



# Entegre Kentsel Su Yönetimi, Kentsel Su Güvenliği ve Değerlendirme Yöntemi Üzerine Bir Çalışma

Cengiz Koç<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Muğla, Türkiye (ORCID: 0000 0001 7310 07 3X) [cengizko9@gmail.com](mailto:cengizko9@gmail.com)

(İlk Geliş Tarihi 16 Nisan 2022 ve Kabul Tarihi 29 Haziran 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1104414)

**ATIF/REFERENCE:** Koç, C. (2022). Entegre Kentsel Su Yönetimi, Kentsel Su Güvenliği ve Değerlendirme Yöntemi Üzerine Bir Çalışma. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (38), 282-295.

## Öz

Günümüzde birçok kent su kaynağı ve yönetimi açısından önemli güçlükler ile karşı karşıyadır. Entegre Kentsel Su Yönetimi, sürdürülebilir ekonomik, sosyal ve çevresel amaçlara ulaşabilmek için kentsel gelişme ile havza yönetimini aynı ekseninde ele almayı gerektirir. Arazi kullanım planlaması ve ekonomik kalkınma, su temini, sanitasyon, yağmur suyu ve atık su yönetim konularıyla birlikte bir bütün olarak ele alınmalıdır. Entegre Kentsel Su Yönetim yaklaşımı, kamuoyu oluşturma ve siyasi karar alma süreçlerinde bölünme veya tekrardan sakınmak için su sektörünü planlarken arazi, konut, enerji ve ulaşım gibi diğer kentsel sektörleri de bütünleştirmelidir. Birçok ülkede kentsel su güvenliğini sağlamak oldukça zordur. Az sayıdaki çalışma, su güvenliğini bölgesel düzeyde değerlendirirken, birçok çalışma, kentsel düzeyde başarılı olmak amacıyla ölçümlerin uygulanması ve su güvenliğini değerlendirmenin eksikliğini vurgulamıştır. Kentsel su güvenliğini ölçmeye odaklanan çalışmalar bütünsel olmayıp, su güvenliğinin mevcut durumunu ve dinamiklerini ölçmek için bir değerlendirme çerçevesinin nasıl tanımlanacağı ve kullanılacağı konusunda hala fikir birliğine varılamamıştır. Günümüzde, kentsel su güvenliğinin açıkça tanımlanmış ve geniş çapta onaylanmış bir tanımı da yoktur. Bu zorluğun üstesinden gelmeyi amaçlayan bu çalışma, kent yerleşimi ve kentsel alanlarda uygulanabilecek bir değerlendirme çerçevesi ve kentsel su güvenliğini daha iyi anlamak için sistematik bir iş tanımlaması sağlayacaktır. Kentsel su güvenliğinin önerilen iş tanımı Birleşmiş Milletler'in su ve sanitasyonla ilgili sürdürülebilir kalkınma hedefine ve insan haklarına dayanmaktadır. Kentsel su güvenliğini sağlamak için kullanılan değerlendirme çerçevesi, içme suyu ve insanlar, ekosistem, iklim değişikliği ve suyla ilgili tehlikeler ve sosyo ekonomik faktörleri temel almaktadır. Bu çerçeveyi uygulamak hükümetlere, politikacılara ve su paydaşlarına kıt kaynakları daha etkili ve sürdürülebilir bir hedefleme konusunda yardımcı olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Entegre kentsel su yönetimi, Kentsel su güvenliği, İçme suyu, Sanitasyon, Ekosistem, Sosyo-ekonomik, İklim değişikliği, Su-kıt şehirler, Halk sağlığı.

## A Study on Evaluation Method and Urban Water Security, Integrated Urban Water

### Abstract

Today, many cities are faced with significant difficulties in terms of water supply and management. Integrated Urban Water Management requires addressing together urban development and watershed management in order to achieve sustainable economic, social and environmental objectives. All of the water supply, sanitation, rainwater and wastewater management issues should be considered as a whole with land use planning and economic development. The purpose of an Integrated Urban Water Management approach is to integrate with other urban sectors such as land, housing, energy and transport with planning water sector in order to avoid fragmentation or recurrence in the process of policy making and decision making. In many countries, it is very difficult to ensure urban water security. While few studies have assessed water security at the regional level, many have highlighted the lack of assessment of water security and implementation of measures in order to be successful at the urban level. Studies focused on measuring urban water security are not holistic, and there is still no consensus on how to define and use an assessment framework to measure the current state and dynamics of water security. Currently, there is no clearly defined and widely approved definition of urban water security. This study, aiming to cope with this challenge, will provide an assessment framework applicable to urban settlement and urban areas, and a systematic work description to better understand urban water security. The proposed work description of urban water security is based on the United Nations' sustainable development goal regarding water and sanitation, and human rights. The assessment framework used to ensure urban water security is based on drinking water and people, ecosystem, climate change and water-related hazards and socio-economic factors. Implementing this framework will help governments, politicians and water stakeholders target at scarce resources more effectively and sustainably.

**Keywords:** Integrated urban water management, Urban water security, Drinking water, Sanitation, Ecosystem, Socio-economic, Climate change, Water-scarce urbans, Public health.

\* Sorumlu Yazar: [cengizko9@gmail.com](mailto:cengizko9@gmail.com)

## 1. Giriş

Dünya, ağırlıklı olarak insan yerleşimlerinin ve ekonomik faaliyetlerin hakim olduğu kentsel haline gelmektedir. Birleşmiş Milletler (UN) World Urbanization Prospects 2018 yılı raporuna göre dünya nüfusunun yarısından fazlası (4,2 milyar insan) kentsel alanlarda yaşamakta ve bu sayının 2050 yılına kadar %68 artarak 2,5 milyar kişiye ulaşması beklenmektedir. Kentleşme, kentsel su güvenliği ve ekonomik büyümeyle birlikte hareket etmektedir. Sürdürülebilir büyüme için hızlı kentleşmenin kentsel su güvenliği üzerine etkilerinin ulusal ve belediye kalkınma gündeminin merkezinde olması gerekmektedir (Maheshwari vd., 2016; Artioli vd., 2017; Scanlon vd., 2017). Kentsel su güvenliği kavramı çok yönlü olup, kentsel metabolizma, ekolojik güvenlik, entegre kentsel su yönetimi, su-enerji-gıda güvenlikleri ağı, risk yönetimi, esnek ve uyarlanabilir su yönetimi ve suya duyarlı şehirler gibi daha geniş çerçeve ve kavramlar ile ilişkilidir (Maheshwari vd., 2016; Artioli vd., 2017; Scanlon vd., 2017; Aboelnga vd., 2018; Brown vd., 2009). Bu çerçeveler arasındaki sinerji ve değişimlerin açık olarak anlaşılması, kentsel su güvenliğinin ne anlama geldiği konusunda daha fazla netlik sağlayacak, kentsel düzeyi kapsayan su güvenliği kavramının sistematik olarak kullanılmasına yardımcı olacaktır. Kentsel alanlar, büyük geçişler yaşamakta, nüfus ve ekonomik büyüme nedeniyle artan talep baskısı taşkın ve kuraklık gibi iklim değişikliği aşırılıklarıyla karşı karşıya kalmaktadır (Sadoff, 2005; Haddeland vd., 2014). Bu koşullar, yetersiz su ve sanitasyon hizmetleri, başarısız yağmur suyu yönetimi, su kalitesi ve ekosistem bozulması, sosyo-ekonomik kalkınma, insan ve su güvenliği için tehdit oluşturmaktadır (Wheater & Gober, 2015; UNESCO, 2019; Gheuens vd., 2019). Gayri Safi Yurtiçi Hasıla'nın %80'ni kentlerde üretildiği için kenterin ekonomi üzerine önemli etkileri bulunmaktadır (UNESCO, 2019). Bu nedenle, kentsel su güvenliğini sağlamanın gerektiği gibi dikkate alınmaması, insanlığın gıda, ekonomik, ekolojik ve ulusal güvenliğini tehdit edebilecek acil bir sorundur (Jimenez vd., 2014; World Economic Forum, 2015; Steffen vd., 2015; Mekonnen & Hoekstra, 2016; Hartley vd., 2017; Gerlak vd., 2018). Su güvenliği, politikacılar ve hükümetler için sağlanması gereken önemli önceliklerden birisidir. Bir kavram olarak su güvenliği, son yirmi yılda bir dizi çalışma ve tartışmada daha fazla dikkate alınmış ve kentsel su yönetimine değer katmaya odaklanan araştırmacılar, geliştirme paydaşları ve politikacılar arasında ortak bir değer haline gelmiştir (Chad & Christopher, 2018; Vorosmarty vd., 2010). Çoğu su güvenliği değerlendirmesi, yerel düzeyde her zaman uygulanabilir olmayan bölgesel ve ulusal düzeyde gerçekleştirilmiştir. Su güvenliği kavramı, ulusal, politik, teknik veya insan güvenliği gibi farklı şekillerde düşünüldüğü zaman disiplinler arasında kullanılan farklı tanımlamalar, yorumlar ve değerlendirmeler ile karmaşık bir hale gelmektedir (Pahl-Wostl, 2007; Bakker, 2012; Garfin vd., 2016; Halbe vd., 2013; Van & Arriens, 2014; Grey & Sadoff, 2007). Su güvenliği, entegrasyon, sürdürülebilirlik, uyarlanabilirlik, esneklik, su, enerji ve gıda bağı gibi ilgili kavramlar ile birlikte su yönetiminin birincil amacıdır (Biswas, 2004; Clement, 2013). Son zamanlarda yapılan çalışmalar, geçen on yılda su güvenliği için çok sayıda tanım ve değerlendirme çerçevesinin evrimini göstermiştir (Allan vd., 2018). Ancak, kentsel düzey de dahil olmak üzere su güvenliğinin mevcut durumunu ve dinamiklerini ölçmek için bir değerlendirme çerçevesinin nasıl işlevsel hale getirileceği ve tanımlanacağı konusunda hala üzerinde anlaşmaya varılmış bir

anlayış bulunmamaktadır. Ayrıca, kentsel su güvenliğinin açık ve yaygın olarak onaylanmış bir tanımı yoktur (Clement, 2013; Allan vd., 2018; Cook vd., 2013; Nazif vd., 2013; Howlett & Cuenca, 2017; Damkjaer & Taylor, 2017). Su güvenliği farklı şekillerde çerçevelendirilir; bazı çerçeveler risklere odaklanırken, diğerleri insan ihtiyaçlarını karşılamak için su kaynaklarının geliştirilmesine odaklanan geniş bir anlayışı benimsemiştir (Giordano, 2017; Garrick & Hall, 2014). Su güvenliğinin yaygın olarak kullanılan üç tanımı arasında önemli bir benzerlik ve örtüşme vardır: Bunlar, Global Water Partnership, World Bank (Grey & Sadoff, 2007), and UN-Water (Zeitoun vd., 2016; Hoekstra vd., 2018; Global Water Partnership, 2000; UN-Water, 2013). UN-Water, tüm perspektifleri ve boyutları yakalayan bütünsel ve disiplinler arası bir tanımı benimsemesi nedeniyle ulusal su güvenliği çerçevesinin temelini oluşturmaktadır. Çoğu ulusal su stratejisi, bir süreç olarak ve su güvenliğini sağlamak ve suyu topluma ilişkilendirmek için iyi bir çerçeve olarak entegre su kaynakları yönetimi (ESKY) ilkesi üzerine inşa edilmiştir (Hussein, 2019). Ancak, ESKY uygulaması, su yönetiminin zorluklarına, belirsizliklerine ve karmaşıklığına kapsamlı çözümler sunmadığı için eleştirilmektedir (Phillis vd., 2017). Birçok çalışma, yerel düzeyde su güvenliği önlemlerini uygulama ve su güvenliği değerlendirme eksikliğini vurgulamıştır (Cook & Bakker, 2012; Grey vd., 2013; Srinivasan vd., 2017). Bunlar, kentsel su sorunlarını etkili bir şekilde ele almak ve karar vericilere kentsel su güvenliğini sağlamak için güçlü politika araçları ve önlemleri sağlamak için yerel düzeyde su güvenliği dinamiklerindeki önemli farklılıkları yansıtmalıdır (Allan vd., 2018; Rouse, 2013). Su güvenliğine ilişkin geniş tanımlar ve değerlendirme çerçeveleri arasında su güvenliği konusunda farklı bakış açıları sağlamak için şehir düzeyinde birçok iyi yapılandırılmış göstergeler dizisi uygulanmıştır (Falkenmark, 1989). En yaygın kullanılan göstergeler, su stresi indeksi ve su yoksulluk indeksi gibi bağımsız indekslerdir (Sullivan, 2002; Lawrence vd., 2002; Jensen & Wu, 2018). Bu indeksler, şehir düzeyi de dahil olmak üzere her düzeyde uygulanacak şekilde tasarlanmıştır. Ancak, kentsel su güvenliğinin dinamiklerini ve çeşitli yönlerini yakalayacak kadar belirgin değildirler (Gassert vd., 2014 Komnenic vd., 2009; ADB, 2013). Ayrıca, kullanılan eşikler genellikle keyfidir ve bilimsel ilkelere dayanmaz. Ulusal su güvenliği sıralamasının bir parçasını oluşturan Asya Kalkınma Bankası'nın kentsel su güvenliği indeksi (ADB, 2016; Van Leeuwen, 2013) gibi kompozit göstergeler, tüm kentsel alanların ortalamalarını kullanır, bu nedenle kentsel düzeydeki karar vericiler tarafından kullanılması bir ölçüde uygundur. Kentsel su güvenliği sorunlarını tespit etmek için şehir planı çerçevesinde şehre özgü bir su endeksi geliştirilebilir ve uygulanabilir (Phillis vd., 2017; Van Leeuwen vd., 2016; Siemens, 2012; Arcadis, 2015; Berg, 2000) ancak, farklı şehirlerde entegre su kaynakları yönetim uygulamasını özel olarak ölçmeyi ve şehirleri sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlardaki dirençleri açısından kıyaslamayı amaçlamalıdır (Berg, 2000; Berg & Marques, 2011; Danilenko vd., 2014; WEF, 2019). Bu çalışma, entegre kentsel su yönetimini, kentsel su güvenliğinin farklı boyutlarına sahip yeni bir çalışmayı tanımlama ve değerlendirme çerçevesi sağlayarak mevcut olan bilgi açığını kapatmayı amaçlamaktadır.

## 2. Entegre Kentsel Su Yönetimi

Entegre Kentsel Su Yönetimi'nin (EKSU) ardındaki fikir, tutarlı bir çerçevenin bir parçası olarak tüm kentsel su sistemini ele

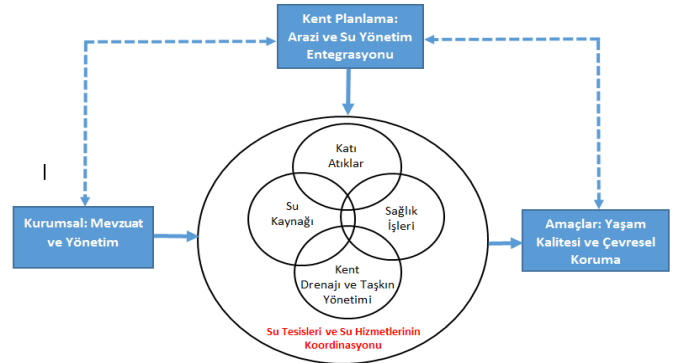
almaktır (Srinivas, 2009). Şekil 1, EKSİY'nin bir araya getirdiği birbiriyle ilişkili aktivitelerden bazılarını açıklamaktadır. EKSİY'nin geleneksel kent su yönetiminden farklılaştığı konular aşağıda sıralanmaktadır.

- Kentsel bir havzada mevcut olan farklı su kaynaklarını (yüzeysel suyu, yeraltı suyu, yağmur suyu, atıksu, tuzdan arındırılmış su) ve ilişkilerini birlikte ele alır,
- Farklı su kaynaklarının kalitesini (geri kazanılmış su dâhil) göz önünde bulundurur ve farklı ihtiyaçlar için gereken kalite ile eşleştirmeye çalışır,
- Su depolama, dağıtım, arıtma, geri dönüşüm ve bertaraf süreçlerini ayrı faaliyetler yerine bütünlük içerisinde bir döngünün parçası olarak inceler ve altyapıyı buna göre planlar,
- Mevcut su kaynaklarının kaynağında korunması ve kullanılması için planlar,
- Şehir ile aynı su kütlelerine bağlı olan diğer kullanıcı (kırsal yerleşim) ve arazilerin çeşitlerini dikkate alır,
- Şehirler için suyu yöneten resmi (kuruluşlar, mevzuat ve politikalar) ve resmi olmayan kurumların geniş bir aralığını dikkate alır,
- Ekonomik etkinliği, sosyal eşitliği ve çevresel sürdürülebilirliği dengelemeyi amaçlar,

EKSİY daha geniş bir kapsam içerisinde yer almaktadır. EKSİY'nin geleneksel hidrolojik analiz ve yönetim birimi havzadır (Koç, 2015). Şehirlerin havzaların önemli bir parçası olduğu göz önünde alındığında, EKSİY'nin kentsel su sektörünün kırsal su kaynağı, tarım, endüstri ve enerji gibi kentsel sınırların dışında kent su sektörünün uyumuna izin vermek için havza bağlamında EKSİY planları ve yönetim süreçleriyle bağlantılı olması gerekmektedir. EKSİY kendi içinde bir son değil, bir bütünün parçasıdır. Bu nedenle, su güvenliğiyle ilgili olarak bir havza alt sistemini izlemek için bir araçtır (Koç vd., 2018).

EKSİY için çerçeve, sistem mühendisliği yaklaşımlarını içeren entegre bir kentsel su döngüsü modelini temel almaktadır (Şekil 2). EKSİY geri dönüşüm programlarının entegrasyonu (gri-su, geri kazanılmış su ve yağmur suyu hasadı) kadar standart kentsel su akışlarını da (içme suyu, atık su ve akış) dikkate almaktadır. Su, enerji ve gıda ilişkisinde olduğu gibi farklı kentsel kaynak akışları arasındaki ilişkiler entegre su yönetim modelinde ele alınmalıdır. Sistem yaklaşımı, kentsel su döngüsünün fiziksel özellikleriyle sınırlı olmayıp, aynı zamanda kurumsal, mali ve politik yapılarını da kapsamaktadır. Bu nedenle, insanlar ve oluşturduğu çeşitli örgütsel/organizasyon şekilleri kentsel su sisteminin ayrılmaz unsurlarıdır (van der Steen ve Howe, 2009). EKSİY sistem modelinin sınırları yan etkileri önlemek için yeterince geniş tutulmalıdır. Çok dar tutulan sistem sınırları bireysel alt sistemlerin zararlı bir alt optimizasyonuna neden olabilir. Kentsel su döngüsü içerisinde yer alan çevresel ilişkiler vurgulanmalıdır. Bu ilişkiler göz ardı edildiğinde, kentsel su döngüsünün farklı unsurları arasındaki etkileşimler birbirini olumsuz yönde etkilerken, aynı zamanda pozitif sinerji de gözden kaçırılabilir. Karmaşık etkileşimleri ve ilişkileri yakalamak için EKSİY modelleme araçları sistem genelinde olası müdahalelerin etkilerini tahmin etmelidir. Şehir ölçeğinde su, enerji ve kirleticilerin dinamik dengelerini değerlendirerek EKSİY'ni destekleyebilecek bir dizi farklı karar-destek ve kapsam modeli bulunmaktadır. Bu araçlar, kentsel su yönetimi için yenilikçi teknolojilerin ve sistemlerin kısa ve uzun vadeli etkileri hakkında rehberlik sağlamak üzere tasarlanmış (Bates vd., 2010) olup, su tüketimi, maliyetler ve enerji kullanımını en aza indiren sistem yapılandırmalarını tanımlamaya da yardımcı olmaktadır. Her ölçüğe veya bölgeye uyabilen EKSİY modeli

bulunmamaktadır. Su yöneticileri, ölçek seçiminin etkilerini dikkate almalıdır. Doğal ve sosyal faktörlere bağlı olarak çeşitli sınır seçenekleri vardır. Bununla birlikte, her biri ülkelere, bölgelere, havzalara ve belediyelere karşılık gelen yönetimin iç içe geçmiş seviyelerine sahip olacaktır.



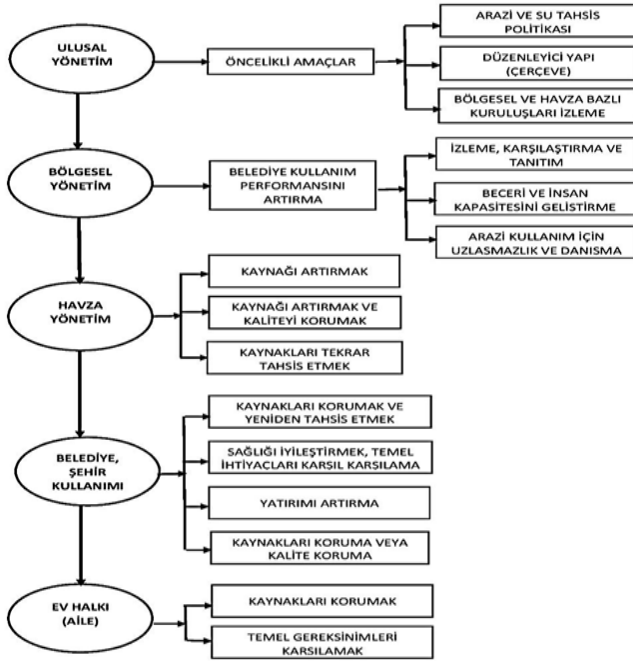
Şekil 1. Entegre Kent Su Yönetimi (Tucci, 2009) (Figure 1. Integrated urban water management (Tucci, 2009))

EKSİY'nin uygulanması, tutarlı yasal ve politik çerçeveler tarafından desteklenen kamu ve özel aktörler ile birlikte uygun bir kurumsal yapının oluşturulmasını gerektirir. Suya erişim ve kullanımı sağlamak ve kullanıcılar arasında oluşabilecek çatışmaları önlemek için tüm karar verme aşamalarında uyumlu bir eyleme ihtiyaç duyulurken, şehir yönetimleri sürdürülebilir kentsel kalkınmanın önünü açmak için daha fazla rol oynamalıdır. Şehirlerdeki su yöneticileri ve karar vericilerin harekete geçmesi zorunludur. EKSİY için gerekli politik ve kurumsal düzenlemelerin bazıları aşağıda sunulmakta olup, bunlar;

- Eşitlik ve etkinlik amaçlarını dengelerken, paydaş taleplerini dikkate alarak mevcut su kaynaklarını önceden belirlemek, paylaşmak ve yönetmek için kapsamlı politikalar ve stratejiler geliştirmek,
- Kaynakların sürdürülebilir yönetimiyle ilgili analizler, seçimler ve kararlarda yer alan kullanıcı alt-sektörlerini tutmak,
- Mega kentler için yeni su kaynaklarına yönelik seçimlerin ekonomik kalkınma amaçları, sosyal eşitlik ve ülkenin geri kalanının su ihtiyacını olumsuz etkilememesini sağlamak,
- Kısa vadeli finansal hesaplamaların ötesine geçen ve sürdürülebilir çevre yönetiminin etkilerini ciddiye alan uzun vadeli planlama kültürünü teşvik etmek,
- Hem "yumuşak" (kurumsal gelişim ve kapasite geliştirme) hem de "sert" (büyük ve küçük altyapı) sürdürülebilir çözümlere, özellikle kapalı döngü sistemlerine yatırım yapmak,
- Gelişmiş veri kalitesi, yönetmelik ve politikaya yönelik güvenilir bilgi kaynaklarıyla daha etkili izleme sistemleri uygulamak,

Son yirmi yılda gelişen serbest piyasa yaklaşımları kentsel toplulukların temel ihtiyaçlarını karşılama çabalarına ağırlık vermiştir. Bu yaklaşımlar, verimsiz ve tepkisiz olarak nitelendirilen kamu hizmetlerine alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Piyasa liderliğindeki stratejilerin, verimliliği artırması, yeni finansal akışlar yaratması ve daha fazla hesap verebilirlik sağlaması beklenmektedir (UNDP, 2006). Ekonomik verimlilik, sosyal eşitlik ve çevresel sürdürülebilirlik arasındaki dengeyi kurmak ve sürdürmek için merkezi yönetimler, suyu devlet mülkiyeti haline getiren ve su tahsisi için bütünlük bir çerçeve sağlayan yasalar çıkarmayı tercih etmektedir.

Hidrolojik sınırlar nadiren idari sınırlar ile örtüşmektedir. Şehir yönetiminin gözetimi altındaki kentsel havzalar devlet veya ulusal sınırları aşan havzalar içerisinde yer alabilmektedir. Merkezi hükümetler, kent-kırsal sürekliliğinin tamamını kapsayan şehirleşme ve su yönetimi üzerine ülke çapında perspektiflerin dile getirilmesine aracılık etmelidir. Köyleri, kasabaları ve şehirleri bütünleştiren geniş ekonomik alanlar için politika oluşturmayı seçerken, merkezi yönetimler kırsal ve kentsel alanlar arasındaki yaşam standardı farklılıklarını ortaya çıkarmalıdır (ADB, 2011). Merkezi hükümetler, bakanlıklar veya bölümlere sorumlulukları devretmek ve ülkenin politik gündeminde kentsel kalkınma ve su yönetiminin durumunu tanımlayacak bir konumda olmalıdır. Merkezi yönetimler, kaynak yönetimi konusundaki görüşmeler için tüm paydaşları bir araya getirme yetkisine sahiptir.



Şekil 2. Yönetimin farklı seviyeleri için entegre kent su yönetiminin amaçları (Figure 2. Objectives of integrated urban water management for different levels of management)

Merkezi yönetim önemli bir rol oynamasına karşın kentsel planlama konularına ilişkin kararlar, kendilerini etkileyenlere mümkün olduğunca yakın bir şekilde alınmalıdır. Bu koşul, âdemi merkezîyet sisteminin tam olarak gerçekleşmesini gerektirmektedir. İdari görevlerin devredilmesinin yanında yerel yönetimler politik ve mali yönden de güçlendirilmelidir. Bu yapı, kentsel ve kırsal yetkililer, ulusal ve yerel düzeyde karar vericiler ile kamu ve özel sektör arasında yeni ve daha güçlü ilişkilerin ortaya çıkmasını sağlamaktadır.

Şehirlerin hızlı büyümesini sürdürülebilir şekilde yönetmek, etkin yerel yönetim, kentsel planlama uzmanları açısından daha fazla kapasite, yerel düzeyde daha fazla kaynak kullanımı ve kentsel gelişmenin daha önceki idari sınırları aştığı alanlarda belediye sınırlarının yeniden gözden geçirilmesini gerektirmektedir. Özellikle, EKSY, su temini, sağlık, yağmur suyu ve toplam sıvı ve katı atıklar gibi kentsel su hizmetlerinin unsurlarını planlama ve yönetiminin geliştirilmesini gerektirir.

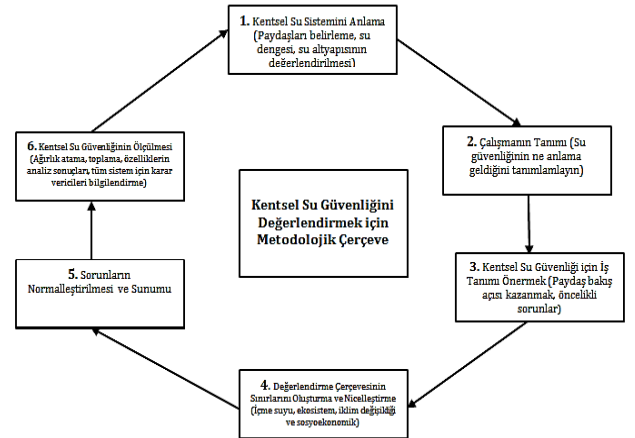
Verilen bu hizmetlerin tümü birbirleriyle ilişkilidir. Bu tesislerin kurumsal yönetimi genellikle merkezi bir güçlük oluşturmaktadır. Dünyanın birçok yerinde, şehir planlaması,

belediyeler içinde ayrı bir bölümü oluşturmakta ve planlama ile diğer bölümler arasındaki bütünlüğü sağlanmaktadır. Bu durum, kentsel alanın daha çok parçalanmasına ve verimsiz hale gelmesine neden olmaktadır. Mekânsal planlar ve altyapı planları arasında üst seviyede bir uyum değildir.

### 3.Kentsel Su Güvenliğini Değerlendirmek için Metodoloji

Önerilen çerçeve, kentsel su güvenliği tanımına dayalı göstergeler oluşturmak için standart bir metodoloji kullanarak mevcut ve gelecekteki su güvenliği durumunu bilimsel olarak değerlendirmek için kentsel su güvenliği ihtiyaçlarına ve kendine özgü özelliklerine göre geliştirilmiştir.

Kentsel su güvenliğini işlevsel hale getirme metodolojisi; (1) su kıtlığı olan bir şehirde suyun nasıl yönetildiğini anlamak; (2) kentsel su güvenliğiyle ne anlatmak istediğimiz; (3) daha sonra bir çalışma tanımı önermek; (4) su ve sanitasyon için Birleşmiş Milletler'in insan haklarına ilişkin sürdürülebilir kalkınma hedefini içeren bir çalışma tanımına dayalı bir kentsel su güvenliği çerçevesini uygulamaya koymak; (5) bu çerçeveyi karar vericiler için değerlendirmek ve yorumlamak; ve (6) endeksin ölçülmesi (Şekil 3) (Aboelnga vd., 2019).



Şekil 3. Kentsel su güvenliğini değerlendirmek için akış şeması (Figure 3. Flow chart for assessing the urban water security)

#### 3.1. Kentsel Su Sistemini Anlamak

2019 yılı Küresel Riskler raporuna göre birçok şehir, tatlı su kaynaklarının miktarı ve kalitesi üzerindeki olasılık ve etki açısından en büyük küresel tehditlerden biri olarak derecelendirilen su kaynağı kriziyle suyun tükenme riskiyle karşı karşıyadır (Kala & Sunil, 2007). Kentsel sistemlerde su kaynağının tipik tarzı sürekli ve güvenli temiz içme suyu sağlamak için tasarlanmıştır. Günümüzde artan şehirleşme ve iklim değişikliği su temini üzerinde büyük bir baskı oluşturmaktadır, bunun sonucu olarak 1,2 milyar insan aralıklı su temini sistemleri altında günde 24 saatten daha az su almaktadır (Sashikumar vd., 2003; Ingeduld vd., 2006; LeChevallier vd., 2003). Aralıklı su temini, su kalitesinin bozulması ve halk sağlığı sorunlarına, artan sızıntı, hızlanan aşınma ve yıpranma, yasadışı kullanımlara, düşük hizmet kalitesi ve etkisiz talep yönetimiyle birlikte ciddi kentsel su güvensizliğine neden olmaktadır (Choe vd., 1996; Coelho vd., 2003; Aboelnga vd., 2018). Kentsel su güvenliği için bir değerlendirme çerçevesi geliştirilmesinin başlıca amacı kentsel su sistemini ve

güvensizliğini etkileyen faktörleri daha iyi tanımlamaktır. Bu nedenle, ilk adım, “su nasıl işletilmeli ve yönetilmeli, altyapı üzerindeki kısıtlamalar nelerdir ve kentsel su güvenliğini sağlamak için altyapıya hangi stratejiler getirilmelidir” sorularını yanıtlamak için mutlaka bir teşhis yaklaşımının ortaya konmasıdır. Ürdün’de su kıtlığı yaşayan Madaba kenti koşulunda bir su dengesi yürütmeyi özetleyen bir makalede (Aboelnga vd., 2018; Saidan vd., 2019), giriş ve çıkış akımlarının ölçülmesi, dağıtım şebekesinde oluşan yüksek düzeydeki su kayıplarının nedenleri, su sisteminin güvensizliği, suyla ilgili riskler, değişen iklim ve artan talep nedeniyle kesintili su temini gibi suyla ilgili ortaya çıkan sorunlara neden olan hassasiyetler detaylandırılmıştır. Çalışma, gelir getirmeyen suyu sistematik olarak devreye sokmanın bir yolu olarak; altyapı, onarım, ekonomik farkındalık ve baskı çerçevesi aracılığıyla kentsel su güvenliğini etkileyen önemli bir su kaybı bileşeni olan fiziksel kayıpları azaltmaya yönelik öneriler sunmuştur (Aboelnga vd., 2018).

### 3.2. Kentsel Su Güvenliğinin Temel Tanımı

İkinci adım, “kentsel su güvenliği” terimini tanımlamayı içerir. Çalışma tanımı, sistemin değerlendirileceği kriterleri ve kıyaslamaları belirler. Kentsel su güvenliğinin yaygın olarak kabul edilen bir tanımı yoktur (Allan vd., 2018). Yaygın olarak atıfta bulunulan tanımlar açısından yapılan bir inceleme sadece üçü kentsel düzeyle ilgili olan 25 su güvenliği tanımı belirlemiştir (Falkenmark, 1986). GWP (2000) göre su güvenliği, hane halkından küresele kadar her düzeyde su güvenliği, doğal çevrenin korunmasını ve geliştirilmesini sağlarken, herkesin temiz, sağlıklı ve üretken bir yaşam sürmek için uygun bir maliyetle yeterli ve güvenli suya erişebilmesidir. World Bank-Grey&Sadoff (2007) göre su güvenliği, sağlık, geçim kaynakları, ekosistemler ve üretim için kabul edilebilir bir miktar ve kalitede suyun mevcudiyeti ile birlikte insanlara, çevreye ve ekonomilere yönelik kabul edilebilir suyla ilgili bir risk seviyesidir. UN-Water (2003) göre su güvenliği, bir nüfusun geçim kaynaklarının, insan sağlığının ve sosyo-ekonomik kalkınmanın sürdürülmesi, su kaynaklı kirlilik ve suyla ilgili felaketlere karşı korumanın sağlanması, ekosistemleri barış ve siyasi istikrar ortamında korumak için yeterli miktarlarda ve kabul edilebilir kalitede suya sürdürülebilir erişimi güvence altına alma kapasitesidir.

### 3.3. Kentsel Su Güvenliğinin Önerilen Çalışma Tanımı

Kentsel su güvenliğini ortaya koyan bir kavram oluşturabilmek için mevcut tanımlar incelendiğinde UN-Water (2003) tanımının daha genel ve bütüncül olduğu görülmektedir. Daha kullanışlı tanımlar için daha fazla analiz ve şartname gerekmektedir. BM su güvenliği, sürdürülebilir su yönetimi sağlamak için farklı boyutlara ve çapraz sektörlerle sahip geniş bir çerçeveye dayanmaktadır. Bu çalışma, kentsel su güvenliğine yerleştirilen farklı unsurları belirten 64/292 sayılı kararda temiz su ve sanitasyonun sürdürülebilir kalkınma hedefi bağlamında UN su ve sanitasyon insan haklarından perspektifler üretmek için UN-Water tanımındaki değişiklikleri önermektedir (UNESCO, 2019). Her koşula uyabilen bir önerme olmayacağı için yeterli ve kabul edilebilir olan tanımda yer alan anlaşılması zor terminolojileri tanımlamak için su paydaşlarının rolünü vurgulayan bir kentsel su güvenliği tanımı öneriyoruz. Bu nedenle, kentsel su güvenliği, geçim kaynaklarını sürdürmek için uygun bir maliyetle sürekli, fiziksel ve yasal olarak mevcut olan

yeterli miktarda ve kabul edilebilir kalitede suya sürdürülebilir ve adil erişimi sağlamak için su sisteminin ve su paydaşlarının dinamik kapasitesi, insan refahı ve sosyo-ekonomik kalkınma, su kaynaklı kirlilik ve suyla ilgili afetlere karşı koruma sağlamak ve barış ve siyasi istikrar ortamında ekosistemleri korumak, olarak tanımlanabilir.

## 4. Kentsel Su Güvenliğini Değerlendirme Çerçevesi

### 4.1. Sistem Sınırları ve Değerlendirme Çerçevesini Kurma

Çalışma, kentsel su sistemlerinin performansını etkileyen sosyal, ekonomik, kurumsal ve çevresel özellikler olmak üzere kent çevresi ve kentsel bölgelerdeki tüm kentsel su döngüsünü ele almaktadır. Kentsel su sistemi su döngüsündeki ana süreçleri içermektedir. Bu döngü, içme suyu üretimi, su arıtma tesisleri, içme suyu depolama ve dağıtım, atık su toplama, arıtma ve deşarjdan oluşmaktadır. Sistem sınırı mekansal ve zamansal olmak üzere iki faktör tarafından belirlenir. Mekansal ölçek sistemin fiziksel boyutunu ifade eder. Mevcut araştırma bağlamında, bir şehrin tüm coğrafi alanı, tüm sakinleri ve su kaynaklarının tüm kullanıcıları kentsel alan özelliklerini göstermektedir. Zamansal ölçek, kentsel su güvenliğinin dinamik durumunu ölçmek için yeterince belirlenmiştir. Kentsel su güvenliğinin çalışma ve sistem sınırı tanımına dayalı olarak bir sonraki adım kentsel düzeyde özel olarak tasarlanmış bir dizi göstergenin seçilmesi ve sınıflandırılmasıdır. Endeks, kentsel alanlarda su güvenliğini değerlendirmek için ağırlıklı bir toplam puana dayanmaktadır. Çerçevenin tasarımı, sorunları ve öncelikleri ortaya koymak amacıyla kapsamı belirleme, risklerin incelenmesi ve kriterlerin geliştirilmesi ve veri kullanılabilirliğinin gözden geçirilmesini içermektedir. Tasarım aşamasının sonunda amaç kentsel su güvenliğini ölçmek için bir dizi gösterge seti geliştirmektir. Kentsel su güvenliğini dört ana özelliğe ayırmak için sağlam gösterge ve değişkenler ile değerlendirmenin temelini oluşturabilen su güvenliği dinamiklerini ve bunlarla ilişkili bütünsel bakış açılarını anlamak çok önemlidir.

#### 4.1.1. İçme Suyu ve İnsan Refahı

Evsel su kaynaklarının mevcudiyeti ve çeşitliliği (örneğin, tuzdan arındırma, suyun yeniden kullanımı, yağmur suyu hasadı), su ve enerji sistemlerinin erişilebilirliği, rasyonelliği ve verimliliğinin yanı sıra kalite, yeterlilik ve eşitlik ve diğer kaynaklara bağımlılık göz önünde bulundurularak analiz edilmelidir (Tablo 1).

Su mevcudiyeti, su stres endeksi açısından su kıtlığını ölçmek için kullanılan ortak göstergelerden biridir (Falkenmark vd., 1989; Jimenez ve Asano, 2008). Su kaynaklarının çeşitliliği, talebi karşılamak için alternatif su kaynakları (tuzdan arındırma, atık suyun yeniden kullanımı, su hasadı) ve azaltıcı önlemleri güvence altına alarak bir su kaynağına bağımlılık riskini azalttığı için kentsel su güvenliğini sağlamanın en önemli anahtarıdır (Howard & Bartram, 2003). Farklı kaynaklardan sürdürülebilir ve entegre su sağlamayı güvence altına almak için sistem kapasitesinin iyileştirilmesi büyük önem taşımaktadır (UNESCO, 2019). Buna ek olarak enerji, suyun evlere taşınmasında ve atık su arıtma tesislerinin işletilmesinde önemli rol oynar (Wakeel vd., 2016). Enerji kaynaklarının eksikliği

birçok şehri enerji tedarik süresini kısaltmaya zorlamaktadır (Kala vd., 2007; Charalambous & Laspidou, 2017). Birleşmiş Milletler insan hakkı olan su için su kaynağının yeterli ve sürekli olması gerektiğini belirtmektedir (UNESCO, 2019). Dünya Sağlık Örgütü (WHO), temel gereksinimlerin çoğunun karşılandığından ve çok az sağlık sorununun ortaya çıktığından emin olmak için kişi başına günde 50 ile 100 litre su gerektiğini belirtmektedir (Waldron, 2005).

Tablo 1. İçme suyu ve insan refahının özellikleri, göstergeleri ve değişkenleri (Table 1. Characteristics, indicators and variable of drinking water and human well-being)

Özellikler	Göstergeler	Değişkenler	Birimler
Su Miktarı	Mevcut olma	Toplam su kaynakları/Toplam nüfus	m <sup>3</sup> /kişi/yıl
	Çeşitlilik	Tekrar kullanılan su/Atıksu üretimi	%
		Alternatif su kaynaklarının katkısı	%
		Alternatif enerji kaynaklarının katkısı	%
	Tüketim	Resmi tüketim/Toplam nüfus	L/kişi/gün
	Güvenilirlik	Gelir getirmeyen su	%
		Altyapı Sızma Endeksi= Mevcut yıllık gerçek kayıp/Kaçınılmaz yıllık gerçek kayıplar	
		Ölçülen su (Su tüketimi ölçülen hanelerin yüzdesi)	%
		Şebekelerdeki enerji verimliliği	%
		Gelir getirmeyen sudan kaynaklanan ticari kayıplar	%
Su Kalite Standartları	İçme Suyu Kalitesi	WHO ve yöresel uygulanan standartları karşılayan içme suyu örneklerinin oranı	%
	Atıksu Arıtma Tesisi	WHO ve yöresel uygulanan standartları karşılayan atıksu arıtma tesisi örnekleri oranı	%
Ulaşılabilirlik	Güvenle yönetilen içme suyu hizmetlerini kullanan nüfusun oranı	(Borulu su kaynağını kullananların sayısı/Toplam nüfus)x100	%
	Güvenle yönetilen sanitasyon hizmetlerini kullanan nüfusun oranı	(Borulu atıksu kullanıcıların sayısı/Toplam nüfus)x100	%
Yeterlilik ve Eşitlik	Minimum hizmet standardı ile uyumlu ortalama kaynak süresi	Saat/günlerin ortalama sayısı	Saat/gün
Sınıraşan/ithal edilen su bağımlılık oranı	Sınıraşan/ithal edilen su kütlelerinden çekilen yıllık su hacmi yüzdesi/Mevcut toplam yıllık su kaynakları	-----	%

Su tüketimi, suyun kıt olduğu zamanlarda su güvenliğini sağlamak için çok önemlidir. Bu durum, depolanan mevcut suyun en etkin ve sürdürülebilir şekilde tüketilmesini gerektirir. Su kıt olduğunda su güvenliğini sağlamak için su tüketimi çok önemlidir (Arfanzuzaman & Rahman, 2017). Su sistemi ve altyapısının ana amaçları, tüketicilere su sağlamak için su hizmetlerinin kapasitesinin geliştirilmesini içerir (WHO, 2017).

Altyapı güvenilirliği, gerekli basınçta, yeterli kalitede ve doğru miktarda suyun sağlanmasını gerektirir. Güvenilir olmayan bir sistemde, eksiklikler sistemin fiziksel bileşenlerinin arızalarından kaynaklanabilir (Kala vd., 2007; Charalambous & Laspidou, 2017). Sistemin güvenilirliğini ölçmek için gelir getirmeyen su ve şebekenin enerji verimliliği göstergeleri dikkate alınmalıdır (Danilenko vd., 2014; WHO, 2017). Gelir getirmeyen su, fiziksel kayıpları, ticari kayıpları ve izin verilen faturalanmamış tüketimi içerir. Altyapı sızıntısı birçok şehri kısır bir döngüye sokar ve mevcut yıllık gerçek kayıplar ile kaçınılmaz arka plan sızıntı oranı arasındaki oran altyapı sızıntı endeksi kullanılarak ölçülebilir (Aboelnga vd., 2018; Waldron, 2005; Mara ve Kramer, 2006). Su kalitesi kentsel su güvenliğinin önemli bir bileşenidir (Karpi, 1993). Su kalitesi sorunları, basınç ve hızdaki değişimleri izleyen bakteri biyofilminin ayrılması, borular içinde yeniden gelişme ve sızma nedeniyle aralıklı su sistemlerinde daha şiddetlidir (LeChevallier vd., 2003; Choe vd., 1996; Karpi, 1993). Müşteriler için su sağlandıktan sonra şebekede akışın olmadığı zamanlarda insanların ihtiyaçlarını karşılamak için suyun birkaç gün boyunca çatı üstündeki tanklarda depolanması, mikrobiyal yeniden gelişme ve su kalitesinin bozulmasına daha fazla olanak sağlar (Kala vd., 2007; Charalambous & Laspidou, 2017). Bu durum, fırsatçı patojen vakalarına ve halk sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olur. Buna ek olarak, güvenli bir şekilde yönetilen su ve sanitasyon hizmetlerinin fiziksel erişilebilirliği, insan hakkı olan su ve sanitasyona ulaşması için önemlidir (Global Water Partnership, 2013; UN-Water, 2013). Herkes için su ve sanitasyona erişimin sağlanması temel bir insan hakkıdır ve güvenli şekilde yönetilen su ve sanitasyon hizmetlerinde sürdürülebilir kalkınma hedefini gerçekleştirmek temel alınmalıdır (UNESCO, 2019). Bu araştırma için su temin sistemlerindeki yeterliliği ve eşitliği ölçmek için ortalama tedarik süresi göstergesi kullanılmıştır. Bu çalışmada yeterlilik, gerçek su kaynağının herkesin ihtiyaçlarını karşılamaya yeterli olduğu anlamına gelir ve zamanlama perspektifini de içerir. Eşitlik, bir ilçede ölçülü bir alandaki tüm insanların birkaç saatlik tedarik sırasında mevcut olan sınırlı su miktarının adil bir şekilde dağıtılması anlamına gelir (Kala vd., 2007; Charalambous & Laspidou, 2017). Su tedarikinde yeterlilik ve eşitlik, su israfının en yüksek basınç düğümlerinde ve su kıtlığının ise en düşük basınç düğümlerinde olduğu kesintili su dağıtım sistemlerine sahip su kıtlığı olan şehirlerde karşılaşılan önemli zorluklardan biridir (Choe vd., 1996; Karpi, 1993). Hizmet kesintileri, insanların sınırlı su kaynağına erişimini garanti etmek için büyük bir tehdit oluşturur ve su talebini karşılayamama, yüksek iyileştirme maliyetleri ve adaletsiz su dağıtımıyla müşterilerin memnuniyetini aynı derecede olumsuz etkiler (Kala vd., 2007; Charalambous & Laspidou, 2017; LeChevallier vd., 2003). Bağımlılık oranı - bir su kaynağına bağımlılık riski, şehir dışından gelen toplam yenilenebilir su kaynaklarının yüzdesi ile ölçülebilir (FAO, 2003). Su kullanımı ve paylaşımı konusunda gerilim, arıza ve/veya çatışma olasılığını ölçmek için kentsel su güvenliğine yönelik tehditlerin bir göstergesidir. Bu nedenle, kentsel su güvenliğini sağlamak için ithal edilen / sınır aşan su kaynakları için barış ve siyasi istikrar iklimi zorunlu bir faktördür (UN-Water, 2013). Şehirlerde su bağımlılığı, yetersiz su ve şehir sınırları içindeki halk sağlığına yönelik riskler veya şehir veya ülke dışındaki mansap akışlarına bağımlılıktan kaynaklanabilir (Mancosu, 2015).

#### 4.1.2. Ekosistemler

Kentsel su güvenliğini başarmanın anahtarı, insanların refahı ve geçim kaynakları için kritik olan “doğal altyapı” gibi kentsel ekosistem hizmetlerini korumak ve sürdürmek ile su kaynaklarının tüketimi arasında bir dengeye sahip olmaktır (kirlilik, su stresinin seviyesi, iyi ortam suyu kalitesi, yeşil çatılardan ve yeşil alanlardan yararlanma, altyapının etkinliği) (Tablo 2) (Wheater, 2015; Hartley vd., 2017; Clement, 2013).

Tablo 2. Ekosistemin özellikleri, göstergeleri ve değişkenleri (Table 2. Characteristics, indicators and variables of the ecosystem)

Özellikler	Göstergeler	Birimler
Kirliliğin durumu	Güvenli olarak artılmış atık su akışlarının yüzdesi	%
İyi ortam suyu kalitesine sahip su kalitesi	WHO ve yöresel uygulanabilir kalite standartlarını karşılayan su kaynaklarının (yüzeysuyu veya yeraltısuyu) örneklerinin oranı	%
Zaman ile suyla ilgili ekosistemlerin kapsamındaki değişim	Bu ekosistemlerinkapsamındaki suyun miktarındaki değişim	(% değişim/yıl)
Yeşil çatı	Yeşil çatının yüzey alanı/Toplam çatı yüzey alanı	%
Yeşil yüzeyler (drenaj faktörü)	Yeşil yüzey alanı/Toplam yüzey alanı	%
Yağmur suyu ve atıksu şebekelerinin etkinliği	Kanalizasyon sistemi tıkanıklıkları	Tıkanıklık sayısı/km/yıl

Arıtılmamış atık su açısından kirlilik durumu uygun şekilde arıtılmadığı ve boşaltılmadığı takdirde ortam suyu kalitesi, halk sağlığı ve kentsel su güvenliği için en büyük risklerden birisini oluşturur (Mara ve Kramer, 2006). Atık su bir kirlilik riski oluştursa da kullanılmayan bu kaynak ek bir su kaynağı olarak değerlendirilirse ve su kirliliğini azaltmak için uygun şekilde kullanılırsa birçok fırsat da sağlayabilir (Jimenez & Asano, 2008; Howard & Bartram, 2003; Rodríguez vd., 2015). İyi ortam suyuna sahip su gösterge kütlelerinin amacı, kirliliği azaltarak tehlikeli kimyasalların ve malzemelerin salınımını en aza indirerek su kalitesini iyileştirmektir (UNESCO, 2019; Vorosmarty vd., 2010). Yüzey ve yeraltı suyunun kalitesi, kimyasal ve biyolojik kirlleticiler için ortam suyu kalite standartlarıyla karşılaştırılır (Allan vd., 2018). Suyla ilgili ekosistemin kapsamındaki değişiklik aynı zamanda suyla ilgili çeşitli ekosistemlerde bulunan su miktarını ölçen kentsel su güvenliği için de ilgili bir göstergedir (Dickens vd., 2017). Yeşil çatı kaplama, yağmur suyu hasadından elde edilen suyun faydalarını en üst düzeye çıkararak su güvenliğini artırabilen, ancak kentsel tarım için sıklıkla kullanılmayan bir başka kaynaktır (Phillis vd., 2017; Siemens, 2012). Yeşil yüzey, insanların refahı, sürdürülebilirliği ve sağlık ekosistemi için üretken bir yeşil altyapının önemli özelliklerinden biridir (Grafton vd., 2015; Cornejo vd., 2014). Bir drenaj faktörü olarak, kanopi ve gövde alanlarındaki suyu kesebilir ve toprağa ve kök sistemlerine sızmayı artırabilir (Van Leeuwen, 2013; Van Leeuwen vd., 2016; Siemens, 2012; Arcadis, 2015; Koop & van Leeuwen, 2015). Yeşil alanlar, şehirlerin yaşanabilirliğine, sürdürülebilirliğine ve direncine katkıda bulunan ve kentsel su güvenliğini sağlayan her türlü kentsel yeşil alanı içerir (Van Leeuwen, 2013). Yağmur suyu şebekesi ve kanalizasyon sistemi kentsel su sisteminin dayanıklılığı için kritik öneme sahiptir (Phillis vd., 2017; Koop & van Leeuwen, 2015). Tüm yükü karşılayamaz ve düzgün çalışmazlarsa, altyapı arızalarına ve

ciddi sosyal ve ekonomik kayıplara neden olabilir (Phillis vd., 2017; Berg & Marques, 2011). Sistemin suyu verimli bir şekilde boşaltma hedefine ulaşması gerektiğinden kanalizasyon tıkanması, kanalizasyon sisteminin etkinliğine yönelik ana tehditlerden birini oluşturabilir (Wakeel vd., 2016).

#### 4.1.3. İklim Değişikliği ve Suyla İlgili Tehlikeler

Su altyapısı nedeniyle şiddetlenebilecek iklim değişikliği sel riski ve sağlıkla ilgili riskleri içeren suyla-ilişkili-riskler üzerinde bir etkiye sahiptir (Haddeland vd., 2014; Van Leeuwen vd., 2016). Tablo 3 'de gösterildiği gibi, iklim değişikliği ve su ile ilgili tehlikelerin boyutu halk sağlığı, taşkın sıklığı, kuraklık sayısı, taşkına eğilimli alanlar, yağışlar ve sıcaklık göstergeleriyle ölçülebilir.

Tablo 3. İklim değişikliği ve suyla ilgili tehlikelerin özellikleri, göstergeleri ve değişkenleri (Table 3. Characteristics, indicators and variables of climate change and water-related hazards)

Özellikler	Göstergeler	Birimler
Sistemden yayılan sera gazı (GHS) emisyonları	-	Ton CO <sub>2</sub> /yıl/yerleşim
Halk Sağlığı (Su kaynaklı hastalıklar)	İçmesuyu kirlilik olaylarının sayısı (işhal)	sayı/yıl, her 100000 kişi için
Taşkınların sıklığı	Üç yılın üzerindeki taşkınların sayısı	sayı/yıllar
Kaklıkların sayısı	-	Sayı/yıl
Taşkına eğilimli alanlar	Taşkına eğilimli alanların yüzdesi/Toplam yüzey alanı	%
Ortalama yıllık yağış	-	mm/yıl
Ortalama yıllık sıcaklık	-	C°

Kentsel su sistemi, enerji tüketimi, su ve atık su arıtımı ve deşarjdan kaynaklanan sera gazı emisyonları açısından iklim değişikliğine katkıda bulunmaktadır (Wakeel vd., 2016; Smith vd., 2015). Halk sağlığı, şehrin metabolizmasını şekillendirmek için kentsel su güvenliğinin temel unsurlarından biridir. Su kaynaklı hastalıklar, halk sağlığı için büyük bir risk oluşturmaktadır. Birçok su kaynaklı hastalık vakası kentsel su güvensizliğinin bir göstergesidir (Assefa vd., 2018). Kentsel taşkın, drenaj sisteminin kapasitesini aşan şiddetli ve/veya uzun süreli yağışlardan kaynaklanabilir (Assefa vd., 2018; ADB, 2016). Taşkın ve kuraklık şehirler üzerinde önemli ekonomik ve sosyal etkileri olan doğal tehlikelerdir. Artan kentsel taşkın tehdidi, iklim değişikliği karşısında şehirlerin dayanıklılığının kritik bir testi olmuştur (Damania vd., 2019). Taşkın eğilimli alanların risklerini azaltmak için korumaya ve proaktif önlemlere ihtiyacı vardır (Cornejo vd., 2014; Smith vd., 2015). İklim değişikliği ve su güvenliği sorunları, öncelikle uyum ve kalkınmayı iklimle dirençli hale getirmek ile ilgilidir. Bu durum, iklim etkileri ve etkili teknolojiler hakkındaki mevcut bilgilerimizin geliştirilmesini, uygulanmasını ve iyileştirilmiş hazırlık ve uyum için yerel kapasite oluşturmayı gerektirir.

#### 4.1.4. Sosyo-Ekonomik Gelişme

Sistemin insanların temel ihtiyaçlarını karşılama ve kentsel su güvenliğini sağlama yeteneğini engelleyebilecek sosyal ve ekonomik faktörlerin mevcut ve potansiyel rolüne, su arz ve talebi üzerindeki etkilerine özel bir dikkat gösterilmelidir (Jimenez Cisneros vd., 2014; World Economic Forum, 2015; Steffen vd., 2015; Mekonnen & Hoekstra, 2016; Hartley vd., 2017; Gerlak vd., 2018). Bu faktörler arasında su ve atık su sistemindeki enerji tüketimi, su ve sanitasyon tarifeleri, uygunluk, su ve atık su hizmetlerine yönelik bütçe, giderlerin karşılanması, yasadışı kullanımlar ve müşterilerin şikayetleri yer almaktadır (Tablo 4) (Wakeel vd., 2016; Grafton vd., 2015). Su

temin sistemlerinin hanelere optimum basınçta su sağlaması büyük ölçüde enerjiye bağlıdır. Enerji tüketimi, bölgenin topografyası, kaynaktan musluğa olan uzaklık, pompa istasyonlarının tipi, kapasitesi ve verimliliği gibi birçok faktörle ilişkilidir (Wakeel vd., 2016). Su tarifesi, kıt suyun ekonomik değerini belirlemek için iyi bir göstere olup, hedeflenen ücret tarifeleri ve akılcı destekler kentsel su güvenliğinin sağlanmasına katkıda bulunacaktır. Birçok şehirde su merkezi veya yerel yönetimler tarafından yüksek oranda desteklenmektedir. Bu nedenle, belirlenen su tarifesi işletme ve bakım giderlerini karşılayamayacak kadar düşüktür ve suyun verimli kullanılmasını engeller (Danilenko vd., 2014). Geri ödeme iyi yönetilen bir su kuruluşunun önemli bir performans göstergesidir. Su hizmetlerinin uzun dönemli sürdürülebilirliğinin sağlanması gereklidir (Danilenko vd., 2014). Güçlü su yönetimi hem kullanıcılara hizmet sunmanın ekonomik maliyetlerini hem de su kullanıcılarının başkalarına yüklediği maliyetleri (gerçek maliyetleri temsil eden fırsat maliyetleri) dikkate almalıdır (Danilenko vd., 2014). Su tarifesi ve gelir getirmeyen su seviyesinin yüksekliği su kıtlığı olan birçok şehirde maliyetin geri kazanılmasının temel unsurlarıdır. Yasadışı kullanımlar, kentsel su güvenliğine yönelik en büyük sosyo-ekonomik tehditlerden birini oluşturur ve su dağıtımının eşitliğini aşındırabilir ve çok büyük insani ve ekonomik kayıplara neden olabilir (Waldron, 2005; WHO, 2017; Mara ve Kramer, 2006). Su hizmet ücretlerinin giderleri karşılamak ve minimum su güvenliğini sağlaması iki nedene bağlıdır. İlk olarak, kullanıcıya hizmeti sunmanın maliyeti hakkında bilgi verir, bu durum, hizmetin ücretsiz olmasına kıyasla daha düşünceli bir kullanım sağlar ve korumayı teşvik eder. İkincisi, tarifelerden elde edilen gelirler, su kaynaklarının korunması, altyapının bakımı, adil ve güvenilir hizmetin sağlanması için finansman sağlar (Van Leeuwen, 2013; Van Leeuwen vd., 2016; Siemens, 2012; Arcadis, 2015; Koop & van Leeuwen, 2015). Satın alınabilirlik, özellikle su için ödeme yapamayan fakir insanlar için önemli bir faktördür (Sullivan, 2002; Lawrence vd., 2002; Jensen & Wu, 2018). Bu gösterge, uygunluğun yaklaşık bir ölçüsünü verebilir, ancak kesintili su tedarikinin üstesinden gelme maliyetlerini içermez (Choe vd., 1996; Coelho vd., 2003; Aboelnga vd., 2018). Ulusal su ve sanitasyon bütçesi su güvenliğini birinci öncelik haline getirmek için çok önemlidir (Van Beek & Arriens, 2014; Grey & Sadoff, 2007). Bu nedenle, kamu finansmanını en üst düzeye çıkarmak önceliktir, ancak mali boşlukları kapatmak için yeterli değildir. Kentsel su güvenliğini sağlamak için özel sektörden ticari finansmana da ihtiyaç vardır (World Economic Forum, 2015; Steffen vd., 2015; Mekonnen & Hoekstra, 2016). Müşteri memnuniyeti, kamu hizmeti kuruluşunun su sistemini su talebini karşılayacak şekilde çalıştırma ve yönetme kabiliyetine sahip olduğu anlamına geldiğinden kentsel su güvenliğinin temel bir göstergesidir. Kesintili bir su temini sisteminde, kaçak ve su eksikliği şikayetleri su şebekesi yönetimine baskı yapan ana konular arasındadır (Wakeel vd., 2016). Özetle, bu perspektifler su güvenliğini iyileştirmek için gereken değişimin yönünü işaret etmektedir. Dört özellik ve göstergeleri iyileştirilerek daha güvenli bir şehir elde edilebilir.

Tablo 4. Sosyo-ekonomik özellikleri, göstergeler ve değişkenler (Table 4. Socio-economic characteristics, indicators and variables)

Özellikler	Göstergeler	Birimler
Su Enerji Tüketimi	1 m <sup>3</sup> kent su kaynağı için ortalama enerji tüketimi	KWh/yıl
Atıksu Enerji Tüketimi	1 m <sup>3</sup> atıksu arıtması için ortalama enerji tüketimi	KWh/yıl
Su Tarifeleri	Her 15 m <sup>3</sup> su için su tarifesi	\$/m <sup>3</sup>
Sanitasyon Tarifeleri	Her 15 m <sup>3</sup> su için sanitasyon tarifesi	\$/m <sup>3</sup>
Satınalma Gücü	Hane halkı gelirinin yüzdesi olarak su, sanitasyon ve hijyen gideri, finansman suyu	%
	Ortalama hane halkının yüzdesi olarak su ve atıksu hizmetleri ücreti	%
Su ve Atıksu Hizmetlerine Yönelik Ulusal Bütçenin Yüzdesi	-	%
İşletme ve Bakım Giderlerinin Geri Ödemesi	İşletme ve Bakım Gideri/İşletme Geliri	%
Yasal Olmayan Kullanımların Sayısı	-	Sayı/yıl 10000 abone için
Toplam Şikayetlerin (sızma, su olmaması, tıkanıklık) sayısı	-	Sayı/yıl 10000 abone için

## 4.2. Sonuçların Normalleştirilmesi ve Yorumlanması

Normalleştirme, farklı birimlerdeki her unsurun sonuçlarını ortak bir ölçüğe ve karşılaştırılabilir birimlere dönüştürmek için karar verme sürecinin önemli bir adımudur. Göstergelerin sonuçlarının normalizasyonu ve sunumu her bir göstergenin farklı birimlere sahip olması nedeniyle göstergelerin 1'den 5'e kadar bir aralıkta boyutsuz olması için her göstergenin durumunu ve arzu edilen değerlerini yansıtacak şekilde bir araya getirilmesidir. Bu süreç, darboğazları daha iyi anlamamızı, gelecekteki müdahale stratejilerini belirlememizi ve farklı su paydaşları arasındaki iletişimi kolaylaştırmamızı sağlayacaktır. Kentsel su güvenliğine ulaşmanın her göstergesi için aralıkların ve puanların belirlenmesi gereklidir. Su ve sanitasyon konusunda Birleşmiş Milletler sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılması su sistemi ve paydaşların dinamik kapasitesine bağlıdır. Aşağıda verilen Tablo 5-8, 1'in zayıf su güvenliğini ve 5'in mükemmel su güvenliğini temsil ettiği her değişken için 1'den 5'e kadar bir ölçekte kentsel su güvenliği endeksi puanlarını sunmaktadır. Kentsel su endeksinden elde edilen puanlar Tablo 9'da olduğu gibi kentsel su güvenliği seviyesini ölçmek için yorumlanabilir ve tanımlanabilir (Assefa vd., 2018).



Tablo 5. İçme suyu ve insan refahı eşikleri (Table 5. Drinking water and human well-being thresholds)

Değişken	1	2	3	4	5	Referans
Kişi başına düşen tatlı su miktarı	<500	500-800	800-1000	1000-1700	>1700	(Jensen&Wu, 2018; Falkenmark vd., 1989)
Yeniden kullanılan atıksu/atıksu üretimi	<10	10-30	30-50	50-70	>70	(Howard&Bart ram, 2003)
Alternatif su kaynaklarının katkısı (%)	<5	5-15	15-30	30-60	>60	(Aboelnga vd., 2019)
Alternatif enerji kaynaklarının katkısı (%)	<5	5-15	15-30	30-60	>60	(Aboelnga vd., 2019)
Kişi başı günlük resmi tüketim	≤20	21-50	51-90	91-100	≥101	(WHO, 2017)
Gelir getirmeyen su	≤25	25-20	20-15	15-10	10-0	(Waldron, 2005)
Altyapı sızma indeksi (CARL/UAR L)	≤3,0	3-2,5	2,5-2,0	2,0-1,5	≥1,5	(Waldron,2005 ;Mara&Kramer , 2006)
Ölçülen su ( su tüketiminin ölçüldüğü hane halkının yüzdesi)	0-60	61-70	71-80	81-90	91-100	(Waldron, 2005)
Şebekedeki enerji verimliliği	<40	40-50	50-60	60-80	>80	(Aboelnga vd., 2019)
Gelir getirmeyen sudan ticari kayıplar	≤25	25-20	20-15	15-10	10-0	(Waldron, 2005)
WHO ve yöresel standartları karşılayan içmesuyu örnekleri oranı	0-60	61-70	71-80	81-90	91-100	(Mara&Kramer , 2006)
WHO ve yöresel uygulanabilir kalite standartlarını karşılayan arıtma tesisi örneklerinin oranı	0-60	61-70	71-80	81-90	91-100	(ADB, 2016)
Yönetilen içmesuyu hizmetlerini güvenle kullanan nüfus oranı SD6.6.1	0-60	61-70	71-80	81-90	91-100	(Assefa vd., 2018)
Yönetilen sanitasyon hizmetlerini güvenle kullanan nüfus oranı SD6.6.2.1a	0-60	61-70	71-80	81-90	91-100	(Assefa vd., 2018)
Minimum hizmet standardı ile uyumlu ortalama kaynak süresi	<8	8-16	17-20	21-23	24	(Waldron, 2005)
Sınıraşan/ithal edilen sudan elde edilen yıllık hacimlerin yüzdesi/Toplam yıllık mevcut su kaynağına oranı	<60	60-40	40-20	20-10	>10	(Aboelnga vd., 2019)

Tablo 6. Ekosistemin eşikleri (Table 6. Thresholds of ecosystem)

Değişken	1	2	3	4	5	Referans
Güvenli şekilde artırılmış atıksu akışlarının yüzdesi (SDG6.3.1b)	0-60	61-70	71-80	81-90	91-100	(Rodríguez vd., 2015)
WHO ve yöresel uygulanabilir kalite standartlarını karşılayan su kaynakları (yüzey ve yeraltı) örneklerinin oranı	0-60	61-70	71-80	81-90	91-100	(Mara&Kramer, 2006)
Bu ekosistemlerde her yıl kirletilen suyun miktarındaki değişim (%)	<60	60-40	40-20	20-10	>10	(Dickens vd., 2017)
Toplam çatı yüzey alanına göre yeşil çatı yüzey alanı	<5	5-15	15-30	30-60	>60	(Aboelnga vd., 2019)
Toplam yüzey alanına göre yeşil yüzey alanı	<5	5-15	15-30	30-60	>60	(Aboelnga vd., 2019)
Kanalizasyon sistemi tıkanıklıkları (tıkanmaların sayısı/km/yıl)	≤300	200-300	100-200	50-100	>50	(Danilenko vd., 2014)

Tablo 7. İklim değişikliğinin eşikleri ve su ile ilgili tehlikeler (Table 7. The thresholds of climate change and water-related hazards)

Değişken	1	2	3	4	5	Referans
Sistemden yayılan sera gazı emisyonları (GHC)	>3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	1,5-0,5	<0,5	(Smith vd., 2015)
İçme suyu kirliliği olaylarının sayısı (ishal)	≥1000	800-500	500-100	100-30	≤30	(Assefa vd., 2018)
Üç yıldan fazla taşkın nedeniyle ölenlerin sayısı	≥1000	800-500	500-100	100-30	≤30	(Aboelnga vd., 2019)
Kuraklıkların sayısı	-	-	-	-	-	
Toplam yüzey alanına göre taşkına eğilimli alanların yüzey alanı	>20	20-15	15-10	10-15	>5	(Aboelnga vd., 2019)
Ortalama yıllık yağış	>100	100-300	300-500	500-700	>700	(Aboelnga vd., 2019)
Ortalama yıllık sıcaklık	>40	35-40	30-35	25-30	<25	(Aboelnga vd., 2019)

Tablo 8. Sosyo-ekonomik eşikler (Table 8. Socio-economic thresholds)

Değişken	1	2	3	4	5	Referans
Kent su kaynağı için her birim enerji tüketimi	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	1,5	(Wakeel vd., 2016)
1 m <sup>3</sup> atıksu arıtmasında ortalama enerji tüketimi	>1,0	1,0-0,75	0,75-0,50	0,5-0,25	<0,25	(Wakeel vd., 2016)
Her 15 m <sup>3</sup> için su tarifi	>0,5	0,5-0,75	0,75-1,0	1,0-1,5	>1,5	(Danilenko vd., 2014)
Her 15 m <sup>3</sup> için atıksu tarifi	>0,5	0,5-0,75	0,75-1,0	1,0-1,5	>1,5	(Danilenko vd., 2014)
Hizmet edilen her bir nüfusun yıllık işletme gelirleri/Kişi başına Gayri Safi Üretim Değeri (GSÜD) (%)	>1,0	0,8-1,0	0,8-0,6	0,6-0,4	<0,4	(Danilenko vd., 2014)
% WWS'ye göre yönelen ulusal bütçenin yüzdesi	>1,0	1-5	5-10	10-20	>20	(Aboelnga vd., 2019)
İşletme ve bakım giderleri geri ödemesi	0-60	60-70	70-80	80-90	90-100	(Danilenko vd., 2014)
Yasal olmayan kullanıcıların sayısı	>300	200-300	100-200	50-100	>50	(Aboelnga vd., 2019)
Toplam şikayetler (sızmalar, su yok, tıkanmalar)	>300	200-300	100-200	50-100	>50	(Aboelnga vd., 2019)

Tablo 9. Kentsel su güvenliği dereceleri (Table 9. Urban water safety degrees)

Kent Su Güvenliği Derecesi	Güvenliğin Seviyesi	
< 1,5	Zayıf	Kent su güvenliği insanların temel ihtiyaçlarını karşılamada zayıftır. Su idaresi ve yönetimin eksikliği tüm boyutlarda önemli bir kaygıdır.
1,5-2,5	Orta	Politikalar ve önlemler hemen hemen tüm boyutlarda önemli bir kaygıyla kent su güvenliğini başarmak için yeterli değildir.
2,5-3,5	Uygun (Makul)	Kentsel su güvenliği sisteminin dayanıklılığı ve sürdürülebilirliğini etkileyen bazı unsurlarda boşluklar (eksiklikler) ile temel ihtiyaçları karşılamak için tatmin edicidir.
3,5-4,5	İyi	Özelliklerin çoğu için kentsel su güvenliğini sağlamak için sağlam politikalar ve yönetim mevcuttur, ancak hala bazı iyileştirmelere ihtiyaç vardır.
>4,5	Mükemmel	Talepleri karşılayabilen ve gelecekteki şoklara ve risklere dirençli, iyi yönetilen ve su güvenliği olan şehir endeksinin tüm özellikleri için yüksek düzeyde güvenlik gösterir.

### 4.3. Kentsel Su Endeksinin Ölçülmesi

Bileşik endeksler için ağırlıklandırma ve toplama duyarlılıkları ve özellikleri nedeniyle bilinen zorluklardır. Tanım gereği açık ağırlıkların atanmasının yalnızca bir bakış açısını temsil ettiği kabul edilmelidir. Bu nedenle, su paydaşları ağırlıklandırma sistemini yerel bağlama uygun olacak şekilde tanımlamalıdır. Kentsel su güvenliği endeksinin çıktısı değişkenlerin değerleri toplanarak hesaplanır. Çalışmada tüm özelliklere, göstergelere ve değişkenlere eşit ağırlıklar atanmıştır. Bu durum, tüm unsurların eşit derecede önemli olduğu anlamına gelmektedir. Ancak, göstergelerden birinin diğerinden daha önemli olduğu bir durum varsa anlamlılık için orantılı ağırlıklar kullanılabilir.

Formüller, ağırlıklar 1'e kadar toplanacak şekilde normalleştirildiğinde basitleştirilir,

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Bu tür normalleştirilmiş ağırlıklar için ağırlıklı ortalama aşağıdaki eşitlikte verilmektedir,

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n w_i x_i$$

Orijinal ağırlıklar üzerinden aşağıdaki dönüşüm yapılarak ağırlıklar normalleştirilecektir,

$$\bar{w}_i = \frac{w_i}{\sum_{j=1}^n w_j}$$

Normalleştirilmiş ağırlığın kullanılması, orijinal ağırlıkların kullanılmasıyla aynı sonuçları verir,

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \bar{w}_i * x_i = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

## 5. Sonuçlar

Kentsel su yönetimi, hızla artan kentsel su ihtiyacı kadar iklim değişikliği karşısında kentsel su sistemlerini daha esneyebilir bir hale getirme gereksinimi sınıra dayanmıştır. Artan rekabet, çatışma, kıtlık, atıklar ve su kaynaklarındaki bozulma geleneksel kavramları yeniden gözden geçirmeyi ve yalıtılmış bir alandaki kentsel su döngüsünün farklı boyutlarını düşünmeye yönelik bir girişimden tüm paydaşlar tarafından desteklenen bütünlük bir yaklaşıma geçişi zorunlu kılmaktadır. Su kaynakları halk sağlığı, çevre koruma, toplumun gelişmesi ve ekonomiyi desteklemek için yaşamsal bir öneme sahiptir. Günümüzde daha fazla su kaynağı, iklim değişikliğinden, nüfus artışından, yaşlanan altyapıdan, gelirlerdeki düşüşten ve diğer çeşitli yerel sorunlardan kaynaklanan tehditlerle karşı karşıyadır. Bu zorlukların üstesinden gelmek için, artan sayıda su hizmeti, su kaynakları yönetimine daha bütüncül bir yaklaşım benimsemek için entegre su yönetim kavramını kullanmaktadır.

Kentsel su güvenliğinin tartışma çerçevesi su miktarı, su kalitesi veya su sanitasyonuna erişim gibi bireysel konulu göstergelerin ötesine geçmektedir. Bunun yerine, su güvensizliğinin kısır döngüsünü sürdürülebilir ve güvenli şehirlerin ilkeli döngüsüne dönüştürebilecek somut çözümlere ulaşmak için içme suyu ve insanlar, ekosistem, iklim değişikliği ve suyla ilgili tehlikeler ve sosyo-ekonomik hakkında bütünsel olarak düşünmeliyiz. Kentsel su güvenliğine yönelik baskın tehditler coğrafi olarak ve zaman içinde farklılık gösterir. Kentsel su güvenliği durağan bir hedef olmayıp, değişen iklim, siyasi yapılar, ekonomik büyüme ve kaynak bozulmasından etkilenen dinamik bir süreçtir. Kentsel su güvenliğinin önerilen iş tanımı, Birleşmiş Milletler insan hakları ilkelerinin ve güvenli bir şekilde yönetilen su ve sanitasyonun sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin altını çizerek herkes için güvenli su hedefine ulaşmada kent ve kentsel alanların zorluklarını kapsar. Kentsel su güvenliği, su talebini uygun bir maliyetle karşılamak için sürekli olarak fiziksel ve yasal olarak mevcut, yeterli miktarda kabul edilebilir kalitede suya sürdürülebilir ve adil erişimi güvence altına almak, geçim, insan refahı ve sosyo-ekonomik kalkınmayı sürdürmek, su kaynaklı kirlilik ve suyla ilgili felaketlere karşı koruma sağlamak ve ekosistemleri barış ve siyasi istikrar ortamında

korumak için su sisteminin ve su paydaşlarının dinamik kapasitesi olarak tanımlanmaktadır.

Bu çalışmanın amacı yeni bir kentsel su güvenliği değerlendirme çerçevesi geliştirmektedir. Çerçevdeki her bir göstergenin bağlantıları ve sonuçları, kentsel su güvenliğini sadece su miktarı ve kalitesiyle başaramayacağımızı, bir tatlı su kaynağına göre çeşitli su kaynaklarına güvenmekten ve şehir suyunun barış ve siyasi istikrar ortamında muhafaza edilmesine kadar su miktarına bakış açımızı da değiştirmemiz gerektiğini kanıtlamaktadır. Kentsel su güvenliği endekslerini geliştirmek, ağırlıklandırma ve birleştirme sorunları göz önüne alındığında karmaşık bir girişimdir, ancak etkilerini açıklayabilmek önemlidir. Bazı bileşenleri daha önemli olarak tanımlayan indekslere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, indekslerin göreceli ağırlıklarının belirlemek için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

Su kıtlığı olan şehirlerde azalan su kaynakları ve artan su talebinin açıkça kanıtlanmasına karşın, birçok şehir diğer özellikleri ve göstergeleri gözardı ederek bol su kaynakları varsayımına dayalı geleneksel çözümlere ve su kaynaklarının miktarını artırmak için depolama odaklı çözümlere güvenmeye devam etmektedir. Kapsayıcı ve entegre kentsel su sistemlerini sürdürmek için içme suyunun kullanılabilirliği, erişilebilirliği, su kalitesi ve kentsel su sistemlerinin yeterliliği açısından etkili yönetimi kritik öneme sahiptir. Su kaynaklarının çeşitliliği, kentsel su güvenliğinin sağlanması, ani taşkın sırasında kuyularda oluşan yüksek su bulanıklığı ve şehir dışından getirilen suya bağımlılık gibi su kaynaklarının tükenmesi veya kirlenmesi ile ilgili risklere karşı korunmada kritik öneme sahiptir.

Kent dışı su kaynaklarına güvenmek, kurak zamanlarda su rekabeti ve yasa dışı su kullanım tehdidi önemli riskleri oluşturmaktadır. Kentsel su sistemlerinin iklim değişimlerine karşı direncini artırmak için entegre kentsel su yönetimi çok önemlidir. Bu riskleri fırsata çevirmek için atık suyun yeniden kullanımı, tuzdan arındırma, yağmur suyu hasadı ve yeraltı suyunun yenilenmesi gibi yöntemlerle su kaynakları çeşitlendirilmelidir.

Bu çalışma, su paydaşlarının ve politikacıların yetersiz kaynakları daha etkin ve sürdürülebilir şekilde hedeflemelerine yardımcı olacaktır.

Geliştirilen çerçeve genel olarak uygulanabilir ve dünyanın herhangi bir yerindeki kent ve kentsel alanlara uygulanabilir. İlerlemeyi ölçmek, şehirlerdeki kentsel su güvenliğini kıyaslamak ve gösterge özelliklerini iyileştirmek için şehirler ve kamu hizmetleri arasında bir rekabet ortamını geliştirmek için düzenli olarak değerlendirme ve izleme programlarının yürütülmesi önerilmektedir.

## Kaynakça

- Aboelnga, H., Khalifa, M., McNamara, I., Ribbe, L., Sycz, J. (2018). The Water-Energy-Food Security Nexus: A Review of Nexus Literature and Ongoing Nexus Initiative for Policymakers; Nexus Regional Dialogue Programme (NRD): Bonn, Germany, pp. 25–30.
- Aboelnga, H., Saidan, M., Al-Weshah, R., Sturm, M., Ribbe, L., Frechen, F. (2018). Component analysis for optimal leakage management in Madaba, Jordan. *J. Water Supply Res. Technol. Aqua*, 67, 384-396.
- Aboelnga, H., Ribbe, L., Frechen, F., Saghir, J. (2019). Urban Water Security: Definition and Assessment Framework. *Resources*, 8, 178, 1-19

- ADB (Asian Development Bank) (2011). Rapid Urbanization and the Growing Demand for Urban Infrastructure in Africa. African Development Bank Market Brief. Vol. 1, Issue 1, pp. 1-12.
- ADB (Asian Development Bank) (2013). Asia Water Development Outlook 2013; ADB: Manila, Philippines.
- ADB (Asian Development Bank). (2016). Asian Water Development Outlook 2016: Strengthening Water Security in Asia and the Pacific; Asian Development Bank: Mandaluyong City, Philippines.
- Allan, J.V., Kenway, S.J., Head, B.W. (2018). Urban water security-what does it mean? *Urban Water J.* 2018, 15, 899-910.
- Al-Saidi, M., Elagib, N.A. (2017). Towards understanding the integrative approach of the water, energy and food nexus. *Sci. Total Environ.* 574, 1131-1139.
- Arcadis. (2015). Sustainable Cities Water Index: Which Cities Are the Best Placed to Harness Water for Future Success? Arcadis: Amsterdam, The Netherlands.
- Arfanuzzaman, M., Rahman, A.A. (2017). Sustainable water demand management in the face of rapid urbanization and ground water depletion for social-ecological resilience building. *Glob. Ecol. Conserv.* 10, 9–22.
- Artioli, F., Acuto, M., McArthur, J. (2017). The water-energy-food nexus: An integration agenda and implications for urban governance. *Polit. Geogr.* 61, 215–223.
- Assefa, Y., Babel, M., Sušnik, J., Shinde, V. (2018). Development of a generic domestic water security index, and its application in Addis Ababa, Ethiopia. *Water*, 11, 37.
- Bakker, K. (2012). Water security: Research challenges and opportunities. *Science*, 337, 914–915.
- Bates, P.D., Horritt, M.S and Fewtrell, T.J. (2010). A Simple International Formulation of the Shallow Water Equations for Efficient Two Dimensional Flood Inundation Modeling. *Journal of Hydrology*, 387: 33-45
- Berg, S. (2000). Developments in best-practice regulation: Principles, processes, and performance. *Electr. J.* 13, 11-18.
- Berg, S., Marques, R.C. (2011). Quantitative studies of water and sanitation utilities: A benchmarking literature survey. *Water Policy*, 13, 591–606.
- Biswas, A.K. (2004). Integrated water resources management: A reassessment. *Water Int.* 29, 248-256.
- Brown, R.R., Keath, N., Wong, T.H.F. (2009). Urban water management in cities: Historical, current and future regimes. *Water Sci. Technol.* 59, 847–855.
- Cairns, R., Krzywoszynska, A. (2016). Anatomy of a buzzword: The emergence of ‘the water-energy-food nexus’ in UK natural resource debates. *Environ. Sci. Policy*, 64, 164-170.
- Chad, S., Christopher, A.S. (2018). Putting water security to work: Addressing global challenges. *Water Int.* 43, 1017–1025.
- Charalambous, B., Laspidou, C. (2017). Dealing with the Complex Interrelation of Intermittent Supply and Water Losses; IWA Publishing: London, UK. pp. 22-28.
- Choe, K., Varley, R., Bilani, H. (1996). Coping with Intermittent Water Supply: Problems and Prospects, Environmental Health Project; Activity Report No. 26.; USAID:Washington, DC, USA.
- Clement, F. (2013). From water productivity to water security: A paradigm shift. In *Water Security Principles, Perspectives and Practices*; Lankford, B.A., Ed.; Routledge: Abingdon, UK, pp. 148-165.

- Coelho, S.T., James, S., Sunna, N., Abu Jaish, A., Chatila, J. (2003). Controlling water quality in intermittent supply systems. *Water Sci. Technol. Water Supply*, 3, 119-125.
- Cook, C., Bakker, K. (2012). Water security: Debating an emerging paradigm. *Global Environ. Chang.* 22, 94–102.
- Cook, C., Bakker, K. (2013). Debating the concept of water security. In *Water Security: Principles, Perspectives and Practices*; Lankford, B.A., Ed.; Routledge: Abingdon, UK, pp. 49-63.
- Cornejo, P., Santana, M., Hokanson, D., Mihelcic, R.J., Zhang, Q. (2014). Carbon footprint of water reuse and desalination: A review of greenhouse gas emissions and estimation tools. *J. Water Reuse Desalin.* 4, 238.
- Damania, R., Desbureaux, S., Rodella, A., Russ, J., Zaveri, E. (2019). *Quality Unknown: The Invisible Water Crisis*; World Bank Publications: Washington, DC, USA.
- Damkjaer, S., Taylor, R. (2017). The measurement of water scarcity: Defining a meaningful indicator. *Ambio*, 46, 1-19.
- Danilenko, A., Van den Berg, C., Macheve, B., Moffitt, L.J. (2014). *The IBNET Water Supply and Sanitation Blue Book 2014: The International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities Databook*; World Bank Publications: Washington, DC, USA.
- Dickens, C., Rebelo, L.-M., Nhamo, L. (2017). Guidelines and Indicators for Target 6.6 of the SDGs: Change in the Extent of Water-related Ecosystems over Time. In *CGIAR Research Program on Water, Land and Ecosystems*; International Water Management Institute: Colombo, Sri Lanka, 44p.
- Falkenmark, M. (1986). Fresh water—Time for a modified approach. *Ambio*, 15, 192-200.
- Falkenmark, M. (1989). The massive water scarcity now threatening Africa: Why isn't it being addressed? *Ambio*, 18, 112–118.
- Falkenmark, M., Lundqvist, J., Widstrand, C. (1989). Macro-Scale water scarcity requires micro-scale approaches. *Nat. Resour.* 13, 258-267.
- FAO (Food and Agriculture Organization) (2003). *Review of World Water Resources by Country*; Water Report No. 23; FAO: Rome, Italy.
- Garfin, G.M., Scott, C.A., Wilder, M., Varady, R.G., Merideth, R. (2016). Metrics for assessing adaptive capacity and water security: Common challenges, diverging contexts, emerging consensus. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 21, 86–89.
- Garrick, D., Hall, W.J. (2014). Water security and society: Risks, metrics, and pathways. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 39, 611-639.
- Gassert, F., Luck, M., Landis, M., Reig, P., Shiao, T. (2014). *Aqueduct Global Maps 2.1: Constructing Decision-Relevant Global Water Risk Indicators*; World Resources Institute: Washington, DC, USA.
- Gerlak, A.K., House-Peters, L., Varady, R., Albrecht, T., Zuniga Teran, A., de Grenade, R., Scott, C.A. (2018). Water security: A review of place-based research. *Environ. Sci. Policy*. 82, 79–89.
- Gheuens, J., Nagabhatla, N., Perera, E. (2019). Disaster-Risk, Water Security Challenges and Strategies in Small Island Developing States (SIDS). *Water* 2019, 11, 637.
- Giordano, M. (2017). Water security. In *The International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment, and Technology*; Richardson, D., Ed.; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA.
- Giordano, M., Shah, T. (2014). From IWRM back to integrated water resources management. *Int. J. Water Resour. Dev.* 30, 364–376.
- Grafton, Q.A., Daniell, K., Nauges, C., Rinaudo, J., Wah Chan, N. (2015). *Understanding and Managing Urban Water in Transition*, 1st ed.; Springer: Berlin, Germany, 318p.
- Grey, D., Garrick, D., Blackmore, D., Kelman, J., Muller, M., Sadoff, C. (2013). Water security in one blue planet: Twenty-First century policy challenges for science. *Phil. Trans. R. Soc. A*, 371, 20120406.
- Grey, D., Sadoff, C.W. (2007). Sink or Swim? Water security for growth and development. *Water Policy*, 9, 545–571.
- GWP (Global Water Partnership). (2000). *Towards Water Security: A Framework for Action*; GWP: Stockholm, Sweden.
- Haddeland, I., Heinke, J., Biemans, H., Eisner, S., Flörke, M., Hanasaki, N., Stacke, T. (2014). Global water resources affected by human interventions and climate change. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 111, 3251–3256.
- Halbe, J., Pahl-Wostl, C., Sendzimir, J., Adamowski, J. (2013). Towards Adaptive and Integrated Management Paradigms to Meet the Challenges of Water Governance. *Water Sci. Technol. J. Int Assoc. Water Pollut. Res.* 67, 2651–2660.
- Hartley, K., Tortajada, C., Biswas, A.K. (2017). Confronting global security in an era of water instabilities. *Foreign Policy J.* Available online: <https://www.foreignpolicyjournal.com/2017/02/03/confronting-global-security-in-an-era-of-water-instabilities/> (accessed on 22 November 2019).
- Hoekstra, A.Y., Buurman, J., van Ginkel, K.C.H. (2018). Urban water security: A review. *Environ. Res. Lett.* 13, 053002.
- Howard, G., Bartram, J. (2003). *World Health Organization. Water, Sanitation and Health Team. Domestic Water Quantity, Service Level and Health*; World Health Organization: Geneva, Switzerland.
- Howlett, M.P., Cuenca, J.S. (2017). The use of indicators in environmental policy appraisal: Lessons from the design and evolution of water security policy measures. *J. Environ. Policy Plan* 19, 229-243.
- Hussein, H. (2019). An analysis of the framings of water scarcity in the Jordanian national water strategy. *Water Int.* 44, 6–13.
- Ingeduld, P., Pradhan, A., Svitak, Z., Terrai, A. (2006). Modelling intermittent water supply systems with EPANET. In *Proceedings of the Water Distribution Systems Analysis Symposium, Cincinnati, OH, USA, 27–30 August 2006*; pp. 1-8.
- Jensen, O., Wu, H. (2018). Urban water security indicators: Development and pilot. *Environ. Sci. Policy*, 83, 33-45.
- Jimenez Cisneros, B.E., Oki, T., Arnell, N.W., Benito, G., Cogley, J.G., Doll, P., Jiang, T., Mwakalila, S.S. (2014). Freshwater resources. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability*; Cambridge University Press: Cambridge, UK.
- Jimenez, B., Asano, T. (2008). *Water Reclamation and Reuse around the World: An International Survey of Current Practice, Issues and Needs*; IWA Publishing: London, UK. pp. 27–48.
- Kala, V., Sunil, D., Gorantiwar, S.M. (2007). Intermittent water supply under water scarcity situations. *Water Int.* 32, 121-132.
- Karpi, A. (1993). Letter to the Editor. *Emerg. Infect. Dis.* 3, 3.
- Koç, C. (2015). A study on the role and importance of irrigation management in integrated river basin management”.

- Environmental Monitoring and Assessment, Volume 187, Issue 8, 488
- Koç, C., Bakış, R., Bayazıt, Y. (2018). Entegre Kentsel Su Yönetimi. International Symposium on Urban Water and Wastewater Management. 841-848, October 25-27, Denizli, Türkiye
- Komnenic, V., Ahlers, R., Van Der Zaag, P. (2009). Assessing the usefulness of the water poverty index by applying it to a special case: Can one be water poor with high levels of access? *Phys. Chem. Earth Parts A B C*, 34, 219–224.
- Koop, S.H., van Leeuwen, C.J. (2015). Application of the improved city blueprint framework in 45 municipalities and regions. *Water Resour. Manag.* 29, 4629-4647.
- Koop, S.H., van Leeuwen, C.J. (2015). Application of the improved city blueprint framework in 45 municipalities and regions. *Water Resour. Manag.* 29, 4629–4647.
- Lawrence, P.R., Meigh, J., Sullivan, C. (2002). *The Water Poverty Index: An International Comparison*; Department of Economics, Keele University: Keele, UK.
- LeChevallier, M., Gullick, R., Karim, M., Friedman, M., Funk, J. (2003). The potential for health risks from intrusion of contaminants into the distribution system from pressure transients. *J. Water Health.* 1, 3–14.
- Maheshwari, B., Singh, V., Thoradeniya, B. (2016). *Balanced Urban Development: Options and Strategies for Liveable Cities*; Springer: Berlin, Germany.
- Mancosu, N., Snyder, R., Kyriakakis, G., Spano, D. (2015). Water Scarcity and Future Challenges for Food Production. *Water*, 7, 975–992.
- Mara, D., Kramer, A. (2006). *The 2006 WHO Guidelines for Wastewater and Greywater Use in Agriculture: A Practical Interpretation*; WHO: Geneva, Switzerland.
- Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y. (2016). Four billion people facing severe water scarcity. *Sci. Adv.* 2, e1500323.
- Nazif, S., Karamouz, M., Yousefi, M., Zahmatkesh, Z. (2013). Increasing water security: An algorithm to improve water distribution performance. *Water Resour. Manag.* 27, 2903-2921.
- Pahl-Wostl, C. (2007). Transitions towards Adaptive Management of Water Facing Climate and Global Change. *Water Resour. Manag.* 21, 49–62.
- Phillis, Y.A., Kouikoglou, V.S., Verdugo, C. (2017). Urban sustainability assessment and ranking of cities. *Comput. Environ. Urban Syst.* 64, 254–265.
- Phillis, Y.A., Kouikoglou, V.S., Verdugo, C. (2017). Urban sustainability assessment and ranking of cities. *Comput. Environ. Urban Syst.* 64, 254–265.
- Rodríguez, M., Cuevas, M., Huertas, F., Martínez, G., Moreno, B. (2015). Indicators to evaluate water sensitive urban design in urban planning. *WIT Trans. Built Environ.* 371–382.
- Rouse, M.J. (2013). *Institutional Governance and Regulation of Water Services*; IWA Publishing: London, UK.
- Sadoff, C.W. (2015). *Securing Water, Sustaining Growth: Report of the GWP/OECD Task Force on Water Security and Sustainable Growth*; University of Oxford: Oxford, UK.
- Saidan, M., Khasawneh, H., Aboelnga, H., Meric, S., Kalavrouziotis, I., Jasem, A., Hayek, B., Al-Momany, S., Al Malla, M., Porro, J. (2019). Baseline carbon emission assessment in water utilities in Jordan using ECAM tool. *J. Water Supply Res. Technol. Aqua.* 68, 460-473.
- Sashikumar, N., Mohankumar, M.S., Sridharan, K. (2003). Modelling an Intermittent Water Supply. *World Water Environ. Resour. Congr.* 118, 261.
- Scanlon, B., Ruddell, B., Reed, P., Hook, R., Zheng, C., Tidwell, V., Siebert, S. (2017). The food-energy-water nexus: Transforming science for society. *Water Resour. Res.* 53, 3550–3556.
- Siemens. (2012). *The Green City Index*, Economist Intelligence Unit; Siemena: Munich, Germany.
- Smith, K., Liu, S.; Chang, T. (2015). Contribution of urban water supply to greenhouse gas emissions in China. *J. Ind. Ecol.* 20, 792–802.
- Srinivas, H. (2009). *Urban Water Resources Management: An Integrated Urban Water Strategy*. Global Development Research Center. Available at: <http://www.gdrc.org/uem/water/urban-water.html>
- Srinivasan, V., Konar, M., Sivapalan, M. (2017). A dynamic framework for water security. *Water Security*, 1, 12-20.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M., Biggs, R., Carpenter, S.R., de Vries, W., de Wit, C.A., et al. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347, 6223.
- Sullivan, C. (2002). Calculating a water poverty index. *World Dev.* 30, 1195-1210.
- Tucci, C.E.M. (2009). *Integrated Urban Water Management in Large Cities: A Practical Tool for Assessing Key Water Management Issues in the Large Cities of the Developing World*. World Bank.
- UN (United Nations) (2019). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision; (ST/ESA/SER.A/420)*; United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division: New York, NY, USA, 2019.
- UNDP (2006). *Human Development Report 2006. Beyond Scarcity: Power, Poverty and the Global Water Crisis*. United Nations Development Programme, New York.
- UNESCO (2019). *The United Nations World Water Development Report 2019: Leaving No One Behind*; UNESCO: WorldWater Assessment Programme. Paris, France, 2019.
- UNESCO and UNESCO i-WSSM. (2019). *Water Security and the Sustainable Development Goals (Series I)*; Global Water Security Issues (GWSI) Series; UNESCO Publishing: Paris, France, Resources 2019, 8, 178 19 of 19
- UN-Water (2013). *Water Security and Global Water Agenda: A UN-Water Analytical Brief* ; United Nations University, Institute for Water, Environment and Health: Hamilton, ON, Canada.
- Van Beek, E., Arriens, V.L. (2014). *Water Security: Putting the Concept into Practice*; GlobalWater Partnership Stockholm: Stockholm, Sweden, p. 52.
- Van der Steen P. and Howe C. (2009). *Managing Water in the City of the Future*; Strategic Planning and Science. *Reviews in Environmental Science and Bio-Technology*, 8, 2, p 115-120.
- Van Leeuwen, C.J. (2013). City blueprints: Baseline assessments of sustainable water management in 11 cities of the future. *Water Resour. Manag.* 27, 5191–5206.
- Van Leeuwen, C.J., Koop, S.H.A., Sjerps, R.M.A. (2016). City blueprints: Baseline assessments of water management and climate change in 45 cities. *Environ. Dev. Sustain.* 18, 1113-1128.
- Vorosmarty, C.J., McIntyre, P.B., Gessner, M.O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S.E., Sullivan, C.A., Liermann, C.R., et al. (2010). Global threats to human

- water security and river biodiversity. *Nature* 2010, 467, 555–561.
- Wakeel, M., Chen, B., Hayat, T., Alsaedi, A., Ahmad, B. (2016). Energy consumption for water use cycles in different countries: A review. *Appl. Energy*, 178, 868–885.
- Waldron, T. (2005). *Managing and Reducing Losses from Water Distribution Systems. Manual 10, Executive Summary*; Environmental Protection Agency: Brisbane, Australia, ISBN 0724294988.
- WEF (World Economic Forum) (2015). *Global Risks Report 2015*; WEF: Davos, Switzerland.
- WEF (World Economic Forum). (2019). *The Global Risks Report 2019*. Geneva: World Economic Forum. Available online:  
[http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Global\\_Risks\\_Report\\_2019.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2019.pdf) (accessed on 16 October 2019).
- Wheater, H.S., Gober, P. (2015). Water security and the science agenda. *Water Resour. Res.* 51, 5406-5424.
- WHO (World Health Organization). (2017). *Guidelines for Drinking-Water Quality*, 4th ed.; WHO: Geneva, Switzerland, ISBN 978-92-4-154995-0.
- Zeitoun, M., Lankford, B., Krueger, T., Forsyth, T., Carter, R., Hoekstra, A.Y., Taylor, R., Varis, O., Cleaver, F., Boelens, R., et al. (2016). Reductionist and integrative research approaches to complex water security policy challenges. *Glob. Environ. Chang.* 39, 143-154.