



EĞİRDİR GÖL HAVZASININ DE MARTONNE YÖNTEMİ İLE KURAKLIK ANALİZİ

Sercan AKTAŞ¹, Ümit Yalçın KALYONCUOĞLU², Nazlı Ceyla ANADOLU KILIÇ³

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

³Süleyman Demirel Üniversitesi, Yalvaç Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Madencilik ve Maden Çıkarma Bölümü, Isparta, Türkiye

Anahtar Kelimeler	Özet
<i>Eğirdir Gölü</i> <i>Hidroloji</i> <i>Kuraklık</i> <i>Küresel ısınma</i>	Türkiye'nin ikinci büyük tatlı su gölü olan ve Göller Bölgesi'nde yer alan Eğirdir Gölü hem bulunduğu bölge hem de Türkiye için son derece önemlidir. İçme ve kullanma suyu kaynağı olan Eğirdir Gölü, bölge turizmüne de önemli katkı sağlamaktadır. Ancak son yıllarda yaşanan iklim değişiklikleri ve yapılan yanlış uygulamalar Eğirdir Gölü'nün ileride kuraklık sorunu ile karşı karşıya kalmasına neden olacaktır. Diğer yandan kuraklık analizleri ile çevresel sorunları azaltmak, tarımsal ve dolaylı olarak da ekonomik sorunlara çözüm üretmek mümkündür. Bu çalışmada da De Martonne yöntemi kullanılarak Eğirdir Gölü Havzası'nın kuraklık analizi yapılmıştır. Böylece söz konusu sahanın kuraklık eğilimine dikkat çekilmek istenmiştir. Bunun için Eğirdir, Senirkent ve Yalvaç Devlet Meteoroloji İstasyonlarından alınan (1975-2015) yağış ve sıcaklık verileri kullanılmıştır. Yapılan analizler neticesinde çalışma alanının "step nemli arası" iklim tipine sahip olduğu belirlenmiştir.

DROUGHT ANALYSIS USING DE MARTONNE METHOD IN THE EĞİRDİR LAKE BASIN

Keywords	Abstract
<i>Eğirdir Lake</i> <i>Hydrology</i> <i>Drought</i> <i>Global warming</i>	Lake Eğirdir, which is the second largest freshwater lake of the Turkey and located in Lakes Region is extremely important for both Lakes Region and the Turkey. Eğirdir Lake, which is a water source for drinking and using, also makes an important contribution to the tourism of the region. However, climate changes in recent years and improper practices will cause Lake Eğirdir to face drought problem in the future. On the other hand, it is possible to reduce environmental problems, to solve agricultural and indirect economic problems with drought analysis. In this study, the drought analysis of the Eğirdir Lake Basin was carried out with using De Martonne method. Thus, it is aimed to draw attention to the drought tendency of the study area. For this, rainfall and temperature data obtained from the Eğirdir, Senirkent and Yalvaç State Meteorological Station (1975-2015) were used. As a result of the analysis, it has been determined that the study area has the "between steppe and humid" climate type.

Alıntı / Cite

Aktaş, S., Kalyoncuoğlu, U. Y., Anadolu Kılıç, N.C., (2018). Eğirdir Göl Havzasının De Martonne Yöntemi İle Kuraklık Analizi, *Journal of Engineering Sciences and Design*, 6(2), 229 – 238.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

Sercan AKTAŞ / 0000-0002-6829-6069

Ümit Yalçın KALYONCUOĞLU / 0000-0002-8745-5598

Nazlı Ceyla ANADOLU KILIÇ / 0000-0002-8769-3510

Başvuru Tarihi / Submission Date	25.02.2018
Revizyon Tarihi / Revision Date	15.05.2018
Kabul Tarihi / Accepted Date	28.05.2018
Yayın Tarihi / Published Date	05.06.2018

* İlgili yazar / Corresponding author: yalcinkalyoncuoglu@sdu.edu.tr, +90-246-211-1352

1. Giriş

Dünya üzerindeki bütün canlıları ilgilendiren su yerine bir başka şeyin ikame edilemeyeceği bir doğal kaynak olarak tanımlanmaktadır.

Yeryüzündeki suyun %97.5'i tuzlu su (deniz ve okyanuslar) ve %2.5'i de tatlı sudan (nehir ve göller) oluşmaktadır. Bu kadar az olan tatlı su kaynaklarının da %68.7'si kutuplar ve buzullarda, %30.1'i yer altı su rezervlerinde, %0.8'i donmuş halde ve %0.4'ü ise yüzey sularında ve atmosferde bulunmaktadır. Tüm canlılar için erişilebilir su olarak tanımlanan miktar ise toplam tatlı suyun sadece %0.4'üdür. Bir başka deyişle yeryüzündeki toplam suyun sadece 1/10.000'i kadardır

(http://sertifika.tema.org.tr/_Ki/CevreKutuphanesi/Documents/2015-Eko-Siyaset-Bildirgesi.pdf).

Oldukça az olan tatlı su miktarı ne yazık ki dünya üzerinde eşit olarak dağılmamıştır. Bu nedenle bazı bölgeler çok fazla miktarda suya sahip olurken bazı bölgeler de su sorunu yaşamaktadır.

Su varlığının değerlendirilmesi genellikle kişi başına düşen miktarı ile yapılmaktadır. Ülkeler yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarına göre su zengini, su azlığı çeken ve su fakiri olmak üzere 3 ayrı kategoride sınıflandırılmaktadır. Yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 8000-10000 m³ ve daha fazla olan ülkeler *su zengini*, 2000 m³'den az olan ülkeler *su azlığı çeken* ve de 1000 m³'den az olan ülkeler ise *su fakiri* olarak tanımlanırlar (FAO, 2002).

Ülkemizde kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1.519 m³ civarındadır. Yani Türkiye sanılanın aksine su zengini bir ülke olmamakla beraber su azlığı çeken ülke kategorisindedir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından yapılan çalışmalara göre ülkemizin nüfusunun 2030 yılında 100 milyon olacağını tahmin edilmektedir. Yaşanacak bu nüfus artışı sonucunda da kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının da 1.120 m³ seviyelerine düşeceği hesap edilmektedir. Bu veriler göz önüne alındığında da ilerleyen yıllarda ülkemizin su fakiri ülke kategorisinde olma yolunda ilerlediği görülmektedir (<http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>).

Bu nedenle gelecek nesillere yeterli miktarda sağlıklı su bırakabilmek için su tüketimi bilinçli bir şekilde yapılmalı ve daha da önemlisi dünyada sınırlı miktarda bulunan su kaynakları çok iyi korunmalıdır.

Ancak günümüzde küresel ısınma ve küresel ısınma sonucu oluşan iklim değişiklikleri, kuraklık, nüfus artışıyla birlikte artan tarımsal ve endüstriyel alanlardaki bilinçsiz su tüketimi, kullanılabilir su kaynaklarının sürdürülebilirliğinin ve verimliliğinin azalmasına neden olmaktadır.

Yapılan bu çalışmada ise su kaynaklarının önemini ortaya koymak ve ileride yaşanabilecek kuraklık sorunlarına dikkat çekmek için Göller Bölgesi'nin önemli su havzalarından biri olan Eğirdir Gölü Havzası'nda De Martonne Yöntemi kullanılarak kuraklık analizi yapılmıştır.

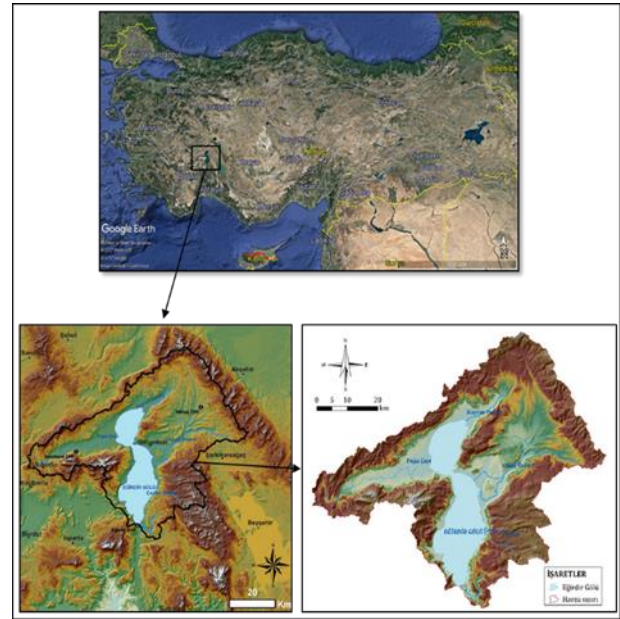
Sonuç olarak bu çalışmada Eğirdir Gölü Havzası'nda gerçekleşmesi muhtemel kuraklık risklerinin değerlendirilmesi ve zararlarının azaltılabilmesi için sıcaklık ve yağış verileri kullanılarak gölün mevcut durumu incelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

2.1.1. Çalışma alanının genel özellikleri

Göller Bölgesi'nde yer alan Eğirdir Gölü (35°37'41" - 38°16'55" K ve 30°44'39"-30°57'43" D) 482 km²'lik yüzölçümü ile Türkiye'nin 4. büyük gölüdür (Şekil 1). Beyşehir Gölü'nden sonra Türkiye'nin en büyük 2. tatlı su gölü olan Eğirdir Gölü Isparta ilinin içme suyu ihtiyacının bir kısmını karşılamaktadır. Doğal içme suyu havzası olmasının yanı sıra biyolojik çeşitlilik bakımından da uluslararası öneme sahip olan Eğirdir Gölü, bölgeye tarımsal amaçlı su kullanımı, turizm vb. konularda da yarar sağlamaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanı lokasyon haritası (Aktaş, 2018)

"A Sınıfı Sulak Alan" listesinde yer alan Eğirdir Gölü'nün maksimum su kotu ile çevrelenen su alanı "I. Derece Doğal Sit Alanı" olarak belirlenmiştir. Maksimum su kotundan itibaren 300 m'lik bir bant ise "III. Derece Doğal Sit Alanı" olarak kabul edilmiştir (Keskin vd., 2017).

Dik kayalara, düz ve sığ bir tabana sahip olan Eğirdir

Gölü kuzey-güney uzanımlı büyük bir çöküntü alanının kuzey sınırında rift tektoniğine bağlı olarak oluşmuştur (Yaman, 2007).

Eğirdir Gölü'nün kıyı uzunluğu 150 km olup denizden yüksekliği 917 m'dir. Kuzey-güney uzunluğu 50 km olan gölün doğu-batı genişliği 3-16 km arasında değişmektedir. Yaklaşık olarak 3.309 km'lik bir havzanın sularını toplayan Eğirdir Gölü'nün derinliği ortalama 8-9 km olup en derin noktası ise 13-14 m'dir (Altınkale, 2001; Terzi, 2004; Kesici ve Kesici, 2006).

Eğirdir Gölü orta kısmında, doğu batı doğrultusunda bir daralma göstererek iki ayrı kısma ayrılır. Kuzeyde kalan küçük kısım *Hoyran Gölü*, güneyde kalan kısım ise *Eğirdir Gölü* olarak adlandırılır (Şener, 2010). Hoyran Bölgesi daha sığ olup, sazlık bölgeler havzada ve boğaz bölgesinde daha geniş alanları kapsar. Su kuşları için önemli alanların bulunduğu bu bölgenin kıyı kesimlerinde elma bahçeleri ve tarım alanları bulunmakta, bataklık alanlar ise daha çok gölün kuzeybatısında yer almaktadır (Coşkun ve Ertan, 2016).

İç Anadolu karasal iklimi ile Akdeniz ılıman iklimi arasında bir geçiş noktası üzerinde konumlanan Eğirdir Gölü ve çevresi yağış ve sıcaklık özellikleri bakımından karasal iklime daha yakındır. Yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve kar yağışlı olan bölgede yazın konvektif, kışın depresyonik yağışlar hakim olmakla birlikte orografik yağışlar da görülmektedir (Başayığıt ve Dinç, 2016; Göncü vd., 2017).

Eğirdir Gölü'nün beslenimi yağış, yüzeysel akış ve göl içindeki kaynak sularıdır. Gölün boşalımı ise; sulama suyu alımı, buharlaşma, içme suyu alımı ve yüzeysel (Kovada Kanalı) akıştır. Ayrıca, gölün batı kenarında bulunan düdenlerden de su kaybı olmaktadır (Davraz, 2011).

2.2. Yöntem

Hava sıcaklıklarının mevsim normallerinin çok üzerine çıkması ve yıllık yağış ortalamalarının ise mevsim normallerinin altına düşmesinin sebep olduğu doğa kaynaklı afet *kuraklık* olarak tanımlanmaktadır.

Kuraklık afeti meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal olmak üzere 3 ayrı kategoride incelenir. *Meteorolojik kuraklık* yağışların mevsim ortalama değerlerinin %80'in altına indiği geçici dönemler olarak tanımlanmaktadır. *Hidrolojik kuraklık* da barajlar, göller, göletler ve yer altı su seviyesinin uzun süreli yıllık ortalamalarının altına indiği geçici dönemi tanımlamaktadır. *Tarımsal kuraklık* ise insan ve diğer canlıların ihtiyacı olan su nemin yeterli ölçüde bulunmadığı dönemleri tanımlamaktadır (AFAD, 2014).

Meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal kuraklık

sonucunda ortaya çıkan *sosyoekonomik kuraklık* ise kuraklık dönemlerinde ekonomik malların arz ve talebiyle ilgili bir kavramdır (Yetmen, 2013).

Kuraklık, tüm iklim kuşaklarında görülebilen ancak etki derecesinin bölgeden bölgeye değişiklik gösterdiği bir doğa olayıdır. Örneğin; Avrupa'da 2005 yılında yaşanan kuraklık Avrupa'nın birçok bölgesini etkilerken 2007-2008 yıllarında meydana gelen kuraklık ise en çok Akdeniz Havzasını etkilemiştir (<http://www.wwf.org.tr/?2620>). Bu nedenle farklı iklim kuşaklarında farklı kuraklık tanımlamalarının yapılması mümkündür.

Kuraklığın belirlenmesi, değerlendirilmesi ve müdahale süreçlerinin geliştirilmesi için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu süreçlerin yürütülebilmesi için de kuraklık indekslerine ihtiyaç duyulmaktadır. Uzun dönemli meteorolojik gözlem ve kayıtlar esas alınarak aşırı yağışlı ve aşırı kurak dönemleri aylar veya yıllar şeklinde gösteren *kuraklık indeksi* olarak tanımlanır. Ancak bilinen bütün iklim tiplerinde yaşanması muhtemel kuraklıkların belirlenmesi ve değerlendirilmesi için geçerli olan bir indeks bulunmamaktadır.

İklim sınıflandırması uygulamalarının da temelini oluşturan ve Türkiye'de de uygulanmış önemli kuraklık indekslerinden bazılarını;

- ✓ Erinç İndeksi
- ✓ De Martonne Yöntemi
- ✓ Thornthwaite Yöntemi
- ✓ Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi
- ✓ Normalin Yüzdesi İndeksi
- ✓ Standart Yağış İndeksi

şeklinde sıralamak mümkündür.

Kuraklığın tespitinde kullanılan değişkenleri ise;

- ✓ Yağış
- ✓ Sıcaklık
- ✓ Yer altı ve yer üstü su seviyeleri
- ✓ Yüzeysel akışı
- ✓ Kar miktarı
- ✓ Toprağın nem muhtevası
- ✓ Kısa, orta ve uzun vadeli projeksiyonlar,
- ✓ Bitki örtüsü vb.

olarak sıralamak mümkündür (http://suyonetimi.ormansu.gov.tr/Libraries/su/Kuraklik%20B1k%20Y%C3%B6netimi_%20Eube%20Sunu%20mu.sflb.ashx).

Kuraklık indeksi hesaplamasında kullanılan değişkenler uygulanacak yöntemlere göre farklılık göstermektedir. Örneğin; bazı yöntemlerde bir iki değişken yeterli olurken bazılarında çok sayıda değişkene ihtiyaç duyulmaktadır. Az sayıda değişken ile yapılan hesaplamalarda, hidrolojik sürekliliğin bir

parçası olan potansiyel evapotranspirasyon, buharlaşma, terleme veya zemin nemini içeren çeşitli fiziksel olayların etkisi ihmal edilmektedir. Çok fazla değişken kullanılarak yapılan hesaplamalarda ise birden fazla parametrenin ağırlıkları hesaplanırken tahmin hatalarından kaynaklı belirsizlikler sorun yaratmaktadır (Bacanlı vd., 2017).

Yapılan bu çalışmada ise Eğirdir Gölü Havzası'ndaki kuraklığı belirlemek için De Martonne Yöntemi kullanılmıştır.

Sıcaklık ve yağış verileri üzerine kurgulanan De Martonne Yönteminin temeli, buharlaşmanın iklim ve kuraklık üzerine etkisine dayanmaktadır (https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari/Demartonne.pdf).

De Martonne Yönteminde değişken olarak kullanılan sıcaklık ve yağış verileri aylık ve yıllık olarak incelenmektedir. Yıllık ortalama yağış ve sıcaklık verilerinin yanında, Temmuz ve Ocak ayı sıcaklık ve yağış ortalamaları arasındaki ilişki de hesaplamada göz önünde bulundurulmaktadır. Yıllık yağış miktarı yağışlı ve kurak iklimleri ayırmaya olanak sağlar. Kurak devrelerin tespitinde aylık yağışların yanında buharlaşma da önemli bir parametredir (DMİ, 1972).

De Martonne (1942), tarafından oluşturulan formüle göre elde edilen indeks değeri;

$$I_a = \frac{1}{2} * \left(\frac{P}{T+10} + \frac{12*Pd}{Td+10} \right) \quad (1)$$

şeklinde hesaplanır.

Burada;

10: Sıcaklığın 0°C'nin altında olduğu yerlerde sıcaklık değerini pozitif yapmaya yarayan sabit bir sayıdır

Ia: De Martonne Kuraklık İndeksi

P: Yıllık Toplam Yağış (mm)

T: Yıllık Ortalama Sıcaklık (°C)

Pd: En Kurak Ayın Yağışı (mm)

Td: En Kurak Ayın Ortalama Sıcaklığı (°C)

değerlerini temsil etmektedir.

Oluşturulan bu formülde yıllık yağış toplamı ve yıllık ortalama sıcaklık değerlerinin yanına en kurak ayın yağış ve sıcaklık değerleri de alınmıştır. Bu değer en küçük indeks değeri olan ayın değeridir. Yıllık toplam değere bu değer 12 ile çarpılmış hali eklenmiş ve sonuç 2'ye bölünerek indeks değeri hesaplanmıştır (https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari/Demartonne.pdf).

Elde edilen kuraklık indeksi değerleri ise Tablo 1'e göre değerlendirilir ve iklim özellikleri elde edilir.

Tablo 1. De Martonne İndeksi ve İklim Tipleri (KŞM,

2014)

Kuraklık İndeksi	İklim Tipi
0-5	Çöl
5-10	Step (Yarı Kurak)
10-20	Step-Nemli Arası
20-28	Yarı Nemli
28-35	Nemli
35-55	Çok Nemli
>55	Islak
<0 (T < -5°C)	Kutupsal

De Martonne kuraklık indeksi değerinin belirlenmesi sırasında gerekli olan ortalama sıcaklık ve ortalama yağış verilerinin elde edilebilmesi için ise *Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi* (Inverse Distance Weighting – IDW) kullanılmıştır.

IDW, bilinen örnek noktalara ait değerlerin yardımıyla örneklenmeyen noktalara ait hücre değerlerinin belirlenmesi için kullanılan bir enterpolasyon tekniğidir. (Taylan ve Damçayırı, 2016).

IDW enterpolasyon tekniği enterpole edilecek yüzeyde yakındaki noktaların uzaktaki noktalarda daha fazla ağırlığa sahip olması temeline dayanır. Bu teknik enterpole edilecek noktadan uzaklaştıkça ağırlığı da azaltan ve örneklem noktalarının ağırlıklı ortalamasına göre bir yüzey enterpolasyonu yapar. IDW, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Ara değer üreticisi olarak tanımlanan IDW verilerin değerlerini pekiştirmektedir (Demircan vd., 2013).

IDW tahmincisi

$$\hat{z}(x_0) = \frac{\sum_{i=1}^n z(x_i) \cdot d_{i0}^{-r}}{\sum_{i=1}^n d_{i0}^{-r}} \quad (4)$$

şeklinde hesaplanır.

Burada;

x_0 : Tahminlerin yapıldığı lokasyon (komşu ölçüleri n'nin bir fonksiyondur)

x_i : Gözlem lokasyonu

r: Gözlemlerin her birinin atanmış ağırlığını belirleyen üst

d: gözlem lokasyonu x_i ile tahmin lokasyonu x_0 arasındaki mesafe

olarak tanımlanır.

Üs büyüdükçe, tahmin lokasyonundan uzak mesafedeki gözlemlerin atanmış ağırlığı küçülür. Üssün artması, tahminlerin en yakınındaki gözlemlere çok benzediğini gösterir (Demircan vd, 2011).

3. Araştırma Bulguları

Yapılan bu çalışmada, Eğirdir Gölü Havzası özelliklerini yansıtabilme için konum itibari ile çalışma alanına uygun olan Eğirdir, Senirkent ve Yalvaç Devlet Meteoroloji İstasyonlarında (DMİ) alınan 1975-2015 yıllarına ait sıcaklık ve yağış verileri kullanılmış ve bu verilere ait grafikler hazırlanmıştır.

Bu aşamada öncelikle çalışma alanı çerisinde yer alan önemli noktaların coğrafik koordinatları ile rakım değerleri belirlenmiştir (Tablo 2).

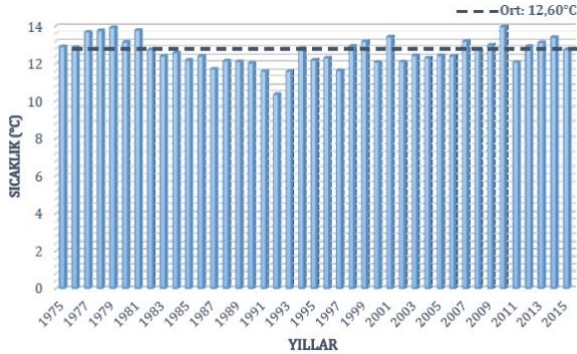
Tablo 2. İnceleme Alanı İçin Gerekli Coğrafik Konumlar

İstasyon Adı	Enlem (°K)	Boylam (°D)	Rakım (m)
Eğirdir	37°51'	30°49'	917 m
Senirkent	38°06'	30°33'	959 m
Yalvaç	38°17'	31°10'	1096 m

3.1. Sıcaklık

1975-2015 yıllarına ait sıcaklık verileri Eğirdir, Senirkent ve Yalvaç ilçe Devlet Meteoroloji İstasyonlarından (DMİ) alınarak bölge için genel bir değerlendirme yapılmıştır.

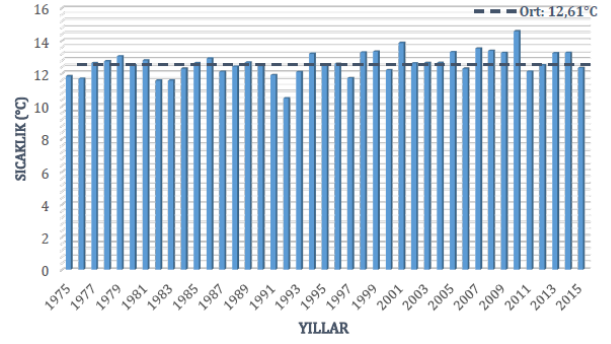
Eğirdir DMİ verilerine göre 1975-2015 yılları arasında sıcaklığın en düşük olduğu yıl 1992, en yüksek olduğu yıl ise 2010'dur (Şekil 2).



Şekil 2. Eğirdir DMİ verilerine göre 1975-2015 yılları arasındaki bölgedeki yıllık ortalama sıcaklık değişimi (Aktaş, 2018)

Eğirdir DMİ verilerine göre bölgenin ortalama sıcaklığı ise 12.60°C olarak hesaplanmıştır.

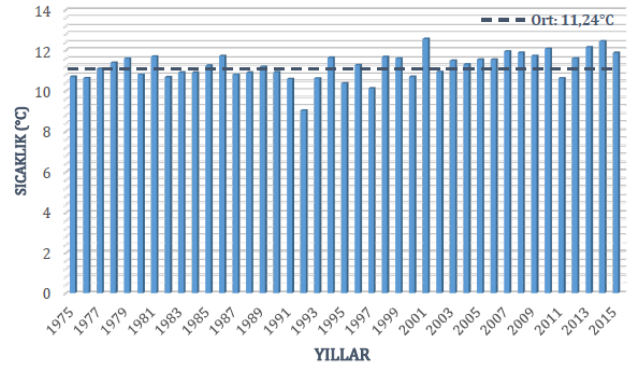
Senirkent DMİ verilerine göre 1975-2015 yılları arasında sıcaklığın en düşük olduğu yıl 1992, en yüksek olduğu yıl ise 2010'dur (Şekil 3).



Şekil 3. Senirkent DMİ verilerine göre 1975-2015 yılları arasındaki bölgedeki yıllık ortalama sıcaklık değişimi (Aktaş, 2018)

Senirkent DMİ verilerine göre bölgenin ortalama sıcaklığı ise 12.61°C olarak hesaplanmıştır.

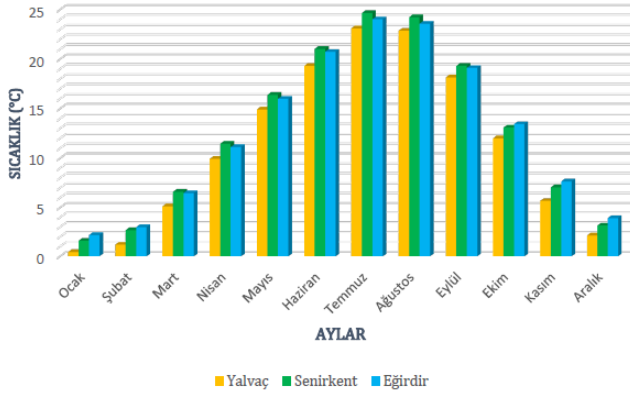
Yalvaç DMİ verilerine göre 1975-2015 yılları arasında sıcaklığın en düşük olduğu yıl 1992, en yüksek olduğu yıl ise 2001'dir (Şekil 4).



Şekil 4. Yalvaç DMİ verilerine göre 1975-2015 yılları arasındaki bölgedeki yıllık ortalama sıcaklık değişimi (Aktaş, 2018)

Yalvaç DMİ verilerine göre bölgenin ortalama sıcaklığı ise 11.24°C olarak hesaplanmıştır.

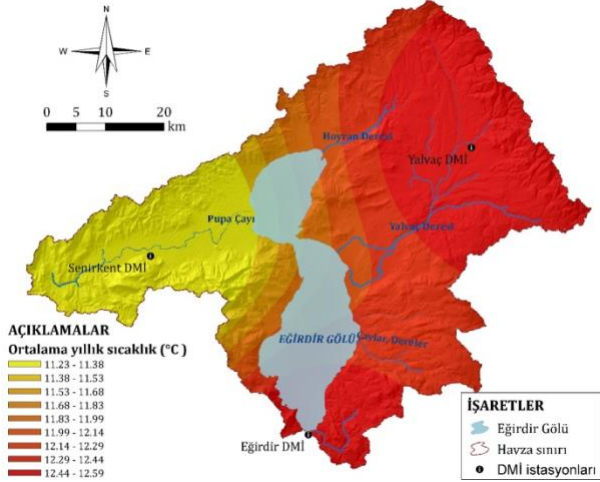
Üç istasyondan elde edilen verilerin aylık ortalama sıcaklık değerlerinin birbiri ile karşılaştırılması sonucunda en düşük sıcaklık değerlerinin Yalvaç DMİ'de alınan verilerde olduğu gözlenmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Eğirdir, Senirkent ve Yalvaç DMİ verilerine göre 1975-2015 yılları arasındaki aylık ortalama sıcaklık değişimleri (Aktaş, 2018)

En yüksek sıcaklık değerini ise Ocak, Şubat, Ekim, Kasım ve Aralık aylarında Eğirdir DMİ'den alınan veriler verirken Mart, Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında ise Senirkent DMİ'den alınan veriler vermiştir.

Son olarak her üç istasyondan alınan 1975-2015 yılları arasındaki sıcaklık verilerine IDW yöntemi uygulanmış ve Eğirdir Gölü Havzası için ortalama sıcaklık haritası üretilmiştir (Şekil 6).



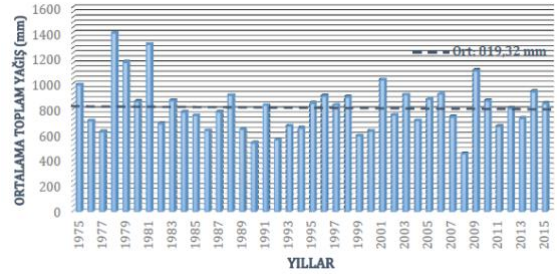
Şekil 6. Eğirdir Gölü Havzası ortalama sıcaklık haritası (Aktaş, 2018)

Çalışma alanı içerisinde yükseklik arttıkça sıcaklık değerlerinde bir azalma yaşandığı gözlenmiştir.

3.2. Yağış

1975-2015 yıllarına ait yağış verileri Eğirdir, Senirkent ve Yalvaç ilçe Devlet Meteoroloji İstasyonlarından (DMİ) alınarak bölge için genel bir değerlendirme yapılmıştır.

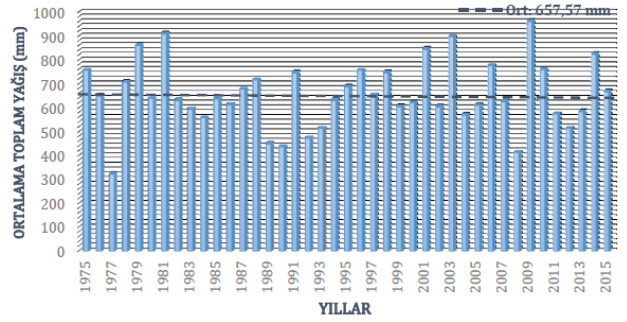
Eğirdir DMİ verilerine göre 1975-2015 yılları arasında yağış miktarının en fazla olduğu yıl 1978 iken en az olduğu yıl ise 2008 yılıdır (Şekil 7).



Şekil 7. Eğirdir DMİ verilerine göre 1975-2015 yılları arasındaki bölgedeki yıllık ortalama yağış değişimi (Aktaş, 2018)

Eğirdir DMİ verilerine göre bölgedeki yağış miktarı ortalaması 819.32 mm olarak hesaplanmıştır.

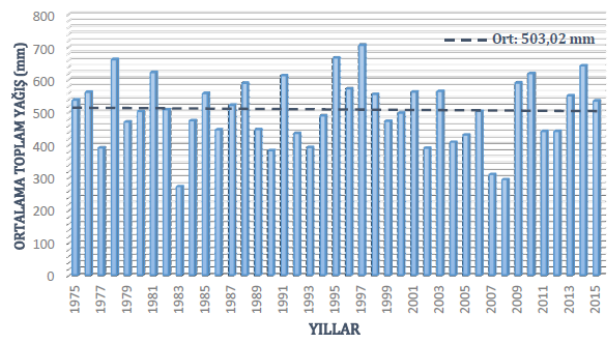
Senirkent DMİ verilerine göre 1975-2015 yılları arasında yağış miktarının en fazla olduğu yıl 2009 yılı iken en az olduğu yıl ise 1977 yılıdır (Şekil 8).



Şekil 8. Senirkent DMİ verilerine göre 1975-2015 yılları arasındaki bölgedeki yıllık ortalama yağış değişimi (Aktaş, 2018)

Senirkent DMİ verilerine göre bölgedeki yağış ortalaması 657.57 mm olarak hesaplanmıştır.

Yalvaç DMİ verilerine göre 1975-2015 yılları arasında yağışın en fazla olduğu yıl 1997 yılı iken en az olduğu yıl ise 1983'dür (Şekil 9).

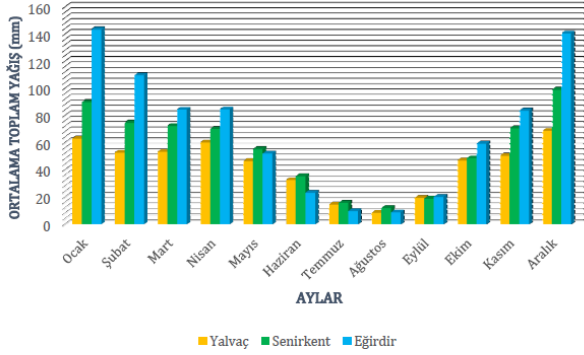


Şekil 9. Yalvaç DMİ verilerine göre 1975-2015 yılları arasındaki bölgedeki yıllık ortalama yağış değişimi (Aktaş, 2018)

Senirkent DMİ verilerine göre bölgedeki yağış

ortalaması 503.02 mm olarak hesaplanmıştır.

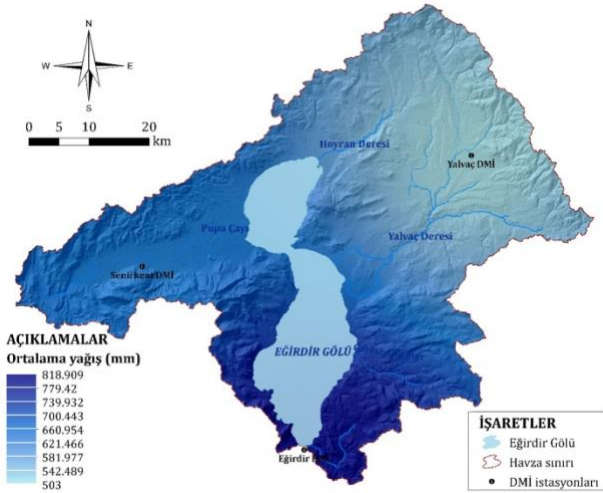
Üç istasyondan elde edilen verilerin aylık ortalama yağış değerlerinin birbiri ile karşılaştırılması sonucunda en fazla yağış miktarının Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Eylül, Ekim, Kasım ve Aralık aylarında Eğirdir DMİ'den alınan verilerde gözlemlendiği belirtilmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Eğirdir, Senirkent ve Yalvaç DMİ verilerine göre 1975-2015 yılları arasındaki aylık ortalama yağış değişimleri (Aktaş, 2018)

Buna karşılık Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında ise en fazla yağış miktarı Senirkent DMİ'den alınan verilerde gözlenmiştir.

Son olarak her üç istasyondan alınan 1975-2015 yılları arasındaki yağış verilerine IDW yöntemi uygulanmış ve Eğirdir Gölü Havzası için ortalama yağış haritası üretilmiştir (Şekil 11).



Şekil 11. Eğirdir Gölü Havzası ortalama yağış haritası (Aktaş, 2018)

Çalışma alanı içerisinde yükseklik arttıkça yağış miktarında bir azalma yaşandığı gözlenmiştir.

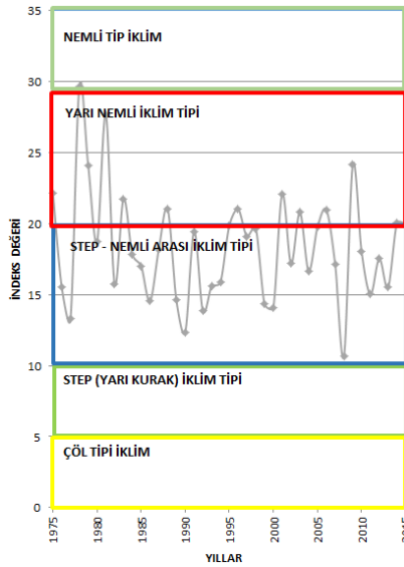
3.3. Yağış ve Sıcaklık Verileri Kullanılarak Kuraklığın Belirlenmesi

Eğirdir Göl Havzasının De Martonne Yöntemine göre kuraklık analizinin yapılabilmesi için gerekli olan parametreler ve yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen yıllara ait kuraklık indeks değerleri tablo halinde verilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. De Martonne Yönteminde Kullanılan Parametreler ve Yıllara Göre Kuraklık İndeks Değerleri (Aktaş, 2018)

Yıllar	P	T	Pd	Td	Ia
1975	997.00	12.89	3.30	20.50	22.15
1976	715.10	12.85	0.30	19.70	15.56
1977	627.30	13.67	1.40	17.80	13.30
1978	1404.70	13.74	0.70	25.60	29.62
1979	1171.50	13.91	0.50	24.30	24.09
1980	863.90	13.13	1.20	24.30	18.71
1981	1314.90	13.77	0.90	24.10	27.66
1982	690.70	12.73	3.80	21.30	15.73
1983	871.40	12.39	14.90	22.80	21.73
1984	780.50	12.56	4.30	20.70	17.84
1985	755.40	12.16	0.10	22.60	17.02
1986	639.20	12.39	3.00	24.10	14.53
1987	781.50	11.70	0.80	19.60	18.16
1988	914.30	12.13	2.60	18.80	21.04
1989	647.50	12.09	0.60	23.80	14.61
1990	539.40	12.02	2.00	24.00	12.35
1991	838.00	11.58	2.50	23.00	19.45
1992	565.20	10.34	0.80	-3.60	13.85
1993	671.80	11.58	0.40	18.60	15.58
1994	655.50	12.80	9.50	20.70	15.86
1995	851.80	12.18	4.60	23.10	19.83
1996	907.70	12.29	5.60	23.00	21.02
1997	841.00	11.62	0.40	23.30	19.07
1998	899.10	12.92	0.90	24.80	19.66
1999	596.70	13.18	9.30	20.70	14.32
2000	633.40	12.06	0.50	23.20	14.09
2001	1034.70	13.42	0.50	25.20	22.09
2002	760.10	12.08	1.00	24.00	17.18
2003	919.20	12.42	1.60	24.00	20.78
2004	716.50	12.29	3.60	22.60	16.66
2005	884.50	12.42	1.40	24.20	19.75
2006	925.20	12.39	2.60	23.60	20.96
2007	743.60	13.18	5.50	19.40	17.12
2008	454.90	12.72	3.80	24.50	10.66
2009	1106.60	12.98	0.70	23.10	24.13
2010	869.00	13.95	0.10	19.00	18.02
2011	669.20	12.07	0.10	25.00	15.02
2012	810.50	12.90	0.10	25.80	17.52
2013	732.40	13.12	0.10	24.20	15.52
2014	941.60	13.39	0.10	24.40	20.02
2015	849.70	12.73	3.00	2.30	19.96

Yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen indeks değerlerinin yıllara göre değişimi ise grafik şeklinde gösterilmiştir (Şekil 12).

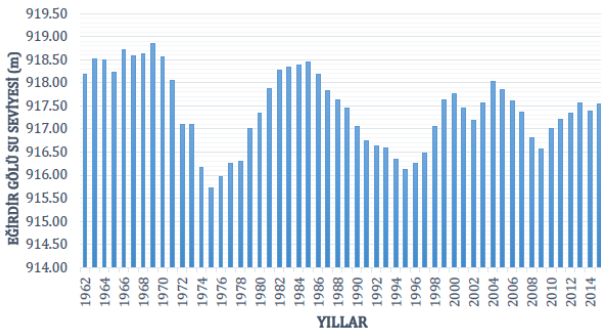


Şekil 12 Eğirdir Göl Havzası kuraklık indeks değerlerinin yıllara göre değişimi

Elde edilen indeks değerlerine göre inceleme yapılan zaman aralığında Eğirdir Göl Havzası'nda çöl ve step (yarı kurak) iklim tipinin görülmediği gözlenmiştir. Buna karşılık çalışma alanında genellikle step-nemli arası iklim tipinin hakim olduğu görülmektedir. Yarı nemli iklim tipinin de görüldüğü çalışma alanında sadece 1978 yılında nemli iklim tipi gözlenmiştir.

Eğirdir Göl Havzası'ndaki kuraklığın sağlıklı bir şekilde yorumlanabilmesi için kuraklık indeks değerleri Eğirdir Gölü seviye değişimleri ile birlikte yorumlanmıştır.

Bunun için öncelikle yıllara bağlı olarak Eğirdir Gölü'ndeki seviye değişimleri belirlenmiştir (Şekil 13).



Şekil 13. 1962-2015 yılları arasında Eğirdir Gölü'ndeki Su Seviyesi Değişimi (Aktaş, 2018)

Çalışma alanı içerisinde en düşük kot seviyesi 1974 yılında gözlenmiştir.

Çalışma alanı farklı zaman dilimlerine bölünerek kuraklık indeks değerleri ile Eğirdir Gölü su seviye değişimleri birlikte yorumlanmıştır.

Buna göre; 1975-1985 yılları arası kuraklık indeks

ortalaması 20.63 ile "yarı nemli" kategorisindedir. Bu yıllarda göl su seviyesi ise yükseliş eğilimi göstermektedir.

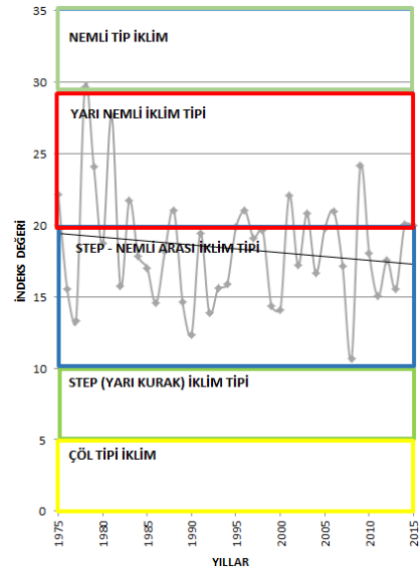
1985-1995 yılları arası kuraklık indeksi ortalaması 16.24 ile "step-nemli arası" seviyesinde devam ederek dengeli bir seyir izlenmiştir. Bu dönemde göl suyu seviyesinde bir azalma gözlenmiştir.

1995-2005 yılları arası kuraklık indeksi ortalaması 18.47 ile "step-nemli arası" iklim tipi ile bir önceki zaman dilimi ile uyumlu bir seyir izlenmiştir. Dönem içerisinde göl suyu seviyesinde artış ve azalış eğilimlerinde değişkenlik gözlenmiştir. 2004 yılında su seviyesi en yüksek değerine ulaşmıştır.

2005-2015 yılları arası kuraklık indeksi ortalaması 18.06'dir. "Step-nemli arası" iklim tipinin görüldüğü bu dönem içerisinde 2009 yılında göl suyu seviyesi oldukça düşük seviyelere inmiştir. 2009-2013 yılları arasında göl su seviyesinde bir artış gözlenmiş olmasına rağmen 2014 yılındaki azalış ve 2015 yılındaki artış ile bir düzensizlik sergilemektedir.

Sonuç olarak çalışma alanının 1975-2015 yılları için genel olarak kuraklık indeksi ortalaması 18.34 olarak hesaplanmış ve "step nemli arası" kategorisinde olduğu belirlenmiştir.

Çalışmanın en son aşamasında ise bölgedeki kuraklık indeks değeri eğilimi belirlenmiştir (Şekil 14).



Şekil 14. Eğirdir Göl Havzası kuraklık eğilim çizgisi

Eğirdir Göl Havzası'nda 1975 yılından 2015 yılına yaklaşıldıkça kuraklık eğilim çizgisinin step-nemli arası iklim tipinden uzaklaştığı ve step (yarı kurak) iklim tipine yaklaştığı görülmektedir.

Bu durum inceleme alanının gerekli tedbirler alınmadığı takdirde ileride kuraklık sorunu ile karşı karşıya kalabileceğini göstermektedir.

4. Sonuç ve Tartışma

Kuraklık analizleri özellikle su kaynaklarının verimli kullanılmasının sağlanması ayrıca tarımsal ve meteorolojik çalışmalar açısından oldukça önemlidir.

Göller Bölgesi'nde sıcaklık artışlarının yoğun olarak yaşanması ve bölgenin küresel ısınmaya maruz kalan bölgeler arasında yer alması nedeniyle bölgede yaşanacak iklim değişikliklerinin su kaynakları üzerindeki etkisinin önceden tespit edilmesi çok önemlidir.

Bu çalışmada Eğirdir Gölü Havzası iklim değişiklikleri değerlendirilmesi için gerekli olan 1975-2015 yılları arasındaki veriler Eğirdir Gölü'nü temsil eden Isparta ilinin 3 ilçesine (Eğirdir, Senirkent, Yalvaç) ait Devlet Meteoroloji İstasyonlarından sağlanmıştır.

Yapılan değerlendirmeler sonunda 1975- 2015 yılları için genel olarak kuraklık indeks değeri ortalaması 18,35 ile "step nemli arası" iklim tipindedir. Ancak kuraklık eğilim çizgisinin 1975'den 2015'e azalan trend izlemesi "step-nemli" arası iklim tipinden "step (yarı kurak)" iklim tipine doğru gidişin olduğunu göstermektedir.

Bu sonuç dikkate alındığında; Eğirdir Gölü etrafındaki tarım alanlarının kaçak veya legal su kullanımı, çevre illere içme suyu sağlanması ve Karacaören Baraj Gölü'ne su aktarımı düşünülürse bu su salınımlarının oldukça dikkatli ve tasarruflı yapılmasının gereği ortaya çıkmaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 4557-YL1-16 no'lu proje kapsamında desteklenmiştir.

Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar

AFAD, 2014. Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü, T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.

Aktaş, S., 2018. Eğirdir Gölü Beslenme havzası ve Gölün Geleceği, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 72 s., Isparta.

Altınkale, S., 2001. Eğirdir ve Burdur Göllerinin Hidrojeokimyasal ve İzotop Jeokimyasal Karşılaştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 59 s., Isparta.

Bacanlı, Ü.G., Baran, T. ve Dikbaş, F., 2017. Pamukkale University Journal of Engineering Sciences, 23(3), 232-237.

Başayığıt, L. Ve Dinç, U., 2016. Uydu Görüntüleri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Eğirdir Gölü Havzası Erozyon Risk Haritalarının Oluşturulması, 6. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL- CBS 2016), 5-7 Ekim 2016, Adana.

Coşkun, D. ve Ertan, Ö.O., 2016. Eğirdir Gölü (Hoyran Bölgesi) Fitoplanktonik Alg Florası Üzerine Bir Araştırma, Suleyman Demirel University Journal of Natural and Applied Sciences, 20, 1, 16-26.

Davraz, A., 2011. Isparta Ovasının Hidrojeoloji İncelenmesi, SDUGEO e-dergi, 19-23.

De Martonne, E., 1925. Traité de Géographie Physique. A. Colin, Paris.

De Martonne, E., 1942. Nouvelle Carte Modiale de l'indice d'aridité. Annaes de Géographie, 51:242-250.

Demircan, M., Alan, İ. Ve Şensoy, S., 2011. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Sıcaklık Haritalarının Çözünürlüğünün Artırılması, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultay, 18-22 Nisan 2011, Ankara.

Demircan, M., Arabacı, H., Bölük, E., Akçakya, A., Şensoy, S. ve Ekici, M., 2013. İklim Normalleri ve 1981-2010 Sıcaklık Normallerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Topografya Kullanarak Yüksek Çözünürlüklü Grid Veri Setinin Üretilmesi, 6th Atmospheric Science Symposium-ATMOS 2013, 3-5 Haziran 2013, İstanbul.

FAO, 2002. Crops and Drops: Making the Best Use of Water for Agriculture, Rome, 22 p.

Göncü, S., Albek, E.A ve Albek, M., 2017. Burdur, Eğirdir, Sapanca ve Tuz Gölleri Su Seviyelerinin Nonparametrik İstatistik Yöntemler ile Eğilim Analizi, Afyon Kocatepe University Journal of Sciences and Engineering, 17, 055401, 555-570.

http://kursatozcan.com/~kursatoz/ders_notlari/hidrojeoloji/irfan_yolcubal_hidrojeoloji.pdf

<http://sertifika.tema.org.tr/ Ki/CevreKutuphanesi/Documents/2015-Eko-Siyaset-Bildirgesi.pdf>

<http://suyonetimi.ormansu.gov.tr/Libraries/su/Kuraklik%20Yonetimi%20Eube%20Sunumu.sflb.ashx>
<http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>

<http://www.wwf.org.tr/?2620>

https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflan_dirmalari/Demartonne.pdf

Kesici, E. ve Kesici, C. 2006. Eğirdir Gölü (Isparta)'nın Doğal Yapısının Yapılan Müdaalelerin Gölün Ekolojik Yapısına Etkileri, Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 23 (1/1), 99-103.

Keskin, M.E., Aksoy, Y.R., Aksoy, A.S. ve Yılmazkoç, B., 2017. Journal of Engineering Sciences and Design, 5(3), 601-608.

KŞM, 2014. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Klimatoloji Şube Müdürlüğü kalaba, Ankara, Türkiye.

Şener, Ş., 2010. Eğirdir Göl Suyu ve Dip Sedimanlarının Hidrojeokimyasal İncelenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 348 s., Isparta.

Taylan, E.D. ve Damçayırı, D., 2016. Isparta Bölgesi Yağış Değerlerinin IDW ve Kriging Enterpolasyon Yöntemleri İle Tahmini, İMO Teknik Dergi,, 7551-7559, Yazı 459 Teknik Not.

Terzi, Ö., 2004. Eğirdir Gölü'ne Ait Buharlaşma Modellerinin Geliştirilmesi ve Uygulaması, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 124 s., Isparta.

Yaman, E., 2007. Eğirdir ve Kovada Göl Havzası Oluşumu ve Hidrolojik Değerlendirilmesi. Eğirdir Gölü Yönetim Planı Çalıştayı, 22 Mayıs, Isparta.

Yetmen, H., 2013. Türkiye'nin Kuraklık Analizi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 194 s., Ankara.