



ISSN: 1012 - 0726 (Baskı)

ISSN: 1308 - 2477 (Online)

DSİ TEKNİK BÜLTENİ

SAYI: 143

YIL : OCAK 2024



DSİ TEKNİK BÜLTENİ

Sahibi

DEVLET SU İŞLERİ
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
Adına Genel Müdür
Mehmet Akif BALTA

Sorumlu Müdür

Aydın SAĞLIK

Yayın Kurulu (DSİ)

Bülent Çağlar ÖZCAN
Yasemin ELDAYIH
Mehmet Emin UYANIK
Buğra SİNMEZ
Özgür KÜÇÜKALİ
Nermin ARSLAN
Figen ÖZYURT KUŞ
Ayhan YENİ

Editör

Figen ÖZYURT KUŞ

Yönetim Yeri Adresi

DSİ Teknik Araştırma ve
Kalite Kontrol (TAKK)
Dairesi Başkanlığı 06100
Yücetepe - Ankara

Tel (312) 454 38 00
Faks (312) 454 38 05
bulten@dsi.gov.tr

Basıldığı Yer

Destek Hizmetleri Dairesi
Başkanlığı
Basım ve Foto-Film Şube
Müdürlüğü
Etilik - Ankara

SAYI : 143

YIL : OCAK 2024

Yayın Türü

Yaygın süreli yayın
Alti ayda bir yayınlanır
(Ocak, Temmuz)

ISSN

1012 - 0726 (Baskı)
1308 - 2477 (Online)

İÇİNDEKİLER

GOULD OLASILIK MATRİS YÖNTEMİ İLE HAZNE KAPASİTESİ TAYİNİ
VE MATLAB DESTEKLİ BİR UYGULAMA

Umut OKKAN, Zeynep Beril ERSOY

1

KARASU 1, KARASU 2 VE OKTA DERELERİNİN SU KALİTESİNİN
BELİRLİ KİRLETİCİLER VE ÖNCELİKLİ MADDELER AÇISINDAN
KANADA SU KALİTESİ İNDEKSİ (CWQI) MODELİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ

Melike SEZER

13

DSİ Teknik Bülteni TÜBİTAK ULAKBİM (Ulusal Akademik Ağ ve Bilgi Merkezi) ve uluslararası veritabanı EBSCO (Elton B. Stephens Company) tarafından taranmaktadır.

DSI TECHNICAL BULLETIN

Publisher

On behalf of GENERAL
DIRECTORATE OF
STATE HYDRAULIC
WORKS
Mehmet Akif BALTA
General Director

Director in Charge

Aydın SAĞLIK

Editorial Board (DSI)

Bülent Çağlar ÖZCAN
Yasemin ELDAYIH
Mehmet Emin UYANIK
Buğra SİNMEZ
Özgür KÜÇÜKALİ
Nermin ARSLAN
Figen ÖZYURT KUŞ
Ayhan YENİ

Editor

Figen ÖZYURT KUŞ

Management Address

DSİ Teknik Araştırma ve
Kalite Kontrol (TAKK)
Dairesi Başkanlığı 06100
Yücetepe – Ankara

Tel (312) 454 38 00
Faks (312) 454 38 05
bulten@dsi.gov.tr

Place of Publication

Destek Hizmetleri Dairesi
Başkanlığı
Basım ve Foto-Film Şube
Müdürlüğü
Etlik – Ankara / TURKEY

ISSUE: 143

YEAR : JANUARY 2024

Publication Type

Widely distributed
periodical
Published semi-annual
(January, July)

ISSN

1012 - 0726 (Press)
1308 - 2477 (Online)

CONTENTS

DETERMINATION OF RESERVOIR CAPACITY THROUGH THE GOULD
PROBABILITY MATRIX METHOD AND A MATLAB-AIDED
APPLICATION

Umut OKKAN, Zeynep Beril ERSOY

1

EVALUATION OF THE WATER QUALITY OF THE KARASU 1, KARASU
2 AND OKTA RIVER WITH CANADA WATER QUALITY INDEX (CWQI)
MODEL IN TERM OF SPECIFIC POLLUTANTS AND PRIORITY
SUBSTANCES

Melike SEZER

13

DSI Technical Bulletin is indexed by TUBITAK ULAKBİM (Ulusal Akademik Ağ ve Bilgi Merkezi) and international database EBSCO (Elton B. Stephens Company).

DSİ TEKNİK BÜLTENİ'NİN AMACI

DSİ Teknik Bülteni'nde, su ile ilgili konularda, temel ve uygulamalı mühendislik alanlarında gönderilen makaleler yayınlanır. Makaleler, ilk önce konunun uzmanı tarafından incelenir ve değerlendirilir. Daha sonra, Hakem Kurulu uzman görüşünü de esas alarak makalenin yayınlanıp yayınlanmamasına karar verir. Makalelerin tamamı veya büyük bir kısmı diğer yayın organlarında yayınlanmamış olması gereklidir. DSİ Teknik Bülteni TÜBİTAK ULAKBİM (Ulusal Akademik Ağ ve Bilgi Merkezi) ve Eylül 2016 tarihi itibarı ile uluslararası veritabanı kuruluşu EBSCO (Elton B. Stephens Company) tarafından taranmaya başlamıştır.

DSİ TEKNİK BÜLTENİ BİLDİRİ YAZIM KURALLARI

1. Gönderilen yazılar kolay anlaşılır dilde ve Türkçe kurallarına uygun şekilde yazılmış olmalıdır.
2. Yazıların teknik sorumluluğu yazarına aittir (yazılardaki verilerin kullanılması sonucu oluşabilecek maddi ve manevi problemlerde muhatap yazardır).
3. Yayın Kurulu, makaleler üzerinde gerekli gördüğü düzeltme ve kısaltmaları yapar.
4. Makaleler bilgisayarda Microsoft Word olarak bir satır aralıkla yazılmalı ve Arial 10 fontu kullanılmalıdır. Makaleler A4 normundaki kâğıdın her kenarından 25 mm boşluk bırakılarak yazılmalıdır.
5. Sadece ilk sayfada, yazı alanı başlangıcından sola dayalı olarak, italik 10 fontunda Arial kullanılarak ilk satıra "*DSİ Teknik Bülteni*" yazılmalıdır.
6. Konu başlığı: Yazı alanı ortalanarak, "*DSİ Teknik Bülteni*" yazısından sonra dört satır boş bırakıldıktan sonra Arial 12 fontu kullanılarak büyük harflerle koyu yazılmalıdır.
7. Yazar ile ilgili bilgiler: Adı (küçük harf), soyadı (büyük harf), yazarın unvanı ile bağlı olduğu kuruluş (alt satıra) ve elektronik posta adresi (alt satıra) yazarın ORCID ID'si (ORCID ID'si olmayan yazarlar <https://orcid.org/signin> linkinden alabilirler.) (alt satıra) başlıktan iki boş satır sonra ilk yazardan başlamak üzere Arial 10 fontu ile yazı alanı ortalanarak yazılmalıdır. Diğer yazarlar da ilk yazar gibi bilgileri bir boşluk bırakıldıktan sonra yazılmalıdır.
8. Türkçe özet, elektronik posta adresinden dört boş satır sonra, özetten bir boş satır sonra ise anahtar kelimeler verilmelidir. Aynı şekilde, Türkçe anahtar kelimelerden iki boş satır sonra İngilizce özet, bir boş satır sonra ise İngilizce anahtar kelimeler verilmelidir.
9. Bölüm başlıkları yazı alanı sol kenarına dayandırılarak Arial 10 fontu kullanılarak koyu ve büyük harfle yazılmalı. Bölüm başlığının üzerinde bir boş satır bulunmalıdır.
10. Ara başlıklar satır başında başlamalı, üstlerinde bir boş satır bulunmalıdır. Birinci derecedeki ara başlıktaki bütün kelimelerin sadece ilk harfi büyük olmalı ve koyu harflerle Arial 10 fontunda yazılmalıdır. İkinci ve daha alt başlıklar normal harflerle Arial 10 fontu ile koyu yazılmalıdır.
11. Yazılar kâğıda iki sütün olarak yazılmalı ve sütün aralarındaki boşluk 10 mm olmalıdır.
12. Paragraf sola dayalı olarak başlamalı ve paragraflar arasında bir boş satır bırakılmalıdır.
13. Eşitlikler bilgisayarda yazılmalı ve numaralandırılmalıdır. Eşitlik numaraları sayfanın sağına oturmali ve parantez içinde yazılmalıdır. Her eşitlik alttaki ve üstteki yazılardan bir boş satır ile ayrılmalıdır. Eşitliklerde kullanılan bütün semboller eşitlikten hemen sonraki metinde tanımlanmalıdır.
14. Sayısal örnekler verildiği durumlarda SI veya Metrik sistem kullanılmalıdır. Rakamların ondalık kısımları virgöl ile ayrılmalıdır.
15. Yararlanılan kaynaklar metinde kaynağın kullanıldığı yerde köşeli parantez içerisinde numaralı veya [Yazarın soyadı, basım yılı] olarak belirtilmelidir. Örneğin: "..... basamaklı dolusavaklar için geometri ve eşitlikler [1]" veya basamaklı dolusavaklar için geometri ve eşitlikler [Aktan, 1999]" gibi.
16. Kaynaklar yazar soyadlarına göre sıralanmalı, listelenirken yazar (veya yazarların) soyadı, adının baş harfi, yayın yılı, kaynağın ismi, yayımlandığı yer ve yararlanılan sayfa numaraları belirtilerek, köşeli parantez içerisinde numaralandırılmalı ve yazarken soldan itibaren 0,75 cm asılı paragraf şeklinde yazılmalıdır. Makale başlıkları çift tırnak içine alınmalı, kitap isimlerinin altı çizilmelidir. Bütün kaynaklara metin içinde atıf yapılmalıdır.
17. Çizelgeler, şekiller, grafikler ve resimler yazı içerisine en uygun yere gelecek şekilde yerleştirilmelidir. Fotoğraflar net çekilmiş olmalıdır. Şekil ve grafikler üzerine el yazısı ile ekleme yapılmamalıdır.
18. Makalenin tamamı 20 sayfayı geçmemeli, şekil, çizelge, grafik ve fotoğraflar yazının 1/3'ünden az olmalıdır.
19. Sayfa numarası, sayfaların karışmaması için sayfa arkalarına kurşun kalem ile hafifçe verilmelidir.
20. Yazım kurallarına uygun olarak yazılmış makalenin tam metni eğer e-posta ortamında gönderilebilecek kadar küçük boyutta ise e-posta adresine, değilse; hem A4 kâğıda baskı şeklinde (2 adet) hem de dijital ortamda (CD veya DVD) yazışma adresine gönderilmelidir.
21. Yayınlanan bütün yazılar için "Kamu Kurum ve kuruluşlarınca ödenecek telif ve işleme ücretleri hakkındaki yönetmelik" hükümleri uygulanır.
22. Makaleyi gönderen yazarlar yukarıda belirtilenleri kabul etmiş sayılırlar.
23. Yazışma adresi aşağıda verilmiştir:

Yasal Uyarı

Bu Teknik Bülten yalnızca genel bilgilendirme amacıyla yayımlanmaktadır ve içeriğinde yer alan malzemelerin, prosedürlerin veya yöntemlerin tek mevcut ve uygun malzeme, prosedür veya yöntem olduğunu ima etmemektedir. Malzemeler, prosedürler veya yöntemler özel koşullara, yerel imar kanunlarına, tasarım şartlarına veya tüzel ve yasal şartlara göre değişebilir. Bu Teknik Bülten'deki bilgilerin doğru ve güvenilir olduğuna inanılmakla beraber, yayımlayıcı olarak Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü bu Teknik Bülten'in içeriğinde bulunan yöntemlerin, malzemelerin, talimatların veya fikirlerin herhangi bir şekilde kullanılması kaynaklı mal veya can kaybından veya oluşabilecek zararlardan sorumlu değildir.

DSİ TEKNİK BÜLTENİ DSİ Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol (TAKK) Dairesi Başkanlığı Saray Osmangazi Mah. Alparslan Türkeş Cad. No:6/5 Pursaklar / ANKARA

Tel (312) 454 38 00

Faks (312) 454 38 05

E-posta bulten@dsi.gov.tr, dsiteknikbulten@gmail.com

Web <https://dsiteknikbulteni.dsi.gov.tr/>

GOULD OLASILIK MATRİS YÖNTEMİ İLE HAZNE KAPASİTESİ TAYİNİ VE MATLAB DESTEKLİ BİR UYGULAMA

Umut OKKAN* 

Balıkesir Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 10145 Balıkesir
umutokkan@balikesir.edu.tr

Zeynep Beril ERSOY 

Balıkesir Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 10145 Balıkesir
zeynepberil.ersoy@balikesir.edu.tr

(Makalenin geliş tarihi: 05.06.2023, Makalenin kabul tarihi: 19.10.2023)

ÖZ

İçmesuyu, sulama suyu vb. ihtiyaçların karşılanabilmesi için işletilen baraj haznelerinin aktif depolama hacimlerinin belirlenmesinde ve kapasitesi belli olan haznelerin farklı talepler altında işletilmesinde kullanılan çeşitli yöntemler mevcuttur. Aylık su bütçesi yaklaşımı bunlardan en bilindiğidir. Ancak haznedeki ardışık zamanlardaki su hacimlerinin kesikli bir Markov zinciri süreci oluşturduğu düşünüldüğünde, söz konusu yöntem haznenin dönem başında başladığı kapasiteye bağlı olarak sonraki ardışık dönemleri hangi kapasiteyle tamamlayabileceğine ilişkin koşullu olasılıkları verememekte ve akımlardaki mevsimselliği göz ardı etmektedir. Bu dezavantajların üstesinden gelebilmek için Gould tarafından önerilen olasılık matris yöntemi ise karmaşık bir algoritmaya sahip olduğundan ne yazık ki çok sık kullanılmamaktadır. Hazırlanan bu çalışma Gould olasılık matris yönteminin hazne tasarımı/işletilmesi yönünde kullanılabilirliğini arttırmayı ve bu maksatla anılan yöntemi Matlab (Matrix Laboratory) yazılımı ortamında açıklamayı amaçlamaktadır. Bu maksatla Susurluk havzasında işletilen İkizcetepeler barajı haznesi üzerinde bir uygulama yapılmış ve hesaplanan kapasite aylık su bütçesi yönteminden elde edilene kıyasla dörtte bir oranda azaltılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hazne, Olasılık matris yöntemi, Su bütçesi, Matlab, İkizcetepeler Barajı

DETERMINATION OF RESERVOIR CAPACITY THROUGH THE GOULD PROBABILITY MATRIX METHOD AND A MATLAB-AIDED APPLICATION

ABSTRACT

There are various methods to determine the active storage volumes of reservoirs that are operated to meet the needs of freshwater, irrigation water, etc., and to operate reservoirs with a certain capacity under different water demands. The monthly water budget approach, termed behavior analysis, is the most prevalent of them. Due to the fact that the water volumes in the reservoir at successive periods make a discontinuous Markov chain process, the behavior analysis cannot give probabilistic information about what capacity the reservoir will have in subsequent successive periods, depending on the current capacity at the beginning of the period, and disregards the seasonality of inflows. Moreover, the probability matrix method proposed by Gould to overcome these disadvantages has a complex algorithm and is therefore rarely preferred. The purpose of this study is to increase the usability of the Gould probability matrix approach for reservoir design and operation and to explain the algorithm within the Matlab (Matrix Laboratory) environment. To this end, an application was made over the reservoir of İkizcetepeler Dam, which is operated in the Susurluk Basin, and the calculated capacity was reduced by one-quarter compared to that of behavior analysis.

Keywords: Reservoir, Probability matrix method, Water budget, Matlab, İkizcetepeler Dam

*Corresponding Author: Umut OKKAN e-posta: umutokkan@balikesir.edu.tr

1 GİRİŞ

İçmesuyu, sulama suyu vb. ihtiyaçların karşılanabilmesi için işletilen baraj haznelerinin aktif depolama hacimlerinin belirlenmesinde kullanılan çeşitli yöntemler mevcuttur [1]. Hazne kapasitesi barajın üzerinde yer aldığı akarsuyun akım potansiyeline, yağış ve buharlaşma rejimine, düzenleme oranına (haznedeki çekilmesi talep edilen su miktarına) ve uygulama sahasındaki göl yüzey alanı ile hacim arasındaki ilişkiye bağlı olmaktadır. Tasarımda istenen talebi belli bir risk düzeyinde sağlayacak kapasite değerlerinin seçilmesi gözetildiğinden, sürecin istatistiksel ölçütlerle irdelenmesi de gerekmektedir [2].

Diğer yandan, çok fazla faktörün kapasite hesabı üzerinde etkin rol oynayışı yöntemler arası farklılıkları da beraberinde getirmiştir. Anılan yöntemler ön tasarım ve kesin tasarım yöntemleri olmak üzere iki grupta değerlendirilmektedir [3, 4, 5]. Ön tasarım yöntemleri içerisinde buharlaşma verilerini göz ardı eden ve sadece akım verisi ve sabit bir düzenleme oranı altında uygulanan Rippl (eklenik akımlar), ardışık tepeler, eklenik farklar ve Waitt'in minimum akımlar yaklaşımı gibi hazne kapasitesi hesaplama yöntemleri en basit yapıda olanları olup, kritik bir dönem boyunca sadece bir kez yetersizlik (arz açığı) durumunu esas aldıklarından risk-kapasite ilişkilerinin oluşturulmasına olanak tanıyamazlar. Buna karşın, düzenleme oranı-risk-kapasite ilişkilerinin elde edilebildiği fakat Normal, Gamma gibi spesifik olasılık dağılım fonksiyonlarına uyan yıllık akımların temel karakteristiklerini (ortalama, değişkenlik katsayısı vb.) kullanan ampirik yaklaşımlar da (Dincer, Hardison, Alexander, McMahon, Gould'un Gamma yöntemleri vb.) ön tasarım yöntemleri sınıfında ele alınabilmektedir [4, 6].

Kesin tasarım yöntemleri içerisinde en bilindik olanı ise süreklilik denklemine dayanan aylık su bütçesi (behavior analysis) yöntemidir. Yöntemde buharlaşma ve sızma gibi kayıplar ile talebin yıl içindeki değişkenliği de göz önünde bulundurulmakta ve bazen yaklaşımın içerisine parametrik kural eğrilerinin entegrasyonu da yapılarak su kısıtlamalı işletme politikalarının oluşturulmasına olanak tanınmaktadır [4, 7]. Ancak yöntemde özellikle simüle edilmiş akımlar ile çalışılması durumunda işletme periyodu başlangıcındaki doluluk hacminin bilinmeyişi ve tam dolu kapasite ile işletmeye başlanıldığında ise kuruma riskinin bir miktar yanlı oluşu sorun teşkil edebilmektedir [4].

Diğer bir kesin tasarım yaklaşımı olarak anılan olasılık matris yöntemleri ise anılan başlangıç doluluk oranı kabulünden bağımsız olup, haznenin dönem başında başladığı kapasiteye bağlı olarak sonraki ardışık dönemleri hangi

kapasiteyle tamamlayabileceğine ilişkin koşullu olasılıkları sağlayabilmektedir. Olasılık matris yöntemi ilk olarak Moran [8] tarafından yıllık akım verileri kullanılarak ortaya konulmuş olsa da daha sonra Gould [9] aylık verileri kullanarak akımlardaki içsel bağımlık etkisini de dikkate alacak bir algoritma önermiştir. Önerilen algoritma bir haznedeki ardışık zamanlardaki su hacimlerinin kesikli bir Markov zinciri (Markov chain) süreci oluşturduğu kabulüne dayanmaktadır. Her bir yıl için farklı başlangıç koşulları altında aylık su bütçesi yapılmasıyla oluşturulan geçiş olasılık matrisi Gould olasılık matrisi yöntemini daha güvenilir kılmaktadır [4]. Gould olasılık matrisi yöntemi işletme dönemine hangi iklim koşulları altında ve hacimle başlanması durumunda haznelerin yetersiz kalmadan işleyişini sürdürebileceği bilgisini vermesi bakımından hem güvenilir bir kapasite tayini yöntemi olarak kabul edilmekte hem de aktif kapasitesi belli olan bir haznenin farklı hidro-meteorolojik koşullarda kuruma olasılığını vererek iklim değişikliği-razi kullanımı senaryoları altında hazne tepkilerinin irdelenmesine olanak tanımaktadır [5]. Bu avantajlı yönlerine rağmen olasılık matris yöntemlerinin ulusal literatürde uygulaması sınırlı sayıda olup bunların genellikle birkaç çalışma grubu tarafından gerçekleştirildiği görülmektedir [4, 5, 10, 11, 12]. Diğer taraftan, bu yöntemlerin uluslararası hidroloji literatüründeki kullanımı ve alıntılanma sayıları da fazla değildir [13-17].

Olasılık matris yaklaşımının su bütçesine dayanan standart hazne işletme politikalarına ve ampirik yöntemlere kıyasla oldukça az tercih edilmesinin temel nedeni hesap algoritmasının karmaşık yapıda inşa edilmesi ve anlatımlı sayısal uygulamalarının literatürde birkaç kaynakla sınırlı ve genellikle teorik düzeyde olmasıdır. Ayrıca yöntemin uygulanışı boyut problemi muhteva etmekte olup, MS-Excel gibi hesap çizelgelemeleri yardımıyla programlanması da zahmetlidir. Diğer yandan, bu yöntemlerin WEAP (Water Evaluation and Planning System) gibi yazılımların içerisine henüz entegre edilmediği görülmüş ve hatta konuya ilişkin bir PC programına veya açık kaynak koda da rastlanmamıştır. Hidroloji araştırmacılarınca takip edilen Environmental modelling & software ve Computers in Education Journal gibi dergilerde spesifik konuların ve modellerin Matlab ve C++ gibi ortamlarda ele alındığı ve potansiyel kullanıcılara komut dosyalarının sağlandığı veya arayüz kullanımlarının uygulamalı bir şekilde ifade edildiği görülmektedir [18-21]. Buna karşın, ulusal literatürde bu tarz içeriklerin artırılması gerekliliği de ortadadır.

Yukarıdaki paragraflarda değinilen hususları dikkate alacak şekilde hazırlanan bu çalışma Gould olasılık matris yönteminin hazne tasarımı/işletilmesi yönünde kullanılabilirliğini arttırmayı ve bu maksatla anılan yöntemi ülkemizde eğitimi yıllardır verilen ve akademik düzeyde sıklıkla kullanılan Matlab (Matrix Laboratory) yazılımı ortamında uygulamalı olarak açıklamayı amaçlamaktadır. Bir sonraki bölümde yaklaşımın metodolojik içeriği anlatılmış, akabinde uygulamaya alınan baraj haznesi örneğine yer verilmiştir. Bölüm 4'te ilk alt bölümde yöntemin Matlab destekli uygulaması komut dosyaları da okuyuculara sağlanarak açıklanmış ve diğer alt bölümde ise yöntemin farklı düzenleme oranı-risk koşulları altında işletimi ve diğer tasarım yöntemleri ile kıyaslanması yapılmıştır. Son bölümde ise çalışmadan elde edilen ana sonuçlar özetlenmiştir.

2 GOULD OLASILIK MATRİS YÖNTEMİ

Herhangi bir zamanda, haznedeki mevcut su hacminin belli bir değer alması frekansı (olasılığı), öncesindeki dönemlerde haznedeki su hacmine içsel bağımlıdır [4]. Mevcut veya denenen kapasite miktarı m adet durum için alt hacim aralıklarına bölündüğünde, t anında hacmi i durumunda olan haznenin $t+\Delta t$ anında j durumunda bulunması koşullu olasılığı (Denklem 1) geçiş olasılıkları matrisi içinde gösterilmektedir (Çizelge 1).

$$P_{ij} = P_r(V_{t+\Delta t} = V_j \mid V_t = V_i) \quad (1)$$

Verilen bir i durumundan çeşitli j durumlarına geçiş olasılıklarının toplamı 1'e eşit olmaktadır.

Çizelge 1 - P_{ij} kare matrisinin görünümü

		t anındaki durum (i=1,...,m)			
		Min.	.	.	Mak.
t + Δt anındaki durum (j=1,...,m)	Min.	$p_{1,1}$		$p_{i,1}$	$p_{m,1}$
	.				
	.			$p_{i,j}$	
	.				
	Mak.	$p_{1,m}$		$p_{i,m}$	$p_{m,m}$
Σ	1	1	1	1	1

Buradaki m satır adedi arttırıldıkça sonuçların güvenilirliği artmakta iken en az 10 ila 20 arasında alınması önerilmektedir. Değişkenlik katsayısının büyük değerlerinde ($CoV > 1.0$) m değeri 30 ve daha büyük değerlere sabitlenebilir [4, 5]. Durum adedi seçildikten sonra McMahon ve Mein [3], Özkul [4] ve Okkan [5] kaynaklarında

detayları verilen Gould olasılık matris yöntemi algoritmasının hesap adımları aşağıda özetlenmiştir:

Adım 1: Haznenin $t+\Delta t$ anında j durumunda bulunması koşullu olasılığını belirlemek için öncelikle atanan hacim durumları ile aylık su bütçesi uygulanarak (Denklem 2) yıl sonundaki hacim değerleri (her yılın Eylül ayı sonundaki hacimler) listelenir. Bunu yaparken alan-hacim eğrisi de kullanılarak ortalama göl yüzey alanı buharlaşma kaybı stabil hale gelene kadar iteratif değiştirilir.

$$V(t+1) = V(t) + Q(t) - E(t) - D(t) \quad (2)$$

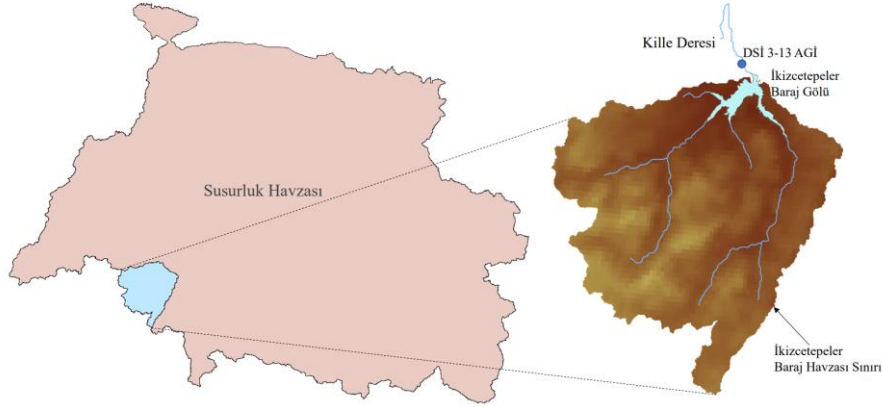
Burada, $V(t+1)$, t . ay sonundaki depolama hacmini, $V(t)$, t . aybaşındaki depolama hacmini, Q hazneyi besleyen akımları, E hazne yüzeyinden net buharlaşma hacmini ve D talep miktarını göstermektedir. Eğer ay sonu hacmi maksimum işletme hacmini (V_{max}) aşarsa savaklama yapılır ve bir sonraki aybaşı hacmi $V=V_{max}$ olarak atanır. Şayet hesaplanan depolama hacmi minimum işletme hacminin (V_{min}) altına düşerse arz açığı oluşacağından talep kısıtlaması yapılır ve bir sonraki aybaşı hacmi V_{min} değerine sabitlenir.

Adım 2: n yıllık işletme içerisinde i durumlarına karşılık elde edilen j durumlarına geçiş olasılıkları nispi frekanslar (sıklıklar) cinsinden hesaplanır ve P_{ij} matrisi oluşturulur.

Adım 3: Markov zincirinde bahsedilen yaklaşım esas alınır, $m \times m$ boyutlu P_{ij} geçiş olasılık matrisi belirlendikten sonra, t anında haznedeki su hacminin P_t olasılık dağılımı ile $t+1$ anındaki P_{t+1} olasılık dağılımı elde edilebilmektedir. Haznedeki su hacminin kararlı durumdaki limit olasılık dağılımını (kararlı durum vektörünü) belirlemek için, herhangi bir $t=t_0$ anındaki başlangıç durum vektörüyle başlayarak ardışık matris çarpımı işlemleri uygulanır.

Adım 4: Birinci hesap adımında m adet duruma ait işletme çıktılarında periyot süresince haznenin yetersiz kaldığı (minimum işletme hacminde işletildiği) ayların frekansları (f_r) da hesaplanarak bunlardan koşullu yetersizlik olasılığı vektörü (F) olarak tanımlanan $m \times 1$ boyutlu satır vektörü oluşturulur.

$$f_r = \frac{V = V_{min} \text{ olan ayların sayısı}}{\text{toplam ay sayısı}} \quad (3)$$



Şekil 1 - Çalışma alanının Susurluk havzası üzerindeki lokasyonu [24]

Adım 5: Bir önceki adımda hesaplanan F satır vektörü ve Adım 3'ten elde edilen kararlı hal vektörü çarpılarak her bir başlangıç durumu altında haznenin yetersiz kalma olasılığındaki oransal katkılar (Y) belirlenir. Tüm oransal katkılar toplandığında ise haznenin kuruma olasılığı (KO) tahmin edilir. Anlatılan bu adımların Matlab destekli uygulaması Bölüm 4'te verilmektedir.

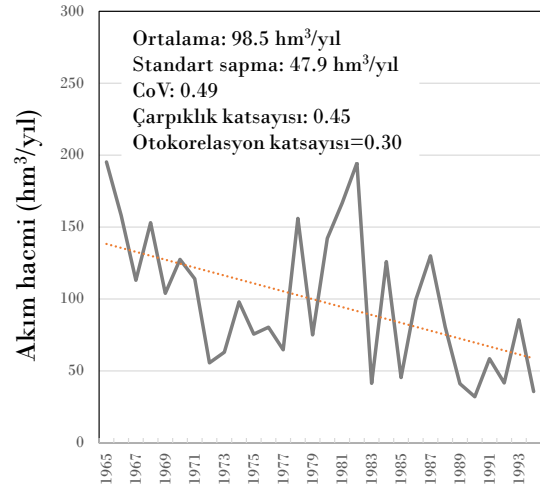
3 ÇALIŞMA ALANI VE VERİLER

Çalışmada olasılık matris yönteminin Iğizcetepeler Barajı haznesi üzerinden uygulaması yapılmıştır. Baraj Balıkesir ilinin içmesuyu ve sulama suyu ihtiyacını karşılamak amacıyla 1992 yılında işletmeye açılan ve Susurluk Havzası'ndaki yaklaşık 500 km² drenaj alanına sahip Kille Deresi üzerinde işletilen toprak dolgu tipli bir barajdır. Mevcut haznenin maksimum ve minimum işletme hacimleri sırasıyla 164.56 ve 16.00 hm³ olup, kapasitesini irdelerken Çaygören ikinci etap projesine ilişkin planlama raporundan temin edilen veriler (alan-hacim eğrisi, talepler vb.) referans alınmıştır [22]. Havzayı temsil eden ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 17150 no.lu Balıkesir meteoroloji istasyonunun 1965-1994 su yılı dönemi verilerine göre yıllık toplam yağış yaklaşık 550 mm civarında gözlenmiştir. DSI 3-13 no.lu Kille deresi akım gözlem istasyonu verileri ile elde edilen baraj yeri doğal akımları ise Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü'nden Okkan ve Karakan [23] çalışması kapsamında temin edilmiştir. Haznenin ve akım gözlem istasyonunun konumu Şekil 1'de verilmektedir. Şekil 2a'dan anlaşıldığı üzere geçmiş periyotta yıllık akımlar azalış eğiliminde olmakla birlikte ortalama 98.5 hm³ akım hacmi ile hazneyi beslemiştir.

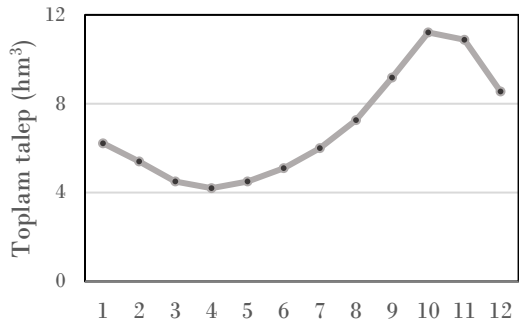
Diğer yandan, CoV değeri 0.5 civarında olup akımların hem Normal hem de iki parametrelili

Gamma dağılımına uyduğu test edilmiştir. Yıllık akımlara ait diğer temel istatistikler Şekil 2a üzerinde değerlendirilmiştir.

(a)



(b)



Şekil 2 - (a) Yıllık akımların gidişleri ve bazı temel istatistikler, (b) hazneden çekilmesi planlanan toplam talebin aylar arası değişimi (1.ay Ekim iken, 12. ay Eylül ayını temsil etmektedir)


```

1 function [lb, ub]= V_durum(Vmax,Vmin,m)
2 d=(Vmax-Vmin)/m;
3 lb (1,1)=Vmin;
4 ub (1,1)=Vmin+d;
5 for k=2:m
6 lb (k,1)=lb (k-1,1)+d;
7 ub (k,1)=ub (k-1,1)+d;
8 end
9 end

```

Şekil 3- İstlenen m'ye bağlı olarak hacim durumlarını listeleyen Matlab komut dosyası.

```

1 function [durumlar_Vys,durumlar_Vays]=behavior(m,V_cases,Vmax,Vmin)
2 load reservoir_data;
3 yil_adi=length(Flows)/12;
4 for j=1:m
5 V_ys=[];
6 for r=0:(yil_adi-1)
7 Vayb((12*r+1),1)=V_cases(j,1);
8 for i=(12*r+1):(12*r+12)
9 V=Vayb(i,1);
10 err(i,1)=1e8;
11 while err(i,1)>=1e-6
12     A(i,1)=interp1(Volume, Area, V, 'linear');
13     Vbuh(i,1)=A(i,1)*Enet(i,1)*0.001;
14     Vays(i,1)=Vayb(i,1)+Flows(i,1)-(Vbuh(i,1)+Drafts(i,1));
15     Vbuh1=Vbuh(i,1);
16
17     if Vays(i,1)<Vmin
18         Vays_nihai(i,1)=Vmin;
19
20     elseif Vays(i,1)>Vmax
21         Vays_nihai(i,1)=Vmax;
22     else
23         Vays_nihai(i,1)=Vays(i,1);
24     end
25
26     V=(Vayb(i,1)+ Vays_nihai(i,1))/2;
27     A(i,1)=interp1(Volume, Area, V, 'linear');
28     Vbuh(i,1)=A(i,1)*Enet(i,1)*0.001;
29     Vbuh2=Vbuh(i,1);
30     err(i,1)=abs(Vbuh1-Vbuh2);
31 end
32 Vayb(i+1,1)=Vays_nihai(i,1);
33 end
34 V_ys=[V_ys;Vays_nihai(12*r+12,1)];% su yılı sonundaki hacimler
35 end
36 % her bir hacim durum için yılsonu hacimleri listeleniyor
37 durumlar_Vys(:,j)=V_ys;
38 durumlar_Vays(:,j)=Vays_nihai;
39 end
40 end

```

Şekil 4- Su bütçesi analizinin gerçekleştirildiği Matlab komut dosyası.

Planlama raporuna göre, hazneden yıllık 83 hm³ su talep edilmektedir (Şekil 2b). Buradan akımın yaklaşık %84'ünün düzenlenilmesine başvurulduğu anlaşılmaktadır. Talepler aylar arası değişkenlik taşımakla beraber düzenleme oranının yaklaşık %11'lik kısmı ile 1.700 ha alana sulama hizmet edilmesi planlanmıştır. Tava katsayısı 0.7 alınarak net buharlaşma rejimi 645 mm/yıl olarak hesaplanmıştır.

4 UYGULAMA

4.1 Matlab komut dosyaları

Uygulama örneğinde $V_{min}=16$ hm³ ve $V_{max}=164.56$ hm³ olmak üzere akım değişkenlik katsayısına bakılmaksızın $m=20$ durum adedi seçilerek Çizelge 2'deki örnek hacim durumları elde edilmiştir.

Buna göre, hazne hacminin t anında 16-23.43 hm³ aralığında olup (ortalama 19.714 hm³), t+Δt anında da 16-23.43 hm³ aralığında olması olasılığı p_{1,1} olacaktır. Bunların Pij matrisi tamamlanana kadar diğer hacim dilimleri için de elde edilmesi gerekmekte olup, Bölüm 2'de adım 1'i uygulamadan önce farklı hacim durumları olarak Çizelge 2'de belirtilen V_{ort} ortalama hacim durumları (aralığın tam ortanca değeri) esas alınabilir. Bunun için Şekil 3'te verilen Matlab komut dosyası hazırlanmıştır. Durum kombinasyonlarının oluşturulmasını takiben adım 1'i uygularken Şekil 4'te verilen behavior.m isimli Matlab komut dosyası kullanılmıştır. Burada her bir hacim durumu aralığının ortanca değeri (V_cases) fonksiyona girdi olarak sunulmaktadır. Şekil 4'te 11 ve 31 satırları arasında buharlaşma kaybı dengelenene kadar bütçe döngüsü oluşturulmuş olup, ortalama göl yüzey alanı hesabında ise Matlab fonksiyon kütüphanesinde yer alan interp1 ile baraj yeri alan-hacim eğrisi üzerinde interpolasyon yaptırılmıştır. Netice olarak Şekil 4'te detayları verilen komut dosyası ile 1'den m'ye her bir başlangıç hacim durumu altında yapılan işletme akabinde ay sonu hacimleri (Şekil 4, satır 38) ve yıl sonu hacimleri (Şekil 4, satır 37) elde edilebilmektedir.

Çizelge 2 - m=20 için esas alınan hacim durumları (birimler hm³tür)

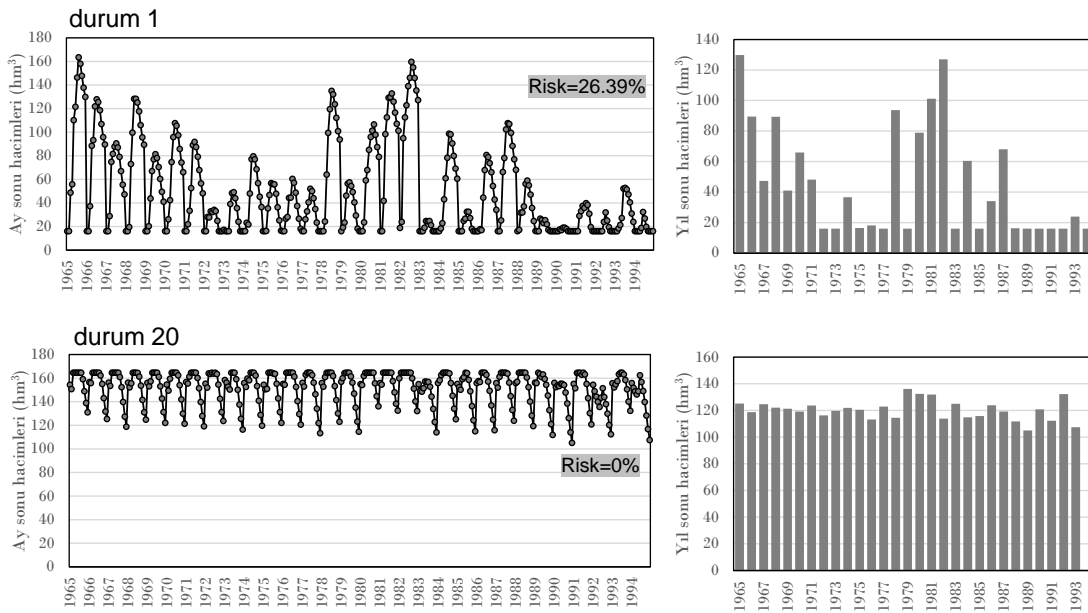
Durum no.	V _{alt}	V _{üst}	V _{ort}
1	V_{min}=16.00	23.43	19.71
2	23.43	30.86	27.14
3	30.86	38.28	34.57
4	38.28	45.71	42.00
5	45.71	53.14	49.43
6	53.14	60.57	56.85
7	60.57	68.00	64.28
8	68.00	75.42	71.71
9	75.42	82.85	79.14
10	82.85	90.28	86.57
11	90.28	97.71	93.99
12	97.71	105.14	101.42
13	105.14	112.56	108.85
14	112.56	119.99	116.28
15	119.99	127.42	123.71
16	127.42	134.85	131.13
17	134.85	142.28	138.56
18	142.28	149.70	145.99
19	149.70	157.13	153.42
20	157.13	V_{max}=164.56	160.85

```

1 function [risk]=risk_hesapla(Vays_nihai,Vmin)
2 failed_months=find(Vays_nihai==Vmin);
3 total_failed_months=length(failed_months);
4 risk=total_failed_months/length(Vays_nihai);
5 end

```

Şekil 5- Haznenin zamansal risk durumunu hesaplamada kullanılan Matlab komut dosyası.



Şekil 6- Durum1 ve Durum 20 için elde edilen işletme özeti.

Adım 2 ve Adım 3'teki hesaplamalardan bağımsız olarak, Adım 4'te haznenin her bir başlangıç durumu altında aylık su bütçesi analizi sonrası verdiği yetersiz kalma olasılıkları ile koşullu yetersizlik olasılığı vektörünün oluşturulduğu belirtilmişti. Bunun için de Şekil 5'te gösterilen **risk_hesapla.m** komut dosyası hazırlanmıştır. Uygulama örneğinde 1 ve 20 numaralı durumlar için elde edilen ay sonu ve yıl sonu hacimleri ise Şekil 6'da verilmektedir.

Adım 2'yi tatbik ederken ise i durumlarına karşılık elde edilen j durumlarına geçiş olasılıkları nispi frekanslar cinsinden hesaplanmaktadır. Bu maksatla Şekil 7'de verilen **freq_hesapla.m** isimli Matlab komut dosyası kullanılmıştır. Çizelge 3'te $i=1$ için (durum 1) ve $i=20$ için (durum 20) elde edilen frekanslar ile geçiş olasılığı matrisinin 1. ve 20.sütununu temsil eden sonuçlar örnek olarak verilmiştir ($n=30$ yıldır).

```

1 function [nispi_freq]=freq_hesapla(V_ys,durum)
2 for j=1:length(durum)
3 ff(j,1)=length(find(V_ys<durum(j,1)));
4 if j==1
5     frekans(j,1)=ff(j,1);
6 else
7     frekans(j,1)=ff(j,1)-ff(j-1,1);
8 end
9 end
10 nispi_freq=frekans/length(V_ys);
11 end

```

Şekil 7- Geçiş olasılık matrisinin oluşturulmasında yararlanılan Matlab komut dosyası.

Çizelge 3- Örnek hacim durumları ile geçiş olasılığı matrisinin sütun vektörlerinin oluşturulması.

	t için i durumları		$i=1$		
	V_{alt}	$V_{üst}$	frekanslar	nispi frekans	
$t + \Delta t$ için (yıl sonunda) j durumları	16	23.43	14	P1,1	0.4667
	23.43	30.86	1	P1,2	0.0333
	30.86	38.28	2	P1,3	0.0667
	38.28	45.71	1	P1,4	0.0333
	45.71	53.14	2	P1,5	0.0667
	53.14	60.57	1	P1,6	0.0333
	60.57	68.00	1	P1,7	0.0333
	68.00	75.42	1	P1,8	0.0333
	75.42	82.85	1	P1,9	0.0333
	82.85	90.28	2	P1,10	0.0667
	90.28	97.71	1	P1,11	0.0333
	97.71	105.14	1	P1,12	0.0333
	105.14	112.56	0	P1,13	0.0000
	112.56	119.99	0	P1,14	0.0000
	119.99	127.42	1	P1,15	0.0333
	127.42	134.85	1	P1,16	0.0333
	134.85	142.28	0	P1,17	0.0000
	142.28	149.70	0	P1,18	0.0000
	149.70	157.13	0	P1,19	0.0000
	157.13	164.56	0	P1,20	0.0000
		Σ	30	1	

	t için i durumları		$i=20$		
	V_{alt}	$V_{üst}$	frekanslar	nispi frekans	
$t + \Delta t$ için (yıl sonunda) j durumları	16	23.43	0	P20,1	0.0000
	23.43	30.86	0	P20,2	0.0000
	30.86	38.28	0	P20,3	0.0000
	38.28	45.71	0	P20,4	0.0000
	45.71	53.14	0	P20,5	0.0000
	53.14	60.57	0	P20,6	0.0000
	60.57	68.00	0	P20,7	0.0000
	68.00	75.42	0	P20,8	0.0000
	75.42	82.85	0	P20,9	0.0000
	82.85	90.28	0	P20,10	0.0000
	90.28	97.71	0	P20,11	0.0000
	97.71	105.14	1	P20,12	0.0333
	105.14	112.56	3	P20,13	0.1000
	112.56	119.99	10	P20,14	0.3333
	119.99	127.42	11	P20,15	0.3667
	127.42	134.85	4	P20,16	0.1333
	134.85	142.28	1	P20,17	0.0333
	142.28	149.70	0	P20,18	0.0000
	149.70	157.13	0	P20,19	0.0000
	157.13	164.56	0	P20,20	0.0000
		Σ	30	1	

```

1 function[P_matrix,kararli_hal_vec,F_vec,KO]=gould_prob(Vmin,Vmax,m)
2 % Dr. Umut Okkan-Mayıs 2023
3 %% veriler
4 load reservoir_data;
5 %veri içeriği
6 %Drafts:Çekilen (hm3),Enet (mm),Flows(hm3)
7 %Area(km2), Volume(hm3)
8 %% başlangıç durumları atanıyor
9 yıl_adedi=length(Flows)/12;
10 [lb, ub]= V_durum(Vmax,Vmin,m);
11 V_cases=(lb+ub)/2;
12 P_matrix=zeros(m,m);%geçiş olasılığı matrisi
13 [durumlar_Vys,durumlar_Vays]=behavior(m,V_cases,Vmax,Vmin);
14 %% geçiş olasılığı ve F
15 for j=1:m
16 P_matrix(:,j)=freq_hesapla(durumlar_Vys(:,j),ub);
17 F_vec(j,1)=risk_hesapla(durumlar_Vays(:,j),Vmin);
18 end
19 %% iteratif olarak kararlı hal çözümü elde ediliyor
20 baslangic_vektoru(m,1)=1; %ilk sene başı tam dolu
21 kararli_hal_vec=P_matrix*baslangic_vektoru; %birinci sene sonu vektörü
22 for ry=1:yıl_adedi
23 kararli_hal_vec=P_matrix*kararli_hal_vec;
24 end
25 KO=100*sum(kararli_hal_vec.*F_vec); %Kuruma olasılığı
26 end

```

Şekil 8- Gould olasılık matrisi algoritmasına ilişkin temel çıktıları sağlayan Matlab komut dosyası.

Çizelge 4- m=20 için geçiş olasılığı matrisi ve 1.sene sonu durum vektörünün hesabı.

		t anındaki i durumları										
		1	2	3	...	...	...	18	19	20		
t + Δt anında (yıl sonunda) j durumları	1	0.47	0.47	0.33				0.00	0.00	0.00	0	0.00
	2	0.03	0.03	0.13				0.00	0.00	0.00	0	0.00
	3	0.07	0.00	0.03	...	...	...	0.00	0.00	0.00	0	0.00
	4	0.03	0.10	0.00				0.00	0.00	0.00	0	0.00
	5	0.07	0.03	0.10				0.00	0.00	0.00	0	0.00
	6	0.03	0.03	0.03				0.00	0.00	0.00	0	0.00
	7	0.03	0.07	0.03				0.00	0.00	0.00	0	0.00
	8	0.03	0.03	0.07				0.00	0.00	0.00	0	0.00
	9	0.03	0.00	0.03				0.00	0.00	0.00	0	0.00
	10	0.07	0.03	0.00	...	...	...	0.00	0.00	0.00	0	0.00
	11	0.03	0.10	0.03				0.07	0.00	0.00	0	0.00
	12	0.03	0.00	0.10				0.13	0.07	0.03	0	0.03
	13	0.00	0.03	0.00				0.00	0.13	0.10	0	0.10
	14	0.00	0.00	0.03				0.33	0.27	0.33	0	0.33
	15	0.03	0.00	0.00				0.30	0.37	0.37	0	0.37
	16	0.03	0.07	0.07				0.13	0.13	0.13	0	0.13
	17	0.00	0.00	0.00	...	...	...	0.03	0.03	0.03	0	0.03
	18	0.00	0.00	0.00				0.00	0.00	0.00	0	0.00
	19	0.00	0.00	0.00				0.00	0.00	0.00	0	0.00
	20	0.00	0.00	0.00	...	...	...	0.00	0.00	0.00	1	0.00

x =

0	0.00
0	0.00
0	0.00
0	0.00
0	0.00
0	0.00
0	0.00
0	0.00
0	0.00
0	0.00
0	0.00
0	0.00
0	0.00
0	0.00
0	0.00
0	0.00
0	0.00
0	0.00
0	0.00
1	0.00

1. sene başı durum vek. 1. sene sonu durum vek.

Bunlara ilaveten, adım 3'ü tamamlamak için yukarıda verilen tüm komut dosyalarını çağırarak ana bir fonksiyon olan **gould_prob.m** ile geçiş olasılığı matrisi (P_matrix) ve diğer gerekli algoritma çıktıları sağlanmaktadır (Şekil 8).

Algoritmaya göre örneğin hazne ilk senenin başında tam dolu kabul edilerek 1.sene başında haznenin 157.13-164.56 hm³ hacme sahip olması durumuna karşılık gelen frekans 1 iken, diğer durumlara karşılık gelen frekanslar 0 olarak atanır (Şekil 8-satır 20). Buna göre, 1.sene sonu durum vektörü Çizelge 4'te gösterilmektedir. Limit olasılık dağılımına yani kararlı durum vektörüne erişilmesi işlemi ise Şekil 8'de satır 21-24 arasında gerçekleştirilmektedir. Bu döngü azami mevcut işletme yılı adedi kadar tekrarlanacak olup, yaklaşık belli bir deneme sonunda limit olasılık dağılımına yani kararlı durum vektörüne erişilmektedir (Çizelge 5). Ardışık çözümlerle ulaşılan kararlı hal vektörüne göre, haznenin 30 yıllık işletme dönemi içinde minimum işletme hacmine yakın koşullarda işletilme olasılığı (frekansı) %10.8 olarak hesaplanırken, tam dolu kalma olasılığı ise bulunmamaktadır.

Çizelge 5- m=20 için haznenin kuruma riskinin hesaplanması.

Durum	Kararlı hal vec.	F	Y
1	0.108	0.264	0.029
2	0.024	0.108	0.003
3	0.028	0.075	0.002
4	0.028	0.047	0.001
5	0.035	0.031	0.001
6	0.032	0.019	0.001
7	0.040	0.006	0.000
8	0.055	0.000	0.000
9	0.060	0.000	0.000
10	0.052	0.000	0.000
11	0.051	0.000	0.000
12	0.050	0.000	0.000
13	0.049	0.000	0.000
14	0.108	0.000	0.000
15	0.167	0.000	0.000
16	0.093	0.000	0.000
17	0.020	0.000	0.000
18	0.000	0.000	0.000
19	0.000	0.000	0.000
20	0.000	0.000	0.000

KO=3.6486%

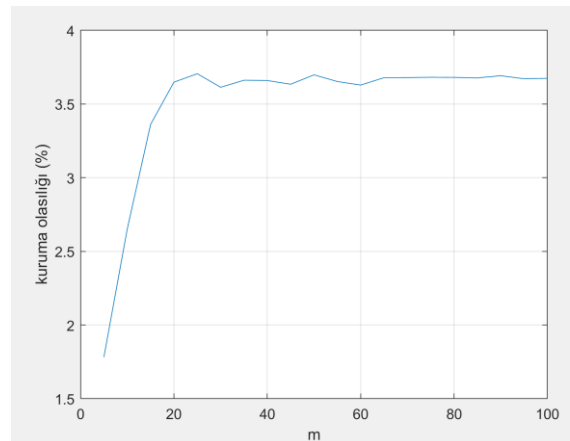
F) ve kararlı hal vektörü çarpılarak haznenin yetersiz kalma olasılığındaki oransal katkılar (Y) belirlenmektedir. Tüm oransal katkılar toplandığında haznenin kuruma olasılığı

KO=%3.65 olarak belirlenmiştir (Çizelge 5). Matlab komut penceresine aşağıdaki ifadelerin yazılması gerekli hesap çıktıları sağlanmaktadır.

```
clc; clear all
Vmin=16; Vmax=164.56;
m=20;
[P_matrix,kararli_hal_vec, F_vec,
kuruma_olasiligi]=gould_prob(Vmin,Vmax,m)
```

Durum adedi arttıkça daha hassas sonuç elde edilebilmekle birlikte MS-Excel vb. ortamlarda bu artan bir hesap yoğunluğunu beraberinde getirmektedir. Hazırlanan Matlab komut dosyalarıyla ise birçok durum adedi için sonuç alma esnekliği mevcuttur. Örneğin m'nin 5 ile 100 arasında değişimine karşılık kuruma olasılıklarının belirlenmesi 11th Gen Intel(R) Core i7- 3.00GHz donanımlı bir dizüstü bilgisayarla 18 saniye sürmüştür. Bunun için Matlab komut penceresinde aşağıda verilen ifadelerin çalıştırılması sağlanmıştır.

```
clc;
clear all
tic
%min ve mak işletme hacimleri (hm3)
Vmin=16; Vmax=164.56;
m_trials=[5:5:100];
for k=1:length(m_trials)
m=m_trials(k);
[P_matrix{k},kararli_hal_vec{k},F_vec{k},
kuruma_olasiligi(k,:)]=...
gould_prob(Vmin,Vmax,m);
end
toc
plot(m_trials,kuruma_olasiligi)
xlabel('m')
ylabel('kuruma olasılığı (%)')
grid
save('sonuclar.mat')
```



Şekil 9 - m'ye bağlı KO'nun değişimi

```

1 function [fitness]=gould_risk(Vmax,Vmin,m,desired_risk)
2 [~,~,~,kuruma_olasiligi]=gould_prob(Vmin,Vmax,m);
3 fitness=abs(desired_risk-kuruma_olasiligi);
4 end

```

Şekil 10- V_{max} tahmininde kullanılacak uygunluk fonksiyonu.

Buradan Şekil 9'daki grafik elde edilmiş ve yaklaşık $m=40$ 'tan sonra kuruma olasılıklarındaki değişimin stabil olduğu anlaşılmaktadır. Üretilen çıktılar **sonuclar.mat** dosya içeriğinden elde edilebilmekte olup, $m=100$ için kuruma olasılığı **3.6745%** olarak hesaplanmıştır (Şekil 9).

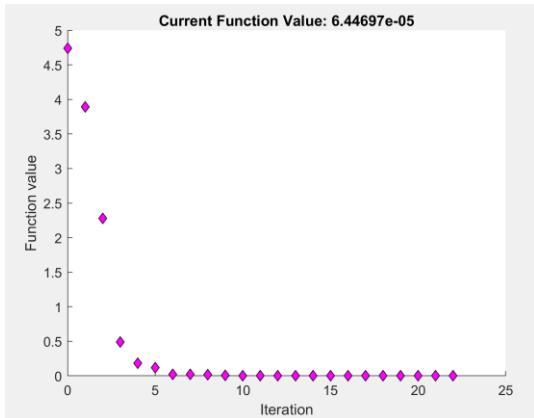
Yukarıda haznenin fiili işletme seviyeleri için gerçekleştirilmiş olup, arzu edilen bir risk seviyesi için maksimum işletme hacminin (V_{max}) ve dolayısıyla aktif kapasitenin tayini de mümkün olabilmektedir. Seçilen bir durum adedi için farklı V_{max} hacimlerini istenilen risk değerine erişilinceye kadar denemek alternatiflerden biridir. Ancak V_{max} değerini optimize edilecek bir parametre gibi tanımlayarak aşağıdaki uygunluk fonksiyonunu (uf) minimize etmeye çalışmak daha tutarlı bir yol olacaktır (Denklem 4). Bu maksatla Şekil 10'da verilen uygunluk fonksiyonu yazılmıştır.

$$uf = \text{abs}(\text{istenen risk değeri} - KO) \quad (4)$$

```

clc; clear all; close all;
Vmin=16;
desired_risk=5; %arzu edilen risk değeri
m=100;
v0=100; %başlangıç tahmini
costfunc=@(Vmax)
gould_risk(Vmax,Vmin,m,desired_risk);
options = optimset('Display','iter','PlotFcns',
@optimplotfval);
[Vmax_estimated,~,~,~] =
fminsearch(costfunc,v0,options);

```

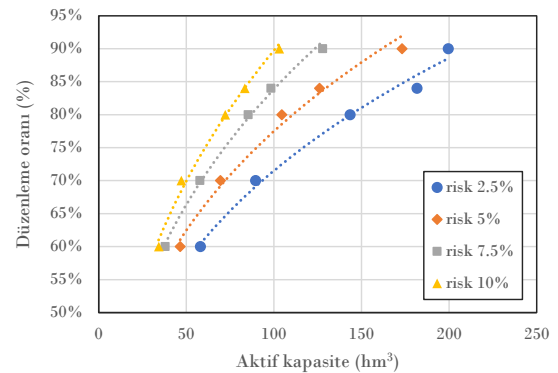


Şekil 11 - Maksimum işletme hacminin *fminsearch* ile optimum değerinin tahmini.

Çalışmada Matlab'ın fonksiyon kütüphanesinde hali hazırda mevcut olan ve Nelder-Mead simpleks algoritmasına dayanan **fminsearch** fonksiyonu ile uygunluk fonksiyonunun minimizasyonu gerçekleştirilmiştir (Şekil 11'in hemen üstündeki satırlarda verilmiştir). Buna göre, %5 risk değerini veren V_{max} değeri **142 hm^3** olarak (ölü hacim çıkartıldığında aktif kapasite **126 hm^3** tür) belirlenmiştir ve Şekil 11'de görüldüğü gibi uygunluk fonksiyonunun iteratif olarak oldukça küçük bir değere erişimi sağlanabilmiştir.

4.2 Düzenleme Oranı-Kapasite-Risk İlişkileri

Yukarıda haznenin planlama raporunda belirtilen $D=\%84$ düzenleme oranı için yapılan analiz sonuçları verilmiştir. Ancak değişen düzenleme oranları ve tasarıma esas teşkil edebilecek farklı riskler için hazne kapasitesinin alacağı değerler bu alt bölümde belirlenip yorumlanmıştır. $D=\%84$ değerinden farklı olarak %60, %70, %80 ve %90 düzenleme oranları için %2.5, %5, %7.5 ve %10 risk altında V_{max} değerlerinin optimizasyonu akabinde olasılık matris çözümlenmesi Şekil 12'de belirtilmiştir. İnşa öncesinde yani tasarım safhasında Şekil 12'deki gibi abakların oluşturulması ile herhangi bir risk ve düzenleme oranı altında karar vericilere hazne kapasitesi ve buna ilişkin ekonomik göstergeler hakkında fikir verilebilecektir.



Şekil 12 - Farklı düzenleme oranı-risk kombinasyonlarına karşılık elde edilen aktif kapasite değerleri

Burada aynı zamanda bir diğer kesin tasarım yöntemi olan ve standart işletme yaklaşımı olarak da anılan aylık su bütçesiyle ve 4 adet ön tasarım yöntemiyle kapasite hesabı da yapılmıştır. Sonuçları kıyaslanabilir kılmak adına

D=%84 ve %5 risk durumu için bu analizler gerçekleştirilmiş ve Çizelge 6'da özetlenmiştir.

Çizelge 6 - %5 risk altında farklı hesap yöntemlerince elde edilen aktif hazne kapasitesi değerleri (D=%84)

Hesap Yöntemi		Aktif hacim (hm ³)
Kesin Tasarım	Gould olasılık matris yöntemi ($m=100$)	126
	Aylık su bütçesi	174
Ön Tasarım	Dincer yöntemi	139*
	Alexander yöntemi	132*
	McMahon yöntemi	140*
	Gould'un Gamma yöntemi	119*

* içsel bağımlılık etkisi katsayısı ile düzeltilmiş değerlerdir.

Baraj yerine gelen akımlar için yıllık otokorelasyon değeri 0.30 olup, içsel bağımlılık etkisi katsayısı McMahon ve Mein [3] tarafından sunulan abaktan (sy. 196) yaklaşık olarak **1.38** olarak okunmuştur. Çizelgedeki ön tasarım yöntemleriyle elde edilen kapasite değerleri bu katsayılar ile düzeltilmiş değerlerdir. Ampirik yöntemler nispeten birbirine yakın sonuçlar üretmiş olup, özellikle Gould'un olasılık matris çözümünü benzeştirdiği ampirik yöntem ile kesin tasarım sonucunun yakın olması dikkat çekicidir. Ancak bu basit yapıda yöntemlerin doğruluğunu test etmek için çok fazla sayıda baraj haznesi örneği üzerinde uygulama yapılması gerektiği unutulmamalıdır.

Diğer yandan, Çizelge 6'ya göre Gould olasılık matris yöntemi su bütçesi yöntemine kıyasla 48 hm³ daha az kapasite öngörmektedir. Ayrıca %5 riskle yapılan tasarıma göre, 69 hm³'ten daha büyük bir hacim ile işletme dönemine başlanması durumunda haznenin kuruma riski bulunmamıştır.

5 SONUÇLAR

Çalışmada gerek bir kesin tasarım safhasında değerlendirilebilecek gerekse kapasitesi belli bir baraj haznesinin farklı iklim koşulları altında kuruma olasılığını sağlayabilecek bir yöntem olan Gould olasılık matris yönteminin hesap adımları uygulamalı olarak ifade edilmiştir. Yöntemin akımlardaki mevsimselliği dikkate alması ve kararlı hal çözümü sayesinde başlangıç hacim durumundan bağımsız işletilebilmesi güven teşkil etse de hesap algoritmasının nispeten karmaşık olması ve özellikle ulusal literatürde kısıtlı sayıda

çalışmada ve herhangi bir bilgisayar programına atfetmeden işlenişi dikkat çekmektedir.

Hazırlanan bu çalışmada yöntemin hesap adımları Matlab ortamında komut dosyaları ile açıklanarak ulusal araştırmacıların değerlendirebileceği teşvik edici bir içerik hazırlanmak istenmiştir. Zaman serisi olarak akım, net buharlaşma yüksekliği ve talep miktarları ile haznenin göl yüzey alanı-hacim noktaları veri dosyası olarak hazırlandıktan sonra, **gould_prob.m** Matlab fonksiyonu ile maksimum ve minimum işletme hacimleri belli olan bir haznenin m adet durum altında kuruma olasılığı elde edilebilmektedir. Diğer yandan, **gould_risk.m** fonksiyonu herhangi bir optimizasyon aracı ile çağırılarak istenen risk seviyesinde kapasite tayini yapılabilmektedir. Bu kapsamı ile hazırlanan çalışmanın hem okuyuculara hem de su kaynakları yöneticilerine faydalı olacağı düşünülmektedir. Yakın gelecekte söz konusu olasılık matris algoritmasının Okkan vd. [7] çalışmasında atfedilen su kısıtlama modelleri ile entegrasyonu üzerine bir çalışmanın yürütülmesi de mümkün olacaktır.

6 KAYNAKLAR

- [1] Bayazıt, M., "Biriktirme haznelerinin tasarımı ve işletilmesi" İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, 200, 1997.
- [2] Vogel R.M., Stedinger J.R., "Generalized storage-reliability-yield relationships" Journal of Hydrology, 89, 303-27.
- [3] McMahon, T. A., Mein, R.G., "River and reservoir yield", Elsevier, 367, 1986.
- [4] Özkul, S., "Çağlayan Barajı Aktif Hazne Hacminin Olasılık Matris Yöntemleriyle İrdelenmesi" DSİ Teknik Bülten. 107, 27-38, 2010.
- [5] Okkan, U., "İklim değişikliğinin akarsu akışları üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi", Doktora tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hidrolik-Hidroloji ve Su Kaynakları DR, 2013.
- [6] Bacanlı, Ü., Özkul, S., Baran, T., "Dicle Havzası Botan Çayı örneğinde farklı yöntemlerle biriktirme haznelerinin tasarımı", I. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 389-402, 2003.
- [7] Okkan, U., Fistikoglu, O., Ersoy, Z. B., & Noori, A. T. "Investigating adaptive hedging policies for reservoir operation under climate change impacts", Journal of Hydrology, 619, 129286, 2023.
- [8] Moran, P.A.P. "A probability theory of dam and storage systems: modifications of the release rules." Australian Journal of Applied Science, 6,117, 1955.

- [9] Gould, B.W., "Statistical methods for reservoir yield estimation". Water Res. Foundation of Australia. Report No.8, 1964.
- [10] Kırdemir, U., Okkan, U., "İkizcetepeler aktif hazne hacminin olasılık matrisi metoduyla tahkiki", Balıkesir 2. Kent Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 599-609.
- [11] Bacanlı, Ü.G., Koç, A.C., "Moran olasılık matris yöntemiyle hazne tasarımı: Yenidere Barajı örneği", Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 255-261, 2006.
- [12] Sevinç, E. "Türkiye'nin Su Politikası ve Barajlar: Haznelerin Tasarımında Risk Esaslı Yöntemlerin Kullanımı", Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hidrolik-Hidroloji ve Su Kaynakları YL, 2013.
- [13] Srikanthan, R., McMahon, T. A.. Gould's probability matrix method: 1. The starting month problem. Journal of Hydrology, 77(1-4), 125-133, 1985.
- [14] Haktanir, T. "Storage yield relationships for reservoirs by a sequential-operation algorithm and comparisons with Gould's probability matrix method", Journal of Hydrology, 109(1-2), 43-56, 1989.
- [15] Sharma, T. C., Panu, U. S., "Reservoir Capacity Estimation by the Gould Probability Matrix, Drought Magnitude, and Behavior Analysis Methods: A Comparative Study Using Canadian Rivers", Hydrology, 10(2), 53, 2023.
- [16] Ragab, R., Austin, B., Moidinis, D. "The HYDROMED model and its application to semi-arid Mediterranean catchments with hill reservoirs 3: Reservoir storage capacity and probability of failure model", Hydrology and Earth System Sciences, 5(4), 563-568, 2001.
- [17] Otiemo, F. O., Ndiritu, J. G. "The effect of serial correlation on reservoir capacity using the modified Gould's probability matrix method (MGPM)", Water SA, 23(1), 63-70, 1997.
- [18] Pianosi, F., Sarrazin, F., Wagener, T. A "Matlab toolbox for global sensitivity analysis", Environmental Modelling & Software, 70, 80-85, 2015.
- [19] Leon, A. S., Goodell, C., "Controlling hecras using Matlab", Environmental Modelling & Software, 84, 339-348, 2016.
- [20] Vrugt, J. A., "Markov chain Monte Carlo simulation using the DREAM software package: Theory, concepts, and MATLAB implementation", Environmental Modelling & Software, 75, 273-316, 2016.
- [21] Wagener, T., McIntyre, N., "Tools for teaching hydrological and environmental modeling", Computers in Education Journal, 17(3), 16-26, 2007.
- [22] Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, I.Bölge Müdürlüğü, Çaygören II.Aşama Projesi Planlama Raporu, Ocak 1983 (Bursa).
- [23] Okkan, U., Karakan, E. "İklim değişikliğinin ikizcetepeler barajı akımlarına etkilerinin modellenmesi: 2015-2030 projeksiyonu", Teknik Dergi, 27(2), 7379-7401, 2016.
- [24] Ersoy, Z. B., Okkan, U., Fıstıkoğlu, O. "Dinamik su bütçesi modeline destek vektör regresyonu entegrasyonu", Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 27(1), 237-250, 2022.

KARASU 1, KARASU 2 VE OKTA DERELERİNİN SU KALİTESİNİN BELİRLİ KİRLİTİCİLER VE ÖNCELİKLİ MADDELER AÇISINDAN KANADA SU KALİTESİ İNDEKSİ (CWQI) MODELİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Melike SEZER* 

DSİ 22. Bölge Müdürlüğü, Kalite Kontrol ve Laboratuvarı Şube Müdürlüğü, 61220, Trabzon
melikesezer@dsi.gov.tr

(Makalenin geliş tarihi: 23.12.2021, Makalenin kabul tarihi: 28.12.2023)

ÖZ

Bu çalışmada, ülkemizin en çok yağış alan ili olan Rize'nin Güneysu İlçesinde bulunan Karasu 1, Karasu 2 ve Okta Derelerinin su kalitesi CWQI modeli ile yıllık ve mevsimsel olarak belirlenmiştir. Yerüstü su kalitesi yönetmeliğinde (Resmi gazete; 16.06.2021, 31513) bulunan belirli kirleticiler ve öncelikli maddeler grubunda yer alan polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), poliklorlu bifeniller (PCB), pestisit ve ağır metal parametreleri için ölçümler yapılmış ve sınır değerleri geçen parametreler belirlenmiştir. Bu parametreler PAH grubu için genellikle benzo (b) floranten, benzo (k) floranten, benzo (a) piren, benzo (g,h,i) perilen ve indeno pirendir. Ağır metal grubu için bazı aylarda kurşun, çinko, demir, bakır, alüminyum, civa ve vanadyum sınır değerini üzerinde çıkmıştır. Pestisitlerden azinfos metil, klorsulfuron, fenarimol, triasulfuron, tribenuron metil, endosulfan, pentaklorobenzen ve tiometon değerleri bazı dönemlerde sınır değerlerin üzerindedir. CWQI modeli kullanılarak yapılan yıllık değerlendirmede su kalitesi tüm dereler için "iyi" olarak bulunmuştur. Mevsimsel değerlendirme de ise tüm dereler için su kalitesi sınıfı ilkbahar aylarında "orta" olarak belirlenirken, yaz ve sonbahar aylarında tüm dereler için "iyi" olarak bulunmuştur. Kış aylarında su kalitesi sınıfı Karasu 1 Deresi için "orta" diğer dereler için "iyi" olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ağır Metaller; Kanada Su Kalitesi İndeks Modeli; Pestisitler; Poliklorlu Bifeniller; Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar

EVALUATION OF THE WATER QUALITY OF THE KARASU 1, KARASU 2 AND OKTA RIVER WITH CANADA WATER QUALITY INDEX (CWQI) MODEL IN TERM OF SPECIFIC POLLUTANTS AND PRIORITY SUBSTANCES

ABSTRACT

In this study, water quality of the three streams (Karasu 1, Karasu 2 and Okta) in Rize Güneysu District, which is the most rainfall province of our country, is determined yearly and seasonally with the Canadian water quality index model. Measurements have been performed for the parameters of polycyclic aromatic hydrocarbons, polychlorinated biphenyls, pesticides and heavy metals in the group of specific pollutants and priority substances, found in the regulation on surface water quality (Official newspaper; 16.06.2021, 31513). Parameters that exceed the limit values have been determined. These parameters are generally benzo (b) fluoranthene, benzo (k) fluoranthene, benzo (a) pyrene, benzo (g, h, i) perylene and indeno pyrene for the polycyclic aromatic hydrocarbon group. In some months for heavy metal group, lead, zinc, iron, copper, aluminum, mercury and vanadium have exceeded the limit value. For

*Corresponding Author: Melike SEZER e-posta: melikesezer@dsi.gov.tr

pesticides azinphos methyl, clorsulfuron, fenarimol, triasulfuron, tribenuron methyl, endosulfan, pentachlorobenzene and thiometon values are above the limit. In the annual evaluation using the Canadian water quality index model, the water quality was found to be "good" for all streams. In the seasonal assessment, the water quality class for all streams were determined as "fair" in the spring months, while as "good" in summer and autumn. In winter, the water quality class was found to be as "fair" for Karasu 1 Stream, as "good" for other streams.

Keywords: Canadian Water Quality Index Model; Heavy Metals; Pesticides; Polychlorinated Biphenyls; Polycyclic Aromatic Hydrocarbons

1 GİRİŞ

Türkiye, su kaynaklarının az olduğu yarı kurak bir bölgede yer almaktadır. Ülkemizdeki hızlı nüfus artışı, plansız kentleşme, sanayileşme, karbondioksit salınımının artması gibi nedenlerden dolayı suların kalitesi ve miktarı önemli ölçüde etkilenmektedir. Tüm dünyada bu tip olumsuz etkilerin yaşanmasının ardından mevcut su kaynaklarını korumak ve daha verimli kullanmak adına başta Avrupa Birliği ülkeleri olmak üzere birçok ülke çalışmalar başlatmıştır. Türkiye de Avrupa Birliğine uyum çalışmaları kapsamında Su Çerçeve Direktifinin ülke koşullarına uygulanmasını sağlamak için mevzuatları gözden geçirmekte ve yasal düzenlemeler yapmaktadır. Su Çerçeve Direktifinin bir alt direktifi olan 2008/105/EC sayılı Çevresel Kalite Standardı Direktifi gereği yerüstü su kalitesini belirlemeye yönelik olarak "Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği" (YSKY) 30.11.2012 tarih ve 28483 sayılı resmi gazetede yayınlanmıştır. Yayınlanan bu yönetmelik ile 2004 yılında yayınlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinin 7. Maddesi olan Kıta içi yüzeysel suların sınıflandırılması yönetmeliği iptal edilmiştir. Böylece nehirlerin su kalitesi YSKY'ne göre değerlendirilmeye başlanmıştır. 2012 yılında yayınlanan yönetmelikte üç kez değişiklik yapılmış (Resmi gazete; 15.04.2015, 29327, Resmi gazete; 10.08.2016, 29797 ve Resmi gazete; 16.06.2021, 31513) ve son şeklini almıştır. 2016 yılında yürürlüğe giren yönetmeliğe, yerüstü su kaynakları için belirli kirleticiler ve öncelikli maddeler eklenmiştir. PAH, PCB, Pestisitler ve Ağır metaller belirli kirleticiler ve öncelikli maddeler grubundadır.

PAH organik maddelerin tam yanmaması sonucu oluşan iki veya daha fazla benzen halkalı bileşiklerdir (Baloğlu ve Bayrak 2006). PAH'lar, volkanik patlamalar, orman yangınları gibi doğal kaynaklı veya fosil yakıtların yakılması, atık yakma ve diğer birçok endüstriyel faaliyet gibi antropojenik kaynaklı olarak çevreye karışır (Manoli and Samara 1999). Doğada yüzün üzerinde PAH bileşiği vardır. Bu bileşiklerden kanserojen ve toksik

etkiye sahip 16 tanesi Amerika Birleşik Devletleri Çevre koruma Birimi (US EPA) tarafından öncelikli kirleticiler arasında kabul edilmiştir (Günç Ergönül ve Kaya 2015). Ülkemizde YSKY'de, belirli kirleticiler grubunda asenaften, fenantren, floren, krisen, piren, benzo (a) floren ve benzo (e) piren öncelikli maddeler grubunda antrasen, floranten, naftalin, benzo(a) piren, benzo(b) floranten, benzo(k) floranten, benzo(g,h,i) perilen, indeno(1,2,3-cd) piren olmak üzere toplam 15 PAH bileşiği yer almaktadır. PAH'ların suda çözünürlüklerinin düşük olması sebebiyle tespit edilmeleri oldukça zordur ve doğru analitik yöntemlerin kullanılması gerekir (Kumar et al. 2014).

PAH'lar gibi su ve toprakta kolaylıkla birikebilen, toksik etkisi sebebiyle bu ortamlarda mutajen ve kanserojen yan ürünlere dönüşebilen diğer organik kirleticiler ise PCB'dir (Aydın vd. 2015). Aromatik klorlu bileşik olarak kabul edilen PCB'ler, değişik karbon atomlarına bağlanmış iki benzen halkası ile tek bir zincirden oluşan kararlı organik kimyasallardır. Bazı PCB'ler Stockholm sözleşmesi ile insan sağlığı ve çevre kalitesini ciddi olarak tehdit eden kalıcı organik kirleticiler grubuna dahil edilmişlerdir. YSKY'de ise belirli kirleticiler grubunda PCB 28, PCB 31, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153, PCB 180 olmak üzere 7 adet PCB bulunmaktadır.

Pestisitler, insan kullanımına sunulan gıdalarda istenmeyen hayvan veya bitki gibi zararlı organizmaları engellemek, kontrol altına almak ya da zararlarını azaltmak amacıyla kullanılan kimyasal maddelerdir (Tabrez et al. 2014). Pestisitler genellikle püskürtme yoluyla doğrudan bitkinin üzerine, tohumu ve toprağa uygulanır. Eğer uygulanan pestisit zaman içinde doğada çözünmüyorsa, önemli bir bölümü bitkide ve toprakta kalır. Pestisit kalıntıları içeren bitki ve toprakların yağmur suyu ile teması sonucunda pestisit kalıntıları yeraltı ve

yerüstü sularına karışarak çevre için büyük tehdit oluşturabilir. Ülkemizde 1959'dan bu yana yapılan çalışmalarda yaş ve kuru sebze/meyve örneklerinin büyük bir kısmında pestisit kalıntılarında rastlanırken yerüstü su kaynaklarında çok fazla pestisit kalıntısına rastlanmamıştır (Tiryaki 2016). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve US EPA tarafından pestisitler toksik madde olarak kategorize edilmiştir. Pestisitler, YSKY'de ise hem belirli kirleticiler hem de öncelikli maddeler grubunda bulunmaktadır.

Ağır metaller nispeten yüksek bir yoğunluğa sahip ve toksik olan herhangi bir metalik element olarak tanımlanırlar. Bazı ağır metaller vücudumuz için gerekli iken bazıları ise düşük derişimlerde bile toksik etki gösterebilir (Güler ve Can 2017). Bu nedenle ağır metal kaynaklarının ve derişim değerlerinin bilinmesi canlılara karşı toksisite etkilerini tanımlamak ve bulaşma yollarını tespit etmek için önemlidir. Volkanik patlamalar, atmosferik çökme, metal iyonlarının toprak erozyonu gibi doğa olayların (He et al. 2005) yanı sıra endüstriyel ve evsel atık suların nehirlere boşaltılması yüzey sularının ağır metaller ile kirlenmesinde önemli rol oynar (Akporl et al. 2014). YSKY'de 17 adet (alüminyum, antimon, arsenik, bakır, baryum, berilyum, bor, bromür, çinko, demir, gümüş, kalay, kobalt, krom, silisyum, titanyum ve vanadyum) belirli kirleticiler grubunda, 4 adet (kadmiyum, kurşun, civa ve nikel) öncelikli maddeler grubunda olmak üzere toplam 21 adet ağır metal parametresi bulunmaktadır.

CWQI, Kanada Çevre Bakanlığı tarafından geliştirilmiş bir modeldir (CCME Water Quality Index 1.0 User' Manual). Literatürde CWQI modeli kullanılarak yapılmış çalışmalar bulunmaktadır (Bharti and Katyal 2011). Hindistan Damodar Nehri su kalitesi, bu model kullanılarak belirlenmiştir (Haldar et al. 2016).

Bu çalışmada, Rize'nin Güneysu İlçesinde bulunan Karasu 1 (İstasyon 1), Karasu 2 (İstasyon 2) ve Okta (İstasyon 3) Derelerinin su kalitesi, YSKY'de bulunan belirli kirleticiler ve öncelikli maddeler yönünden yıllık ve mevsimsel olarak Mart 2017-Şubat 2018 tarihleri arasında her ay alınan su numuneler ile belirlenmiştir. Elde edilen çok fazla verinin kolay, hızlı ve anlamlı olarak değerlendirilebilmesi için CWQI modeli kullanılmış ve sonuçların "mükemmel, iyi, orta, zayıf ve kötü" olarak ifade edilebilmesi için çalışılmıştır.

2 METARYEL VE METOT

Rize ili Güneysu İlçesinde bulunan üç dere (Karasu 1, Karasu2 ve Okta) çalışma alanı olarak seçilmiştir. Numune alma noktaları, numune alma bölgesindeki su kalitesini ve bu kalitenin bölge içerisindeki değişimini karakterize edecek şekilde ve sayıda (36 adet numune) belirlenmiştir. Her dereye yerleşim yerlerine yakınlık, çay bahçelerinin durumu, yan kolların birleşmesi ve akışın düzgün olması gibi parametreler gözden geçirilerek toplam kirlilik yükünü verebilecek 1 numune alma noktası belirlenmiştir. İstasyonların koordinatları Çizelge 1'de ve çalışma alanı Şekil 1'de verilmiştir.

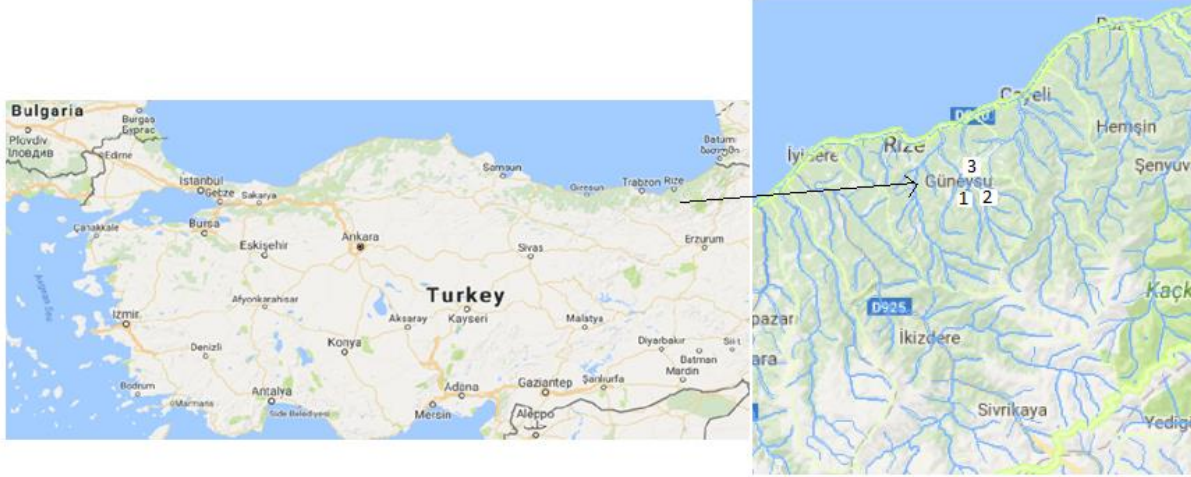
Çizelge 1 - İstasyonlar ve koordinatları

Ölçüm yapılan istasyonlar	Koordinatlar
İstasyon 1 (Karasu 1)	Kuzey: 631617 Batı: 4527073
İstasyon 2 (Karasu 2)	Kuzey: 631840 Batı: 4526878
İstasyon 3 (Okta)	Kuzey: 630059 Batı: 4528241

Numuneler belirlenen üç istasyondan TS ISO 5667-6 standardına göre Mart 2017-Şubat 2018 tarihleri arasında her ay alınmış ve TS EN ISO 5667-3 standardına göre muhafaza edilerek laboratuvara getirilmiştir. Deneyler Türkak tarafından akredite Devlet Su İşleri (DSİ) Kimya laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Su kalitesi değerlendirilirken toplam 184 parametre için deneyler gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler PAH (15 parametre), ağır metaller (18 parametre) organofosforlu pestisitler (115 parametre), organoklorlu pestisitler (29 parametre) ve PCB (7 parametre) olarak sıralanmıştır. Ağır metal analizi için numuneler 50 mL polietilen şişelere alınmış ve nitrik asit ile PH değerleri düşürülmüştür (PH<2). Numuneler EPA 200.8, TS EN ISO 17294-1 ve TS EN ISO 17294-2 standartlarına göre indüktif olarak eşleştirilmiş plazma - kütle spektrometresi (ICP-MS) cihazı ile analiz edilmiştir. PAH analizi için 1 L cam amber şişelerde numuneler alınmıştır. Laboratuvara gelen numuneler EPA 550-1 standardına göre katı sıvı ekstraksiyon tekniğiyle C-18 kartuşu kullanılarak ekstrakte edilmiştir. Son hacmi 0,5 mL olan numuneler viallere alınmış ve yüksek performanslı sıvı

kromatografi (HPLC) cihazı ile analizlenmiştir. Pestisit ve PCB analizi için 1.2 L cam amber şişelerde numuneler alınmıştır. Laboratuvara gelen numune şişesinden 1mL numune vialle alınarak organofosforlu pestisitlerin analizi yapılmak üzere sıvı kromatografi kütle-kütle

spektrometre (LC-MS/MS) cihazına yerleştirilmiştir. EPA Method 1694, ASTM D7600-EPA 536 metotlarının modifikasyonu ile oluşturulan işletme içi metoda göre analizler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1 - Çalışma alanı (Harita Tarım ve Orman Bakanlığı Geodata uygulaması kullanılarak elde edilmiştir.)

Numuneler belirlenen üç istasyondan TS ISO 5667-6 standardına göre Mart 2017-Şubat 2018 tarihleri arasında her ay alınmış ve TS EN ISO 5667-3 standardına göre muhafaza edilerek laboratuvara getirilmiştir. Deneyler Türkak tarafından akredite Devlet Su İşleri (DSİ) Kimya laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Su kalitesi değerlendirilirken toplam 184 parametre için deneyler gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler PAH (15 parametre), ağır metaller (18 parametre) organofosforlu pestisitler (115 parametre), organoklorlu pestisitler (29 parametre) ve PCB (7 parametre) olarak sıralanmıştır. Ağır metal analizi için numuneler 50 mL polietilen şişelere alınmış ve nitrik asit ile PH değerleri düşürülmüştür (PH<2). Numuneler EPA 200.8, TS EN ISO 17294-1 ve TS EN ISO 17294-2 standartlarına göre indüktif olarak eşleştirilmiş plazma - kütle spektrometresi (ICP-MS) cihazı ile analiz edilmiştir. PAH analizi için 1 L cam amber şişelerde numuneler alınmıştır. Laboratuvara gelen numuneler EPA 550-1 standardına göre katı sıvı ekstraksiyon tekniğiyle C-18 kartuşu kullanılarak ekstrakte edilmiştir. Son hacmi 0,5 mL olan numuneler

viallere alınmış ve yüksek performanslı sıvı kromatografi (HPLC) cihazı ile analizlenmiştir. Pestisit ve PCB analizi için 1.2 L cam amber şişelerde numuneler alınmıştır. Laboratuvara gelen numune şişesinden 1mL numune vialle alınarak organofosforlu pestisitlerin analizi yapılmak üzere sıvı kromatografi kütle-kütle spektrometre (LC-MS/MS) cihazına yerleştirilmiştir. EPA Method 1694, ASTM D7600-EPA 536 metotlarının modifikasyonu ile oluşturulan işletme içi metoda göre analizler gerçekleştirilmiştir.

1 L numune ise EPA 3550-C standardına göre ekstrakte edilerek hacim 1mL'ye düşürülmüştür. Ekstrakt gaz kromatografi kütle-kütle spektrometre (GC-MS/MS) işletme içi metoda göre analizlenerek organoklorlu pestisitler ve PCB'ler belirlenmiştir.

Belirtilen deney standartları ile yapılan çalışmaların ardından her parametre için dedeksiyon limitleri belirlenmiştir. Dedeksiyon limitleri YSKY'de belirtilen sınır değerler Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Dedeksiyon limitleri ve sınır değerleri

Parametre No	Parametre İsmi	Dedeksiyon Limiti, ppb	Sınır Değer, ppb	Parametre No	Parametre ismi	Dedeksiyon Limiti, ppb	Sınır Değer, ppb
1	Naftalin	5.10 ⁻⁴	2	93	Malation	0.025	42
2	Asenaften	5.10 ⁻⁴	6	94	Mandipropamid	0.05	46
3	Floren	5.10 ⁻⁴	0.05	95	Mepikuat Klorid	0.01	20
4	Fenantren	5.10 ⁻⁴	1.4	96	Mesotrion	0.05	44
5	Antrasen	5.10 ⁻⁴	0.1	97	Metalaksil	0.01	17
6	Floranten	5.10 ⁻⁴	0.0063	98	Metazaklor	0.01	42
7	Piren	5.10 ⁻⁴	0.1	99	Metamidofos	0.025	0.2
8	Benzo(a) Floren	5.10 ⁻⁴	0.1	100	Metamitron	0.01	2
9	Krisen	5.10 ⁻⁴	1.9	101	Metidation	0.025	42
10	Benzo(e) Piren	5.10 ⁻⁴	0.6	102	Metomil	0.025	42
11	Benzo (b) Floranten	5.10 ⁻⁴	0	103	Metoksifenozyd	0.05	11
12	Benzo (k) Floranten	5.10 ⁻⁴	0	104	Metolaklor	0.025	3.3
13	Benzo (a) Piren	2.10 ⁻⁴	1.7.10 ⁻⁴	105	Molinate	0.05	136
14	Benzo (g,h,i) Perilen	5.10 ⁻⁴	0	106	Monokrotofos	0.01	0.4
15	İndeno Piren	5.10 ⁻⁴	0	107	Miklobutanil	0.05	9.6
16	Kurşun	0.6	1.2	108	Nikosulfuron	0.025	0.05
17	Çinko	1	5.9	109	Omethoat	0.01	16
18	Krom	0.2	1.6	110	Oksadiazon	0.01	0.3
19	Mangan	1	100	111	Oksadiksil	0.025	306
20	Demir	1	36	112	Penkonazol	0.05	1.2
21	Bakır	03	1.6	113	Pendimetalin	0.05	0.5
22	Nikel	0.6	4	114	Fentoat	0.01	0.05
23	Alüminyum	1	2.2	115	Piperonil Butoksid	0.01	3.3
24	Civa	0.5	0	116	Pirimicarb	0.025	3.3
25	Arsenik	0.1	53	117	Prokloraz	0.025	11
26	Antimon	0.2	7.8	118	Prometrin	0.05	0.3
27	Bor	1	707	119	Propamocarb Hidroklorid	0.01	2240
28	Berilyum	0.1	2.5	120	Propazin	0.025	0.3
29	Titanyum	1	26	121	Propetamfos	0.025	0.05
30	Vanadyum	1	1.6	122	Profam	0.025	1
31	Gümüş	1	1.5	123	Propizamid	0.025	0.7
32	Baryum	1	680	124	Prothioconazol	0.05	23
33	Kalay	1	13	125	Protiofos	0.05	0.1
34	Asetamiprid	0.01	42	126	Piraclostrobin	0.01	0.08
35	Acetoklor	0.1	0.3	127	Piridaben	0.01	0.25
36	Aklonifen	0.025	0.12	128	Kuinalfos	0.025	0.2
37	Alaklor	0.2	0.3	129	Kuinoksyfen	0.025	0.15
38	Atrazine	0.01	0.6	130	Kuizalofop-P- Etil	0.025	1
39	Azinfos Metil	0.05	0.05	131	Simazin	0.025	1
40	Azoksistrobin	0.01	0.2	132	Spiroksamin	0.05	42
41	Bentazon	0.05	4.5	133	Tebukonazol	0.025	23
42	Boscalid	0.05	19	134	Tebutiuron	0.01	0.18
43	Bromoksinl	0.05	36	135	Terbutilazin	0.025	0.2

44	Buprofezin	0.025	3.5	136	Terbutirin	0.025	0.065
45	Butralin	0.01	0.1	137	Tiabendazol	0.01	0.5
46	Karbaryl	0.005	9	138	Tiakloprid	0.01	0.13
47	Karbendaizm	0.01	2.7	139	Tiametoksam	0.025	20
48	Karbofuran	0.01	2.3	140	Tidiazuron	0.05	10
49	Karboksin	0.01	11	141	Tiofonat Metil	0.05	42
50	Klorantroniliprol	0.01	0.09	142	Tolclofos-Metil	0.05	1.2
51	Klorfenvinfos	0.01	0.1	143	Tolfenpirad	0.05	0.2
52	Kloridazon	0.01	6	144	Triasulfuron	0.05	0.012
53	Klorsulfuron	0.025	0.02	145	Tribenuron-Metil	0.025	0.04
54	Klofentezine	0.01	0.12	146	Trifloksistrobin	0.01	42
55	Klopiralid	0.01	200	147	Triflumuron	0.05	0.23
56	Klothianidin	0.025	1.2	148	Trineksapac-Etil	0.2	13
57	Sclanid	0.05	2.5	149	Aldrin	0.001	0.01
58	Sprodinil	0.025	4.3	150	Bromopropilat	0.005	0.12
59	Sromazine	0.025	0.2	151	Kaptan	0.01	1.6
60	Diazinon	0.005	0.9	152	Klordan	0.005	42
61	Diklofenak	0.05	100	153	Klorobenzilat	0.01	6
62	Diethofencarb	0.01	0.7	154	Klorotalonil	0.005	0.3
63	Diuron	0.01	0.2	155	DDD-4,4	0.01	0.025
64	Difenoconazol	0.05	0.2	156	DDE -4-4'	0.005	1.5
65	Diflubenzuron	0.01	0.13	157	DDT-4,4'	0.005	0.01
66	Diflufenican	0.005	0.01	158	Demeton	0.01	20
67	Dimethoat	0.01	0.4	159	Dieldrin	0.005	0.02
68	Dimetomorf	0.01	15	160	Dinobuton	0.01	0.05
69	Difenamid	0.01	3.5	161	Difenilamin	0.01	37
70	Ethofumesat	0.01	0.8	162	Endosulfan	0.005	0.005
71	Ethoprofos	0.01	48	163	Endrin	0.005	0.01
72	Ethoksazol	0.01	0.21	164	Fenitrotion	0.005	3.5
73	Fenarimol	0.05	0.07	165	Hegzaklorosiklohegzan	0.005	0.02
74	Fenheksamid	0.025	28	166	Isodrin	0.001	0.01
75	Fenpropimorf	0.05	0.1	167	Metrafenon	0.01	12
76	Fetion	0.025	0.05	168	Nitrofen	0.01	0.2
77	Fluazifop-P-Butil	0.01	4.8	169	Paration Metil	0.005	1.4
78	Fludioksonil	0.05	1.2	170	Pentaklorobenzen	0.005	0.007
79	Fluopiram	0.01	50	171	Permetrin	0.01	0.12
80	Flukuinconazol	0.05	3.1	172	Prosimidon	0.01	12
81	Fluroksypir	0.2	5600	173	Pirimethanil	0.01	12
82	Flutolanil	0.01	55	174	Teknazen	0.005	1
83	Flutriafol	0.025	25	175	Tiometon	0.01	0.01
84	Fostiazat	0.01	42	176	Trifluralin	0.005	0.03
85	Heksaconazol	0.05	11	177	Vinklozolin	0.005	1.1
86	Heksitiazoks	0.01	0.4	178	PCB 28	0.001	0.01
87	İmazalil	0.025	50	179	PCB 31	0.001	0.01
88	İmazethapir	0.025	1900	180	PCB 52	0.001	0.01
89	İmidakloprid	0.01	0.14	181	PCB 101	0.001	0.25
90	İsopuroturan	0.025	0.3	182	PCB138	0.001	0.01
91	Lenakil	0.01	1	183	PCB153	0.001	0.01
92	Linuron	0.01	3	184	PCB180	0.001	0.01

Bu kadar çok parametrenin kullanıldığı çalışmalarda elde edilen verilerin tek tek değerlendirilmesi oldukça zor ve zaman alıcıdır. Bu zorluğu gidermek için bu çalışmada kolay uygulanabilen ve anlaşılabilen CWQI modeli kullanılmıştır (CCME Water Quality Index 1.0 User' Manual).

Bu model ile başarısız parametre sıklığı, başarısız deney sıklığı ve standartlarda verilen hedef değerlerden sapmalara göre değerlendirme yapılır (Eş. 1). Bunun için üç faktör tanımlanmıştır. 1. faktör kapsam (F₁), 2. faktör frekans (F₂) ve 3. faktör genişlik (F₃)'tir.

$$CWQI = 100 - \left[\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732} \right] \quad (1)$$

F₁ standartta verilen sınır değerleri aşan parametrelerin toplam parametreye göre yüzdesidir (Eş. 2).

$$F_1 = \frac{\text{Başarısız parametre sayısı}}{\text{Toplam parametre sayısı}} * 100 \quad (2)$$

F₂ başarısız deneylerinin yüzde olarak ifadesidir (Eş. 3).

$$F_2 = \frac{\text{Başarısız deney sayısı}}{\text{Toplam deney sayısı}} * 100 \quad (3)$$

F₃ yapılan tüm deneylerden sınır değerini üzerinde çıkan deneyleri ifade eder (Eş. 4). Normalleştirilmiş sapmalar toplamının (nse) bulunmasının ardından hesaplanır.

$$F_3 = \frac{nse}{0,01nse+0,01} \quad (4)$$

nse ise, sapmalar toplamının toplam deney sayısına oranıdır (Eş. 5).

$$nse = \frac{\sum_{i=1}^n \text{sapma}_i}{\text{Toplam deney sayısı}} \quad (5)$$

Sapma üç farklı yolla hesaplanır.

1. Değişken değerini hedef değerden fazla olamayacağı durumda (Eş. 6);

$$\text{sapma}_i = \left(\frac{\text{Başarısız deney değeri}_i}{\text{Hedef değeri}} \right) - 1 \quad (6)$$

2. Değişken değerini hedef değerden az olamayacağı durumda (Eş. 7);

$$\text{sapma}_i = \left(\frac{\text{Hedef değeri}}{\text{Başarısız deney değeri}_i} \right) - 1 \quad (7)$$

3. Hedef değerini sıfır olduğu durumda (Eş. 8);

$$\text{sapma}_i = \text{Başarısız deney değeri}_i \quad (8)$$

Bu modelin kullanılabilmesi için dört parametre için çalışılmış dört deney yeterlidir.

Çizelge 3 - CWQI modeli ile sınıflandırma (CCME Water Quality Index 1.0 User' Manual)

CWQI	Kalite Sınıfı	Açıklama
95-100	Mükemmel	Su kalitesi doğal ve bozulmamış seviyededir.
80-94	İyi	Su kalitesi nadiren doğal veya istenilen seviyeden ayrılır.
65-79	Orta	Su kalitesi ara sıra doğal veya istenilen seviyeden ayrılır.
45-64	Zayıf	Su kalitesi sık sık doğal veya istenilen seviyeden ayrılır.
0-44	Kötü	Su kalitesi genellikle doğal veya istenilen seviyeden ayrılır.

3 BULGULAR VE TARTIŞMA

Rize'nin Güneysu İlçesinde bulunan Karasu 1, Karasu 2 ve Okta Dereleri önemli yerüstü su kaynaklarıdır. Yıl boyunca yapılan analizler sonucu elde edilen verilerin her bir parametre için ortalaması ve yerüstü su kaynakları için sınır değerler (belirli kirleticiler çevresel kalite standartları ve öncelikli maddeler çevresel kalite standartları) Çizelge 4'de verilmiştir.

Yapılan deneyler ile sınır değerleri geçen parametreler belirlenmiştir. Bu parametreler PAH grubu için genellikle benzo (b) floranten, benzo (k) floranten, benzo (a) piren, benzo (g,h,i) perilen ve indeno pirendir. Ağır metal grubu için bazı aylarda kurşun, çinko, demir, bakır, alüminyum, civa ve vanadyum sınır değerini üzerinde çıkmıştır. Organofosforlu pestisitlerden azinfos metil, klorsulfuron, fenarimol, triasulfuron ve tribenuron metil ile organoklorlu pestisitlerden endosulfan, pentaklorobenzen ve tiometon değerleri bazı

dönemlerde sınır değerlerin üzerinde bulunmuştur.

Çizelge 4 - Deney verileri ortalaması ve sınır değerleri

Parametre Sıra No	Karasu 1 Ortalama, ppb	Karasu 2 Ortalama, ppb	Okta Ortalama, ppb	Sınır değer, ppb	Parametre Sıra No	Karasu 1 Ortalama, ppb	Karasu 2 Ortalama, ppb	Okta Ortalama, ppb	Sınır değer, ppb
1	0.016	0.018	0.019	2	93	0.044	0.043	0.043	42
2	0.001	0.001	0.001	6	94	0.050	0.050	0.050	46
3	0.001	0.001	0.001	0.05	95	0.041	0.038	0.038	20
4	0.002	0.002	0.002	1.4	96	0.050	0.050	0.050	44
5	0.001	0.001	0.001	0.1	97	0.041	0.038	0.038	17
6	0.001	0.001	0.001	0.0063	98	0.041	0.038	0.038	42
7	0.001	0.001	0.001	0.1	99	0.044	0.043	0.043	0.2
8	0.001	0.001	0.001	0.1	100	0.041	0.038	0.038	2
9	0.001	0.001	0.001	1.9	101	0.044	0.043	0.043	42
10	0.001	0.001	0.001	0.6	102	0.044	0.043	0.043	42
11	0.001	0.001	0.001	0	103	0.061	0.065	0.065	11
12	0.001	0.001	0.001	0	104	0.044	0.043	0.043	3.3
13	0.000	0.000	0.000	1.7.10 ⁻⁴	105	0.061	0.065	0.065	136
14	0.001	0.001	0.001	0	106	0.041	0.038	0.038	0.4
15	0.001	0.001	0.001	0	107	0.050	0.050	0.050	9.6
16	1.230	1.408	1.228	1.2	108	0.044	0.043	0.043	0.05
17	46.45	73.01	23.72	5.9	109	0.041	0.038	0.038	16
18	0.87	0.940	0.911	1.6	110	0.041	0.038	0.038	0.3
19	15.39	7.670	14.50	100	111	0.044	0.043	0.043	306
20	102.2	59.41	244.4	36	112	0.050	0.050	0.050	1.2
21	7.36	6.664	7.508	1.6	113	0.061	0.065	0.065	0.5
22	1.35	1.168	1.226	4	114	0.041	0.038	0.038	0.05
23	144.4	82.48	110.0	2.2	115	0.041	0.038	0.038	3.3
24	0.50	0.500	0.500	0	116	0.044	0.043	0.043	3.3
25	0.89	0.888	1.055	53	117	0.044	0.043	0.043	11
26	0.91	0.911	0.911	7.8	118	0.050	0.050	0.050	0.3
27	94.63	109.5	89.79	707	119	0.041	0.038	0.038	2240
28	0.90	0.900	0.900	2.5	120	0.044	0.043	0.043	0.3
29	1.66	1.626	3.590	26	121	0.044	0.043	0.043	0.05
30	1.64	2.018	2.350	1.6	122	0.044	0.043	0.043	1
31	1.00	1.000	1.000	1.5	123	0.044	0.043	0.043	0.7
32	20.54	21.01	21.91	680	124	0.083	0.095	0.095	23
33	2.92	3.930	4.048	13	125	0.050	0.050	0.050	0.1
34	0.041	0.038	0.038	42	126	0.041	0.038	0.038	0.08
35	0.178	0.170	0.170	0.3	127	0.041	0.038	0.038	0.25
36	0.025	0.025	0.025	0.12	128	0.044	0.043	0.043	0.2
37	0.200	0.200	0.200	0.3	129	0.044	0.043	0.043	0.15
38	0.041	0.038	0.038	0.6	130	0.044	0.043	0.043	1
39	0.061	0.065	0.065	0.05	131	0.044	0.043	0.043	1
40	0.041	0.038	0.038	0.2	132	0.128	0.155	0.155	42
41	0.061	0.065	0.065	4.5	133	0.044	0.043	0.043	23
42	0.050	0.050	0.050	19	134	0.041	0.038	0.038	0.18
43	0.083	0.095	0.095	36	135	0.044	0.043	0.043	0.2

44	0.044	0.043	0.043	3.5	136	0.044	0.043	0.043	0.065
45	0.041	0.038	0.038	0.1	137	0.041	0.038	0.038	0.5
46	0.040	0.037	0.037	9	138	0.041	0.038	0.038	0.13
47	0.041	0.038	0.038	2.7	139	0.044	0.043	0.043	20
48	0.010	0.010	0.010	2.3	140	0.083	0.095	0.095	10
49	0.041	0.038	0.038	11	141	0.061	0.065	0.065	42
50	0.041	0.038	0.038	0.09	142	0.061	0.065	0.065	1.2
51	0.041	0.038	0.038	0.1	143	0.061	0.065	0.065	0.2
52	0.041	0.038	0.038	6	144	0.050	0.050	0.050	0.012
53	0.044	0.043	0.043	0.02	145	0.044	0.043	0.043	0.04
54	0.041	0.038	0.038	0.12	146	0.041	0.038	0.038	42
55	0.041	0.038	0.038	200	147	0.050	0.050	0.050	0.23
56	0.044	0.043	0.043	1.2	148	0.200	0.200	0.200	13
57	0.083	0.095	0.095	2.5	149	0.006	0.006	0.006	0.01
58	0.044	0.043	0.043	4.3	150	0.007	0.007	0.008	0.12
59	0.044	0.043	0.043	0.2	151	0.019	0.019	0.018	1.6
60	0.040	0.037	0.037	0.9	152	0.007	0.007	0.008	42
61	0.128	0.155	0.155	100	153	0.019	0.019	0.018	6
62	0.041	0.038	0.038	0.7	154	0.009	0.009	0.008	0.3
63	0.041	0.038	0.038	0.2	155	0.010	0.010	0.010	0.025
64	0.050	0.050	0.050	0.2	156	0.007	0.007	0.008	1.5
65	0.080	0.073	0.073	0.13	157	0.007	0.007	0.008	0.01
66	0.005	0.005	0.005	0.01	158	0.061	0.061	0.055	20
67	0.041	0.038	0.038	0.4	159	0.007	0.007	0.008	0.02
68	0.041	0.038	0.038	15	160	0.014	0.016	0.013	0.05
69	0.041	0.038	0.038	3.5	161	0.010	0.010	0.010	37
70	0.041	0.038	0.038	0.8	162	0.007	0.007	0.008	0.005
71	0.041	0.038	0.038	48	163	0.007	0.007	0.008	0.01
72	0.041	0.038	0.038	0.21	164	0.013	0.016	0.011	3.5
73	0.083	0.095	0.095	0.07	165	0.007	0.007	0.008	0.02
74	0.044	0.043	0.043	28	166	0.005	0.005	0.006	0.01
75	0.050	0.050	0.050	0.1	167	0.033	0.033	0.030	12
76	0.044	0.043	0.043	0.05	168	0.019	0.019	0.018	0.2
77	0.041	0.038	0.038	4.8	169	0.007	0.007	0.008	1.4
78	0.061	0.065	0.065	1.2	170	0.007	0.007	0.008	0.007
79	0.041	0.038	0.038	50	171	0.033	0.019	0.018	0.12
80	0.050	0.050	0.050	3.1	172	0.010	0.010	0.010	12
81	0.244	0.260	0.260	5600	173	0.026	0.029	0.022	12
82	0.041	0.038	0.038	55	174	0.007	0.007	0.008	1
83	0.044	0.043	0.043	25	175	0.019	0.019	0.018	0.01
84	0.041	0.038	0.038	42	176	0.007	0.007	0.008	0.03
85	0.050	0.050	0.050	11	177	0.007	0.007	0.008	1.1
86	0.041	0.038	0.038	0.4	178	0.007	0.009	0.007	0.01
87	0.044	0.043	0.043	50	179	0.006	0.007	0.006	0.01
88	0.044	0.043	0.043	1900	180	0.006	0.007	0.006	0.01
89	0.041	0.038	0.038	0.14	181	0.006	0.007	0.006	0.25
90	0.044	0.043	0.043	0.3	182	0.006	0.007	0.006	0.01
91	0.041	0.038	0.038	1	183	0.006	0.007	0.006	0.01
92	0.041	0.038	0.038	3	184	0.006	0.007	0.006	0.01

Çizelge 5 - Yıllık su kalitesi için hesaplanan indeks değerler

İstasyon	F1	F2	F3	CWQI	Su kalitesi sınıfı
1	10.9	8.2	32.0	80	İyi
2	10.9	7.8	24.2	84	İyi
3	10.9	7.2	27.0	83	İyi

Her istasyon için önce tüm veriler kullanılarak CWQI modeli ile yıllık su kalitesi ortaya konulmuştur. Hesaplanan F faktörleri CWQI değeri ve su kalite sınıfı Çizelge 5'de verilmiştir. Karasu 1, Karasu 2 ve Okta için su kalitesi "iyi" olarak hesaplanmıştır.

Endüstriyel atıklar, tarım ilaçları, çöpler, sanayi baca gazları, kışın yanan sobalardan ve araba egzozlarından çıkan gazlar PAH, pestisit, PCB ve ağır metal kirliliklerin kaynağıdır ve insan sağlığı için toksik ve kanserojen etkiye sahiptir (Alver vd. 2012). Bölgede sanayi bulunmaması nedeniyle endüstriyel atık yoktur. Rize İlinin genelinde olduğu gibi bu bölgede de çay üretimi yapılmaktadır. Dünya'da çay üretimi yapılan bölgelerin ılıman olması nedeniyle 12 ay çay tarımı yapılmaktadır. Ancak çay üreten ülkeler arasında kışın çay bitkisinin üzerine kar düşen tek ülke bizim ülkemizdir ve kışın çay tarımı yapılması uygun değildir. Bu durum üretim rakamlarını düşürse de, çay bitkisinde bulunan zararlı böceklerin doğal yollardan ölmesine neden olur ve kimyasal ilaç kullanılmasına gerek kalmamaktadır. Bununla birlikte Çaykur'un organik tarım için verdiği desteklerden sonra organik çay üretimi de oldukça artmıştır (Öztürk ve Karabulut 2017). Bu nedenlerden dolayı her üç dere de pestisit kalıntılarına çok az rastlanmıştır. PCB'ler odun ve kömür kullanılarak yapılan konut ısıtmaları ile daha önce kullanılan teknik PCB'den buharlaşan emisyonlar nedeniyle doğaya yayılmaktadır. Ancak PAH'lar kadar etkin kirlilik kaynağı değildir (Dumanoğlu vd. 2017). Yapılan çalışma ile sınır değeri geçen PCB'lere rastlanmamıştır. Sonuç olarak pestisit ve PCB kalıntılarının incelenen derelerin su kalitesine etkisinin olmadığı söylenebilir.

PAH'lar organik bileşiklerin eksik yanması sonucu ortaya çıkan toksik ve kanserojen etkiye sahip organik yapıda bileşiklerdir (Moret and Conte 2000). Sanayi baca gazları, yangınlar ve araba egzozlarından çıkan gazlar gibi nedenlerden dolayı atmosfere karışan PAH'lar kuru ve yağ çökme yoluyla toprağa ve suya karışırlar (Eker 2017). PAH'ların çevrede uzun süre kalmaları ve birikmeleri çevre kirlenmesine ve biyolojik dengenin bozulmasına neden olur (Sprovieri et al. 2007). Gözlemlendiğimiz derelerde genellikle benzo (b) floranten, benzo

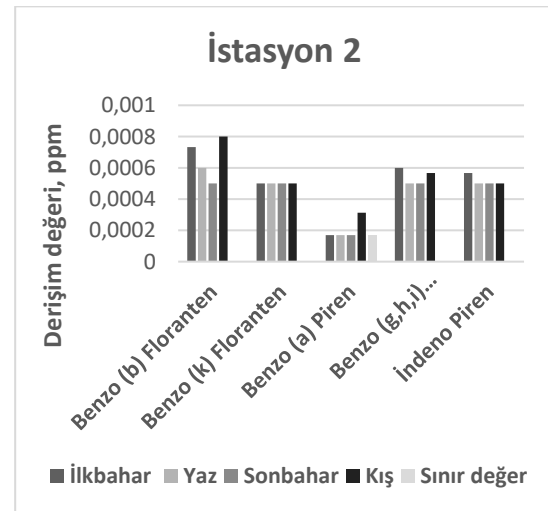
(k) floranten, benzo (a) piren, benzo (g,h,i) perilen ve indeno piren parametreleri sınır değerlerin üzerinde çıkmıştır. Ülkemizde yerüstü su kalitesini belirlemek için 2012 yılında yayınlanan ve 2016 da son şeklini alan YSKY kullanılmaktadır. Ancak literatürde iptal edilen Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinin 7. Maddesi olan Kıta içi yüzeysel suların sınıflandırılması yönetmeliği kullanılarak yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalar, kimyasal ve fizikokimyasal parametreler üzerinden yapılmıştır ve PAH, PCB, ağır metal ve pestisit gruplarını içermemektedir. Nehirlerde toplam PAH konsantrasyonlarının belirlendiği çalışmalar ise sınırlı sayıdadır (Eker ve Taşdemir 2016). Bu çalışmalar ile çalışmamızı karşılaştırabilmek için toplam PAH konsantrasyonları ortalama değerler üzerinden hesaplanmıştır. 1. istasyonda ΣPAH değeri 30 ng/L, 2. istasyonda 32 ng/L ve 3. istasyonda 33 ng/L olarak bulunmuştur. ΣPAH değeri Doong ve Lin'in (2004) Tayvan Gao-Ping Nehrinde yaptığı çalışmada 430 ng/L, Nagy ve arkadaşlarının (2014) Maceristan Danube Nehrinde yaptığı çalışmada 161 ng/L, olarak verilmiştir. Çin'de yapılan çalışma sonuçları ise oldukça yüksektir. Daliao Nehrinde 6471 ng/L (Guo et al. 2007), Yellow Nehrinde 1326 ng/L (Zhao et al. 2015), Liaohe Nehrinde 1521 ng/L (Bai et al. 2014) ve Jialing Nehrinde 1198 ng/L (Xu et al. 2012) olarak bulunmuştur. İzmit Körfezinde yapılan çalışmada ise 1097 ng/L olarak tespit edilmiştir (Karakoç vd. 2002). Çalışmalar incelendiğinde endüstriyel atıksu deşarjlarının olduğu bölgelerde PAH konsantrasyonlarının oldukça yüksek olduğu gözlenmiştir. Aynı zamanda trafik yoğunluğunun çok olduğu bölgeler (Wang et al. 2014) ile atık yakma tesislerinin ve yerleşim yerlerinin yoğunlukta olduğu bölgelerde (Çetindamar vd. 2014) PAH değerlerinin arttığını gösteren çalışmalar literatürde bulunmaktadır. Tüm bu veriler ışığında, makale kapsamında çalışılan istasyonlarda belirlenen PAH kirlilik kaynağının bölgede endüstriyel bir kirliliğin olmamasından dolayı ısınma ve yerleşim kaynaklı olduğu söylenebilir. Üç dere için ağır metal verileri değerlendirildiğinde; demir, bakır, alüminyum

ve çinko derişim değerleri sınır değerlerin üzerindedir. Kurşun, cıva ve vanadyum ise sınır değerlere yakındır. Tüm bu ağır metal parametreleri suyun kalitesini etkilemektedir. Demir, bakır ve alüminyum doğada en çok bulunan elementlerdir (Kalender ve Aytimur 2017). Çinko, hemen hemen tüm yiyecek ve içme sularında tuz ve organik bileşik formunda bulunabilen gerekli bir iz elementtir. Çinko, tat alma, bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi, davranış ve öğrenme performansının artışı, çocukların büyüme ve gelişimi gibi birçok olayda görev alması nedeniyle insanlar için gerekli bir elementtir (Seven vd. 2018). İçme suyunda 20 mg/L'ye kadar olan çinko seviyelerindeki tüketimde herhangi bir hastalık etkisi tespit edilemezken, 40 mg/L'den yüksek konsantrasyonlarda bulantı ve kusma görülebilmektedir (Nemerov 2009). Demir, bakır, alüminyum ve çinko içme suyu arıtma tesislerinde kolaylıkla giderilebilir (Oğuz 2015). Cıva sinirleri tahrip eden bir zehirdir. Ağız ve diş etlerinde yaralara ve böbreklerde tahribata neden olur. Vücuttan atılması oldukça zordur. Vanadyum bileşiklerinin toksisitesi düşüktür. Canlılar genel olarak elektrik ve ısı üretimi sırasında kullanılan petrol, kömür ve ağır yağların yakılmasıyla oluşan baca gazlarında bulunan vanadyuma maruz kalır (Çelik 2014). Kurşun atmosfere metal veya bileşik olarak yayıldığından ve her durumda toksik özellik taşıdığından çevresel kirlilik yaratan en önemli ağır metaldir. Kurşun doğada doğal olarak oluşabilir fakat çevrede rastlanılan kurşunun daha çok insan kaynaklı olduğu saptanmıştır. Kurşunun 1920'lerde benzinde kullanılmaya başlanması ile doğal olmayan bir kurşun zinciri yaratılmıştır (Baldwin and Marshall 1999). Tüm bu etkilerin yanı sıra yüzey sularında oluşan ağır metal kirlenmelerinin en etkin sebebi endüstriyel ve evsel atık sulardır (Ustun 2011). Çalışılan bölgede elde edilen veriler ile su kalitesine pestisit ve PCB kalıntılarının etkisinin olmadığı, sobalar ve araç egzozlarından çıkan gazlar ve evsel atık sular nedeniyle PAH ve özellikle ağır metal kirliliklerinin oluştuğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca CWQI modeli ile yerleşim yerlerinin daha yoğunlukta olduğu 1. İstasyon için CWQI değerinin, diğer derelerden

düşük olarak hesaplanması sonucu desteklemektedir.

Yıllık su kalitesinin belirlenmesinin ardından yağış miktarının su kalitesi üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla veriler mevsimlere göre ayrılmış ve CWQI ile değerlendirilerek mevsimsel su kalitesi ortaya konulmuştur. Değerlendirme sonucu elde edilen indeks değerler ve su kalite sınıfı Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6 incelendiğinde su kalitesinin mevsimlere göre değişkenlik gösterdiği görülmüştür. Rize Türkiye'nin en çok yağış alan ilidir. Bölge sonbaharda çok fazla yağış alırken en az ilkbaharda yağış almaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre mevsimlik yağış miktarı ortalaması Çizelge 7'de verilmiştir. Her üç dere için PAH verileri mevsimlerine göre incelendiğinde benzo (b) floranten, benzo (k) floranten, benzo (a) piren, benzo (g,h,i) perilen ve indeno piren parametrelerinde çok fazla olmasa da sınır değerlerden sapmalar gözlenmiştir. Karasu 2 için mevsimlere göre derişim değerleri Şekil 2'de verilmiştir. Yağış miktarının az olduğu ilkbahar döneminde ve sobaların yoğun yandığı kış döneminde PAH parametrelerinde artışlar görülmektedir. Sonbaharda yağış miktarlarının artmasıyla benzo (b) floranten, benzo (a) piren, benzo (g,h,i) perilen ve indeno piren derişim değerleri ilkbahar ve kış aylarına göre azalmıştır. Benzo (k) floranten derişim değerleri sınır değerin üzerindedir ancak mevsimsel değişim gözlenmemiştir. Diğer derelerde de benzer durumlar söz konusudur.



Şekil 2 - İstasyon 2 için PAH parametrelerinin mevsimlere göre değişimi

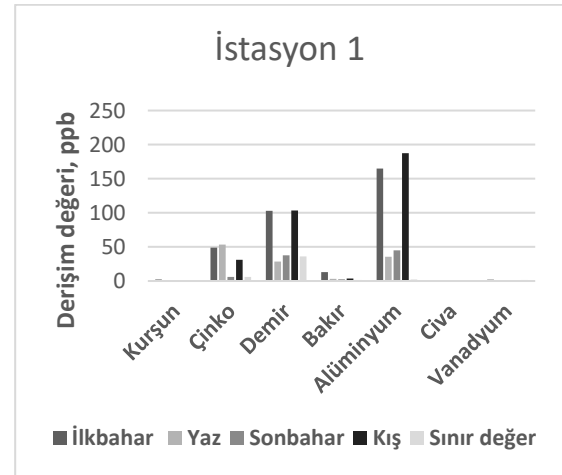
Çizelge 6 - Mevsimlik su kalitesi için hesaplanan index değerler

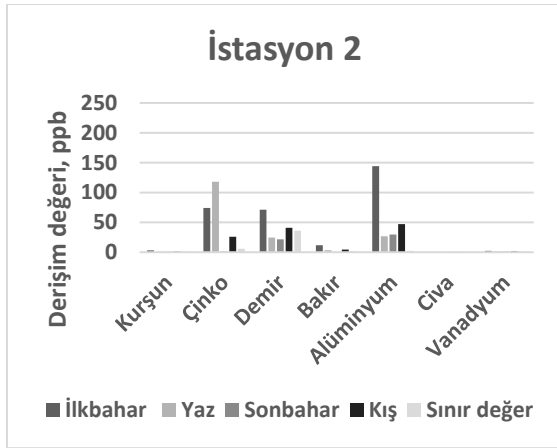
İstasyon		F1	F2	F3	CWQI	Su kalitesi sınıfı
1	İlkbahar	8.7	12.8	50.5	70	Orta
	Yaz	7.6	6.7	18.0	88	İyi
	Sonbahar	7.6	6.6	14.5	90	İyi
	Kış	9.8	8.8	42.5	74	Orta
2	İlkbahar	8.2	10.1	41.2	75	Orta
	Yaz	7.6	6.7	21.3	86	İyi
	Sonbahar	6.5	6.3	9.9	92	İyi
	Kış	10.3	8.6	19.7	86	İyi
3	İlkbahar	8.7	10.5	43.2	74	Orta
	Yaz	7.6	6.6	18.0	88	İyi
	Sonbahar	7.6	6.9	19.4	87	İyi
	Kış	10.3	5.3	25.4	84	İyi

Çizelge 7 - Türkiye ve Rize için mevsimlik yağış miktarı ortalaması (Meteoroloji Genel Müdürlüğü)

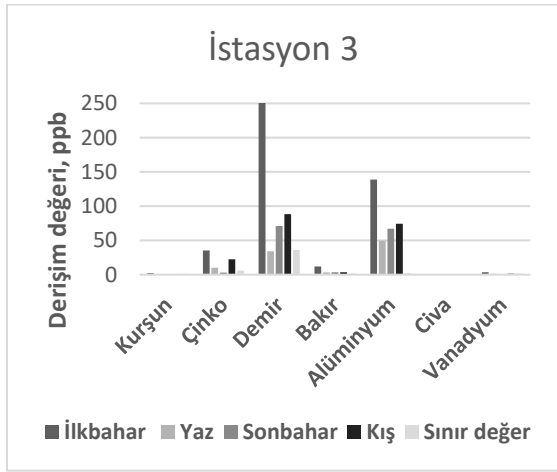
Mevsimlik toplam yağış miktarı, mm	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Rize (1928-2021)	341	504	818	645
Türkiye (1970-2021)	169	66	150	235

Ağır metal verileri her üç dere için mevsimlerine göre incelenmiş ve sonuçlar Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5'de verilmiştir. Çinko, demir ve alüminyum değerlerinin sınır değerlerin oldukça üzerinde olduğu kurşun, bakır, civa ve vanadyum değerlerinin ise sınır değerden çok az saptığı görülmüştür. Çinko, demir ve alüminyum doğada çok fazla bulunan ağır metallere dendir ve arıtma tesislerinde rahatlıkla giderilebilmektedirler. Kurşun, bakır, civa ve vanadyum değerleri ise endişe verecek düzeyde değildir. Bu dereler içme suyu olarak kullanılmaya başlanırsa kolaylıkla arıtılabilirler. Parametreler mevsimsel değerlendirildiğinde ilkbahar ve kış aylarının diğer aylara göre daha yüksek seyrettiği söylenebilir.

**Şekil 3 - İstasyon 1 için ağır metal parametrelerinin mevsimlere göre değişimi**



Şekil 4 - İstasyon 2 için ağır metal parametrelerinin mevsimlere göre değışimi



Şekil 5 - İstasyon 3 için ağır metal parametrelerinin mevsimlere göre değışimi

Hava kirliliği yurdumuzda daha çok Ekim-Kasım aylarında başlayıp, Mart-Nisan ayları sonuna kadar ortalama sıcaklığın 18°C nin altında olduğu dönemlerde olmaktadır. Kalitesiz fosil yakıtların kullanımı ile hava kirliliği daha da artmaktadır. Yağmurlarla birlikte bu kirlilikler toprağa ve suya taşınmaktadır (Bozlaker vd. 2008). Yağış miktarları fazla olursa kirlilik değerleri önemsiz hale gelmektedir. Bölgede ısınma için fosil yakıt kullanılmaktadır. İlkbahar aylarında da yakıt kullanımı devam etmektedir ancak bu mevsimde bölgede yağış miktarı sonbahar ve kış mevsimlerine göre oldukça azdır. Bu nedenle tüm dereler için su kalitesi sınıfı ilkbahar aylarında "orta" olarak bulunmuştur. Yaz aylarında yağış miktarı ilkbahardan fazladır. Bu dönemde kirlilik kaynaklarının azalmasıyla birlikte kalite sınıfı tüm dereler için "iyi" olarak hesaplanmıştır. Kış

aylarında hava kirliliği en üst düzeye çıkar. Sanayinin ve yerleşimin bulunduğu bölgelerde ise oldukça fazla hava kirliliği görülür. Bölgede sanayi bulunmamaktadır ancak Karasu 1 civarında yerleşim diğer derelerden fazladır. Karasu 1 için kış aylarında su kalitesi sınıfı "orta" diğer dereler için "iyi" olarak bulunmuştur. Sonbahar ayları ise en fazla yağışların görüldüğu dönemdir. Bölge, Türkiye ortalamasının yaklaşık beş katı kadar yağış almaktadır. Sonbaharda havaların soğumaya başlaması ile birlikte sobalar yanmaya başlasa da yağış miktarının fazla olması nedeniyle su kalitesi sınıfı yaz aylarındaki kalite sınıfını korumuş "iyi" olarak bulunmuştur.

4 SONUÇLAR

Bu çalışmada, Rize ilinde bulunan üç dereden alınan su numuneleri belirli kirleticiler ve öncelikli maddeler yönünden incelenmiş ve su kalitesi CWQI model kullanılarak yıllık ve mevsimsel olarak belirlenmiştir. Çalışma süresince tüm istasyonlar için belirli kirleticiler ve öncelikli maddeler grubunda olan 184 parametre 1 yıl boyunca çalışılmış ve yaklaşık 6000 veri elde edilmiştir. Verilerin doğru ve kolay olarak değerlendirilebilmesi için CWQI modeli kullanılmıştır. Bu model kullanılırken başarısız parametre sayısı, başarısız deney sayısı ve YSKY'de tanımlanmış sınır değerlerden sapma miktarları belirlenmiştir. Yıllık değerlendirme sonucunda su kalite sınıfı incelenen tüm dereler için "iyi" olarak bulunmuştur. Veriler mevsimsel olarak değerlendirildiğinde 1. istasyonun ilkbahar ve kış aylarında kirlilik yükünde artış olduğu, 2. ve 3. istasyonlarda ise ilkbahar döneminde "orta" diğer dönemlerde ise "iyi" su kalitesi sınıfında olduğu görülmüştür. Mevsimsel değerlendirme ile elde edilen kalite sınıfının bölgenin mevsimsel yağış miktarları ve kirlilik kaynakları ile uyumlu olduğu görülmüştür. Bölgeye genel olarak bakıldığında; sanayileşmenin olmaması, yerleşim yerlerinin il merkezleri kadar yoğun olmaması ve yağış miktarlarının her mevsim için Türkiye ortalamasının oldukça üzerinde olması gibi nedenlerle su kalite sınıfı Karasu 1, Karasu 2 ve Okta Dereleri için "iyi" olarak belirlenmiştir. İncelenen dereler ülkemiz için oldukça değerlidir.

5 TEŞEKKÜRLER

Bu çalışmanın deney aşamasında değerli katkılarını esirgemeyen DSİ 22. Bölge Müdürlüğü Kalite Kontrol ve Laboratuvar Şube Müdürlüğü personeline teşekkür ederim.

6 KAYNAKLAR

- [1] Akporl, O.B., Ohiobor, G.O., and Olaolu, T.D., 2014, "Heavy metal pollutants in wastewater effluents: Sources, effects and remediation", *Advances in Bioscience and Bioengineering*, 2(4), 37-43
- [2] Alver E., Demirci A., Özçimder M., 2012, "Polycyclic aromatic hydrocarbons and their effects on health", *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 45-52
- [3] Aydın M.E., Aydın S., Bedük F., Tekinay A., 2015, "Wastewater Irrigation: Persistent organic pollutants in soil and product", *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 20(2), 99-110
- [4] Bharti N., Katyal D., 2011, "Water Quality Indices Used for Surface Water Vulnerability Assessment", *International J. Environ. Sci.*, 2 (1), 154-173
- [5] Bai, C.Y., Meng, W., Xu, J., Zhang, Y. Guo, C., Lv, J., Wan, J., 2014, "Occurrence, distribution, environmental risk assessment and source apportionment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in water and sediments of the Liaohhe river basin", *Bulletin Environmental Contamination Toxicology*, 93, 744–751
- [6] Baldwin D.R, Marshall W.J., 1999, "Heavy metal poisoning and its laboratory investigation", *Ann. Clin. Biochem.*, 36, 267-300
- [7] Baloğlu Z., Bayrak A., 2006, "Determination of Benzo(a)pyren from polycyclic aromatic hydrocarbons in extra virgin, riviera and olive pomace oils", *Gıda*, 31(5), 239-251
- [8] Bozlaker A., Muezzinoglu A., Odabasi M., 2008, "Atmospheric concentrations, dry deposition and air-soil exchange of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in an industrial region in Turkey", *Journal of Hazardous Materials*, 153 (3), 1093-1102
- [9] Çelik S., 2014, "Vanadium", *Afyon Kocatepe University Journal of Science and Engineering*, 14, 9-18
- [10] Çetindamar D., Veli S., Öztürk T., Arslanbaş D., Aslan Kılavuz S., Çetin Doğruparmak Ş., Can Doğan E., 2014, "Investigation of PCB ve PAHs in soil: Alikahya Region", *Journal of Polytechnic*, 17 (3), 127-133
- [11] Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000; establishing a framework for Community action in the field of water policy (Water Framework Directive)
- [12] Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on environmental quality standards in the field of water policy, amending and subsequently repealing Council Directives 82/176/EEC, 83/513/EEC, 84/156/EEC, 84/491/EEC, 86/280/EEC and amending Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council
- [13] Doong R., Lin Y., 2004, "Characterization and distribution of polycyclic aromatic hydrocarbon contamination in surface sediment and water from Gao-Ping River, Traiwan", *Water Research*, 38, 1733-1744
- [14] Dumanoglu Y., Gaga E.O., Gungormus E., Sofuoglu S.C., Odabasi M., 2017, "Spatial and seasonal variations, sources, air-soil exchange, and carcinogenic risk assessment for PAHs and PCBs in air and soil of Kutahya, Turkey, the province of thermal power plants", *Sci.Total Environ*, 580 (15), 920-935
- [15] Eker G., 2017, "Spatial variations of polycyclic aromatic hydrocarbons (pahs) concentrations in olive grove area soils in Bursa", *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 32 (2), 607-616
- [16] Eker G., Taşdemir Y., 2016, "Spatial variations of polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) concentrations in the receiving water environment: The Nilüfer Creek", *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 21(1), 189-202
- [17] Guo, W., He, M., Yang, Z., Lin, C., Quan, X., Wang, H., 2007, "Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in water, suspended particulate matter and sediment from Daliao River watershed, China", *Chemosphere*, 68, 93-104
- [18] Güler Ü.A., Can Ö.P., 2017. Effects of chemical contaminants on environment health and food safety", *Sinop University Journal of Natural Sciences*, 2(1), 170-195
- [19] Günç Ergönül P, Kaya D., 2015, "Polycyclic aromatic hydrocarbons and their importance in foods", *Celal Bayar Journal of Science*, 11(2), 143-153
- [20] Haldar D., Halder S., Das (Saha) P., 2016, "Assessment of Water Quality of Damodar River in South Bengal Region of India by

- Canadian Council of Ministers of Environment (CCME) Water Quality Index: a Case Study”, *Desalin. Water Treat.*, 57 (8), 3489-3502
- [21] He, Z.L., Yang, X. E., and Stoffella, P.J., 2005, “Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment”, *J. Trace Elem Med Biol.* 19 (2–3), 125–140
- [22] Kalender L., Aytimur G., 2017, “Geochemical characterization of shore sediments and water of the Euphrates River between Keban and Karakaya Dams”, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University* 32(4), 1243-1253
- [23] Karakoç F.T., Tolun L., Henkelmann B., Klimm C., Okay O., Schramm K.W., 2002, “Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) distributions in the Bay of Marmara sea: Izmit Bay”, *Environmental Pollution*, 119, 383–397.
- [24] Kumar B., Verma V.K., Gaur R., Kumar S., Sharma C.S., Akolkar A.B., 2014, “Validation of HPLC method for determination of priority polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHS) in waste water and sediments”, *Advances in Applied Science Research*, 5(1), 201-209
- [25] Manoli E., Samara C., 1999, “Polycyclic aromatic hydrocarbons in natural waters: sources, occurrence and analysis”, *Trends in Analytical Chemistry*, 18(6), 417-428
- [26] Moret S., Conte L.S., 2000, “Polycyclic aromatic hydrocarbons in edible fats and oil: occurrence and analytical methods”, *Journal of Chromatography A*, 882, 245-253
- [27] Nagy, A.S., Szabo, J., Vass, I., 2014, “Occurrence and distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in surface water and sediments of the Danube River and its tributaries, Hungary”, *J. Environ. Sci. Health Part A-Toxic/Hazard. Subst. Environ. Eng.*, 49, 1134-1141.
- [28] Nemerov, N.L., 2009, “Environmental engineering – water, wastewater, soil and groundwater treatment and remediation”, John Wiley & Sons, New Jersey, 68
- [29] Oğuz T.C., 2015, “İçme suyu arıtımında yaygın olarak karşılaşılan su kalite problemleri ve arıtımı için çözüm önerileri”, *Uzmanlık tezi, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara*
- [30] Öztürk A., Karabulut B., 2017, “Organic plant production in the Black Sea region”, *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(13), 1705-1713
- [31] Seven T., Can B., Darende B.N., Ocak S., 2018, “Heavy metals pollution in air and soil”, *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(2), 91-103
- [32] Sprovieri M., Feo M.L., Prevedello L., Manta D.S., Sammartino S., Tamburrino S., Marsella E., 2007, “Heavy metals, polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls in surface sediments of the Naples harbour (Southern Italy)”, *Chemosphere*, 67, 998–1009
- [33] Tabrez S., Priyadarshini M., Priyamvada S., Shahnawaz Khan M., Arivarasu N.A., Kashif Zaidi S., 2014, “Gene–environment interactions in heavy metal and pesticide carcinogenesis”, *Mutation Research* 760, 1–9
- [34] Tiryaki O., 2016, “Pesticide residue analyses and researches carried out in Turkey”, *Erciyes University Journal of the Enstitute of Science and Technology*, 32(1), 72-82
- [35] Ustun G.E., 2011, “The assessment of heavy metal contamination in the waters of the nilufer stream in Bursa”, *Ekoloji*, 20 (81), 61-66
- [36] Wang X.T., Miao Y., Zhang Y., Li Y.C., Wu M.H., Yu G., 2014, “Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in urban soils of the megacity Shanghai: Occurrence, source apportionment and potential human health risk”, *Environmental Pollution*, 184, 138-144
- [37] Xu, X.Y., Jiang, Z.Y., Wang, J.H., Zhu, H., Dou, J.F., Narres, H.D., Hofmann, D., Klumpp, E., 2012, “Distribution and characterizing sources of polycyclic aromatic hydrocarbons of surface water from Jialing River”, *Journal of Central South University of Technology*, 19(3), 850-854
- [38] Zhao, X., Qiu, H.R., Zhao, Y.L., Shen, J.M., Chen, Z.L., Chen, J.X. 2015, “Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in surface water from the upper reach of the Yellow River, Northwestern China”, *Environmental Science and Pollution Research*, 22(9), 6950-6956.