



TTMD

ISSN 1302-2415

www.ttmd.org.tr

Isıtma, Soğutma, Havalandırma, Klima, Yangın ve Sıhhi Tesisat E-Dergisi • HVAC, Refrigeration, Fire Safety and Sanitary E-Journal

DOĞU İKLİMLENDİRME'NİN KATKILARI İLE YAYIMLANMAKTADIR.

SAYI 149'UN
EKİDİR

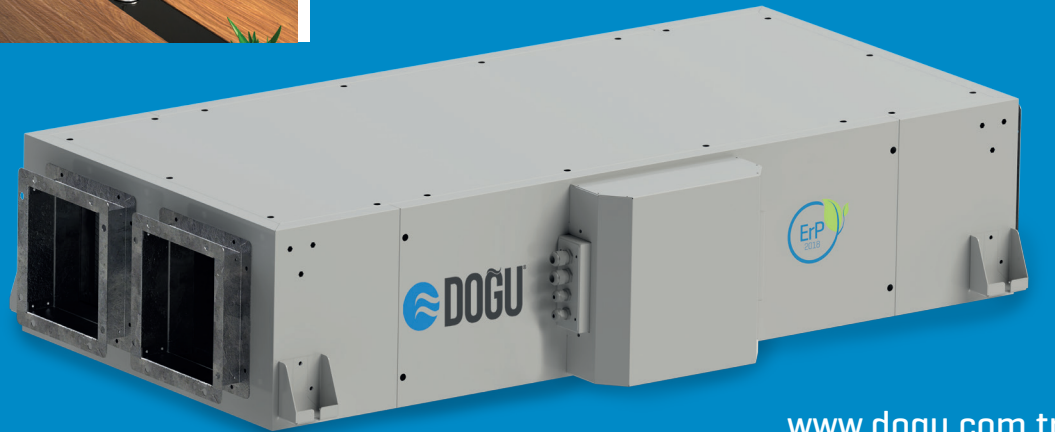


■ Yağmur Suyu Hasadı Sistemleri: Gereklilikler, Tasarım Yaklaşımı ve Sürdürülebilirlik Perspektifi



RESİMLER ARASINDAKİ FARKI BUL!

Üç farklı montaj seçeneğiyle her yere mükemmel uyum sağlayan CFHR-U Universal Tip Ters Akışlı Isı Geri Kazanım Cihazı ile hava kalitesi, enerji tasarrufu ve sessiz çalışma performansında hiçbir fark yok; hep zirvede.



 DOGU®

www.dogu.com.tr

Yağmur Suyu Hasadı Sistemleri: Gereklilikler, Tasarım Yaklaşımı ve Sürdürülebilirlik Perspektifi

Melek Yıldız
Dr. Umut Barış Yılmaz

İçindekiler

Yağmur Suyu Hasadının Temel Tanımı.....	5
Yağmur Suyu Toplamanın Avantajları.....	5
Yağmur Suyu Hasadı Sistem Bileşenleri.....	6
Yağmur Suyu Hasadı Hesabı.....	7
Yağmur Suyu Hasadı Sistemlerinde Arıtma.....	7
Yağmur Suyu Hasadı Sistemlerinde Depolama ve Hacim Tasarımı.....	8

Depolama Tankı Tasarım Kriterleri.....	8
Depolama Hacmi Hesabı.....	8
Yağış Rejimine Bağlı Depolama Yaklaşımı.....	8
Depolama Süresi ve Su Kalitesi.....	9
Standart ve Yönetmelik Perspektifi.....	9
Kaynaklar / Referanslar.....	9

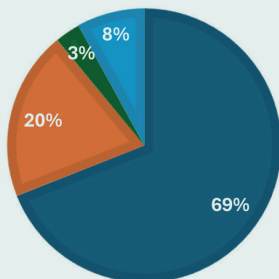
Dünya üzerindeki su sürekli bir döngü halinde olmasına rağmen, nüfus artışı, çevre kirliliği, maliyet, bilinçsiz su tüketimi ve iklim koşullarındaki değişiklikler nedeniyle döngüsü tamamlanmadan tüketilmektedir. Tarımsal, endüstriyel, içme ve kullanım suyu elde etmek ülkeler için giderek zorlaşmaktadır. Bu nedenle, suyun dünya tarihindeki stratejik önemi gelecekte de artmaya devam edecektir.

Su, tüm canlı organizmaların yaşamlarını sürdürmeleri için gerekli olan hayati ve doğal bir kaynaktır. Ancak, Dünya yüzeyindeki su miktarı sınırlıdır. United States Geological Survey (USGS) ve Food and Agriculture Organization (FAO) verilerine göre Dünyanın 1,4 milyar km³ suyunun %97,5'i tuzlu su, %2,5'i ise tatlı su kaynaklarıdır. Tatlı su yüzdesinin dağılımı kutup buzulları için %69,5, yeraltı suyu için %30,1 ve yüzey suyu kaynakları için %0,4'tür. Yüzey sularının dağılımı aşağıda pasta grafiği şeklinde verilmiş olup, insanların kolayca erişebildiği su miktarının, toplam suyun %0,01'inden bile az olduğu anlaşılmaktadır.

Tatlı su kaynaklarının miktarıyla ilgili sorunlara ek olarak, son zamanlarda küresel ölçekte su kalitesiyle ilgili sorunlar

YÜZEY SULARININ DAĞILIMI

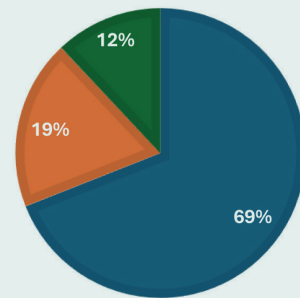
■ Göller ■ Toprak Nemi ■ Nehirler ■ Diğer (Bataklık, Atmosfer vb.)



da ortaya çıkmıştır. Miktar ve kalite açısından bu kaynakların bozulmasının başlıca nedenleri hızlı nüfus artışı, teknolojik gelişmeler, kentleşme ve küresel iklim değişikliğidir. FAO ve Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü (UNESCO) raporlarına göre tatlı su kaynaklarının en büyük küresel kullanıcısıdır ve bu nedenle iklim değişikliğine karşı oldukça savunmasızdır.

TATLI SUYUN KULLANIM ALANLARI

■ Tarım ■ Sanayi ■ Evsel Kullanım



Ayrıca, tarımsal üretim için kritik öneme sahip bölgelerin büyük bir kısmı kuraklık riski altındadır. Bu durum sulama suyuna olan ihtiyacın artmasına sebep olmaktadır. Dünyanın birçok yerinde yağış rejimlerinin bozulmasına yol açan iklim değişikliği, uzun dönemlerde düşen yağış miktarının aniden daha kısa dönemlerde düşmesine, akış hızlarının değişmesine ve toprak erozyonunun artmasına neden olmuştur. Bu bölgelerde, toprağın su tutma kapasitesinin yakın zamanda azalması ve tarımsal faaliyetler için sulama suyu uygulama programlarının değişmesi beklenmektedir. United Nations, FAO ve World Bank raporlarına göre son on yılda nüfusun 0,8 milyar artışla 8,15 milyara yükseldiği,

kaynakların sabit olması nedeni ile de kişi başına düşen su miktarının %7 oranında azaldığı görülmektedir. Bu dönemde ortalama sıcaklık ve yağışlardaki değişikliklerin, suyun verimli kullanımını engelleyen ek faktörler olarak kabul edilmiştir. Bu durumun önümüzdeki yıllarda tarımsal faaliyetleri etkilemesi beklenmektedir.

Yıl	Dünya Nüfusu (milyar)	Kişi Başı Yenilenebilir Su (m ³ /yıl)	Toplam Su Kullanımı (endeks)
2015	7,35	~5.700	100
2016	7,43	~5.650	101
2017	7,51	~5.600	102
2018	7,59	~5.550	103
2019	7,67	~5.500	104
2020	7,75	~5.450	105
2021	7,83	~5.400	106
2022	7,95	~5.350	107
2023	8,05	~5.300	108
2024	8,15	~5.300 ↓ (%7 düşüş)	110+

Bugün dünya nüfusunun %57'sini oluşturan kentsel nüfusun 2050 yılına kadar %69'a çıkacağı tahmin edilmektedir. 2050 yılına kadar yaklaşık beş milyar insanın su kıtlığı çeken bölgelerde yaşayacağı tahmin edilmektedir, Nüfus artışıyla birlikte, tarımsal üretimde kullanılan su miktarı ile şehirlerde kullanılan su miktarının da nüfus yoğunluğuyla birlikte artması kaçınılmazdır. Tuvaletler, park ve bahçelerin sulanması, araç ve çamaşır yıkama, içme ve kullanım amaçlı tüketilen suyun %70'ini oluşturmaktadır.

Gelecekte suyun yapay bir alternatifi de olmayacağı için, suyun kıt bir stratejik kaynak haline geleceği tahmin edilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü'ne göre, kişi başına su tüketimi 2 ila 4 litre arasında değişmektedir. Buna karşılık, bir kişinin tükettiği gıda üretiminde kullanılan su miktarı ortalama olarak günde 2 ila 5 ton arasında değişmektedir. 2015 yılında BM Genel Kurulu tarafından kabul edilen ve güvenli ve temiz içme suyuna ve sanitasyona erişimin bir "insan hakkı" olduğunu vurgulayan raporda, 2015 rakamlarına göre her 10 kişiden 3'ünün (yaklaşık 2,1 milyar kişi) güvenli içme suyuna erişiminin olmadığı belirtilmiştir. Su tüketiminin her geçen gün artmasıyla, 2050 yılından sonra 5,7 milyar insanın yılın en az bir ayında su kıtlığı çekeceği tahmin edilmektedir.

Günümüzde deniz suyunu arıtmak hala ekonomik olarak maliyetlidir, bu nedenle yağmur suyu hasadı güvenilir ve uygun maliyetli evsel su sağlamak için değerlendirilmesi gereken bir kaynak olarak ön plana çıkmaktadır. Kurak ve yarı kurak bölgelerde yağış miktarı çok düşüktür ve mevsimler içinde ve arasında büyük farklılıklar göstermektedir. Ayrıca, yetersiz bitki örtüsü, sıg yüzeyle sıg topraklardan yüzey akışı ve buharlaşma nedeniyle yağmur suyunun büyük bir kısmı depolanmamaktadır. Bu nedenle, yağmur suyunun kullanımını en üst düzeye çıkarmak için bir strateji geliştirmek gereklidir. Yağmur suyu hasadı, içme ve kullanılabilir su için alternatif bir kaynak sağlaması,

mahsullerin yetiştirilmesi için sulama suyu olarak kullanılabilmesi ve kentsel yağmur suyu akışını azaltması nedeniyle önem kazanmaktadır. Yağmur suyu hasadı, yerleşim alanlarında oluşturulacak yapay su toplama sistemleri ile yağmur suyunun toplanması ve kullanılması uygulamasıdır ve özellikle çok düşük yağış alan ülkelerde su kıtlığı sorununu çözmeye önemli bir katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte en verimli ve maliyeti etkin olan uygun bir su hasadı sistemi seçmek önemlidir. Yağmur suyu hasadı sistemleri kullanılarak, birçok ülke önemli ölçüde evsel su tasarrufu sağlar, şebeke tarafından tüketilen su miktarını azaltır ve ekonomik kazançlar sağlar. Ayrıca, yağmur suyu hasadı kırsal alanlarda, uzun mesafelerde ve güvenilir suyun bulunmadığı durumlarda rahatlıkla kullanılabilir. Araştırmacılar, bu bağlamda su tutma faaliyetlerinin doğru planlanmasının son derece önemli bir husus olduğunu vurgulamaktadır. Dahası, su hasadı yoluyla elde edilen suyun ücretsiz ve kaliteli olması da değerlidir. Acil durumlarda (depremler, ani kuraklık, aşırı kuraklık vb.), bu tür toplanan su, mevcut su kaynaklarının korunmasına ve kırsal alanların sürdürülebilirliğinin sağlanmasına yardımcı olmak için kolaylıkla kullanılabilir. Yağmur suyu hasadı yoluyla toplanan su, yeşil alanların sulanması, tarımsal sulama, çamaşır yıkama, tuvalet rezervuarları, araba yıkama, soğutma kuleleri ve yangın söndürme gibi birçok amaç için kullanılabilir. Ayrıca basit bir arıtma sisteminden geçmesi halinde içme suyu olarak da tüketilebilir.

Yağmur Suyu Hasadının Tarihiçesi: Yağmur suyu hasadı, dünyanın çeşitli bölgelerinde eski çağlardan beri kullanılan bir yöntemdir. Çok farklı durumlara uyarlanabilir ve dünyanın coğrafik veya sosyo ekonomik durumu çok farklı bölgelerde sınıf farkı gözetmeksizin kullanılmıştır.



Yağmur hasadı örnekleri, tarih boyunca tüm büyük toplumlarda bulunabilir. Çatı havzası sisteminin Roma döneminde kullanıldığı bilinmektedir. Roma evleri ve hatta tüm şehirler, MÖ 2000 yılından beri içme suyu ve evsel amaçlar için ana su kaynağı olarak yağmur suyunu kullanacak şekilde tasarlanmıştır. Mezopotamya'da evlerin avlularında ve çatılarından gelen suyun, yer altı depolarına yönlendirmesi ile yağmur suyu toplama sistemleri tasarlandığı görülmektedir. İsrail'de yıllık yağışın 100 mm olduğu Necef Çölü'nde, tarım ve yerleşim alanlarında yamaçlardan gelen yağmur suyunu depolamak için tankların kullanıldığı bilinmektedir. En eski bilinen kanıt, 200-2000 m³'lük tankların Mısır'da yaklaşık 2000 yıldır kullanıldığı ve bugün hala kullanımda olduğudur. Bu uygulama ayrıca Asya'da da uzun bir geçmişe sahiptir.

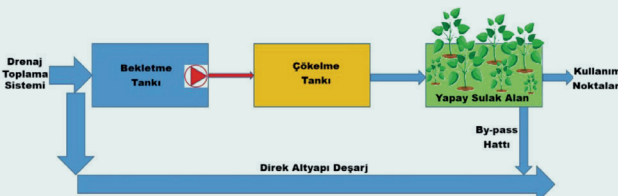
Tayland'da su toplama uygulamaları neredeyse 2000 yıl öncesine kadar uzanmaktadır. Afrika ve Asya'da, yağmur suyu toplama binlerce yıldır geleneksel toprak kaplarda basit su yolları veya çatı saçakları aracılığıyla uygulanmaktadır.

Roma'da gelişmiş sarnıç (cistern) sistemlerinin en iyi örneklerinden biri olan, Bizans İmparatoru I. Justinianus tarafından MS 532 yılında inşa ettirilen İstanbul Yerebatan Sarnıcı, su depolama mühendisliği ve mimari açıdan dünyanın en etkileyici su toplama sarnıcı olarak kabul edilmektedir. 140 m uzunluğunda, 70 m genişliğinde ve 80.000 m³ kapasitelidir. Yaklaşık 500.000 kişiye su sağlama kapasitesine sahiptir. Filistin bölgesinin uzun tarihi boyunca çiftçiler, şiddetli yağışların olumsuz etkisini azaltmak, yüzey akışını ve toprak erozyonunu önleyerek toprak organik madde içeriğini artırmak ve toprak su yapılarını korumak için taş teraslar inşa etmişlerdir. Yağmur suyu toplama sistemlerinin dünyanın farklı bölgelerinde binlerce yıldır vardır ve bir kısmı hala kullanımdadır. Romalılar, su temini için su kemerleri gibi çeşitli altyapılara odaklanmış ve su kemerlerinden gelen suyu depolamak için rezervuarlar ve yağmur sarnıçları inşa etmişlerdir. 13. yüzyılda Venedikliler gelişmiş yağmur suyu toplama teknikleri geliştirmiş ve uygulamışlardır.

Osmanlı İmparatorluğu (1669-1898) döneminde, çeşmeler ve hamamlar oldukça yaygındı ve büyük hidrolik tesisler onlara su sağlıyordu. Osmanlı döneminde, merkezi su sistemleriyle hizmet verilen merkezi bölgelerde sarnıçların rolü azaldı. Ancak su sistemlerinin hizmet vermediği uzak bölgelerde sarnıçlar inşa edilmeye ve kullanılmaya devam etti. Bizans sarnıçlarının dikdörtgen planının aksine, kırsal alanlarda dairesel sarnıçlar ortaya çıktı.

Bugün bu tür sarnıçlara sıklıkla rastlanmakta ve hayvanların su ihtiyaçlarını karşılamak için hala kullanılmaktadır. Dünyanın birçok yerinden elde edilen kanıtlar, tarih öncesi zamanlardan beri insanların evsel kullanım, sulama ve hayvancılık için su ihtiyaçlarını yağmur suyunu toplayıp depolayarak karşılamaya çalıştığını göstermektedir.

Günümüzde yağmur suyu toplama, kuyular, pompalar, betonarme, plastik veya çelik tanklar gibi yeni teknolojilerle modern malzemeler ve teknikler kullanılarak yapılmaktadır; bu teknikler eski yağmur suyu toplama tekniklerinden farklıdır. Suya çok daha zor erişim sağlanan kurak coğrafyalarda veya deşarj su değerlerinin yüksek nitelikte olması istenen bölgelerde, yağmur suyunun bekletme tankı (detention tank) ve çökeltme tankından (settling tank) geçirildikten sonra debi kontrolü sağlanarak yağ ve ağır metallerin ayrılması için yağ ayırıcılar veya yapay sulak alan (constructed wetland) kullanılarak peyzaj sulama, yangın suyu veya suni göllerde kullanıldığı görülmektedir.



Tarih boyunca yağmur suyu, içilebilir ve içilemez kullanımlar için ana su kaynağı olmuştur. Bu nedenle yağmur suyu hasadı, insanlığın hayatta kalması için hayati önem taşımaktadır.

Yağmur Suyu Hasadının Temel Tanımı:

Yağmur suyu hasadı, yağmur suyunun toplanması ve çeşitli kullanımlar için toprakta veya rezervuarlarda depolanması işlemidir. Yağmur suyu hasadı, konut ve tarımsal sulamada kullanılan sürekli olmayan yeraltı suyu, yani içme suyu yerine, yüzey akışlı yağmur suyunu toplamak ve kullanmak için geliştirilmiş bir yöntemdir. Dünya genelinde kurak ve yarı kurak bölgelerde yağmur suyu hasadından elde edilen su, bu bölgelerde su kullanım oranını ve verimliliği artırmaktadır. Su toplama alanının büyüklüğüne göre çeşitli sınıflandırmalar yapılmaktadır. Bölgenin su talebine ve iklim koşullarına bağlı olarak uygun bir sistem tercih edilir. Ancak birçok çalışmada, çatı yağmur suyu toplama sisteminin son zamanlarda en yaygın kullanılan sistem olduğu gözlemlenmiştir. Bu makalede de çatıya düşen yağmur suyunun hasat edilmesi işlenmiştir. Bu sistemlerde, çatı yüzeyine düşen yağmur suyu toplanır ve oluklar yardımıyla su depolama alanlarına aktarılır. Yağmur suyunu toplamak için iki yöntem uygulanır: yeraltı depolama ve toprak yüzeyinde depolama. Toplanan suyun yeraltında depolanması için toprak ve sarnıçlar kullanılırken, yer yüzeyindeki depolama alanları olarak tanklar, rezervuarlar veya göletler kullanılır. Sert zeminlerde toplanan su da aynı şekilde depolanıp, kullanım amacı doğrultusunda arıtılıp tüketilmektedir.

Yağmur Suyu Toplamanın Avantajları

Yağmur suyu toplamanın birçok avantajı vardır. Bu avantajlar şunlardır.

- Su kıtlığı olan ve ihtiyaç duyulan her yerde ek bir su kaynağı olarak kullanılabilir.
- Su kaynaklarının korunmasını sağlar.
- Güvenli içme suyu sağlamak için artırılır.
- Bitki dikimi ve peyzaj sulaması için kullanılır.
- Yağmur suyu akışını yüzey akışına azaltır.
- Basit teknoloji kullanır ve bakımı kolaydır.
- Kullanım maliyeti düşüktür.
- Yüzey suyu ve yeraltı suyuna olan talebi azaltır.
- Fatura ve işletme maliyetleri düşüktür.
- Basit ve esnek bir sistemdir. Bakım ve işletme gibi konularda halk bilgilendirilebilir.
- Arazi, jeoloji veya altyapı yönetim planlarından bağımsız olarak her yerde kurulabilir.
- Su doğrudan hanelere veya daha yakın yerlere ulaştırılabilir. Uzak bir yerden taşımayı önleyerek zaman ve enerji tasarrufu sağlar.
- Ayrıca, kentsel alanlarda yoğun yağışlar sırasında drenaj ve sel gibi altyapı sorunlarının neden olduğu

olumsuzlukları önleyerek yağmur suyunu su kaynağı varlıklarına dönüştürerek yağmur suyu yönetimi sağlar.

- Kentsel alanlarda yüzey akışını azaltır ve yüzey sularının suyla taşınabilen kirleticilerden (gübreler, pestisitler ve tortu) daha az kirlenmesini sağlar.
- Su dağıtım şebekesinde herhangi bir aksama olması durumunda veya kuraklık dönemlerinde ek su temini sağlar.
- Yoğun yağış dönemlerinde sel kontrolü sağlar.
- Evsel kullanım için suya erişimi sınırlı olan haneler için ek bir kaynaktır.
- Yağmur suyunu, yağmur suyu toplama sistemleri için özel olarak inşa edilmemiş çatı alanları ve otoparklar gibi sert yüzeylerde toplamak ve kullanmak, barajlar ve borulu dağıtım sistemlerine göre çevre üzerinde daha az olumsuz etkiye sahiptir.
- Yağmur suyu toplama ucuz ve sürdürülebilirdir. Yüksek kaliteli su sağlar ve fazla su, yeraltı suyunu beslemek için depolama alanlarına yönlendirilebilir.

Yağmur Suyu Hasadı Sistem Bileşenleri

Yağmur suyu hasadı sistemi aşağıda detayları verilen toplama, taşıma ve depolama olmak üzere üç ana bileşenden oluşur

1. Toplama Sistemleri

Hasat, yağmur ve selden sonra farklı yerlerden su toplamak için kullanılan bir sistemdir, ancak toplama sistemleri iki teknik sisteme ayrılır: arazi yüzeyi hasadı ve çatı yüzeyi hasadı.

Arazi yüzeyi hasadı, diğer yağmur suyu toplama yöntemlerine göre çok fazla para harcamadan ve daha fazla deneyim gerektirmeden, kaldırımlı alanlar (teraslar, yollar ve avlular) gibi bina sistemlerinden su toplamanın çok basit bir yoludur. Çıplak toprak, otlaklar, ekili araziler, sıkıştırılmış yüzeylere sahip kayalık alanlar, doğal eğimler ve ekilmemiş alanlar gibi asfaltlanmamış alanlarda, toprak yüzeyindeki sel sularının akışının bir dere yatağına aktığı bir toplama yeri oluşturmak veya kurmak için kullanılır.

Çatı toplama sistemi, galvanizli sac ve oluklu sac gibi farklı bileşenler aracılığıyla çatının üstünden yağmur suyunu toplamak için kullanılan yaygın bir yöntemdir. Yağmur suyu toplama alanlarında uygun yüzey kaplamalarının kullanılması da toplanabilecek maksimum su seviyesini ve suyun kalitesini ve verimliliğini etkileyebilecek önemli bir faktördür. Çatının konumu, boyutu ve malzemesi, toplanan yağmur suyunun miktarını ve kalitesini etkiler. Örneğin, bambudan yapılmış bir çatı düşük kaliteli su sağlar, bu nedenle bambu yerine galvanizli, demir, alüminyum, çimento vb. diğer yapı malzemeleri kullanılmalıdır. Yağmur suyu toplama yüzeyi, kir, yaprak ve kuş pisliğini gidermek için sık sık temizlenmelidir. Toplama alanının malzemesi de küçük miktarlardaki toksinlerin sızma türünü ve potansiyelini etkiler. Örneğin, ahşap, asfalt ve

katranlı çatılardan toplanan yağmur suyu yalnızca sulama için uygun olabilir. Çatılarda yağmur suyu akışı sırasında, rüzgâr etkisi, çatı eğimi, çatı malzemesinin türü, buharlaşma, sızıntılar ve dökülme nedeniyle oluşan kayıplar nedeniyle yağmurun tamamı toplanmaz.

2. Taşıma Sistemleri

Su toplama alanından depolama alanına su taşımak için tasarlanmış veya kullanılan bu su taşıma sistemi malzemesi, toplama sistemine bağlıdır ve bileşenleri galvanizli çelik veya polivinil klorür (PVC) gibi farklı bir malzeme veya sistem olabilir.

Örneğin, çatı toplama sisteminde, evlerdeki taşıma sistemi, suyu yeraltı depolama alanına taşıyan kanallar ve hendeklerden oluşabilir. Yağmur suyu toplama sistemlerinde, yağmur suyu toplandıktan sonra, ihtiyaca göre taşıma sistemleri aracılığıyla filtrelenir veya filtrelenmez, depolama araçlarına aktarılır ve bu alanlarda depolanır.

Yağışın yoğun olduğu bölgelerde, daha az yağış alan bölgelere göre daha geniş oluklara ihtiyaç vardır. Oluk boyutu, en yüksek yoğunluktaki yağış sırasında akış için tasarlanmalıdır. Yağmur olukları standart şekil ve boyutlarda kolayca bulunabilir, ancak toplam yağmur suyu toplama miktarını en üst düzeye çıkarmak için eğime monte edilmiş özel yapım profiller de kullanılabilir. Yağmur olukları ve çatı yüzeyleri gibi iniş boruları da su kalitesi üzerinde olumsuz etkilerden kaçınmak için ahşap, plastik, alüminyum veya fiberglas gibi kimyasal olarak reaktif olmayan malzemelerden yapılmalıdır.

Geniş ve düz/az eğimli çatılar ile uzun yatay hat ihtiyacı bulunan büyük çatılarda sifonik yağmur suyu toplama sistemleri ile de taşıma sistemi sağlanabilir. Sifonik sistemlerin daha küçük boru kesit alanları ile basınçlı çalışması nedeni ile, yağmur suyu depolama bölgesine daha rahat taşınabilmektedir.

3. Depolama Sistemi

Toplanan suyun depolanmasının genel olarak iki yolu vardır: Tankta ve yeraltı depolamasında. Ancak bu depolama sistemi, su toplama tekniklerinde kullanılan son su depolama sistemidir. Depolama tankı, diğer bileşenlere



kıyasla yüksek maliyeti nedeniyle yağmur suyu toplama sisteminin en önemli bileşenidir. Düşük maliyetle uygun boyutu sağlamak için uygun bir tasarım gerektirir. Depolama tankı, depolanacak su miktarına göre tasarlanır. Konumu yeraltında veya yer üstünde olabilir.

Depolama tanklarının malzemesi, boyutu ve konumu, toplanan yağmur suyunun kullanım amacına bağlıdır. Tankın kapasitesi, tahmini aylık su talebine, kullanım yerine, aylık yağış miktarına ve toplama alanının büyüklüğüne orantılı olmalıdır. Bu tankların yapımı için tankın şekline, boyutuna ve malzemesine göre çok sayıda alternatif vardır. Beton tanklar genellikle yerinde inşa edilir ve uzun ömürlü ve dayanıklıdır.

Yağmur Suyu Hasadı Hesabı:

Hesaplamanın Bileşenleri

Toplama Alanı (Çatı Alanı): Yağmur dikey olarak düştüğü için, çatı yüzey alanı yerine çatı izdüşüm alanı (uzunluk x genişlik) esas alınmalıdır.

Yağış Miktarı: Yerel ortalama yıllık yağış verileri (mm veya inç cinsinden) ya da yerel meteoroloji servislerinden alınan spesifik yağış verileri kullanılmalıdır.

Verim / Akış Katsayısı (Runoff Coefficient): Buharlaştırma, sıçrama ve yüzeyde emilme gibi kayıplar nedeniyle yağışın tamamı toplanamaz. Bu nedenle genellikle 0,85 - 0,90 (%85-90) aralığında bir katsayı kullanılır.

Mevcut yağmur suyu hacminin belirlenmesi Farklı alanlardan (indeks i) bir zaman adımı (t) için potansiyel olarak toplanabilecek mevcut yağmur suyu hacmi YR,t, aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmalıdır:

$$YR,t = h_t \cdot \eta \cdot \Sigma(A_i \cdot e_i)$$

YR,t: t zaman adımı başına yağmur suyu verimi, litre (l) cinsinden ifade edilir,

A_i: Yağmur suyu toplama sistemine boşaltılacak olan toplama alanının metrekare (m²) cinsinden ifade edilen yatay projeksiyon,

e_i: Yüzey akma katsayısı

h_t: Seçilen bir t zaman adımı için (örneğin; yıllık, aylık veya günlük) milimetre (mm) cinsinden ifade edilen toplam yağış miktarı,

η: Hidrolik arıtma verimlilik katsayısı.

Hidrolik arıtma verimlilik katsayısı η, arıtılmış suyun çıkış akışının, toplanan yağmur suyunun giriş akışına oranıdır. İmalatçı tarafından belirtilmediği takdirde, ilave işlem yapılmayan sistemlerde hesaplama için bu katsayı 0,9 olarak kullanılabilir. Aşağıdaki tablo kullanılacak yüzey akma katsayılarını göstermektedir. Yüzey akma katsayısı, yağışın ne kadarının toplanabilir suya dönüştüğünü ifade eder ve yüzey tipi, eğim ve pürüzlülüğe bağlı olarak değişir.

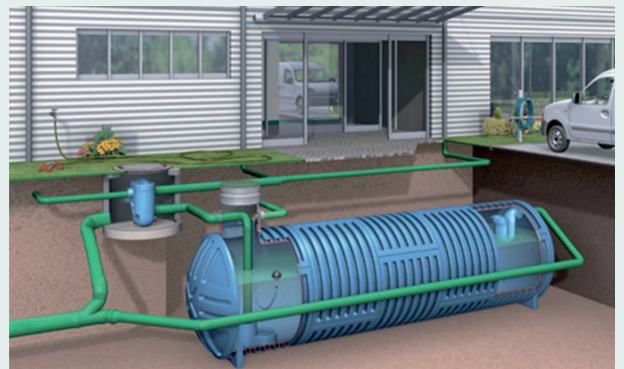
Toplama Yüzeyi	Yüzey Akma Katsayısı (e)
Eğimli, pürüzsüz yüzeyli çatı (metal, cam, arduvaz, sırlı fayans, güneş panelleri)	0,9
Eğimli, pürüzlü yüzeyli çatı (beton kiremit vb.)	0,8
Düz çatı (çakılsız)	0,8
Düz çatı (çakıllı)	0,7
Yeşil çatı (yoğun, örn. bahçe tipi)	0,3
Yeşil çatı (geniş/extensive)	0,5
Kapalı (yalıtılmış) yüzeyler (örneğin asfalt)	0,8
Yalıtılmamış yüzeyler (örneğin parke taşı)	0,5

Yağmur Suyu Hasadı Sistemlerinde Arıtma:

Yağmur suyu hasadı sistemlerinde, çatı yüzeyinde biriken toz, organik maddeler, kuş dışkısı ve diğer kirlenmeler, yağışın ilk anında sisteme taşınmaktadır. Bu nedenle, yağmurun ilk kısmının doğrudan depolama sistemine verilmesi su kalitesini olumsuz etkileyebilir. Bu durumu önlemek amacıyla "ilk yıkama (first flush) sistemleri kullanılmaktadır. First flush sistemleri, yağışın başlangıcında oluşan kirli suyun belirli bir hacmini sistemden uzaklaştırarak, daha temiz olan sonraki yağmur suyunun depolanmasını sağlar. Bu sistemler genellikle belirli bir hacimde suyu geçici olarak tutan ve dolduktan sonra devre dışı kalarak suyu depoya yönlendiren basit mekanik düzeneklerden oluşur. İlk yıkama hacmi, çatı alanı ve kirlilik düzeyine bağlı olarak değişmekle birlikte, uygulamada genellikle 0,5 - 2 litre/m² aralığında seçilmektedir. Daha kirli ortamlarda veya uzun süre yağış almayan bölgelerde bu değer artırılabilir. First flush sistemlerinin düzenli olarak boşaltılması ve temizlenmesi gerekmektedir. Aksi takdirde sistem içerisinde biriken kirlenmeler, zamanla kötü koku, biyolojik büyüme ve sistem performansında düşüşe neden olabilir.

İlk Yıkama ile entegre çalışacak esas filtreler ise, genellikle oluk çıkışında veya sarnıç öncesinde konumlandırılır ve sistemin hidrolik kapasitesine, boru çaplarına ve toplanan su miktarına uygun olarak seçilir. Bu aşama, hem depolama tankında oluşabilecek tortu birikimini azaltır hem de sistem ekipmanlarının korunmasını sağlar.

Toplanan yağmur suyu, depolama tankında belirli ölçüde doğal sedimentasyon (çökeltme) sürecine tabi olur. Ancak, depolanmış suyun kullanım amacına bağlı olarak ilave arıtma kademelerine ihtiyaç duyulabilir. Arıtma sistemi seçimi, suyun kullanılacağı yer, istenen su kalitesi ve sistemin işletme koşulları dikkate alınarak belirlenmelidir.



Yağmur suyu hasadı sistemlerinde uygulanabilecek başlıca arıtma yöntemleri şunlardır:

- **Filtrasyon:** Askıda katı maddelerin uzaklaştırılması için kum filtre, multimedya filtre veya kartuş filtreler kullanılır.
- **Aktif karbon filtrasyonu:** Renk, koku ve organik maddelerin giderilmesinde etkilidir.
- **Mikrofiltrasyon (MF):** Daha ince partiküllerin ve bazı mikroorganizmaların tutulmasını sağlar.
- **Ultrafiltrasyon (UF):** Bakteri ve kolloidlerin uzaklaştırılmasında yüksek verim sağlar.
- **Dezenfeksiyon:** Mikroorganizmaların inaktivasyonu için Klor, UV, Ozon gibi yöntemler kullanılabilir.

Bu sistemlerin tasarımında, debi (kapasite), temas süresi ve filtre yükü gibi parametreler dikkate alınarak uygun ekipman seçimi yapılmalıdır. Arıtma ünitelerinin kapasitesi, sistemin toplam su ihtiyacına ve pik debi değerlerine göre belirlenmeli, aynı zamanda işletme ve bakım kolaylığı göz önünde bulundurulmalıdır.

Sonuç olarak, yağmur suyu arıtma sistemleri gereğinden fazla karmaşık hale getirilmeden, kullanım amacına uygun, yeterli ve sürdürülebilir bir kalite sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır.

Yağmur Suyu Hasadı Sistemlerinde Depolama ve Hacim Tasarımı

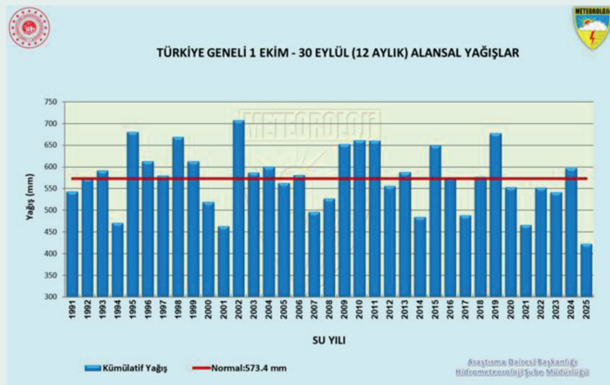
Yağmur suyu hasadı sistemlerinde depolama ünitesi, yalnızca suyun biriktirildiği bir eleman değil, sistemin sürekliliğini, verimini ve ekonomik uygulanabilirliğini belirleyen temel bileşendir. Depolama tankları, yağışın süreksiz doğası ile su tüketiminin sürekliliği arasındaki dengenin sağlanmasında kritik rol oynar.

Uluslararası standartlarda, özellikle DIN 1989-1 ve EN 16941-1 kapsamında, depo hacminin belirlenmesinde arz-talep dengesi, yağışın zamansal dağılımı ve sistem verimi esas alınmaktadır.

Depolama Tankı Tasarım Kriterleri

Depolama tankı tasarımında aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır:

- Tank hacmi, yağış miktarı, toplama alanı ve su tüketimi birlikte değerlendirilerek belirlenmelidir
- Tanklar yer üstü veya yer altı olarak konumlandırılabilir



- Işık almayan, serin ve donmaya karşı korunaklı ortamlar tercih edilmelidir
 - Sakin giriş (quiescent inflow) ile tortu karışımı engellenmelidir
 - Su çekimi, dip tortusundan uzak seviyeden yapılmalıdır
 - Taşma hattı uygun şekilde drenaj sistemine bağlanmalıdır
- Depolama tankı aynı zamanda bir sedimentasyon ünitesi gibi çalışarak su kalitesinin iyileştirilmesine katkı sağlar.

Depolama Hacmi Hesabı

Toplanabilecek yağmur suyu miktarı aşağıdaki temel eşitlik ile hesaplanır:

$$V = A \times P \times e \times \eta$$

Burada:

- **V:** Toplanabilir su hacmi (L veya m³)
- **A:** Toplama alanı (m²)
- **P:** Yağış miktarı (mm)
- **e:** Yüzey akma katsayısı
- **η:** Sistem verimi (hidrolik/arıtma verimi)

Depo hacmi belirlenirken, elde edilebilecek su miktarı ile kullanım ihtiyacı birlikte değerlendirilir:

$$V_{\text{depo}} = \min(V_{\text{arz}}, V_{\text{talep}})$$

Bu yaklaşımda, sistemin ekonomik ve verimli çalışabilmesi için küçük olan değer esas alınır.

Pratik Boyutlandırma:

Standartlara ve uygulama deneyimlerine göre, depo hacmi için aşağıdaki yaklaşık yöntemler kullanılabilir:

- **25 - 50 L/m²** → çatı alanına bağlı ön boyutlandırma
- **800 - 1000 L/kişi** → evsel kullanım için
- **Yıllık toplanabilir suyun %5-20'si** → genel tasarım yaklaşımı

Yağışın yıl geneline daha dengeli dağıldığı bölgelerde, depo hacminin yıllık toplanabilir su miktarının yaklaşık %15-20'si olarak seçilmesi genellikle yeterli olmaktadır.

Yağış Rejimine Bağlı Depolama Yaklaşımı

Depo hacmi yalnızca toplam yıllık yağışa göre değil, yağışın zamansal dağılımına göre belirlenmelidir.

- Düzenli yağış alan bölgelerde: Daha küçük hacimli depolar yeterli olabilir
- Düzensiz ve kurak periyotlu bölgelerde: Daha büyük depolama hacimleri gerekir

Depolama alanının sınırlı olmadığı durumlarda, sistem sürekliliğini artırmak amacıyla 1-2 aylık su ihtiyacını karşılayacak kapasitede depolama yapılması mümkündür.

Depolama Süresi ve Su Kalitesi

Depolanan yağmur suyunun bekleme süresi, kullanım amacına bağlıdır:

- Sulama gibi düşük riskli uygulamalarda uzun süre depolanabilir

- Evsel kullanımda, suyun düzenli olarak yenilenmesi önerilir
- İçme suyu olarak kullanılacaksa mutlaka ileri arıtma uygulanmalıdır

Depolama koşullarının (kapalı, karanlık ve serin ortam) sağlanması, su kalitesinin korunması açısından kritik öneme sahiptir.

Standart ve Yönetmelik Perspektifi

Yağmur suyu depolama sistemleri, içme suyu sistemlerinden tamamen bağımsız tasarlanmalıdır. Bu kapsamda:

- EN 1717 kapsamında geri akış riski önlenmelidir
- Yerel yönetmeliklere uygun olarak sistemler işaretlenmeli ve kontrol edilmelidir
- İçme suyu ile doğrudan bağlantı kesinlikle yapılmamalıdır

Depolama tasarımı, yağmur suyu hasadı sistemlerinde en kritik mühendislik adımlarından biridir. Doğru boyutlandırılmamış depolar, sistem performansını doğrudan olumsuz etkiler.

“Depolama tasarımının amacı, maksimum suyu depolamak değil, mevcut suyu en verimli şekilde kullanmaktır.”

Yağmur suyu hasadı, sürdürülebilir su yönetimi açısından önemli ve uygulanabilir çözümlerden biridir. Ancak bu sistemlerin beklenen performansı sağlayabilmesi, doğru tasarım, uygun ekipman seçimi ve düzenli işletme-bakım uygulamaları ile doğrudan ilişkilidir. Sistem veriminin doğru hesaplanması, yüzey akma katsayılarının gerçekçi seçilmesi, arıtma yaklaşımının kullanım amacına göre belirlenmesi ve depo hacminin arz-talep dengesi gözetilerek tasarlanması, sistem performansını belirleyen temel mühendislik unsurlarıdır.

Sonuç olarak, yağmur suyu hasadı; basit bir depolama çözümü değil, bütüncül bir su yönetim yaklaşımıdır. Doğru planlandığında ve uygulandığında hem bireysel hem de kentsel ölçekte önemli su tasarrufu sağlayan, çevresel etkileri azaltan ve sürdürülebilirliği destekleyen bir sistemdir. Gelecekte suyun stratejik öneminin artacağı öngörüldüğünde, yağmur suyu hasadı uygulamalarının yaygınlaştırılması, standartlar çerçevesinde geliştirilmesi ve mühendislik disiplinleri içinde daha fazla yer bulması büyük önem taşımaktadır.

Kaynaklar / Referanslar

1. DIN 1989-1 - Rainwater harvesting systems - Planning, installation and operation.
2. EN 16941-1 - On-site non-potable water systems - Rainwater harvesting systems.
3. EN 1717 - İçme suyu sistemlerinde geri akışın önlenmesi.
4. AS/NZS 4020:2005 - Drinking water contact materials.
5. AS/NZS 1477 - PVC boru ve bağlantı elemanları standardı.
6. NSF/ANSI 42 - Estetik kirleticilerin giderimi.

7. NSF/ANSI 53 - Sağlıkla ilgili kirleticilerin giderimi.
8. World Health Organization - Guidelines for Drinking-water Quality, Geneva.
9. United Nations - World Water Development Reports.
10. Food and Agriculture Organization - Water for Sustainable Food and Agriculture.
11. World Wide Fund for Nature - Water scarcity and sustainability reports.
12. International Code Council - International Plumbing Code (IPC), Rainwater Harvesting Provisions.
13. American National Standards Institute - Water treatment and filtration standards.
14. NSW Health - Private Water Supply Guidelines. <http://www.health.nsw.gov.au/environment/water/Documents/NSW-Private-Water-SupplyGuidelines.pdf>
15. enHealth - Guidance on the Use of Rainwater Tanks. <http://www.health.gov.au/internet/main/publishing.nsf/Content/ohp-enhealth-raintank-cnt.htm>
16. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı - Su yönetimi ve çevre mevzuatları.
17. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı - Su kaynakları ve sulama politikaları. Meteoroloji Genel Müdürlüğü - Türkiye yağış verileri ve iklim istatistikleri.

Melek Yıldız

1968 Sivas-Zara doğumludur. 1989 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 11 yıl profesyonel çalıştıktan sonra 2001 yılında kendi mühendislik şirketini kurdu. Türkiye’de ve 25 farklı ülkede çeşitli kapasitelerde temiz su, atık su arıtma tesisleri ve geri kazanım prosesleri, yağmur suyu ve gri su arıtma sistemleri kurmaktadır. Ortaköy Rotary Kulüp, Uluslararası Rotary (Rotary Sürdürülebilir Çevre Aksiyon Grubu) ESRAG, TTMD Su Komitesi kurucu başkanı ve TTMD Eşitlik Komitesi, Türkiye Kadın Girişimciler Derneği Kagider Üyesidir. 2021 yılında Birleşmiş Milletlere bağlı WEGATE platformu tarafından yenilikçi ve çevreci bakış açısıyla başarılı işletme sahibi olarak magna dalında Avrupa Kadın Girişimci ödülü almıştır. MÜKAD Üyesi, İTO 29 Nolu Mühendislik Mimarlık Komitesi Meclis Üyesidir. Evli, bir erkek bir kız çocuk sahibidir.

Dr. Umut Barış Yılmaz

1979 yılında Ankara’da doğdu. Mersin Üniversitesi’nde Lisans, Gazi Üniversitesi’nde Isı Transferi ve Termodinamik alanında Yüksek Lisans ve Doktora eğitimini tamamladı. Yangının sayısal analizi (HAD) alanında tez, bildiri ve makale çalışmaları yaptı. 2005 yılından beri inşaat sektöründe ulaşım yapıları, yeşil binalar, altyapı, üst yapı ve petrol & gaz projelerinde çeşitli pozisyonlarda görev aldı. Halen Yüksel Proje A.Ş.’de Teknik Sistemler Grup Müdürü olarak çalışmakta ve TTMD 17. Dönem Yönetim Kurulu Üyesi görevini yürütmektedir.

TTMD Adına Sahibi

Seçil İskender

Dergi Yayın Yönetmeni

Prof. Dr. M. Zeki Yılmazoğlu

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü

Ozan Yavuz

Dergi Yayın Kurulu

Emre Özmen
Hamit Mutlu
Hüseyin Emre Öztürk
Melek Yıldız
Dr. Umut Barış Yılmaz

Danışma Kurulu

Abdullah Bilgin
Prof. Dr. Ahmet Arsoy
Akdeniz Hiçsönmez
Bahri Türkmen
Prof. Dr. Birol Kılıç
Prof. Dr. Bülent Yeşiltata
Cafer Ünlü
Erdoğan Boz
Ersin Gökbudak
Prof. Dr. Gülsu Ulukavak Harputlugil
Gürkan Arı
Prof. Dr. Halime Paksoy
Hüseyin Erdem
Kani Korkmaz
Dr. Kazım Beceren
Prof. Dr. Macit Toksoy
Meriç Şapçı
Dr. Muhyettin Sırer
Nevroz Karakuş
Prof. Dr. Nilüfer Eğrican
Numan Şahin
Ömer Kantaroğlu
Sarven Çilingiroğlu
Serdar Gürel
Yalçın Katmer

Uluslararası İşbirlikleri

- IEA EBC TCP - International Energy Agency Energy in Buildings and Communities Technology Collaboration Programme
- IEA ECES TCP - International Energy Agency Energy Conservation Through Energy Storage Technology Collaboration Programme
- IEA SHC TCP - International Energy Agency Solar Heating Cooling Technology Collaboration Programme
- IBPSA - International Building Performance Simulation Association
- AEE - The Association of Energy Engineers
- ASHRAE - American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
- EHPA - European Heat Pump Association
- ISHRAE - Indian Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers
- PHVACR - Pakistan HVACR Society
- REHVA - Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations

İletişim

TTMD Genel Merkezi:
Bestekar Caddesi Çimen Apt. No:15/2 Kavaklıdere / Ankara
Tel: 0312 419 45 71 - 72 Faks: 0312 419 58 51
Web: www.ttmd.org.tr
E-posta: ttmd@ttmd.org.tr

Yapım

Doğa Ajans
Alınazım Sok. No: 30 Koşuyolu, Kadıköy - İstanbul
www.dogaajans.com.tr

TTMD E-Dergi, elektronik ortamda yayımlanmaktadır.