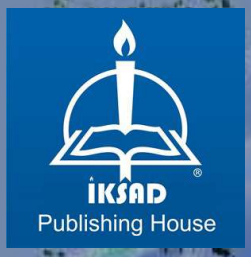
BİYOLOJİK ÇEŞİTLİLİĞİN TEKNOLOJİ VE ÇEVREYLE ETKİLEŞİMİ TEMELİNDE GÜNCEL BAZI ARAŞTIRMALAR

EDİTÖR
Dr. Öğr. Üyesi Cihan DEMİR
Dr. Rukiye GEZER



BİYOLOJİK ÇEŞİTLİLİĞİN TEKNOLOJİ VE ÇEVREYLE ETKİLEŞİMİ TEMELİNDE GÜNCEL BAZI ARAŞTIRMALAR

EDİTÖR

Dr. Öğr. Üyesi Cihan DEMİR
Dr. Rukiye GEZER

YAZARLAR

Prof. Dr. Coşkun SAĞLAM
Prof. Dr. Hikmet GÜNAL
Prof. Dr. İbrahim CENGİZLER
Prof. Dr. Nesrin ÖRÇEN
Prof. Dr. Recep GÜNDOĞAN
Prof. Dr. Tuğrul YAKUPOĞLU
Prof. Dr. Turgay DİNDAROĞLU
Prof. Dr. Yasemin KUŞLU
Doç. Dr. Perihan YOLCI ÖMEROĞLU
Doç. Dr. Selçuk DUMAN
Arş. Gör. Hasan ER
Arş. Gör. Rukiye GEZER
Arş. Gör. Utku ŞANVER
Gıda Yük. Mühendisi Büşra ACOĞLU ÇELİK
Ziraat Yük. Müh. Derya TOHUMCU
Ceylan GÜNER

İKSAD Publishing House

Copyright © 2022 by iksad publishing house

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses permitted by copyright law. Institution of Economic Development and Social
Researches Publications®
(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)
TURKEY TR: +90 342 606 06 75
USA: +1 631 685 0 853
E mail: iksadyayinevi@gmail.com
www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.
Iksad Publications – 2022©

ISBN: 978-625-6955-77-6
Cover Design: İbrahim KAYA
December / 2022
Ankara / Turkey
Size = 16x24 cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ

Dr. Öğr. Üyesi Cihan DEMİR, Dr. Rukiye GEZER……1

BÖLÜM 1
GEÇİCİ OYUNTU EROZYONU, SEBEPLERİ VE SONUÇLARI

Prof. Dr. Recep GÜNDOĞAN ……3

BÖLÜM 2
OYUNTU EROZYONUN BELİRLENMESİ VE İZLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Prof. Dr. Recep GÜNDOĞAN , Prof. Dr. Hikmet GÜNAL ,
Prof. Dr. Turgay DİNDAROĞLU , Prof. Dr. Tuğrul YAKUPOĞLU...25

BÖLÜM 3
EKOLOJİK VE GENETİK FAKTÖRLERİN GENOM EVRİMİNE ETKİLERİ

Prof. Dr. Nesrin ÖRÇEN ……65

BÖLÜM 4
İÇ ANADOLUDA KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE ALTERNATİF OLARAK PEYZAJ TASARIMINDA KURAKLIĞA DAYANIKLI BİTKİLERİN KULLANIMI

Ceylan GÜNER, Prof. Dr. Coşkun SAĞLAM..... ……77

BÖLÜM 5
SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİNDE CRUSTACEAN ENDOKRİNOLOJİSİNE BİR BAKIŞ

Prof. Dr. İbrahim CENGİZLER, Doç. Dr. Selçuk DUMAN……93

BÖLÜM 6
GIDA AROMALARININ ENKAPSÜLASYONU

Doktora Öğr. Büşra ACOĞLU ÇELİK,
Doç. Dr. Perihan YOLCI ÖMEROĞLU ……103

BÖLÜM 7
GÜNEŞ ENERJİLİ SU ISITMA SİSTEMİNİN SOĞUK İKLİM KOŞULLARINDAKİ BİR KIRSAL KONUTTA ETKİNLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Prof. Dr. Yasemin KUŞLU ……..……..133

BÖLÜM 8
ATIKSUDA ÇOK YÖNLÜ YENİDEN KULLANIM SİSTEMİNİN TARIMSAL AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Arş. Gör. Hasan ER, Ziraat Yük. Müh. Derya TOHUMCU
Prof. Dr. Yasemin KUŞLU ……145

BÖLÜM 9
SÜS AMAÇLI KULLANILAN BAZI KAKTÜS VE SUKKULENT BİTKİLERİNDE GÖRÜLEN HASTALIKLAR VE YÖNETİMİ
Arş. Gör. Utku ŞANVER, Arş. Gör. Rukiye GEZER ……159

BÖLÜM 8

ATIKSUDA ÇOK YÖNLÜ YENİDEN KULLANIM SİSTEMİNİN TARIMSAL AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Arş. Gör. Hasan ER[1],[2]

Ziraat Yük. Müh. Derya TOHUMCU[3]

Prof. Dr. Yasemin KUŞLU[4]

[1]Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, ORCID: 0000-0002-7880-8697, hasaner@bingol.edu.tr

[2] Bingöl Üniversitesi, Arı ve Doğal Ürünler AR-GE ve ÜR-GE Uyg. ve Arş. Merkezi / Rektörlük, Orcid: 0000-0002-7880-86979, hasaner@bingol.edu.tr

[3] Türkiye Milli Botanik Bahçesi Müdürlüğü, ORCID: 0000-0002-2452-3055, derya.tohumcu@tarimorman.gov.tr

[4] Sorumlu Yazar, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, ORCID: 0000-0003-4008-1004, ykuslu@atauni.edu.tr

1. GİRİŞ

Yaşadığımız yüzyılın ikinci yarısından itibaren en fazla konuşulacak konu hiç şüphesiz "**su**" dur. Bu konu ile ilgili dar kapsamlı planlamalardan dünya ölçeğindeki projeksiyonlara kadar yapılan tüm çalışmalar ilgi uyandırmakta ve kabul görmektedir.

Suyun küresel ölçekten mikro ölçeğe kadar yönetimi konusunda yeni fikirler ortaya atılmakta ve uygulanmaktadır. Günümüzde tüm dünya ülkeleri, suyun en gerekli ve kıt kaynaklardan biri olduğunun ve geleneksel (yaygın) su yönetimi ile sürdürülebilirlik arasında bir çelişkinin var olduğunun farkına varmaktadır. Bu durum, gerek Birleşmiş Milletlerin ve gerekse ülkelerin kendi su yönetim planlarını ve yönergelerini gözden geçirmek zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Milenyumun ilk on yılından önce var olan tüm kabullerin düzenlenmesi gerektiği açıktır. Eylem planlarında, yapılacak yeni düzenlemelerin etkili olması için özellikle yeniden kullanım teknolojilerine ilişkin geribildirimlerin paylaşılması istenmiş, dünya çapındaki su etkinliklerinde verilerin paylaşılmasının önemi vurgulanmıştır (WWAP, 2012). Başka bir gereklilik ise suyun yeniden kullanım standartlarının olmadığı veya göz ardı edildiği ülkelere yardımcı olabilecek yönergelerin hazırlanmasıdır.

Yapılan çalışmalarda terminolojik farklılıklara da rastlanmaktadır. Örneğin "**geri dönüştürülmüş atıksu**" ile "**geri kazanılmış atıksu**" terimleri eş anlama gelmesine rağmen, kullanımı ülkelere ve kurumlara göre farklılık gösterebilmektedir. Benzer durum "**su geri dönüşümü**" ve "**suyun yeniden kullanımı**" terimleri de aynı anlama gelmekte ancak, kullanılış tercihleri farklı olabilmektedir. Bu çalışmada "geri dönüştürülmüş atıksu" ve "suyun yeniden kullanımı" ifadeleri kullanılmıştır.

2. ATIKSU GERÇEĞİ

Yeraltı ve yüzey sularının coğrafik konumları yönüyle dünya üzerinde eşit dağılmamış olması nedeniyle istenilen mekânda istenilen miktar ve nitelikte suyun sağlanmasında çok fazla engelin olduğu açıktır (Oskay ve ark., 2022). Dünyada ülkelerden en küçük oluşumlara kadar her birimin "sürdürülebilir çevre" konusunda performans ortaya koyması beklenmektedir. Böyle bir konudaki motivasyon bazen **dünyanın geleceği** konusunda sorumluluk ve farkındalık oluşturma amacından bazı durumlarda ise dünya veya ülke ölçeğinde uygulanan **yaptırımlardan** kaynaklanmaktadır (Kukul ve ark., 2007; Korkut ve ark., 2021) Örneğin bir tekstil fabrikası tarafından kullanılmış temiz su, atıksuya dönüşmekte ve alıcı ortamlara deşarj edilmesi

her ülkenin kendi yasal mevzuatlarıyla kontrol ve güvence altına alınmaktadır. Fabrika ise yasal mevzuatta belirlenen deşarj koşullarını sağlamakla yükümlüdür. Aksi halde yasal yaptırımlara maruz kalmaktadır. Ancak aynı fabrika daha yüksek sorumluluk bilinciyle hareket ederek, fabrika çıkış suyunu ileri arıtma teknolojileri kullanarak "sürdürülebilir çevre yönetimi" performansı ortaya koyabilir. Elbette bunun kamu tarafından desteklenmesi ve o fabrika ürünlerinin son kullanıcıları (tüketiciler) için bir karşılık bulması gerekmektedir. İçerik bilgilendirme mesajları (kamu spotu vb.) veya hazırlanan ticari amaçlı reklamlar yaygın medya aracılığı ile paylaşılmaktadır. Yüksek çevre sorumluluğu bilinciyle hareket edilmesinin tüketicilerde bulduğu karşılık ise tüketicilerin **çevre duyarlılığı** ile yakından ilişkilidir (GattaRuiz-Rosa ve ark., 2016; Hussain ve ark., 2019).

Sürdürülebilir çevre senaryosu çatısı altında yapılan araştırmalar, geleneksel su yönetimi uygulamalarının oldukça zayıf kaldığını işaret etmektedir (Gatta ve ark., 2016; Reznik ve ark., 2017; Er ve ark., 2021). Geliştirilmesi gereken tarafların en önemli kısmını atıksuların yönetimi ve geleneksel yönetim ile bütünleşmesi oluşturmaktadır.

Yeni su yönetimi biçimi aramak bir zorunluluk haline gelmiştir. Bunun başlıca sebepleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- ✓ Atıksuyun yeni kullanım alanlarının yaygınlaşması
- ✓ Yeni arıtım teknolojilerinin geliştirilmesi
- ✓ Farklı uygulama yöntemlerinin ortaya çıkması
- ✓ Ülkelerde atıksu kullanım standartlarının güncellenmesi

Günümüzde arıtma teknolojileri, atıksuların kullanım amacına uygun kaliteye eriştirmeye yetebilmektedir. Çevresel açıdan sürdürülebilirlik ve verimliliği vurgulamak için "amaca uygunluk" kavramı ortaya atılmıştır. Örneğin rekreasyon (eğlen-dinlen) alanlarının sulanmasında kullanılacak geri dönüştürülmüş atıksuda istenen kalite özellikleri ile yangın söndürmede kullanılacak olan arasında fark olabilir. Hatta tarımsal sulamada kullanılacak suyun kalite parametreleri uygulanan sulama yöntemine göre değişiklik gösterebilir (Capra, ve Scicolone, 2007).

3. DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ ATIKSUYUN YENİDEN KULLANIMI

Su kaynaklarının korunması ve etkin bir şekilde kullanımı büyük önem taşımaktadır. Gerek kentsel, gerekse evsel atık sular arıtılarak geri kazanılabilmektedir. Bu amaçla farklı özellikte arıtma sistemlerinden yararlanılmaktadır. Kullanılacak arıtma sisteminin seçilmesinde iki faktör

dikkate alınmalıdır: **atıksuyun kullanım amacı** ve **atıksuyun kaynağı** (Gatta ve ark, 2016).

Herhangi bir yöntemle geri dönüştürülmüş ve kalite özellikleri iyileştirilmiş atıksu, dört farklı şekilde yeniden kullanım işlemlerinde kullanılmaktadır.

*Yaygın yeniden kullanım: Bu işlem, dönüştürülmüş atıksuyun deşarj noktasından daha düşük kotlardan alınarak istenen amaç için kullanılması şeklinde tanımlanabilir. İçme-kullanma suyu, endüstriyel veya tarımsal amaçlı yeniden kullanım söz konusu olabilir.

*İçme suyu olarak yeniden kullanım: Burada, geri dönüştürülmüş atıksuyun ileri teknolojilerin kullanıldığı arıtım işlemlerinden geçirilmesi ile doğrudan içme suyu arıtma tesisine bağlanması söz konusudur.

*Dolaylı içme suyu olarak yeniden kullanım: Bu tür kullanımda dönüştürülmüş atıksu, başka bir arıtma ortamına (örn. yeraltı sistemi) deşarj edilerek içme suyu arıtma tesisine bağlanmaktadır.

*Kullanma suyu olarak yeniden kullanım: Bu yaklaşımda içilebilir özelliği olmayan ve geri dönüştürülmüş atıksuların istenen amaçla kullanımı söz konudur.

4. ATIKSULARIN YENİDEN KULLANIMININ ÖNEMİ

Dönüştürülmüş atıksuyun yeniden kullanımının en önemli yararı su kaynağını hacim olarak artırmaktır. Bunun dolaylı ve doğrudan farklı yolları vardır.

Tarımsal amaçlı kullanım yönünden bakıldığında, arıtma derecesine bağlı olarak, bitki besin elementlerini içeriyor olması dönüştürülmüş atıksuyun tarımsal amaçlı kullanılmasını oldukça anlamlı kılar (Kiziloglu ve ark., 2008; Al-Khamisi ve ark., 2017; Can ve Dulkadiroğlu, 2021). Temiz su kaynaklarının %70'inin fazlasının tarımsal amaçlı kullanılıyor olması nedeniyle taşıdığı anlam daha da artmaktadır.

Atıksuyun yeniden kullanımına **enerji yükünün azaltılması** açısından ise, özellikle enerjide dışa bağımlı ülkelerde çok önem kazanmaktadır. Atıksuyun yeniden kullanımı ile daha az enerji harcandığı yapılan araştırmalar ile ispatlanmıştır.

Dönüştürülmüş atıksu yeniden kullanıldığında, alıcı ortamlara deşarj edilen su hacmi düşeceğinden, **çevresel kirlilik yükünün azaltılması** sağlanacaktır.

Atıksuyun dönüştürülerek yeniden kullanımı konusunda yukarıda değinilen temel faydalar; su-enerji döngüsü, kentleşme-su talebi ve çevre-halk sağlığının korunması ana kategorileri ışığında daha geniş ele alınmalıdır.

4.1. Su-Enerji Döngüsü

Bu başlık altında *sürdürülebilirlik* ve *enerji verimliliği* kavramları değerlendirilecektir.

Sürdürülebilirlik en genel şekliyle; "herhangi bir kaynaktan başka canlıların kullanımına olanak verecek şekilde, onların geleceğini tehlikeye sokmadan yararlanılması" olarak ifade edilebilir.

Kaynakları kullanırken yeni nesillerin hakkını teslim etmek temel amaç olmalıdır. Bu açıdan bakıldığında, geri dönüşüme uğramış atıksuyun yeniden kullanımı sürdürülebilir su yönetiminin vazgeçilmez bir parçasıdır. Çünkü suyun kendi çevresinde kalmasına ve güncel su gereksinimini karşılarken, gelecekteki kullanımlar için de korunmasını sağlar. Atıksuyun dönüştürülmesi için ek enerji gerekmesine rağmen, içme-kullanma suyunun kaynağından alınması, iletilmesi ve amacına uygun şekilde arıtılması için gereken enerjiden daha azdır. Yapılan araştırmalarda 1kWh güç başına 0.060-0.075 $ bir tasarruftan bahsedilmektedir (Schroeder ve ark., 2012). Bu tasarruf, su talebini dengelemek ve enerji üretimi için su sağlanmasını içermektedir. Gelişmiş ülkelerde su enerji ilişkisi için; verimlilik, su temelli enerji üretimi, enerji tasarruflu akıllı su yönetimi, atıksuyun bir kaynak olarak kullanılması ve bunların tamamının toplum tarafından kabul görmesini kapsayan bütünleşik bakış açısı ile ele alınmaktadır. Bu amaçla başta politika yapıcılar olmak üzere, karar verici makamlar, yatırımcı kurum ve kuruluşlar, planlayıcılar ve son olarak da tüketicilerden oluşan geniş bir yelpazenin bir araya gelerek projeksiyonlar oluşturmaları gerekmektedir.

4.2. Kentleşme-Su Talebi

Birleşmiş Milletler tarafından 15 Kasım 2022 tarihi itibariyle dünya nüfusunun sekiz milyara ulaştığı duyuruldu. Nüfusun 2050 yılında 9.7 milyar olacağı öngörülmektedir. Bu durum içme ve kullanma suyu ile diğer kentsel su taleplerini (peyzaj alanlarını sulama, yangın ve sanayi suyu vb.) artırmaktadır. Nüfus baskısı, beslenme gereksinimini de artırmakta olduğundan, tarımsal su talebinin de artmasına neden olmaktadır.

Kentleşmenin yaygınlaşmasından hidrolojik çevrim olumsuz etkilenmektedir. Bunun en önemli nedeni iklim değişikliğine bağlı sıcaklık ve yağış eğilimindeki farklılaşmadır. İklim değişikliğinde genellikle sıcaklık

gidişi artış yönünde kendini göstermektedir. Bu durum özellikle akarsu havzaları, durgun su yüzeyleri ve içdenizlerden olan buharlaşmanın daha fazla olması demektir. Kentleşme ile birlikte toprağın kullanılış şeklinin değişmesi (geçirimsiz yüzeylerin artması gibi) ile yüzey akışa geçen yağış miktarı artmaktadır.

İklim değişikliğinin etki yaptığı diğer bir meteorolojik faktör yağış trendi olup, genellikle aşırı hava olaylarının salınımındaki değişim ve mevsimselliğin belirginleşmesi şeklinde ortaya çıkar. Kentleşmenin artması, yağış olaylarındaki aşırılıklara daha güvensiz yaşam ortamlarının oluşmasını tetiklemektedir.

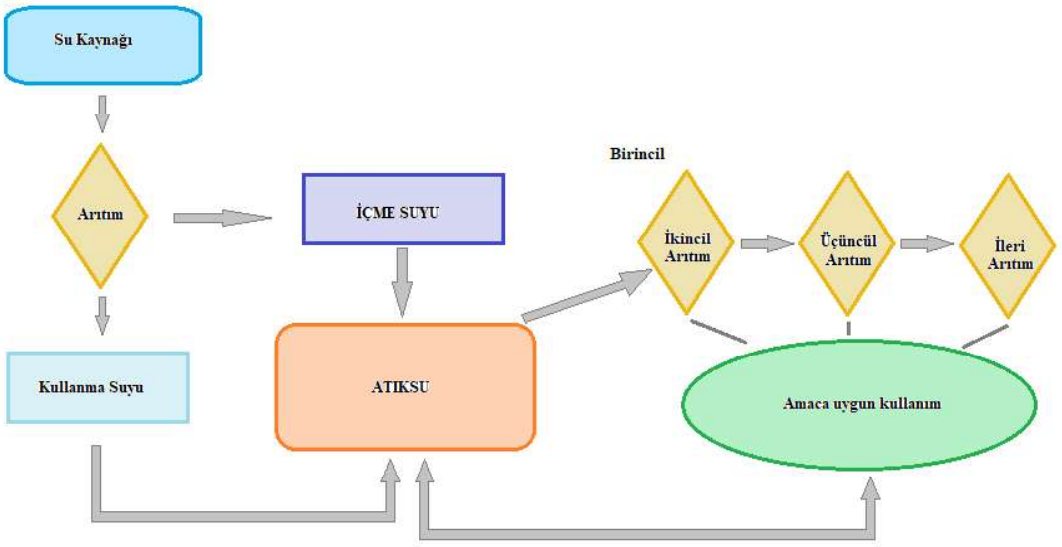
Yukarıda sayılan etkenleri incelendiğinde atıksuyun artan su talebine karşı devreye sokulması gerektiği anlaşılmaktadır.

4.3. Çevre Koruma-Halk Sağlığı

Atıksuyun dönüştürülerek yeniden kullanımı konusunda, özellikle de tarımsal amaçlı kullanıma yönelik katı standartlar söz konusudur (ÇOB, 2010; ÇŞB, 2022). Standartlar gelişmiş ülkelerde yoğun denetimler altında uygulanmakla birlikte; atıksularda bulunan temel bitki besin elementlerinin (Azot, Fosfor vb.) giderimi yeni bir tartışma konusu olmaya başlamıştır (Jaramillo ve Restrepo, 2017). Çünkü Azot ve Fosfor giderimi atıksu arıtımında yüksek maliyetli işlemler olmasına karşın, tarımsal üretimde çok önemlidir (Ganjegunte ve ark., 2017). Ortaya atılan yeni fikirler arasında; yılın belli dönemlerinde atıksu deşarjlarının tarım arazilerine kaydırılması da vardır. Bu şekilde yüksek maliyetli gübreleme gereksinimi karşılanırken, arıtma maliyetinin de azaltılması istenmektedir.

Çevresel koruma kapsamında yüksek maliyetli ileri teknoloji arıtma sistemleri yerine kısıtlı arazilerde ilk arıtma işlemlerinin yapılması, ileri sürülen yeni fikirlerden başka biridir. Bu amaçla atıksu uygulamasında sakınca olmayan ekili araziler, ağaçlandırma ve rekreasyon alanları, golf sahaları ve yapay sulak alanlarının kullanılabileceği tartışılmaktadır.

Çevre koruma ve halk sağlığı açısından güvenilirlik ve sürdürülebilirlik oldukça önemlidir. Bu kavramları karşılayabilmek için "amaca uygunluk" seçenekleri ortaya atılmıştır. Atıksu, gelişen teknolojik sistemler ile istenilen kalitede geri dönüştürülebilmektedir (Şekil 1). Amacına uygun geri dönüşüm, atıksu maliyetlerinde büyük avantaj sağlar.

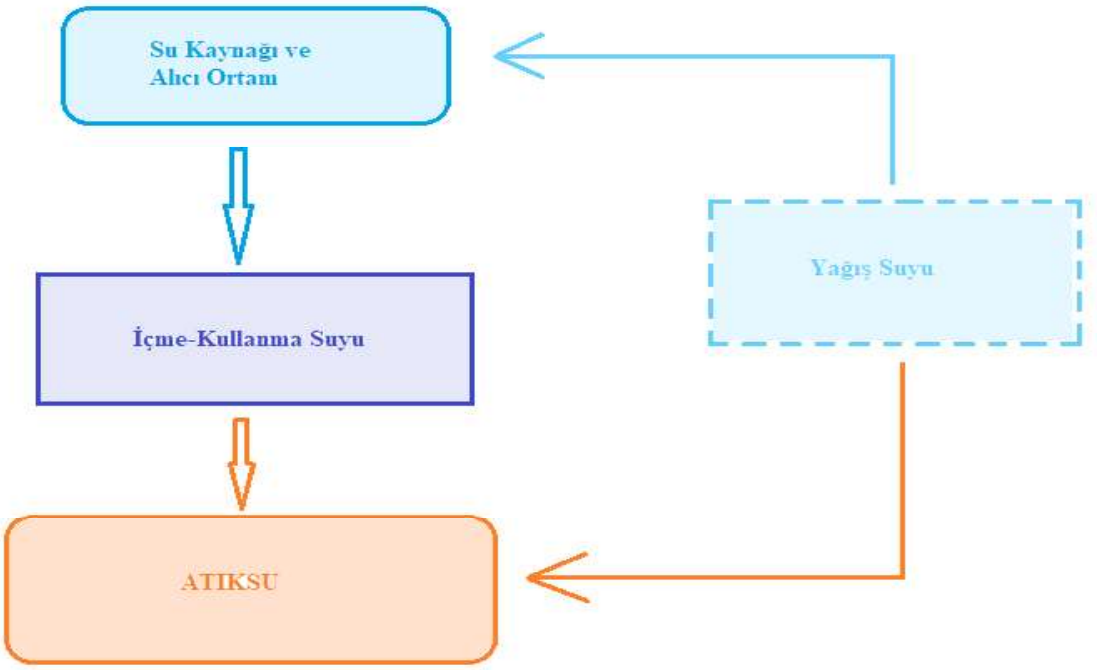


Şekil 1. Atıksuda amaca uygun kullanım sistemi

Geri dönüşen atıksuyun kullanım amacı ve maliyeti arasındaki ilişkileri konu eden çok sayıda araştırma vardır. Bu çalışmaların hemen hepsinde amaca uygun arıtılmış atıksuyun içme suyu üzerindeki baskıyı azalttığı, su tedarik maliyetlerini düşürdüğü sonucuna varılmıştır. Kullanım amacı yeterli arıtım, maliyet-fayda dengesi oluşuncaya kadar devam ettirilebilir. Daha sonraki arıtım işlemleri, su kalitesinin gelecekteki dönüştürme-yeniden kullanım potansiyeli ile birlikte ele alınmalıdır.

5. GELENEKSEL VE ÇOK YÖNLÜ SU YÖNETİMİ

Geleneksel su yönetimi, doğal koşullara bağlı olan, çoğunlukla suyun kot farkı nedeniyle akışına ve alıcı ortamlara ulaşmasına dayalı, dünyada yaygın olarak kullanılan bir su yönetim şeklidir. Bu tür yönetimde su sağlanması iletilmesi ve tüketim noktalarına ulaştırılması temel hedeftir. Bu yönetimde tek dönüşüm mekanizması; kullanılan suyun atıksuya dönüşümünden sonra işleme tabi tutularak su alıcı ortamlara deşarj edilmesidir. Yağış suyunun yönetimi bu yaklaşımda dikkate alınmadığından, kentsel havzalardan su kaynağı ve alıcı ortamlara daha fazla yağış suyu deşarj edilmektedir (Şekil 2).

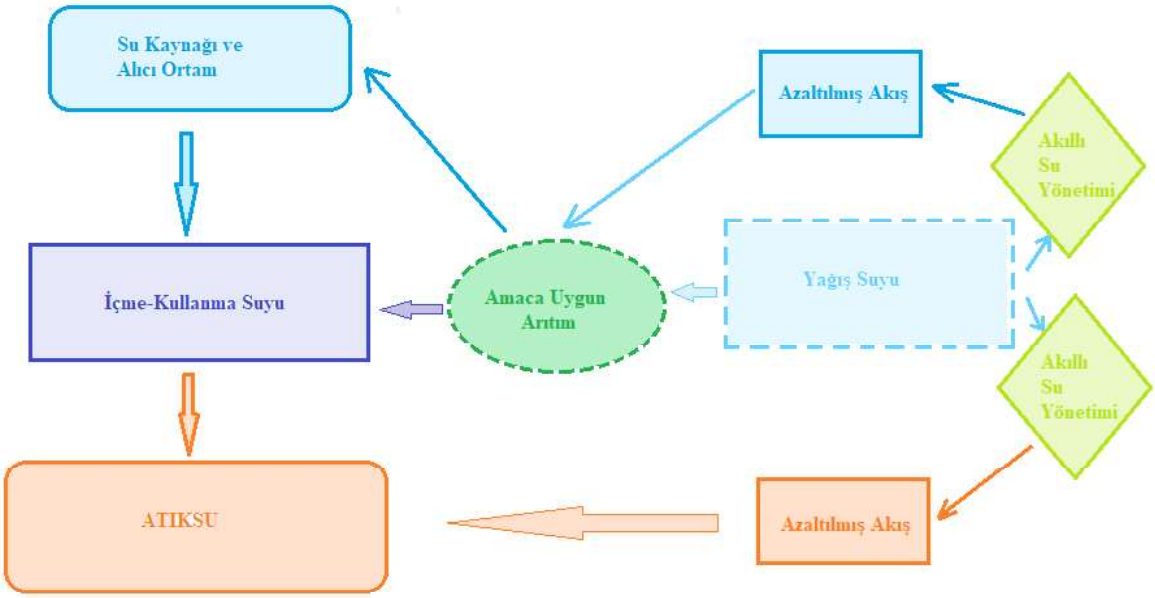


Şekil 2. Geleneksel su yönetimi

Geleneksel su yönetiminde yağış suları bir sorun olarak görülmekte, kentsel havzalardan su kaynağı ve alıcı ortamlara daha fazla yağış suyu deşarj edilmektedir. Bu yaklaşım çevresel sürdürülebilirlik açısından sakıncalı durumlar doğurmasının yanı sıra; akış suyunun kullanımı planlanmadığı için su kullanım verimi düşüktür.

Temiz su talebini azaltmak için "**çok yönlü su yönetimi**" iyi bir fırsattır. Zira bu yaklaşımda, su döngüsündeki yağış suyu katkısı çok iyi değerlendirilmektedir. Yağış sırasında ve sonrasında su koruma ve su kullanma-depolama uygulamaları sisteme eklenmiş; böylece su verimliliği artırılmıştır (Şekil 3).

Çok yönlü su yönetimi yaklaşımı, mikrodan makro ölçeğe kadar geniş ve uyarlanabilir portföyü olan bir yaklaşımdır. Bölgesel ölçekte uygulanabildiği gibi çok küçük (örneğin bahçe alanı veya şehirlerde refüj yüzeyleri vb.) birimlere de uygulanabilir özelliktedir. Bu yaklaşım her birimin kendi gerçeği içinde ele alınmasını ve elde edilen bulguların ışığında projeksiyonların hazırlanmasının kapsamaktadır.



Şekil 3. Çok yönlü su yönetimi

Yüzey ve yeraltı sularının hâlihazırdaki varlığı coğrafik olarak sınırlı olduğundan, her mekân için tatlı su kaynağı girdisi olarak "**yağış suyu**" karşımıza çıkmaktadır. Çok yönlü su yönetiminde çok önemli olan yağış suyundan yararlanma yolları farklı teknikler gerektirmektedir. Bu tekniklerin basit veya ileri düzey oluşu, suyun kullanım amacı ve istenen miktar ve nitelik ile ilişkilidir. Örneğin küçük bir kırsal konutun çatı alanı veya aile tipi bir tarım işletmesinin bahçesi dar kapsamlı yağış suyu toplama alanıdır. Kentsel alanlarda ise tüm geçirimsiz yüzeyler su toplama alanları olarak değerlendirilmelidir. Yağış suyunun akıllı yönetimi kapsamında yağış suyu hasadı, azaltılmış yüzey akış, ileri düzey teknikle yeraltı suyuna deşarj ve daha fazla yüzey akış kontrolünü ve arıtımını kapsamaktadır. Çok yönlü su yönetiminde; tarım alanlarında hendekler, kentlerde sarnıçlar ve gözenekli kaldırımların kullanımı ile yeraltı sularını besleyen en önemli kaynak olarak yağış suyu görülmektedir.

Çok yönlü su yönetiminin diğer bileşenleri içinde; su tasarrufu, atıksuyun yeniden kullanımı, dönüştürülmüş atıksuyun (gri su) yeniden kullanımı, içme suyu ile diğer kullanım şebekelerinin ayrılması, yangın suyu şebekesinin ayrılması, amaca uygun arıtım sistemleri, yeşil çatılar, çok amaçlı altyapı sistemleri ve düşük etkili ıslah sistemleri (yapay sulak alanlar vb.) sayılabilir.

Su yönetimindeki bu yeni yaklaşım gelişmiş ülkelerdeki yerel yönetimlerin en önemli başarı ölçütlerinden birisi durumuna gelmiştir. Bu

yaklaşımdan amaç; kronik kuraklıkları yönetmek, aşırı hava olaylarının etkilerini azaltmak, atıksuları yasal standartlarda ele almak, atıksu yükünü azaltmak, enerji tüketimini düşürmek, maliyet dengelemesi yapmak ve yukarıda sayılan durumlarla ilgili stratejiler geliştirerek canlı yaşam kalitesini yükseltmektir.

Dünyada alternatif suları taşıyan boruların **mor** renkte planlanması kabul görmüştür. Bu renk ıslah edilmiş atıksu anlamında kullanılan gri su için de geçerlidir. İçme suyu ile diğer sular arasındaki kalite farkını ortaya koymada bu yaklaşım benimsenmiştir. Burada su müşterisi ile su yöneticisi arasında uyulması gereken standartlar ve kurallar için anlaşmalar yapılmaktadır. Hizmet koşulları, ücretler, yeni veya güçlendirilmiş şebeke sistemlerinin finansmanı, eğitim gereksinimi, sistem güvenliği ve sürdürülebilirliğinin korunması, talep dengesinin sağlanması için zamanlama programları (en çok tarımsal sulama için kullanılmaktadır) ve diğer tedarik ve kullanım koşullarına ait özel ve genel hususlar müşteri ile hizmet kurumu arasında karşılıklı imzalarla güvence altına alınmaktadır.

Geri kazanılmış atıksuların tarımsal kullanımı sırasında mutlaka bilgilendirme levhaları (Şekil 4) görünür noktalara konulmalıdır. Levhalar uyarı şeklinde olabileceği gibi öneri de içerebilir.



Şekil 4. Atıksuyun yeniden kullanıldığı alanlarda uyarı levhaları örnekleri

Çok yönlü su yönetiminde, geri dönüşen suların kaynak olarak değerlendirilmesi için kullanıcılar ile kurumların eğitim hizmeti alması ön koşullardan birisidir. Aksi takdirde atıksu, ortadan kaldırılması gereken bir atık türü olarak görülmektedir. Eğitim gören su kullanıcıları istedikleri zaman, istedikleri kaliteye dönüştürülmüş atıksu kullanmaya özendirilir. Bu düşünce özellikle su kaynağı bulmada sıkıntı yaşayan bölgelerde akıllı su yönetiminin bir parçasıdır.

Sonuç olarak "geri dönüştürülmüş su birçok devlet tarafından israf edilmeyecek kadar değerli bir kaynak durumuna gelmiştir" denilebilir. Talep olduğunda, bu suların verimli ve etkili kullanımı kritik önem taşır. Depolama ve artan gereksinim durumunda yeniden kullanım, su verimliliğini üst düzeye çıkarabilir. Talep oranında depolama hacminin belirlenmesi, tarımsal sulamaların belirli gün ve saatlerle sınırlandırma, toprak neminin alıcılarla takip edilerek sulama zamanlamasının planlaması, üretilen bitki ve üretim yapılan toprak dikkate alınarak istenen su kalitesinin ortaya konması, tarımsal su tedarik sistemlerinin bileşenleridir. Bu konularda daha fazla bilimsel veri elde etmek, araştırmalar yapmak, araştırmalar desteklemek gelecek nesillere bir borçtur.

KAYNAKLAR

Al-Khamisi, S.A., Ahmed, M., Al-Wardy, M., Prathapar, S.A., Choudri, B.S., 2017. Effect of reclaimed water irrigation on yield attributes and chemical composition of wheat (Triticum aestivum), cowpea (Vigna sinensis), and maize (Zea mays) in rotation. Irrigation Science, 35(2), 87-98.

Can, S., ve Dulkadiroğlu, H., 2021. "Arıtılmış Atıksuların Tarımda Kullanımı ve İnsan Sağlığı Yönünden Risk Değerlendirmesi". Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, 10(2), 124-134.

Capra, A., Scicolone, B. 2007. "Recycling of poor quality urban wastewater by drip irrigation systems", J. Cleaner Production, 15, 1529–1534.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. "Türkiye Çevre Durum Raporu" https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/tc-dr_2020-rapor-v18-web-20210217135643.pdf Son erişim tarihi: 10 Mart 2022.

Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010. "Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği" https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/03/20100320-7.htm Son erişim tarihi: 10 Mart 2022.

Er, H., Koçyiğit, S. and Kuşlu, Y. (2021). Meteorolojik faktörlerin ve temiz su kaynaklarının arı ve arı ürünleri üzerine etkisi, In: Kökten and İnci (eds), Tarım Uygulamalarında Yenilikçi Yaklaşımlar, İKSAD Publishing, pp: 295-311.

Gatta, G., Libutti, A., Beneduce, L., Gagliardi, A., Disciglio, G., Lonigro, A., Tarantino, E., 2016. Reuse of treated municipal wastewater for globe artichoke irrigation: assessment of effects on morpho-quantitative parameters and microbial safety of yield. Sci. Hortic. 213, 55–65. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.10.011.

Ganjegunte, G., Ulery, A., Niu, G.,Wu, Y., 2017. Effects of treated municipal wastewater irrigation on soil properties, switchgrass biomass production and quality under arid climate. Ind. Crop. Prod. 99, 60–69. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.01.038.

Hussain M. I., Muscolo A., Farooq M., Ahmad W. 2019. "Sustainable use and management of non-conventional water resources for rehabilitation of marginal lands in arid and semiarid environments." Agricultural Water Management 22: 462–476.

Jaramillo, M.L., Restrepo, I. 2017. "Wastewater Reuse in Agriculture: A Review about Its Limitations and Benefits" Sustainability, 9,1734, doi: 10.3390.

Kiziloglu, F. M., Turan, M., Sahin U., Kuslu, Y., Dursun, A. 2008. "Effects of untreated and treated wastewater irrigation on some chemical properties of cauliflower (Brassica olerecea L. var. botrytis) and red cabbage (Brassica olerecea L. var. rubra) grown on calcareous soil in Turkey", Agricultural Water Management, 95,716-724, DOI: 10.1016/j.agwat.2008.01.008.

Korkut, O., Kiymaz, S., Kuslu, Y., 2021. Elimination of suspended materials in irrigation water with different media filters, Fresenius Environ. Bull., 30(7): 8070-8077.

Kukul, Y. S., Ünal Çalışkan, A. D., Anaç, S. 2007. "Arıtılmış Atıksuların Tarımda Kullanılması ve İnsan Sağlığı Yönünden Riskler", Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 44 (3), 101-116.

Oskay, V., Karagöz, Ö. and Kuşlu, S. (2022). Investigation of water quality of the Şenkale stream feeding the Bahçecik dam meeting the drinking water needs of Gümüşhane province, Gumushane Univ. Journal of Science and Technology, 61-75. doi:10.17714/gumusfenbil.1035164

Reznik, A., Feinerman, E., Finkelshtain, I., Fisher, F., Huber-Lee, A., Joyce, B., Kan, I., 2017. Economic implications of agricultural reuse of treated wastewater in Israel: a statewide long-term perspective. Ecol. Econ. 135, 222–233. https://doi.org/10.1016/j. ecolecon.2017.01.013.

Ruiz-Rosa, I., García-Rodríguez, F.J.,Mendoza-Jiménez, J., 2016. Development and application of a cost management model for wastewater treatment and reuse processes. J. Clean. Prod. 113, 299–310. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.044.

Schroeder, E., Tchobanoglous, G. Leverenz, H. L. Asano T., 2012. Direct Potable Reuse: Benefits for Public Water Supplies, Agriculture, the Environment, and Energy Conservation, National Water Research Institute (NWRI) White Paper, Publication Number NWRI-2012-01. Fountain Valley, CA.

WWAP, 2012. World Water Assessment Programme. "Managing Water Under Uncertainty and Risk". The United Nations World Water Development, Paris, France, Report 4.