



Sürdürülebilir Kentsel Gelişim Bağlamında Eko Şehirlerde Su ve Atık Yönetimi

Water and Waste Management in Eco-Cities in the Context of Sustainable Urban Development

Elif Öztekin

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, Türkiye

Öz

Eko şehirler, sürdürülebilirlik ilkelerine dayalı olarak tasarlanan, çevre dostu ve insan odaklı kentsel alanlardır. Su yönetimi açısından, eko şehirlerde yağmur suyu toplama sistemleri, atık su geri dönüşümü ve su tasarrufu sağlayacak teknolojilerin kullanımı gibi çeşitli önlemlerle su kaynaklarının daha etkin bir şekilde kullanılması hedeflenmektedir. Ayrıca atıksu arıtma sistemleri ile alıcı sulara ulaşan atıksu kalitesi iyileştirilerek, atıksudan değerli materyallerin geri kazanımına önem verilmektedir. Örneğin, Hammarby Sjöstad (İsveç) gibi eko şehirler, su yönetimi için yağmur suyu toplama sistemleri, atık su geri dönüşümü ve su tasarrufu teknolojileri gibi önlemlerle su kaynaklarının daha etkin kullanılmasını sağlamaktadır.

Atık yönetimi alanında eko şehirlerde, atık ayrıştırma ve geri dönüşüm gibi uygulamaların yanı sıra atık miktarının azaltılması için çeşitli stratejiler benimsenmektedir. Vauban (Almanya) gibi eko şehirlerde atık azaltma kampanyaları, geri dönüştürülebilir malzemelerin kullanımı ve organik atıkların kompostlaştırılması gibi uygulamalarla atık sorunlarına çözüm aranmaktadır. Bu şehirlerdeki somut örnekler, su ve atık yönetimi stratejilerinin başarılarını göstermektedir.

Bu çalışma, eko şehirlerdeki somut uygulama örnekleriyle su ve atık yönetiminin sürdürülebilir kentsel gelişimin temelini oluşturduğunu vurgulamaktadır. Eko şehirler, sadece günümüzdeki çevresel zorluklara değil, aynı zamanda gelecek nesillere daha yaşanabilir bir dünya bırakma amacını taşıyan kentsel alanlar olarak büyük bir potansiyele sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Atık yönetimi, döngüsel ekonomi, eko şehir, su yönetimi, sürdürülebilirlik

Abstract

Eco-cities are environmentally friendly and human-centered urban areas designed based on principles of sustainability. Concerning water management, various measures such as rainwater harvesting systems, wastewater recycling, and the use of technologies promoting water conservation are aimed at more effective utilization of water resources in eco-cities. Additionally, emphasis is placed on enhancing the quality of discharged wastewater through wastewater treatment systems and prioritizing the recovery of valuable materials from wastewater. For instance, eco-cities like Hammarby Sjöstad (Sweden) ensure more efficient use of water resources through measures like rainwater harvesting systems, wastewater recycling, and water-saving technologies.

In the domain of waste management in eco-cities, besides practices like waste separation and recycling, diverse strategies are adopted to reduce the quantity of waste. Campaigns for waste reduction, utilization of recyclable materials, and composting of organic waste are pursued in eco-cities such as Vauban (Germany) to address waste issues. Concrete examples from these cities demonstrate the success of water and waste management strategies.

This study highlights that the foundation of sustainable urban development lies in water and waste management practices evident in concrete examples from eco-cities. Eco-cities hold substantial potential as urban spaces not only addressing current environmental challenges but also aspiring to leave a more habitable world for future generations.

Keywords: Circular economy, eco-city, sustainability, waste management, water management

*Sorumlu yazarın e-posta adresi: elif.alaydin@beun.edu.tr

Elif Öztekin orcid.org/0000-0001-7861-7041



Bu eser "Creative Commons Atıf-GayriTicari-4.0 Uluslararası Lisansı" ile lisanslanmıştır.

1. Giriş

Birleşmiş milletler raporuna göre 2050 yılında dünya nüfusunun 9.7 milyara ulaşması ve bu nüfusun üçte ikisinin kentlerde yaşaması öngörülmektedir (United Nations 2019). Bu yoğunluk, doğal kaynak ve enerji kıtlığı, doğal ekosistemin bozulması ve kirletici emisyonlarının artması gibi çeşitli sorunları beraberinde getirecektir (Li vd. 2021). Eko şehir olarak adlandırılan ekolojik şehirler, doğal kaynakları koruma ve yaşanabilir alanlar yaratma amacıyla şehirlerin çevresel etkilerini en aza indirmeyi hedeflemektedir. Roseland (1997), eko şehir için tek bir kabul edilmiş tanımın olmadığını savunmuştur. Örneğin Register (1987), “bir eko şehir, girdilerin (kaynak) ve çıktılarının (atık) en aza indirildiği kentsel bir çevresel sistemdir” şeklinde açıklarken, Jabareen (2006) ise “eko şehir, kentsel sürdürülebilirliği sağlamayı amaçlayan geniş bir yelpazeyi kapsayan bir şemsiyedir” olarak tanımlamıştır. Benzer bir şekilde Bibri (2020) “bir eko şehir doğal çevre ve ekosistemin kendi kendini sürdürebilen dayanıklı yapısını ve işleyişini vurgulayan bir insan yerleşimidir. Daha fazla yenilenebilir kaynağı tüketmeden sağlıklı ve yaşanabilir bir insan çevresi sunmayı amaçlar” olarak belirtmiştir. Eko şehir kavramının hedeflerini aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür (Çetinkaya 2013);

- Şehirlerin çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılması,
- Etkili su ve atıksu yönetimi,
- Doğal kaynakların korunması,
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması,
- Atık üretiminin azaltılması,
- Geri dönüşüm uygulamalarının artırılması,
- Ekolojik ayak izinin azaltılması.

Bu çalışma, kentsel yaşamın geliştirilmesi adına çevreci ve sürdürülebilir bir yaklaşım olan eko şehir kavramını su ve atık yönetimi bağlamında incelemektedir. Çalışmada, sürdürülebilir ve çevreci kentsel alanların oluşturulmasında çevresel sürdürülebilirlik ile kaynak verimliliğinin dengelenmesinin kritik önemi vurgulanmıştır. Bu bilgiler doğrultusunda, makalenin amacı eko şehir kavramının temelini oluşturan su ve atık yönetimi prensiplerine derinlemesine bir bakış açısı sunarak eko şehirlerin prensiplerini açıklamaktır.

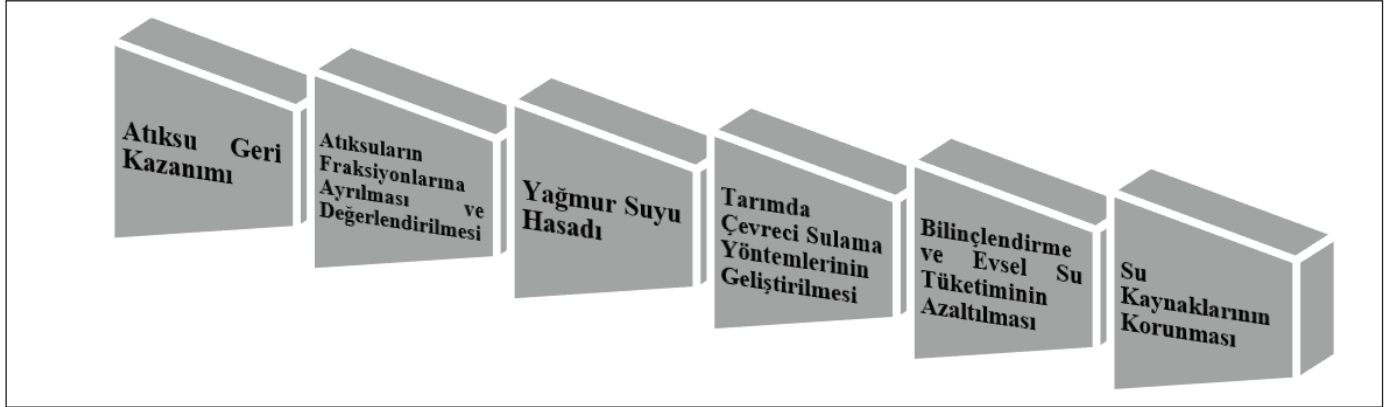
2. Eko Şehir Kavramı

2.1. Eko Şehir Kavramının Tarihsel Gelişimi ve Temel İlkeler

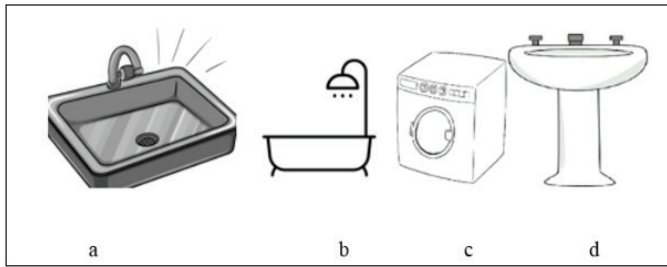
1960 yılının başlarında doğan ekolojik kent kavramı, çevresel sınırlara saygının öncelikli olduğu bir dönemi işaret etmektedir. Bu dönemde McHarg’ın 1969’da ortaya attığı fikirlerle başlayan bir hareket, çevreyle uyumlu şehirlerin inşası için önemli bir dönüm noktası olmuştur (McHarg 1969). 1975 yılında Richard Register ve birkaç arkadaşı doğayla uyumlu bir şekilde şehirleri yeniden inşa etmek amacıyla Berkeley’de kar amacı gütmeyen bir organizasyon olan “Urban Ecology”i kurmuştur. Bu organizasyon, çevre dostu projelere öncülük ederek Berkeley’de sakin sokakların oluşturulması, güneş enerjisinin kullanıldığı seraların tasarlanması ve bisiklet ile yaya hareketliliğini teşvik etmek gibi çeşitli etkinliklerle şehri dönüştürmeye başlamıştır (Roseland 1997). Eko şehir kavramı, kentsel planlama, tasarım ve yönetimde ekolojik prensiplerin uygulanmasına odaklanarak, Brundtland Raporu’nun yayınlanmasından sonra popüler hale gelen sürdürülebilirlik hedeflerini desteklemiştir (Register 1987). 1992’de Rio de Janeiro’da düzenlenen Birleşmiş Milletler Dünya Zirvesi ve sonrasında oluşturulan Eylem Planı olan Agenda 21 ile sürdürülebilir kalkınma prensipleri daha da detaylandırılmış, ekolojik kent ve planlaması için politika yönergeleri oluşturulmuştur (Lin 2018).

Günümüzde kaynakların daha verimli kullanılması, atıkların tekrar değerlendirilmesi ve alternatif kaynak haline getirilmesi, kentsel çevre kalitesinin geliştirilmesi ve korunması, yüksek verimli ve çevreci endüstrinin geliştirilmesi gibi yaklaşımlar benimsenmektedir. Sonuç olarak endüstriyel ve kentsel simbiyoz, çevre dostu şehir gelişimleri birçok ülke tarafından teşvik edilmeye başlanmıştır (Chen vd. 2012, Dong vd. 2014, Dong vd. 2016). Endüstriyel ve kentsel simbiyoz proseslerinin önemli bir itici güç olduğu eko şehirlerin özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Premalatha vd. 2013);

- Hava kalitesini arttıran, su kaynaklarını koruyan ve şehir yaşamında refahı arttıran yeşil alanların korunduğu ve geliştirildiği,
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılarak enerji tüketimini azaltmaya ve çevreci enerjiye odaklanan,
- Atık miktarının azaltıldığı, geri dönüşümün geliştirilerek sıfır atığın hedeflendiği,
- Toplu taşıma sistemlerinin teşvik edildiği, akıllı ulaşım sistemleri ile trafik sıkışıklığının ve hava kirliliğinin azaltıldığı,



Şekil 1. Sürdürülebilir Su Yönetiminin Bileşenleri (Öztekin ve Çolak 2022).



Şekil 2. Gri su kaynakları (a. mutfak lavabosu, b. banyo ve duş suları, c. çamaşır yıkama suları, d. el yıkama suları)

- Sera gazı emisyonlarının azaltıldığı, çevreye verilen zararın minimum seviyede olduğu,
- Yerel tarımın ve basit yaşam şeklinin desteklendiği,
- Toplumsal ve ekonomik adaletin olduğu, dezavantajlı topluluklara fırsat eşitliği sağlandığı,
- Aşırı tüketimin engellendiği, ekolojik ve ekonomik faaliyetlerin desteklendiği,
- Sürdürülebilir bina tasarımı ile enerji ve su tüketiminin azaltıldığı, doğal kaynakların korunduğu,
- Güvenli yaşam alanlarının sağlandığı,
- Sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşabilmek için, tüm yerel halkın katıldığı ve yerel yönetimlerin çevreci yaklaşımı desteklediği, çevre merkezinde organize olunabilen şehirlerdir.

2.2. Eko Şehirlerde Suyun Sürdürülebilir Yönetimi

Dünya genelinde ortalama 2.2 milyar insan su kıtlığı ile karşı karşıyadır ve bu sayının yaklaşık olarak 933 milyonu kentlerde yaşamaktadır (Díaz-Vázquez vd. 2023). Bu nedenle yağmur suyu ve evsel atıksularının %80-85'ini oluşturan gri suların alternatif su kaynakları olarak kullanımı, sınırlı su

kaynaklarının korunmasında ve sürdürülebilir su yönetiminin oluşturulmasında oldukça önemlidir (Karahan vd. 2023, Ivanković ve Hrenović 2010, Hassanshahi ve Karimi-Jashni 2018). Sürdürülebilir su yönetiminin bileşenleri Şekil 1'de verilmiştir (Öztekin ve Çolak 2022).

Gri suların (Şekil 2) kaynağında ayrı toplanıp, uygun arıtma işlemlerinden geçirildikten sonra bahçe sulama, araba yıkama, tuvalet sifon suyu ve yangın söndürme amaçlı olarak tekrar kullanılabilirdiği bilinmektedir (Hassanshahi ve Karimi-Jashni 2018).

Bangladeş'in Dhaka şehrinde yapılan bir çalışmada üretilen evsel atıksuyun ortalama %60'ını gri suların oluşturduğu belirlenmiştir (Biswas vd. 2012). Çinde bulunan Caofeidian eko şehrinde gri suların arıtımı ve tekrar kullanımı, siyah suların (dışkı) arıtımı ve metan gazı eldesi için kullanılması ile %100 atık su geri kazanımı planlanmıştır. Bunun dışında şehir, yağmur suyunun %90'ını toplayıp depolamak, %10'dan az yer altı suyu kullanmak üzere tasarlanmış entegre gri/siyah su arıtma sistemleri ile donatılmıştır (Joss ve Molella 2013). Kazakistan-Astana eko kentinde tasarımcılar, gri suları gerekli işlemlerden geçirdikten sonra var olan balık havuzlarına bağlayarak bir iç deniz oluşturmayı ve bitkilerle çevreleyerek de eko koridorlar oluşturmayı planlamışlardır (Kaya ve Susan 2020). İspanya, İtalya, Kıbrıs ve Yunanistan, arıtılmış atıksuyun tarım arazilerinde kullanıldığı öncülüklerdir. İsrail'de evsel atıksuların geri kazanım oranı %85'tir ve çoğunluğu tarımda kullanılmaktadır (Mannina vd. 2022). Japonya'da bulunan Fukuoka şehrinde 1978 yılında büyük bir kuraklık yaşanmış ve arıtılmış atıksular tuvalet sifon suları gibi çeşitli kentsel uygulamalarda kullanılmaya başlanmıştır (Takeuchi ve Tanaka 2020). Yamagata vd. (2003) tarafından yapılan bir çalışmada Tokyo metropol bölgesinin 23 semtinde biyolojik arıtma ve ultrafiltrasyon prosesleri

sayesinde geri kazanılmış suyun kullanım suyu ihtiyacının %61'ini karşılandığı ortaya konulmuştur. Japonya'da arıtılan atıksuyun %35'i akarsu akışının artırılmasında, %21'i peyzaj sulamada, %20'si kar eritme suyu, %6'sı tarımsal sulamada, %4'ü tuvalet sifon suyunda, %2'si rekreasyon uygulamalarında ve %1'i endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır (Takeuchi ve Tanaka 2020).

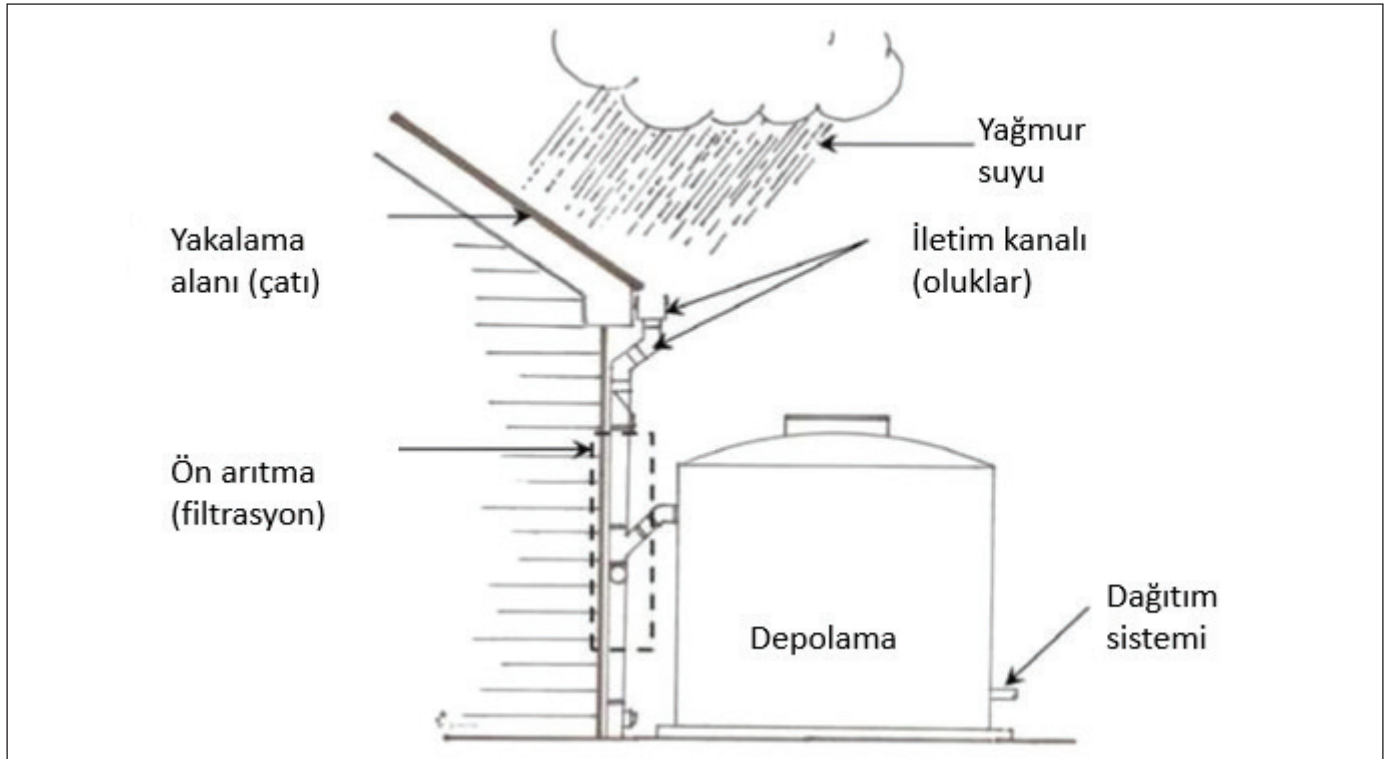
Eko şehir gibi çevreci yaklaşımların da ortaya çıkması ve alternatif su kaynakları arayışları sonucunda yağmur suyu hasadı adı verilen ve evsel kullanım suyu kıtlığını aşmak için uygulanabilen bir strateji ortaya çıkmıştır (Díaz-Vázquez vd. 2023). En basit haliyle evler için uygulanabilir olan yağmur suyu toplama sistemi örneği Şekil 3'te verilmiştir (Pradhan ve Sahoo 2020);

Yapılan çalışmalar, yağmur suyu hasadı ile ortalama %60 civarında su tasarrufu sağladığını belirtmektedir (Coombes vd. 2000, Ghisi 2006). İsveç Malmö'de Bo01 eko şehir bölgesinde yağmur suları yer üstü oluklar aracılığı ile yönlendirilerek toplanmaktadır ve tekrar kullanılmaktadır. İsveç'te bulunan Stockholm şehrinin Hammarby kasabasındaki ısıtma sistemindeki ısının %34'ü arıtılmış atıksudan, %47'si evsel katı atıklardan, %16'sı ise biyo yakıttan elde edilmektedir. Ayrıca eğitim ve farkındalık çalışmaları ile atıksularındaki kirletici miktarlarında %50 azalma olmuştur (UGBG 2023).

2.3. Eko Şehirlerde Atık Yönetimi

Günümüzde özellikle gelişmekte olan ülkelerde nüfus artışı ile birlikte kentleşmenin de hızlı bir şekilde artması, tüketim alışkanlıklarının değişimi ile evsel atık miktarının artmasına neden olmuştur (Alizadeh vd. 2023, Guerrero vd. 2013). Küresel atık üretiminin 2050 yılına kadar 3,4 milyar tona ulaşması beklenmektedir (Kaza vd. 2018). Yapılan çalışmalar, evsel katı atık yönetiminden kaynaklanan sera gazının, küresel olarak atmosfere verilen toplam sera gazı emisyonlarının %5'ine katkıda bulunduğunu ortaya koymuştur (Gautam ve Agrawal 2021). Buna karşılık ise yapılan bir çalışmada atıkların zamanında toplanmasının sera gazının azaltılmasında önemli bir yeri olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle özellikle geri dönüştürülebilir atık türünün ve miktarının bilinmesi ve sistematik bir şekilde paydaşlara anlık bildirim sağlanması için akıllı sistemler kullanılarak atık yönetiminin sağlanması oldukça önemlidir (Aazam vd. 2016).

Çevresinde ağır sanayi olmasına rağmen eko şehir olarak kurulan Çin-Caofeidian eko şehri projesi ile atıkların tam olarak ayrıştırılmasını sağlayan ve tüm şehri kapsayan vakumlu yer altı atık toplama sistemi ile atıkların %60'ının geri dönüştürülmesi planlanmaktadır. Bununla birlikte biyolojik olarak parçalanabilen atıkların %80'inin metan gazına dönüştürülmesi ve atıkların %10'undan azının çöp sahasına gitmesi de



Şekil 3. Yağmur suyu toplama sistemi bileşenleri (Pradhan ve Sahoo 2020).

planlamada yer almaktadır (Joss ve Molella 2013). 2021’de Avrupa Komisyonu tarafından Avrupa’nın yeşil başkenti seçilen Lahti, Finlandiya’da evsel atıkların %99’unu geri dönüşüme kazandırmaktadır. Bu geri dönüşüm oranının üçte biri, yeni malzemelerin üretiminde kullanılırken, geri kalan üçte ikilik kısım enerji üretiminde değerlendirilmektedir (European Commission 2021). Danimarka’nın 2020 yılı atık geri dönüşüm oranı %53,9 olarak açıklanmıştır (Eurostat 2022). Yaklaşık olarak 11.000 kişinin yaşadığı Hamburg Sjöstad eko şehrinde yaşayan sakinlerin %75’inden çoğu günlük olarak işe veya okula yaya olarak gitmekte veya bisikleti tercih etmektedir. Yapılan çalışmalara göre bu yayalaşma sayesinde şehirdeki CO₂ salınımı %50 oranında azalmıştır (Minh 2016). Finlandiya’nın ilk ekolojik kenti olan ve 2004 yılında tamamlanan Eco-Viiki’de geri dönüşüm ve atık azaltımına önem verilmekte ve biyoçeşitlilik korunmaktadır (Başar 2019). Almanya’da bulunan Vauban eko şehri yayalaşma ve bisiklet kullanımı ile hava kirliliğini önlemekle birlikte, yıllık garaj parası olan 18.000 Euro’dan tasarruf etmektedir. Bu ücretin devlet tarafından hava kirliliğine sebep olunması sonucu vergi olarak alındığı belirtilmektedir. Bu uygulama ile hava kirliliğini önleyen şehir sakinleri daha basit, daha sağlıklı ve refah içinde yaşama imkanı bulmuştur (Minh 2016).

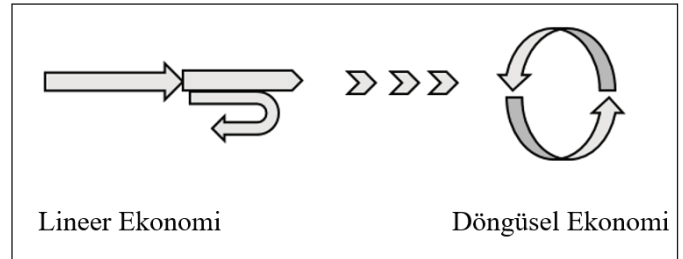
2.3.1. Sürdürülebilir atık yönetimi ve dögüsel ekonomi

Artan nüfus ve çevre kirliliği sonucunda küresel anlamda bazı önlemlerin acilen alınması gerektiği ortaya çıkmıştır. Özellikle “Al-Kullan-At” döneminin getirdiği olumsuz çevresel faktörler atık yönetimde acilen değişime gidilmesinin örneği olmuştur. Al-Kullan-At dönemi veya “Tek Kullanımlık Dönemi”, genellikle ürünlerin bir kere kullanıldıktan sonra atıldığı bir dönemi ifade eder. Özellikle plastik şişeler, tek kullanımlık ambalajlar, tek kullanımlık çatal-bıçak setleri, içecek kapları gibi ürünler bu dönemin sembolüdür. Doğrusal ekonomide, al-kullan-at modeli yaygınken dögüsel ekonomide kaynakların uzun süreli kullanımı temel bir prensip olarak kabul edilmektedir (Balbay vd. 2021). Şekil 4’te de görüldüğü üzere atık yönetimde odak noktası doğrusal yönetimden (lineer ekonomi), dögüsel yönetime (dögüsel ekonomi) doğru geçiş yapmaktadır (Ma vd. 2023).

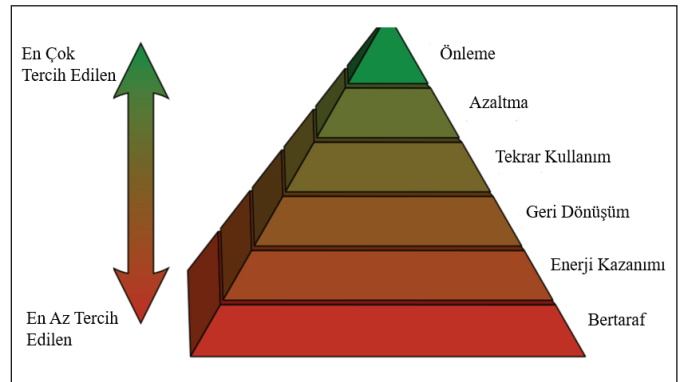
Dögüsel ekonomi, bir ürünün içindeki değerli bileşenlerin yeniden değerlendirilmesini vurgulayan, ömrünü tamamladığında geri dönüştürülerek başka ürünlerin üretiminde kullanılmasına olanak tanıyan bir ekonomi modeli olarak tanımlanmaktadır (Vinayagam vd. 2023). Bu modelin oluşması ile daha fazla arayış içine girilmiş ve sürdürülebilir süreçleri de içeren 3R (azalt, yeniden kullan, geri dönüştür) kavramı ve geri dönüşüm ekonomisi ortaya çıkmıştır. Za-

manla 3 faktör (kurtar, yeniden tasarla, yeniden üret) daha eklenerek 6R olan bu sistem günümüzde ise dögüsel ekonomi ile bağlantı kurularak 9R (reddet, yeniden düşün, azalt, yeniden kullan, onar, yenile, yeniden üret, yeniden amaçlandır, geri dönüştür) halini almıştır (Viles vd. 2022). Çevreci ve sürdürülebilir bir yaklaşımın benimsenmesi ile birlikte Şekil 5’te gösterilen atık yönetim hiyerarşisi ortaya çıkmıştır (Agovino vd. 2023).

Atık yönetim hiyerarşisinin en üst basamağında yer alan önleme ilkesi, tüketicilerin ürün ömürlerini uzatmalarını, üreticilerin dayanıklı ve çok yönlü tüketim malzemeleri tasarlamalarını gerektirmektedir. Hiyerarşik ölçekte bunu yeniden kullanım hazırlığı izlemektedir. Teknik olarak bir işlem uygulaması olsa da, sonuçta atılan ürünlerin bazılarının yeni bir tüketim dögüsü için malzeme olarak geri kazanılmasına izin veren muayene, temizleme ve onarım işlemleri olduğu sürece önleyici bir eyleme dönüşmektedir. Atık, yeniden üretilen ürünler şeklinde geri kazanılmadığında, enerji geri kazanımı alternatif bir seçenek oluşturmaktadır. Atık hiyerarşisinin dördüncü basamağında yer alan enerji geri kazanımı, atığın hala kullanışlı bir işlevi yerine getirmesine olanak tanıyan işlemleri ifade etmektedir. Bu işlemler, yanma tesislerinde enerji üretimi yoluyla, atıkların fosil yakıtlar gibi diğer malzemelerin yerine kullanılabilmesine olanak



Şekil 4. Atık Yönetiminde lineer ekonomiden dögüsel ekonomiye geçiş (Ma vd. 2023)



Şekil 5. Atık yönetim hiyerarşisi (Agovino vd. 2023).

sağlamaktadır. Tüm basamaklarda gösterilen işlemler teknik olarak mümkün olmadığında, depolama sahalarında imha etmek son çare olarak belirlenmiştir (Agovino vd. 2023).

3. Eko Şehir Kavramının Geleceği ve Zorlukları

Eko şehirler, su tüketimini ve atık oluşumunu azaltarak kaynakların daha verimli yönetilmesini sağlamaktadır (Liu ve Lo 2021). Buna karşılık şehirlerde su ve atık yönetiminin eksiksiz gerçekleştirilmesi ve yaygınlaşması bazı durumlarda zaman almaktadır. Çevresel sürdürülebilirlik, kaynak kullanımı, kentsel planlama ve toplumsal refah gibi şehirlerin karşılaştığı belirli sorunlara karşı çözüm arayışlarının sonucunda farklı eko şehir modelleri ortaya çıkmıştır. Farklı eko kent modellerine ait özellikler ve mevcut eko şehir örnekleri Çizelge 1’de verilmiştir (UN.ESCAP 2012);

Eko şehirlerin başarılı olabilmeleri için iyi bir planlama ve yönetim gerekmektedir. Bu kapsamda gerekli altyapının oluşturulabilmesi bir zorluk olarak görülmektedir. Bununla birlikte yeterli bilgi ve deneyim sahibi kişilerin bulunması ve yardım alınması da yaşanan zorluklardandır. Akıllı şehirler üzerine yapılan bir çalışmada şehirlerin gelişiminde ekonomik yetersizlikler, kurumlar arası işbirliği eksikliği, finansal yetersizlik ve bilgi eksiklikleri karşılaşılan başlıca zorluklar olarak belirtilmiştir. Ayrıca yeni bir teknolojinin toplum tarafından kabullenilmesi de zaman alıcı olmaktadır. Bu da uygulamada hızlı hareket edilmemesine sebep olmaktadır. Bununla birlikte yapılan yatırımlarla ilgili yeterli bilgiye sahip olmayan halk tarafından uygulamaların benimsenmesi de gecikmelere sebep olmaktadır. Yeterli bilgilendirme yapılmaması eko kente geçiş sürecini zorlaştırdığı bilinmektedir (Gül ve Çobanoğlu 2017). Eko şehir olmak isteyen

Çizelge 1. Farklı eko şehir modelleri (UN.ESCAP 2012).

Eko şehir modeli	Özellikler	Örnek eko şehir
Yenilenebilir enerji şehri	Şehir, yenilenebilir enerji kullanmaktadır. Biyoyakıtlar, güneş enerjisi, rüzgar veya jeotermal gibi kaynaklardan yenilenebilir enerji elde edilmektedir. Şehirler, yenilenebilir enerjinin kullanımını sağlayacak şekilde altyapılarını yeniden yapılandırmak zorundadır.	Masdar: Birleşik Arap Emirlikleri; Vauban, Freiburg: Almanya.
Karbon nötr şehirler	Şehir, fosil yakıtları yenilenebilir enerji kaynaklarıyla değiştirerek ve enerji verimliliğini arttırarak karbon emisyonundan arınmayı hedeflemektedir.	Çin’in düşük karbonlu şehirler projesi.
Bahçe şehirleri	Şehir, kentsel çevrenin bir parçası olarak yoğun yeşillendirme uygulamalarını içermektedir (yeşil çatılar, kentsel tarım, yenilenebilir enerji bitkilerinin yetiştirilmesi).	Ginza ticari bölgesindeki arı projesi: Japonya.
Kaynak verimli şehirler	Şehir, üretim ve tüketim uygulamalarında sürdürülebilir kaynakların kullanımını teşvik ederken, atık azaltma, yeniden kullanma, geri dönüşüm gibi 3R alışkanlıklarını en üst düzeye çıkarmayı hedeflemektedir (atıktan enerji üretimi, kompost uygulamaları).	Japonya’daki birçok şehir; Endüstriyel simbiyoz uygulamaları: Birleşik Krallık.
Kendine yeten şehirler	Ekolojik verimlilik, yerleştirilmiş ve kendi kendine yeterli üretim ve tüketim ile sağlanmaktadır.	Tayland: kendine yeterlilik ekonomisi projesi.
Dağıtılmış şehirler	Şehir, küçük ölçekli ve mahalle bazlı su ve enerji sistemlerine dayanmaktadır. Merkezi sistemdeki iletim sürecinden kaynaklanan maliyetlerden tasarruf edilmektedir.	Yeni Güney Galler’de Hill End kasabasında küçük ölçekli topluluk atık suyu sistemi.
Akıllı şehirler	Şehir, çevresel sürdürülebilirliği geliştirmenin bir parçası olarak bilgi teknolojilerinden yararlanmaktadır.	Yokohama Akıllı Şehir Projesi: Japonya.

şehirlerin mevcut durumu da maliyetlerin artmasına neden olabilir. Yeniden bir şehri inşa etmek veya değiştirmek halkın kabullenmesinde sıkıntılar yaratırken, inşaat aşaması da çevre üzerinde olumsuz etkiler bırakabilir. Yaşanan bu zorlukların çözülmesi için bazı durumlarda bir mahalle veya bir bölge ve çoklu çevresel faktör yerine tek bir faktöre odaklanılarak sorunların çözümlenmesi sağlanmaktadır. Şehirlerdeki bu çözüm yolları da ülkelere göre farklılık göstermektedir. Örneğin şehirlerin geliştirilmesi açısından bakıldığında; Asya ve Orta Doğu ülkeleri genellikle şehirleri sıfırdan inşa edilmesi, Amerika'da; kentsel alanların genişletilmesi, Avrupa ülkelerinde ise geçmişteki durumun geliştirilmesi tercih edilmektedir (Brodowicz vd. 2015).

4. Sonuç ve Öneriler

Eko şehirler gelecekteki sürdürülebilir kentleşme için umut verici, çevreci kentsel modellerdir. Çevre dostu teknolojilerin kullanımı, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, atık yönetimi ve geri dönüşüm, çevresel açıdan duyarlı mimari ve tasarım gibi sürdürülebilirlik ilkeleriyle donatılan eko şehirler, sadece çevresel açıdan değil, aynı zamanda ekonomik ve sosyal açıdan da birçok avantaj sunmaktadır. Su yönetimi, atık yönetimi ve geri dönüşüm gibi çevre konuları eko şehirlerin planlama sürecinde ele alınmalıdır. Bu şekilde, eko şehirlerin sadece kendi sınırları içinde değil, aynı zamanda çevrelerindeki diğer bölgeleri de etkileyeceği düşünülmelidir. Eko şehirlerin geleceği inovasyon ve teknoloji ile sıkı bir şekilde bağlantılıdır. Örneğin, akıllı şehir teknolojileri, eko şehirlerde enerji, su, atık yönetimi ve ulaşımın optimize edilmesine yardımcı olabilir. Yapay zeka, büyük veri analizi ve diğer ileri teknolojiler, eko şehirlerdeki kaynakları daha etkili kullanmaya ve sürdürülebilirliği arttırmaya yardımcı olabilir. Ayrıca, yeşil teknolojiler ve yenilenebilir enerji kaynakları, eko şehirlerde çevresel etkiyi azaltmaya yardımcı olarak enerji maliyetlerini düşürebilir.

Eko şehirlerin geleceği açısından toplumsal katılım ve yönetim oldukça önemlidir. Bu kavramlar, sadece karar alıcıların değil, aynı zamanda tüm toplumun sürece dahil edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Toplumsal katılım, şehir sakinlerinin fikirlerinin alınması, beklentilerinin anlaşılması ve karar süreçlerine dahil edilmesi anlamına gelmektedir. Eko şehir yönetimi, karar alıcıların, sivil toplum kuruluşlarının, özel sektörün ve diğer ilgili tarafların iş birliği yaparak eko şehirlerin yönetimini ve planlamasını etkilemesi şeklinde gerçekleşmektedir. Şeffaflık, hesap verebilirlik ve katılımçılığı teşvik ederek, eko şehirlerin sürdürülebilirliğinin arttırılabileceği düşünülmektedir.

Son olarak, eko şehirlerin gelecekteki beklentileri ve hedeflerini gerçekleştirmek için gerekli planlamaların bir an önce hayata geçirilmesi büyük önem taşımaktadır. Özellikle çevre dostu su ve atık yönetim sistemlerinin daha sürdürülebilir bir yaşam için önemli bir rol oynayacağı göz önünde bulundurulmalıdır.

Çıkar Çatışması

Yazar, bu makalede bildirilen çalışmayı etkilemiş gibi görünebilecek bilinen herhangi bir rekabetçi finansal çıkar veya kişisel ilişkileri olmadığını beyan eder.

5. Kaynaklar

- Aazam, M., St-Hilaire, M., Lung CH., Lambadaris, I. 2016.** Cloud-based smart waste management for smart cities. 2016 IEEE 21st International Workshop on Computer Aided Modelling and Design of Communication Links and Networks (CAMAD), Toronto, Canada, 188-193 pp, doi: 10.1109/CAMAD.2016.7790356.
- Agovino, M., Cerciello, M., Javed, A., Rapposelli, A. 2023.** Environmental legislation and waste management efficiency in Italian regions in view of circular economy goals. *Utilities Policy*, 85:101675. Doi: 10.1016/j.jup.2023.101675
- Alizadeh, S., Vali, F., Vatani, Z., Avami, A. 2023.** Sustainable analysis of waste-to-energy systems in cities by eco-efficiency assessment using DEA approach: A case study of Iran's municipalities. *Sustainable Cities and Society*, 98: 104825. Doi: 10.1016/j.scs.2023.104825
- Balbay, Ş., Sarıhan, A., Avşar, E. 2021.** Dünya'da ve Türkiye'de "döngüsel ekonomi / endüstriyel sürdürülebilirlik" yaklaşımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 27:557-569. DOI: 10.31590/ejosat.971172
- Başar, Ö. 2019.** Yaşanabilir kente katkısı bağlamında eko kentler: Bursa/Nilüfer belediyesi eko-kent projesi örneği. *Yüksek Lisans Tezi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi*, 126 s.
- Bibri, S.E. 2020.** The eco-city and its core environmental dimension of sustainability: green energy technologies and their integration with data-driven smart solutions. *Energy Informatics*, 3(4). Doi:10.1186/s42162-020-00107-7
- Biswas, SK., Rahman, Md MR., Rahman, Md YA., Rahman, Md M. 2012.** Applicability of domestic grey water reuse for alleviation of water crisis in Dhaka City. *Journal of Water Reuse Desalination*, 2(4): 239-246. Doi: 10.2166/wrd.2012.077
- Brodowicz, DP., Pospieszny, P., Grzymala, Z. 2015.** Eco-cities: challenges, trends and solutions. *Eco-innovations in the urban regeneration projects*. (1st ed) Warszawa, Warsaw School of Economics, Poland. 140 pp.

- Chen, X., Fujita, T., Ohnishi, S., Fujii, M., Geng, Y. 2012.** The impact of scale, recycling boundary, and type of waste on symbiosis and recycling. *Journal of Industrial Ecology*, 16: 129-141. DOI: 10.1111/j.1530-9290.2011.00422.x
- Coombes, P.J., Argue, J.R., Kuczera, G. 2000.** Figtree Place: A case study in water sensitive urban development (WSUD). *Urban Water*, 1(4): 335-343. Doi: 10.1016/S1462-0758(00)00027-3
- Çetinkaya, Ç. 2013.** Eko-kentler: kent ve doğa ilişkisinde yeni bir sistem tasarımı. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6(1): 12-16. ISSN: 1308-0040, E-ISSN: 2146-0132
- Díaz-Vázquez, D., Camacho-Sandoval, T., Reynoso-Delgado, J., Gómez-Ayo, N.A., Macías-Calleja, M.G., ... Gradilla-Hernandez, M.S. 2023.** Characterization and multicriteria prioritization of water scarcity in sensitive urban areas for the implementation of a rain harvesting program: A case study for water-scarcity mitigation. *Urban Climate*, 51: 101670. Doi: 10.1016/j.uclim.2023.101670
- Dong, H., Ohnishi, S., Fujita, T., Geng, Y., Fujii, M., Dong, L. 2014.** Achieving carbon emission reduction through industrial & urban symbiosis: A case of Kawasaki. *Energy*, 64: 277-286. Doi: 10.1016/j.energy.2013.11.005
- Dong, H., Fujita, T., Geng, Y., Dong, L., Ohnishi, S., Sun, L., ...Fujii, M. 2016.** A review on eco-city evaluation methods and highlights for integration. *Ecological Indicators*, 60: 1184-1191. Doi: 10.1016/j.ecolind.2015.08.044
- European Commission. 2021.** Winning cities - European Green Capital & European Green Leaf Awards. https://environment.ec.europa.eu/topics/urban-environment/european-green-capital-award/winning-cities_en
- Eurostat. 2022.** European Environment Agency. Early warning assessment related to the 2025 targets for municipal waste and packaging waste. Country profile. Denmark. <https://www.eea.europa.eu/publications/many-eu-member-states/denmark>.
- Gautam, M., Agrawal, M. 2021.** Greenhouse gas emissions from municipal solid waste management: a review of global scenario. In: Muthu, S.S. (eds) *Carbon Footprint Case Studies, Environmental Footprints and Eco-design of Products and Processes*, Springer, Singapore, pp. 123-160
- Ghisi, E. 2006.** Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil. *Building and Environment*, 41(11):1544-1550. Doi: 10.1016/j.buildenv.2005.03.018
- Guerrero, L.A., Maas, G., Hogland, W. 2013.** Solid waste management challenges for cities in developing countries. *Waste Management*. 33(1): 220-232. Doi: 10.1016/j.wasman.2012.09.008
- Gül, A., Çobanoğlu, ŞA. 2017.** Avrupa'da akıllı kent uygulamalarının değerlendirilmesi ve Çanakkale'nin akıllı kente dönüşümünün analizi. *SDÜ İktisadi ve İdari Bilimleri Dergisi*, 22(15): 1543-1565.
- Hassanshahi, N., Karimi-Jashni, A. 2018.** Comparison of photofenton, O₃/H₂O₂/UV and photocatalytic processes for the treatment of gray water. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 161: 683-690. Doi: 10.1016/j.ecoenv.2018.06.039
- Ivanković, T., Hrenović, J. (2010).** Surfactants in the environment. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*, 61(1): 95-110. Doi: 10.2478/10004-1254-61-2010-1943
- Jabareen, YR. 2006.** Sustainable urban forms: their typologies, models, and concepts. *Journal of Planning Education and Research*, 26(1): 38-52. Doi: 10.1177/0739456X052851
- Joss, S., Molella, AP. 2013.** The eco-city as urban technology: perspectives on Caofeidian International eco-city (China). *Journal of Urban Technology*, 20(1):115-137. Doi: 10.1080/10630732.2012.735411
- Karahan, BN., Akdag, Y., Fakiroglu, M., Korkut, S., Guven, H., Ersahin, ME., Ozgun, H. 2023.** Coupling ozonation with hydrogen peroxide and chemically enhanced primary treatment for advanced treatment of grey water. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 11(3), 110116. Doi: 10.1016/j.jece.2023.110116
- Kaya, EK., Susan, AT. 2020.** Sürdürülebilir Bir Kentleşme Yaklaşımı Olarak, Ekolojik Planlama ve Eko-Kentler. *İdealkent*, 30(11):909-937. Doi: 10.31198/idealkent.533730
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P, Woerden, FV. 2018.** What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050. *Urban Development Series, World Bank Publications, Washington DC., USA, 38 pp.*
- Li, J., Sun, W., Song, H., Li, R., Hao, J. 2021.** Toward the construction of a circular economy eco-city: An emergy-based sustainability evaluation of Rizhao city in China. *Sustainable Cities and Society*, 71:102956. Doi: 10.1016/j.scs.2021.102956
- Lin, Z. 2018.** Ecological urbanism in East Asia: A comparative assessment of two eco-cities in Japan and China. *Landscape and Urban Planning*, 179: 90-102. Doi: 10.1016/j.landurbplan.2018.07.008
- Liu, M. Lo, K. 2021.** Governing eco-cities in China: Urban climate experimentation, international cooperation, and multilevel governance. *Geoforum*, 121: 12-22. Doi: 10.1016/j.geoforum.2021.02.017
- Ma, W., Liu, T., Hao, J.L., Wu, W., Gu, X. 2023.** Towards a circular economy for construction and demolition waste management in China: Critical success factors. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 35:101226. Doi: 10.1016/j.scp.2023.101226
- Mannina, G., Gulhan, H., Ni, B-J. 2022.** Water reuse from wastewater treatment: The transition towards circular economy in the water sector. *Bioresource Technology*, 363: 127951. Doi: 10.1016/j.biortech.2022.127951
- McHarg, I. 1969.** *Design with nature*. 1st Edition, The Natural Science Press, Garden City, NY.

- Minh, NQ. 2016.** Application of “Car-Free City” and “City of Short Walks” to Living Quarters in Hanoi Towards Sustainable Mobility and Logistics. Sustainable Development of Civil, Urban and Transportation Engineering Conference. Procedia Engineering 142: 284 – 291.
- Öztekin, E., Çolak, S. 2022.** Sürdürülebilir ve düşük karbon emisyonlu kentsel alanlar için eko şehir kavramı; Zonguldak ili için öneriler. Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, 9(2): 62-73.
- Pradhan, R., Sahoo, J. 2020.** Smart Rainwater Management: New Technologies and Innovation. Smart Urban Development. Universities of Applied Sciences FH Joanneum, Austria. Doi: 10.5772/intechopen.77428.
- Premalatha M., Tauseef, SM., Abbasi, T., Abbasi SA. 2013.** The promise and the performance of the world’s first two zero carbon eco-cities. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 25: 660-669. Doi: 10.1016/j.rser.2013.05.011
- Register, R. 1987.** Ecocity Berkeley: Building cities for a healthy future. North Atlantic Books, Berkeley, California, USA, pp 139.
- Roseland, M. 1997.** Dimensions of the eco-city. Cities, 14(4):197-202. Doi: 10.1016/S0264-2751(97)00003-6
- Takeuchi, H., Tanaka, H. 2020.** Water reuse and recycling in Japan — History, current situation, and future perspectives. Water Cycle, 1: 1-12. Doi: 10.1016/j.watcyc.2020.05.001
- UGBG. 2023.** Urban green blue grids for resilient cities. <https://www.urbangreenbluegrids.com/> Son erişim tarihi: 27.09.2023
- UN.ESCAP. 2012.** Low carbon green growth roadmap for Asia and the Pacific: turning resource constraints and the climate crisis into economic growth opportunities. Retrieved from: <https://hdl.handle.net/20.500.12870/301>. Son erişim tarihi: 03.12.2023
- United Nations. 2019.** Population division, world population prospects 2019: highlights department of economic and social affairs, <https://populationmatters.org>
- Viles, E., Kalemkerian, F., Garza-Reyes, JA., Antony, J., Santos, J. 2022.** Theorizing the principles of sustainable production in the context of circular economy and industry 4.0. Sustain. Prod. Consum, 33: 1043-1058. Doi:10.1016/j.spc.2022.08.024
- Vinayagam, V., Sikarwar, D., Das, S., Pugazhendhi, A. 2023.** Envisioning the innovative approaches to achieve circular economy in the water and wastewater sector. Environmental Research, 117663. Doi: 10.1016/j.envres.2023.117663.
- Yamagata, H., Ogoshi, M., Suzuki, Y., Ozaki, M., Asano, T. 2003.** On-site water recycling systems in Japan. Water Supply, 3(3): 149-154. Doi: 10.2166/ws.2003.0020