

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



SAYI: 141
YIL : OCAK 2023

DEVLET SU İŞLERİ
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

DSİ

TEKNİK

BÜLTENİ

DSİ TEKNİK BÜLTENİ

Sahibi

DEVLET SU İŞLERİ
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
Adına Genel Müdür
Mehmet Akif BALTA

Sorumlu Müdür

Aydın SAĞLIK

Yayın Kurulu (DSİ)

Murat Ali HATİPOĞLU
Hayreddin ERŞAN
İsmail KARABULUT
Uğur DAL
Harun MEYDAN
Vehbi ÖZAYDIN
Hakkı KILAVUZ
Menderes LALE

Editörler

Figen ÖZYURT KUŞ
Özgür KÜÇÜKALİ

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 : 141
YIL :OCAK 2023

Yayın Türü

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

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

İÇİNDEKİLER

KIZILIRMAK DELTASI (SAMSUN) KIYI AKİFERİNİN HİDROKİMYA VE
İZOTOP HİDROJEOLOJİSİ YÖNÜNDEN İNCELENMESİ
Arzu FIRAT ERSOY, Hava YILDIZ ÖZGÜL, Nazlı AYYILDIZ TURAN 1

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN HİDROELEKTRİK SANTRALLER ÜZERİNDEKİ
ETKİSİ VE HES, GES HİBRİT MODELİ
Fatma Aysun KAPLAN 8

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)

Murat Ali HATİPOĞLU
Hayreddin ERŞAN
İsmail KARABULUT
Uğur DAL
Harun MEYDAN
Vehbi ÖZAYDIN
Hakkı KILAVUZ
Menderes LALE

Editors

Figen ÖZYURT KUŞ
Özgür KÜÇÜKALİ

Management Address

DSİ Teknik Araştırma ve
Kalite Kontrol (TAKK)
Dairesi Başkanlığı 06100
Yüce-tepe – Ankara /
TURKEY

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
Etilik – Ankara / TURKEY

ISSUE: 141

YEAR : JANUARY 2023

Publication Type

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

ISSN

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

CONTENTS

INVESTIGATION OF GROUNDWATER IN KIZILIRMAK DELTA (SAMSUN) IN TERMS OF HYDROCHEMICAL AND ISOTOP HYDROGEOLOGY Arzu FIRAT ERSOY, Hava YILDIZ ÖZGÜL, Nazlı AYYILDIZ TURAN	1
IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON HYDROELECTRIC POWER PLANTS AND HEPP, SPP HYBRIT MODEL Fatma Aysun KAPLAN	8

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 virgül 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 işlenme 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/>

KIZILIRMAK DELTASI (SAMSUN) KIYI AKİFERİNİN HİDROKİMYA VE İZOTOP HİDROJEOLJİSİ YÖNÜNDEN İNCELENMESİ

Arzu FIRAT ERSOY 

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü 61080 Trabzon
firat@ktu.edu.tr

Hava YILDIZ ÖZGÜL 

Devlet Su İşleri 7. Bölge Müdürlüğü, Kalite Kontrol ve Laboratuvar Şube Müdürlüğü 55070 Samsun
havayildiz@dsi.gov.tr

Nazlı AYYILDIZ TURAN 

Devlet Su İşleri 7. Bölge Müdürlüğü, Kalite Kontrol ve Laboratuvar Şube Müdürlüğü 55070 Samsun
nazaytu@dsi.gov.tr

(Makalenin geliş tarihi: 03.08.2022, Makalenin kabul tarihi: 27.12.2022)

ÖZ

Ülkemizde kıyı akiferlerinde deniz suyunun yeraltısuyuna karışması gittikçe önem kazanan bir sorun haline gelmektedir. Bu çalışmada Bafra Havzası, Kızılırmak Deltası kıyı akiferinde yeraltısuyunun hidrokimyasal ve izotopik özellikleri araştırılmış, deniz suyunun yeraltısuyuna olan etkileri ortaya konulmuştur. Bu amaçla kıyı akiferinde yeraltısuyundan Haziran-2016, Ekim-2016, Haziran-2017 ve Ekim-2017 dönemlerinde 48'er adet yeraltısuyu örnekleme yapılmış ve alınan örnekler üzerinde majör anyon ve katyon, iz element ve izotop analizleri yapılmıştır. Hidrokimyasal analiz sonuçlarına göre yeraltısuyunun Elektriksel İletkenlik (EC) değerinin tüm örnekleme dönemlerinde 2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'den yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} iyon içeriklerinin Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011) ve TS-266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2006) standartlarına göre oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Yeraltısuyu örnekleri üzerinde yapılan izotop analiz sonuçlarına göre, Dünya Meteorik Su Doğrusuna yakın konumda oldukları, düşük kotlara düşen yağışlarla beslendikleri ve deniz suyu girişiminin etkisinde olduğu görülmüştür. Fakat bu girişimin Bafra Ovası Sulaması Projesi Sulama sisteminin devreye girmesi ile azaldığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hidrokimya, İzotop Hidrojeolojisi, Kızılırmak Deltası, Samsun

INVESTIGATION OF GROUNDWATER IN KIZILIRMAK DELTA (SAMSUN) IN TERMS OF HYDROCHEMICAL and ISOTOP HYDROGEOLOGY

ABSTRACT

In our country, the intrusion of sea water to groundwater in coastal aquifers is becoming an increasingly important problem. In this study, the hydrochemical and isotopic properties of groundwater in the coastal aquifer of Bafra Basin, Kızılırmak Delta were investigated, and the effects of seawater on groundwater were revealed. For this purpose, 48 groundwater samplings were made from the coastal aquifer in June-2016, October-2016, June-2017 and October-2017 periods, and major anion and cation, trace element and isotope analyzes were performed on the samples taken. According to the results of hydrochemical analysis, the Electrical Conductivity (EC) value of the groundwater was found to be higher than 2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in all sampling periods. In addition, Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} ion contents were determined to be quite high according to the standards of the World Health Organization (WHO, 2011) and TS-266 Regulation on Water Intended for Human Consumption (2006). According to the isotope analysis results performed on the groundwater samples, it was observed that they were close to the Global Meteoric Water Line, were recharge by precipitation falling at low elevations, and were under the influence of seawater

intrusion. However, it has been determined that this initiative has decreased with the introduction of the irrigation system of the Bafra Plain Irrigation Project.

Keywords: Hydrochemistry, Isotope Hydrology, Kızılırmak Delta, Samsun

1 GİRİŞ

Dünyadaki toplam su hacminin yaklaşık olarak %96'sını tuzlu su oluşturmaktadır. Tatlı su kaynaklarının ise %68'i buzulların içinde bulunmaktadır. Tatlı su miktarının %30'unu yeraltı suyu oluşturmaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde kullanılabilir su kaynaklarının oldukça az miktarda olduğu söylenebilir. Özellikle kıyı akiferlerinde fazla miktarda yeraltı suyu çekimi yapıldığında, yeraltı suyu seviyeleri düşmekte ve deniz suyu iç bölgelere doğru hareket etmektedir. Bu nedenle kıyı bölgelerindeki yeraltı suyu özelliklerinin ve su seviyelerinin düzenli olarak ölçülmesi ve takip edilmesi gerekmektedir. Deniz suyu tarafından tuzlanmış olan yeraltı sularının sulamada kullanılması durumunda da bu sular ile sulanan tarım arazilerinde bitkilerde verim azalması ve topraklarda tuzluluk sorunları ile karşılaşmaktadır [7].

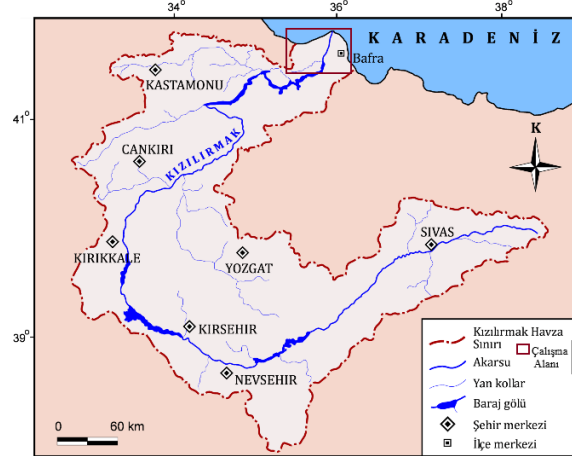
Bu çalışmada ülkemizin en önemli kıyı akiferlerinden birisi olan Kızılırmak Deltası kıyı akiferinin hidrokimyasal ve izotop içerikleri ile özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu makale Devlet Su İşleri (DSİ) 7. Bölge Müdürlüğü tarafından yürütülen "Kızılırmak Deltası Kıyı Bölgesi Yeraltı Sularında Kalite ve Kirlilik Parametrelerinin İncelenmesi" başlıklı AR-GE Projesi'nin sonuçları kullanılarak hazırlanmıştır.

Kızılırmak Deltası Türkiye'nin kuzeyinde Orta Karadeniz Bölgesinde 41-10' - 41-45' Kuzey enlemleri ve 35-30' - 36-15' Doğu boylamları arasında Kızılırmak ile yan derelerin oluşturduğu bölgede yer almaktadır. Bafra ovasının yüz ölçümü 80 000 ha'dır. Doğu-batı yönünde en uzun yeri 60 km, kuzey-güney yönünde ise 32 km'dir. Çalışma alanının güneyi Orta Karadeniz bölgesinin dağ sıralarını oluşturan Canik sıra dağlarının uzantıları ile sınırlanmıştır (Şekil 1). Çalışma alanındaki ana akarsu Kızılırmak Nehridir. Nehir, İç Anadolu'nun en doğusundaki Sivas ili İmranlı ilçesinde Kızıldağ'ın güney yamaçlarından doğar ve Bafra İlçesinden Karadeniz'e boşalır [4].

2 MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma kapsamında Kızılırmak Deltası kıyı akiferinde yeraltı suyunun kalite, kirlilik ve izotop içeriklerinin belirlenmesi amacıyla 2016 ve 2017

yıllarında 48 adet su kuyusunda yağışlı ve kurak dönemlerde olmak üzere toplam 4 dönem yeraltı suyu örnekleme yapılmıştır. Su örnekleri TS EN ISO 5667 Su Kalitesi Numune Alma Standardına uygun olarak alınmış, korunmuş ve hidrokimyasal analizleri Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) 7. (Samsun) Bölge Müdürlüğü Kalite Kontrol ve Laboratuvar Şube Müdürlüğü'nde ve izotop analizleri DSİ TAKK Dairesi Başkanlığı İzotop Laboratuvarı Şube Müdürlüğü'nde analizleri yapılmıştır. Her bir su örneği için 1 L'lik polietilen (saf su ile yıkanmış) şişeler kullanılmıştır. Alınan su örnekleri etiketlenerek ilk 6 saat içerisinde analiz için DSİ 7. (Samsun) Bölge Müdürlüğü Kalite Kontrol ve Laboratuvar Şube Müdürlüğü'ne getirilmiştir. Majör anyon-kasyon analizleri iyon kromatografisi cihazı ve iz element analizleri ICP-MS cihazı ile yapılmıştır. DSİ Laboratuvarları TÜRKAK (Türk Akreditasyon Kurumu) tarafından AB-0010-T ile akredite edilmiştir. Analizlerin iyon denge hatası % -5,79 ile 4,82 arasında kalmaktadır.

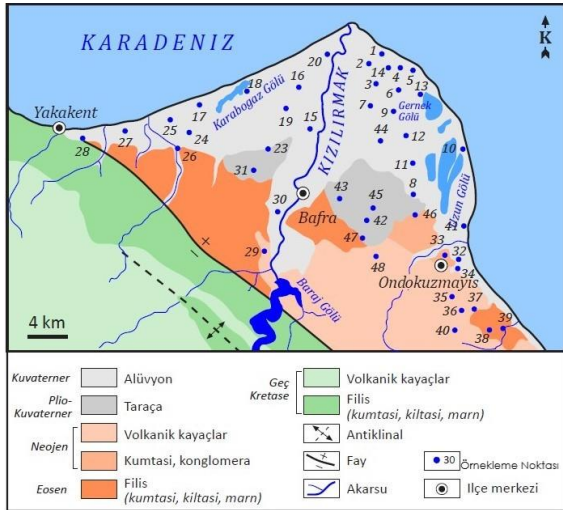


Şekil 1 - Çalışma alanı ve çevresinin yer bulduru haritası

3 JEOLJİ VE HİDROJEOLJİ

Türkiye'nin en uzun üçüncü nehri olan Kızılırmak Havzası 78.180 kilometrekarelik bir alanı kaplamaktadır. Ülkenin iç kesimlerinden doğan ve kuzeyde Karadeniz'e dökülen nehrin ortalama debisi 184 m³/s'dir. Bu makalenin konusu olan Kızılırmak Deltası kıyı akiferi, deltanın kuzey kesiminde Orta Karadeniz Bölgesi'nde

Kızılırmak ve yan nehirlerin oluşturduğu nehir deltasında yer almaktadır. Çalışma alanı ve çevresinde yağışlı iklim koşulları hakimdir ve bölge tüm yıl boyunca yağış almaktadır. Samsun meteoroloji istasyonundan 1987-2017 dönemine ait alınan bilgilere göre yıllık ortalama sıcaklık 13.7°C ve yıllık toplam yağış 794 mm'dir [3]. İnceleme alanı ve çevresindeki en yaşlı birim, Üst Kretase yaşlı volkano-tortul seridir. Bu seri genellikle çakıltaşı, kumtaşı, kiltası ve marnlardan oluşurken, volkanik kayalar bazalt, andezit ve piroklastik kayalardan oluşmaktadır. Üst Kretase yaşlı birimler üzerinde Eosen yaşlı flişler görülmektedir. Bu birimde yer yer volkanik kayalar da bulunmaktadır. Hem Üst Kretase hem de Eosen yaşlı birimler akifer özelliği göstermemektedir. İnceleme alanında Neojen, konglomera, kumtaşı, siltaşı, marn, kil taşları ve bunların üzerinde bazik volkanik kayalar ile temsil edilmektedir. Bu kayalar akifer özelliği taşımaya da bazı bölgelerinde az miktarda yeraltısuyu bulunmaktadır. İnceleme alanının kuzey kesimlerinde Pliyo-Kuvaterner yaşlı çakıl, kum ve kilden oluşan gevşek ve zengin alüvyon çökelleri bulunmaktadır. Bu çökeller genellikle iyi akifer özelliği gösterir ve ekonomik olarak yüksek miktarda yeraltısuyu içerir [1] (Şekil 2).



Şekil 2 - Çalışma alanına ait jeoloji haritası ve yeraltısuyu örnekleme noktaları haritası [1]

Kızılırmak Deltası kıyı bölgesinde bu alüvyonlarda açılan çok sayıda kuyu bulunmaktadır. Bu kuyular DSİ 7. Bölge Müdürlüğü tarafından ve özel firmalar tarafından açılmıştır. Kuyulardan elde edilen yeraltısuyu bölgede tarımsal sulama yapmak ve sanayi tesislerinde kullanılmak üzere tüketilmektedir. Bu kuyuların derinlikleri 50-100 m arasında, debileri ise 1-60 L/s arasında değişmektedir. Serbest akifer özelliği taşıyan Kızılırmak Deltası

kıyı akiferinde geçirgenlik katsayısı 18-8.320 m²/gün arasında değişmektedir. Akiferdeki yeraltı suyu akışı kuzey, kuzeydoğu ve kuzeybatı yönündedir [1].

4 BULGULAR

4.1 Yeraltısuyu Hidrojeokimyası

Kızılırmak Deltası kıyı akiferi yeraltısuyunda yağışlı ve kurak mevsimleri temsil eden Haziran 2016, Ekim 2016, Haziran 2017 ve Ekim 2017 tarihlerinde 48 kuyudan yeraltı suyu örneği alınmış ve pH, EC, FS, majör anyon-katyon ve izotop analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 1 ve 2'de verilmiştir. Yeraltısuyu örnekleme noktalarının yer aldığı harita Şekil 2'de gösterilmektedir.

Kızılırmak Deltası kıyı akiferinde 4 dönem için yapılan hidrokimyasal analiz sonuçları fiziksel parametreler açısından incelendiğinde (Çizelge 1); örneklerin ortalama pH değerlerinin 6,87-8,02 arasında, EC değerinin her dönem ortalamasının 2.927, 2.933, 2.587 ve 2.708 µS/cm arasında değiştiği görülmektedir. EC ortalamalarının Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011) [8] ve TS-266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (2006) [6] standartlarına göre oldukça yüksek olduğu dikkat çekmektedir. Suların değerleri Fransız Sertliği (FS) türünde hesaplandığında ortalama sertliğin 51,2-107,1 arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu değerler açısından kıyı akiferi yeraltısuları "çok sert su" olarak tanımlanmaktadır.

TS266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik'te Na⁺ için tanımlanan üst sınır değer 200 mg/L'dir. Kıyı akiferi yeraltısularına ait analiz sonuçları incelendiğinde Na⁺ değerlerinin 19,9 ile 2532,6 mg/L arasında değiştiği ve ortalama Na⁺ değerlerinin sınır değeri aştığı görülmektedir. TS266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik'te SO₄²⁻ için tanımlanan sınır değer 250 mg/L'dir. Analiz sonuçları SO₄²⁻ değerleri açısından değerlendirildiğinde 7,3 ile 1.136,6 mg/L arasında değiştiği ve ortalama değerlerin sınır değerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. TS266 ve WHO standartlarına göre Cl⁻ için tanımlanan üst sınır değer 250 mg/L'dir.

Çizelge 1 incelendiğinde çalışma alanındaki ortalama Cl⁻ değerlerinin 15,7 ile 3.303,0 mg/L arasında değiştiği ve sınır değerden yüksek olduğu görülmektedir. Analiz sonuçları NO₃⁻ açısından değerlendirildiğinde Haziran 2016 ve Ekim 2017 ortalama değerlerinin TS266 ve WHO standartlarında verilen sınır değerlerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeninin Kızılırmak deltasında uygulanan

tarımsal faaliyetler, endüstriyel atıklar ve atık sulardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Kızılırmak Deltası kıyı akiferi yeraltısuyu analiz sonuçları diğer anyon ve katyonlar açısından değerlendirildiğinde Ca^{+2} , Mg^{+2} ve HCO_3^- içeriklerinin de yüksek olduğu görülmektedir.

4.2 Yeraltısularının İzotopik Özellikleri

Kızılırmak Deltası kıyı akiferi yeraltısuyuna ait izotop analiz sonuçları Çizelge 3'te verilmektedir. Çizelge incelendiğinde Haziran-2016, Ekim-2016 ve Ekim-2017 de ^{18}O , 2H ve 3H analizlerinin sonuçları görülmektedir. Kızılırmak Deltası kıyı akiferi yeraltısuyunda ^{18}O değerleri -10,03 ile -5,72 arasında; 2H değerleri -68,56 ile -37,97 arasında değişmektedir. 3H

analizi sonuçlarına göre 2016 yılı Haziran ve Ekim ayı için ortalama değerler sırasıyla 3,95 ve 4,41 TU olmuştur. Çalışma alanında yeraltısuyu örneklerinin yanı sıra Karadeniz'den de su örnekleri alınarak deniz suyunun izotopik bileşimi belirlenmeye çalışılmıştır. Deniz suyunun ortalama ^{18}O içeriği -3,23, 2H içeriği ise -23,89 olarak elde edilmiştir. Deniz suyundan yapılan Trityum analiz sonuçlarına Karadeniz'in Trityum içeriği 7,2 TU olarak analiz edilmiştir. ^{18}O , 2H içeriklerinin Dünya Meteorik Su Doğrusu [2] üzerindeki konumları Şekil 3'te verilmektedir. Şekil incelendiğinde örnek noktalarının Dünya Meteorik Su Doğrusu ile Sinop Meteorik Su Doğrusu arasında kalan bölgede yer aldıkları görülmektedir.

Çizelge 1 – Kızılırmak Deltası kıyı akiferi yeraltısuyunun fiziko-kimyasal analiz sonuçları

Örnekleme Tarihi	Değerler	pH	EC ($\mu S/cm$)	FS (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	HCO_3^- (mg/L)	SO_4 (mg/L)	Cl (mg/L)	NO_3^- (mg/L)
Haziran 2016	Min.	7,17	810	13,3	28,8	3,4	50,4	306,8	7,3	15,7	7,3
	Maks.	7,86	8.120	227,6	555,0	213,1	2.443,9	1.287,1	187,0	405,4	187,1
	Ort.	7,51	2.927	55,1	168,2	31,2	602,2	711,9	73,4	114,5	72,4
	St.Sp.	0,17	1.352	39,5	109,9	44,9	498,6	255,9	48,1	80,3	48,0
Ekim 2016	Min.	7,12	992	30,5	31,2	18,0	43,2	216,6	33,2	77,0	23,3
	Maks.	8,02	6.973	497,6	355,6	985,9	2.532,6	1.453,1	974,7	3302	177,9
	Ort.	7,53	2.933	107,1	150,9	166,4	587,1	799,3	361,1	711,5	48,7
	St.Sp.	0,20	1.165	73,4	68,4	154,5	494,9	309,4	234,1	668,8	34,1
Haziran 2017	Min.	7,07	377	10,7	12,8	4,0	19,9	187,3	21,0	24,4	6,4
	Maks.	7,70	5.450	116,2	210	229,9	965,5	1.020,5	497,3	1.162,3	195,6
	Ort.	7,40	2.587	51,2	82,1	73,6	281,4	562,7	221,5	380,8	43,8
	St.Sp.	0,13	1.151	23,6	46,0	47,6	220,5	193,6	161,1	266,6	37,4
Ekim 2017	Min.	6,87	780	28,3	60,4	10,8	52,5	233,0	31,5	56,6	31,5
	Maks.	7,81	5.540	286,0	338,0	547,3	1.840,4	1.546,4	1.136,6	2.311,0	1.136,6
	Ort.	7,30	2.708	95,6	129,7	151,6	506,4	693,6	311,1	565,5	324,7
	St.Sp.	0,21	1.197	56,5	54,4	122,7	456,8	297,7	270,4	535,2	267,6
TS266 (Max. Değer)		6,5-9,5	2.500	-	-	-	200		250	250	50
WHO (Max. Değer)			2.500							250	50

Çizelge 2 – Kızılırmak Deltası kıyı akiferi yeraltısuyunun izotop analiz sonuçları

Örnekleme Tarihi	Değerler	^{18}O (V-SMOW)	2H (V-SMOW)	3H (TU)
Haziran 2016	Min.	-9,95	-68,56	0,16
	Maks.	-6,34	-44,97	6,4
	Ort.	-8,01	-54,09	3,95
	St.Sp.	1,01	6-78	1,89
Ekim 2016	Min.	-10,03	-67,94	0,01
	Maks.	-5,72	-37,97	7,67
	Ort.	-7,81	-52,64	4,41
	St.Sp.	1,04	6,46	1,87
Ekim 2017	Min.	-10,00	-68,41	N.A.
	Maks.	-6,37	-46,16	N.A.
	Ort.	-8,16	-54,69	N.A.
	St.Sp.	0,99	6,35	N.A.

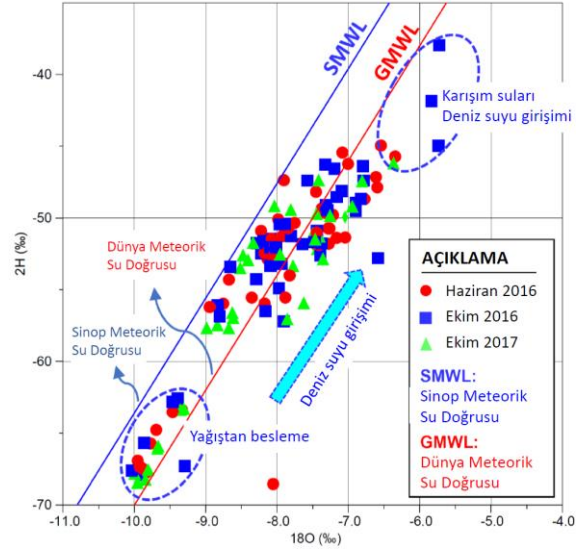
*İzotop konsantrasyonları δ (‰), NA: Analiz Yapılamadı

Ayrıca yeraltısuyu örneklerinin büyük bir kısmının deniz suyu girişim bölgesine doğru yer aldığı ve küçük bir kısmının ise karışık su (deniz suyu girişim) bölgesinde yer aldığı tespit edilmiştir. Özellikle denize yakın açılan kuyularda $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ değerlerinin daha pozitif olduğu görülmekte ve bu durum deniz suyu girişiminin varlığına işaret etmektedir.

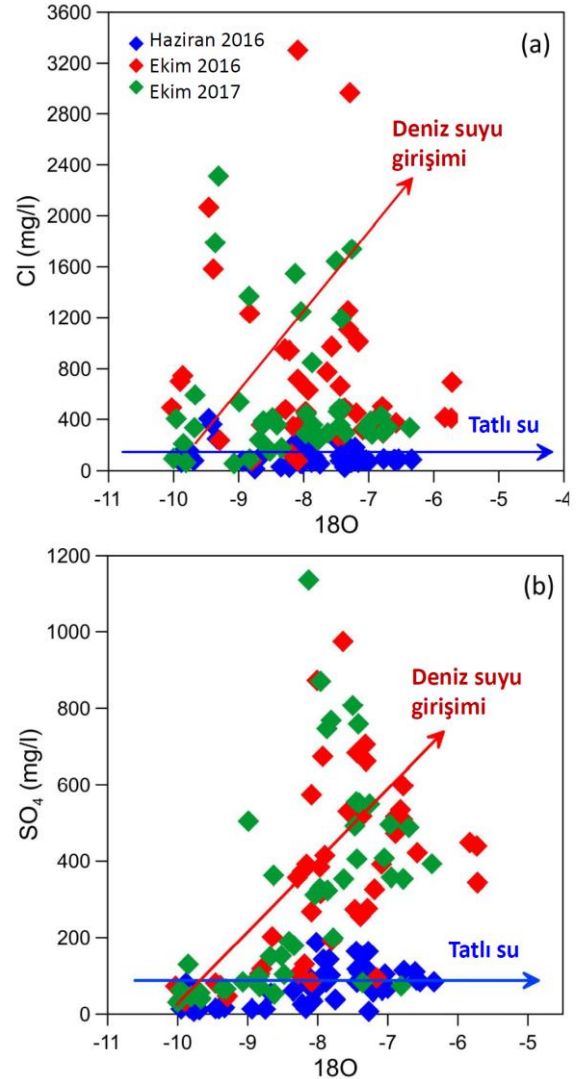
Analiz sonuçları kullanılarak hazırlanan $^{18}\text{O}\text{-Cl}^-$ ve $^{18}\text{O}\text{-SO}_4^{2-}$ grafikleri Şekil 4'te gösterilmiştir. $^{18}\text{O}\text{-Cl}^-$ diyagramı (Şekil 4a) incelendiğinde, yağışlı mevsim olan Haziran 2016'da alınan yeraltısuyu örneklerinin tatlı su niteliğinde olduğu, kurak dönem olan Ekim 2016 ve Ekim 2017'de alınan yeraltısuyu örneklerinin ise deniz suyu girişimi etkisinde olan su niteliğinde olduğu görülmektedir. Grafiklerde ayrıca yeraltısuyu örneklerinin büyük bir bölümünün Cl^- içeriklerinin çok yüksek olduğu görülmektedir.

$^{18}\text{O}\text{-SO}_4^{2-}$ diyagramı (Şekil 4b) incelendiğinde, $^{18}\text{O}\text{-Cl}^-$ diyagramına benzer sonuçların elde edildiği görülmektedir. Yine Haziran 2016'da alınan yeraltısuyu örneklerinin tatlı yeraltısuyu özelliğinde olduğu ve Ekim 2016 ve Ekim 2017'de alınan yeraltısuyu örneklerinin deniz suyu girişim zonu bölgesinde yer aldığı görülmektedir.

Her iki grafik incelendiğinde yağışlı dönem olan Haziran 2016'da alınan yeraltı suyu örneklerinin tatlı su doğrusuna yakınlık gösterdiği; kurak dönem olan Ekim 2016 ve Ekim 2017 yeraltısuyu örneklerinin ise daha çok deniz suyu girişim doğrusuna yakın olduğu görülmektedir. Özellikle Ekim ayı yeraltısuyu örneklerinin deniz suyu girişim bölgesinde yer alan su örneklerinin Karadeniz'e yakın konumda bulunan su kuyularından alınan örnekler olduğu görülmektedir. Bu nedenle, bu iki diyagramın özellikle Karadeniz kıyısında yer alan kuyularda buharlaşma nedeniyle deniz suyu girişiminin varlığına işaret etmesi açısından önemli olduğu söylenebilir.



Şekil 3 – Yeraltısuyu örneklerine ait $^{18}\text{O}\text{-}^2\text{H}$ değerleri [5]



Şekil 4 – Yeraltısuyu örneklerine ait $^{18}\text{O}\text{-Cl}^-$ ve $^{18}\text{O}\text{-SO}_4^{2-}$ değerleri [5]

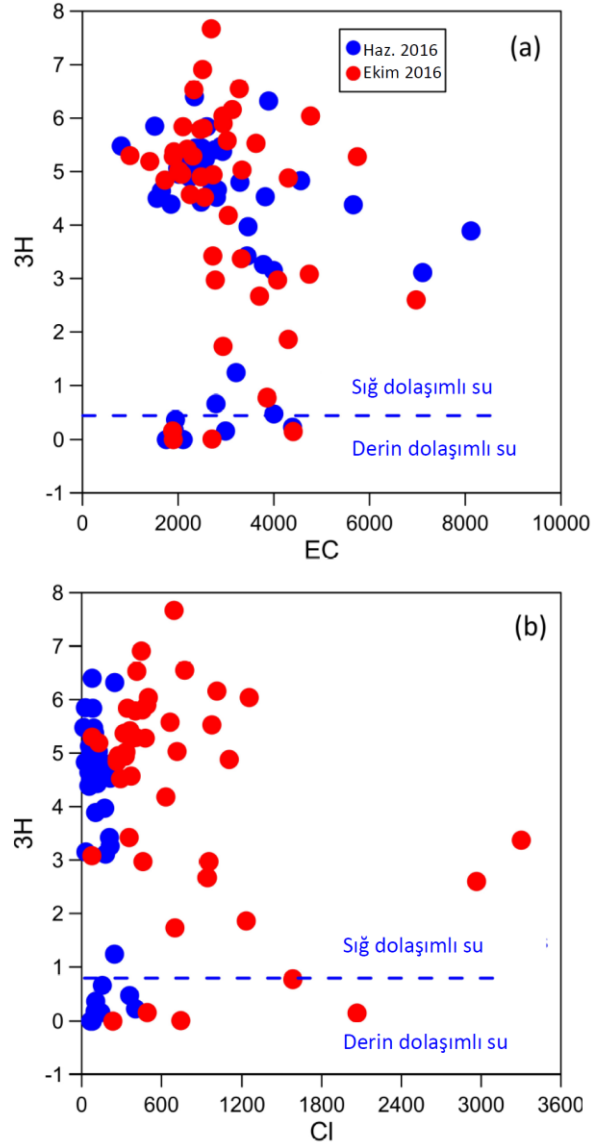
Kızılırmak Deltası kıyı akiferi yeraltısuyuna ait Haziran ve Ekim 2016 analiz sonuçlarından yararlanılarak ^3H -EC ve ^3H -Cl⁻ diyagramları hazırlanmış ve Şekil 5a ve 5b'de verilmiştir. Grafikler incelendiğinde Kızılırmak Deltası kıyı bölgesinde yer alan yeraltısuyu örneklerinin çoğunlukla günlük yağışlardan beslenen ve sığ dolaşıma sahip suların olduğu görülmektedir. Bu nedenle, Kızılırmak Deltası kıyı akiferinde yeraltısularının, akiferde uzun süre kalmayan günlük yağışlarla beslenen sığ sulardan oluştuğu belirlenmiştir. ^3H -Cl⁻ diyagramı (Şekil 5b), Haziran 2016'da alınan yeraltısuyu örneklerinin daha az Cl⁻ içerdiğini, buna karşın Ekim 2016'da alınan yeraltısuyu örneklerinin daha yüksek Cl⁻ içeriğine sahip olduğunu göstermektedir. Bu diyagrama göre, buharlaşma faktörü, yeraltısuyunun aşırı çekilmesi ve deniz suyu girişimi nedeniyle Cl⁻ içeriklerinin Ekim ayında arttığı görülmektedir. Çalışma alanında yağışlı (Şekil 6a) ve kurak dönem (Şekil 6b) için eş Cl⁻ haritaları hazırlanmıştır. Haritalardan görüldüğü gibi Cl⁻ içerikleri kurak mevsimde artış göstermekte ve sahanın doğu kesimine yayılmaktadır. Yağışlı dönemde düşük değerlerin elde edildiği havzanın doğu bölümlerinin kurak dönemde yok olarak Cl⁻ içeriklerinin artış gösterdiği görülmektedir.

5 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

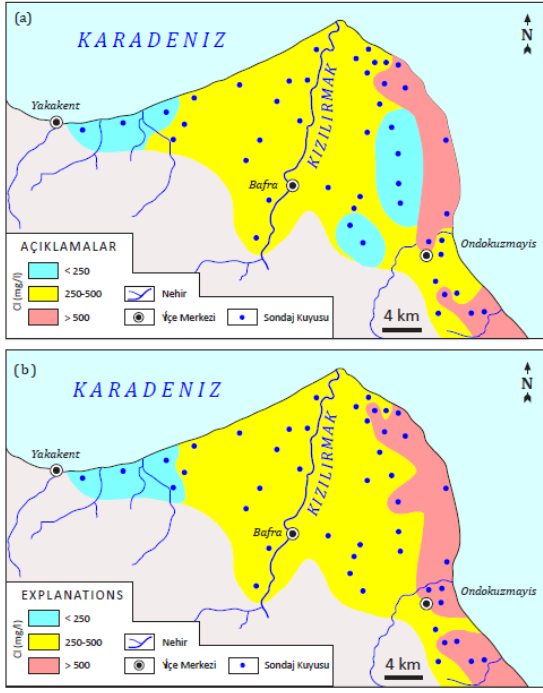
Bu çalışma kapsamında Kızılırmak Deltası kıyı akiferinde 2016 ve 2017 yıllarında Haziran ve Ekim aylarında toplam 4 örnekleme döneminde yeraltısuyu örnekleri alınarak hidrokimyasal ve izotop analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları değerlendirildiğinde suların "çok sert su" sınıfında yer aldığı, Na⁺, Cl⁻ ve SO₄²⁻ değerlerinin standartlarda tanımlanan sınır değerlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Karadeniz kıyısına yakın açılmış kuyularda EC ve Cl⁻ içeriklerinin yüksek olması bu bölgelerde buharlaşmanın etkisi ve deniz suyu girişiminin varlığı ile açıklanabilir.

Kızılırmak Deltası kıyı akiferi yeraltısuyunda yapılan ^{18}O , ^2H ve ^3H analizlerinin sonuçlarına göre; yeraltısuyu örneklerinin büyük bir kısmının deniz suyu girişim bölgesinde yer aldığı, yeraltısuyunun günlük yağışlarla beslendiği, sığ dolaşıma sahip olduğu, deniz kıyısında bulunan kuyularda buharlaşmaya bağlı olarak deniz suyu girişiminin etkisinin tespit edildiği sonucuna varılmıştır. Fakat deniz suyu girişiminin Bafra Ovası Sulaması Projesi Sulama sisteminin devreye girmesi ile azaldığı belirlenmiştir. Kızılırmak Deltası'nda tarımsal sulama faaliyetlerinin Derbent Barajı'ndan sağlanan su ile yapılması ve buna bağlı olarak kıyı bölgesinde yeraltısuyu kullanımının azalması deniz suyu girişiminin azalmasına neden olan başlıca nedenlerdir.

Kızılırmak Deltası kıyı akiferi yeraltısuyunda tuzlanma meydana gelmemesi ve tarım arazilerinin kalitesinin bozulmaması için yeraltısuyu kalitesinin sistematik olarak izlenmesi ve analizlerin periyodik olarak tekrarlanması önerilmektedir.



Şekil 5- ^3H - Cl⁻ değerleri [5]



Şekil 6 – Yeraltısuyu örneklerine ait Cl dağılım haritaları (a) yağışlı (b) kurak dönem

6 TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 2016-2 Nolu Ar-Ge projesi ile desteklenmiştir. Ar-Ge Projesi kapsamında destekleri için TAKK Dairesi Başkanlığı İzotop Laboratuvarı Şube Müdürü Alime TEMEL DİLAVER'e ve ekibine teşekkür ederiz.


7 KAYNAKLAR

[1] Ayyıldız Turan, N., ve diğ., "Kızılırmak Deltası Kıyı Bölgesi Yeraltısularında Kalite ve Kirlilik Parametrelerinin İncelenmesi",

Tarım ve Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü AR-GE Projesi, 2018

- [2] Craig, H., "Isotopic variations in meteoric waters", Science, 1961
- [3] Fırat Ersoy, A. ve Karaca, Z., "Determination of groundwater parameters for drinking and agricultural use in the coastal region of Engiz Aquifer System, Samsun (NE Turkey)", Arabian Journal of Geoscience, 2019
- [4] Fırat Ersoy, A., Karaca, Z., "Ayyıldız Turan N., Yıldız Özgül H., "Kızılırmak Delta Kıyı Alanındaki Tuzlanma Sürecinin Stuyfzand Hidrojeokimyasal Modelleme Sistemi ile Değerlendirilmesi", Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, cilt.10, 2020
- [5] Fırat Ersoy, A., Ayyıldız Turan N., Arslan H., Kuleyin A., "Assessment of seawater intrusion in Kızılırmak delta coastal area (North Turkey) using hydrochemical and isotopic data", Environmental Earth Sciences, 2021
- [6] TS266, "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik", Ankara, 2005
- [7] UNESCO, (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization), "World's Groundwater resources are suffering from poor governance", UNESCO Natural Sciences Sector News UNESCO, 2012
- [8] WHO, "Guidelines for Drinking-Water Quality", Health Criteria and Other Supporting Information, 2011

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN HİDROELEKTRİK SANTRALLER ÜZERİNDEKİ ETKİSİ VE HES, GES HİBRİT MODELİ

Fatma Aysun KAPLAN 
Devlet Su İşleri 203.Şube Müdürlüğü ADIYAMAN
fatmaaysun@dsi.gov.tr

(Makalenin geliş tarihi: 24.03.2022, Makalenin kabul tarihi: 12.01.2023)

ÖZ

Sera gazlarının sebep olduğu küresel ısınma ve iklim değişikliği, yaşantımızın birçok alanını etkilemeye başlayan önemli bir küresel sorun olarak karşımızdadır. İklim değişikliğinin getirdiği çevresel etkilerin yanı sıra sosyal, ekonomik ve değişik sektörlerle olan etkileri kaçınılmazdır. İklim değişikliğinin, etkileyeceği sektörlerden biri de enerji sektörüdür. Kuraklık sebebiyle azalan yağış ve akış miktarına bağlı olarak, hidroelektrik santrallerden (HES) elde edilen elektrik enerjisi miktarı düşüşe geçerken, açığı kapatmak için doğalgaz ve kömür santrallerine ağırlık verilirse sera gazı salımı artacak ve bu da kısır döngüye sebep olarak, iklim değişikliğini ve küresel ısınmayı artıracaktır. Özellikle HES üzerindeki riskleri azaltmak için, iklim değişikliğinin HES faaliyetleri üzerindeki etkileri tanımlanmalı ve riskler politikalara ve süreçlere dahil edilmelidir. HES'lere tamamlayıcı olarak hibrit elektrik üretim santralleri kurma yoluna gidilmelidir. Sera gazı salımı az olan, güneş enerji sistemleri (GES), rüzgar enerji sistemleri (RES) gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelinmelidir. Böylece hem sera gazı salımı azaltılırken, hem de enerji açısından yurtdışına bağımlılığımız minimize edilebilir.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, küresel ısınma, enerji sektörü, elektrik üretimi, hidroelektrik santral, güneş enerjisi santrali, HES, GES

IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON HYDROELECTRIC POWER PLANTS AND HEPP, SPP HYBRIT MODEL

ABSTRACT

Global warming and climate change caused by greenhouse gases is an important global problem that has begun to affect many areas of our lives. In addition to the environmental effects of climate change, its effects on social, economic and various sectors are inevitable. One of the sectors that climate change will affect is the energy sector. While the amount of electrical energy obtained from hydroelectric power plants (HEPP) decreases due to the decreasing amount of precipitation and flow due to drought, greenhouse gas emissions will increase if natural gas and coal power plants are given weight to close the gap, and this will increase climate change and global warming by causing a vicious circle. In particular, in order to reduce the risks on the HEPP, the effects of climate change on HEPP activities should be identified and the risks should be included in policies and processes. As a complement to HEPPs, hybrid electricity generation plants should be established. Renewable energy sources such as solar energy systems (GES), wind energy systems (RES) with low greenhouse gas emissions should be directed. Thus, while reducing greenhouse gas emissions, our dependence on abroad in terms of energy can be minimized.

Keywords: Climate change, global warming, energy sector, electricity generation, hydroelectric power plant, solar power plant, HEPP, SPP

1 GİRİŞ

Bilimsel araştırmalar dünya ikliminin ısındığını, mevsim şartlarının değiştiğini ortaya koymaktadır. İklım değişikliği; hava sıcaklıklarının yükselmesi ile birlikte kuraklıklara, buzulların erimesiyle birlikte deniz seviyesinin yükselmesine, kasırga ve sel gibi doğal iklim olaylarının şiddetinin ve sıklığının artmasına neden olmaktadır. Bu Bilimsel araştırmalar dünya ikliminin ısındığını, mevsim şartlarının değiştiğini ortaya koymaktadır. İklım değişikliği; hava sıcaklıklarının yükselmesi ile birlikte kuraklıklara, buzulların erimesiyle birlikte deniz seviyesinin yükselmesine, kasırga ve sel gibi doğal iklim olaylarının şiddetinin ve sıklığının artmasına neden olmaktadır. Bu sıcaklık değişiklikleri özellikle tatlı su kaynakları üzerinde; su kaynaklarında debinin azalması, içme, kullanma ve sulama suyu temin sorunu, suyun kalitesinde kötöleşme, sudan elde edilen ürün ve enerji gibi üretimlerin doğrudan veya dolaylı olarak olumsuz olarak etkilenmesi, tarımsal ürünlerdeki verimliliğin etkilenmesi veya ürün portföyünün farklılaşması gibi çok yönlü sorunlara sebep olmaktadır. Dünya sıcaklığındaki artışı en belirgin olarak gösteren yaklaşık 140 yıldır dünyanın birçok yerinde tutulan atmosfer sıcaklık ölçüm kayıtlarıdır. Bu kayıtlar incelendiğinde 1860-2000 yılları arasında küresel sıcaklığın yaklaşık 0.5,0.7 oC artmış olduğu görölmektedir. Sayısal olarak küçük gibi görünen bu sıcaklık değişimleri iklim kuşakları, doğal yaşam alanları ve insanların toplumsal yaşamları üzerinde gerçekte büyük etkisi vardır [1]. 2021'de küresel ortalama sıcaklık 1850–1900 ortalamasının $1,11 \pm 0,13$ °C üzerindedir. En son yedi yıl, 2015 - 2021, kayıtlardaki en sıcak yedi yıldır. [2] Bu önemli değişimin gözle görülür bir örneği olarak deniz seviyesindeki yükselmenin sonucunda Pasifik'te 5 adanın kaybolduğu, bilimsel bir makalede yayınlanmıştır [3].

1.1 İklım Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerine Etkisi

Küresel ısınma sonucu ortaya çıkan küresel iklim değişikliği, hidrolojik çevrimdeki sistemler ve süreçler arasındaki mevcut dengeyi etkilemektedir. Hidrolojik çevrimin en önemli sistemlerinden birisinin atmosfer olması nedeniyle iklim değişikliğinin atmosferik koşullarda yaratacağı değişikliklerin havzaların yağış, evapotranspirasyon ve akış gibi hidrolojik süreçleri üzerinde, hem alan hem de zaman ölçeğinde önemli değişimlere yol açacağı açıktır. Bu değişimler yalnızca mevcut uzun dönem ortalamalarıyla sınırlı kalmayıp, ekstrem olayların sıklık, büyüklük, zamansal ve alansal

dağılımlarında da görülecektir. Genel olarak, iklim değişikliğinin su kaynakları üzerinde yaratacağı önemli etkiler havzaların bulunduğu bölgelere bağlı olarak; yüzeysel su potansiyellerinde azalma ya da artış, yeraltı akiferlerinin beslenmelerinde dolayısıyla boşalımlarında değişim, taşkın ve kuraklıkların sıklıklarında, görülme mevsimlerinde ve büyüklüklerinde değişim, değişen yağış rejimi, bitki örtüsü ve arazi kullanımlarının neden olduğu erozyon sorunları, kar suları ile beslenen akarsuların akış rejimlerinde farklılaşma, tarımsal su gereksinimlerinde artış şeklinde özetlenebilir [4].

Çeşitli iklim modellerine göre, 2030'lu yıllar itibarı ile karmaşık iklim yapısı içinde olan Türkiye'nin,

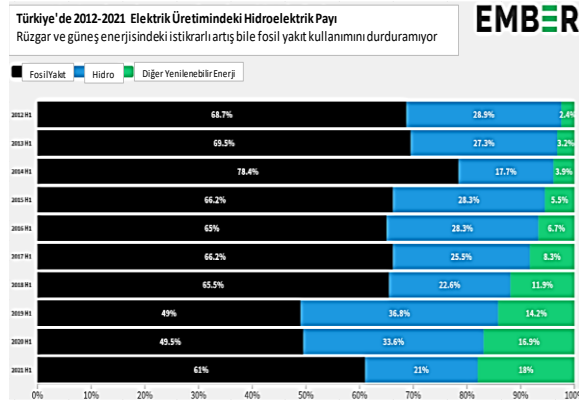
özellikle küresel ısınmaya bağlı olarak gerçekte bir iklim değişikliğinden, büyük oranda etkileneceği, büyük bir kısmının kuru ve sıcak bir iklimin etkisine gireceği, su kaynakları, ekolojik ve ekonomik süreçler, ekosistem ve biyolojik çeşitlilik, tarım gibi bir çok alanda önemli ölçüde etkileneceği öngörülmüştür [5].

Dünya su döngüsü üzerinde etkili olan iklim değişikliğinin; suyu okyanuslardan atmosfere, atmosferden karaya, yeraltına, nehirlere, göllere ve döngüsel olarak yeniden denizlerimize ve okyanuslarımıza kesintisiz şekilde dağıtan sistemimiz üzerindeki etkisi fark edilebilir düzeyde belirginleşmiştir. Bu döngünün zarar görmesi bazen yağmur fırtınalarına, taşkın ve sellere, bazen kuraklıklara sebep olmaktadır. İklımda meydana gelebilecek herhangi bir değişme yağış, buharlaşma, yüzey akış ve topraktaki kullanılabilir suyun miktarını değiştirecektir. Mevsimler ve yıllık yağışlarda görölecek değişmeler su kaynaklarının depo edilmesi açısından oldukça önemlidir. Küresel iklim değişikliğinden kaynaklanan su kaynaklarındaki miktarın, yüzeysel su akış debisinin ve depolanabilen su miktarının azalması ile birlikte sudan elde edilen su ürünleri ve enerji üretiminin olumsuz etkileneceği aşikârdır.

1.2 İklım Değişikliğinin Hidroelektrik Santraller Üzerine Etkisi

Bir elektrik santrali, jeotermik, hidrolik, nükleer, termik, güneş,rüzgâr, gelgit, biyogaz ve doğalgaz enerjileri gibi değişik enerji kaynakları kullanarak elektrik üretir. Hidroelektrik Enerji Santralleri (HES); yüksek bir noktadan düşen hareket halindeki suyun kinetik enerjisinden yararlanılarak elektrik enerjisinin üretildiği elektrik santrali türüdür. Türkiye'nin 2019 yılında tüketilen enerji miktarı 290.445 GWh olmakla birlikte, işletmedeki HES'lerin ortalama enerjisi 44.950 GWh'dır [6]

Suyun yukardan aşağıya düşüsü ile elde edilen hidroelektrik enerji suyun debisi ve düşü yüksekliği ile doğru orantılıdır. Akışından faydalanılan akarsuyun debisi düşerse, depo edilecek ve iletim kanalı vasıtasıyla türbinlenecek su miktarı azalır, enerji üretimi kısmen ya da tamamen durdurulmaktadır. Bu durumda iletim şebekesinde güç ve enerji kesintisi yaşanmaması için ilgili kurumlar alternatif enerji santrallerine yönelmektedir. Eğer yurt içi enerji üretimi yeterli değilse, yurt dışından satın alma yoluna gidilmek zorundadır. Aşağıdaki Şekil 1 den de görüleceği üzere Türkiye'de elektrik üretiminin temel kaynağı fosil yakıtlardır, hidroelektrik enerji ve yenilenebilir diğer enerji kaynakları artırılmadığı durumda termik enerji kullanımı devam ettirilmek zorundadır. Her ne kadar yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimdeki payı giderek artsa da; hava kirliliğine katkıları gözardı edilemeyecek olan ve yenilenebilir olmayan termik santrallerin kullanım zorunluluğu çevreci bir bakış açısıyla üzüntü vericidir.



Şekil 1 - Türkiye'de 2012-2021 tarihlerinde kaynaklarına göre enerji üretim oranları [7]

Şekil 1'de Türkiye'de ki toplam elektrik üretimine hidroelektriğin katkısını temsil eden mavi kısımlar ve fosil yakıtlardan elde edilen termik enerjinin katkısını ifade siyah kısımlar incelendiğinde, ülkemizin 2021 yılında hidroelektrik üretim oranının rekor seviyede düşüş gösterdiği görülmektedir.. Diğer yenilenebilir enerji yani rüzgâr ve güneş enerjisindeki üretim artışına rağmen yaşanan kuraklık nedeniyle, hidroelektrik oranı düşmüştür, fosil yakıt enerji üretim payı %61'e ulaşmıştır. Bu nedenle kurak yıllarda elektrik üretiminde fosil yakıtların payı ve dolayısıyla karbon yoğunluğu çok yükselmektedir. Gerek kullanılmayan arazilerde kurulacak olan gerekse hidroelektrik santrallerinin göl veya iletim kanalı üzerine kurulacak olan yüzer güneş santralleriyle 2 farklı yenilenebilir enerji kaynağını bir araya getirerek

ülkemiz kendisini bu tür durumlara karşı kolaylıkla koruyabilir.

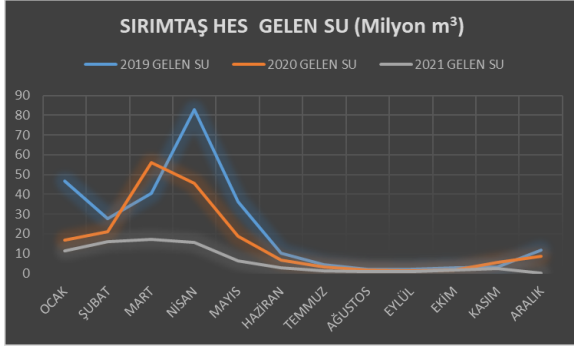
Suyun içme-kullanma ve tarımsal sulama amacıyla kullanılması gerektiğinde enerji üretiminin önceliği 3.sıraya düşmektedir. Çevreci yaklaşımla akarsudaki can suyunun kesintisiz sağlanması gerekliliği ise HES'leri zorlayan diğer önemli bir konudur. Küresel ısınmanın su kaynakları üzerindeki olumsuz etkileri, HES'leri enerji üretimi ile birlikte tarımsal su ve can suyu bırakılması hususlarında sıkıntıya sokmaktadır. Özellikle sulama mevsiminde gelen suyun tamamını nehir yatağına bırakan santraller, tarımsal su ve can suyuna öncelik vermelerine rağmen halkın tepkisi ile karşılaşmaktadırlar. Gelen şikayetler incelendiğinde iklimsel şartların getirdiği kuraklık nedeniyle gerçekleşen balık ölümleri, dere yatağının kuruması, bitkilerin sulanamaması gibi konuların suçlusu HES'ler ilan edilmektedir.

2 HİDROELEKTRİK SANTRAL VERİLERİ ÜZERİNDE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ETKİLERİNİN GÖZLENMESİ

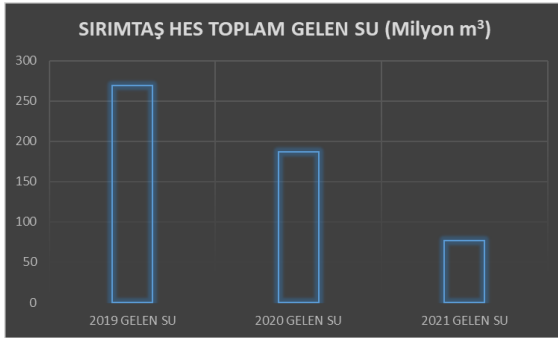
Adıyaman İli sınırları içerisinde yer alan Sırımtaş ve Kandil Hidroelektrik Santrallerinin son 3 yıllık verilerine göz atıldığında küresel iklim değişikliğinin hidroelektrik santral üretim verilerini olumsuz yönde etkilediği net olarak ifade edilebilmektedir.

Aşağıdaki grafiklerden görüleceği üzere yaz aylarından itibaren gelen suyun azalması ile birlikte elektrik üretimi minimum seviyeye düşürülmektedir. İlkbahar dönemi hariç HES lerin elektrik üretiminin toplam elektrik üretimine katkısı hem aylara göre hem yıllara göre giderek azalmaktadır. 2. ve 3. grafikten görüleceği üzere baraja gelen toplam su miktarı yıllara göre düşüşe geçmiştir. Yine 4.ve 5. grafikte su miktarının düşüşüne paralel olarak 2021 senesi için en düşük elektrik üretiminin gerçekleştiğini göstermektedir.

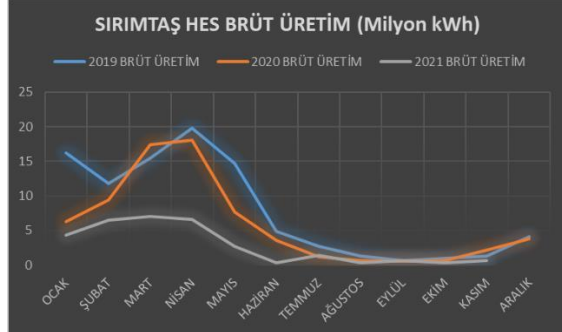
Hidroelektrik santral işletmelerinin ilkbahar mevsimi haricindeki elektrik üretimi ile ilgili handikapı dikkatlerden kaçmamakla birlikte, son yıllarda küresel iklim değişikliğinin toplam elektrik üretimine olan negatif etkisi bariz bir şekilde hissedilmekte ve işletmeciler tarafından özellikle 2021 in verimsiz geçtiği şeklinde, dillendirilmektedir.



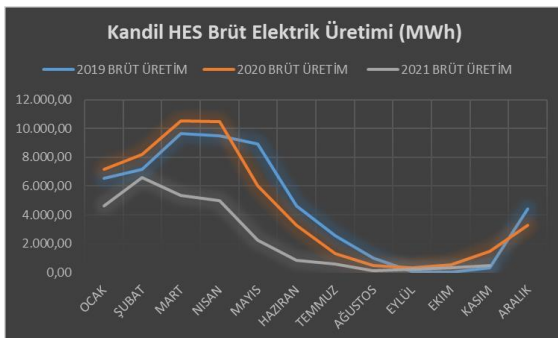
Şekil 2 - Sırımtaş HES Aylara Göre (2019-2020-2021 Yılları) Baraja Gelen Su Miktarı



Şekil 3 - Sırımtaş HES Yıllara Göre (2019-2020-2021) Baraja Gelen Toplam Su Miktarı



Şekil 4 - Sırımtaş HES Aylara Göre (2019-2020-2021 Yılları) Brüt Elektrik Üretim Miktarı



Şekil 5 - Kandil HES Aylara Göre (2019-2020-2021 Yılları) Brüt Elektrik Üretim Miktarı

3 BİR ÇÖZÜM OLARAK HES VE GES HİBRİT UYGULAMASI

Çevreci bakış açısıyla yenilenebilir ve yenilenemez olarak 2 kısımda incelenebilen elektrik santrallerinin her birini birbirinin alternatifi olarak değil tamamlayıcısı olarak düşünmek gerekir. Ülkemizin enerji açısından dışa bağımlılıktan kurtulması açısından her bir potansiyel enerji kaynağından faydalanması önem arz etmektedir. Bununla birlikte arzulanan, yenilenebilir enerji kaynaklarının tercih edilmesidir. Güneş, su, rüzgar gibi yenilenebilir kaynakları kullanan enerji santrallerinde karbondioksit salımı yok denecek kadar az olup, yenilenemez kaynaklı enerji santrallerinde kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil yakıtlar kullanıldığından karbondioksit salımı oldukça yüksektir. Nükleer enerji ise yenilenemez enerji kaynağı olarak kabul edilmekle birlikte, nükleer yakıtın çok fazla enerji içermesi, binlerce yıl tükenmeyecek radyoaktif yakıtın mevcut olması ve radyoaktif atık dışında çevreye diğerleri kadar zararlı olmaması sebebiyle tercih edilmektedir. Hidroelektrik santrallerinin en büyük handikapı ise üzerinde bulunduğu akarsuda hidromorfolojik baskılar ve ekolojik değişikliklere sebep olmasıdır. Güneş ve rüzgâr santrallerinde bu tür baskılar minimum seviyededir.

HES'leri besleyen akarsularda gözlenen debi ve depolanan hacimde belirgin bir şekilde düşüşe sebep olan yağış ve akışın azalışı, buharlaşmanın artmasının da etkisiyle yaz aylarında maksimum seviyeye ulaşmaktadır. Özellikle yaz aylarında elektrik üretimini durdurma seviyesine gelen hidroelektrik santraller mevcuttur. Buna karşın güneş enerji santrallerini oluşturan güneş panelleri, dünyaya gelen güneş ışıklarını elektriğe çevirirler. Bu nedenle özellikle yaz aylarında HES'lerin sahip olduğu bu handikapı, GES'ler avantaja çevirmektedir. HES ve GES in birlikte planlandığı santrallerde birbirine destekleyici olarak her ikisini de kullanarak elektrik üretimi yapılabilecektir. Yüzer GES'in veya açık iletim kanalı üzerine kurulacak olan GES panellerinin HES' e hibrit edilmesi buharlaşma kayıplarını önleyecektir.

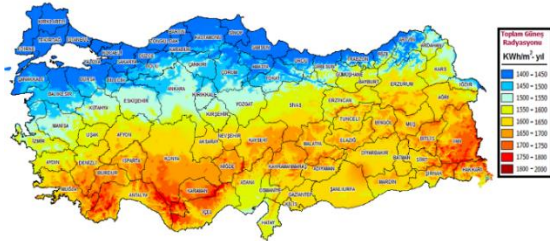
Bu konuya örnek olarak Şekil 6'da görüleceği üzere Adıyaman İlinde bulunan kurulu gücü yaklaşık 36 MW olan Murat HES, hibrit olarak kurulu gücü 10 MW olan güneş enerji santralini 2021 yılı içerisinde tamamlamıştır. Kurulum aşamasında HES inşaatı sırasında kamulaştırılan alan üzerine güneş panellerini yerleştirerek alandan tasarruf etmişlerdir. İki santral toplam 46 MW olarak ülkemize hizmet edebilecek olup, iklim değişikliği ve kuraklığın enerji üretimine olan negatif etkisini azaltıcı olarak görev yapacaktır.

Şekil 7'ye göre ülkemizin değerlendirilmesi gerekli bir güneş enerjisi potansiyeli olduğu görülebilmekte buna ilaveten, şekil 8'den de görüldüğü üzere hidroelektrik için suyun yetersiz olduğu ve sulama amacıyla kullanımın önemli olduğu yaz aylarında güneş enerjisinden faydalanılması kaynakların etkin kullanımı açısından birbirini tamamlayıcı bir unsur olarak kendini göstermektedir.

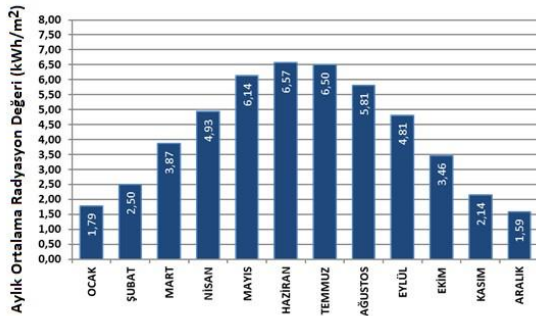
HES kamulaştırılan alanı içerisinde veya açık iletim kanalı üzerine kurulacak olan paneller veya rezervuarlı HES'lerde göl alanı üzerinde yüzer sistemle kurulacak olan GES'in ilk yatırım maliyetinin nispeten azalacak olması, yatırımcıların değerlendirmesi gereken bir avantaj olarak göze çarpmaktadır.



Şekil 6 - Murat HES ve Murat GES Hibrit Model Uygulaması (Burak Bozkurt, Adıyaman,2021)



Şekil 7- Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (www.enerji.gov.tr)



Şekil 8 - Aylara Göre Ortalama Radyasyon Değeri (www.enerji.gov.tr)

4 SONUÇ

Küresel iklim değişikliğinin birincil olarak su kaynaklarını etkileyeceği düşünüldüğünde, sudan elde edilen her şey için acil önlemler alınması gerektiği açıktır. HES'lerde meydana gelebilecek üretim azalışları mutlaka telafi edilmelidir. Su kaynaklarına müdahale edilemeyeceğine göre, enerji kaynağı alternatiflerine yönelenilerle GES ve RES gibi elektrik enerji üretim şekilleri araştırılmalı ve desteklenmelidir. HES'lerin kurak zamanlardaki üretim azlığı hibrit santral kurulumu ve iletim hattı ve göl alanındaki buharlaşma kayıpları handikapları, GES panellerinin iletim hattına veya göl alanına kurulması yoluyla aşılabilmektedir. GES'lerin kurulum alanı açısından handikapı, HES'lerde bulunan alanın değerlendirilmesi yoluyla giderilebilmektedir. Böylece karşılıklı olarak iki yenilebilir enerji kaynağı olan HES ve GES in hibrit edilmesi ile giderilebilen bazı handikaplar yatırımcıya avantaj olarak dönmektedir.

Bu kapsamda Resmi Gazete 8 Mart 2020 tarihli sayısında Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik ile mevcut üretim lisansına sahip depolamalı/depolamasız HES tesislerinin aynı lisans ile yardımcı kaynak olarak GES/RES tesisi kurabilme imkanı verilmiş, akabinde 02.11.2022 tarihli Resmi Gazete'de EPDK'nın kararı ile güç sınırı ile ilgili sınır düzenlenmiş ve ilave mevzuat düzenlemeleriyle yatırımcının önü açılmaya çalışılmıştır. Bununla beraber; ilgili mevzuatlardaki üretim tesis sahasının bütünlüğü olması, orman arazilerinde (ağaç bulunmasa ve kayalık arazi olsa bile) GES kurulumuna izin verilmemesi, şebekeye bağlantı noktasındaki güç sınırı kısıtı kaldırılrsa bile dağıtım yapan iletim hattı ve trafo merkezi kapasitelerinin üretimi sınırlaması gibi handikapların giderilerek yapılacak olan mevzuat ve altyapı iyileştirmeleri; yenilenebilir enerji teşviklerinin yatırımcılar tarafından daha fazla dikkate alınmasını sağlayabilir.

5 KAYNAKLAR

- [1] C.S.Aksay,O.Ketenoğlu,L.Kurt,S.Ü.Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi, Sayı 25 Küresel Isınma ve İklim Değişikliği
- [2] World Meteorological Organization, 2022, WMO No:1290 State of the Global Climate 2021, ISBN (or other code): 978-92-63-11290-3
- [3] S.Albert, JX Leon, AR Grinham, Environmental Research Letters, DOI:10.1088/1748-9326/11/5/054011

- [4] Fıstıkoglu, O., Biberoglu, E., 2008, Küresel İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi ve Uyum Önlemleri, TMMOB İklim Değişimi Semp., 238- 252, 13-14 Mart , Ankara
- [5] Aynur DEMİR, Küresel İklim Değişikliğinin Biyolojik Çeşitlilik ve Ekosistem Kaynakları Üzerine Etkisi, Ankara Üni. Çevre Bilimleri Dergisi, Ekim 2009
- [6] 2019 Yılı DSİ Haritalı İstatistik Bülteni
- [7] Charles Moore, Sarah Brown, Ufuk Alparslan, Elisabet Cremona, Grace Alster, European-Electricity-Review-H1-2021.pdf, July 2021