

Çeşitli Kuraklık İndisleri ile Batman İlinin Kuraklık Analizi ve Kontur Haritalarının Çıkarılması

Murat Batan^{1,*}

¹Batman Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 72100, Batman.

Özet

Küresel iklim değişikliği ile kuraklık ve taşkın gibi doğal afetlerde artış gözlenmiştir. Bu nedenle literatürde kuraklık, taşkın gibi doğal afetler üzerine birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmada genel olarak iklim yönünden kurak bir bölge olan Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Batman ilinde çeşitli kuraklık indisleri ile kuraklık analizi yapılmıştır. Sadece yağış verilerini dikkate alan Normalin Yüzdesi İndisi (NYİ), Modifiye Fournier İndisi (MFI) ve Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) ile; yağış ve sıcaklık verilerini birlikte dikkate alan De Martonne-Gotmann İndisi (DMGI) ve Bagnauls-Gausson İndisine (BGI) göre analizler yapılmıştır. Bu analizlerde Batman iline ait 1988-2018 yılları arası Meteoroloji Bölge Müdürlüğünden temin edilen 31 yıllık sıcaklık ve yağış verileri kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, beş yöntemin sonuçlarının birebir uyuşmadığı görülmüştür. NYİ indisine göre; 23 yılın normal, 1 yılın hafif kurak, 5 yılın orta kurak ve 2 yılın şiddetli kurak olduğu, MFI indisine göre; 4 yılın çok az yağışlı, 18 yılın az yağışlı, 8 yılın orta yağışlı ve 1 yılın yüksek yağışlı olduğu, SYİ indisine göre; 1 yıl aşırı yağışlı, 1 yıl çok yağışlı, 4 yıl orta yağışlı, 11 yıl hafif yağışlı, 8 yıl hafif kurak, 3 yıl orta kurak, 3 yıl çok kurak olduğu, DMGI indisine göre; 10 yılın yarı kurak-nemli arası, 21 yılın yarı kurak olduğu ve BGI indisine göre ise tüm yılların çok kurak olduğu tespit edilmiştir. Makalede Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) ile yıllık analizlerin yanında mevsimlik analizler de yapılmıştır. Bazı yöntemlerin analiz sonuçlarının SURFER haritalama programıyla kontur haritaları da çıkarılıp görselleştirilmiştir.

Anahtar Sözcükler

Batman, Normalin Yüzdesi İndisi, Modifiye Fournier İndisi, Standartlaştırılmış Yağış İndisi, De Martonne-Gotmann İndisi, Bagnauls-Gausson İndisi

Drought Analysis of Batman Province with Various Drought Indices and Contour Maps

Abstract

Natural disasters such as drought and flood along with global climate change, have increased in recent years. Therefore, there are many studies on drought and flood in the literature. In this study, they have been made drought analysis with various drought indices in Batman province located Southeastern Anatolia Region of Turkey which is generally an arid region in terms of climate. They were made analyses for Batman province with Percent of Normal Index (PNI), Modified Fournier Index (MFI) and Standardized Precipitation Index (SPI) that only takes into account the rainfall data and with De Martonne-Gotmann Index (DMGI) and Bagnauls-Gausson Index (BGI), which take into account the rainfall and the temperature data together. 31-years of temperature and precipitation data between 1988 and 2018 belong to Batman province obtained from the Meteorology Regional Directorate were used in these analyses. According to the analysis results, it was seen that the results of the five methods did not match exactly. According to the PNI; 23 years are normal, 1 year mildly arid, 5 years moderately arid and 2 years severely dry. According to the MFI; 4 years are very little rain, 18 years' little rain, 8 years' moderate precipitation and 1-year high rainfall. According to the SPI; 1 year was excessive rainfall, 1-year heavy rainfall, 4 years' moderate precipitation, 11 years lightly rainy, 8 years mildly arid, 3 years moderately arid and 3 years very dry. According to the DMGI; 10 years are between semi-arid-humid, 21 years semi-arid. According to the BGI has been determined that all years are very dry. In the article, in addition to the annual analyses with the Standardized Precipitation Index seasonal analyses were also made. Contour maps of the analysis results for some methods were also visualized with the SURFER mapping program.

Keywords

Batman, Percent of Normal Index, Modified Fournier Index, Standardized Precipitation Index, De Martonne-Gotmann Index, Bagnauls-Gausson Index.

1. Giriş

Kuraklık toplumu, ekonomiyi, tarımsal faaliyetleri ve sosyal hayatı etkileyen şiddetli su eksikliğine dayanan iklimsel bir olaydır (Şen 1998; Hisdal ve Tallaksen 2003; Mishra ve Singh 2010). Bazı araştırmacılar da kuraklığı, su eksikliğinin bir dönem sürmesi olarak tanımlamışlardır (Kao ve Govindaraju 2010). Kuraklık tekerrür eden su eksikliği olarak tanımlansa da, kuraklığı, bir dönem içinde meydana gelen su eksikliği olarak düşünmemek gerekir. Kuraklığı, kuraklık çeşitleri olarak da bilinen, hidrolojik kuraklık, meteorolojik kuraklık, sosyo-ekonomik kuraklık ve tarımsal kuraklık olarak dört sınıfta geniş kapsamda etkileri olan ve bu etkilerin su eksikliği ile şiddetlendiği uzun dönemli olaylar olarak tanımlamak gerekir (Mishra ve Singh 2010; Choi vd. 2013; Dabanlı 2017). Literatür incelendiğinde, kuraklığın; şiddetiyle, süresiyle, alansal ve zamansal etkileriyle, kısacası tüm boyutları ile incelendiği anlaşılmaktadır (Şen 1978; Dai 2011; Xu vd. 2015).

Belirli dönemlerde, belirli periyotlarla meydana gelen su eksikliği nedeniyle kuraklık tarımsal faaliyetleri büyük ölçüde etkilemekte ve bunun sonucunda toplumun tümünden sosyo-ekonomik durumu etkilenmektedir (Hınıs 2013). Yapılan bir çalışmaya göre; 31 çeşit doğal afet içinde kuraklık birinci sırada bulunmaktadır (Bryant 1993). Etki alanı ve olumsuz etkileri bu kadar büyük olan bir olayın önceden belirlenmesi maddi kayıplar ve can kayıpları açısından oldukça önemlidir. Dünyanın her tarafında birçok araştırmacı kuraklığın hangi bölgelerde etkili olduğu, hangi zaman aralıklarıyla tekerrür ettiği, ileriye dönük kuraklık tahminleri gibi çalışmalar yaparak ve yetkili kişilerce bu çalışma sonuçları doğrultusunda tedbirler alınarak kuraklığın insanoğlu üzerindeki olumsuz etkileri azaltılmaya çalışılmaktadır (Efe ve Özgür 2014; Hamidi 2018; Gümüş vd. 2016; Yılmaz 2017; Tadic vd. 2015). Bazı çalışmalarda iklim değişikliğine uyum da bir çözüm olarak düşünülmektedir (Batan ve Toprak 2015).

Literatürde kuraklık üzerine bölgesel (Faiz vd. 2020; Yenigün ve Ibrahim 2019; Partal ve Yavuz 2020) ya da havza bazlı çalışmaların (Dikici 2019; Dikici ve Aksel 2019; Jain vd. 2020; Arslan vd. 2016) yanında il bazında (Dabanlı 2017; Salehnia vd. 2017; Doğan vd. 2012; Taş ve Kilit 2015; Hamidi vd. 2013a) çalışmalar da yapılmıştır.

Kuraklık analizi için birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden bazıları; Standartlaştırılmış Yağış İndisi(SYİ), Normalin Yüzdesi İndisi(NYİ), De Martonne-Gotmann İndisi(DMGİ), Thornthwaite Yöntemi İndisi(TYİ), Modifiye Fournier İndisi(MFİ), Erinç Kuraklık İndisi(EKİ), Bagnauls-Gaussen İndisi(BGİ) ve diğerleridir (Hamidi vd. 2013b; Hamidi 2018). Bir bölgenin kuraklık ve nemlilik durumlarını belirleyen bu analiz yöntemlerinden bazıları, çalışma alanına ait sadece yağış verilerini kullanmakta, bazıları da hem yağış hem sıcaklık verilerini kullanmaktadır. Mesela; SYİ, NYİ ve MFİ indisleri sadece yağış verilerini kullanmakta, DMGİ ve BGİ indisleri ise hem yağış hem de sıcaklık verilerini kullanmaktadır.

Kuraklığın asıl tetikleyicilerinden olduğu kabul edilen küresel ısınma, dünyanın pek çok bölgesinde iklim değişkenleri üzerindeki olumsuz etkisi nedeniyle kuraklığın yayılmasına neden olmaktadır. Ayrıca, iklim değişikliğinin birçok bölge üzerinde kuraklığın görülme sıklığını da arttırdığı iddia edilmektedir (Blenkinsop ve Fowler 2007; Guardiola-Claramonte vd. 2011; Batan 2014).

Bu çalışmada; Batman ili için, Meteoroloji Bölge Müdürlüğünden temin edilen uzun yıllar (1988-2018) yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak, Batman İli için kuraklık analizleri yapılmıştır. Batman ilinin seçilmesinin nedeni daha önce anılan yöntemler ile bu il için bir kuraklık analizinin yapılmamış olmasıdır. Kuraklık hakkında bir fikir elde etmek için yağış verileri kullanılarak NYİ ve MFİ kuraklık indislerine göre ve yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak DMGİ ve BGİ indislerine göre analizler yapılmıştır. Daha sonra literatürde en fazla kullanılan Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) yöntemi ile de yıllık ve mevsimlik analizler yapılarak, diğer yöntemler ile ve literatür sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçları dairesel grafiklerle görselleştirilip kıyaslanmıştır. Ayrıca kullanılan MFİ ve BGİ kuraklık indisleri sonuçlarının SURFER haritalama programıyla kontur haritaları çıkarılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1.Çalışma Alanı ve Veriler

Güneydoğu Anadolu Bölgesinde bulunan Batman İli; 41° 10' ve 41° 40' doğu boylamları ile 38° 40' ve 37° 50' kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır. Kuzeyi, kuzeydoğusu ve güneyi dağlık ve engebeli bir yapıya sahiptir. Batıdan doğuya akan Dicle nehrine Batman şehir merkezinden geçen ve Dicle nehrinin en önemli kollarından biri olan Batman çayı katılmaktadır. 550 metre rakıma sahip olan Batman'da karasal iklim görülmektedir. İlde yazlar sıcak ve kurak, kışlar yağışlı ve soğuk geçer. İl sınırları içinde sulama amaçlı yapılan Gercüş-Kırkat göleti ile elektrik üretim amaçlı yapılan Kozluk-Ceffan göleti bulunmaktadır (URL-1 2020).



Şekil 1: Batman ilinin konumu ve idari sınırları (URL-2 2020)

Bu çalışmada, yağış verilerini kullanan Normalin Yüzdesi İndisi yöntemi için; Meteoroloji Bölge Müdürlüğünden temin edilen 1988-2018 arası yıllara ait, Batman ilinin 31 yıllık ortalama aylık yağış miktarları ve 31 yıllık ortalama yıllık yağış miktarları kullanılmıştır. Yine yağış verilerini kullanan Modifiye Fournier İndisi yöntemi için ise çalışma periyodu olan 1988-2018 yılları için aylık toplam yağışlar ve yıllık yağış ortalamaları kullanılmıştır. Literatürde en fazla kullanılan ve yine yağış verilerini kullanan Standartlaştırılmış Yağış İndisi yöntemi (SYİ) için de; mevsimlik dönemler halinde oluşturulmuş 31 yıllık aylık yağışlar ve uzun dönemli (31 yıllık) yıllık yağış ortalamaları kullanılmıştır.

Sıcaklık ve yağış verilerini birlikte dikkate alan De Martonne-Gotmann İndisi yöntemi için ise; 1988-2018 yılları arasına ait, Batman ilinin 31 yıllık toplam yağış miktarları, 31 yıllık ortalama sıcaklık değerleri, 31 yıldaki en kurak ayların yağış ve sıcaklık değerleri kullanılmıştır. Ortalama değerler aritmetik ortalama kullanılarak bulunmuştur (Hamidi, 2018). Sıcaklık ve yağış verilerini kullanan diğer yöntem olan, Bagnauls-Gausson İndisi yönteminde ise aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış değerleri kullanılmıştır.

2.2. Kuraklık İndisleri

2.2.1 Normalin Yüzdesi İndisi (NYİ) Yöntemi

NYİ kuraklık indisleri arasında yaygın olarak kullanılan ve yağış verilerini esas alan bir yöntemdir. Belirli bir zaman dilimi içindeki yağış miktarının aynı zaman dilimindeki yağış miktarının ortalamasına bölünerek NY değeri bulunan ve 100 çarpımla da çarpılıp yüzdeliğe çevrilmiş NY değeri bulunabilen bir yöntemdir (URL-3 2020)

$$NYİ = \left(\frac{P_i}{P_{i(ort)}} \right) \times 100 \quad (1)$$

Denklemden $NYİ$ Normalin Yüzdesi İndis değerini, $P_i(mm)$ aktüel yağış miktarını, $P_{i(ort)}(mm)$ ise ortalama yağış miktarını ifade etmektedir. Aşağıda $NYİ$ sınıflandırma tablosu verilmiştir. Bu çalışmada Tablo 1’de verilen 12 aylık periyot için sınıflandırma yapılmıştır. $NYİ$ değerlerine göre 5 ayrı periyot için 4 ayrı kuraklık sınıfı oluşturulmuştur.

2.2.2 Modifiye Fournier İndisi (MFİ) Yöntemi

Bu yöntemde de $NYİ$ yönteminde olduğu gibi sadece yağış verileri kullanılır. MFİ indis değerinin hesaplanmasında kullanılan eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$MFİ = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{P_i^2}{P} \right) \quad (2)$$

Burada, $P_i(mm)$ i ayında toplam yağışı, $P(mm)$ yıllık ortalama yağış miktarını ifade etmektedir. Tablo 1’de MFİ sınıflandırma tablosu verilmiştir. Tabloya göre MFİ değerlerine göre 5 ayrı sınıf oluşturulmuştur.

Tablo1: Normalin yüzdesi indisi ve modifiye fournier indisi sınıflandırma tablosu (Şimşek ve Çakmak 2020)

NORMALİN YÜZDESİ İNDİSİ					MODİFİYE FOURNIER İNDİSİ	
Periyot	Normal	Hafif Kurak	Orta Kurak	Şiddetli Kurak		
1	> %75	%65-%75	%55-%65	< % 55	< 60	Çok az
3	> %75	%65-%75	%55-%65	< % 55	60- 90 arası	Az
6	> %80	%70-%80	%60-%70	< % 60	91- 120 arası	Orta
9	> %83,5	%73,5- %83,5	%63,5 - %73,5	< % 63,5	121-160 arası	Yüksek
12	> %85	%75-%85	%65-%75	< % 65	> 160	Çok Yüksek

2.2.3 Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) Yöntemi

Kuraklığın belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan SYİ yöntemi, yağış toplamlarına gamma olasılık yoğunluk fonksiyonunu uydurmayı içerir. Denklem 3'te görüldüğü gibi aylık yağışlar ve uzun dönemli yağış ortalamaları arasındaki farkın standart sapmaya bölünmesi ile normalize edilerek elde edilmektedir (Gümüş vd. 2016).

$$SYİ = \left(\frac{X_{ij} - X_{im}}{\sigma} \right) \quad (3)$$

Burada X_{ij} i. yağış istasyonundaki j. gözlemdaki aylık yağışı, X_{im} uzun dönemli yağış ortalamasını ve σ standart sapmayı ifade etmektedir.

Tablo 2: Standartlaştırılmış Yağış İndisi sınıflandırma tablosu (Gümüş vd. 2016; Edossa vd. 2010)

STANDARTLAŞTIRILMIŞ YAĞIŞ İNDİSİ	
SYİ > 2.0	Aşırı Yağışlı
1.5 < SYİ ≤ 2.0	Çok Yağışlı
1.0 < SYİ ≤ 1.5	Orta Yağışlı
0 < SYİ ≤ 1.0	Hafif Yağışlı
-1 < SYİ ≤ 0	Hafif Kurak
-1.5 < SYİ ≤ -1.0	Orta Kurak
-2.0 < SYİ ≤ -1.5	Çok Kurak
SYİ ≤ -2	Aşırı Kurak

2.2.4 De Martonne-Gotmann İndisi (DMGİ) Yöntemi

Bu yöntem ile bir bölgenin iklim tipi belirlenirken öncelikle belirlenen zaman dilimi içindeki toplam yağış ve ortalama sıcaklık verileri kullanılır. Bu verilerin yanına en kurak ayın yağış ve sıcaklık değerleri alınmıştır. Bu değer en düşük indis değeri olan ayın değeridir. Bu veriler kullanılarak aşağıda verilen denklem sayesinde kuraklık şiddetini belirleyen indis değerleri bulunur. Formüldeki 10 değeri, sıcaklığın sıfırın altında olduğu zamanlarda sıcaklık değerini pozitif yapmaya yarayan bir sabittir (URL-3 2020; Aktaş vd. 2018). De Martonne-Gotmann İndisi yöntemi sıcaklık ve yağış verilerini dikkate alan ve temeli buharlaşmanın iklim ve kuraklık üzerine etkisine dayanan bir yöntemdir (Aktaş vd. 2018).

$$DMGI = \frac{1}{2} * \left(\frac{P}{T+10} + \frac{12*Pd}{Td+10} \right) \quad (4)$$

Denklemden $DMGI$ De Martonne-Gotmann indeksi değerini, $P(mm)$ yıllık toplam yağış miktarını, $T(^{\circ}C)$ yıllık ortalama sıcaklık değeri, $P_d(mm)$ en kurak ay yağış miktarı, $T_d(^{\circ}C)$ ise en kurak ay sıcaklık değerini ifade etmektedir. De Martonne Gotmann kuraklık indeksi sınıflandırma tablosu aşağıda Tablo 3'te verilmiştir. Tabloda $DMGI$ indeksi değerlerine göre 6 ayrı kuraklık sınıfı oluşturulmuştur.

2.2.5 Bagnauls-Gausse İndisi (BGİ) Yöntemi

Bu yöntemde de bölgenin kuraklık analizi yapılırken aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış miktarları aşağıdaki formülde kullanılarak BGI kuraklık indeksi değeri belirlenir. Kuraklık indeksi BGI için ki değerleri, sadece aylık ortalama sıcaklığın iki katının, aynı ayda kaydedilen toplam yağış miktarından daha fazla olduğu aylarda hesaplanmaktadır (Akar vd. 2015; Hamidi 2018)

$$BGİ = \sum_{i=1}^{12} (2t_i - P_i)ki, ki = (2t_i - P_i) > 0 \quad (5)$$

Yukarıdaki denklemden ki sıfırdan büyük olduğu ayın ($ki > 0$) değerlendirilmesini gösterir. $t_i (^{\circ}C)$, i ayındaki aylık ortalama sıcaklığı, $P_i(mm)$ ise i ayındaki aylık toplam yağış miktarını ifade etmektedir. Bagnauls-Gausse İndisi (BGI) tablosu aşağıda Tablo 3'te verilmiştir. Tabloda BGI indeksi değerlerine göre 4 ayrı kuraklık sınıfı oluşturulmuştur.

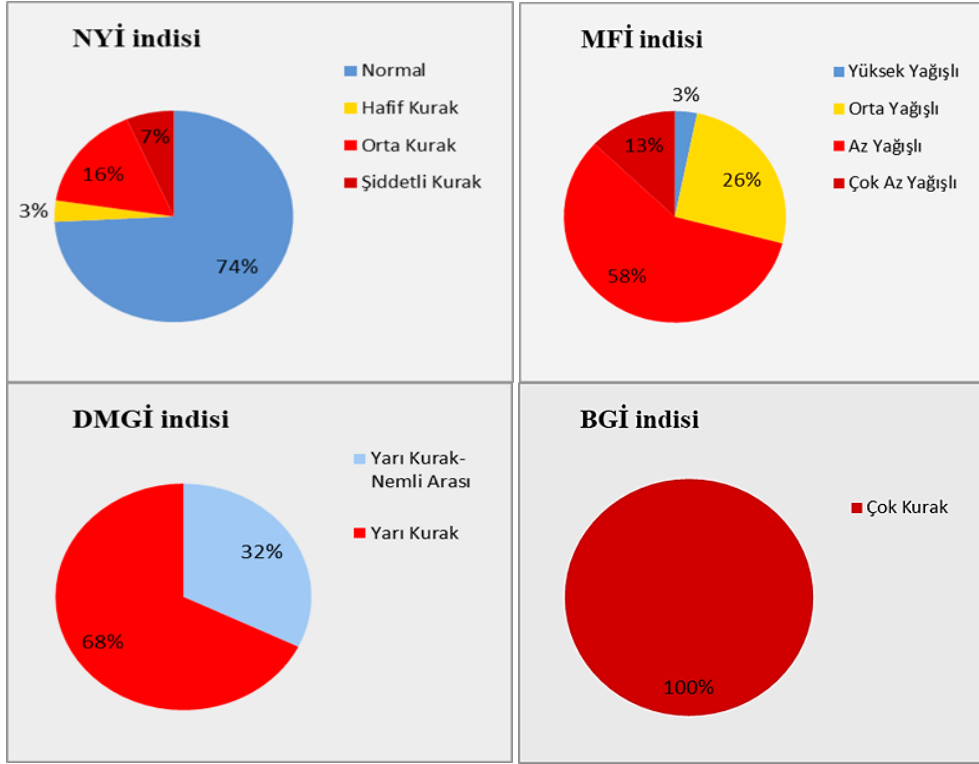
Tablo 3: De Martonne Gotmann ve Bagnauls-Gausse indisleri için sınıflandırma tabloları (URL-3 2020; Akar vd. 2015)

DE MARTONNE GOTMANN İNDİSİ		BAGNAULS GAUSSEN İNDİSİ	
DMGİ	Tanımı	BGİ	Tanımı
5'ten küçük	Kurak	0	Nemli
5- 10 arası	Yarı Kurak	1- 50 arası	Yarı Nemli
10- 20 arası	Yarı Kurak-Nemli arası	51- 130 arası	Kurak
20- 30 arası	Yarı Nemli	> 130	Çok Kurak
30-60 arası	Nemli		
> 60	Çok Nemli		

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Batman İli Uzun Yıllar Kuraklık Analiz Sonuçları

Aşağıda Tablo 4'te Batman iline ait 1988-2018 yılları arası 31 yıllık kuraklık analiz sonuçları verilmiştir. Analizler 4 ayrı yöntemle yapılmıştır. Bu analiz sonuçları incelendiğinde; NYİ yöntemine göre 23 yılın normal, 1 yılın hafif kurak, 5 yılın orta kurak ve 2 yılın şiddetli kurak olduğu, MFİ yöntemine göre; 4 yılın çok az yağışlı, 18 yılın az yağışlı, 8 yılın orta yağışlı ve 1 yılın yüksek yağışlı olduğu, $DMGI$ yöntemine göre; 10 yılın yarı kurak-nemli arası, 21 yılın yarı kurak olduğu ve BGI yöntemine göre ise tüm yılların çok kurak olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar Şekil 2.'de karşılaştırılmıştır.



Şekil 2: Çeşitli indislere göre Batman ili uzun yıllar kuraklık analizi sonuçlarının grafiksel gösterimi

Şekil 2’deki dairesel grafiklerde görüldüğü üzere NYİ’de normal yıllar fazla, BGİ’de yılların tamamı kuraktır. MFİ ve DMGİ yöntemlerine göre kurak yıllar fazla olup, iki yöntem sonuçları itibariyle birbirine daha uyumlu yöntemlerdir. Analizde kullanılan 4 yöntemden 3’ünde kurak yıllar fazla çıkmıştır. Batman gibi sıcaklık ortalamalarının ve özellikle yaz aylarında buharlaşmanın fazla olduğu bir bölgede böyle bir eğilimin olmasının normal olduğu ve olması gerekenin de bu olduğu düşünülmektedir. Analizlerde kullanılan 4 yönteme ait sonuçlar Tablo 4’te ayrıntılı olarak verilmiştir.

Tablo 4: Batman ili 1988-2018 yılları arası dönem için çeşitli indislere göre kuraklık analizi sonuçları

YILLAR	NORMALİN YÜZDESİ		MODİFİYE FOURNIER		DE MARTONNE GOTMANN		BAGNAULS GAUSSEN	
	İNDİS DEĞERİ	SINIFI	İNDİS DEĞERİ	SINIFI	İNDİS DEĞERİ	SINIFI	İNDİS DEĞERİ	SINIFI
1988	156,25	Normal	101,35	Orta	14,14	Yarı Kurak-Nemli Arası	204,6	Çok Kurak
1989	72,65	Orta Kurak	73,69	Az	6,29	Yarı Kurak	280,7	Çok Kurak
1990	74,82	Orta Kurak	61,72	Az	6,51	Yarı Kurak	290,4	Çok Kurak
1991	116,91	Normal	92,40	Orta	10,29	Yarı Kurak-Nemli Arası	166,1	Çok Kurak
1992	107,56	Normal	73,84	Az	10,1	Yarı Kurak-Nemli Arası	210,8	Çok Kurak

Tablo 4'ün devamı

1993	123,15	Normal	113,53	Orta	11,2	Yarı Kurak-Nemli Arası	240,9	Çok Kurak
1994	128,6	Normal	67,68	Az	10,85	Yarı Kurak-Nemli Arası	226,2	Çok Kurak
1995	95,09,	Normal	82,08	Az	8,24	Yarı Kurak	259,7	Çok Kurak
1996	141,07	Normal	153,52	Yüksek	12,11	Yarı Kurak-Nemli Arası	274,5	Çok Kurak
1997	98,2	Normal	52,65	Çok az	8,78	Yarı Kurak	193,6	Çok Kurak
1998	84,18	Hafif Kurak	63,33	Az	7,07	Yarı Kurak	279,8	Çok Kurak
1999	70,15	Orta Kurak	69,05	Az	5,9	Yarı Kurak	309,7	Çok Kurak
2000	85,73	Normal	65,73	Az	6,88	Yarı Kurak	291,4	Çok Kurak
2001	97,43	Normal	77,45	Az	8,33	Yarı Kurak	233,6	Çok Kurak
2002	102,88	Normal	92,06	Orta	8,98	Yarı Kurak	270,1	Çok Kurak
2003	112,24	Normal	99,23	Orta	9,45	Yarı Kurak	267,6	Çok Kurak
2004	66,25	Orta Kurak	107,86	Orta	5,92	Yarı Kurak	298,2	Çok Kurak
2005	85,74	Normal	68,02	Az	7,69	Yarı Kurak	264,2	Çok Kurak
2006	133,28	Normal	91,75	Orta	11,89	Yarı Kurak-Nemli Arası	233,4	Çok Kurak
2007	74,04	Orta Kurak	68,64	Az	7,45	Yarı Kurak	270	Çok Kurak
2008	63,91	Şiddetli Kurak	32,06	Çok az	5,63	Yarı Kurak	212,9	Çok Kurak
2009	87,29	Normal	64,50	Az	7,89	Yarı Kurak	235,4	Çok Kurak
2010	63,91	Şiddetli Kurak	48,87	Çok az	5,42	Yarı Kurak	257,7	Çok Kurak
2011	114,57	Normal	108,18	Orta	10,48	Yarı Kurak-Nemli Arası	208,7	Çok Kurak
2012	134,84	Normal	88,84	Az	11,76	Yarı Kurak-Nemli Arası	224,7	Çok Kurak
2013	105,22	Normal	70,59	Az	9,46	Yarı Kurak	243,1	Çok Kurak

Tablo 4'ün devamı

2014	96,65	Normal	53,42	Çok az	8,63	Yarı Kurak	195,4	Çok Kurak
2015	91,97	Normal	67,20	Az	8,06	Yarı Kurak	243,2	Çok Kurak
2016	98,2	Normal	73,06	Az	8,71	Yarı Kurak	237,5	Çok Kurak
2017	88,85	Normal	78,51	Az	8,06	Yarı Kurak	252,2	Çok Kurak
2018	127,82	Normal	81,84	Az	10,86	Yarı Kurak-Nemli Arası	218,8	Çok Kurak

3.2. Çalışma Sonuçlarının SYİ Sonuçları ve Literatürle Karşılaştırılması

3.2.1 SYİ Yıllık ve SYİ Mevsimlik Analiz Sonuçları

Çalışma bölgesi için DrinC (Drought Indexes Calculator) programı (Tigkas vd. 2015) ile SYİ yıllık (12 aylık) ve mevsimlik (3 aylık) analizler yapılmış ve diğer yöntemlerin sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Programda yıllık analiz için log normal dağılım, aylık analiz için gamma dağılımı uygulanmıştır. Kuraklık analizinde SYİ yönteminin çok kullanılan güvenilir bir yöntem olması nedeniyle bu yöntem doğrulama için kullanılmıştır. Çalışma bölgesinde yaz aylarında sıcaklığın çok yüksek olması nedeniyle kuraklık yüksek çıkabileceği gibi, bahar ve kış aylarındaki kuraklığın su kullanımı ve su biriktirme açısından daha önemli olması nedenleriyle mevsimlik değişimleri görebilmek için yıllık (12 aylık) analizlerin yanında mevsimlik (3 aylık) analizler de yapılmıştır. Ayrıca, SYİ yönteminin 3 aylık dönemi kapsayan analiz sonuçları meteorolojik kuraklık açısından, 12 aylık dönemi kapsayan analiz sonuçları hidrolojik kuraklık açısından önemlidir (Gürler 2017). SYİ analiz sonuçları aşağıda Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5: Batman ili 1988-2018 yılları arası dönem için SYİ indisine göre kuraklık analizi sonuçları

YILLAR	SYİ-YILLIK		SYİ-MEVSİMLİK							
	İNDİS DEĞERİ	SINIFI	Ekim-Kasım-Aralık		Ocak-Şubat-Mart		Nisan-Mayıs-Haziran		Temmuz-Ağustos-Eylül	
			İNDİS DEĞERİ	SINIFI	İNDİS DEĞERİ	SINIFI	İNDİS DEĞERİ	SINIFI	İNDİS DEĞERİ	SINIFI
1988	2,03	Aşırı Yağışlı	0,62	Hafif Yağışlı	1,26	Orta Yağışlı	1,28	Orta Yağışlı	0,16	Hafif Yağışlı
1989	-1,23	Orta Kurak	0,98	Hafif Yağışlı	-0,77	Hafif Kurak	-2,27	Aşırı Kurak	0,00	Hafif Kurak
1990	-1,11	Orta Kurak	-0,52	Hafif Kurak	-0,41	Hafif Kurak	0,08	Hafif Yağışlı	-0,99	Hafif Kurak
1991	0,84	Hafif Yağışlı	1,32	Orta Yağışlı	0,52	Hafif Yağışlı	-0,70	Hafif Kurak	-0,07	Hafif Kurak
1992	0,39	Hafif Yağışlı	0,33	Hafif Yağışlı	0,13	Hafif Yağışlı	0,70	Hafif Yağışlı	-0,28	Hafif Kurak
1993	1,01	Orta Yağışlı	0,02	Hafif Yağışlı	0,22	Hafif Yağışlı	1,83	Çok Yağışlı	-0,28	Hafif Kurak
1994	0,52	Hafif Yağışlı	1,57	Çok Yağışlı	0,11	Hafif Yağışlı	-1,18	Orta Kurak	0,63	Hafif Yağışlı

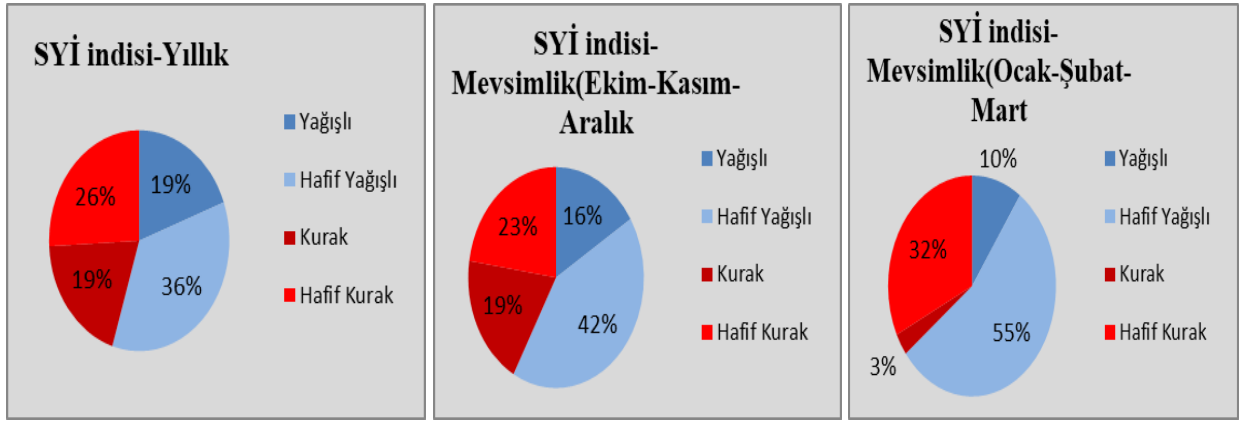
Tablo 5'in devamı

1995	-0,07	Hafif Kurak	-1,57	Çok Kurak	0,67	Hafif Yağışlı	0,31	Hafif Yağışlı	-0,09	Hafif Kurak
1996	1,65	Çok Yağışlı	0,40	Hafif Yağışlı	1,57	Çok Yağışlı	-0,50	Hafif Kurak	0,53	Hafif Yağışlı
1997	0,08	Hafif Yağışlı	0,32	Hafif Yağışlı	-0,01	Hafif Kurak	0,14	Hafif Yağışlı	1,36	Orta Yağışlı
1998	-0,60	Hafif Kurak	-1,50	Çok Kurak	0,14	Hafif Yağışlı	0,58	Hafif Yağışlı	-0,30	Hafif Kurak
1999	-1,36	Orta Kurak	-1,43	Orta Kurak	-0,17	Hafif Kurak	-0,02	Hafif Kurak	0,21	Hafif Yağışlı
2000	-0,83	Hafif Kurak	-0,02	Hafif Kurak	-0,01	Hafif Kurak	-0,90	Hafif Kurak	-0,67	Hafif Kurak
2001	0,07	Hafif Yağışlı	0,56	Hafif Yağışlı	0,05	Hafif Yağışlı	-0,03	Hafif Kurak	-0,43	Hafif Kurak
2002	0,25	Hafif Yağışlı	0,54	Hafif Yağışlı	-0,03	Hafif Kurak	0,46	Hafif Yağışlı	0,09	Hafif Yağışlı
2003	0,58	Hafif Yağışlı	-1,67	Çok Kurak	1,06	Orta Yağışlı	0,62	Hafif Yağışlı	-0,99	Hafif Kurak
2004	-1,63	Çok Kurak	0,31	Hafif Yağışlı	-4,69	Aşırı Kurak	0,66	Hafif Yağışlı	-0,99	Hafif Kurak
2005	-0,51	Hafif Kurak	-0,39	Hafif Kurak	0,55	Hafif Yağışlı	-1,54	Çok Kurak	-0,09	Hafif Kurak
2006	1,35	Orta Yağışlı	1,01	Orta Yağışlı	0,79	Hafif Yağışlı	0,43	Hafif Yağışlı	-0,32	Hafif Kurak
2007	-0,72	Hafif Kurak	-1,72	Çok Kurak	0,08	Hafif Yağışlı	0,66	Hafif Yağışlı	-0,32	Hafif Kurak
2008	-1,78	Çok Kurak	-0,45	Hafif Kurak	-0,95	Hafif Kurak	-1,39	Orta Kurak	2,85	Aşırı Yağışlı
2009	-0,44	Hafif Kurak	0,39	Hafif Yağışlı	0,14	Hafif Yağışlı	-1,26	Orta Kurak	0,19	Hafif Yağışlı
2010	-1,72	Çok Kurak	-1,59	Çok Kurak	0,06	Hafif Yağışlı	-0,93	Hafif Kurak	-0,82	Hafif Kurak
2011	0,73	Hafif Yağışlı	-0,63	Hafif Kurak	-0,52	Hafif Kurak	2,55	Aşırı Yağışlı	0,91	Hafif Yağışlı
2012	1,42	Orta Yağışlı	1,64	Çok Yağışlı	0,53	Hafif Yağışlı	0,19	Hafif Yağışlı	0,55	Hafif Yağışlı
2013	0,36	Hafif Yağışlı	0,29	Hafif Yağışlı	0,33	Hafif Yağışlı	0,30	Hafif Yağışlı	-0,99	Hafif Kurak
2014	0,01	Hafif Yağışlı	0,72	Hafif Yağışlı	-0,29	Hafif Kurak	-0,52	Hafif Kurak	2,50	Aşırı Yağışlı
2015	-0,25	Hafif Kurak	-0,34	Hafif Kurak	0,47	Hafif Yağışlı	-0,67	Hafif Kurak	0,42	Hafif Yağışlı

Tablo 5'in devamı

2016	0,07	Hafif Yağışlı	0,03	Hafif Yağışlı	0,45	Hafif Yağışlı	-0,28	Hafif Kurak	-0,46	Hafif Kurak
2017	-0,33	Hafif Kurak	-0,88	Hafif Kurak	0,25	Hafif Yağışlı	0,38	Hafif Yağışlı	-0,99	Hafif Kurak
2018	1,21	Orta Yağışlı	1,72	Çok Yağışlı	-0,16	Hafif Kurak	0,98	Hafif Yağışlı	-0,46	Hafif Kurak

SYİ yıllık analiz sonuçlarına göre; Aşırı yağışlı yıl sayısı 1, Çok yağışlı yıl sayısı 1, Orta yağışlı yıl sayısı 4, Hafif yağışlı yıl sayısı 11, Çok kurak yıl sayısı 3, Orta kurak yıl sayısı 3, Hafif kurak yıl sayısı 8 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre çalışma bölgesi için yıllık analizde 17 yıl yağışlı, 14 yıl kurak geçtiği belirlenmiştir. SYİ mevsimlik analizlere baktığımızda, yanıltıcı olabilecek yaz ayları dışındaki aylardan Ekim-Kasım-Aralık aylarını kapsayan 3 aylık dönemde; 18 yıl yağışlı, 13 yıl kurak olduğu, Ocak-Şubat-Mart aylarını kapsayan 3 aylık dönemde; 20 yıl yağışlı, 11 yıl kurak olduğu tespit edilmiştir. Genel itibarıyla yıllık sonuçlarla uyumlu olduğu belirlenmiştir. Ancak Temmuz- Ağustos yaz aylarını kapsayan 3 aylık dönemde kurak yılların daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu dönemde 19 yılın kurak olduğu belirlenmiştir. Yine Haziran ayını kapsayan 3 aylık dönemde de 14 yılın kurak olduğu belirlenmiştir. Bu durumun çalışma bölgesinde yaz aylarında sıcaklıkların çok yüksek olmasından dolayı kuraklığın yüksek görünmesine neden olup, yanıltıcı sonuçlara neden olabilmektedir. Bu nedenle kuraklığın değerlendirilmesinde yıllık analizlerin yanında, bahar ve kış aylarını kapsayan mevsimlik analizlerin de dikkate alınması daha doğru sonuçlar elde etmede yararlı olmaktadır. Şekil 3'te SYİ indisi yıllık ve mevsimlik analiz sonuçları dairesel grafikte görselleştirilmiştir.



Şekil 3: SYİ indisine göre Batman ili uzun yıllar yıllık ve mevsimlik kuraklık analizi sonuçlarının grafiksel gösterimi

3.2.2 Analiz sonuçlarının SYİ Yöntemi Sonuçları ve Literatür Sonuçları ile Karşılaştırılması

Literatürde çalışma bölgesi için çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Yapılan bir çalışmada Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki illerin "Standart Yağış İndisi (SYİ)", "Eriç Kuraklık İndisi (EKİ)" ve De Martonne İndisi (DMİ)" ile yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak 1960-2015 yılları arası kuraklık analizleri yapılmıştır. DMİ yöntemi analiz sonuçlarının haritalanmış hali Şekil 4'te verilmiştir. Bölgedeki iller içinde Batman ili için SYİ yöntemine göre; 12-24 aylık periyotta şiddetli ve çok şiddetli kuraklığın görüldüğü, EKİ yöntemine göre; %62,26 ile kurak, %30,19 ile yarı kurak olduğu, DMİ yöntemine göre ise Batman merkez istasyonu için 7,75 indis değeriyle yarı kurak olduğu tespit edilmiştir (Oruç 2017). DMİ sonuçlarına göre Şekil 4'teki haritada Batman ili hafif kurak olarak gösterilmiştir. Ancak, Batman ilinin ilçesi olan Sason istasyonu sonuçları da dikkate alındığında hafif kurak çıkmaktadır. Batman İli merkez istasyonu sonuçlarına göre Batman yarı kurak çıkmaktadır. Bu çalışmada Batman merkez istasyonu sonuçlarına göre analizler yapıldığı için literatürdeki DMİ indisi sonucu doğru karşılaştırma yapılabilmesi için yarı kurak kabul edilmiştir.



Şekil 4: De Martonne indeksine göre Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki illerin kuraklık analiz sonuçları (Oruç 2017)

Literatürdeki bu sonuçlar ile bu çalışmanın sonuçları karşılaştırıldığında genel itibariyle uyumlu olduğu görülmüştür. Şöyle ki; literatürde Batman ili için SYİ yöntemine göre şiddetli ve çok şiddetli kurak, EKİ yöntemine göre büyük bir yüzdeyle kurak ve DMİ yöntemine göre yarı kurak olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada da NYİ yöntemi dışında diğer 3 yöntemin literatürdeki çalışmayla büyük oranda benzerlik gösterdiği görülmüştür. Çünkü bu çalışmada; BGİ yöntemine göre Batman ili çok kurak, DMGİ yöntemine göre yarı kurak ve MFİ yöntemine göre büyük bir oranla az yağışlı(kurak veya yarı kurak) çıkmıştır. Sadece NYİ yöntemi sonuçları hem literatürdeki diğer yöntemler hem de bu çalışmadaki yöntemlerle uyumlu çıkmamıştır. Bu çalışmada yapılan SYİ yıllık analizine göre; hafif yağışlı yıl sayısı 11, kurak yıl sayısı 14 olarak belirlenmiştir. Yaz ayları dışındaki Ekim-Kasım-Aralık mevsimlik(3 aylık) dönemde ise; 11 yıl hafif yağışlı,13 yıl kurak olduğu belirlenmiştir. Yine yaz ayları dışındaki Ocak-Şubat-Mart mevsimlik(3 aylık) dönemde ise; 17 yıl hafif yağışlı, 13 yıl kurak olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada yapılan SYİ yöntemi sonuçlarına göre, diğer yöntem sonuçları ve literatürdeki çalışma sonuçları gibi kurak yıllar daha fazla çıkmasa da genel itibariyle uyumlu oldukları, bu çalışmada yapılan SYİ yöntemi sonuçlarına göre hafif yağışlı yılların fazla çıktığı görülmüştür. NYİ dışındaki 6 farklı yöntemin sonuçları büyük ölçüde benzerdir. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde bulunan Batman ilinin sıcaklık ortalamalarının yüksek olduğu ve yazın buharlaşmanın çok fazla olduğu(Gümüş vd. 2018) düşünüldüğünde birbiriyle uyumlu olan bu 6 yöntemin sonuçlarının doğru olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, Batman ili ölçeğinde yapılan kuraklık analizlerinde NYİ indisi yönteminin iyi sonuçlar vermediği de söylenebilir. NYİ analiz sonuçlarının diğer yöntemlerle uyumsuz olmasının nedenleri de araştırmacılar tarafından daha kapsamlı araştırılabilir.

3.3. Analiz Sonuçlarının Haritalanması

Yapılan analiz sonuçlarını görselleştirmek için kontur haritaları çıkarılarak haritalanmıştır. Haritalarda kuraklık şiddeti kırmızı renkten mavi renge doğru azalmaktadır. Haritalarda eş yükselti eğrilerine benzer eğriler; kullanılan kuraklık indisi değerlerinin eşit olduğu noktalar birleştirilerek oluşturulmuştur. Yani kontur haritasındaki her çizgi üzerindeki kuraklık indisi değeri eşittir. Bu sayede kontur haritalarıyla analiz sonuçlarının görselleştirilmesinin yanında indis değerlerinin eşit olduğu yerlerden geçen eğrileri de görebilmekteyiz.

Sonuçların haritalanmasında Surfer haritalama programı kullanılarak, 3 değişkenli fakat 2 boyutlu kontur haritaları elde edilmiştir. Surfer programıyla kontur haritası elde etmek için 1 bağımlı değişken ve 2 bağımsız değişken olması gerekir. Bağımsız değişkenler, X ve Y eksenlerinde gösterilir, bağımlı değişken değerleri ise bağımsız değişkenlere bağlı olarak eğriler şeklinde çizilir (Toprak 2004; Toprak ve Savcı 2005). Kuraklık indisleri formülleri incelendiğinde NYİ ve DMGİ formüllerinde ikiden fazla bağımsız değişken bulunmaktadır. Bu nedenle NYİ ve DMGİ değerlerinin SURFER ile haritalanması çok mantıklı sonuçlar vermeyeceği için yapılmamıştır. Bu nedenle aşağıda sadece MFİ ve BGİ analiz sonuçları kontur haritaları elde edilmiştir. İndis değeri kurak duruma karşılık geliyorsa kırmızı renkte renklendirilmiştir.

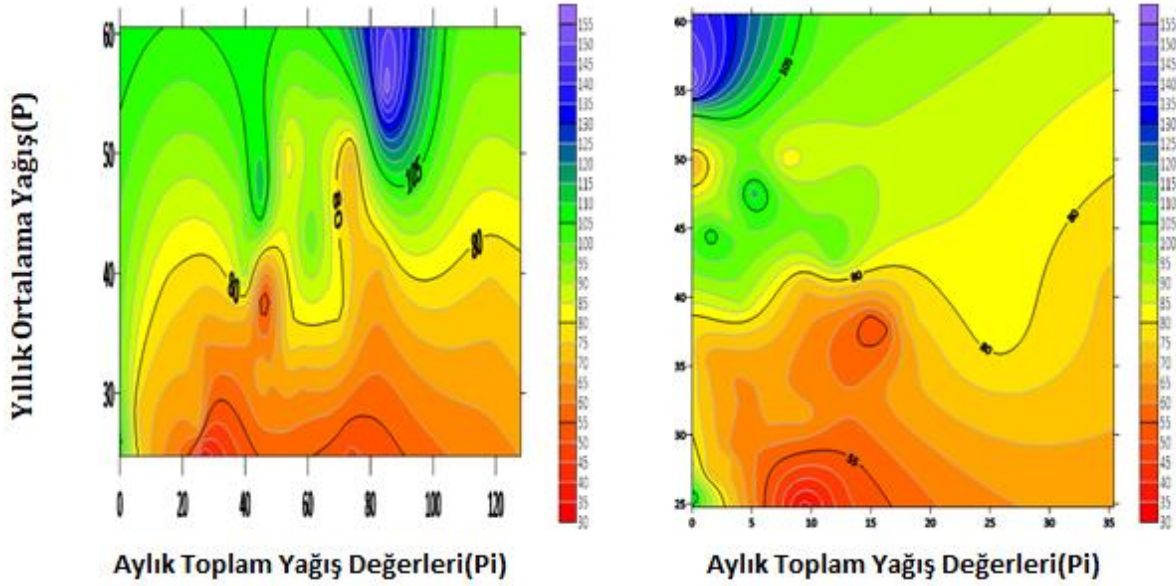
Çıkarılan kontur haritalarının yanında ölçek bulunmaktadır. Bu ölçekler her yöntemin analiz sonuçları indis değerlerine göre oluşturulmuştur. Ölçek, yapılan analiz sonuçlarına göre ilgili kuraklık indisi değerlerini en küçükten en büyüğüne kadar kapsayacak şekilde oluşturulmuştur. Bu yüzden her yöntem için ölçek değişkenlik göstermektedir. Örneğin Modifiye Fournier yönteminde ölçek 155'e kadar, Bagnauls-Gaussen yönteminde ölçek 300'e kadar oluşturulmuştur.

3.3.1. Modifiye Fournier İndisi (MFİ) Analiz Sonuçları Kontur Haritası

MFİ yöntemi formülü incelendiğinde P_i ve P değerleri bağımsız değişken, MFİ değeri de bağımlı değişkendir. Yani kontur haritası oluşturulabilmesi için gerekli olan 3 sütun veri vardır. Aşağıda Şekil 5.'te 31 yıllık verilere göre Ocak ayı ve Haziran ayı kontur haritaları elde edilmiştir. MFİ yönteminde yıllık bazda haritalama yapıldığında; Surfer haritalama programında kontur haritası yapmak için gerekli olan 2 bağımsız değişken 1 bağımlı değişken kuralına uyulamayacağı için aylık bazda haritalama yapılmıştır.

Bu nedenle, 31 yıl için, kış ayı olan Ocak ve yaz ayı olan Haziran ayı için haritalama yapılmıştır. MFİ kontür haritasında X eksen P_i değerlerini, Y eksen de P değerlerini göstermektedir. Haritadaki eğriler de MFİ indis değerlerini göstermektedir.

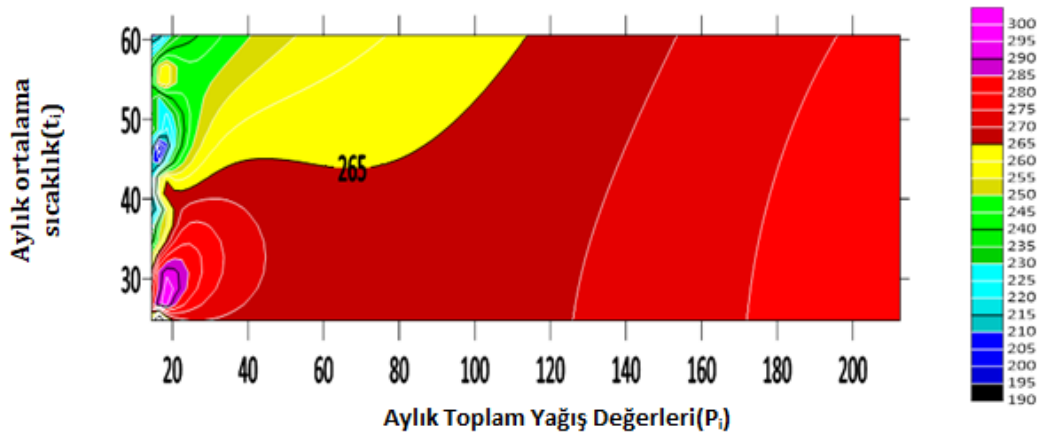
Şekil 2.'deki MFİ ve BGİ dairesel grafiklere bakıldığında BGİ dairesel grafiğinde kırmızı alanlar, yani kurak alanlar MFİ dairesel grafiğine göre fazladır. Şekil 5 ve Şekil 6.'daki MFİ ve BGİ kontur haritaları da karşılaştırıldığında BGİ kontur haritasında kırmızı alanlar MFİ kontur haritasına göre fazladır. Yani Şekil 2.'deki MFİ ve BGİ dairesel grafikleri ile Şekil 5. ve Şekil 6.'daki MFİ ve BGİ kontur haritalarıyla uyumlu olduğu görülmektedir. Kontur haritalarında kırmızı renkler kuraklığın olduğu zaman dilimlerini göstermektedir. Kırmızı renk dağılımına MFİ ve BGİ kontur haritalarında bakıldığında BGİ kontur haritasında kırmızı renk dağılımının yoğun olduğu görülür. Yani, BGİ kontur haritası bu çalışmada kullanılan kurak yılların daha fazla çıktığı 3 yöntem ile Batman ili için literatürde bulunan ve kurak yılların daha fazla çıktığı 3 yöntemle daha uyumlu olduğu görülür.



Şekil.5: Modifiye Fournier İndisi 1988-2018 yılları arası Ocak ayı(soldaki) ve Haziran ayı(sağdaki) kuraklık kontur haritası

3.3.2. Bagnauls Gaussien İndisi (BGİ) Analiz Sonuçları Kontur Haritası

BGİ formülündeki aylık ortalama sıcaklık olan t_i değerleri ve aylık toplam yağış değerleri olan P_i değerleri bağımsız değişkenlerdir. Şekil 6.'daki kontur haritasında X ve Y eksenleri t_i ve P_i değerlerinden oluşmaktadır. Haritadaki eğriler ve yanında verilen ölçekteki değerler bağımlı değişken olan DMGİ indis değerlerini ifade etmektedir.



Şekil 6: Bagnauls Gaussien İndisi 1988-2018 yılları arası kuraklık kontur haritası

4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada kuraklıkla mücadele eden Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan Batman ilinin 5 farklı kuraklık indisiyle 1988-2018 yılları arası uzun dönem veriler kullanılarak kuraklık analizleri yapılmıştır. Bu yöntemler; sadece yağış verilerini dikkate alan Normalin Yüzdesi İndisi (NYİ) ve Modifiye Fournier İndisi (MFİ) ile yağış verilerinin yanında sıcaklık verilerini de dikkate alan De Martonne Gotmann İndisi (DMGİ) ve Bagnauls Gaussen İndisi (BGİ) ile karşılaştırma için kullanılan ve sadece yağış verilerini dikkate alan Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) yıllık ve mevsimlik analizleridir.

Elde edilen analiz sonuçlarına göre; yağış verileriyle sınıflandırma yapan NYİ yöntemine göre; 23 yılın normal olduğu, 1 yılın hafif kurak, 5 yılın orta kurak, 2 yılın şiddetli kurak olduğu, MFİ yöntemine göre; 4 yılın çok az yağışlı, 18 yılın az yağışlı, 8 yılın orta yağışlı ve 1 yılın yüksek yağışlı olduğu, DMGİ yöntemine göre; 10 yılın yarı kurak-nemli arası, 21 yılın yarı kurak olduğu ve BGİ yöntemine göre ise tüm yılların çok kurak olduğu tespit edilmiştir. SYİ yöntemi yıllık analiz sonuçlarına göre; Aşırı yağışlı yıl sayısı 1, Çok yağışlı yıl sayısı 1, Orta yağışlı yıl sayısı 4, Hafif yağışlı yıl sayısı 11, Çok kurak yıl sayısı 3, Orta kurak yıl sayısı 3, Hafif kurak yıl sayısı 8 olarak bulunmuştur. SYİ mevsimlik analizlere baktığımızda, yanıtıcı olabilecek yaz ayları dışındaki aylardan Ekim-Kasım-Aralık aylarını kapsayan 3 aylık dönemde; 18 yıl yağışlı, 13 yıl kurak olduğu, Ocak-Şubat-Mart aylarını kapsayan 3 aylık dönemde; 20 yıl yağışlı, 11 yıl kurak olduğu tespit edilmiştir.

Bu sonuçlar Batman ili için literatürde yapılan uzun dönem kuraklık analiz sonuçlarıyla karşılaştırıldığında NYİ yöntemi dışındaki diğer 4 yöntemin literatür çalışmalarıyla uyumlu olduğu belirlenmiştir. SYİ yönteminde kurak yıllar daha az olsa da NYİ dışındaki diğer 3 yöntemle yakın sonuçlar elde edilmiştir. Hafif yağışlı yıl sayısı daha fazla çıkmıştır. Batman ili ölçeğinde yapılacak uzun dönem kuraklık analizlerinde Modifiye Fournier İndisi (MFİ), Bagnauls Gaussen İndisi (BGİ), De Martonne-Gotmann İndisi (DMGİ) ve Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) yöntemlerinin kullanılabilirliği görülmüştür. Ayrıca, Batman ili için ilk kez yapılan kuraklık analizi sonuçlarından Modifiye Fournier İndisi(MFİ) analiz sonuçlarının ve Bagnauls Gaussen İndisi(BGİ) analiz sonuçlarının SURFER haritalama programıyla kontur haritaları çıkarılmıştır. BGİ kontur haritasında kırmızı renk dağılımının fazla olması nedeniyle analiz sonuçlarını daha iyi yansıttığı görülmüştür.

Bu çalışmada NYİ ve SYİ yöntemi dışında diğer 3 yöntemin analiz sonuçlarına göre Batman ilinde kurak yılların daha fazla olduğu görülmüştür. SPİ yönteminde de neredeyse yılların yarısına yakını kurak çıkmış ve yağışlı yıllarda da hafif yağışlı yıl sayısı fazla çıkmıştır. Bunun nedenleri arasında Batman ilinin konum itibarıyla kurak iklimde sahip Güneydoğu Anadolu Bölgesinde olması nedeni ile yazları çok sıcak geçmesi, yağış miktarlarının özellikle yaz aylarında düşmesi ve buharlaşmanın çok fazla olması sayılabilir. Bu durum göz önünde bulundurularak literatürde en fazla kullanılan SYİ yöntemi ile mevsimlik analizler de yapılarak daha gerçekçi kuraklık tespitleri yapılmıştır. Çünkü yaz ayları yüksek sıcaklıktan dolayı kuraklık analizinde yanıtıcı sonuçlar verebilmektedir. Batman ilinde ağaçlandırmanın yetersiz olması buharlaşma kayıplarını artırmakta, su tasarrufu sağlayan sulama sistemlerinin yeterli düzeyde olmaması da kuraklığın etkilerini şiddetlendirmektedir. Batman ili için bu olumsuzluklar giderilerek ve hatta su ayak izi analizleri yapılarak, su tüketimi az tarım ürünlerinin belirlenip, bu doğrultuda planlamaların hayata geçirilmesi önerilmektedir. Bölgede çok ciddi düzeyde olan buharlaşma kayıplarının önüne geçilmesi açısından yeraltı barajlarının yapılması da kuraklıkla mücadeleye katkı sağlayacaktır.

Ayrıca, Batman ili ölçeğinde NYİ yönteminin diğer yöntemlerden çok farklı sonuçlar vermesinin nedenleri de araştırmacılar tarafından kapsamlı olarak araştırılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Akar Ö., Oğuz İ., Yürekli K., (2015), *İki kara havzasının kurak ve ıslak dönemlerinin bazı kuraklık indisleri yardımıyla karşılaştırılması*, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 32(2), 7-13.
- Arslan O., Bilgil A., Veske O., (2016), *Standart yağış indisi yöntemi ile Kızılırmak havzası'nın meteorolojik kuraklık analizi*, Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 5(2), 188-194.
- Aktaş S., Kalyoncu Ü.Y., Kılıç N.C.A., (2018), *Eğirdir göl havzasının De Martonne yöntemi ile kuraklık analizi*, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 6(2), 229-238.
- Batan M., (2014), *Küresel iklim değişikliği ve beklenen sonuçları*, Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- Batan M., Toprak Z.F., (2015), *Küresel iklim değişikliğinin olumlu etkileri ve bu etkilerin iklim değişikliğine uyum kapsamında değerlendirilmesi*, Dicle Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 6(2), 93-102.
- Blenkinsop S., Fowler H. J., (2007), *Changes in drought frequency, severity and duration for the British Isles projected by the prudence regional climate models*, Journal of Hydrology, 342(1-2), 50-71.
- Bryant E.A., (1993), *Natural hazards*, Cambridge University Press, Cambridge, England, 294ss.
- Choi M., Jacobs J. M., Anderson M. C., Bosch D. D., (2013), *Evaluation of drought indices via remotely sensed data with hydrological variables*, Journal of Hydrology, 476, 265-273.
- Dabanlı İ., (2017), *Türkiye'de iklim değişikliğinin yağış-sıcaklığa etkisi ve kuraklık analizi*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dai A., (2011), *Drought under global warming: A review*. Wiley Interdisciplinary Reviews. Climate Change, 2(1), 45-65.
- Dikici M., (2019), *Asi havzası'nda (Türkiye) kuraklık analizi*, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 5(1), 22-40.

- Dikici M., Aksel M., (2019), *Comparison of Spi, Spei and Srı drought indices for Seyhan basin*, International Journal of Electronics, Mechanical and Mechatronics Engineering, 9(4), 1751-1762.
- Doğan S., Berktaş A. Singh V.P., (2012), *Comparison of multi-monthly rainfall-based drought severity indices, with application to semi-arid Konya closed basin, Turkey*, Journal of Hydrology, 470, 255-268.
- Edossa D.C., Babel M.S., Gupta A.D., (2010), *Drought analysis in the Awash river basin, Ethiopia*, Water Resources Management, 24, 1441-1460.
- Efe B., Özgür E., (2014), *Standart yağış indeksi (Spi) ve Normalin yüzdesi metodu (Pni) ile Konya ve çevresinin kuraklık analizi*, II. Uluslararası Katılımlı Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 16-18 Eylül, Konya, Türkiye.
- Faiz M.A., Liu D., Fu Q., Naz F., Hristova N., Tianxiao L., Niaz Y., Khan A., (2020) *Assessment of dryness conditions according to transitional ecosystem patterns in an extremely cold region of China*, Journal of Cleaner Production, 255(3), 1-11.
- Guardiola-Claramonte M., Troch P. A., Breshears D. D., Huxman T. E., Switanek M. B., Durcik M., Cobb N. S., (2011), *Decreased streamflow in semi-arid basins following drought-induced tree die-off: A counter-intuitive and indirect climate impact on hydrology*, Journal of Hydrology, 406(3-4), 225-233.
- Gümüş V., Başak A., Oruç N., (2016), *Standartlaştırılmış yağış indeksi (SYİ) yöntemi ile Şanlıurfa istasyonunun kuraklık analizi*, Harran University Journal of Engineering, 1(1), 36-44.
- Gümüş V., Yenigün K., Toprak Z.F., Baçi N.O., (2018), *Şanlıurfa ve Diyarbakır istasyonlarında sıcaklık tabanlı buharlaşma tahmininde Ysa, Anfis ve Gep yöntemlerinin karşılaştırılması*, Dicle Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 9(1), 553-562.
- Gürler Ç., (2017), *Beşehir ve Konya-Çumra-Karapınar alt havzalarının standartlaştırılmış indis yaklaşımı ile hidrolojik kuraklık değerlendirilmesi*, Uzmanlık Tezi, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara.
- Hamidi N., (2013a), *Diyarbakır ili için Thornthwaite ve Standart yağış indisi yöntemleri ile kuraklığın belirlenmesi*, III. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, Bildiriler Kitabı, 3-5 Haziran, İstanbul, Türkiye.
- Hamidi N., (2013b), *Kuraklık indisinin Sırt yöntemi ile modellenmesi*, III. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, Bildiriler Kitabı, 3-5 Haziran, İstanbul, Türkiye.
- Hamidi N., (2018), *Temperature-rainfall and drought analysis for Diyarbakir city, Turkey*, International Journal of Scientific and Technological Research, 4(10), 572-582.
- Hıms M.A., (2013), *Hydrometeorological drought analysis in Aksaray by aggregate drought index*, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 28(4), 711-721.
- Hisdal H., Tallaksen L. M., (2003), *Estimation of regional meteorological and hydrological drought characteristics*, Journal of Hydrology, 281, 230-247.
- Jain V.K., Pandey R.P., Jain M.K., Byun H., (2020), *Comparison of drought indices for appraisal of drought characteristics in the Ken river basin*, Weather and Climate Extremes, 8, 1-11.
- Kao S. C., Govindaraju R. S., (2010), *A copula-based joint deficit index for droughts*, Journal of Hydrology, 380(1-2), 121-134.
- Mishra A. K., Singh V. P., (2010), *A review of drought concepts*, Journal of Hydrology, 391(1-2), 202-216.
- Oruç N., (2017), *Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin kuraklık analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Partal T., Yavuz E., (2020), *Batı Karadeniz Bölgesi'nde kuraklık indisleri üzerine trend analizi uygulanması*, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 6(2), 345-353.
- Salehnia N., Alizadeh A., Sanaeinejad H., Bannayan M., Zarrin A., Hoogenboom G., (2017), *Estimation of meteorological drought indices based on Agmerra precipitation data and station-observed precipitation data*, Journal of Arid Land, 9(6), 797-809.
- Şen Z., (1978), *Autorun analysis of hydrological time series*, Journal of Hydrology, 36, 75-85.
- Şen Z., (1998), *Probabilistic formulation of spatio-temporal drought pattern*, Theoretical and Applied Climatology, 61(3-4), 197-206.
- Şimşek O., Çakmak B., (2020), *SPI ve PNI yöntemleriyle tarım yılı kuraklık analizi*, <https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/makale/SPIvePNIkuraklik.pdf> [Erişim 7 Temmuz 2020].
- Tadic L., Dacic T., Bosak M., (2015), *Comparison of different drought assessment methods in continental Croatia*, Gradevinar, 67(1), 11-22.
- Taş M., Kilit M., (2015), *Farklı yaklaşımlarla Afyonkarahisar ilinin kuraklık analizi*, 4. Uluslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları Kongresi, Bildiriler Kitabı, 1-4 Eylül, Kahramanmaraş, Türkiye.
- Tigkas D., Vangelis H., Tsakiris G., (2015), *Drinc: A software for drought analysis based on drought indices*, Earth Science Informatics, 8(3), 697-709.
- Toprak Z.F., (2004), *Akarsularda boyuna dispersiyon katsayısının bulanık mantık yöntemi ile belirlenmesi*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Toprak Z.F., Savcı M.E., (2005), *Interpreting of fuzzy dispersion model by contour map method*, ITU Journal, Engineering Serial, 4(3), 39-52.
- URL-1, (2020), *Batman İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü*, <https://batman.ktb.gov.tr/TR-56576/cografya.html>, [Erişim 11 Temmuz 2020]
- URL-2, (2020), <https://www.lafsozluk.com/2012/01/batman-ilinin-turkiye-haritasindaki-yeri.html>, [Erişim 5 Temmuz 2020].
- URL-3, (2020), *Meteoroloji Genel Müdürlüğü*, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklikanalizi.aspx?d=yontemsinif>, [Erişim 15 Temmuz 2020].
- Xu K., Yang D., Yang H., Li Z., Qin Y., Shen Y., (2015), *Spatio-temporal variation of drought in China during 1961-2012: A climatic perspective*, Journal of Hydrology, 526, 253-264.
- Yenigün K., Ibrahim W. A., (2019), *Investigation of drought in the Northern Iraq region*, Meteorological Applications, 26(3), 490-499.
- Yılmaz M., (2017), *Drought analysis of Konya closed basin with the use of tmpa satellite-based precipitation data*, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 32(2), 541-549.