

Sürdürülebilir Yağmur Suyu Hasadı Üzerine Yapısal Bir İnceleme

A Structural Study on Sustainable Rainwater Harvesting

Pınar SELİMOĞLU¹, Ruşen YAMAÇLI²

¹ Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Boyabat Meslek Yüksek Okulu, Sinop
² Mimarlık Bölümü, Mimarlık Fakültesi, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Eskişehir

Doi: 10.51764/smutgd.1121620

Geliş Tarihi : 26.05.2022

ÖZET

Kabul Tarihi : 16.12.2022

Günümüzde ekonomik, sosyal ve ekolojik sistemin bozulması gibi nedenlerle kullanılabilir su kaynakları ciddi tehlike ve risk altındadır. Artan su talebini karşılamak için teknolojinin bütün imkânlarından yararlanarak suya erişim halen mümkündür. Fakat kullanılabilir su kaynakları sonsuz değildir ve suyun ikamesi mümkün değildir. Nüfusun artması ve kullanılabilir su kaynaklarının gittikçe tükeniyor olması, ülkeleri yağmur suyu hasadı, gri su, tuzdan arınma gibi alternatif su kaynakları arayışlarına yöneltmiştir. Alternatif su kaynaklarından biri olan yağmur suyu, eski çağlardan beri insanoğlu tarafından kullanılmaktadır. Bu çalışmada su felsefesinden kısaca bahsedilerek, yağmur suyu hasadı için kullanılan sistemlerin neler olduğundan ve yağmur suyu hasadı sistemlerin gelişimine kısaca değinilerek Dünya'daki ve ülkemizdeki yağmur suyu sisteminin uygulamasının hangi noktada olduğu, nasıl uygulandığı, ülkelerin bu konudaki politikaları hakkında bilgiler verilecektir. Gittikçe artan su talebini karşılamak için suya ulaşmada kullanılan teknolojinin ve insanların verdiği hasar, yanlış uygulamalar, ormansızlaşma, kentleşme gibi nedenlerle bozulan su döngüsü için alternatif su kaynaklarından biri olan yağmur suyu hasadının makro ve mikro ölçekte uygulanmalarının önemi ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Alternatif Su Kaynağı, Yağmur Suyu Hasadı, RWH, Sarnıç, Sürdürülebilirlik

ABSTRACT

Today, usable water resources are in serious danger and at risk due to the deterioration of the economic, social and ecological system. Accessing to water is still possible by making use of all the possibilities of technology to meet the increasing water demand. But usable water resources are not endless and water cannot be replaced. Increasing population and depletion of usable water resources have led countries to seek alternative water sources such as rainwater harvesting, gray water and desalination. Rainwater, one of the alternative water sources, has been used by mankind since ancient times. In this article, the philosophy of water is briefly mentioned, the systems used for rainwater harvesting and the development of these systems are briefly mentioned, and information is given about the application of the rainwater system in the world and in our country, how it is applied, and the policies of the countries on this issue. The importance of the technology used to reach water to meet the ever-increasing water demand and the application of rainwater harvesting, which is one of the alternative water resources, in macro and micro scales for the water cycle, which is deteriorated due to human destruction, wrong practices, deforestation and urbanization, has been demonstrated.

Keywords: Alternative Water Source, Rain Water Harvest, RWH, Cistern, Sustainability,

GİRİŞ

Hayatın başlangıcından bu yana su, insanoğlu için yaşam kaynağının temelini oluşturmaktadır. Fizyolojik gereksinimlerimizi karşılayan yanı sıra hayatın birçok alanında da kullanılan su, insanlar tarafından erişimi sağlandığı müddetçe asla tükenmeyecek bir kaynak gibi algılanmaktadır. Dünya'nın 4'te 3'nün sularla kaplı olması, insanda suya erişimin her zaman mümkün olacağı hissini uyandırır da kullanılabilir suya erişim gittikçe zorlaşmaktadır.

Dünyadaki toplam 1,4 milyar km³ lük su miktarının %97,5'i okyanuslar ve denizlerde tuzlu su olarak %2,5'i ise nehir ve göllerde tatlı su olarak bulunmaktadır. Tatlı su kaynaklarının %90'lık kısmının kutuplarda ve yer altında bulunduğu düşünülürse insanoğlunun kolaylıkla yararlanabileceği elverişli tatlı su miktarı oldukça azdır (DSİ 2006; Kayaer ve Çiftçi 2018). Günümüzde iki milyardan fazla insanın su stresine maruz bölgelerde yaşadığı bilinmektedir (UNESCO 2021:13). Küresel tatlı su kullanımı son 100 yılda altı kat artmış ve 1980'lerden bu yana yılda yaklaşık %1 oranında artmaya da devam etmektedir. Dünya'da 2030 yılına kadar küresel su kıtlığının %40'a kadar yükseleceği öngörülmektedir (UNESCO 2021:12). Dünya'nın yarıya yakın kısmının su kıtlığı ile karşı karşıya olması gerçeği, gelecekte gündemi en çok meşgul edecek konunun su olacağını açıkça göstermektedir.

Dünya'da su durumu gittikçe kötüye giderken ülkemizdeki durum da pek iç açıcı değildir. DSİ raporlarına göre 2006 yılında kişi başına düşen kullanılabilir yıllık su miktarı 1.652 m³ olarak hesaplanmıştır (DSİ 2006; Kayaer ve Çiftçi 2018). 2021 yılında ise kişi başına düşen kullanılabilir yıllık su miktarı 1.323 m³ olarak hesaplanmıştır (DSİ 2021; Kayaer ve Çiftçi 2018). 2006 yılından 2021 yılına kadar geçen süre içerisinde kişi başına düşen kullanılabilir yıllık su miktarında ciddi bir azalma görülmektedir. Ülkemizdeki su durumu Falkenmark indeksi (Falkenmark, Lundqvist, ve Widstrand 1989) verilerine göre değerlendirildiğinde ülkemizin ileride su stresi yaşayan ülkeler arasında yer alacağı görülmektedir. (Tablo 1).

Tablo 1. Falkenmark İndeks Değerleri (Falkenmark vd. 1989)

Su (m ³ /kişi /yıl)	Sınıflandırma
1700 ve üstü	Su baskısı yok
1700 - 1000	Su sıkıntısı
1000 – 500	Su kıtlığı
500 ve altı	Mutlak su kıtlığı

Nüfustaki artış, kuraklık, iklim değişimleri, küresel ısınma gibi nedenlerle her geçen gün temiz su kaynaklarına daha zor ulaşılabilir olma durumu sürdürülebilir su kaynaklarının yönetimine dair yeni ve radikal kararlar almayı gerekli kılmaktadır. Su kaynaklarının yönetimini gerçekleştirmek için iki çözüm önerisi sunulabilir. Birincisi mevcut su kaynaklarının verimli şekilde kullanılması, ikincisi tükenen tatlı su kaynakları göz önüne alındığında yeni ve alternatif su kaynakları bulunmasıdır. İlki, tüketim alışkanlıkları değiştirilmesini ve su tasarruflu cihazların (çamaşır- bulaşık makineleri, su tasarruflu musluklar, duş başlıkları, klozetler vb.) kullanılmasını teşvik eden çözümleri içerir. İkincisi, Dünya'da da yaygınlaşan yağmur suyu hasadı, su ıslahı, suyun yeniden kullanılması durumlarıdır (Yannopoulos, Giannopoulou, ve Kaiafa-Saropoulou 2019). Su kaynaklarının yönetimi için hem bireysel hem de toplumsal katkı önemlidir.

Geleceğin en büyük sorunlarından biri olarak daima gündemde olan su sorununa çözüm bulma konusu üzerinde önemle durulmalıdır. Her geçen gün, kaynakların azaldığı ve su erişiminin zorlaşacağı gerçeği unutulmadan radikal önlemler almak ve alınan önlemlerin uygulanmasını sağlamak gereklidir.

Bu çalışmada her çağda olduğu gibi günümüzde de hayati önem taşıyan suyun felsefesinden kısaca bahsedilerek antik çağlardan günümüze geleneksel sürdürülebilir yağmur suyu hasadının gelişimine kısaca değinilecektir. Günümüzde Dünyada ve Türkiye'deki yağmur suyu hasadı uygulamalarından bahsedilmiştir. Suyun yönetimi, yağmur suyu hasadı ve su kaynaklarının daha sürdürülebilir kullanımı için yöntemlerin yaygınlaşması ve yönetimlerin yaptırımlarının önemini vurgulamak amaçlanmıştır.

SU FELSEFESİ

Yedi bilgilerden biri olan Miletli Thales evrendeki her şeyin temel ilkesinin su olduğunu ileri sürmüştür (Vitruvius 2021:295). Bugün dünyanın gündemini sürekli meşgul eden suyun her şeyin temel ilkesi olduğu görüşüne katılmamak mümkün değildir.

İnsanlık tarihinde su, hem berekete hem de felakete sebep olmuştur. Suyun yokluğu, kuraklığı ve kıtlığı, çok yoğun olması da tufanları, selleri, ölümleri beraberinde getirmiştir. İyi ve kötü ruhların varlığına inanan insanlar, suların kontrolü için tanrılar icat etmişler ve böylece Mezopotamyalılar Fırat ve Dicle'yi, Hintliler İndus'u, Mısırlılar Nil'i, Hititler Kızılırmak'ı, Çinliler Sarı Irmak'ı dizginleyip kontrol edebileceklerine inanmışlardır. Su boyu nehir tanrıları, zamanla eski Yunan, Fenike, Roma gibi uygarlıklarda; Aşera (Fenike Tanrıçası), Poseidon (Yunan Denizler Tanrısı) ve Neptün (Roma Su ve Deniz Tanrısı) gibi tanrılara evrilmiştir (Berens 2021). Çin mitolojisinde, ilk insanların ana tanrıça Nigua tarafından nehir yatağındaki çamurdan yaratıldığına ve onlara nefes üflediğine inanılır (Rosenberg 1998:541). Yunan mitolojilerinde su perileri, pınar tanrıları gibi, su ile ilgili sayısız figür bulunmaktadır. Bu gibi inanışlar, Güneydoğu Asya, İskandinavya, Endonezya, Avustralya halk hikâyeleri ve destanlarında yer edinmiştir (Ulutürk 2009:3). Su tanrısallık hikâyelerde kalmayıp mimari, heykel, resim gibi sanat dallarına da konu olmuştur.

Hititler medeniyetlerini suya borçlu olduklarını keşfetmiş ve suyu kutsamışlardır. Onlar için su yaşam kaynağı olduğu kadar tanrılara ulaşmak için arınma anlamına da gelmekteydi. Bu nedenle Kızılırmak havzasında devlet kuran Hititler, bu nehri de kutsamışlar ve nehre Maraşşantiya adını vermişlerdir (Bahar 2017:281). Hinduizm inancında Ganj Nehri kutsaldır ve Hindular Ganj Nehri'ni Tanrıça Ganga'nın kişileştirilmiş formu olarak kabul ederler, bu sebeple de nehre taparlar. İnançlarına göre de belirli günlerde Ganj Nehirde yıkanılır. Bu şekilde tövbelerinin kabul edilip bağışlayacağına inanırlar (URL1). Su, farklı zamanlarda farklı toplumlarda da arındıran, bağışlayan olmaya devam etmektedir.

Roma'da ve Antik Yunan'da tapınakları temizleme işleminde kullanılan kutsal sular, Hıristiyanlıkta vaftiz uygulamasında kullanılan sular, İslam dininde zemzem suyuna yüklenen misyon ve zemzem suyu ilgili hikâyeler, suyun çeşitli Pagan inançlarda ve tek tanrılı dinlerde bir arınma simgesi olarak kullanıldığını ortaya koymaktadır (Bilgiç ve Hosny 2019). Su maddi ve manevi temizlikte bir varlık olarak görülmektedir.

Türklerin inanç ve kültürlerinde yer-su inanışları içinde yer alan suya, her zaman büyük bir anlam ve değer yüklenmiştir. Türk kozmogonisinde su, varlıkların özü ya da ilk varlık olarak kabul görür. Yani suyu Türkler yaratılışın ilk ve ana çekirdeği olarak kabul ederler. Bu anlayışa göre evren, sudan ve topraktan yaratılmıştır ve su, evrenin oluşmasına sebep olan temel unsur olarak görülmektedir (Kiyak 2013). Geçmiş zamanlardan

günümüze su, gereksinimlerimizi karşılamanın yanında sahip olduğu özellikler nedeni ile kült olarak toplumlarda önemli bir değere sahiptir ve kutsanmıştır. Bu gün de önemli bir kült unsuru olarak varlığını devam ettirmektedir. Suya atfedilen anlamların yanı sıra toplumlar suyu içmek, temizlik, sulama vs. ihtiyaçları karşılama kullanmak ve herkesin kullanımına sunmak için zamanın şartlarına uygun olarak tesisler yapmış ve su kaynaklarını doğru kullanmanın yollarını aramışlardır. Su kaynaklarının kullanımında alternatif su kaynaklarını da önemsemişler ve önemli bir kaynak olarak yağmur suyunu hasat etmişlerdir.

YAĞMUR SUYU HASADININ GEÇMİŞİ

Yağmur suyu hasadı (Rain Water Harvesting - RWH), yağmur suyunun toplanması, depolanması, arıtılması, dağıtılması ve kullanılmasını ifade eder.

Dünyanın birçok yerindeki bulgular göstermiştir ki tarih öncesi çağlardan beri insanlar, evsel kullanımlar, sulama, hayvancılık için gerekli su ihtiyaçlarını yağmur suyunu toplayıp depolayarak karşılamaya çalışmışlardır. Antik çağ boyunca yağmur suyu, içilebilir ve içilemez kullanımı için ana su kaynağı olmuştur. Bu nedenle yağmur suyu hasadı insanların hayatta kalabilmeleri için son derece önem arz etmektedir (Yannopoulos vd. 2019). Suya erişimin zor olduğu yerlerde ve kurak bölgelerde yağmur suyu ilk çağlardan beri kullanılmıştır.

Yağmur suyu hasadı (RWH), yaklaşık 4500 yıl önce Sümer bölgesinde Ur şehri halkı tarafından, daha sonra Orta Doğu'nun diğer insanları tarafından uygulanmıştır. Güney Ürdün'deki arkeolojik kanıtlar, 9000 yıl öncesinde tarımsal amaçlar için su toplama sistemlerinde varlığını gösterirken İsrail'in Negev çölündeki benzer su toplama sistemleri de yaklaşık 4000 yıl veya daha öncesine dayanmaktadır (Everani vd. 1961). Yağmur suyunu depolamak amacıyla sarnıçların inşası ve kullanılması, Neolitik Çağa kadar izlenebilir. Sarnıçlar, iyi tasarlanmış bir şehrin temel özelliklerinden ve yağmur suyunu toplama yöntemlerinden biridir. Roma döneminde artan nüfus ve yerleşim alanlarının büyümesiyle su gereksinimlerinin artması sarnıçlar ile birlikte suyun taşındığı yapılarının gelişmesine ve iki sistemin birleşmesine neden olmuştur (Mays, Antoniou, ve Angelakis 2013). Sarnıçlar hem yağmur suyunun hem de halkın içme suyunun depolandığı alanlar olarak günümüze kadar varlığını sürdürmüşlerdir.

Minos ve Mikenliler'in hidrolik sistemler yapım teknolojisi, Arkaik (MÖ 800-479), Klasik (MÖ 478-323), Helenistik (MÖ 323-30) ve Roma (MÖ 30-330) dönemi boyunca Antik Yunanlılar tarafından daha da geliştirilmiştir (Yannopoulos vd. 2019). M.Ö. 3200 – M.Ö. 1150 döneminde Girit adasında doğmuş, ilk Avrupa Uygarlığı olan Minos Uygarlığı yağmur suyunu toplamak için pişmiş toprak kanallarla bir sistem geliştirmiş, dağlardan gelen yüzey suyu ve yağmur suyunu kanallarla taşımışlardır (Angelakis ve Spyridakis 2010). Bu kanallar suyun bulunduğu yerden başka yerlere sevkini daha da gelişmesinde örnek olmuştur.

Helenistik dönemde yağmur suyu genelde yüzey akışı ile toplanmış ve sarnıçlarda depolanmıştır. Klasik ve Helenistik dönemde Girit'te, daha küçük Ege adalarında ve anakaradaki diğer yarı kurak bölgelerindeki yerleşimlerinde akropolde su kaynağı ya da derin kuyular bulunmamaktadır. Zor koşullar ve kuşatma durumunda su sıkıntısı yaşamamak için yağmur suyunu toplamak gerekmiştir. Su kaynaklarına uzak ve tepedeki yerleşim alanı için yüksek noktalarda yağmur suyunu toplamak en iyi çözümlerden biri olarak görülmüş ve yağmur suyu açık sarnıçlarda toplanmıştır (Mays vd. 2013). Santorini'de, önce binaların düz çatılarından yağmur suları toplanmış ve kanallar yardımı ile sarnıçlarda depolanmıştır (Bitis 2013). Yerleşim alanları su kaynaklarından uzak yerlerde kurulsa da toplumlar suyu yerleşim alanına getirmenin, depolamanın ve alternatif kaynakları kullanmanın yolunu bulmuşlardır.


MS.14. yy da Siena'da yağmur suyunu toplamak için kanallar inşa edilmiştir. Kanallarla kırsal alanlarda toplanan yağmur suları şehir merkezindeki çeşmelere getirilmiştir (Garceau 2011). Roma'da su kemerleri ile getirilen suyu ve toplanan yağmur suyunu depolamak için genelde avluların altına sarnıçlar yapılmıştır. Ayrıca, Roma zengin evleri ve villalarında yağmur suyu, çatıdaki bir delikten toplanıp zemindeki sığ, dikdörtgen üstü açık tanklara depolanıp ev işleri için kullanılmıştır. Ayrıca bu küçük ölçekli sarnıçlar yer altı depolama sarnıçları ile bağlantılıydı ve bir yağmur suyu toplama sistemini oluşturuluyordu. Suyun su kemerleriyle getirilip dinlendirmesi ve depolanması gelişmiş bir sisteminin varlığını göstermektedir. Büyük Roma sarnıçları tüm Yunanistan'da, İspanya, Güney İtalya, Küçük Asya ve Kuzey Afrika'da inşa edilmiştir (Yannopoulos vd. 2019). Zaman içerisinde değişen ve gelişen hidrolik sistemler, suyun toplumlar için ne kadar önemli olduğunu bir kez daha ortaya koymaktadır.

Roma İmparatorluğu'nun çöküşünden sonra Bizans İmparatorluğu, su temini sistemlerinde köklü değişiklikler yapmıştır (Mays vd. 2013). İmparatorluğun doğu kısmı, Konstantinopolis'in ve Doğu Akdeniz'in büyük kısmında sulama sisteminde Roma gelenekleri birkaç yüzyıl daha devam ettirilmiş ve zamanla bu teknikler de azalmıştır (Çeçen 1996). Su temininde teknikler değişiklik gösterse de suyun temini konusu her zaman önemli olmuştur. Venedik döneminde (yaklaşık 1204-1668) yüzey akışı ile toplanan yağmur suyu iyi şekilde filtrelenerek kullanılmaktaydı. Venedikliler; sarnıçlar, kuyular, su kemerleri, çeşmeler, tuvaletler, hamamların inşası ve işletmesi gibi hidrolikteki teknolojileri oldukça ilerlemiş ve bu teknolojilerin birçoğu o dönemde inşa edilen ünlü kalelerde geliştirilmiş ve kullanılmıştır (Mays vd. 2013).


Osmanlı İmparatorluğu döneminde (yaklaşık 1669-1898), Müslüman geleneğinde suyun önemi de göz önüne alındığında çeşmeler, sebiller, hamamlar oldukça yaygındı ve bunlara su temini büyük hidrolik tesisatlarla sağlanmaktaydı. Osmanlı döneminde merkezi su sistemlerinin hizmet verdiği merkezi bölgelerde sarnıçların rolü azalmış fakat su sistemlerinin hizmet vermediği uzak bölgelerde sarnıçlar inşa edilmeye ve kullanılmaya devam edilmiştir. Bu dönemde Bizans sarnıçlarının dikdörtgen planının aksine kırsal alanlarda dairesel tipte sarnıçlar ortaya çıkmıştır (Öziş 1987). Günümüzde bu tip sarnıçlara sıkça rastlamak mümkündür ve halen hayvanların su ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılmaktadır.

Eski uygarlıklar yerleşim merkezlerini su kenarlarında kurmayı tercih ederek su temini için en kolay çözümü bulmuşlardır. Bazen yerleşim merkezleri, emniyet nedeni ile yüksek ve düşmanın ulaşmasının zor olduğu yerlere de kurulmuştur. Bu durumda su ihtiyacını karşılamak için en yakın kaynaktan ve yağmur sularından faydalanmışlardır. Sarnıçlar, kanallar, kuyular, su kemerleri ile ihtiyaçları olan suyu taşımış, depolamış ve dağıtmışlardır. İlk yağmur suyu toplama teknikleri evsel ve küçük ölçeklidir. Zaman içerisinde artan nüfusla birlikte artan ihtiyaçlara bağlı olarak suyu toplama, taşıma, depolama, filtreleme teknikleri de gelişmiş ve değişmiştir. Bu değişim ve gelişimi günümüze kadar ulaşılmış yapılarda görmek mümkündür (Tablo 2).

Tablo 2. Günümüze ulaşılmış su yapılarından örnekler

Kaynak	Yapı	Özeliği	Fotoğraf
(Mays vd. 2013)	Chamaizi /Yunanistan	M.Ö. 3000 yıllarında yapılmıştır. Ev kompleksi şeklinde, kayaya oyulmuş, dairesel formda olup, 3,5 m derinlik, 1,5 m çap ve 6,5 mt yüksekliğindedir. Evlerin odaları sarnıcın etrafında toplanmıştır.	

(Angelakis vd. 2013)	Myrtos-Pyrgos /Yunanistan	≈M.Ö.1700 yılında yapılmıştır. Kanallarla beslenen sarnıç, dairesel formda olup, 3 m derinlik,5,3 m çapındadır. Etrafı taş duvarlarla çevrili ve içi sıvalıdır.	
(Mays vd. 2013)	Myrtos-Pyrgos /Yunanistan	Pişmiş toprak kanallar ile yüzey suyu ve yağmur suyunun iletimini sağlamıştır.	
(Mays vd. 2013)	Delos/ Yunanistan	MÖ 300 yapılmıştır. Kasabaya su sağlayan merkezi sarnıç tiyatronun ortasında bulunur ve tiyatronun caveasındaki yağmur suları sarnıca iletilir. 6 m genişlik,22.5 m uzunlukta ve dikdörtgen formu olup içi sıvalıdır.	
(URL2)	Nazca / Peru	MÖ 200- MS 600 yıllarında yapıldığı düşünülen kuyular yağmur suyunu toplayarak özel bir kanal sistemiyle taşıdığı düşünülmektedir.	
(Mays vd. 2013)	Xochicalco /Meksika	Yağmur suyu geniş plaza alanında toplanıp drenaj hendeklerinden pişmiş toprak borularla sarnıçlara taşınmaktadır.	
(URL3)	Yerebatan Sarnıcı/ İstanbul	MS. 5. yy. yapılmıştır. 336 sütun üzerine inşa edilmiş ve dikdörtgen formu olup 140 m genişlik, 70 m uzunluk ve 11 m yükseklik ile 108,00 m ³ hacme sahiptir. Duvarlar su geçirmez sıva ile sıvanmıştır. Kemerlerle su taşınmaktadır.	
(Kerim ve Süme 2018)	Aetius Sarnıcı /İstanbul	MS.5.yy yapılmış olup yağmur suyunu toplama için yapılmış açık sarnıç dikdörtgen formundadır. 244 m genişlik, 85 m uzunluk ve 14 m derinlik ile 290.000 m ³ hacme sahiptir. Halen stadyum olarak kullanılmaktadır.	
(Ortloff 2020)	Pont du Gard su kemeri /Roma	MS 40-60 inşa edilmiş olan Pont du Gard su kemeri/köprüsü üç sıra kemere sahiptir, 48.8 m yüksekliğindedir ve 274 m uzunluğundan sadece 2.5 cm alçalmaktadır. Çeşmelere, hamamlara, tiyatrolara, tapınaklara, bahçelere, idari binalara, sarnıçlara su taşımaktadır.	
(Gonen vd. 2021)	Valens (Bozdoğan) Su kemeri /İstanbul	MS.4. yy. sonlarında tamamlandı. Farklı dönemlerde restore ettirilen su kemerinin toplam uzunluğu 240 km'dir. Farklı kaynaklardan su taşımaktadır.	

(URL4)	Muğla sarniç	1522 de inşa edilmiştir. Üstü kubbeli ve dairesel formda olan sarniçlerin taş duvar ile yapılmış ve içi sıvalıdır. Kubbeden süzülen yağmur suları, sarniç etrafına çepeçevre kazılan bir olukta toplanır ve olukta bulunan sarniçin içinde depolanır.	
--------	--------------	---	--

Eski zamanlardan beri su kaynaklarına erişiminin zor olduğu bölgelerde, kurak – yarı kurak topraklarda yağmur suyu hasadı binlerce yıldır kullanılmaktadır. Bazen evsel kullanımlar için yağmur iniş borusuna bağlanan küçük bir depo, su kabı gibi basit bir sisteme, bazen de büyük alanlardan toplanan yağmur suyunu depolayarak halkın ihtiyaçlarını karşılayacak kadar büyük ve karmaşık sisteme kadar geniş bir yelpaze sunmaktadır. Dönemler içerisinde sistemler, yapıların formları, malzemeleri değişse de yağmur suyunu su ihtiyaçlarını karşılamak için kullanma durumu değişmemiştir.

Fakat günümüzde gelişmiş sistemler aracılığı ile uzak bölgelerden su transferini mümkün kılan teknik araçlar akiferler sistemi ile daha derinlerden büyük miktarda su çekilmesi, organize ağlar aracılığı ile güvenli ve sürekli su tedarik edilmesi ile su yönetim yeteneğinin gelişmesi sayesinde su hasadı yöntemleri neredeyse terk edilmiştir (Yannopoulos vd. 2019). Yağmur suyu hasadı uygulaması, bazı bölgelerde çatıdan yağmur suyu toplamayı saymazsak, 1930'lu yılların başına kadar esasen terk edilmiştir. 1950'lerden önce yağmur suyu toplama tekniklerinin araştırma ve uygulamaları konusunda çok az çalışma yapılmıştır (Reddy 2006). Boers, modern su hasadı araştırmalarının 1950'li yıllarda Sydney Üniversitesi'nde Prof. Dr. HJ Geddes tarafından başlatıldığını ve Geddes sulamada kullanılmak üzere akan ve dere akışı olan her türlü suyun toplanması ve depolanmasını "Yağmur suyu Hasadı" terimi olarak ortaya atıldığını belirtmiştir (Boers 1994). Günümüzde sonra yağmur suyu hasadı terimi daha geniş anlamlarda kullanılmıştır.

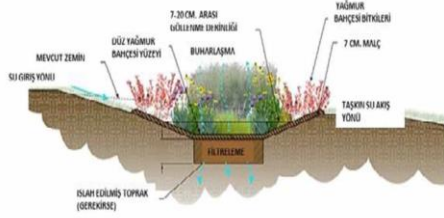
Yağmur suyu toplama konusuna hem araştırma ve hem de uygulama düzeyinde ilgi, kısmen Evenari ve meslektaşlarının 1958 ve 1959 yıllarında İsrail'in Negev çölünde sulama için su toplama sisteminin yeniden yapılandırılması ile dikkat çektiği söylenebilir (Prinz ve Malik 2002). 1970'li ve 1980'li yıllarda Afrika'daki kuraklıklar ve bu durumun mahsuller üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle su toplama alternatiflerinin araştırılmasına yönelik ilave teşvikler sağlamış ve yağmur suyu hasadı ile ilgili deneyimlerin çoğu İsrail, ABD ve Avustralya'da kazanılmıştır (Yannopoulos vd. 2019). İkamesi mümkün olmayan su kaynaklarının azalıyor oluşu insanları eski zamanlardaki gibi yağmur suyunu kullanmaya yönlendirmiştir.

Günümüzde Yağmur suyunu hasat etmenin birçok yöntemi bulunmaktadır. Çatı yüzeyinden yağmur suyu hasadı yönteminde çatı yüzeyine düşen yağmur suyunu toplanmakta, oluklar aracılığı bir depoya /tanka aktarılmaktadır (Şekil 1). Toplanan su içilebilir ve içilebilir olmayan amaçlarla kullanılmaktadır. İçilebilir olmayan amaçlarla, bahçe sulama, araba yıkama, havuzlarda, tuvalet sifonlarında, çamaşır makinelerinde kullanılırken, içilebilir amaçla kullanım için doğru filtrasyon sistemlerinin seçilmesi gerekmektedir.



Şekil 1: Çatı Yağmur suyu hasadı (URL5)

Yağmur bahçeleri ve hendekler, yağmur sularının işlem den geçirmeden, doğrudan yönlendirerek üzerinde bitkilerin yetiştiği, derin olmayan çukurlardır (Müftüoğlu ve Perçin 2015). Yağmur bahçeleri su dengesini yeniden sağlamak için, geçirimsiz alanlardaki yüzey sularını yakalayan, tutan geçirimli yüzeylerdir (Şekil 2-3). Bu sistem, yağmur suyu akışını kontrol etme, yeraltı suyu seviyesini eski haline döndürme, toprağın nemini artırma, evapotranspirasyon ile sıcaklıkları da düşürmede etkilidir (Kasprzyk vd. 2022). Yağmur bahçeleri, bitki ve malç alanı, verimli üst toprak, çakıl - drenaj tabakası, filtreleme - toplama alanı olmak üzere dört katmadan oluşur (Dereli ve Çay 2020).



Şekil 2: Yağmur Bahçesi (URL6)



Şekil 3: Yağmur Bahçesi (URL7)

Geçirimli yüzeyler; çim, çakıl, gözenekli beton veya asfalt, geçirgen beton bloklarla yapılan ve yüzey suyunun akış hızını keserek yağmur suyunun toprak ile buluşmasına olanak sağlar (Şekil 4-5). Geçirimli yüzeylerin tasarımında kullanılan malzeme, yağmur suyunu tutma kapasitesi ve depolama alanı da hesaplamalarda önem arz etmektedir. Yollar, park alanları, spor sahaları, meydanlar geçirgen yüzeyler için oldukça uygun ve geniş alanlardır (Silveira 2002).



Şekil 4: Geçirgen asfalt – beton (URL8)



Şekil 5: Geçirgen beton (URL9)

Çatı bahçesi; yeşil çatı, yaşayan çatı, eko-çatı ve çatı bahçesi gibi isimlerle anılan ve birbirine karıştırılan terimler arasında çatı bahçesi daha farklı bir anlamda kullanılmaktadır. Çatı bahçesi daha ziyade eğlence ve rekreasyon alanı gibi ilave açık hava sosyal yaşam alanıdır (Külekçi 2017). Yeşil çatı kavramı; çatı yüzeyi alanını su geçirmeyen malzemeler üzeri toprak ve bitki elemanları ile kaplanan sosyal ve ekolojik denge unsuru sağlayan alanlardır (Peck ve Kuhn 2003) (Şekil 6-7).

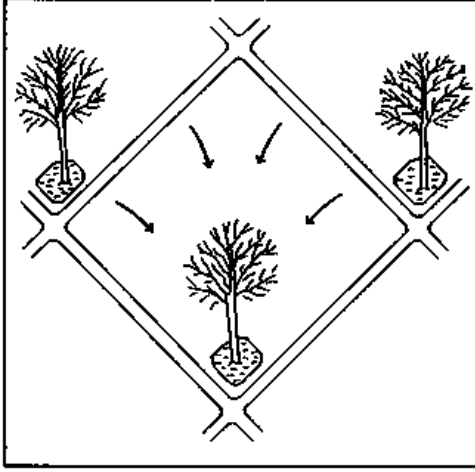


Şekil 6: Turkcell Ar-Ge Binası (URL10)



Şekil 7: Vulcano Buono (URL11)

Yıllık yağış miktarı 200 mm /yıl olan alanlarda ağaçlar için, 300 mm/yıl olan alanlarda tek yıllık bitkiler için mikro havza su hasadı uygulanmaktadır. Doğal çukur alanlar, kontur kuşakları, sıra arası, teraslama, yarım daire bantlar, negarim, meskat, yöntemlerin bazılarıdır (Şekil 8-9). Yıllık yağış miktarının 300 mm/yıldan fazla olan alanlarda makro havza su hasadı uygulanmaktadır. Setler, saptırma kanalları gibi yöntemler kullanılır (Mengü ve Akkuzu 2008).



Şekil 8: Negarim (URL12)



Şekil 9 : Teraslama (URL13)

DÜNYA'DA YAĞMUR SUYU HASADI UYGULAMALARI

20. yüzyılın ortalarından sonra yağmur suyu hasadı konusu tekrar gündeme gelmeye başlamıştır. Ülkeler; yağmur suyunun toplanması, depolaması ve kullanılması için teşvikler sağlamak, fırsatlar yaratmak yani yağmur suyu hasadını yeniden canlandırmak için mevcut su yönetimi çerçevesinde politikalarını ve yönetim stratejilerini gözden geçirmektedir.

Japonya, Singapur, Belçika, Fransa, Almanya, ABD, İsveç, Kanada, İspanya, Yeni Zelanda gibi gelişmiş ülkelerde, hasat edilen yağmur suyu genellikle sulama, çamaşır yıkama ve tuvalet sifonu gibi amaçlar için kullanılmakta iken Avustralya'da içme suyu olarak da kullanılmaktadır. Bangladeş, Botswana, Hindistan, Kenya, Nepal, Namibya, Uganda, Güney Afrika gibi gelişmekte olan ülkelerde ise her iki durumda da kullanılmaktadır (Kisakye ve Van der Bruggen 2018; Lade ve Oloke 2015). Yağmur suyu doğru filtrasyon teknikleri uygulandığında içme suyu olarak ta kullanılabilir.

Yağmur suyu hasadını küçük ölçekli sistemlerde düşünmek yanlıştır. Berlin'de Daimler Chrysler Potsdamer Platz (Şekil 10) ve Belss-Luedecke-Strasse'deki bina kompleksinde, Darmstadt'ta Teknik Üniversite'de; Frankfurt Havaalanında, Londra'da, Millenium Dome, Museum ve Velodrome, Manchester'da Honda Bayiliğinde, Bristol'de Imperial Tobacco Head'da, Singapur'da, Changi Havalimanında, Japonya'da, Sumida şehrinde, Ryogoku Kokugikan Sumo Güreşi Arenası ve Belediye Binasında, Tokyo, Rojison ve Sky Tower'da ve Seul'de, Kwangjin-Gu'da Star City Projesinde yağmur suyu hasadı uygulanmıştır (Yannopoulos vd. 2019). Geniş alanlarda, büyük binalarda yağmur suyu hasadının yaygınlaşması oldukça önemlidir.



Şekil 10. Almanya / Berlin’de Daimler Chrysler Potsdamer Meydanı (URL14)

Arjantin, Brezilya ve Venezuela gibi Latin Amerika ülkelerinde, drenaj hendekleri ve sokak oluklarına toplanan yağmur suları ekili alanlara aktarılır (Ringler, Rosegrant, ve Paisner 2000). Malezya, Japonya, Hindistan ve Kanada’da yağmur suyu toplama sistemlerinin tasarımı, yapımı ve yönetimi hakkında kılavuzlar geliştirilmiştir (Yannopoulos vd. 2019). Avrupa Birliği’nde yağmur suyu kullanımları için kalite standartlarının tanımına ilişkin düzenlemeler yoktur. Fransa ve Birleşik Krallık gibi Avrupa Birliği’nin birçok ülkesinde yalnızca yağmur suyunun evsel kullanımına odaklanan kılavuzlarda bazı standartlar önerilmiştir. İspanya’da geri dönüştürülmüş suyun olası kullanımları için kalite standartlarını belirleyen Kraliyet Kararnamesi bulunmaktadır (Llopert-Mascaró vd. y.y.). Birçok ülkede kılavuzlar ve yönetmeliklerin yanında hem hükümetler hem de yerel/bölgesel yönetimler yağmur suyu hasadı sistemini kurmak ve kullanmak için mali teşvikler de sunmaktadır.

Avrupa ülkelerinde RWH uygulamaları ülkelere göre değişiklik göstermektedir. Almanya RWH sistemlerinin tekniğini geliştirmede ve kullanmada öncü ülkelerden biridir. Yerel yönetimlerin destekleri ve hibeler sayesinde inşa edilen yeni binaların neredeyse üçte birinde yağmur suyu toplama sistemi mevcuttur (Schuetze 2013). Fransa’da 2009 yılında yapılan araştırmaya göre kentsel alanlarda nüfusun %15’lik kısmının bir RWH sistemine sahip olduğu ortaya konulmuştur (Belmeziti, Coutard, ve de Gouvello 2013). Birleşik Krallık ’ta çeşitli girişimler mevcut olmasına rağmen RWH yakın zamanda önem kazanmaya başlamıştır. (Ward, Memon, ve Butler 2010). Malta’da, RWH sistemi evlerin %35,4’ü tarafından kullanılmaktadır. Bunlardan %33,6’sı yeraltı sarnıçlarını, %1,8’i plastik tanklarını kullanmaktadır. RWH sisteminin nasıl olacağı MEPA’nın (Malta Çevre ve Planlama Kurumu) planı ile düzenlenmiştir (Reitano 2011). Belçika, tüm yeni yapılarda, tuvalet sifonlarında ve harici kullanımlarda yağmur suyu toplama sisteminin bulunmasını şart koşan mevzuata sahiptir. Flanders’te şu an evsel tüketimin %10’luk kısmını oluşturan yağmur suyu oranının 2025’e kadar %25’e yükseleceği tahmin edilmektedir (Campling vd. 2008). Portekiz’de, Su ve Atık Hizmetleri Düzenleme Kurumu (ERSAR) halk sağlığının korunması koşuluyla içilebilir olmayan su kullanıma izin verir. Hasat edilen su kaldırım yıkama, sulama, yangınla mücadele ve gıda ile ilgili olmayan endüstriyel üretim için kullanılabilir (Silva, Sousa, ve Carvalho 2015). Avrupa’da yağmur suyunun içilebilir su olarak kullanılması yaygın olmasa da içilebilir olmayan kullanımları mevcuttur.

Su sıkıntısını en fazla yaşayan Afrika ülkelerinde RWH gittikçe yaygınlaşmaktadır. Sivil toplum örgütleri (SIDA, UNEP, UNESCO) araştırma kuruluşları ve hükümetler RWH nin kullanımı teşvik etmekte ve desteklemektedir. Bu destek genellikle kırsal ve yoksul topluluklara odaklanmıştır (Campisano vd. 2017). Afrika’da RWH sistemlerini geliştirme çabası, Kenya tarafından yönetilmektedir. 1994 yılında, Afrika’daki ilk ulusal RWH derneği olan Kenya Yağmur Suyu Derneği kurulmuş ve o zamandan beri Kenya’da çeşitli kuruluşlar tarafından on binlerce yağmur suyu toplama sistemi inşa edilmiştir. Ülkenin farklı bölgelerinde su kaynakları sorunlarına uzun

vadeli çözümler sağlamak amacıyla, her biri kendi tasarım ve uygulama stratejilerine sahip birçok RWH projesi yürütülmüştür (Yannopoulos vd. 2019). Küçük ölçekli RWH kullanımı muhtemelen Afrika'da en yaygın seviyesindedir (Şekil 11). Büyük araştırma projeleri Botsvana, Etiyopya, Kenya, Malavi, Mozambik, Ruanda, Tanzanya, Uganda, Zambia ve Zimbabve gibi ülkelerin RWH için uygun olacağını göstermiştir (Mati vd. 2006). Özellikler gelişmemiş ülkelerde RWH'nin daha da yaygınlaşması için finansal destekler gereklidir.

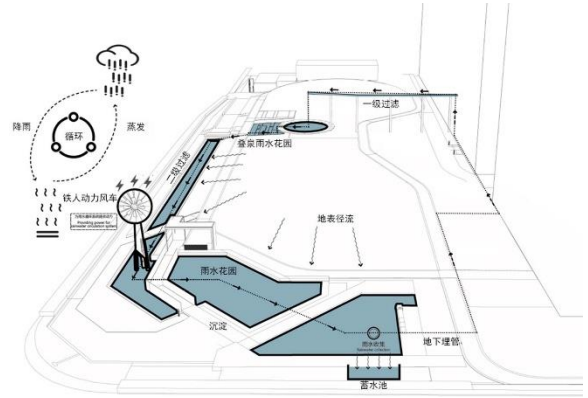


Şekil 11. Afrika'da çatı yağmur suyu hasadı (URL15)

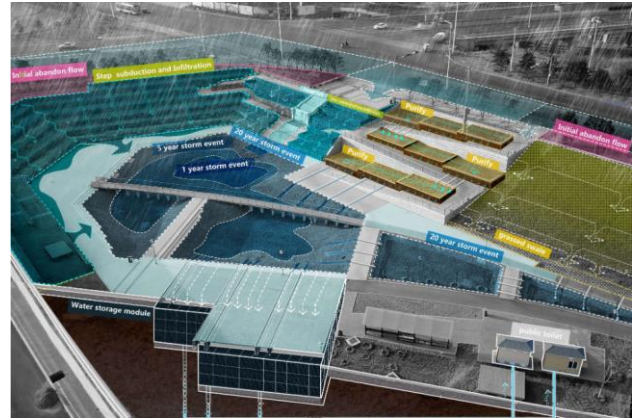
RWH birçok Asya ülkesinde kullanılmaktadır. 1980'lerin başından beri Japonya'da yerel yönetimler RWH ye özel önem vermişlerdir. 1994'teki kuraklık ve 1995'teki deprem sonrası nedeni ile afetlerin sık yaşandığı ülkede kentsel taşkınların önlenmesi, afete hazırlık açısından su kaynaklarının güvenceye alınması, alternatif su kaynaklarının belirlenmesi için yönetmelikler ve yönergeler düzenlenmiştir (Furumai vd. 2008). Mayıs 2015'te Yağmur Suyunun Kullanımını Geliştirme Yasasını kabul etmiş ve bu yasaya göre yağmur suyu kullanma hedefini belirlemek, hedeflere ulaşmak için gerekli destek ve sübvansiyonları sağlamakla yükümlülüğü getirilmiştir (Yannopoulos vd. 2019). Japonya 'da bireysel evlere yerleştirilen küçük boyutlu (1m³ 'ten az depolama kapasiteli) RWH sistemleri yaygındır. 2009 yılında, Tayvan Su Kaynakları Ajansı, Tayvan Su Yasasına evsel su teminine alternatif kaynak olarak RWH'yi dahil etmiştir (Campisano vd. 2017). Hindistan'ın bazı şehir ve eyaletlerindeki (Yeni Delhi, Indore, Chennai, Rajasthan, vb.) yeni binalar ve evler için bir yağmur suyu hasadı zorunludur. Tamil Nadu'nun tüm kırsal alanında uygulanmaktadır (Şekil 12). (Yannopoulos vd. 2019). Malezya'da RWH'nin teşviki için kılavuzlar yayınlanmıştır. 2011 yılında Malezya hükümeti konut binalarını (bungalov ve yarı müstakil) ve çatı alanı 100 m² veya daha fazla olan her türlü binaya RWH'yi zorunlu kılmıştır (Lee vd. 2016). Çin'in Gansu eyaletinde RWH üzerine bir projesi yürütülmüştür ve 2000 yılına kadar proje kapsamında toplam kapasitesi 73 milyon m³'ü aşan 2 milyondan fazla yağmur suyu deposu inşa edilmiş, yaklaşık 2 milyon kişiye içme suyu sağlanmış ve 230.000 hektardan fazla arazinin ek sulaması sağlanmıştır. Çin'de yağmur suyu hasadının uygulandığı parklar tüm dünyada yaygınlaşmalıdır (Şekil 13-14).



Şekil 12. Tamil Nadu Sivaganga, Tapınak Tankı (Thirukkulam) (URL16)



Şekil 13. Çin/ Shenzhen Shenwan Sokak Parkı (URL17)



Şekil 14. Çin/ Qian sünger şehir pilot bölge (URL18)

Avustralya RWH sisteminin uygulanmasında oldukça ileri seviyededir. Kırsal Avustralyalıların toplam %30'u RWH sistemini kullanırken başkentlerde ise %7'si tarafından RWH kullanıyor. Avustralya'daki bulunan tüm evlerin yaklaşık %13'ü birincil içme suyu kaynağı olarak RWH sistemlerini kullanmaktadır. Avustralya yerel yetkililer, RWH sistemlerinin kullanımını teşvik etmekte ve evlere yağmur suyu tanklarının yerleştirilmesini sağlamak için sübvansiyonlar ve hibeleri de içeren politikalar izlemektedir. Queensland'deki yeni evler için RWH zorunludur (Campisano vd. 2017). Avustralya'da evsel örneklere sıkça rastlanmaktadır (Şekil 15).

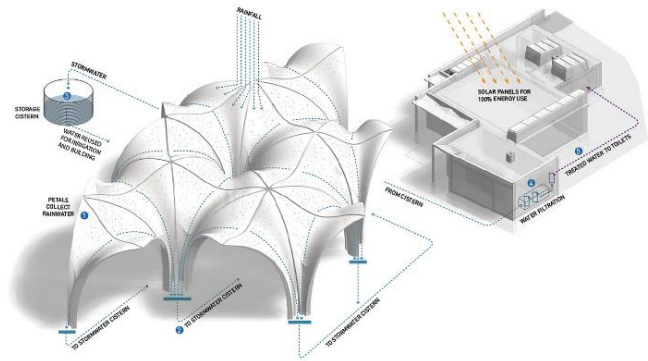


Şekil 15. Güney Avustralya'da evsel RWH örneği (URL19)

Amerika'da RWH sistemlerinin kullanımı eyaletlere göre değişiklik göstermektedir. 2004 yılından bu yana ABD ve bölgelerinden 100.000 konutun RWH sistemi kullandığı tahmin edilmektedir (Lye 2002). Teksas muhtemelen en yüksek düzeyde kullanımın olduğu eyalettir. Teksas'ta RWH ekipmanları satış vergisinden muaf tutulmaktadır (Campisano vd. 2017). Güney Amerika'da birçok pilot uygulama başlatılmıştır. Örneğin 2001 yılında Brezilya'da bir milyon sarnıç uygulaması başlatılarak iki milyon insana fayda sağlanması amaçlanmaktadır (De Moraes ve Rocha 2013). Meksika'da içme suyuna kolay erişimi olan nüfusun oranını artırmak için Ulusal Su Planında, alternatif bir su kaynağı olarak RWH'yi benimsemiştir. Buna ek olarak Ulusal Su Komisyonu (CONAGUA), kırsal nüfusa su sağlamak için programlar geliştirmiştir. Meksika Eyaleti, Guanajuato, Querétaro, Michoacán, Morelos, Zacatecas, San Luis Potosi gibi ülkenin çeşitli eyaletler uygulanmaktadır. Ülkenin kırsal kesimlerinde RWH kullanımı yaygınken kentsel alanlarda esasen sanitasyon, sulama ve temizlik için kullanılmaktadır (Fuentes-Galván, Medel, ve Arias Hernández 2018). Confluence Park'ta oldukça estetik uygulaması bulunmaktadır (Şekil 16).



Şekil 16. ABD Confluence Park (URL19)



Günümüzde yağmur suyunun kullanımı (Tablo 3) değerlendirildiğinde gelişmiş ülkelerin çoğunda hasat edilen yağmursuyu, içilebilir olmayan amaçlar için kullanılırken gelişmekte olan ve gelişmemiş ülkelerde de hem içilebilir hem de içilebilir olmayan amaçlar için kullanılmaktadır. Avustralya'daki ülkelerde de hasat edilen yağmur suyu her iki amaçla kullanılmaktadır.

Tablo 3. Günümüzde yağmur suyunun kullanımı

Uygulanan kıtalar	Kullanım Durumu
Afrika	Hem içilebilir hem de içilebilir olmayan amaçla kullanılmaktadır. Kırsal kesimlerde içilebilir su sağlamak için evsel tipte RWH oldukça yaygındır. Kenya Yağmur Suyu Derneği kurulmuştur. Uluslararası örgütler (SIDA, UNEP, UNESCO vb.) RWH sistemleri için destek sağlamaktadır.
Asya	İçilebilir olmayan amaçla kullanılmaktadır. Hem su kıtlığı, taşkın, sel gibi sorunları için RWH sistemleri geliştirilmeye ve kullanılmaya başlanmıştır. Bazı yönetimler kılavuzlar, yönetmelikler yayınlamıştır ve bazı ülkelerde de destekler vermektedir.
Avustralya	Hem içilebilir hem de içilebilir olmayan amaçla kullanılmaktadır. Evsel kullanımı oldukça yaygındır. Yönetimler sübvansiyonlar ve teşvikler vermektedir.
Avrupa	İçilebilir olmayan amaçla kullanılmaktadır. Yönetimler kılavuzlar, yönetmelikler yayınlamıştır ve RWH sistemlerini kullanmaya teşvik etmektedir.
Amerika	İçilebilir olmayan amaçla kullanılmaktadır. Bazı eyaletlerde yönetimler kılavuzlar yayınlamıştır.

Bu kullanım durumu için; su kaynaklarına kolay erişimin, tüketicilerin gelir düzeylerinin, ülkelerdeki su fiyatlarının etkili olduğu söylenebilir.

TÜRKİYE'DE YAĞMUR SUYU HASADI UYGULAMALARI

Eski çağlardan beri birçok medeniyete ev sahipliği yapmış topraklarımızda su yönetimi konusunda oldukça gelişmiş sistemlerin kurulmuş olduğu günümüze kadar gelen sarnıçlar, kuyular, su kanalları, su kemeleri ve bentlerden anlaşılmaktadır. Yerebatan (Bazilika) Sarnıcı, Valens (Bozdoğan) Su kemeri, Binbirdirek Sarnıcı gibi dünyada en önemli su yapılarının bulunduğu ülkemizde, suyun yönetimi eski çağlardan beri önem arz etmiştir. Anadolu'nun birçok noktasında su kemerleri, kanallar, sarnıçlar, kuyular, sebiller, çeşmeler suyu depolama ve dağıtma konusunda gelişmişliğin göstergesi iken, bu gün aynı topraklarda içilebilir su kaynaklarımızı bilinçsizce kullanıyor ve var olan kaynaklarımızı da hızla tüketiyoruz. Tarım arazilerinin genişliği göz önüne alındığında alternatif su kaynaklarını en verimli şekilde kullanmamız, bu konuda da geçmişteki teknolojilerden ve kullanımlardan ilham almamız gerekmektedir.

Dünya'da birçok ülkede RWH sisteminin yaygınlaşmasına rağmen Türkiye'de bu konuda yeni yeni adımlar atılmaya başlanmıştır. 2017 yılında Yağmur suyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik yayınlamış ve 2021 yılında Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'ne; "2000 m²'den büyük parsellerde yapılacak yapıların mekanik tesisat projelerinin; çatı yüzeyinden toplanacak yağmur sularının gerekmesi halinde filtre edilerek bir tankta toplanması ve bina tuvalet sifonlarında kullanılması amacıyla yağmur suyu toplama sistemi içermesi zorunludur." maddesi eklenmiştir. T.C Tarım ve Orman Bakanlığı "Su Kaynaklarında İklim Değişikliğine Uyum Projesi" 30 Büyükşehir Belediyesini kapsayacak şekilde "yağmur suyu hasadı", "gri suyun kullanımı" ve "su fiyatlandırması" çalışmaları yapılmaya başlanmıştır. WWF –Türkiye Büyük Menderes Havzası'nda 'Yağmur Suyu Hasadı' projesi ile suyun verimli kullanımı için sürdürülebilir bir model oluşturması

amaçlamaktadır. İTÜ Ayazağa Kampüsünde, Konukevi ve Sosyal Mekânlar Önü mevkiinde yürüyüş aksı üzerinde İzmir Büyükşehir Belediyesi 245 dönüm büyüklüğündeki Âşık Veysel Rekreasyon Alanı'nda (Şekil 17), Ordu Büyükşehir Belediyesi iştiraki bünyesindeki bir kafede (Şekil 18), Gölbaşı Belediyesi'nde örnekleri çoğaltabileceğimiz yağmur suyu hasadı uygulamaları yapılmaktadır. Bazı Belediyeler İmar yönetmeliklerinde değişiklikler yaparak yeni binalarda metrekare durumlarına göre yağmur suyu toplama sistemini zorunlu kılmaktadır. Yağmur suyu hasadı ile ilgili çalışmalar başlamış olsa da yetersizdir.

Ülkemizde bedeli karşılığı hizmet alınan elektrik, telefon, internet gibi alanlarla kıyaslandığında görece ucuz olan su, maalesef ki bilinçsizce israf edilmektedir. Oysaki gelecek on yıl içerisinde su kıtlığı yaşayacak ülkeler arasında yer alacağımız düşünülürse suyun daha tasarruflu nasıl kullanılacağı, alternatif su kaynakları için neler yapılabileceği konusu ciddiyetle ele alınmalıdır.



Şekil 17. Aşık Veysel Rekreasyon Alanı (URL20)



Şekil 18. Ordu Belediyesi RHW uygulama (URL21)

FİNANSAL UYGULANABİLİRLİK

RHW sistemin finansal uygulanabilirliği hakkında maliyet analizlerini içeren birçok çalışma bulunmaktadır. Avustralya'da Sidney, Melbourne, Darwin ve Perth te bulunan yüksek binalarda yapılan yağmur suyu kullanım sistemleri için geri ödeme süreleri minimum 8,6 yıl (Sidney) ile maksimum 13,7 yıl (Darwin) arasında değişiklik göstermektedir (Zhang vd. 2009). Barcelona' da tek aileli (107 m²) ile çok aileli (625 m²) iki binanın değişik parametrelerde RHW sisteminde geri ödeme durum analiz edilmiş ve tek aileli dairede tank boyutuna bağlı olarak 33 ile 43 yıl arasında çok aileli binada ise (tank 20 m³) 60 yıldan fazla olduğu hesaplanmıştır (Domènech ve Sauri 2011). Birleşik Krallık 'ta bir ofis binasında yerleşik bir ev dışı RHW sisteminin, geri ödemesi iki farklı boyutta tank için 10,5 ve 6 yıl olarak hesaplanmıştır (Ward, Memon, ve Butler 2012). Kolombiya'da tasarlanan bir model üzerinden geliştirilen mali analize göre RHW ve GHW sistemlerinin geri ödemesi 23 yıl olarak hesaplanmıştır (Oviedo-Ocaña vd. 2018). Yapılan araştırmalardan bazıları uygulama ölçekleri değerlendirildiğinde RHW sistemlerinin finansal açıdan uygun olmadığını belirtmiştir (Kumar 2009; Roebuck, Oltean-Dumbrava, ve Tait 2011). Çalışmalarda yapılan maliyet analizlerinde bina boyutu, kullanıcı sayısı, yağmur suyunun kullanım alanları, su bedeli, yağış oranı, kullanılan malzemeler, elektrik bedeli, kullanılan malzeme, bakım onarım masrafları gibi birçok parametre kullanılmasının farklı sonuçlar doğurduğu unutulmamalıdır.

YAĞMUR SUYUNUN KALİTESİ VE SOSYAL KABUL

Yağmur suyu hasadının yapıldığı çatılardan, kaldırımlardan, hendeklerden, otoparklardan, geniş alanlardan toplanan yağmur suyunda, kirleticiler, ağır metaller, patojenler bulunabilir. Toplanan yağmur suyunun kalitesi ve filtrasyonu üzerine araştırmalar yapılmıştır. Yağmur suyunun kalitesi bölgenin trafik yoğunluğu, sanayi merkezine yakınlığı, konut yoğunluğu, yağmur suyu akışının olduğu yüzey kaplama malzemesi gibi birçok değişkenden etkilenmektedir.

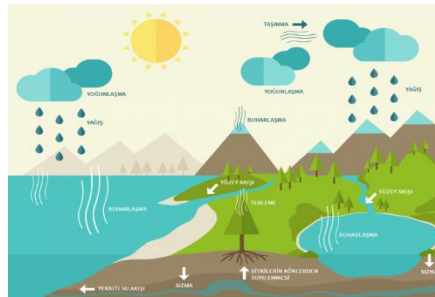
Zabidi vd. (2020) çalışmasında Bangladeş, Kanada, Kolombiya, Nijerya, Yunanistan, İrlanda, Ürdün, Malezya, ABD, Kuzey Etiyopya, Filistin, Portekiz, Zambiya da yapılan ve çoğunluğu çatı hasadı ve havuz sisteminde toplanan suyun kalitesi ve arıtma önerinin içeren çalışmaları derleyerek; yağmursuyu kalitesinin özellikle biyolojik parametreler üzerinden Dünya Sağlık Örgütü (WHO) standardını karşılamadığına değinmiş ve çatılardan toplanan yağmur suyunun depolanma sisteminde tespit edilen başlıca kirleticiler olan kolibasili, koliform ve enterokok gibi mikro organizmaların da daha fazla arıtma yöntemleri ile güvenli içme suyu standardını karşılayabildiği belirtilmiştir (Abdulla ve Al-Shareef 2009; Daoud vd. 2011; Domènech ve Saurí 2011; Islam vd. 2010; Li, Boyle, ve Reynolds 2010; Sazakli, Alexopoulos, ve Leotsinidis 2007). Ayrıca çatı kaplama malzemesi de kirletici kaynak olabilir (Akoto, Appiah, ve Boadi 2011; Despins, Farahbakhsh, ve Leidl 2009; Melidis vd. 2006; Zobrist vd. 2000). Çatı tipi toplama sisteminde toplanan suyun kalitesi kuru dönemin süresine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Kuru dönemde çatı yüzeyinde biriken kirleticiler suyun kalitesini olumsuz etkileyebilir (Quek ve Förster 1993; Yufen vd. 2008). Yağmur suyunun kalitesi kullanım alanını etkileyen en önemli faktördür.

Yağmur suyunun yeniden kullanımının sosyal kabulüne yönelik zorluklar, suyun kalitesi, risk algısı, iğrenme duygusu gibi faktörlerin de dâhil olduğu sağlık riskine ve de finansal uygulanabilirliğe odaklanmıştır (Fewtrell, Kay, ve Kay{ 2008; Oviedo-Ocaña vd. 2018; Roebuck vd. 2011). Yağmur suyunu içme suyu olmayan amaçlar için kullanımı birçok insan için daha kabul edilebilirdir (Hwang, Valeo, ve Draper 2013; Mankad, Walton, ve Alexander 2015; Moya-Fernández vd. 2021). Toplanan ve depolanan suyun içilebilir ve içilebilir olmayan kullanımlar için uygun hale getirilmesi için farklı arıtma yöntemleri kullanmak mümkündür.

SONUÇ

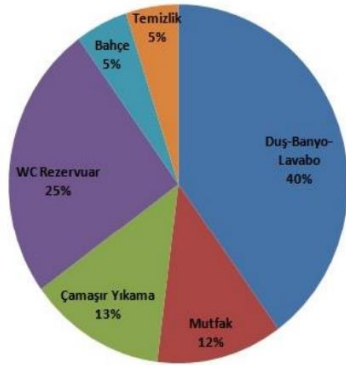
Yaşamın her alanında insanoğlunun suya ihtiyacı vardır. Günlük ihtiyaçların bir kenara bırakıldığı varsayılsa dahi yetişkin bir insan vücudunun ortalama %60'ının su olduğu ve susuz yaşamı devam ettirmenin imkânsızlığı gerçeği bile suyun önemini vurgulamak için yeterlidir.

Dünyada su kullanımının sektörlere dağılımında bakıldığında %69 oranında tarım, %19 oranında sanayi,%12 oranında evsel alanlarda kullanılmaktadır. Bu oran gelişmiş ülkelerde tarımda %30, sanayide %59 , evsel kullanımda %11dir. Gelişmemiş – gelişmekte olan ülkelerde tarımda %82, sanayide %10, evsel kullanımda %8 oranındadır (FAO ,2020). Suyun kullanım alanlarının oranları ülkelerin gelişmişliklerine göre değişiklik gösterse de küresel olarak değerlendirildiğinde konut, tarım, sanayi ve çevre kullanımı gibi nedenlerle sürekli artan su talebinin yanı sıra ekosistemin bozulması, iklim değişikliği, su kirliliği, ormansızlaşma, kentleşme gibi nedenler de su kaynakları üzerinde baskıyı arttırmaktadır. Kentlerde artan nüfus ile birlikte meydana gelen yoğun betonlaşma, orman tahribatı, suyun yeraltı infiltrasyonunu azalttığı, yüzey akışını arttırdığı için eğitimimizin ilk yıllarından bu yana öğrendiğimiz su döngüsünün (Şekil 19) kırılmasına sebep olmuştur.



Şekil 19. Su Döngüsü (URL22)

Artan su ihtiyacını karşılamak, gelişen teknoloji ile daha kolay ve mümkün hale gelmiş gibi görünse de mevcut su kaynaklarının azalıyor oluşu, ülkeleri yağmur suyu hasadı, gri su, tuzdan arınma gibi alternatif su kaynakları arayışlarına itmiştir. Alternatif su kaynaklarından biri olan yağmur suyu hasadı, antik çağlardan bu yana hem içilebilir hem de içilebilir olmayan amaçlar için su temin etmenin geleneksel ve sürdürülebilir yöntemlerinden olmuştur. Yağmur suyu hasadının evsel ölçekte ve büyük ölçeklerde yapılması mümkündür. Evsel ölçekte su kullanım oranları (Şekil 20) değerlendirildiğinde, yağmur suyu hasadı sayesinde bahçe sulama, tuvalet sifonu, araba yıkama, çamaşır yıkama (Şekil 21) gibi işleri içilebilir düzeyde bulunan şebeke suyu yerine hasat edilen su ile yapmak mümkündür.



Şekil 20. Evsel su kullanım dağılımı (Tanık 2017)



Şekil 21. RWH kullanım alanları (Tanık 2017)

Alternatif su kaynağı olarak RWH'nin faydaları ve zorlukları Tablo 4 değerlendirilmiştir.

Tablo 4. RWH'nin faydaları ve zorlukları

Yağmursuyu hasadının faydaları	Yağmursuyu hasadının zorlukları
Alternatif su kaynağıdır.	Sistemin kurulum sonrası geri ödeme süreleri yüksektir.
Su toplama sistemi ile sel, taşkın ve erozyon riskini azaltmaya yardımcı olur.	Yağmur suyu kalitesi konusunda güven problemi yaşanmaktadır.
Sel, taşkın, erozyon riskini azalttığı hasar kaybını azaltarak ekonomiye katkı sağlar	Farkındalık eksikliği bulunmaktadır
Su kaynakları üzerindeki baskıyı azaltır. Yeraltı su seviyesinin iyileşmesine yardımcı olur.	Yağış düzeni ve kurak dönemlerdeki değişimler önemli etkenlerdir.
Uygulama alanları oldukça geniştir.	
Kırılan su dengesini onarılmasına yardımcı olur.	
Geleneksel su tedarik yöntemlerinden daha ekonomiktir.	

RWH sistemi geleneksel su tedarik sisteminden daha ucuz ve daha az enerji tükettiği için kabul edilebilirliği yüksektir. Maliyet analizlerindeki değişkenlerden biri olan su tarifesine bakıldığında yüksek su tarifesi olan ülkelerde kurulum maliyetinin geri ödeme süresi kısa olacaktır. Dünyanın birçok ülkesinde yağmur suyu hasadı sürdürülebilir bir kalkınma stratejisi olarak görülmeye ve uygulanmaya başlanmıştır. RWH sisteminde

zorluklardan biri olan maliyet konusunda ülke yönetimlerinin hibe, sübvansiyon, vergi muafiyeti/indirimi gibi ekonomik teşvikler uygulaması önemlidir.

RHW sistemi hakkında farkındalık, eğitim, bilinçlendirme önemli konulardan biridir. Hasat edilen suyun doğru yöntemlerle filtrasyonu, arıtılması neticesinde yağmur suyunu kullanımı konusundaki kabulü artırılabilir.

RHW'yi, kırsal alanlarda temel ihtiyaçlar için gerekli birincil su kaynağını oluşturmak kentlerde ise tamamlayıcı, destekleyici bir sistem haline getirmek mümkündür. RHW sisteminin yaygınlaşmasını sağlamak için mikro ölçekte halk, yöneticiler, yerel yönetimler, özel - kamu kurumları, küçük büyük herkesin yağmur suyu hasadı ve su kullanımı konularında eğitilmesi ve bilinçlendirilmesi, yönetmelikler, yönergeler, kılavuzlar yayınlaması, evsel kullanımlarda su tasarruflu cihazların kullanılması, bireysel su kullanımlarında israfın önüne geçilmesi önemli katkılar sağlayabilir. Evsel ölçekteki uygulamalar, tüketiciler için kamu aracılığı ile temin edilen su miktarını azaltacağından ekonomik avantajlar da sağlar. Özellikle yönetimlerin gerekli mevzuat ve düzenlemelerin uygulanmasında kararlı olmaları, sistemin sürdürülebilirliği anlamında oldukça önemlidir.

Yağmur suyu hasadının mikro ölçekteki önemi yadsınamaz. Fakat kentlerde makro ölçekte çözümler üretmek RHW sisteminden en üst düzeyde faydalanmayı sağlayacaktır. Yağmur suyu hasadı makro ölçekte değerlendirildiğinde şehirlerin su master planlarının hazırlanması, geçirimli şehirler tasarlanarak suyun toprakla yeniden buluşmasının sağlanması, parklar, bahçeler, otoyollar, spor alanları, büyük yerleşim alanları gibi geniş alanların altlarının yağmur suyunu depolamak için kullanılması, su tutma havzalarının yapılması, çok katmanlı ormanlar oluşturulması, tarımda, sanayide suyun daha az kullanılacağı sistemlerin tercih edilmesi, yeraltı suyunun kullanımına kısıtlama getirilmesi, şebeke sularının fiyat tarifesinin yükseltilmesi gibi önlemler RHW sisteminin faydalarını arttıracaktır.

Şehirleşmenin bir sonucu olarak oluşan geçirimsiz yüzeyler nedeni ile infiltrasyon oranının düşüşü ile yağıştan kaynaklanan yüzey akışının artması sonucunda, şehirlerde sel felaketi ve su baskınlarına sıkça rastlanmaktadır. Yağmur suyu toplama sistemi, yüzey akışının büyük oranda durdurulmasına ve su baskınlarının önüne geçilmesine yardımcı olacak ve bu durumlarda meydana gelebilecek hasar kaybı azaldığından ekonomiye katkı sağlayacaktır.

Yağmur suyu günümüzde ve gelecekte su ihtiyacını karşılamak için bir kaynak olarak kullanılmaya devam edecektir. Günümüzde geleneksel RHW yöntemleri ile gelişmiş modern teknolojiyi harmanlayıp kullanarak kültürel mirasımıza da sahip çıkmış oluruz.

Makalede ortaya konulan ve değerlendirilen RWH sistemindeki asıl amaç, bütün yağmur suyunu toplamak, depolamak ve yeniden kullanmak, hasat edilen suyu kullanmak için sadece arıtmak olmamalıdır. Toprağın infiltrasyonu iyileştirmek, kaynak tasarrufu sağlamak, afet risklerini azaltmak, insan faktörünün de büyük etkisi ile kırılan su döngüsünü onarmak, RWH sistemini geliştirecek çalışmaların artırılması öncelikli hedef olmalıdır.

KAYNAKLAR

- Abdulla, Fayez A., ve A. W. Al-Shareef. 2009. "Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan". *Desalination* 243(1-3):195-207. doi: 10.1016/J.DESAL.2008.05.013.
- Akoto, Osei, Fredrick Appiah, ve Nathaniel Owusu Boadi. 2011. "Physicochemical analysis of roof runoffs from the Obuasi area". *Water Practice and Technology* 6(1). doi: 10.2166/WPT.2011.003/21199.
- Angelakis, A. N., ve D. S. Spyridakis. 2010. "A brief history of water supply and wastewater management in ancient Greece". *Water Supply* 10(4):618-28. doi: 10.2166/WS.2010.105.
- Angelakis, Andreas N., Giovanni De Feo, Pietro Laureano, ve Anastasia Zourou. 2013. "Minoan and Etruscan Hydro-Technologies". *Water* 2013, Vol. 5, Pages 972-987 5(3):972-87. doi: 10.3390/W5030972.
- Bahar, H. 2017. "Hititlerde Su Kültü ve Konya Su Anıtları". Ss. 861-67 içinde *ULUSLARARASI KÜLTÜREL MİRAS VE TURİZM KONGRESİ*.

- Belmeziti, Ali, Olivier Coutard, ve Bernard de Gouvello. 2013. "A New Methodology for Evaluating Potential for Potable Water Savings (PPWS) by Using Rainwater Harvesting at the Urban Level: The Case of the Municipality of Colombes (Paris Region)". *Water* 2013, Vol. 5, Pages 312-326 5(1):312–26. doi: 10.3390/W5010312.
- Berens, E. M. 2021. *Antik Yunan ve Roma Mitleri ve Efsaneleri*. İstanbul: Fa Yayınları.
- Bilgiç, D., ve E. Hosny. 2019. "Din Ve İnançlarda Suyun Önemi Ve Mimariye Yansıması El Hamra Sarayı Örneği". *Türk ve İslam Dünyası Sosyal Araştırmalar Dergisi* 6(20):56–76.
- Bitis, Ioannis. 2013. "Water supply methods in Ancient Thera: The case of the sanctuary of Apollo Karneios". *Water Science and Technology: Water Supply* 13(3):638–45. doi: 10.2166/WS.2013.017.
- Boers, Th M. 1994. *Rainwater Harvesting in Arid and Semi-Arid Zones*. Publication No. 55. The Netherlands: 0 International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI).
- Campisano, Alberto, David Butler, Sarah Ward, Matthew J. Burns, Eran Friedler, Kathy DeBusk, Lloyd N. Fisher-Jeffes, Enedir Ghisi, Aatur Rahman, Hiroaki Furumai, ve Mooyoung Han. 2017. "g". *Water Research* 115:195–209. doi: 10.1016/J.WATRES.2017.02.056.
- Campling, P., L. De Nocker, W. Schiettecatte, A. I. Iacovides, T. Dworak, M. A. Arenas, C. C. Pozo, O. Le Mat, V. Mattheiß, ve F. Kervarec. 2008. *ASSESSMENT OF THE RISKS AND IMPACTS OF FOUR ALTERNATIVE WATER SUPPLY OPTIONS*. Brussels, Belgium.
- Çeçen, M. K. 1996. *Sinan's water supply system in Istanbul*. İstanbul: İSKİ.
- Daoud, A. K., K. M. Swaileh, R. M. Hussein, ve M. Matani. 2011. "Quality assessment of roof-harvested rainwater in the West Bank, Palestinian Authority". *Journal of Water and Health* 9(3):525–33. doi: 10.2166/WH.2011.148.
- Dereli, Cansu Konyalı, ve Rukiye Duygu Çay. 2020. "Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetimi Kapsamında Yeşil Altyapı Sistemlerinin Değerlendirilmesi: Edirne İli Örneği". *Kent Akademisi* 13(4):668–87. doi: 10.35674/KENT.822454.
- Despins, Christopher, Khosrow Farahbakhsh, ve Chantelle Leidl. 2009. "Assessment of rainwater quality from rainwater harvesting systems in Ontario, Canada". *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua* 58(2):117–34. doi: 10.2166/AQUA.2009.013.
- Domènech, Laia, ve David Saurí. 2011. "A comparative appraisal of the use of rainwater harvesting in single and multi-family buildings of the Metropolitan Area of Barcelona (Spain): social experience, drinking water savings and economic costs". *Journal of Cleaner Production* 19(6–7):598–608. doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2010.11.010.
- DSİ. 2006. "DSİ 2006 Yılı Faaliyet Raporu". Tarihinde 07 Mart 2022 (<https://cdnis.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/425/Konulcerik/759/1107/DosyaGaleri/dsi-2006-faaliyet-raporu.pdf>).
- DSİ. 2021. *DSİ 2021 Yılı Faaliyet Raporu*.
- Everani, M., L. Shanan, N. Tadmor, ve Y. Aharoni. 1961. "Ancient Agriculture in The Negev". *Science* 133(3457):979–96.
- Falkenmark, Malin, Jan Lundqvist, ve Carl Widstrand. 1989. "Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches. Aspects of vulnerability in semi-arid development". *Natural resources forum* 13(4):258–67. doi: 10.1111/J.1477-8947.1989.TB00348.X.
- Fewtrell, L., D. Kay, ve D. Kay. 2008. "Microbial quality of rainwater supplies in developed countries: a review". <http://dx.doi.org/10.1080/15730620701526097> 4(4):253–60. doi: 10.1080/15730620701526097.
- Fuentes-Galván, María L., Josefina Ortiz Medel, ve Luz A. Arias Hernández. 2018. "Roof rainwater harvesting in central Mexico: Uses, benefits, and factors of adoption". *Water (Switzerland)* 10(2):116. doi: 10.3390/w10020116.
- Furumai, H., J. Kim, M. Imbe, ve H. Okui. 2008. "Recent application of rainwater storage and harvesting in Japan. In Proceedings of the 3rd IWA International Rainwater Harvesting and Management Workshop as a part of IWA-Viena World Water Congress & Exhibition". S. 7 içinde. Vienna, Austria.
- Garceau, Michelle E. 2011. "'I call the people.' Church bells in fourteenth-century Catalunya". *Journal of Medieval History* 37(2):197–214. doi: 10.1016/J.JMEDHIST.2011.02.002.
- Gonen, Semih, Bora Pulatsu, Ece Erdogmus, Engin Karaesmen, ve Erhan Karaesmen. 2021. "Quasi-Static Nonlinear Seismic Assessment of a Fourth Century A.D. Roman Aqueduct in Istanbul, Turkey". *Heritage* 2021, Vol. 4, Pages 401-421 4(1):401–21. doi: 10.3390/HERITAGE4010025.
- Hwang, A. H. S., C. Valeo, ve D. Draper. 2013. "Public Perceptions and Attitudes Toward Stormwater Recycling for Irrigation". <http://dx.doi.org/10.4296/cwrj3103185> 31(3):185–96. doi: 10.4296/CWRJ3103185.
- Islam, Md Manzurul, F. N. F. Chou, M. R. Kabir, ve C. H. Liaw. 2010. "Rainwater: A Potential Alternative Source for Scarce Safe Drinking and Arsenic Contaminated Water in Bangladesh". *Water Resources Management* 24(14):3987–4008. doi: 10.1007/S11269-010-9643-7.
- Kasprzyk, Magda, Wojciech Szpakowski, Eliza Poznańska, Floris C. Boogaard, Katarzyna Bobkowska, ve

- Magdalena Gajewska. 2022. "Technical solutions and benefits of introducing rain gardens – Gdańsk case study". *Science of The Total Environment* 835:155487. doi: 10.1016/J.SCITOTENV.2022.155487.
- Kayaer, Mesut, ve Salih Çiftçi. 2018. "'Su Sorunu' ve Türkiye'nin Tatlısu Potansiyeli Çerçevesinde Türkiye'nin Sınırtaşan Sularının Stratejik, Etik ve Hukuki Boyutlarının Değerlendirilmesi Mesut KAYAER Salih ÇİFTÇİ MAKALE BİLGİSİ ÖZET ARTICLE INFO ABSTRACT". *Pesa International Journal of Social Studies* 4:2528–9950. doi: 10.25272/j.2149-8385.2018.4.3.02.
- Kerim, Ali, ve Veli Süme. 2018. "Türk Hidrolik Dergisi/Turkish Journal of Hydraulic İstanbul'un Eski Su Kaynakları; Sarnıçlar". *Tur. J. Hyd.*
- Kisakye, Violet, ve Bart Van der Bruggen. 2018. "Effects of climate change on water savings and water security from rainwater harvesting systems". *Resources, Conservation and Recycling* 138:49–63. doi: 10.1016/J.RESCONREC.2018.07.009.
- Kiyak, Abdulkadir. 2013. "Geleneksel Türk İnanışlarındaki Su Kültü Ve Elazığ'daki İzleri". *Gümüşhane Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi* 2(4):22–39.
- Külekçi, Elif Akpınar. 2017. "Geçmişten Günümüze Yeşil Çatı Sistemleri ve Yeşil Çatılarda Kalite Standartlarının Belirlenmesine Yönelik Bir Araştırma". *ATA Planlama ve Tasarım Dergisi* 1(1):35–53.
- Kumar, M. Dinesh. 2009. "Roof Water Harvesting for Domestic Water Security: Who Gains and Who Loses?" <http://dx.doi.org/10.1080/02508060408691747> 29(1):43–53. doi: 10.1080/02508060408691747.
- Lade, Omolara, ve David Oloke. 2015. "Modelling Rainwater System Harvesting in Ibadan, Nigeria: Application to a Residential Apartment". *American Journal of Civil Engineering and Architecture* 3(3):86–100. doi: 10.12691/ajcea-3-3-5.
- Lee, Khai Ern, Mazlin Mokhtar, Marlia Mohd Hanafiah, Azhar Abdul Halim, ve Jamaludin Badusah. 2016. "Rainwater harvesting as an alternative water resource in Malaysia: potential, policies and development". *Journal of Cleaner Production* 126:218–22. doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2016.03.060.
- Li, Zhe, Fergal Boyle, ve Anthony Reynolds. 2010. "Rainwater harvesting and greywater treatment systems for domestic application in Ireland". *Desalination* 260(1–3):1–8. doi: 10.1016/J.DESAL.2010.05.035.
- Llopart-Mascaró, A., R. Ruiz, M. Martínez, P. Malgrat, M. Rusiñol, A. Gil, J. Suárez, J. Puertas, H. Del Rio, ve M. Paraira. y.y. "Analysis of rainwater quality. Towards a sustainable rainwater management in urban environments-Sostaqua Project Analysis of rainwater quality: Towards sustainable rainwater management in urban environments-Sostaqua Project".
- Lye, Dennis J. 2002. "Health risks associated with consumption of untreated water from household roof catchment systems". *Journal of the American Water Resources Association* 38(5):1301–6. doi: 10.1111/J.1752-1688.2002.TB04349.X.
- Mankad, Aditi, Andrea Walton, ve Kim Alexander. 2015. "Key dimensions of public acceptance for managed aquifer recharge of urban stormwater". *Journal of Cleaner Production* 89:214–23. doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2014.11.028.
- Mati, Bancy, Tanguy De Bock, Maimbo Malesu, Elizabeth Khaka, Alex Oduor, Meshack Nyabenge, ve Vincent Oduor. 2006. *Mapping the Potential of Rainwater Harvesting Technologies in Africa A GIS overview on development domains for the continent and ten selected countries*. C. Technical. Nairobi, Kenya: The SearNet Secretariat, Global Water Partnership Associated Programme of RELMAin-ICRAF.
- Mays, Larry, George P. Antoniou, ve Andreas N. Angelakis. 2013. "History of Water Cisterns: Legacies and Lessons". *Water* 2013, Vol. 5, Pages 1916-1940 5(4):1916–40. doi: 10.3390/W5041916.
- Melidis, Paraschos, Christos S. Akrotos, Vassilios A. Tsihrintzis, ve Eleni Trikilidou. 2006. "Characterization of Rain and Roof Drainage Water Quality in Xanthi, Greece". *Environmental Monitoring and Assessment* 2006 127:1 127(1):15–27. doi: 10.1007/S10661-006-9254-1.
- Mengü, Gülay PAMUK, ve Erhan Akkuzu. 2008. "KÜRESEL SU KRİZİ VE SU HASADI TEKNİKLERİ". *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 5(2):75–85.
- De Moraes, Andrea Ferreira Jacques, ve Cecilia Rocha. 2013. "Gendered waters: the participation of women in the 'One Million Cisterns' rainwater harvesting program in the Brazilian Semi-Arid region". *Journal of Cleaner Production* 60:163–69. doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2013.03.015.
- Moya-Fernández, Pablo J., Samara López-Ruiz, Jorge Guardiola, ve Francisco González-Gómez. 2021. "Determinants of the acceptance of domestic use of recycled water by use type". *Sustainable Production and Consumption* 27:575–86. doi: 10.1016/J.SPC.2021.01.026.
- Müftüoğlu, Volkan, ve Halim Perçin. 2015. "SÜRDÜRÜLEBİLİR KENTSEL YAĞMUR SUYU YÖNETİMİ KAPSAMINDA YAĞMUR BAĞÇESİ". *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi* 5(11):27–37. doi: 10.16950/std.34364.
- Ortlhoff, Charles R. 2020. "Roman Hydraulic Engineering: The Pont du Gard Aqueduct and Nemausus (Nîmes) Castellum". *Water* 2021, Vol. 13, Page 54 13(1):54. doi: 10.3390/W13010054.
- Oviedo-Ocaña, Edgar Ricardo, Isabel Dominguez, Sarah Ward, Miryam Lizeth Rivera-Sanchez, ve Julian Mauricio Zaraza-Peña. 2018. "Financial feasibility of end-user designed rainwater harvesting and greywater reuse systems for high water use households". *Environmental Science and Pollution Research*

- 25(20):19200–216. doi: 10.1007/S11356-017-8710-5/TABLES/12.
- Öziş, Ü. 1987. *Su Mühendisliği Tarihi Açısından Anadoludaki Eski Su Yapıları*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik.
- Peck, Steven W., ve Monica Kuhn. 2003. *Design guidelines for green roofs | WorldCat.org*. Toronto, Ottawa: Ontario Association of Architects.
- Prinz, Dieter, ve Amir H. Malik. 2002. "Runoff farming". S. 39 içinde *WCA InfoNET*. Rome, İtalya.
- Quek, Udo, ve Jürgen Förster. 1993. "Trace metals in roof runoff". *Water, Air, and Soil Pollution* 1993 68:3 68(3):373–89. doi: 10.1007/BF00478464.
- Reddy, Y. A. 2006. *Water Harvesting : Limitations in Implementation*. Nagpur.
- Reitano, Raffaella. 2011. "Water Harvesting and Water Collection Systems in Mediterranean Area. The case of Malta". *Procedia Engineering* 21:81–88. doi: 10.1016/J.PROENG.2011.11.1990.
- Ringler, Claudia, Mark W. Rosegrant, ve Michael S. Paisner. 2000. "IRRIGATION AND WATER RESOURCES IN LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN: CHALLENGES AND STRATEGIES". doi: 10.22004/AG.ECON.16085.
- Roebuck, R. M., C. Oltean-Dumbrava, ve S. Tait. 2011. "Whole life cost performance of domestic rainwater harvesting systems in the United Kingdom". *Water and Environment Journal* 25(3):355–65. doi: 10.1111/J.1747-6593.2010.00230.X.
- Rosenberg, D. 1998. *Dünya Mitolojisi*. Ankara: İmge Kitabevi Yayınları.
- Sazakli, E., A. Alexopoulos, ve M. Leotsinidis. 2007. "Rainwater harvesting, quality assessment and utilization in Kefalonia Island, Greece". *Water Research* 41(9):2039–47. doi: 10.1016/J.WATRES.2007.01.037.
- Schuetze, T. 2013. "Rainwater harvesting and management – policy and regulations in Germany". *Water Supply* 13(2):376–85. doi: 10.2166/WS.2013.035.
- Silva, Cristina Matos, Vitor Sousa, ve Nuno Vaz Carvalho. 2015. "Evaluation of rainwater harvesting in Portugal: Application to single-family residences". *Resources, Conservation and Recycling* 94:21–34. doi: 10.1016/J.RESCONREC.2014.11.004.
- Silveira, A. L. L. 2002. *Apostila: Drenagem Urbana: aspectos de gestão. 1. Ed. Curso preparado por: Instituto de Pesquisas Hidráulicas*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Fundo Setorial de Recursos Hídricos.
- Tanık, A. 2017. "Yağmur Suyu Toplama, Biriktirme ve Geri Kullanım". içinde *Su Kaynakları ve Kentler Konferansı*. Kahramanmaraş.
- Ulutürk, Muammer. 2009. "Dinlerde Su Tasavvurları". içinde *Su Medeniyeti Sempozyumu Bildirileri*. Konya.
- UNESCO. 2021. *The United Nations World Water Development Report 2021: Valuing water*. Paris.
- URL1. "Ganj Nehri - Vikipedi". Tarihinde 19 Mayıs 2022 (https://tr.wikipedia.org/wiki/Ganj_Nehri).
- URL10. "Turkcell AR-GE Binası". Tarihinde 25 Kasım 2022 (<http://www.arkiv.com.tr/proje/turkcell-ar-ge-binasi/1497>).
- URL11. "Piano'nun yeni projesi 'Volkan' |". Tarihinde 25 Kasım 2022 (<http://mimdap.org/2010/01/pianonun-yeni-projesi-volkan/>).
- URL12. "FAO". Tarihinde 25 Kasım 2022 (<https://www.fao.org/3/u3160e/u3160e00.htm#Contents>).
- URL13. "Tarım ve orman alanlarında kar/yağmur suyu hasadı | Independent Türkçe". Tarihinde 25 Kasım 2022 (<https://www.indyturk.com/node/464071/turkiyeden-sesler/tarim-ve-orman-alanlarında-karyağmur-suyu-hasadı>).
- URL14. "Potsdamer Plaza - Ramboll Grup". Tarihinde 20 Mayıs 2022 (<https://ramboll.com/projects/germany/potsdamer-plaza>).
- URL15. "Rainwater harvesting for supplementary irrigation in Africa. | Download Scientific Diagram". Tarihinde 20 Mayıs 2022 (https://www.researchgate.net/figure/Rainwater-harvesting-for-supplementary-irrigation-in-Africa_fig7_237072055).
- URL16. "Shiva Ganga Temple Pond - Tiruvannamalai". Tarihinde 19 Mayıs 2022 (<http://wikimapia.org/9867325/Shiva-Ganga-Temple-Pond>).
- URL17. "Shenzhen Shenwan Street Park / AUBE CONCEPTION | ArchDaily". Tarihinde 19 Mayıs 2022 (<https://www.archdaily.com/939209/shenzhen-shenwan-street-park-aube-conception>).
- URL18. "Rainwater Harvesting Greenbelt in Qian'an | Biennial". Tarihinde 20 Mayıs 2022 (<https://landscape.coac.net/rainwater-harvesting-greenbelt-qianan>).
- URL19. "Tips for Using Rainwater in Architectural Projects | ArchDaily". Tarihinde 19 Mayıs 2022 (<https://www.archdaily.com/940535/tips-for-using-rainwater-in-architectural-projects>).
- URL2. "Peru'daki Antik Spiral Şekillerin Sırrı Uydu Fotoğraflarıyla Çözüldü - Arkeofili". Tarihinde 19 Mayıs 2022 (<https://arkeofili.com/perudaki-antik-spiral-sekillerin-sirri-uydu-fotograflariyla-cozuldu/>).
- URL20. "Haberler | Aşık Veysel Rekreasyon Alanı'nda 'Yağmur Suyu Hasadı' başladı". Tarihinde 24 Kasım 2022 (<https://www.izmir.bel.tr/tr/Haberler/asik-veysel-rekreasyon-alani-nda-yagmur-suyu-hasadi-basladi/45933/156>).
- URL21. "KURAKLIĞA KARŞI 'YAĞMUR SUYU' HASADI BAŞLADI - Ordu Büyükşehir Belediyesi". Tarihinde

- 24 Kasım 2022 (<http://ordu.bel.tr/Haber/44244/kurakliga-karsi-'yagmur-suyu'-hasadi-basladi>).
- URL22. "Su ve Döngüsü hakkında herşey - Türkiye Yaban Hayatı". Tarihinde 19 Mayıs 2022 (<https://turkiyeyabanhayati.org/blog/detail/su-ve-dongusu-hakkinda-hersey>).
- URL3. "Yerebatan Sarnıcı". Tarihinde 19 Mayıs 2022 (<https://www.yerebatan.com/>).
- URL4. "Kanunî nin 4 Asırlık Mirası Terk Edilen Su Sarnıçları". Tarihinde 19 Mayıs 2022 (<https://v3.arkitera.com/h58115--kanuninin-4-asirlik-mirasi-terk-edilen-su-sarniclari.html>).
- URL5. "Yağmur Suyu Hasat Sistemi Garantileri ve Bakımı | Invento Enerji A.Ş." Tarihinde 24 Kasım 2022 (<https://inventoenerji.com/yagmur-suyu-hasat-sistemi-garantileri-ve-bakimi/>).
- URL6. "Yağmur Bahçeleri Nedir? Yağmur Bahçesi Ne İşe Yarar?" Tarihinde 24 Kasım 2022 (<https://soyleki.com/yagmur-bahceleri-nedir-yagmur-bahcesi-ne-ise-yarar/>).
- URL7. "How to Build a Rain Garden - This Old House". Tarihinde 24 Kasım 2022 (<https://www.thisoldhouse.com/gardening/21016338/how-to-build-a-rain-garden-to-filter-run-off>).
- URL8. "Suyu Emen Asfalt ve Beton - ÇEYREK MÜHENDİS". Tarihinde 25 Kasım 2022 (<https://www.ceyrekmuhendis.com/suyu-emen-asfalt-ve-beton/>).
- URL9. "Geçirimli Beton Nedir". Tarihinde 25 Kasım 2022 (https://www.thbb.org/media/281170/gecirimli_beton_uygulama_kilavuzu_147.pdf).
- Vitruvius. 2021. *De Architectura Libri Decem : Mimarlık Üzerine On Kitap*. 6. Baskı. İstanbul: Alfa Basım Yayım Dağıtım.
- Ward, S., F. A. Memon, ve D. Butler. 2010. "Harvested rainwater quality: The importance of appropriate design". *Water Science and Technology* 61(7):1707–14. doi: 10.2166/WST.2010.102.
- Ward, S., F. A. Memon, ve D. Butler. 2012. "Performance of a large building rainwater harvesting system". *Water Research* 46(16):5127–34. doi: 10.1016/J.WATRES.2012.06.043.
- Yannopoulos, Stavros, Ioanna Giannopoulou, ve Mina Kaiafa-Saropoulou. 2019. "Investigation of the Current Situation and Prospects for the Development of Rainwater Harvesting as a Tool to Confront Water Scarcity Worldwide". *Water* 2019, Vol. 11, Page 2168 11(10):2168. doi: 10.3390/W11102168.
- Yufen, Ren, Wang Xiaoke, Ouyang Zhiyun, Zheng Hua, Duan Xiaonan, ve Miao Hong. 2008. "Stormwater Runoff Quality from Different Surfaces in an Urban Catchment in Beijing, China". *Water Environment Research* 80(8):719–24. doi: 10.2175/106143008X276660.
- Zabidi, Husnna Aishah, Hui Weng Goh, Chun Kiat Chang, Ngai Weng Chan, ve Nor Azazi Zakaria. 2020. "A Review of Roof and Pond Rainwater Harvesting Systems for Water Security: The Design, Performance and Way Forward". *Water* 2020, Vol. 12, Page 3163 12(11):3163. doi: 10.3390/W12113163.
- Zhang, Yan, Donghui Chen, Liang Chen, ve Stephanie Ashbolt. 2009. "Potential for rainwater use in high-rise buildings in Australian cities". *Journal of Environmental Management* 91(1):222–26. doi: 10.1016/J.JENVMAN.2009.08.008.
- Zobrist, J., S. R. Müller, A. Ammann, T. D. Bucheli, V. Mottier, M. Ochs, R. Schoenenberger, J. Eugster, ve M. Boller. 2000. "Quality of roof runoff for groundwater infiltration". *Water Research* 34(5):1455–62. doi: 10.1016/S0043-1354(99)00290-0.