yaratmak_icin_akll_ehirler_rapr_1_6_2021.pdf)

**Etik Beyanı:** Yazar, bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara uyulduğunu beyan etmektedir. Bilimsel etik konuları ile ilgili aksi bir durumun tespiti halinde tüm sorumluluk çalışmanın yazarlarına ait olup, Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi'nin hiçbir sorumluluğu bulunmamaktadır.

## Utilization of Internet of Things (IoT) Devices in Urban Services: An Analysis in the Context of Environmental Sustainability

---

### Extended Abstract

---

#### 1. Introduction

The use of Internet of Things (IoT) devices is gradually increasing in almost every area of urban services both worldwide and in Türkiye. It is widely accepted that the use of IoT within the scope of smart environmental components—in lighting, waste management, water and air management, and smart buildings—can contribute to energy efficiency and thus holds promise in the context of climate change and sustainability. Indeed, smart buildings have the potential to enhance energy awareness and efficiency; waste management can prevent pollution and save energy and resources; smart water management can improve energy efficiency; air quality management can reduce air pollution; and smart lighting can contribute to sustainability by providing energy efficiency.

#### 2. Methodology

Adopting a qualitative methodology, this study critically interrogates the potential contribution of the Internet of Things (IoT) to sustainability within the realm of urban service delivery. Employing conceptual analysis, the research seeks to explore the extent to which IoT applications align with the principles and practices of environmental sustainability. To this end, a comprehensive literature review was conducted, drawing on sources that problematize whether IoT applications in urban contexts contribute to or compromise social and environmental sustainability. Furthermore, a conceptual and theoretical examination of sustainability—as it relates to IoT in urban contexts—was undertaken, aiming to unpack the underlying assumptions and assess whether these technological interventions, rather than advancing sustainability, risk exacerbating existing social and ecological injustices.

#### 3. Results and Discussion

It can be comfortably asserted that in Türkiye's development plans, smart urbanization has been embraced, with environmental sustainability and technological capacity development addressed together; in other words, smart urbanization and the Internet of Things as a component of this process are seen as contributing to sustainability. However, the prevailing optimism influencing national plans, strategies, and policy documents requires critical discussion. This is because in international and national projects, policy documents, and academic studies, the potential harms of Internet of Things devices regarding environmental sustainability are often not taken into account.

The concept of sustainability inherently arises from the tension between economic development and social and environmental well-being. Therefore, at the intersection of smart urbanization and sustainability, the contradiction between economic and technological development and social and environmental sustainability is inherent to the issue. From Türkiye's perspective, it is observed that smart urbanization has been adopted at the national level. It can be stated that the widespread use of the Internet of Things in the smart urbanization process is a process in which possible risks are undertaken without sufficient discussion. In the upcoming period, as the use of Internet of Things devices in urban service delivery expands in Türkiye, some issues that require discussion should be pointed out.

#### 4. Conclusion

Considering the development of 5G technology, the first issues to be discussed should generally concern the nature of smart urbanization and specifically the Internet of Things. Within this scope, first, it should be debated whether sufficient research exists regarding whether the technologies used in smart urbanization and Internet of Things devices are harmful to the environment and human health. Although technologies such as artificial intelligence and blockchain—often discussed together with Internet of Things devices and adaptable to them—may contribute to socio-economic sustainability by increasing administrative transparency, democratizing urban services, improving quality of life, and reducing costs in the process, these technologies themselves require high energy consumption. Therefore, the energy consumption required by these technologies should be measured in terms of sustainability and greenhouse gas emissions, and it should be debated whether they will bring benefit or harm in the long term. Another topic of discussion related to the Internet of Things is the concerns regarding data privacy and security caused by digitalization, which has been frequently debated in the literature. Although topics such as information security are included in a series of national policy documents from development plans to action plans, it is difficult to state that the ontological strengths and weaknesses of the Internet of Things—especially in the context of environmental sustainability—are sufficiently discussed.

The proliferation of the Internet of Things presents certain practical difficulties. Firstly, the process of integrating smart urbanization and the Internet of Things into urban services requires integrated and flexible planning for urban planning and service delivery. On the other hand, each type of urban service may require Internet of Things devices with different architectures and communication protocols; furthermore, devices may vary due to differences among manufacturing companies in practice. This will complicate integrated and flexible planning. If companies lead the process, conflicts in terms of social and environmental sustainability can be anticipated.

Risks that need to be discussed include how stability in public services will be ensured in case of a global or national shortage in the production and/or import of sensors and actuators used in Internet of Things technology, cyber-attacks, or theft and vandalism of Internet of Things devices. Additionally, who will bear the costs and responsibility for routine and extraordinary maintenance and repairs of Internet of Things devices emerges as another practical difficulty. The profitability objectives of private sector branches developing within the scope of the Internet of Things contrast fundamentally with the public benefit and stability that should be prioritized in public services. Alongside these difficulties, the high initial investment cost of transitioning to the Internet of Things in urban services is cited as another challenge.

Considering all these criticisms and potential difficulties, it can be suggested that there are some important points that national policies and local governments should consider as the Internet of Things spreads in Türkiye. As stated in the study, the environmental costs of the energy and natural resources used in the production of Internet of Things devices, the energy consumed while devices are operating, and the electronic waste generated when devices reach the end of their lifecycle need to be included in sustainability assessments. Social consensus should be sought in smart urbanization processes; especially, areas to be equipped with smart technologies from scratch should be planned with consideration of their social, economic, and environmental qualities so that a smart urbanization process harmful to the environment and society does not occur. The social basis created by the application of the Internet of Things should not include processes of gentrification or displacement. In summary, in cases where economic, social, and environmental sustainability domains conflict, it can be stated that environmental and social sustainability should be prioritized.