

RESEARCH ARTICLE ARAŞTIRMA MAKALESİ		
Title of Article	Metabolic Water Cycle in Urban Areas: Turkey Analysis	
Corresponding Author	İsmet AKBAŞ Çankırı Karatekin Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü, iakbas@karatekin.edu.tr	
Received Date	29.04.2020	
Accepted Date	13.10.2020	
Author / Authors	İsmet AKBAŞ iakbas@karatekin.edu.tr	ORCID: 0000-0001-9809-1964
How to Cite	AKBAŞ, İ., (2020). Kentsel Alanlarda Suyun Metabolik Döngüsü: Türkiye Analizi , Kent Akademisi, Volume, 13, Issue 3, Pages 539-555	



Kentsel Alanlarda Suyun Metabolik Döngüsü: Türkiye Analizi

İsmet AKBAŞ¹

ABSTRACT:

The concept of urban metabolism is a widely accepted and used concept. It offers an effective way to learn about urban metabolism, energy efficiency, waste recycling, waste management and infrastructure features of the urban system. It can also be used as an effective way to measure the inputs of waste, energy, water, food and other materials. Water is an indispensable resource for living beings to survive. Therefore, the sustainability of water is important in the urban metabolic cycle. In this study, analysis of material flow with the water in the cities and the production methods used in a metabolic flux was evaluated Turkey.

KEYWORDS: Water, Urban Metabolism, Sustainability, Metabolic Cycle of Water

ÖZ:

Kentsel metabolizma kavramı yaygın olarak kabul gören ve kullanılan bir kavramdır. Kentsel metabolizma, enerji verimliliği, geri dönüşüm, atık yönetimi ve kentsel altyapı hakkında bilgi edinmek için etkili bir yol sunmaktadır. Ayrıca, atıkların, enerji, su, yiyecek ve diğer malzemelerin girdilerini ölçmek içinde etkili bir yol olarak kullanılabilir. Su kaynak itibarıyla canlıların hayatlarını sürdürülebilmesi için vazgeçilmez bir kaynak niteliği taşımaktadır. Bu nedenle kentsel metabolik döngü içinde suyun sürdürülebilirliği önemlidir. Bu çalışmada Türkiye’de kentlerde ve üretimde kullanılan suyun materyal akış analizi yöntemiyle metabolik akışı değerlendirilmiştir.

¹ Çankırı Karatekin Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü, iakbas@karatekin.edu.tr

ANAHTAR KELİMELER: Su, Kent Metabolizması, Sürdürülebilirlik, Suyun Metabolik Döngüsü

GİRİŞ:

Kent metabolizması kavramı, kentlerin hızlı ve yapay büyümesinin beraberinde çevre üzerinde yarattığı baskıyla ortaya çıkan kentsel sistemlerin sürdürülebilirliği için gerekli enerji ve kaynak ile ortaya çıkan atıkların ortadan kaldırılması için gereklidir. Metabolik akışlarla ilgili yapılan akademik çalışmalarda çok farklı bakış açıları doğrultusunda endüstriyel metabolizma ve ev metabolizması gibi farklı boyutlarda incelenmiştir. Bu araştırmalarda, üretimde, kentsel alanlarda kullanılan malzeme ve enerjinin akışının çevre üzerinde yarattığı akışlar incelenmiştir. Bu alanda yapılan çalışmalar da metabolik akışların grift ve karmaşıklığı nedeniyle tek bir metabolik akışa odaklanılmıştır. Örneğin, su metabolizması ve enerji metabolizması gibi belli alanlara odaklanılmıştır. Kentsel metabolik akışlar, kentsel sistem tarafından mal tüketimine ve atıkların geri dönüşümüne dönük olarak yukarıdan aşağıya geliştirilen bir yöntem kullanarak tematik akışları ortaya koymaktadır. Kent metabolizmasıyla, yukarıdan aşağıya doğru geliştirilen tematik akışların muhasebeleştirilmesi, kentsel planlama ve politika gelişimini desteklemek için nesnel veriler sağlamaktadır (Liang vd., 2011: 422).

Bu bağlamda kentler, özellikle hızlı nüfus artışı ve beraberinde kırdan kente yaşanan yoğun göçle birlikte çekim alanlarına dönüşmüştür. Yoğun göçle gelen nüfusu, kentlerde barındırabilmek için aynı hızla kentler büyümek zorunda kalmıştır. Aşırı ve hızlı büyüyen kentler beraberinde kentsel nüfusun daha fazla yiyecek, su ve yakıt ihtiyacını karşılama çabası içine girmiş ve beraberinde ortaya çıkan yoğun tüketimle birlikte kentsel atıkta ve çevresel kaynakların tüketiminde önemli artışlar olmuştur. Kentsel alanlarda ortaya çıkan kaynak ihtiyacındaki artış ve atıklarda ortaya çıkan artış beraberinde beraberin de sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi amacıyla metabolizma kavramı ortaya konulmuştur (Newman, 1999: 223-224).

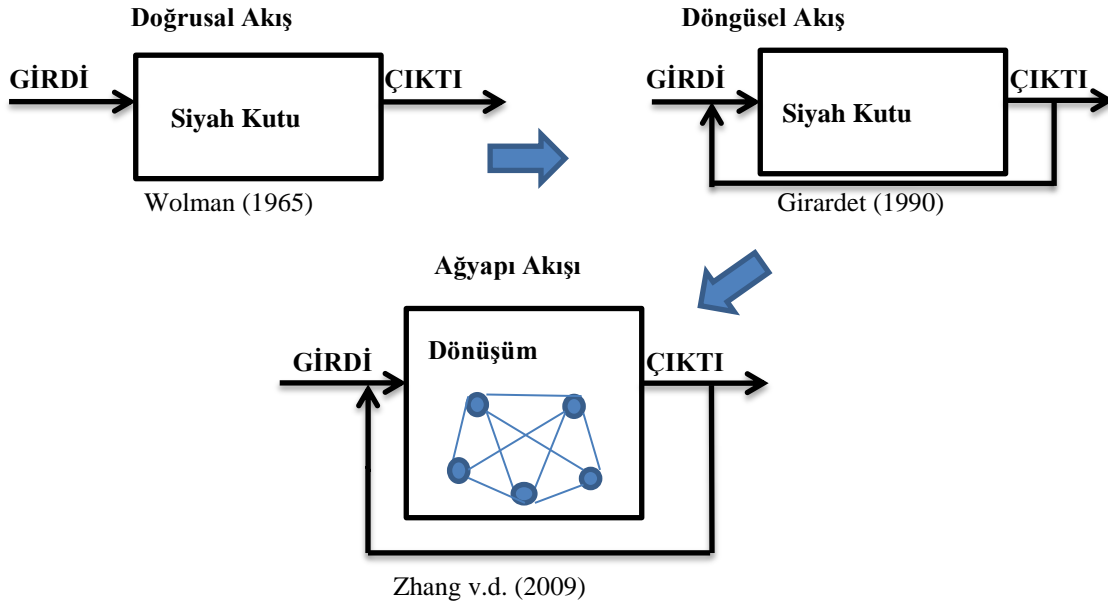
Bu çalışmada odaklanılan metabolik döngü su metabolizmasıdır. Bu amaçla Türkiye’de kentsel alanlarda ve üretimde kullanılan suyun kaynak itibariyle çekildiği alanları miktar olarak ortaya koymak ve kullanılan suyla birlikte ortaya çıkan atık miktarının ne kadarının metabolik döngüye dâhil edilebildiğini ortaya koymaya çalışılmaktadır. Bu amaçla söz konusu verilerin işlenmesinde ve metabolik akışların değerlendirilmesinde, uzay ve zamanda tanımlanan bir sistem içindeki girdileri oluşturan hammaddelerin madde akışını sistematik değerlendirmesinde Materyal Akış Analizi (Material Flow Analysis) kullanılmıştır. Sonuç olarak, MFA çevresel sürdürülebilirlik politikalarını planlamak ve değerlendirmek için bir araç olarak kullanılmaktadır. (Bringezu, 1997: 172). Kentin kaynak giriş ve çıkışlarının ölçülmesi, kaynak ve çevre yönetimini desteklemesi için etkili bir analiz yöntemidir. Bu çalışmada Türkiye’de kentsel alanlarda ve üretimde kullanılan suyun kaynak akışlarının izlenmesi ve çevre üzerinde yaratılan baskının ortaya konulmasını amaçlanmıştır.

1. Kentsel Metabolik Akış Kavramı

Doğa ile toplum ilişkisini ortaya koyarak kentlerin sanayileşme sürecini olumsuzluklarını ortaya koyabilmek ve sanayi toplumunu eleştirebilmek amacıyla ilk olarak Karl Marx kentsel metabolizma kavramını kullanmıştır. (Barles, 2009: 890). Modern sanayileşme ve kentleşmenin hızlanmasıyla kentsel ekonomik gelişme ve ekolojik çevre arasındaki çelişkiler giderek artmıştır. Wolman (1965) bir “kentsel metabolizma” kavramını kullanarak, canlıların ihtiyaç duyduğu malzeme ve enerji gibi kaynakların kent ekosistemindeki akışlarını tanımlamaya çalışmıştır. Bu bağlamda sanayileşen toplumların ve büyüyen kentlerin yaşadığı hava kirliliği ve su kirliliği gibi çevresel sorunlara çözüm bulabilmek için sayısal verilerin değerlendirilmesine dayanan bir modelleme sürecine geçilmiştir (Wolman, 1965: 179-181). Söz konusu muhasebeleştirme süreciyle birlikte su, gıda ve enerji için kaynak ihtiyacı ile atık su, katı atık ve hava kirlleticilerini dikkate alarak girdi ve çıktı süreçlerini sayısal verilerle yansıtmaktadır. (Wolman, 1965: 180-186). Wolman’ın kentsel metabolizma kavramı Amerikan kentinin muhasebe tabanlı analizine dayanmaktadır. Su, gıda ve yakıtlar için ulusal kullanım oranlarının yanı sıra atık su, katı atıklar ve hava kirleticileri için ulusal üretim oranlarını kullanarak, şehir genelinde kişi başına girdi ve çıktıları hesaplamıştır. Bu kaynak kullanımının bir sonucu olarak sistem tarafından ürünler ve atıklar üretilir. Kent metabolizması kavramı, kaynak tüketimi ile ürün ve atık üretimi arasındaki ilişkiyi ortaya koyarak, kent ekosisteminin açıklanmaktadır. Kent ekosisteminin, Metabolik akış dâhilinde sistemin devamlılığının sağlanabilmesi için ihtiyaç duyduğu kaynakları çevrenin sunduğu kaynaklardan sağlamaktadır. Benzer şekilde, sistem metabolik faaliyetlerinden kaynaklanan

ürünleri ve atıkları çıktı olarak yine çevreye bırakmaktadır. Kentsel ekosistemin veya doğal ekosistemin devamlılığı için, kaynak tüketiminin yarattığı atıkların, sistemi sürdüren iç ve dış ortamlarda biriktirilmesine ve çevreye olan zararın en aza indirgenebilmesi amacıyla atıkların dönüştürülerek yeniden kullanılması gerekmektedir. Bu nedenle kentsel metabolizma üzerine yapılan araştırmalarda, çevresel kaynakların kullanımı ve tüketimi ile bunların sistem içindeki döngüsünün yanında atık emisyonu, artırılması ve geri dönüştürülmesine odaklanılmıştır. Sanayi devrimi ile birlikte ortaya çıkan hızlı sanayileşme süreciyle birlikte kentlerde ortaya çıkan hızlı nüfus artışıyla birlikte çevresel kaynakların aynı hızda ve sürdürülemez şekilde kullanılmasına yol açmıştır (Kennedy vd., 2007: 47-49; Huang ve Chen, 2009: 77-80).

Kent metabolizması, kentlerin hızlı ve yapay büyümesinin beraberinde çevre üzerinde yarattığı baskıyla ortaya çıkan kentsel sistemlerin sürdürülebilirliği için tüketimle birlikte ortaya çıkan atıkların metabolik döngüsü için ihtiyaç duyulan teknik, sosyo-ekonomik eylemlerin toplamı ifade edilmiştir (Codoban ve Kennedy, 2008: 26-27; Carreón ve Worrell, 2018: 261-263; Collins ve Flynn, 2007: 297-299). Heterofik bir yapıya sahip olduğu düşünülen kentsel sistemler sürdürülebilirliklerini sağlayabilmek için ihtiyaç duydukları, enerji ve kaynakları çevreden sağlamak zorundadır. Sürdürülebilirliğin devamlılığı için kentsel sistemlerde meydana gelen kaynak ve enerji akışlarını takip edebilmek ve kaynaklara arasındaki ilişkiyi inceleyebilmek için kentsel metabolik akışının ortaya konulması gerekmektedir (Newman, 1999: 223-224; Moffatt, 2000: 362). Kentsel alanlarda ortaya çıkan anabolizma ve katabolizma süreçlerini takip edebilmek ve yönetebilmek için kentsel metabolik akışa ihtiyaç duyulmaktadır. Kent metabolizması, Kent ekosistemleri içinde çevre ve kentsel sistemler arasındaki ilişki doğrultusunda çevresel kaynakların akışlarının fiziksel olarak sistematik olarak kayıt altına almayı sağlamaktadır. Bu nedenle, kentsel metabolizma araştırmalarının, kaynakların kullanımı ve bunların sistem içindeki döngülerine, atıkların depolanması ve geri dönüşümüne odaklanılmakta ve çevresel kaynakların girişinden, ürün üretimine ve atık yönetimine kadar ilerleyen sürecin doğrusal bir düzlemde analizine dayanmaktadır (Girardet, 1990: 176).



Şekil 1. Kent Metabolizmasının Akış Analizinin Tarihsel Değişimi

Metabolik akışlarla ilgili yapılan akademik çalışmalarda çok farklı bakış açıları doğrultusunda endüstriyel metabolizma ve ev metabolizması gibi farklı boyutlarda incelenmiştir. Bu araştırmalarda, üretimde, hanelerdeki malzeme ve enerji akışlarını, bunun sonucunda ortaya çıkan çevresel etkiler analiz edilmiştir. Bu tür çalışmalarda tek bir alandaki metabolik akışlardaki grift ve karmaşıklık nedeniyle tek bir akışın metabolizmasına odaklanılmıştır. Örneğin, su metabolizması ve enerji metabolizması gibi alanlarda akışların metabolik süreçleri incelenmiştir. Kentsel metabolik akışlar, kentsel sistem tarafından mal tüketimine ve atıkların üretimine odaklanmasına yardımcı olan yukarıdan aşağıya bir yöntem kullanarak tematik akışları ortaya koymaktadır. Söz konusu akışlarının muhasebeleştirilmesi, kentsel planlama ve politika gelişimini desteklemek için nesnel veriler sağlamak için önemli

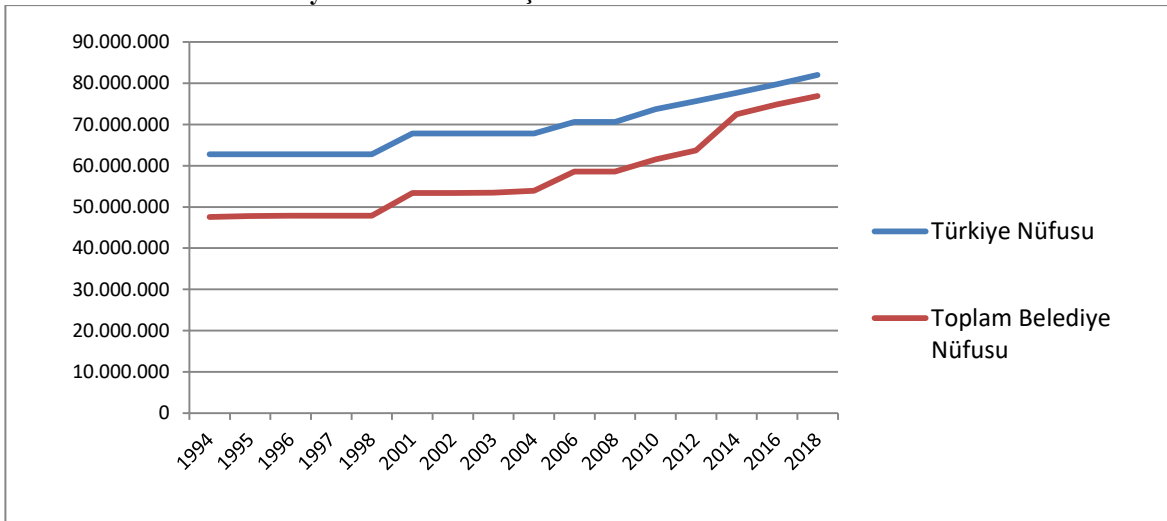
ve yararlı olabilmektedir. Kentsel alanlarda yaşamak küresel olarak baskın bir yaşam tarzına dönüşmesiyle birlikte kentsel nüfus kırsal nüfusu geçmiş ve kentsel nüfus hızlı bir şekilde artış göstermiştir. (Swilling ve Annecke, 2012: 56-61). Hızlı nüfus artışı ve beraberinden kırdan kente yaşanan yoğun göçle birlikte çekim alanlarına dönüşen kentler, göçle gelen nüfusu kentlerde barındırabilmek için aynı hızla büyümek zorunda kalmıştır. Daha büyük şehirler daha fazla yiyecek, su ve yakıt ihtiyacıyla birlikte emisyonlarda, atık ve atık su üretiminde artışa neden olmuştur (Kennedy vd., 2007: 48). Ancak kentsel sistemlerin gelişmesi için ekosistemin kaynaklarına bağlı olmasına beraberinde kaynak kullanımı, arazi kullanımı ve kirlilik nedeniyle aynı ekosistemi tehdit etmektedir. Gerçekte, modern kentsel metabolik döngü, yerel ve küresel ölçekte çevresel değişimi yönlendirerek, arazi kullanımını ve kapsamını, biyolojik çeşitliliği, hidrosistemleri ve iklimi etkilemektedir (Grimm vd., 2008: 758-760). Bu çevresel sonuçların birçoğu, ekonomik faaliyet ve halk sağlığını etkileyen yeni büyük ölçekli sorunlara yol açmaktadır. Nüfus yoğunluğu artmakta, sosyo-ekonomik eşitsizlikler daha da artmakta ve altyapı sorunları ortaya çıkabilmektedir.

2. Suyun Metabolik Akışı

2.1. Yöntem ve Veriler

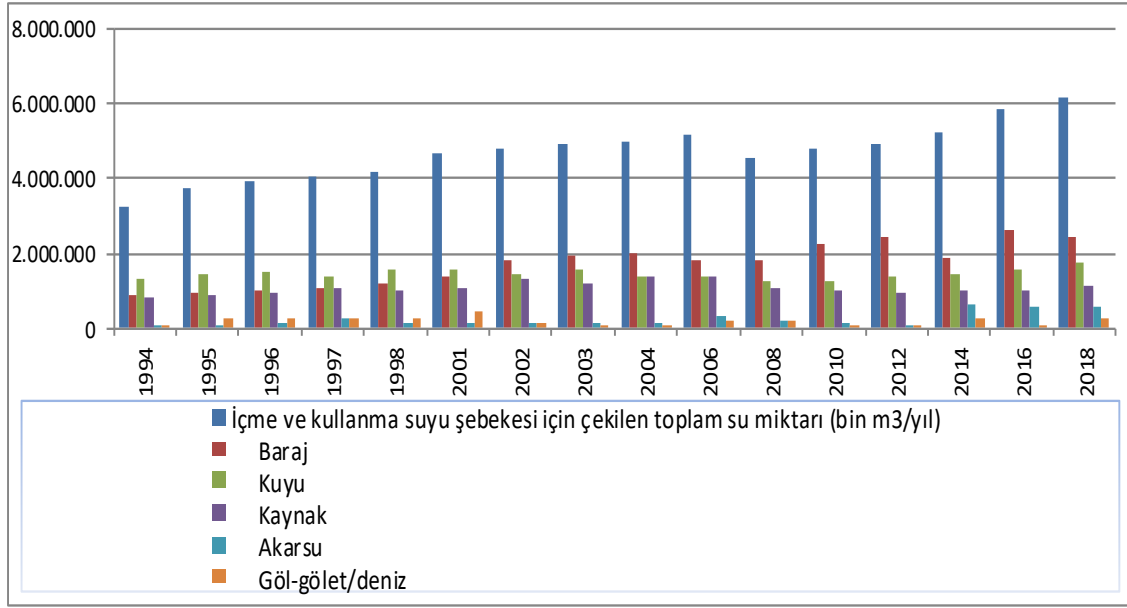
Şehirler karmaşık sistemler olmasından dolayı sürdürülebilir kalkınma için ekonomik, sosyal, teknolojik ve ekolojik unsurların eşgüdümünü sağlanması gerekmektedir. Bu amaçla, Türkiye’de kentsel alanlarda suyun metabolik döngüsünün analiz edilmesi için TÜİK’den elde edilen 2018 yılı sayısal veriler kullanılmıştır. Söz konusu sayısal veriler doğrultusunda yapılan metabolik modelleme çerçevesinde suyun, kentsel alanlarda ve üretim alanlarındaki metabolik döngüsü sayısal veriler doğrultusunda oluşturulan tablolar ve şekillerle aktarılmaktadır. Bu bağlamda TÜİK’in sayısal verileri kullanılarak oluşturulmuş tablo ve şekiller yorumlanmıştır. Söz konusu modellemede kentsel alanlarda ve üretimde, su kullanım verileri ve atık su verileri dikkate alınmıştır. Son aşamada verilerin ve metabolik akışların değerlendirilmesinde, uzay ve zamanda tanımlanan bir sistem içindeki girdileri oluşturan hammaddelerin madde akışını sistematik değerlendirmesinde Materyal Akış Analizi (Material Flow Analysis) kullanılmıştır. MFA'nın çalışmaları 1969'da Ayres ve Kneese tarafından sunulan malzeme ve enerji dengeleme kavramları üzerine kurulmuştur (Ayres ve Kneese, 1969: 291-293). Söz konusu analiz disiplinlerarası bir yaklaşımla toplum bilimleri ve doğa bilimleri birbirine eklemleyerek, çevresel kaygıları ön plana taşıyarak sürdürülebilir kalkınmaya desteklemeyi amaçlamaktadır (Fischer-Kowalski, ve Walter, 1997: 108-109). Sonuç olarak, MFA çevresel sürdürülebilirlik politikalarını planlamak ve değerlendirmek için bir araç olarak kullanılmaktadır. (Bringezu, 1997: 172-173) Kentin kaynak girişi ve çıkışlarının ölçülmesi, kaynak ve çevre yönetimini desteklemesi için etkili bir analiz yöntemidir. Kaynak akışlarının izlenmesi ve çevre üzerinde yaratılan baskının ortaya konulmasını sağlamaktadır.

2.2. Kentsel Alanlarda Suyun Metabolik Akış Analizi



Şekil 2. Türkiye Toplam Nüfus ve Belediye Toplam Nüfusunun Yıllara Göre Karşılaştırması 1994-2018
Kaynak: 2018 Yılı TÜİK Verilerinden Elde Edilmiştir.

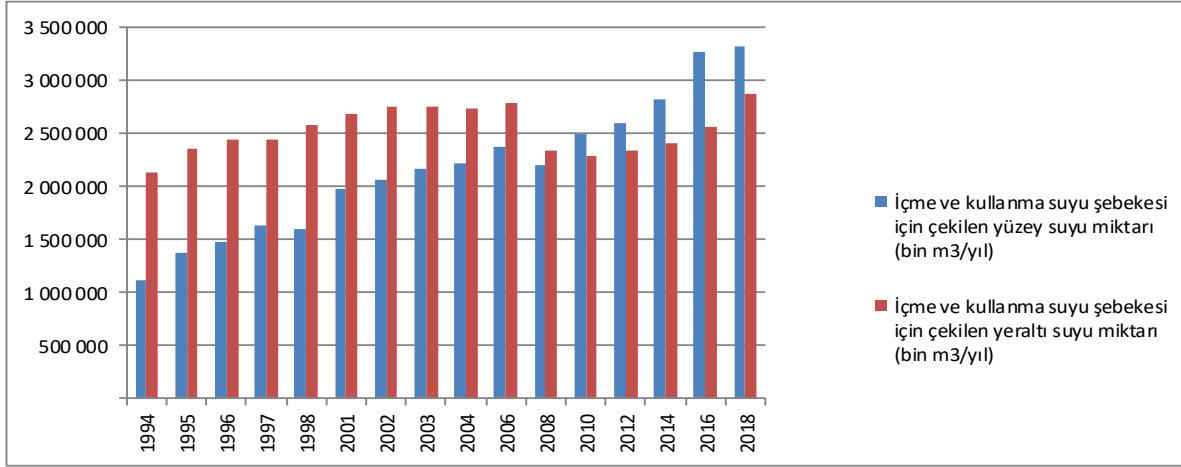
Şekil 2’de görüldüğü üzere 1994-2018 dönemi içinde Türkiye’deki nüfus, kentleşme ve üretimdeki değişmelerle birlikte içme ve kullanma suyunda yıllara göre artış olduğu görülmektedir. Türkiye’de 1950’de başlayan sanayileşme ve tarımda yaşanan makineleşme toprağa bağlı olarak çalışan nüfus dengesinin bozulması ve toprak mülkiyetinde yaşanan bölünmeler sonucunda üretim dışı kalan işgücü geçinebilmek için kentlere göç etmek zorunda kalmıştır. Türkiye’deki kentleşme sürecini bir sonucu olarak toplam nüfusun yüzde 80’ini günümüzde kentlerde yaşamaktadır. Bunu bir sonucu olarak kentsel alanlarda çevresel kaynakların daha hızlı tüketilmesine yol açmaktadır. Bu bağlamda insan hayatının devamını sağlama konusunda en önemli kaynak olan suyun insan faaliyetlerinde çok yoğun bir şekilde kullanılmasına yol açmaktadır. Türkiye’de özellikle kentsel yoğunluğun çok fazla olması nedeniyle bu kaynağın hızlı ve geri dönülemez şekilde tüketilmesine yol açmıştır.



Şekil 3. İçme ve kullanma suyu için çekilen toplam su miktarı ve kaynak olarak çekilen suların dağılımı (bin m³/yıl)

Kaynak: 2018 Yılı TÜİK Verilerinden Elde Edilmiştir.

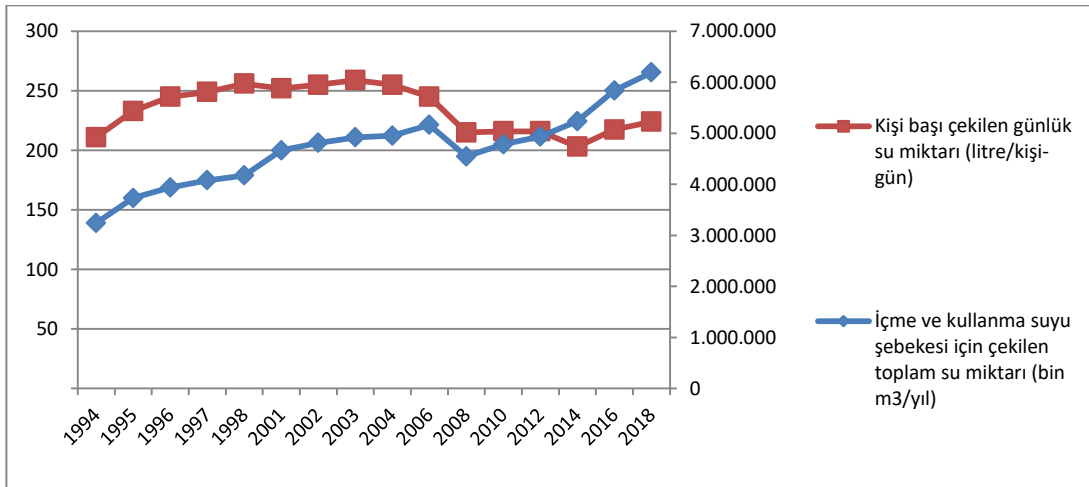
Şekilde 3’de görüldüğü üzere, su kaynağı olarak yıllara içinde birçok kaynak kullanılmıştır. Özellikle 1994-2001 döneminde su ihtiyacımızın ortalama %37’si kuyu suyundan karşılanmıştır. Bu dönemde su ihtiyacımızın ortalama %28’i barajlardan ve %24,3’de kaynak sularından karşılanmıştır. Ancak yeni yapılan barajlarla birlikte su kaynağı olarak 2002-2018 döneminde barajlar, önemli bir su kaynağı olmuştur. 2018 yılı itibarıyla içme ve kullanma suyumuzu sırasıyla barajlar (%39,9), kuyu (%28,1), kaynaklar (%18,4), akarsu (%9), göl-gölet/denizden (%4,6) karşılanmıştır. Bu bağlamda şekildeki veriler incelendiğinde yıllar içinde baraj, kuyu ve kaynak sularında sürekli bir artış olmasına karşın akarsu ve göletlerden sağlanan suda önemli bir artış olamamıştır.



Şekil 4. İçme ve kullanma suyu için yüzey ve yeraltından çekilen su miktarı (bin m³/yıl)

Kaynak: 2018 Yılı TÜİK Verilerinden Elde Edilmiştir.

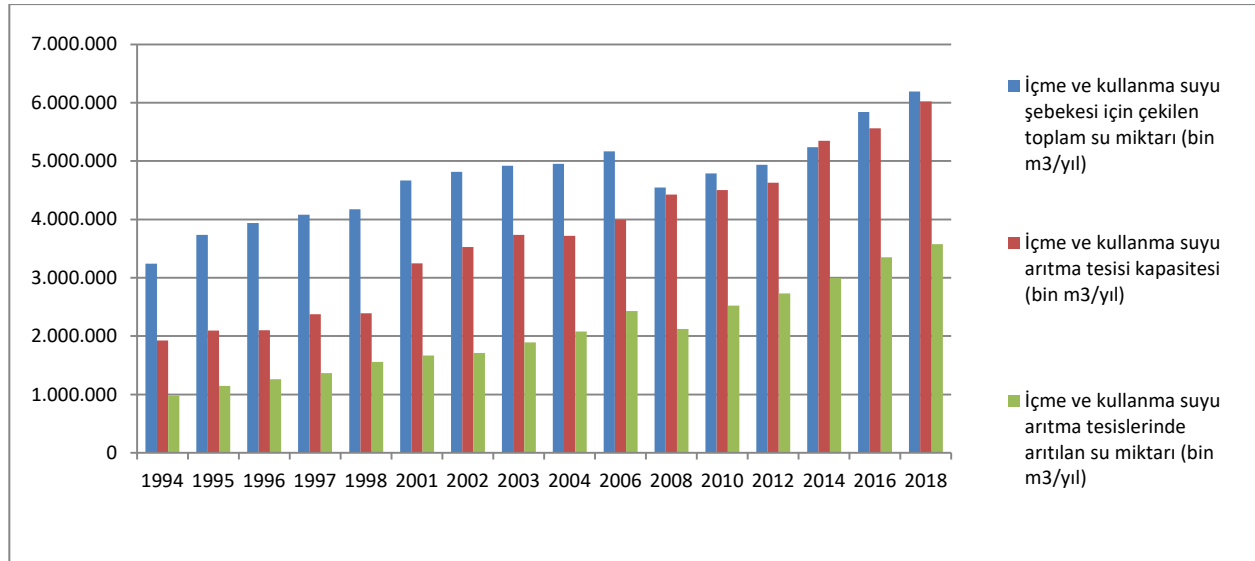
Şekil 4’de, 1994-2018 döneminde İçme ve kullanma suyunun yer altı ve yüzey sularından oranlarının karşılaştırılmaktadır. Son dönemde yüzey sularının oranında artış olmasına karşın yeraltı su kaynaklarının kullanılmasında hızlı bir düşüş olmamıştır. Bunda nüfus, kentleşme ve üretimdeki artışla birlikte artan su ihtiyacını karşılamak için her iki kaynağında yoğun şekilde kullanıldığı sonucuna ulaşılabilir. 2018 yılında su ihtiyacımızın %54’ünü yüzey sularından, %46’sını yeraltı kaynaklardan sağlanmıştır. Kişi başına kullanılan su miktarına bakıldığında yatay bir eksende hareket ettiği görülmektedir. Ancak buna karşın çekilen toplam su miktarında özellikle 2008-2018 döneminde hızlı bir artış olduğu görülmektedir. Buna neden olarak artan nüfus ile birlikte özellikle üretim ve kentsel alanlarda artan su ihtiyacı gösterilebilir. Türkiye’deki İstatistiki bölge birimi sınıflandırmasına göre oluşturulan düzey 2 kapsamında 2018 yılı verileri değerlendirildiğinde İstanbul (%17), Ankara (%8) ve İzmir (%5) içme suyu ve kullanma suyunun %30’unu bu üç kent kullanmaktadır.



Şekil 5. İçme ve Kullanma Suyu İçin Çekilen Toplam Su Miktarı İle Kişi Başı Çekilen Su Miktarının Karşılaştırılması

Kaynak: 2018 Yılı TÜİK Verilerinden Elde Edilmiştir.

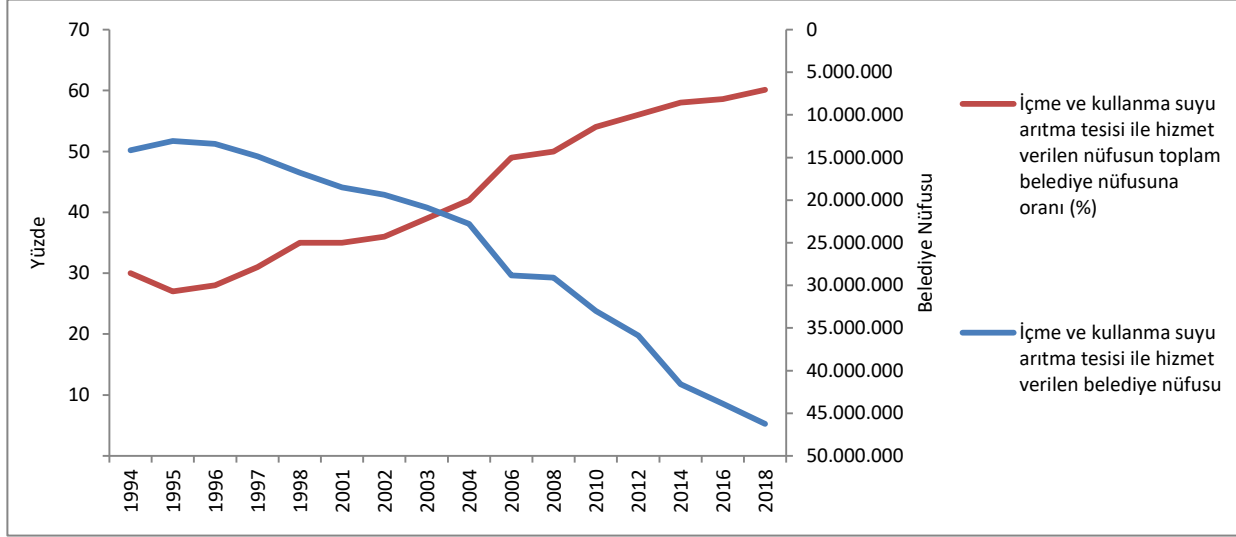
Şekil 5 incelendiğinde, kent metabolizması kapsamında içme ve kullanma suyu için çekilen toplam suya karşılık içme ve kullanma suyu arıtma tesisi kapasitesi ve arıtılan su miktarının değerlendirilmesi gerekmektedir. TÜİK verileri doğrultusunda materyal akış hesaplaması doğrultusunda, su ihtiyacımız ve arıtma tesisi kapasitemiz yıllar içinde artış göstermiş olmasına karşın kullanılan suyun arıtılması ise aynı oranda olmamıştır. Yapılan hesaplama sonucunda 2018 yılında toplam arıtma tesisi (6.023.791 bin m³/yıl) kapasitesinin (3.574.058) %37'si kullanılmıştır. Bu veriler çerçevesinde İçme ve kullanma suyu için kentsel alanlarda kullanılan suyun metabolik döngüsünün başarılı olmadığı görülmektedir.



Şekil 6. İçme Ve Kullanma Suyu İçin Şebekeden Çekilen Toplam Suyun, Arıtma Tesislerinin Kapasitesi ve Arıtılan Su Miktarının Karşılaştırılması (bin m³/yıl)

Kaynak: 2018 Yılı TÜİK Verilerinden Elde Edilmiştir.

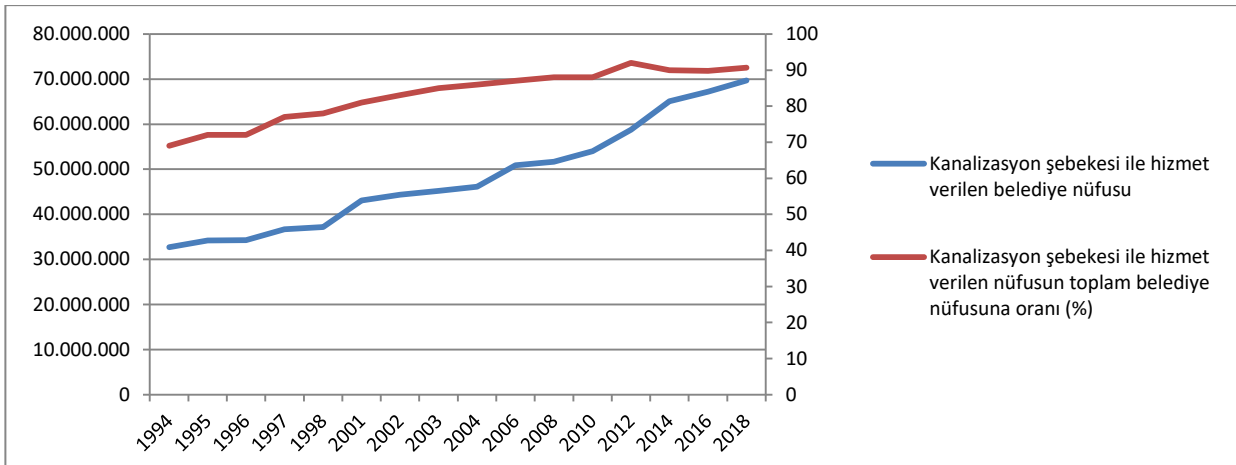
Şekil 6'da yer alan veriler doğrultusunda materyal akış analizi çerçevesinde 2018 verileri incelendiğinde kentsel alanlardaki arıtma hizmeti verilen toplam nüfusun, kentsel alanlarda yaşayan toplam nüfusa oranlandığında bu hizmetin kentsel alanlardaki toplam nüfusun %60,1'ine hizmet sunduğu görülmektedir. Ayrıca toplam 629 arıtma tesisinin 443 tanesi belediyelerin hizmet alanı içinde kentsel alanda yaşayan nüfusa hizmet sunmaktadır.



Şekil 7. İçme ve Kullanma Suyu Arıtma Tesisi İle Hizmet Verilen Nüfusun Toplam Belediye Nüfusuna Oranı

Kaynak: 2018 Yılı TÜİK Verilerinden Elde Edilmiştir.

Şekil 7’de görüldüğü üzere 1994-2018 dönemini kapsayan Kentsel alanlarda belediye atık su göstergelerine bakıldığında kentsel alanlarda nüfusun artmasına paralel olarak kentsel atık su alt yapısında aynı oranda gelişim göstermiştir. Kentsel alanlarda yaşayan nüfusun %91’ine kanalizasyon alt yapısından faydalandığı görülmektedir. Belediye atık su sisteminden deşarj edilen atıksu miktarı 1994-2018 dönemi incelendiğinde sürekli bir artış gözlenmektedir. Buna neden olarak kentsel nüfusun artışı gösterebilir.

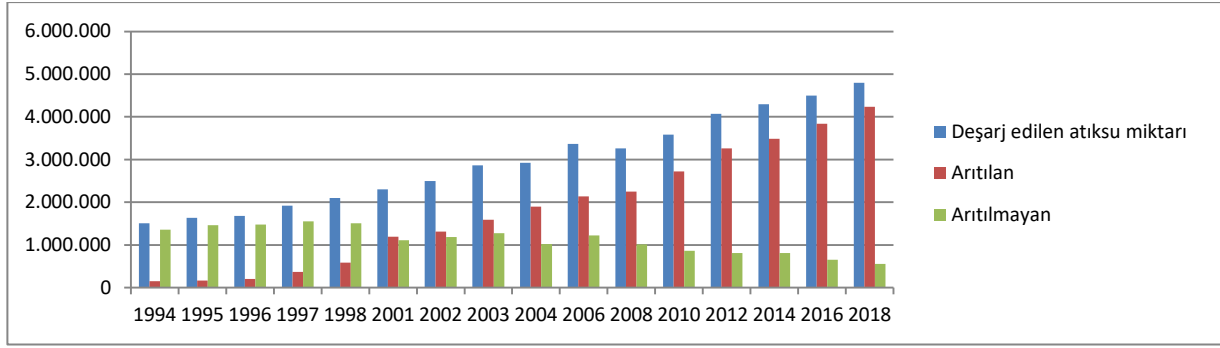


Şekil 8. Kentsel Gri Altyapı Hizmeti Verilen Toplam Belediye Nüfusu

Kaynak: 2018 Yılı TÜİK Verilerinden Elde Edilmiştir.

Şekil 8’de görüldüğü üzere 1994-2018 dönemini kapsayan Kentsel alanlarda belediye atık su göstergelerine bakıldığında kentsel alanlarda nüfusun artmasına paralel olarak kentsel atık su alt yapısında aynı oranda gelişim göstermiştir. 2018 yılı verilerine göre kentsel alanlarda yaşayan nüfusun %91’ine kanalizasyon alt yapısından faydalandığı görülmektedir. Şekil 8’de yer alan veriler değerlendirildiğinde belediye atık su sisteminden deşarj edilen atıksu miktarı 1994-2018 dönemi incelendiğinde sürekli bir artış gözlenmektedir. Buna neden olarak kentsel

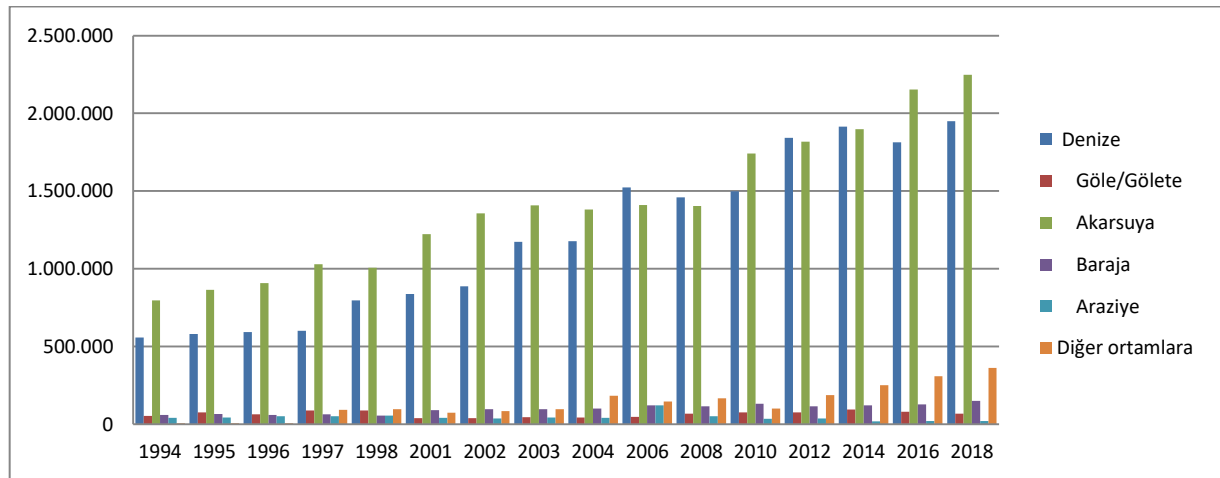
nüfusun artışı gösterebilir. Atık suların arıtılması ve alıcı ortamlara deşarj edilmesi incelendiğinde 1994-1998 döneminde kentsel alanlarda kullanılan suyun büyük kısmının arıtılmadan alıcı ortamlara deşarj edildiği görülmektedir. 2001 yılından itibaren kentsel alanlarda kullanılan suların alıcı ortamlara deşarjında arıtılan ve arıtılmayan atık su miktarlarının birbirine eşit düzeylerde olduğu görülmektedir. Bu tarihten itibaren kullanılan suyun alıcı ortamlara arıtılarak deşarj edilmiştir. 2001-2018 döneminde sürekli artan atık su miktarına eş olarak sürekli olarak arıtılarak alıcı ortamlara deşarj edilen su miktarında da artış gözlenmiş buna karşın arıtılmayan suyun miktarında da sürekli bir düşüş yaşanmıştır.



Şekil 9. Belediye Şebekesinden Deşarj Edilen Atıksu Miktarı

Kaynak: 2018 Yılı TÜİK Verilerinden Elde Edilmiştir.

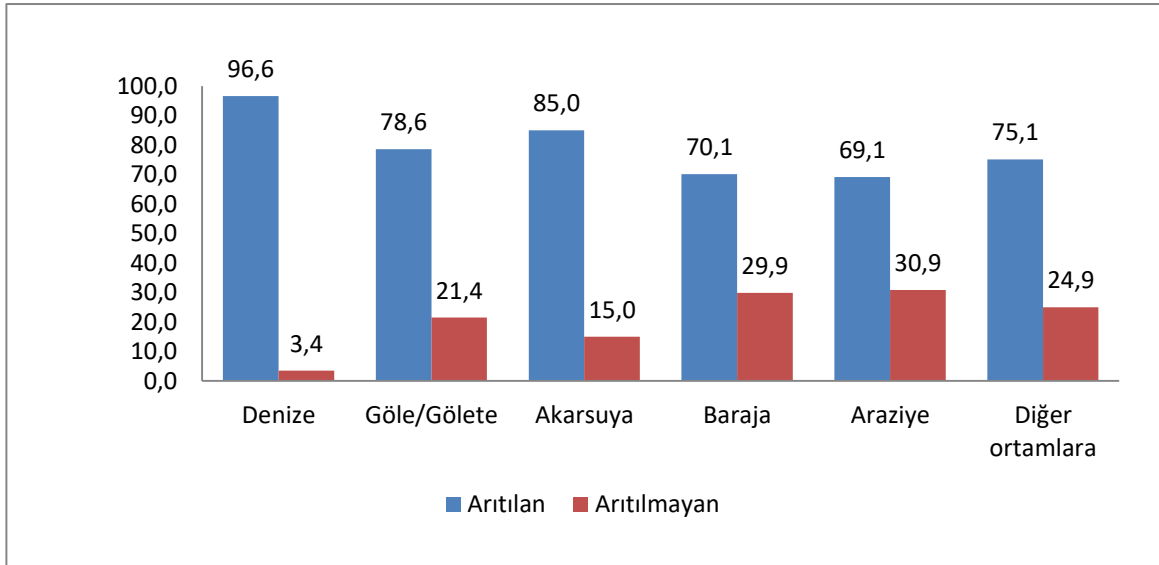
Şekil 9 'da yer alan 2018 yılı verileri değerlendirildiğinde kentsel alanlardaki belediye kanalizasyon sisteminden deşarj edilen toplam atık suyun %88,3'ü arıtılarak alıcı ortamlara bırakılmaktadır. Bu bağlamda atık suyun metabolik döngüsünün başarılı olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır. Alıcı ortamlara göre belediye şebekelerinden deşarj edilen atık su miktarları incelendiğinde 1994-2018 döneminde atık suların en fazla akarsu ve denizlere deşarj edildiği görülmektedir. Yıllar içinde artan atık su miktarına göre değerlendirildiğinde akarsu ve denizlere deşarj edilen atıksu miktarına paralel bir artış göstermiştir. 2018 yılı verilerine göre değerlendirildiğinde belediye şebekelerinden deşarj edilen atık suyun %40,7'si denizlere, %46,9'u akarsulara, %3,1'i barajlara, %1,4'ü göllere ve %0,4'ü arazilere deşarj edilmiştir.



Şekil 10. Alıcı Ortamlara Göre Belediye Şebekesinden Deşarj Edilen Atıksu Miktarı

Kaynak: 2018 Yılı TÜİK Verilerinden Elde Edilmiştir.

Şekil 10'da görüldüğü üzere 1994-2018 döneminde belediye sınırları içinde kentsel altyapı kullanılarak alıcı ortamlara bırakılan atıksu miktarı sürekli olarak artış göstermektedir. Şekil 11'de 2018 verilerine göre alıcı ortamlara atılarak deşarj edilen atık suyun alıcı ortamlara göre dağılımları incelendiğinde denizlere bırakılan atık suyun %96,6'sı, akarsulara bırakılan atık suyun %85 ve göl/göletlere bırakılan atık suyun %78,6'sı atılarak alıcı ortamlara bırakılmaktadır. Bu veriler etrafında değerlendirildiğinde alıcı ortamlara bırakılan atık suların büyük bir kısmı atılarak deşarj edilmektedir. Bu durum atık suyun alıcı ortamlara deşarjında, atık suyun kentsel metabolik akışın sağlandığı görülmektedir.



Şekil 11. Alıcı Ortamlara Arıtılarak Deşarj Edilen Atık Suyun Alıcı Ortamlara Göre Dağılımları (2018)

Kaynak: 2018 Yılı TÜİK Verilerinden Elde Edilmiştir.

Tablo 1'de 2000-2018 döneminde üretim sürecinde çekilen toplam su miktarı ve kaynak olarak kullanılan suyun dağılımı yer almaktadır. Tablo incelendiğinde sanayileşme ve buna bağlı olarak artan üretimle birlikte su kullanımında sürekli bir artış gösterdiği görülmektedir. 2018 verileri çerçevesinde çekilen toplam suyun dağılımına bakıldığında, %71,24'ü deniz suyu, %15,5'i kaynak suları, %4,8'i OSB şebekesi ve %3,58'i barajdan sağlanmıştır. Belediye şebeke suyundan çekilen su oranı ise %1,46'dır. 2000-2018 döneminde de kullanılan suyun dağılımında incelendiğinde en fazla suyun denizlerden çekildiği görülmektedir. Diğer su kaynaklarının miktarında önemli bir artış olmamıştır.

Tablo 1. İmalat Sanayi Su Göstergeleri, 2000 – 2018 (Bin m³/yıl)

	2000	2004	2008	2010	2012	2014	2016	2018
Şehir Şebekesi	23 514	50 330	33 052	47 342	31 835	34 173	38 770	42 198
Deniz	636 952	656 450	658 650	821 324	1 169 631	1 665 570	1 548 976	2 064 711
Göl	33 469	23 990	16 372	14 152	11 717	16 125	8 498	12 668
Akarsu	86 983	68 270	54 523	64 220	62 181	63 139	47 064	41 317
Baraj	87 485	86 470	79 435	98 353	86 835	82 276	99 796	103 696
Kaynak/Kuyu	555 585	273 890	386 845	425 017	336 922	371 589	407 362	449 124
Tanker	29 839	14 940	12 496	13 523	7 451	8 793	7 812	7 355

OSB Şebekesi	-	-	68 086	62 366	69 863	89 185	107 596	139 162
Diğer Kaynaklar	16 037	49 280	4 420	10 408	15 574	24 697	34 772	38 016
Toplam Çekilen Su Miktarı	1 469 862	1 223 620	1 313 878	1 556 705	1 792 010	2 355 547	2 300 646	2 898 246

Kaynak: 2018 Yılı TÜİK Verilerinden Elde Edilmiştir.

Tablo 2 'de İmalat sanayide kullanılan atıksu göstergeleri incelendiğinde yıllar içinde sanayileşmenin beraberinde atıksu miktarında da buna paralel olarak artış olduğu görülmektedir. 2000-2018 dönemi incelendiğinde alıcı ortamlara deşarj edilen atıksu miktarında sürekli bir artış gözlenmiştir. Bu dönemde artılarak deşarj edilen su miktarında da artış olmasına karşın imalat sanayide ortaya çıkan atık suyun büyük kısmı arıtılmadan alıcı ortamlara bırakılmaktadır. Aynı dönemde atık su arıtma tesislerinin sayısında ve atıksu arıtma tesislerinin arıtma kapasitelerinde de önemli ölçüde artış sağlanmış olmasına karşın atıksu arıtma tesislerinde arıtılan su miktarı sınırlı kalmış ve tesislerin kapasitelerinin kullanılmadığı görülmektedir.

Tablo 2. İmalat Sanayi Atıksu Göstergeleri, 2000 - 2018

	Deşarj Edilen Atıksu Miktarı (Bin m ³)	Arıtılarak Deşarj Edilen Toplam Atıksu Miktarı (Bin m ³)	Atıksu Arıtma Tesisi Sayısı	Atıksu Arıtma Tesisi Kapasitesi (Bin m ³ /Yıl)	Atıksu Arıtma Tesislerinde Arıtılan Atıksu Miktarı (Bin m ³ /Yıl)
2000	746 877	235 350	926	379 693	221 782
2004	637 756	228 440	1 198	438 714	242 906
2008	1 027 838	165 486	1 431	387 967	189 359
2010	1 256 195	164 315	1 825	489 955	244 497
2012	1 539 818	188 577	2 075	555 809	239 647
2014	1 931 282	207 575	2 096	539 453	244 112
2016	1 900 356	251 243	2 361	599 267	285 035
2018	2 431 855	276 538	2 827	676 017	332 391

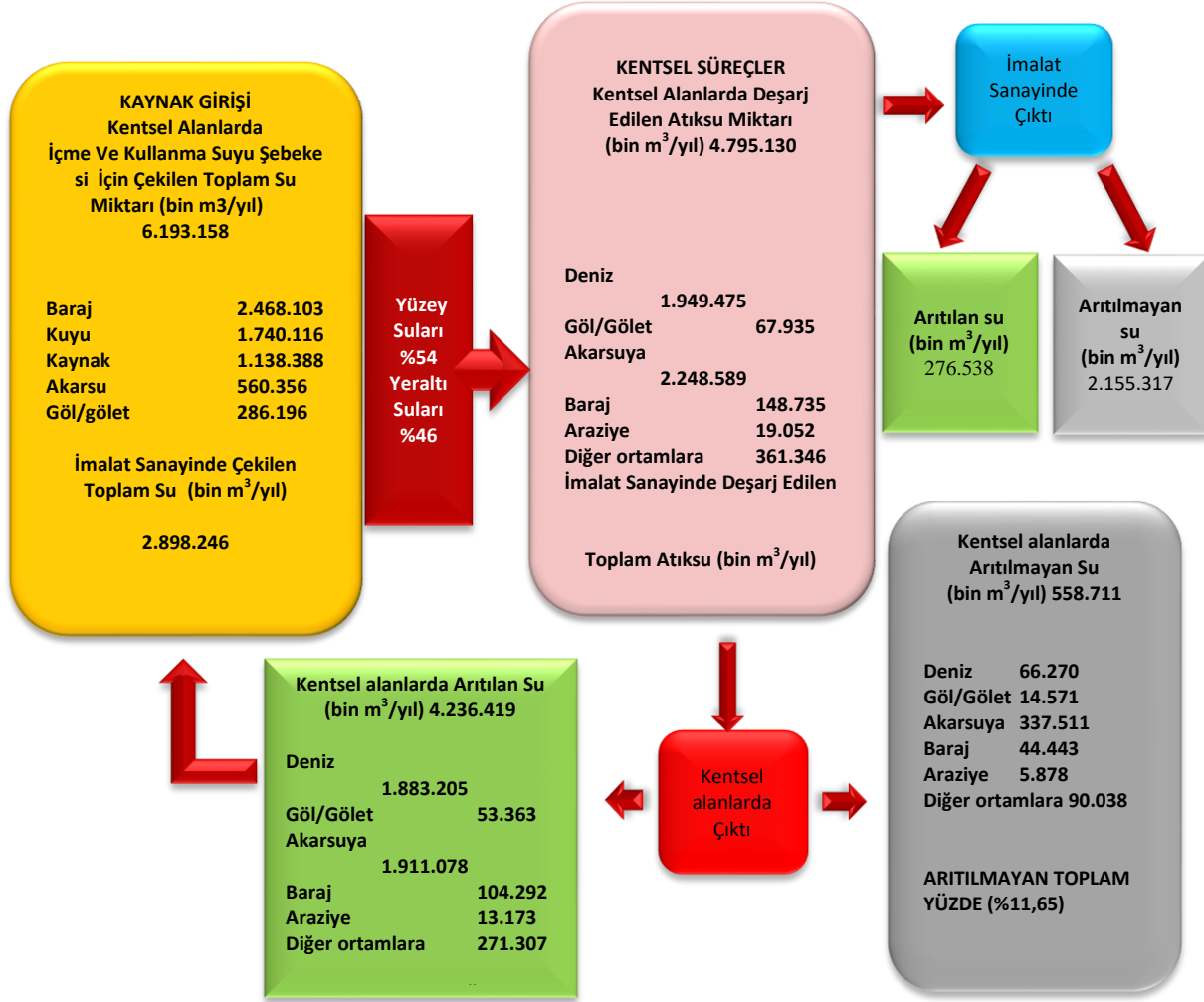
Kaynak: 2018 Yılı TÜİK Verilerinden Elde Edilmiştir.

Tablo 2 incelendiğinde 2018 yılı özelinde incelendiğinde imalat sanayisinde deşarj edilen toplam atıksuyun %74,96 arıtılmadan alıcı ortamlara bırakılmasına karşın %25,04 arıtılarak alıcı ortamlara bırakılmıştır. Bu bağlamda imalat sanayisinde kullanılan suyun büyük bir kısmı arıtılmadan alıcı ortamlara bırakıldığı sonucunu ortaya çıkarmaktadır. İmalat sanayisinde yer alan atıksu arıtma tesisinin kapasitesinin %50,84 kullanılmamış ve imalat sanayisinde kullanılan suyun %49,16'si arıtma tesislerinde arıtılmıştır. İmalat sanayisinde kullanılan suyun arıtılması için atıksu arıtma tesislerinin kapasitesinin yarısı kullanılmıştır. 2018 verileri çerçevesinde incelendiğinde atıksu arıtma tesisleri tam kapasiteyle çalışmış olsa bile deşarj edilen toplam atık suyun ancak %39,17 arıtılabilmış ve kullanılan suyun %60,83 arıtılmadan alıcı ortamlara bırakılmış olacaktır. Bu veriler çerçevesinde imalat sanayisinde kullanılan suyun metabolik akışının başarılı olmadığı sonucu çıkarılabilir. Ayrıca imalat sanayide suyun metabolik akışının başarılı olabilmesi için arıtma tesislerinin yeterli olmadığı görülmektedir.

Doğrusal kentsel metabolizma sonucunda kentsel alanlardaki yoğun miktarda doğrusal akış, kaynakların tükenmesine, iklim değişikliğine, katı atıkların çoğalmasına ve biyolojik çeşitliliğin kaybı gibi çevresel etkilere katkıda bulunmaktadır. Şehirlerdeki yüksek ekonomik ve endüstriyel faaliyet nedeniyle, bu gelişme, sağlıklı bir kentsel yaşam ortamını korumak için kaynak kıtlığı ve kirliliğini önlemede önemli sorunlar ortaya çıkmaktadır. Potansiyel olarak etkili olan bu kaynak kullanımını hangi süreçlerin düzenlediğini anlamak için, şehir içinde meydana gelen sosyal ve ekonomik etkileşimleri analiz etmek ve çevre üzerindeki toplu etkileriyle ilişkilendirmek için bilimsel yöntem ve teknikler gerekli kılacaktır. Biyolojik sistemlere benzetme yoluyla, "kentsel metabolizma" kavramı, bu etkileşimleri analiz etmek ve kentsel sürdürülebilirliği doğru yönlendirmek için umut verici bir model olarak değerlendirilmiştir (Kennedy vd., 2011: 1966). Bu nedenle geliştirilen metabolik modellemelerde doğrusal akış içinde gerçekleşen hammadde ve malzeme akışının kontrol edilerek tekrardan kaynağa ve hammaddeye dönüşmesi gerekmektedir. Bu amaçla kentsel metabolik modellemelerde materyal akış analizleriyle (Material Flow

Analysis) kent sistemlerindeki bu doğrusal akışın önüne geçmeye çalışılmıştır. Elde edilen bu veriler doğrultusunda 2018 verileri kullanılarak kentsel alanlarda suyun metabolik akışların değerlendirilmesinde, madde akışını sistematik olarak değerlendirilmesi amacıyla Materyal Akış Analizi (Material Flow Analysis) kullanılmıştır. Kentlerde suyun giriş ve çıkışlarının ölçülmesi, kaynak ve çevre yönetimi açısından önem taşımaktadır. Kentsel alanlarda su akışlarının izlenmesi ve çevre üzerinde yaratılan baskının ortaya konulmasını da sağlayacaktır.

Materyal akış analizi ile yapılan hesaplar doğrultusunda 2018 yılında Türkiye’de suyun matabolik akışı görülmektedir. Materyal akış analizi kenti yaşayan bir canlı olarak ele alarak kentin girdi ve çıktıları üzerinden yapılan hesaplamalara dayanmaktadır. Kentler, canlı organizmalarda olduğu gibi hem malzeme girdisine ihtiyaç duyar hem de onları farklı örgütlenmeler içinde farklı enerji ve ürünlere dönüştürmektedir. Kentlerde söz konusu bu çıktıların tüketimiyle atıklar ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda materyal akış analizinin 5 bileşen bulunmaktadır. Bunlar; kaynak girdisi, üretim, tüketim, atık yönetimi ve atıl kapasitedir. Söz konusu bileşenler altında bir kaynağın insan faaliyetleriyle çevre arasındaki ilişkinin kurulmasını kolaylaştırmaktadır. Bu yolla kentsel alanlarda yaşanan çevresel sorunların çözümüne odaklanılmasını kolaylaştırmaktadır. Kentsel sistemlerde metabolik süreçleri sürdürmek için kullanılan sınırlı kaynakları değerlendirmek için nicel bir yöntem sağlamaktadır. Şekil 12’de kentsel alanlarda suyun metabolik akışını izlemek içinde aynı bileşenler etrafında doğrudan kaynak girişi, kentsel süreçlerde değerlendirilen ve kullanılan su ve sonuç itibariyeler çıktıya dönüşen atık suyun ne kadarının geri dönüştürüldüğünü bize yansıtmaktadır. Şekilde 12’de görüldüğü üzere hesaplamalar suyun toplam girdi olarak alınması, suyun kentsel süreçlerde kullanılan suyun çıktılarına dönüşmesine dayanmaktadır.



Şekil 12. Türkiye’de Kentsel Alanlarda ve İmalat Sanayinde Suyun Metabolik Akışı

Kaynak: Şekil Yazar Tarafından Materyal Akış Analiziyle Elde Edilen Verilerle Oluşturulmuştur.

Şekil 12’de Türkiye’de 2018 yılında kentsel alanlarda ve imalat sanayisinde suyun metabolik akışı verilmiştir. Şekilde kaynak girişi incelendiğinde kentsel alanlarda ve üretimde ihtiyaç duyulan suyun %54’ü yüzey sularından, %46’sı yeraltı sularından oluşmaktadır. Suyun girdi kısmında ihtiyaç duyulan suyun kaynak olarak sağlandığı alanlara incelendiğinde suyun %39,85’i barajlardan, %28,1’i kuyulardan, %18,38’i kaynak sularından, %9,05’i akarsulardan ve %4,65’i göl/göletlerden sağlanmıştır. İmalat sayisi için ihtiyaç duyulan suyun ise %71,24’ü denizlerden, %15,5’i kaynak/kuyu sularından, %4,8’i ise OSB şebekesinden ve 1,46’sı şehir şebekesinden elde edilmiştir.

Kentsel alanlarda ve üretimde ortaya çıkan ihtiyaçlara göre şekillenerek kaynaklar kullanılmakta ve çıktılara dönüşmektedir. Ancak kent sisteminde işlenerek ihtiyaçlar için çıktılara dönüştürülmesi sonucunda çıktı olarak atıklar yani su kirliliği, hava kirliliği ve toprak kirliliği ve sera gazları gibi kentsel metabolizmanın devamlılığına zarar veren çıktılar da ortaya çıkmaktadır. Şekil 12 incelendiğinde kentsel alanlarda içme ve kullanma suyu olarak yeryüzünden ve yeraltından çekilen suyun %77,43’ü atık su olarak çıktıya dönüşmektedir. Söz konusu atık suyun deşarj edildiği alıcı ortamlara göre dağılımları incelendiğinde kentsel alanlarda ortaya çıkan atık suyun %46,89’u akarsulara, %40,66’ı denizlere deşarj edilmiştir. Kentsel alanlardaki atık suyun %88,35’i artırılarak, %11,65’i ise artırılmadan deşarj alıcı ortamlara bırakılmıştır. Kentsel alanlardan denize deşarj edilen atık suyun %96,6’sı ve akarsulara deşarj edilen suyun %85’i artırılarak alıcı ortamlara deşarj olmuştur. Üretimde kullanılan suyun %83,91’i atık su olarak alıcı ortamlara deşarj bırakılmıştır. Üretimde ortaya çıkan atık suyun %11,37’si artırılmasına karşın, %88,63’ü artırılmadan alıcı ortamlara deşarj edilmiştir.

Bu bağlamda Türkiye’de kentsel alanlarda yıllar içinde içme ve kullanma suyunda sürekli bir artış olmasına karşın aynı oranda suyun geri dönüşümünde ve metabolik akışında da olumlu gelişim gösterdiği görülmektedir. Suyun yıllar içinde metabolik döngüsünde belirli bir düzeye ulaşıldığı ve söz konusu metabolik akışın büyük oranda gerçekleştirilebildiği görülmektedir. Özellikle suyun kaynak verimliliğinin sağlanması ve kentsel alanlarda ihtiyaç duyulan suyun sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi açısından gelinen nokta önemlidir. Kentsel alanlarda içme ve kullanma suyu olarak kentsel sistemde değerlendirilen suyun önemli bir kısmının artırılarak alıcı ortamlara deşarj edildiği görülmektedir. kentsel nüfusun hızlı bir şekilde artmasına karşın ve kentsel alt yapıdaki yetersizliklere karşın özellikle 2002 sonrası verilere bakıldığında artan arıtma tesisleri ve kentsel alt yapıda yapılan yatırımlar sonucunda suyun kentsel alanlardaki metabolik döngüsünde başarılı sonuçlar alınmasını sağlamıştır. Bu durum özellikle suyun sürdürülebilirliği açısından olumlu bir sonuçtur.

SONUÇ:

Aşırı ve hızlı büyüyen kentler beraberinde kentsel nüfusun daha fazla yiyecek, su ve yakıt ihtiyacını karşılama çabası içine girmiş ve beraberinde ortaya çıkan yoğun tüketimle birlikte kentsel atıkta ve çevresel kaynakların tüketiminde önemli artışlar olmuştur. Kentsel alanlarda ortaya çıkan kaynak ihtiyacındaki artış ve atıklarda ortaya çıkan artış beraberinde sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi amacıyla metabolizma kavramı ortaya konulmuştur. Kent metabolizması kavramı kentsel alanlarda büyüme, enerji üretimi ve atıkların ortadan kaldırılmasıyla sonuçlanan şehirlerde meydana gelen teknik ve sosyo-ekonomik süreçlerin toplamı olarak tanımlanmaktadır. (Kennedy ve diğerleri, 2007, s. 44). Bu bağlamda kentsel metabolizma analizi, kentsel bir alanda malzeme, su, enerji ve atıkların giriş ve çıkış akışlarını nitelemenin bir yoludur. Bu çalışmada Türkiye’de kentsel alanlarda ve üretimde kullanılan suyun kaynak itibariyle çekildiği alanları miktar olarak ortaya koymak ve kullanılan suyla birlikte ortaya çıkan atık suyun ne kadarının metabolik döngüde dönüştürüldüğü belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla söz konusu verilerin işlenmesinde ve metabolik akışların değerlendirilmesinde, uzay ve zamanda tanımlanan bir sistem içindeki girdileri oluşturan hammaddelerin madde akışını sistematik değerlendirmesinde Materyal Akış Analizi (Material Flow Analysis) kullanılmıştır.

Türkiye’de 1950’de başlayan sanayileşme ve tarımda yaşanan makineleşme toprağa bağlı olarak çalışan nüfus dengesinin bozulması ve toprak mülkiyetinde yaşanan bölünmeler sonucunda üretim dışı kalan işgücü geçinebilmek

için kentlere göç etmek zorunda kalmıştır. Türkiye'deki kentleşme sürecinin bir sonucu olarak toplam nüfusun yüzde 80'ini günümüzde kentlerde yaşamaktadır. Bunun bir sonucu olarak kentsel alanlarda çevresel kaynakların daha hızlı tüketilmesine yol açmaktadır. Bu bağlamda insan hayatının devamını sağlama konusunda en önemli kaynak olan suyun insan faaliyetlerinde çok yoğun bir şekilde kullanılmasına yol açmaktadır.

1994-2018 döneminde kentsel alanlarda içme ve kullanma suyu için çekilen toplam suyun ilgili kaynaklara göre dağılımı incelendiğinde %36,63'ü barajlardan, %30,96'sı kuyulardan, %22,87'si kaynaklardan, %5,07'si akarsulardan ve %4,47'si göl ve göletlerden sağlanmıştır. Aynı dönemde kentsel alanlarda içme ve kullanma suyu şebekesi için çekilen suların %53,83'ü yüzey sularından ve %46,17'si yeraltı sularından çekilmiştir. Bu bağlamda su kullanımındaki sürekli artışla birlikte atık su miktarında da doğrusal şekilde artış gözlenmiştir. 2018 yılı verilerine göre kentsel nüfusun artmasına paralel olarak kentsel alt yapıda gelişim göstererek kentsel nüfusun %91 gri alt yapıdan faydalanmaktadır. Söz konusu atık suyun alıcı ortamlara deşarj edilmesi konusunda 1994-2000 döneminde alıcı ortamlara artılmadan deşarj edilen suyun daha fazla olduğu görülmektedir. Bu dönemde kentsel alanlarda ortaya çıkan toplam atık suyun %83,29'u artılmadan, %16,71 artırılarak alıcı ortamlara deşarj edilmiştir. 2001-2018 döneminde sürekli artan atık su miktarına eş olarak sürekli olarak artırılarak alıcı ortamlara deşarj edilen su miktarında da artış gözlenmiş buna karşın artılmayan suyun miktarında da sürekli bir düşüş yaşanmıştır. Bu dönemde kentsel alanlarda ortaya çıkan atık suyun %72,62'si artırılarak, %27,38'i artılmadan alıcı ortamlara deşarj edilmiştir. 2018 verilerine göre kullanılan suyun %88,3 artırılarak alıcı ortamlara deşarj edilmiştir. 1994-2018 yılları arasında kentsel alanlarda toplam deşarj edilen atık suyun alıcı ortamlara göre dağılımlarına bakıldığında, %52,76'sı akarsulara ve %36,89'u denizlere bırakılmıştır. Bu dönemde akarsulara deşarj edilen toplam atık suyun %93,99'u artırılarak akarsulara bırakılmış ve denize deşarj edilen toplam atık suyun %84,35'i artırılarak deşarj edilmiştir. Bu veriler doğrultusunda Türkiye'de kentsel alanlarda içme ve kullanma suyu olarak kullanılan suyun gri atıksu olarak büyük kısmının metabolik akış çerçevesinde artırılarak alıcı ortamlara bırakılmaktadır. Kentsel alanlarda suyun metabolik döngüsünde büyük oranda başarılı olduğu görülmektedir.

İmalat sanayisinde 2000-2018 döneminde üretim için kullanılan suyun çekildiği kaynaklara göre dağılımına bakıldığında %61,85'i denizlerden %21,5'i kaynak/kuyu sularından ve %4,86'sı barajlardan sağlanmıştır. Sadece 2018 verileri incelendiğinde %71,24'ü denizlerden, %15,5'i kaynak/kuyu sularından, %4,8'i OSB ve %3,58'i ise barajlardan sağlanmıştır. Bu bağlamda imalat sanayi su göstergeleri incelendiğinde kaynak bakımından büyük değişimlerin olmadığı görülmektedir. 2000-2018 döneminde üretimde kullanılan suyun %67,6'sı artılmadan, %32,6'sı artırılarak alıcı ortamlara deşarj edilmiştir. Bu nedenle üretimde suyun metabolik akışı sağlanmadığı görülmektedir. Üretimde kullanılan suyun büyük bir kısmı geri dönüştürülemezdir. 2018 yılında imalat sanayisinde deşarj edilen toplam atık suyun %74,96 artılmadan alıcı ortamlara bırakılmasına karşın %25,04 artırılarak alıcı ortamlara bırakılmıştır. İmalat sanayisinde yer alan atıksu arıtma tesisinin kapasitesinin %50,84 kullanılmamış ve imalat sanayisinde kullanılan suyun %49,16'si arıtma tesislerinde artılmıştır. İmalat sanayisinde kullanılan suyun artırılması için atıksu arıtma tesislerinin kapasitesinin yarısı kullanılmıştır. 2018 verileri çerçevesinde incelendiğinde atıksu arıtma tesisleri tam kapasiteyle çalışmış olsa bile deşarj edilen toplam atık suyun ancak %39,17 artırılabilir ve kullanılan suyun %60,83 artılmadan alıcı ortamlara bırakılmış olacaktır. Bu veriler çerçevesinde imalat sanayisinde kullanılan suyun metabolik akışının başarılı olmadığı sonucu çıkarılabilir. Ayrıca imalat sanayide suyun metabolik akışının başarılı olabilmesi için arıtma tesislerinin yeterli olmadığı ya da mevcut tesislerin yeterince kullanılmadığı ifade edilebilir. İmalat sanayisinde arıtma tesislerinin yeteri kadar kullanılmaması ya da yeterli olmamasına neden olarak bu tesislerin inşaa ve işletme maliyetlerinin yüksek olmasından kaynakladığı söylenebilir. Ayrıca yapılan kentsel alanlarda ve sanayi bölgelerinin büyümesi karşın gerekli yatırımlar yapılarak arıtma tesislerinin kapasitelerinin arttırılmaması söz konusu arıtma tesislerinin kapasitelerinin yetersiz kalmasına neden olabilmektedir. Kentsel alanlarda ve sanayi bölgelerinde alt yapı yetersizlikleri de arıtma tesislerinden istenilen sonuçların alınmasını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu gibi nedenlerle imalat sanayisinde kullanılan suyun büyük bir kısmı artılmadan alıcı ortamlara bırakıldığı sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Üretimde suyun sürdürülebilirliği konusunda istenen sonuçlara ulaşılamamıştır. Kentsel alanlarda kullanılan suyun metabolik akışındaki başarı üretimde kullanılan suyun metabolik akışında aynı olumlu sonuç oluşmamıştır.

Kentsel metabolik modellemelerde materyal akış analizleriyle (material flow analysis) kent sistemlerindeki bu doğrusal akışın önüne geçmeye çalışılmıştır. Bu doğrultu da Türkiye’de 2018 yılında kentsel alanlarda ve imalat sanayisinde suyun metabolik akışı için yapılan modellemede görüldüğü gibi kentsel alanlarda ve üretimde kullanılan suyun yer altı ve yer üstü kaynaklardan eşit düzeyde sağlandığı görülmektedir. Kentsel alanlara ve üretimde ihtiyaç duyulan suyun kaynaklar bakımından dağılımlarına bakıldığında barajlardan, kuyulardan, kaynak sularından ve denizlerden çoğunlukla sağlandığı görülmektedir. Kentsel alanlarda ve üretimde girdi olarak kent ve üretim sisteminde kullanılan su çıktı olarak atık suya dönüşmektedir. Bu bağlamda atık suyun alıcı ortamlara göre dağılımı incelendiğinde akarsulara ve denizlere deşarj edildiği görülmektedir. Kentsel alanlarda çıktı olarak ortaya çıkan atık suyun %88,35’i artırılarak deşarj edilmektedir. Ancak üretim sisteminden çıktı olarak çıkan suyun sadece %11,37’si artırılarak alıcı ortamlara deşarj edilmektedir.

Çalışmanın ilgili bölümünde de belirtildiği gibi kent sisteminde işlenen ve kullanılan suyun önemli bir kısmı yeniden dönüştürülerek metabolik akışın sürekliliğinin sağlanması konusunda önemli bir mesafe alındığı ve başarılı olduğu görülmektedir. Üretim de sistem içinde işlenen ve kullanılan suyun çıktı olarak alıcı ortamlara deşarj edilen atık suda metabolik akış ve döngünün sağlamadığı görülmektedir. Kentsel alanlarda yaşanan metabolik döngüdeki başarı aynı ölçüde üretimde gerçekleşmemiştir. Üretimde kullanılan suyun döngüsel anlamda metabolik akışı içinde arıtma tesislerinin de kapasite olarak tamamı kullanılamamıştır. Bu nedenle üretimde suyun metabolik akışında sürdürülebilirliğinin sağlanamadığı sonucuna ulaşılmıştır. Türkiye’de kentsel alanlarda yıllar içinde içme ve kullanma suyu sürekli bir artış olmasına karşın aynı oranda suyun geri dönüşümünde ve metabolik akışında da olumlu gelişim gösterdiği görülmektedir. Özellikle suyun kaynak verimliliğinin sağlanması ve kentsel alanlarda ihtiyaç duyulan suyun sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından gelinen nokta önemlidir. Kentsel nüfusun hızlı bir şekilde artmasına karşın ve kentsel alt yapıdaki yetersizliklere karşın özellikle 2002 sonrası verilere bakıldığında artan arıtma tesisleri ve kentsel alt yapıda yapılan yatırımlar sonucunda suyun kentsel alanlardaki metabolik döngüsünde başarılı sonuçlar alınmasını sağlamıştır. Bu durum özellikle suyun sürdürülebilirliği açısından olumlu bir sonuçtur.

Etik Standart ile Uyumluluk

Çıkar Çatışması: Yoktur.

Etik Kurul İzni: Etik kurul iznine gerek olmadığını beyan ederim.

Finansal Destek: Yoktur.

Teşekkür:

KAYNAKÇA:

Ayres, Robert U. and Kneese, Allen V. (1969), Production, Consumption, and Externalities The American Economic Review Vol. 59, No. 3 pp. 282-297.

Barles, Sabine (2009). Urban Metabolism of Paris and its Region, *Journal of Industrial Ecology*, 13, pp. 898-913.

Bringezu, S. (1997). *Material Flow Indicators*. In: Moldan, B.; Billharz, S.; Matravers, R. (Eds.): Sustainability Indicators. Report of the Project on Indicators of Sustainability. Series: SCOPE, No. 58: 170-180

Carréon, Jesús Rosales, and Worrell, Ernst (2018). Urban Energy Systems Within The Transition to Sustainable Development: A Research Agenda for Urban Metabolism, Resources, *Conservation and Recycling*, 132, pp. 258–266.

Codoban, Natalia and Kennedy, Christopher A. (2008). The Metabolism of Neighbourhoods, *ASCE Journal of Urban Planning and Development*, 134(1), pp. 21-31.

Collins, Andrea and Flynn, Andrew (2007). Engaging with the Ecological Footprint as a Decision-Making Tool: Process and Responses, *Local Environment*, 12(3) , pp. 295–312.

Fischer-Kowalski, Marina and Huttler, Walter (1997). Society's Metabolism: The Intellectual History of Materials Flow Analysis Part II, 1970–1998, *Journal of Industrial Ecology*, 2(4), pp. 107–136.

Girardet, Herbert (1990) “The metabolism of cities. In: Cadman”, D., Payne, G. (Eds.), *The Living City: Towards a Sustainable Future*. Routledge, London, pp.170-180.

Grimm, N.B., Faeth, S.H., Golubiewski, N.E., Redman, C.L., Wu, J., Bai, X. and Briggs, J.M. (2008). Global Change and The Ecology Of Cities, *Science*, 3 (58), pp.756–760.

Huang, Shu-Li and Chen, Chia-Wen (2009). Urbanization and Socioeconomic Metabolism in Taipei, *Journal of Industrial Ecology*, 13, pp. 75-93.

Kennedy, C., Cuddihy, J. and Engel-Yan, J. (2007). The Changing Metabolism Of Cities, *Journal Of Industrial Ecology*, 11, pp. 43-59.

Kennedy, C., Cuddihy, J. and Engel-Yan, J. (2007). The Changing Metabolism Of Cities, *Journal Of Industrial Ecology*, 11, pp. 43-59.

Kennedy, C., Pincetl, S. and Bunje, P. (2011). The Study of Urban Metabolism and its Applications to Urban Planning and Design, *Environmental Pollution*, 159, pp. 1965–1973.

Liang, Sai and Zhang, Tianzhu (2011). Urban Metabolism in China: Achieving Dematerialization and Decarbonization in Suzhou, *Journal of Industrial Ecology*, 15, pp. 420-434.

Moffatt, Ian (2000). Ecological Footprints and Sustainable Development, *Ecological Economics*, 32, pp. 359-362.

Newman, Peter (1999). Sustainability and Cities: Extending The Metabolism Model, in *Landscape and Urban Planning*, 44, pp. 219–226.

Swilling, Mark and Anneck, Eve (2012). *Just Transitions: Explorations of Sustainability in an Unfair World*, Japan: United Nations University Press.

Wolman, A. (1965). The Metabolism of Cities, *Scientific America*, 213 (3), pp.179-190.