



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIğI  
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜğÜ  
TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIğI



# VAN GÖLÜ HAVZASI KURAKLIK YÖNETİM PLANI



## YÖNETİCİ ÖZETİ

ANKARA, 2018



## İÇİNDEKİLER TABLOSU

YÖNETİCİ ÖZETİ.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Kuraklık İndisleri, İndikatörleri ve Eşik Değerlerinin Tespiti.....	2
1.3. Kuraklık Şiddet ve Risk Haritaları.....	31
1.4. Su Bütçesi Çalışmaları.....	36
1.5. Sektörel Etkilenebilirlik Analizleri.....	43
1.6. Kuraklık Ve Su Kıtlığının Van Gölü Havzasındaki Etkileri.....	51
1.7. Van Gölü Havzası'ndaki Kuraklık Etkilerinin Azaltılması İçin Önerilen Tedbirler	57
KAYNAKLAR.....	67



## **YÖNETİCİ ÖZETİ**

### **1.1. Giriş**

Doğu Anadolu Bölgesi'nin güney-güneydoğusunda konumlanan Van Gölü, Bitlis ili sınırları içerisinde bulunan Nemrut Volkanik Dağı'nın patlaması sonucu, bölgedeki tektonik çöküntü alanının önünün kapanmasıyla oluşmuş bir volkanik set gölüdür. Etrafı yüksek dağlar ve platolarla çevrilidir.

Van Gölü Havzası 37°55'- 39°24' kuzey enlemi, 42°05'- 44°22' doğu boylamı arasında yer almaktadır. 17.887 km<sup>2</sup> yağış alanına (serbest su yüzeyi ve kara alanlar) sahip proje alanında; Van Gölü (15.441 km<sup>2</sup>), Erçek Gölü (1.492,4 km<sup>2</sup>), Nemrut Krater Gölü, Turna Gölü, Akgöl ve Aygır Gölü kapalı havzaları ile Kapıköy (650 km<sup>2</sup>) drenaj alanları yer almaktadır. Proje alanında ki serbest su yüzeyi (göl alanları) yaklaşık 3.815 km<sup>2</sup> olup Van Gölü ve Erçek Gölü serbest su yüzeyleri sırası ile 3.582 km<sup>2</sup> ve 52,4 km<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır.

Yıllık su potansiyeli yaklaşık 3,5 milyar m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır (Master Plan Raporu, 2015). Van ili merkezi ile Van iline bağlı Muradiye, Erciş, Çaldıran, Özalp, Gürpınar, Edremit ve Gevaş ilçeleri ile; Bitlis'in Tatvan, Ahlat ve Adilcevaz ilçeleri havzanın önemli yerleşim merkezlerini oluşturmaktadır. Havzanın %75,8'ni Van, %27,8'ni Bitlis, %2,2'sini Ağrı ve %0,25'ini Muş illeri kapsamaktadır.

Türkiye'nin 25 su havzasından biri olan Van Gölü Havzası'nda havza sınırları esas alınarak "Kuraklık Yönetim Planının hazırlanması işi Tarım ve Orman Bakanlığı/ Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından çalışmaları yürütülen Kurak Dönem Yönetim ve Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi kapsamında ihale edilmiştir.

Van Gölü Havzası Kuraklık Yönetim Planı ile kuraklık analizleri yapılarak, olası kuraklık riskleriyle karşılaşıldığında yaşanacak olan olumsuz etkilerin azaltılmasına yönelik, kuraklık öncesinde, esnasında ve sonrasında alınacak tedbirler belirlenmiştir.



Şekil 1 Proje alanı fiziki haritası

## 1.2. Kuraklık İndisleri, İndikatörleri ve Eşik Değerlerinin Tespiti

Kuraklık meteorolojik değişimler ile başlayıp, zamansal olarak sürdükçe tarımsal ve daha ileri evrelerde hidrolojik kuraklık olarak hissedilebilir. Kuraklığın yukarıda sözü edilen evrelerini ve etkilerini inceleyebilmek için uygun veri varlığında indikatör ve indis analizleri gerçekleştirilmiştir. Bunun yanı sıra trend analizleri ve geçmişte yaşanmış kuraklık kayıtları ile karşılaştırılıp, havzayı farklı kuraklık türünde simgeleyebilecek indikatör ve indisler belirlenmiştir. Bu indisler ışığında ise havzaya ait kuraklık evre, şiddet ve riskleri belirlenmiştir.

Kuraklık temel olarak üç boyutta nitelenebilir: şiddet, süre ve bölgeye mekansal olarak dağılımı. Bu olguları inceleyen, önceki çalışmalar kapsamında geliştirilen bazı yöntemler kuraklığı analiz edebilme olanağı sunmuştur. Bu yöntemler sayesinde kuraklığın, türü, şiddeti, yoğunluğu, yaşanma süresi ve sıklığını saptanabilir kılınmıştır.

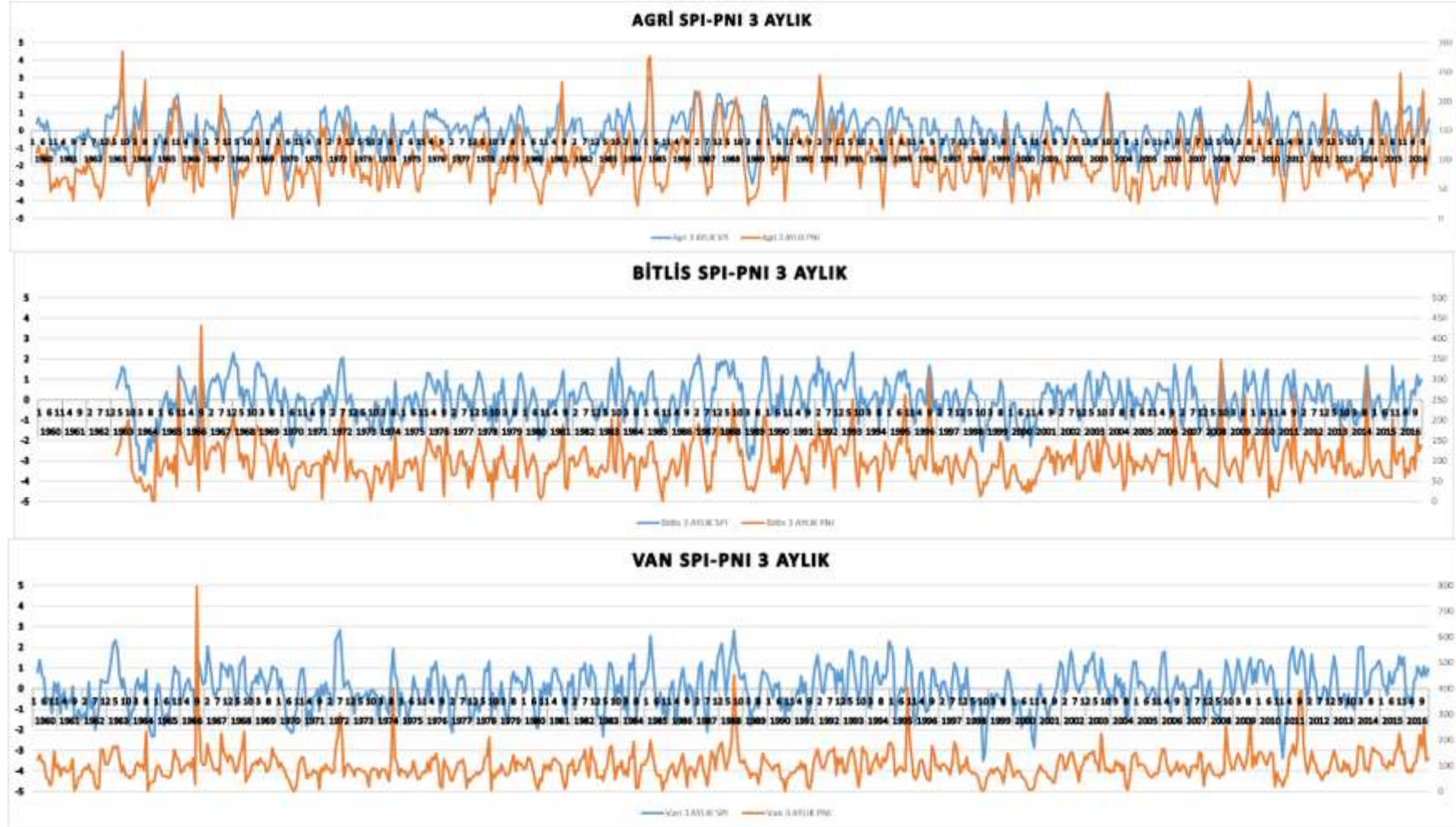


**T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**  
**TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI**

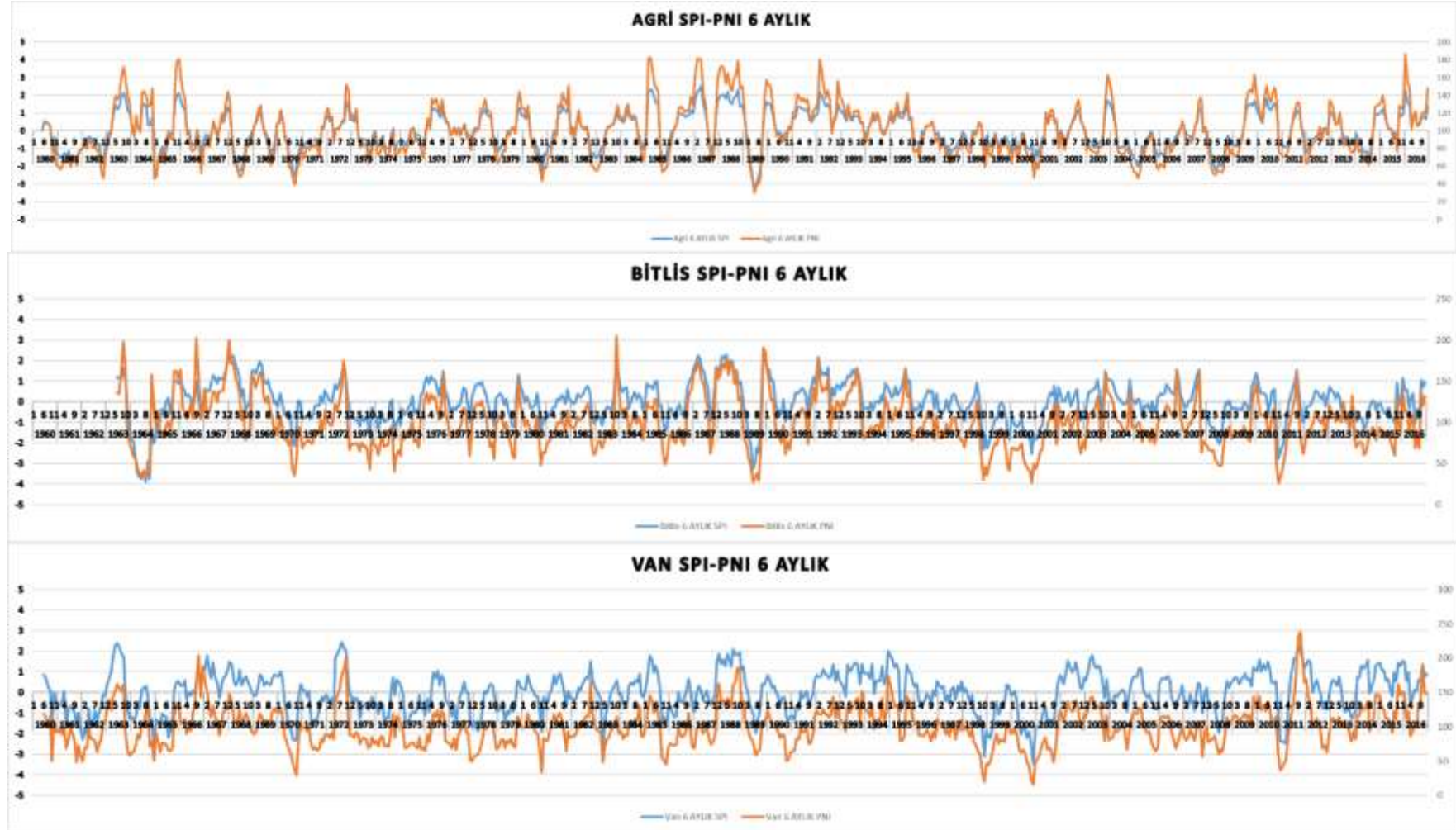


Sözü edilen analizler için geliştirilen birçok indis ve analiz yöntemi bulunmaktadır. Bunlardan uluslararası çevreler tarafından kabul gören ve bilinenleri; Normalin Yüzdesi İndisi (PNI), Ondalıklar İndisi (Deciles), Standart Yağış İndisi (SPI), Standart Akım İndisi (SRI), Palmer Kuraklık İndisleri (PDSI, PHDI, WPLM, ZIND), Standart Yeraltısuyu Seviye İndisi (SGI), Standart Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI), Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndisi (NDVI) vb. indis çeşitleridir. Zargar, A. ve diğ. (2011) yaptığı çalışmada birçok indis yukarıda anlatılan nitelikler yönünden incelemiş ve tahmin, izleme, planlama operasyonlarını içeren ve sıklıkla kullanılan 6 adet indis belirlemiştir. Bu indisler PNI, SPI, Palmer Indices, US Drought Monitor (USDM) ve NDVI olarak belirtilmiştir.

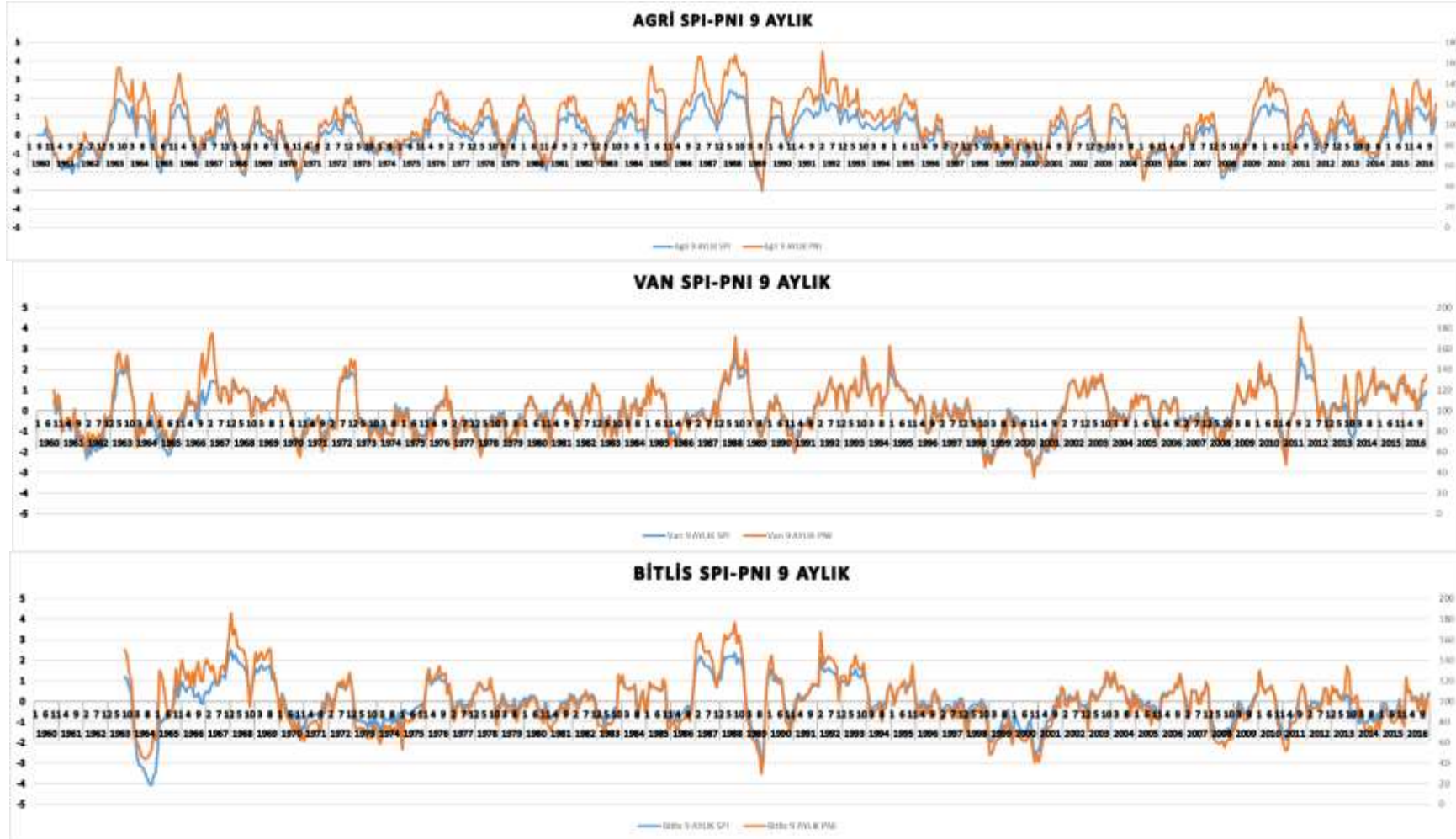
PNI analizi gerçekleştirilirken yağış verisi ile doğrudan bağlantılı olduğu için SPI analizleri ile benzer sonuçlar doğurabileceği öngörülmüştür. Bu doğrultuda SPI ve diğer analizler ile karşılaştırmaya imkan vermek için PNI analizleri 3, 6, 9 ve 12 aylık olarak gerçekleştirilmiştir. Ağrı, Bitlis ve Van'a ait 3, 6, 9 ve 12 aylık SPI-PNI sonuçları karşılaştırma grafikleri Şekil 2, Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5'te verilmiştir. PNI analizleri 3, 6, 9, 12 aylık periyotlarda farklı kuraklık şiddetlerinin gerçekleşme sayıları Tablo 1 ve Tablo 2'de sunulmuştur.



Şekil 2 Agri-Bitlis-Van İstasyonlarının 3 aylık PNI ve SPI sonuçlarının karşılaştırma grafiği

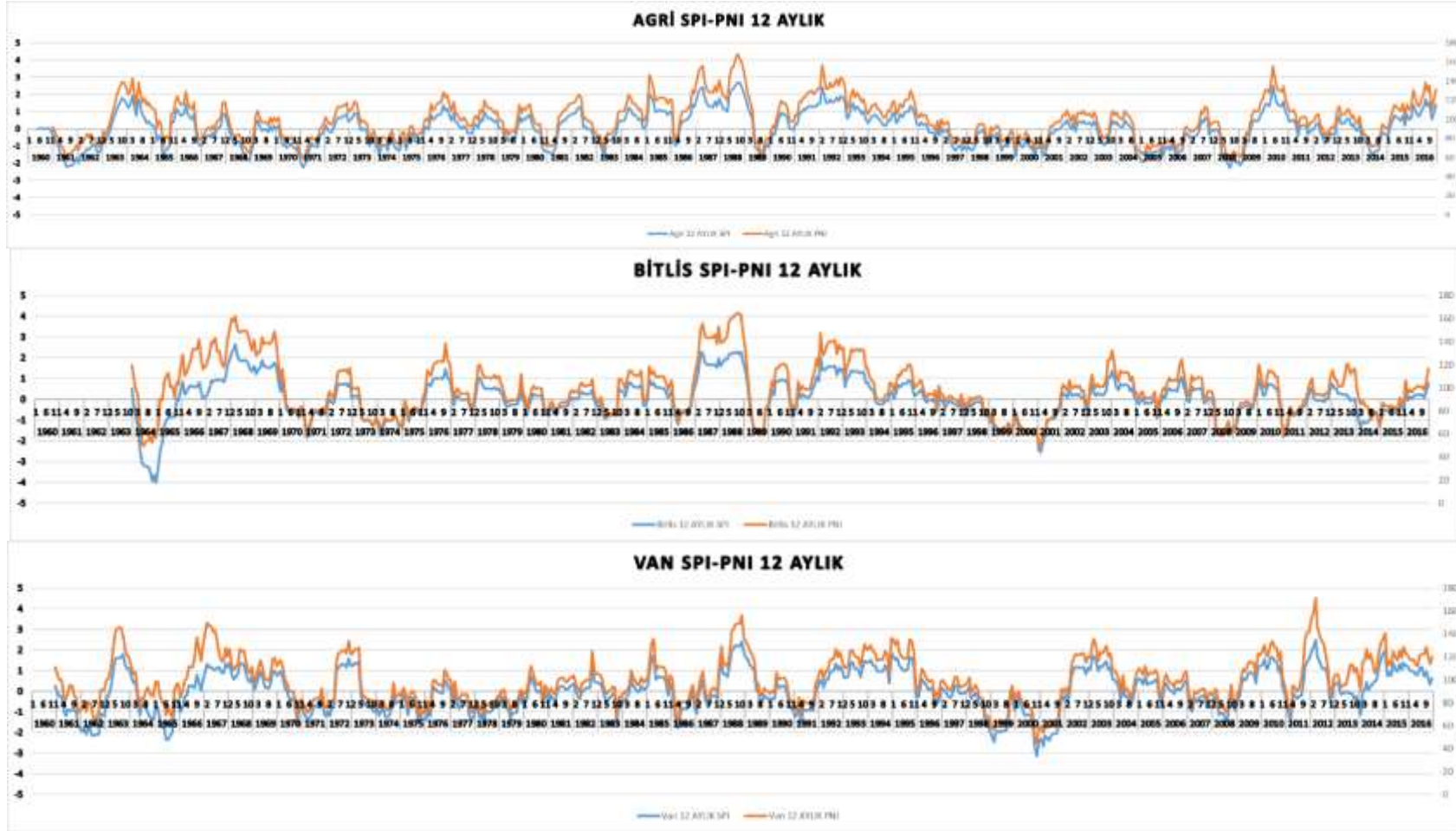


Şekil 3 Agri-Bitlis-Van İstasyonlarının 6 aylık PNI ve SPI sonuçlarının karşılaştırma grafiği



Şekil 4 Agri-Bitlis-Van İstasyonlarının 9 aylık PNI ve SPI sonuçlarının karşılaştırma grafiği





Şekil 5 Agri-Bitlis-Van İstasyonlarının 12 aylık PNI ve SPI sonuçlarının karşılaştırma grafiği



**T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**  
**TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI**



**Tablo 1 PNI analizleri 3, 6, 9, 12 aylık periyotlarda farklı kuraklık şiddetlerinin gerçekleşme sayıları**

3 Aylık PNI Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Doğubeyazıt	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
>170	Çok Şiddetli Yağışlı	38	50	45	33	43	36	42	44	52	45	50
150-170	Çok Yağışlı	34	23	33	40	29	21	42	29	23	34	39
130-150	Orta Şiddetli Yağışlı	68	51	54	60	51	35	56	62	38	59	61
110-130	Normale Yakın Yağışlı	100	71	84	83	74	63	91	78	57	84	84
90-110	Normale Yakın Kurak	129	97	110	118	102	57	95	96	97	122	126
70-90	Orta Şiddetli Kurak	152	110	122	108	122	59	117	102	102	115	146
50-70	Şiddetli Kurak	97	64	82	85	77	45	81	74	81	91	98
<50	Çok Şiddetli Kurak	64	73	93	53	68	46	78	69	78	72	78

6 Aylık PNI Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
>170	Çok Şiddetli Yağışlı	15	20	22	15	18	16	21	9	16	51	19	14
150-170	Çok Yağışlı	23	23	18	38	27	21	32	35	30	18	26	18
130-150	Orta Şiddetli Yağışlı	73	55	54	53	58	62	53	77	59	37	49	58
110-130	Normale Yakın Yağışlı	127	107	109	103	105	90	63	107	120	76	115	144
90-110	Normale Yakın Kurak	159	147	144	171	147	148	78	124	148	100	191	183
70-90	Orta Şiddetli Kurak	188	104	171	168	136	136	67	147	99	128	125	164
50-70	Şiddetli Kurak	80	57	75	59	68	65	32	76	52	92	59	73
<50	Çok Şiddetli Kurak	14	26	33	36	21	28	16	27	30	26	35	25



**T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**  
**TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI**



**Tablo 2 PNI analizleri 3, 6, 9, 12 aylık periyotlarda farklı kuraklık şiddetlerinin gerçekleşme sayıları (sürüyor)**

9 Aylık PNI Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
>170	Çok Şiddetli Yağışlı	1	12	20	2	13	11	24	1	8	51	3	6
150-170	Çok Yağışlı	17	30	20	22	21	21	36	22	26	16	20	12
130-150	Orta Şiddetli Yağışlı	55	44	42	50	53	46	58	86	63	26	59	51
110-130	Normale Yakın Yağışlı	156	125	107	138	113	105	68	115	129	97	106	151
90-110	Normale Yakın Kurak	181	168	161	188	178	156	86	145	170	118	229	201
70-90	Orta Şiddetli Kurak	203	108	202	175	139	155	67	156	96	125	128	207
50-70	Şiddetli Kurak	60	45	61	52	52	59	20	68	43	82	56	42
<50	Çok Şiddetli Kurak	3	7	13	13	11	13	3	9	19	13	15	6

12 Aylık PNI Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
> 170	Çok Şiddetli Yağışlı	0	6	16	0	4	8	28	0	7	50	1	1
150 - 170	Çok Yağışlı	10	31	16	14	23	25	42	17	14	12	14	3
130 - 150	Orta Şiddetli Yağışlı	46	62	50	61	54	28	70	75	68	30	49	47
110 - 130	Normale Yakın Yağışlı	149	125	88	110	120	104	86	135	151	107	124	166
90 - 110	Normale Yakın Kurak	232	172	180	225	188	189	72	160	174	134	239	221
70 - 90	Orta Şiddetli Kurak	199	103	230	167	150	165	57	159	90	109	134	201
50 - 70	Şiddetli Kurak	37	40	41	58	37	36	6	51	33	83	42	33
< 50	Çok Şiddetli Kurak	0	0	4	2	4	11	1	4	17	3	10	1



**T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**  
**TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI**



SPI analizini gerçekleştirmek için uluslararası kurumlar tarafından geliştirilen bilgisayar yazılımları bulunmaktadır. Bunlardan biri de The Greenleaf Project tarafından geliştirilmiştir. Yapılacak olan hesapların hızlı ve bir standartta sürdürülmesi için sözü edilen kuruluştan SPI kodu sağlanmıştır (<http://greenleaf.unl.edu/>).

Programa girdi olarak yağış verisi zaman serisi sağlanmakta ve çıktı olarak da haftalık/aylık (1-48) SPI sonuçları hesaplanmaktadır. Bu nedenle, yapılacak olan SPI hesapları için ilk önce yağış verileri zaman serileri haline getirilmiştir. Daha sonra bilgisayar kodu 1, 3, 6, 9, 12, 18, 24 ve 48 aylık olarak çalıştırılıp, sonuçlar elde edilmiştir. Alınan sonuçlar kendi içinde, diğer istasyonlar ve başka indisler ile denetlenip, zaman içindeki değişimleri kontrol edilmiştir.

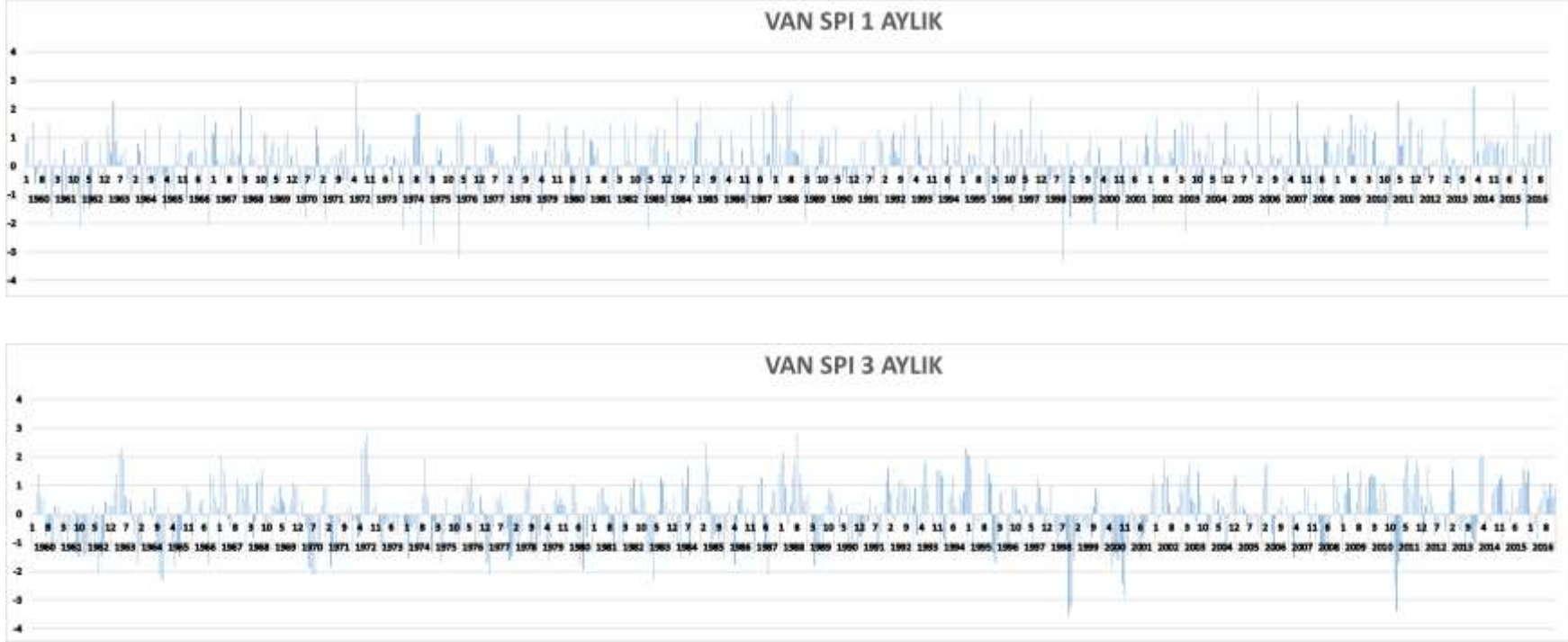
SPI hesapları tüm istasyonlar için farklı kuraklık türlerini belirleyebilmek için 1-48 aylık arası farklı 8 periyot için yapılmıştır (Şekil 6, Şekil 7, Şekil 8 ve Şekil 9). SPI analizleri 3, 6, 9, 12 aylık periyotlarda farklı kuraklık şiddetlerinin gerçekleşme sayıları da Tablo 3 ve Tablo 4'te verilmiştir.

Van istasyonu örneğinde görüldüğü gibi, özellikle 1 ve 3 aylık dönemlerde SPI sonuçlarının uzun süreli bir desen göstermediği ve anlık değişimleri barındırdığı gözlenmektedir. Periyot süresi arttıkça kurak dönem süreleri bir desen özelliği göstermekte ve belirginleşmektedir.

Yapılan analizler sonucunda PNI ile benzer şekilde normale yakın yağışlı ve normale yakın kurak sınıflarında yoğunluk bulunmaktadır. İstasyonların veri aralıkları farklı olduğundan istasyonlar arası bir sayısal karşılaştırma yapılmayacaktır. Bu karşılaştırmanın kurak devrelerin tespiti bölümünde olasılıklar üzerinden yapılması daha yararlı sonuçlar verecektir.



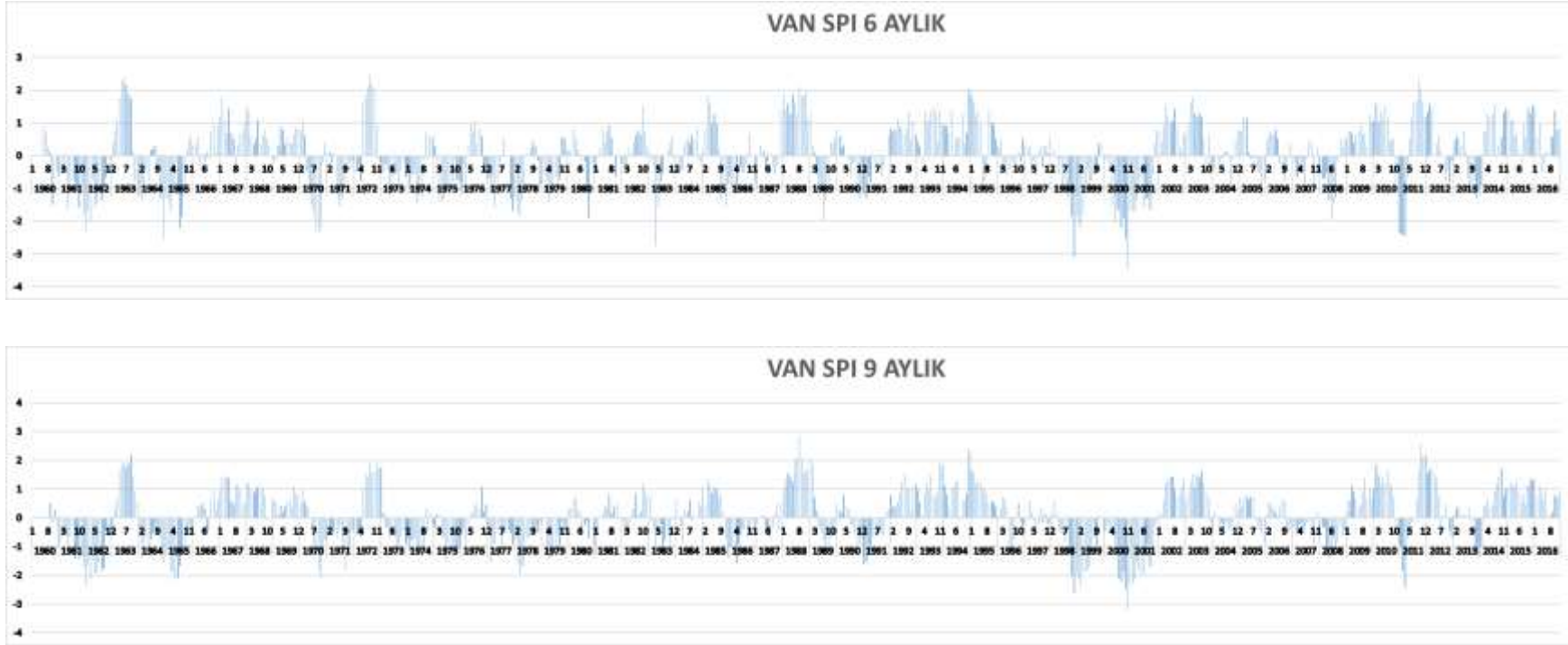
T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI  
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ  
TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI



Şekil 6 Van İstasyonu 1, 3, 6, 9, 12, 18, 24 ve 48 aylık SPI sonuç grafikleri



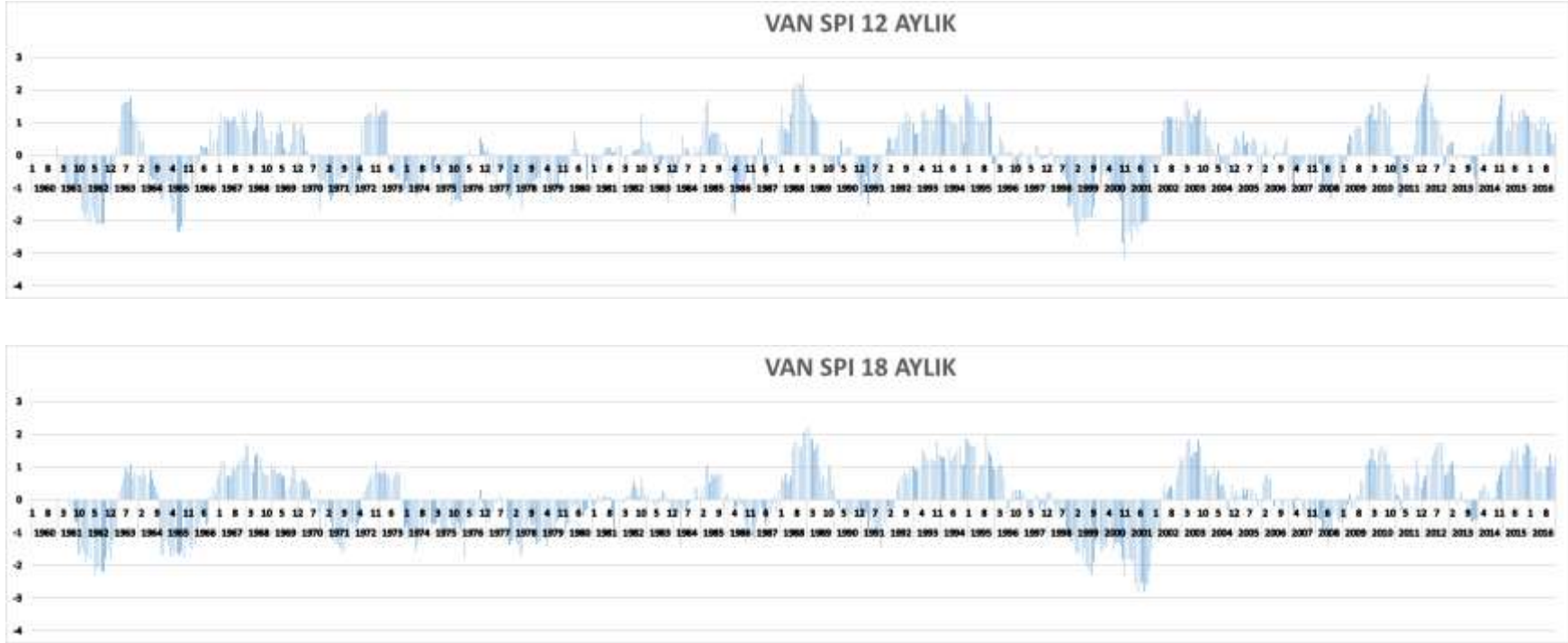
**T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**  
**TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI**



**Şekil 7 Van İstasyonu 1, 3, 6, 9, 12, 18, 24 ve 48 aylık SPI sonuç grafikleri (sürüyor)**



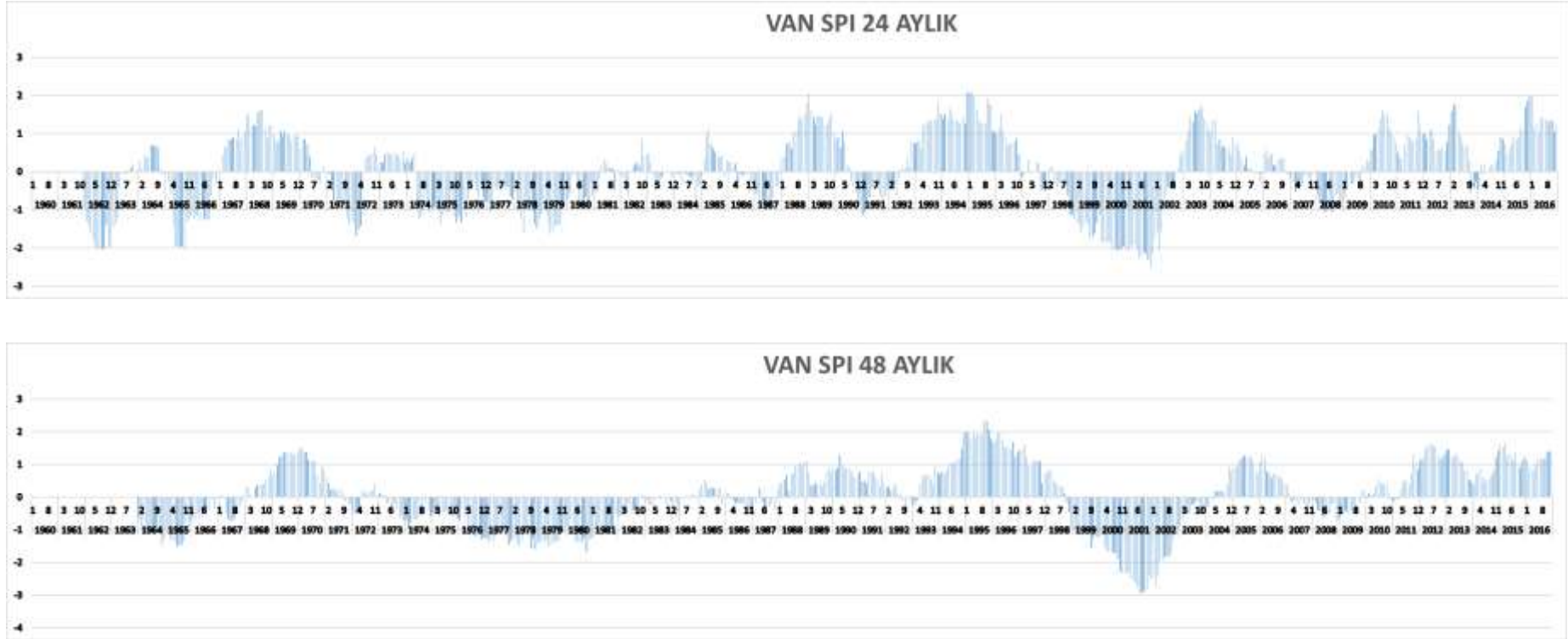
**T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**  
**TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI**



**Şekil 8 Van İstasyonu 1, 3, 6, 9, 12, 18, 24 ve 48 aylık SPI sonuç grafikleri (sürüyor)**



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI  
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ  
TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI



Şekil 9 Van İstasyonu 1, 3, 6, 9, 12, 18, 24 ve 48 aylık SPI sonuç grafikleri (sürüyor)





**T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**  
**TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI**



**Tablo 3 SPI analizleri 3, 6, 9, 12 aylık periyotlarda farklı kuraklık şiddetlerinin gerçekleşme sayıları**

3 Aylık SPI Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
> 2	Çok Şiddetli Yağışlı	17	11	13	8	15	8	2	1	6	29	10	13
1.50 - 2.00	Çok Yağışlı	31	23	22	30	20	24	13	41	27	16	29	27
1.00 - 1.50	Orta Şiddetli Yağışlı	59	58	56	63	56	62	45	57	59	39	61	61
0 - 1.00	Normale Yakın Yağışlı	234	200	234	239	219	200	139	220	204	238	223	244
-1.00 - 0	Normale Yakın Kurak	232	198	215	219	186	195	114	197	194	212	214	228
-1.50 - -1.00	Orta Şiddetli Kurak	67	36	59	40	53	49	33	56	46	55	52	68
-2.00 - -1.50	Şiddetli Kurak	28	34	19	25	34	23	21	35	28	34	30	25
< -2	Çok Şiddetli Kurak	14	12	14	22	13	12	3	14	8	2	14	15

6 Aylık SPI Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
> 2	Çok Şiddetli Yağışlı	14	11	17	13	17	6	4	1	4	20	4	10
1.50 - 2.00	Çok Yağışlı	30	19	11	28	24	28	7	28	19	31	27	28
1.00 - 1.50	Orta Şiddetli Yağışlı	75	42	44	59	43	63	44	78	52	32	52	69
0 - 1.00	Normale Yakın Yağışlı	217	229	254	228	223	200	150	216	237	215	274	245
-1.00 - 0	Normale Yakın Kurak	237	185	227	242	186	196	111	195	176	235	191	219
-1.50 - -1.00	Orta Şiddetli Kurak	58	36	43	29	58	40	22	49	35	32	38	56
-2.00 - -1.50	Şiddetli Kurak	31	20	18	23	27	20	21	37	27	27	26	32
< -2	Çok Şiddetli Kurak	17	17	16	21	12	18	8	15	16	12	18	19



**T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**  
**TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI**



**Tablo 4 SPI analizleri 3, 6, 9, 12 aylık periyotlarda farklı kuraklık şiddetlerinin gerçekleşme sayıları (sürüyor)**

9 Aylık SPI Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
> 2	Çok Şiddetli Yağışlı	10	9	15	14	17	10	5	1	5	27	5	9
1.50 - 2.00	Çok Yağışlı	30	24	16	27	28	25	6	26	16	21	22	33
1.00 - 1.50	Orta Şiddetli Yağışlı	71	41	49	46	48	45	40	84	46	24	60	78
0 - 1.00	Normale Yakın Yağışlı	236	219	222	248	191	214	144	210	252	229	267	219
-1.00 - 0	Normale Yakın Kurak	217	191	258	227	218	197	121	194	164	229	200	231
-1.50 - -1.00	Orta Şiddetli Kurak	60	32	36	40	39	44	19	49	41	35	37	55
-2.00 - -1.50	Şiddetli Kurak	37	27	14	21	29	15	19	39	15	15	18	34
< -2	Çok Şiddetli Kurak	15	17	16	17	13	18	10	13	21	17	19	17

12 Aylık SPI Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
> 2	Çok Şiddetli Yağışlı	14	8	18	14	14	13	4	1	3	35	9	7
1.50 - 2.00	Çok Yağışlı	28	24	22	36	34	27	11	26	15	15	17	31
1.00 - 1.50	Orta Şiddetli Yağışlı	64	51	51	34	44	32	36	85	43	16	61	93
0 - 1.00	Normale Yakın Yağışlı	242	193	200	251	185	210	136	208	261	228	248	203
-1.00 - 0	Normale Yakın Kurak	197	202	274	213	213	220	120	199	165	229	219	235
-1.50 - -1.00	Orta Şiddetli Kurak	83	34	36	50	49	34	22	43	32	37	29	57
-2.00 - -1.50	Şiddetli Kurak	37	28	7	24	26	6	19	34	9	19	23	24
< -2	Çok Şiddetli Kurak	8	12	16	15	11	23	11	17	26	13	19	23



**T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**  
**TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI**



SRI analizleri hidrolojik kuraklıklar hakkında fikir vermektedir. Yapılan çalışmada SPI analizinde izlenen yöntem ile benzer bir yol izlenmiştir. Benzer çözümleme sistematiğine sahip bu iki indis için de aynı kurum (greenleaf) tarafından SPI için geliştirilen bilgisayar kodu kullanılmıştır. Yine benzer şekilde akımlar zaman serileri haline dönüştürülmüş ve programa girdi olarak sağlanmıştır. SRI için daha önceden de söz edildiği üzere korelasyon sonucu edilen akım verileri kullanılmıştır.

SRI analizleri diğer indisler ile karşılaştırma yapabilmek için veri varlığını sağlayan bütün istasyonlar için 1, 3 ve 9, 12 aylık olarak yapılmıştır (Tablo 5 ve Tablo 6). Buradaki amaç kısa dönemler için akış verisinin kuraklık kapsamında sonuçlarını görebilmek ve uzun dönem boyunca diğer indisler ile benzerlik/farklılıklarını irdeleyebilmektir.



**T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**  
**TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI**



**Tablo 5 SRI analizleri 1, 3, 9, 12 aylık periyotlarda farklı kuraklık şiddetlerinin gerçekleşme sayıları**

1 Aylık SRI Değerleri	Sınıflandırma	Bahçesaray	Bendimahi	Çubuklu	Erdeviz	Gevaş	Güzelsu	Kınalıkoç	Koçköprü	Payköy	Zernek
> 2	Aşırı Nemli	2	16	7	15	8	10	8	19	16	17
1.50 - 2.00	Çok Nemli	11	14	7	7	11	4	25	60	12	16
1.00 - 1.50	Orta Nemli	19	28	20	22	26	24	40	30	57	21
0 - 1.00	Normale Yakın Nemli	125	182	61	125	99	134	123	162	242	117
-1.00 - 0	Normale Yakın Kurak	74	172	77	144	119	100	148	304	236	172
-1.50 - -1.00	Orta Kurak	16	32	24	19	16	19	36	64	70	28
-2.00 - -1.50	Çok Kurak	19	20	7	7	9	14	24	18	14	5
< -2	Aşırı Kurak	10	13	1	9	11	7	4	3	13	8
TOPLAM		276	477	204	348	299	312	408	660	660	384

3 Aylık SRI Değerleri	Sınıflandırma	Bahçesaray	Bendimahi	Çubuklu	Erdeviz	Gevaş	Güzelsu	Kınalıkoç	Koçköprü	Payköy	Zernek
> 2	Aşırı Nemli	3	7	4	16	7	6	10	14	17	15
1.50 - 2.00	Çok Nemli	4	17	11	8	13	10	23	46	20	16
1.00 - 1.50	Orta Nemli	25	41	23	22	29	25	38	49	38	29
0 - 1.00	Normale Yakın Nemli	133	189	58	128	102	120	128	174	246	119
-1.00 - 0	Normale Yakın Kurak	65	153	74	136	107	102	144	284	246	155
-1.50 - -1.00	Orta Kurak	18	38	24	24	21	28	39	59	59	39
-2.00 - -1.50	Çok Kurak	16	18	9	5	12	11	24	30	25	5
< -2	Aşırı Kurak	11	14	1	9	9	9	2	4	9	6
TOPLAM		275	477	204	348	300	311	408	660	660	384



**T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**  
**TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI**



**Tablo 6 SRI analizleri 1, 3, 9, 12 aylık periyotlarda farklı kuraklık şiddetlerinin gerçekleşme sayıları (sürüyor)**

9 Aylık SRI Değerleri	Sınıflandırma	Bahçesaray	Bendimahi	Çubuklu	Erdeviz	Gevaş	Güzelsu	Kınalıkoç	Koçköprü	Payköy	Zernek
> 2	Aşırı Nemli	3	6	1	13	4	3	19	21	18	10
1.50 - 2.00	Çok Nemli	9	17	11	17	14	20	20	28	29	17
1.00 - 1.50	Orta Nemli	21	50	23	21	36	23	29	50	32	39
0 - 1.00	Normale Yakın Nemli	130	171	66	100	89	113	103	195	264	114
-1.00 - 0	Normale Yakın Kurak	70	159	48	136	106	90	174	266	221	140
-1.50 - -1.00	Orta Kurak	11	37	35	44	32	26	39	57	48	39
-2.00 - -1.50	Çok Kurak	12	17	12	5	3	20	15	23	19	10
< -2	Aşırı Kurak	12	12	0	4	8	9	1	12	21	7
TOPLAM		268	469	196	340	292	304	400	652	652	376

12 Aylık SRI Değerleri	Sınıflandırma	Bahçesaray	Bendimahi	Çubuklu	Erdeviz	Gevaş	Güzelsu	Kınalıkoç	Koçköprü	Payköy	Zernek
> 2	Aşırı Nemli	4	3	0	14	5	1	23	24	18	12
1.50 - 2.00	Çok Nemli	8	19	11	15	17	19	13	20	29	17
1.00 - 1.50	Orta Nemli	24	62	17	28	24	19	28	35	30	43
0 - 1.00	Normale Yakın Nemli	123	157	78	95	93	117	106	264	273	103
-1.00 - 0	Normale Yakın Kurak	77	167	47	136	107	97	184	214	214	144
-1.50 - -1.00	Orta Kurak	12	26	34	40	28	12	28	65	49	31
-2.00 - -1.50	Çok Kurak	10	22	10	10	8	25	18	13	14	17
< -2	Aşırı Kurak	12	12	1	1	8	11	0	17	25	7
TOPLAM		270	468	198	339	290	301	400	652	652	374



**T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**  
**TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI**



SRI analizlerinden elde edilen sayısal sonuçlar AGİ'lerin veri durumunu göz önünde bulundurduğumuzda oluşma olasılıklar bakımından bir karşılaştırma yapmaya olanak sağlamaktadır. İstasyonların veri aralıklarında gerçekleşen farklı kuraklık ve nemlilik durumlarına bakıldığında SPI ve PNI'da olduğu gibi normale yakın bölgesinde yoğunlaşmaktadır. Burada kuraklık oluşma sayıları bakımından ilk dikkat çeken istasyon Koçköprü akım gözlem istasyonudur. Koçköprü istasyonunun 1 aylık SRI sonuçlarında normale yakın kurak durumu baskın olarak görülürken, periyotlar arttıkça bu ağırlık normale yakın nemli sınıfa dönmektedir. Bunun temel nedeni akış değerlerinin uzun dönemler içinde anlık olarak yüksek artışlar göstermesi olarak söylenebilir. Diğer istasyonlar için şiddet durumlarının çok az değişimler gösterdiği ve dengeli sürdüğü gözlenmektedir.

Kuraklık indislerinden özellikle tarımsal kuraklığı izleme imkanı sunan Palmer indislerinin analizi için The Greenleaf Project tarafından oluşturulmuş bilgisayar kodu kullanılmıştır. Yapılacak olan analizde yağış rejiminin yanında potansiyel evapotranspirasyon ve toprak nemi gibi parametrelerde göz önünde tutulacağından, SPI için geliştirilen yazılımdan farklı olarak, Palmer hesapları için yağış, sıcaklık, ortalama sıcaklık, toprak su tutma kapasitesi ve istasyon enlem bilgileri gereklidir. Potansiyel evapotranspirasyon değerini de programın kendisi Thornwaite yöntemiyle hesaplamaktadır. Thornwaite yöntemi, gereksinim duyduğu verilerin azlığı, programın bunu otomatik hesaplaması ve dünya genelinde kullanılan bir metot olması sebebiyle tercih edilmiştir. Bu analizde önemli iki noktadan birisi yağış ve sıcaklık verilerinin ortak periyotlarını belirlemek ve diğeri ise tarla su tutma kapasitelerini doğru bir şekilde belirlemektir.

Öncelikle istasyonlar için elde edilen veriler, ilgili bilgisayar programının veri formatı düzenine getirilmiş ve hesaplamalar bu şekilde gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizlerde scPDSI'ın yanı sıra PHDI, WPLM ve ZIND analizlerinin sonuçları da sağlanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 7 ve Tablo 8'te sunulmaktadır.

Tablo incelendiğinde önceki indislerde olduğu gibi normal çevresinde kümeleşme olduğu görülmektedir. Bununla beraber scPDSI, PHDI ve WPLM analizlerinde özellikle Ağrı, Ahlat, Bitlis, Malazgirt, Özalp, Tatvan ve Van istasyonlarında hesaplanan değerlerde hafif kuraklık şiddetinin çoğunlukla yaşandığı, ZIND'de ise hemen hemen bütün istasyonların baskın kuraklık şiddetinin hafif kurak evre olduğu görülmektedir. Ayrıca yine



**T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIğI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**  
**TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIğI**



ZIND analiz sonuçlarının çok ve aşırı kurak evrelerde gerçekleşme azlığı da dikkat çeken bir başka sonuçtur.



**T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**  
**TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI**



**Tablo 7 scPDSI, PHDI, WPLM ve ZIND analizleri farklı kuraklık şiddetlerinin gerçekleşme sayıları**

scPDSI Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
> 4	Aşırı Nemli	11	14	15	12	14	11	9	14	11	12	12	12
3.00 - 3.99	Çok Nemli	34	39	43	19	56	20	37	62	18	21	22	36
2.00 - 2.99	Orta Nemli	69	56	38	37	41	27	50	62	42	20	36	80
1.00 - 1.99	Hafif Nemli	96	62	44	69	61	81	45	71	69	17	58	85
0.50 - 0.99	Başlangıç Evresi Nemli Dönem	57	40	54	76	53	56	35	36	32	27	52	58
0.49 - (-0.49)	Normal	91	62	129	124	133	193	28	82	78	126	151	96
(-0.50) - (-0.99)	Başlangıç Evresi Kurak Dönem	59	53	59	63	67	56	22	69	52	42	86	52
(-1.00) - (-1.99)	Hafif Kurak	98	100	86	93	65	62	38	113	61	96	93	142
(-2.00) - (-2.99)	Orta Kurak	72	37	76	58	51	15	49	40	17	82	39	49
(-3.00) - (-3.99)	Çok Kurak	68	25	42	38	16	11	22	8	2	74	15	17
< (-4)	Aşırı Kurak	15	8	10	11	9	6	4	10	10	9	11	12
TOPLAM		670	496	596	600	566	538	339	567	392	526	575	639

PHDI Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
> 4	Aşırı Nemli	12	14	26	14	18	11	9	15	13	12	12	14
3.00 - 3.99	Çok Nemli	36	40	55	27	63	21	37	69	21	21	22	39
2.00 - 2.99	Orta Nemli	74	67	67	45	72	30	61	76	60	21	47	91
1.00 - 1.99	Hafif Nemli	127	87	88	97	96	97	57	80	85	30	86	119
0.50 - 0.99	Başlangıç Evresi Nemli Dönem	45	59	74	65	64	86	29	29	26	30	66	47
0.49 - (-0.49)	Normal	15	23	49	25	33	100	6	9	12	70	71	16
(-0.50) - (-0.99)	Başlangıç Evresi Kurak Dönem	59	45	57	61	55	78	15	78	45	47	76	52
(-1.00) - (-1.99)	Hafif Kurak	133	92	71	114	77	80	42	146	86	122	128	169
(-2.00) - (-2.99)	Orta Kurak	78	36	62	92	58	19	55	45	24	90	44	61
(-3.00) - (-3.99)	Çok Kurak	74	25	38	48	20	13	24	10	6	74	15	19
< (-4)	Aşırı Kurak	17	8	10	14	11	6	4	10	14	9	11	13
TOPLAM		670	496	597	602	567	541	339	567	392	526	578	640





**T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**  
**TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI**



**Tablo 8 scPDSI, PHDI, WPLM ve ZIND analizleri farklı kuraklık şiddetlerinin gerçekleşme sayıları (sürüyor)**

WPLM Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
> 4	Aşırı Nemli	11	10	24	11	17	9	9	15	12	11	12	13
3.00 - 3.99	Çok Nemli	29	39	49	23	56	19	29	61	17	19	20	32
2.00 - 2.99	Orta Nemli	57	53	50	29	51	30	49	57	45	22	33	68
1.00 - 1.99	Hafif Nemli	91	67	53	73	71	76	54	92	64	25	69	95
0.50 - 0.99	Başlangıç Evresi Nemli Dönem	54	46	51	54	54	63	17	41	36	32	54	49
0.49 - (-0.49)	Normal	135	89	148	134	120	186	48	79	73	135	152	121
(-0.50) - (-0.99)	Başlangıç Evresi Kurak Dönem	51	49	46	63	55	57	24	60	55	52	79	59
(-1.00) - (-1.99)	Hafif Kurak	96	79	72	92	64	65	43	99	54	85	97	121
(-2.00) - (-2.99)	Orta Kurak	67	33	61	70	48	17	41	45	18	70	37	52
(-3.00) - (-3.99)	Çok Kurak	63	24	35	42	21	13	21	9	8	66	14	17
< (-4)	Aşırı Kurak	16	8	9	11	10	6	4	9	10	9	11	13
TOPLAM		670	497	598	602	567	541	339	567	392	526	578	640

ZIND Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
> 4	Aşırı Nemli	11	13	12	24	8	7	4	5	9	16	13	7
3.00 - 3.99	Çok Nemli	16	16	14	18	11	20	7	11	17	14	22	12
2.00 - 2.99	Orta Nemli	36	30	40	43	34	26	30	35	29	22	36	30
1.00 - 1.99	Hafif Nemli	89	56	73	74	60	71	44	77	48	56	72	83
0.50 - 0.99	Başlangıç Evresi Nemli Dönem	54	49	48	46	65	46	22	57	37	39	51	71
0.49 - (-0.49)	Normal	164	109	154	124	170	163	100	160	74	149	134	164
(-0.50) - (-0.99)	Başlangıç Evresi Kurak Dönem	111	76	94	71	94	86	48	85	53	86	76	99
(-1.00) - (-1.99)	Hafif Kurak	156	113	142	123	102	106	70	112	87	122	123	142
(-2.00) - (-2.99)	Orta Kurak	30	31	19	57	19	16	15	22	31	20	46	30
(-3.00) - (-3.99)	Çok Kurak	3	1	1	20	3	0	0	1	6	2	5	0
< (-4)	Aşırı Kurak	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0
TOPLAM		670	494	597	603	566	541	340	565	391	526	579	638



**T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**  
**TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI**



NDVI analizleri yapılırken şiddet ve olasılık sınıflarının belirlenmesinden daha çok diğer indisler ile karşılaştırmalar yaparak indislerden elde edilen sonuçların NDVI ile doğruluğunun sağlanması hedeflenmiştir. Bu doğrultuda önceki bölümlerde sözü edilen 12 MGİ ve çevresinde bulunan NDVI değerleri aylık olarak 17 yıl boyunca (2000-2016) sağlanmıştır. Burada amaçlanan yıllar boyunca NDVI değerlerinin nasıl bir değişim gösterdiğini anlayabilmek ve diğer indisler ile olası değişimleri karşılaştırabilmektir.

NDVI sonuçları -1 ile +1 arasında değişmektedir. Genel olarak -1 değerinden +1 değerine gidildikçe bitkisel derecesi artmaktadır. Uydu görüntülerinden sağlanan NDVI sonuçları önceden de belirtildiği gibi istasyonlar ve çevrelerini kapsayacak şekilde aylık olarak elde edilmiştir. Ancak diğer indisler ile grafikler üzerinden karşılaştırılmaya imkan vermesi için bu değerler standartlaştırılarak SPI, SRI ve Palmer İndislerinin şiddet değerleri ile benzer duruma getirilmiştir.

Farklı bitki örtüsü sınıflarının 2000-2016 yılları arasında aylık olarak gerçekleşen NDVI değerleri Tablo 9'da verilmektedir. Aylık olarak elde edilen değerlerin özellikle kış aylarında kar ile örtülü olması nedeni ile karşılaştırma yapmaya olanak sağlayacak değerler sunmamaktadır. Aşağıda verilen tabloda istasyonların bitki örtüsü durumlarının birbirleri ile karşılaştırılınca çok farklı olduğu görülmektedir. Örneğin Ahlat istasyonunda genelde aylık olarak az bitki örtüsü ve bitkisiz alanların sayıca fazla olduğu; Muradiye istasyonu ve çevresinin orta yoğun, yoğun ve çok yoğun bitki örtüsü sayılarının diğer sınıflara göre baskın olduğu görülmektedir. Burada sağlanan veriler ile bitki örtüsü durumu belirli birkaç grupta kümeleşmiş istasyonların, kümeleşme dışında kalan verilerinin ne zaman gerçekleştiği tespit edilebilir.

Tablo 10'da ise NDVI değerlerinin aylık olarak yıllar içindeki ortalamaları verilmektedir. Tablodaki yeşil ile boyalı hücreler ilgili yıla ait aylık ortalamaların bütün aylık değer ortalamalarından yüksek olan değerleri, kırmızı ile boyanan hücreler ise bütün aylık değer ortalamalarından düşük olan değerleri göstermektedir. Bu tablo ışığında yapılacak değerlendirmeler kurak ve yağışlı dönemleri belirlemede etkili olacaktır. Tablo göz önüne alındığında çoğu istasyon için 2000, 2001, 2002, 2003, 2008, 2012 ve 2013 yıllarının NDVI değerlerinin ortalamadan düşük, 2004, 2006-2010, 2011, 2014, 2015 ve 2016 yıllarının ise ortalamadan yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle 2000, 2001 ve 2012 yıllarına ait ortalama



**T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIğI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**  
**TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIğI**



değerlerin hemen hemen bütün istasyonlar için düşük olduğu görülürken, 2010, 2014 ve 2015 yıllarının ise yüksek olduğu göze çarpmaktadır. Bu sonuçlar sözü edilen yılların sırasıyla kurak ve nemli dönemleri simgeleyebileceği konusunda fikir vermektedir.



**T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**  
**TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI**



**Tablo 9 MGİ istasyonları ve çevresinin NDVI değerleri**

NDVI Değerleri	Sınıflandırma	Ahlat	Başkale	Bitlis	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
<0	Su, Su Yapıları, Kar, Buz	30	26	46	11	9	26	26	47	31	15
0 - 0.15	Bitkisiz alan, çıplak kaya, yerleşim yeri	66	69	13	42	37	28	31	32	26	37
0.15 - 0.25	Az Bitkisel	96	51	50	11	5	7	3	97	22	59
0.25 - 0.35	Az-Orta Bitkisel	10	52	47	32	17	20	9	26	54	82
0.35 - 0.40	Orta Bitkisel	0	3	16	9	17	24	6	1	44	6
0.40 - 0.50	Orta-Yoğun Bitkisel	1	2	19	65	29	50	38	0	26	4
0.50 - 0.60	Yoğun Bitkisel	0	0	12	32	44	35	50	0	0	0
>0.60	Çok Yoğun Bitkisel	0	0	0	1	44	13	40	0	0	0
TOPLAM		203	203	203	203	202	203	203	203	203	203

**Tablo 10 MGİ istasyonları ve çevresinin NDVI değerlerinin ortalamaları (sırasıyla yeşil ve kırmızı renkler aylık bazda 17 yıllık NDVI sonuç ortalamalarının üstü ve altını simgelemektedir)**

İstasyonlar / Yıllar	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Ortalama Değer
Ahlat	0.1093	0.1058	0.1150	0.0957	0.1101	0.1218	0.1304	0.1156	0.1113	0.1454	0.1548	0.1419	0.1439	0.1387	0.1433	0.1674	0.1541	0.1291
Başkale	0.1439	0.1361	0.1542	0.1537	0.1566	0.1604	0.1439	0.1550	0.1418	0.1340	0.1614	0.1553	0.1269	0.1263	0.1331	0.1585	0.1815	0.1477
Bitlis	0.1891	0.1802	0.2045	0.1720	0.1849	0.2153	0.2296	0.2151	0.2125	0.1858	0.2970	0.2752	0.1734	0.2013	0.2993	0.2523	0.2545	0.2191
Erciş	0.3034	0.3064	0.3404	0.2971	0.3400	0.3164	0.3924	0.3346	0.2948	0.2846	0.3306	0.3135	0.2656	0.2815	0.3590	0.3395	0.2930	0.3159
Gevaş	0.4206	0.3359	0.4197	0.3911	0.4048	0.4349	0.4399	0.4535	0.3724	0.3975	0.4356	0.3968	0.3465	0.3653	0.4294	0.4255	0.3435	0.3990
Malazgirt	0.2407	0.2957	0.2915	0.2867	0.3156	0.3378	0.3519	0.3077	0.3155	0.3526	0.3743	0.3232	0.3071	0.3443	0.3633	0.3852	0.3610	0.3256
Muradiye	0.3419	0.3449	0.3671	0.3333	0.3896	0.3359	0.3806	0.3725	0.3807	0.3543	0.4457	0.3900	0.3593	0.3750	0.4366	0.4249	0.4173	0.3778
Özalp	0.1197	0.0969	0.1243	0.1150	0.1375	0.1249	0.1166	0.1372	0.1346	0.1150	0.1609	0.1335	0.1299	0.1516	0.1528	0.1597	0.1446	0.1319
Tatvan	0.2185	0.2206	0.2204	0.2035	0.2439	0.2268	0.2605	0.2223	0.2549	0.2691	0.2859	0.2674	0.2120	0.2084	0.2732	0.2777	0.2561	0.2413
Van	0.1776	0.1754	0.2351	0.2139	0.2216	0.2146	0.2002	0.2391	0.2137	0.2155	0.2309	0.2240	0.1500	0.1772	0.2026	0.2081	0.1949	0.2048



**T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**  
**TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI**



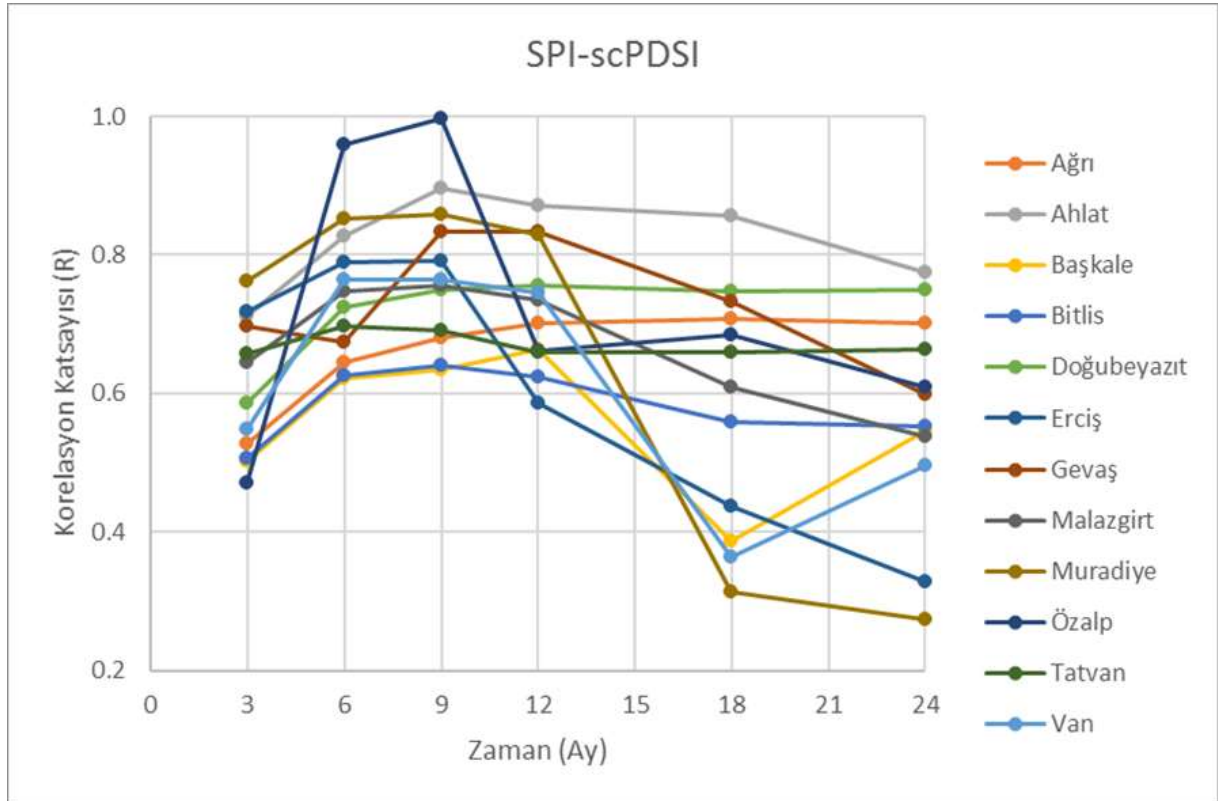
Proje kapsamında NDVI sonuçlarının mekânsal dağılımları görseller üzerinden de incelenmiştir. Aylık olarak 17 yıllık verisi bulunan NDVI sonuçları bitkisel sınıfa göre görselleştirilip, analiz edilmiştir. Analiz yöntemi olarak havzanın mart, haziran ve eylül aylarına ait NDVI sonuç görsellerinin bütün yıllar için karşılaştırılması uygun görülmüştür. Bu yöntemde temel hedef mart aylarında havzanın kar durumu, haziran (yüksek bitkisel) ve eylül (düşük bitkisel) aylarında havzanın bitkisel durumunu gözleyebilmektir. Bu analiz yapılmadan önce CORINE 2012 arazi örtüsü verisi kullanılarak, tarım alanları maskelenmiştir. Böylelikle sulu tarım yapılan alanların yanıltıcı olabilecek bitkisel durumu ortadan kaldırılmıştır. Yapılan bu karşılaştırmalar ile havzanın değişen bitkisel durumundan yola çıkarak kurak ve yağışlı dönemlerin belirlenmesi hedeflenmiştir. Elde edilen sonuçlar diğer indis ve trend analizleri ile denetirilecektir.

Havzanın yıllara göre kar durumlarından yapılacak çıkarımlar ile kar yağışlarının daha sonra haziran ve eylül aylarındaki bitkisel derecelerine etki edip etmediği gözlenecektir. Görsellerde kırmızı ile gösterilmiş bölgeler kar ve buzların bulunduğu yerleri simgelemektedir. NDVI sonuçları mart ayı görselleri incelendiğinde 2000, 2003, 2007, 2009 ve 2012 yıllarının mart ayının diğer aylara göre daha yoğun kar yağışı geçirdiği görülmektedir. Buna karşın 2001, 2004, 2008, 2010 ve 2014 yıllarının mart aylarının bölgesel olarak daha az kar ile kaplandığı görülmektedir.

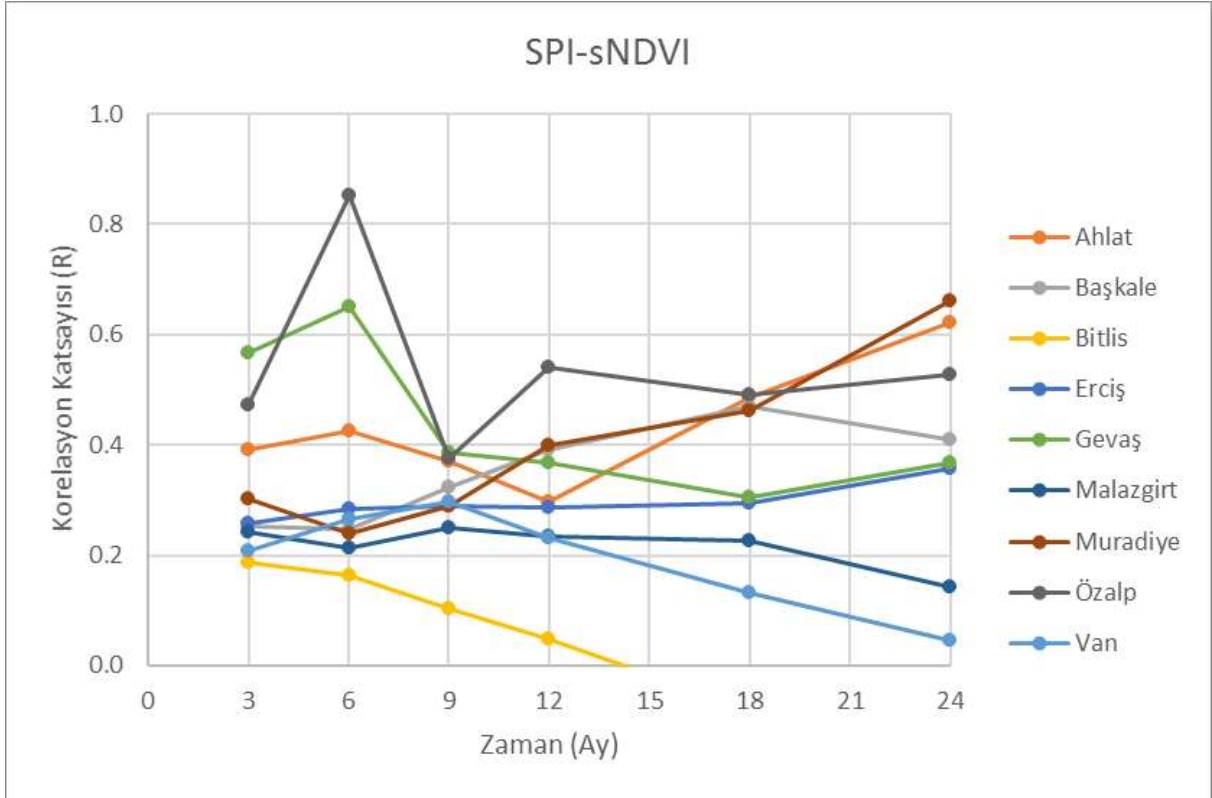
Havzanın bitkisel durumu kahverenginden koyu yeşile doğru artış göstermektedir. Kahverengi bitkisiz alanları koyu yeşil ise çok yoğun bitkisel alanları simgelemektedir. NDVI haziran ve eylül ayları incelendiğinde ise 2000, 2001, 2006, 2008 ve 2014 yıllarının diğer yıllara göre bitkisel açıdan daha zayıf; 2003, 2004, 2009, 2011 ve 2015 yıllarının ise daha yoğun olduğu sonucuna varılmıştır.

Havza özelinde ise kullanılacak bu indisler havzanın veri varlığı, farklı kuraklık türlerinin saptanması ve havzanın coğrafik-topografik durumuna uygun olarak belirlenmelidir. İlgili indislerin bazıları meteorolojik kuraklıkla ilgili fikir verirken, bazıları tarımsal ve bir kısmı ise hidrolojik kuraklıklar bağlamında bilgi almaya olanak tanıyabilir. Bunun sonucu olarak havza için yapılacak olan indis analizlerinde farklı zaman aralıklarında NDVI, PNI, SPI, SRI ve Palmer Indisleri (scPDSI, PHDI, WPLM ve ZIND) kullanılmıştır.

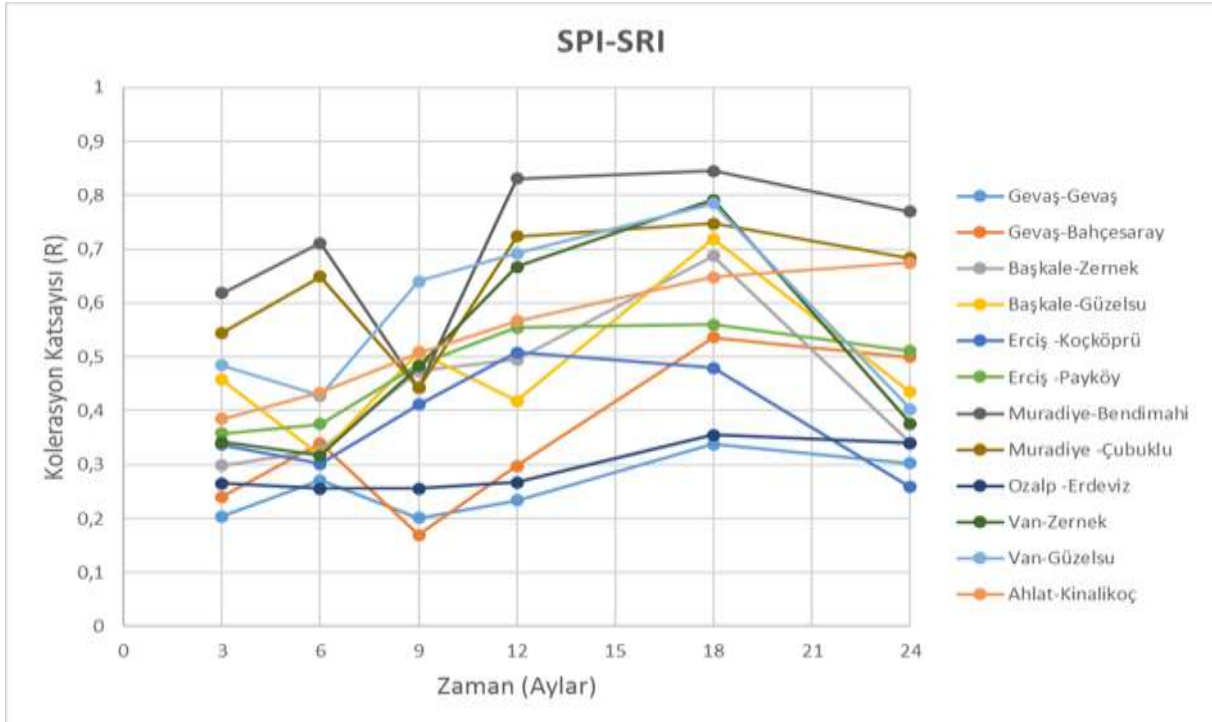
Proje kapsamında yapılan indis analiz sonuçları aynı zamanda korelasyon sabiti (R) açısından birbiri ile karşılaştırılmıştır. Burda yapılan karşılaştırmalarda 1, 3, 6, 9, 12, 18 ve 24 aylık SPI, SRI, sNDVI sonuçları ile scPDSI sonuçları kullanılmıştır. Yapılan karşılaştırmalarda tarımsal kuraklık için SPI-scPDSI-sNDVI ve hidrolojik kuraklık için ise SPI-SRI-PHDI üçlü gruplar olacak şekilde kullanılmıştır. Burada önemli olan nokta ise indislerin hesaplar için kullandıkları verilerin farklı olması nedeni ile birbirleri arasındaki korelasyon ilişkisinin zaman boyutunun da olabileceği algısıdır. Bu nedenle bu ilişkiler çapraz korelasyonlar (cross-correlations) ile zaman boyutu da düşünülerek ortaya konulmuştur. Daha sonra elde edilen sonuçlar ikili gruplar halinde ele alınmış ve farklı dönemler için (1, 3, 6 ...) birbirleri arasındaki korelasyon ilişkisi tarımsal kuraklık için SPI-scPDSI, SPI-sNDVI ve hidrolojik kuraklık için SPI-SRI, SPI-PHDI, SRI-PHDI olarak izlenmiştir. Burdaki amaç farklı veri setleri kullanılarak hesaplanan indisler arasında kuraklık bağlamında benzerliklerinden yola çıkarak bir anlamda kuraklık evrelerinin belirlenebilmesidir (Şekil 10, Şekil 11, Şekil 12, Şekil 13 ve Şekil 14).



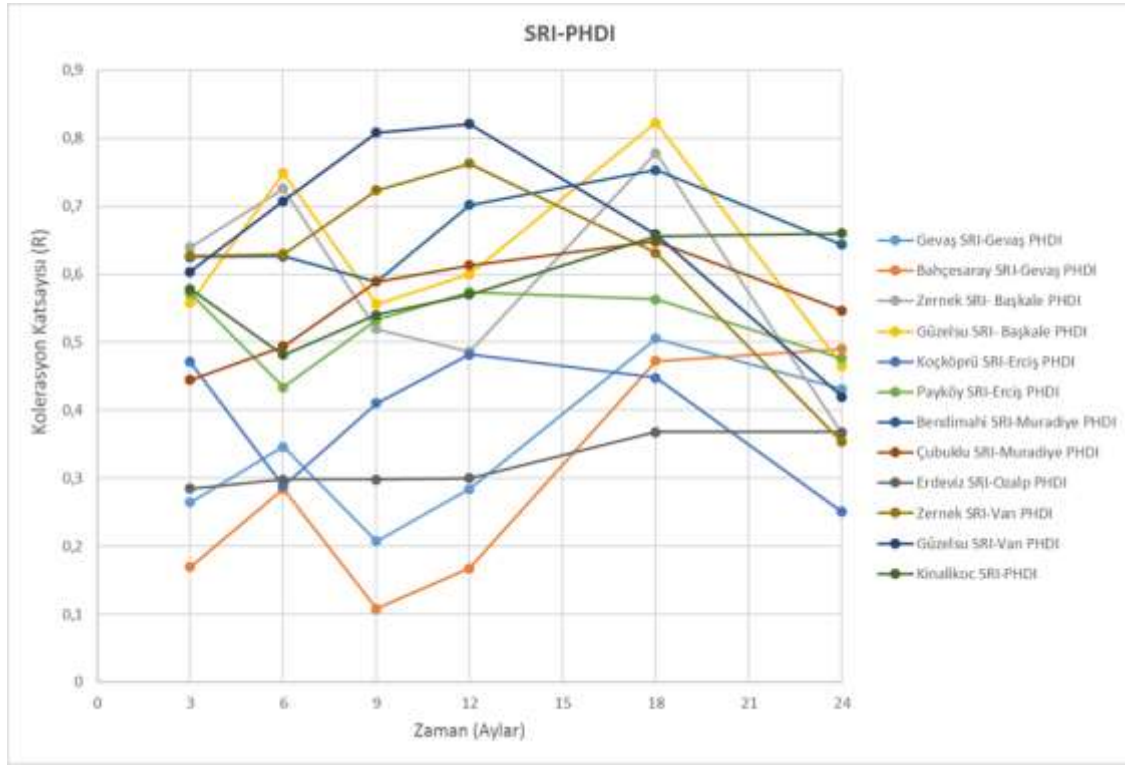
Şekil 10 SPI-scPDSI çapraz korelasyon sabitlerinin karşılaştırılması



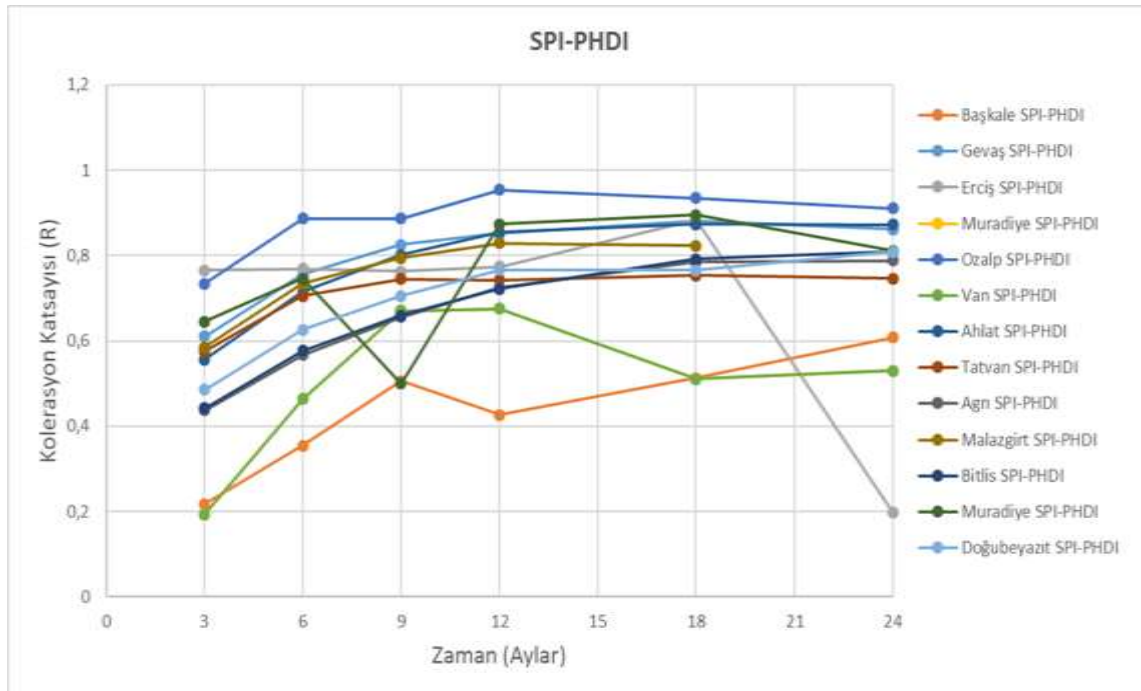
Şekil 11 SPI-sNDVI çapraz korelasyon sabitlerinin karşılaştırılması



Şekil 12 SPI-SRI çapraz korelasyon sabitlerinin karşılaştırılması



Şekil 13 SRI-PHDI çapraz korelasyon sabitlerinin karşılaştırılması



Şekil 14 SPI-PHDI çapraz korelasyon sabitlerinin karşılaştırılması





Analiz sonuçları ile NDVI sonuç görselleri, trend analizi ve geçmiş dönem kuraklıkları da karşılaştırılarak havza özelinde yaşanmış olan kurak evreler saptanmıştır. Bununla birlikte analizler sonucunda elde edilen farklı şiddet sınıflarına ait kuraklık gerçekleşme sayıları ve olasılıkları da çalışma kapsamında ortaya konmuştur.

Yapılan analizler sonucunda SPI ile PNI, 9 aylık SPI ile scPDSI, 12 Aylık SPI-PHDI ile 12 aylık SRI analizlerinin birbirleri ile benzer eğilimler gösterdiği gözlemlenmiştir. Havza için oluşturulan risk analizlerinde ise havzanın genel olarak normal, normale yakın kurak ve normale yakın nemli şiddet sınıflarının baskın olduğu görülmüştür.

Tarımsal kuraklık için yapılan indis analizlerinde özellikle 1991-1995 yağışlı dönem ve 1996-2001, 2008 kurak dönem bütün istasyonlarda gözlenmiştir. Diğer bir yandan hidrolojik açıdan yapılan indis analizlerinde ise 1998-2001 ve 2008 yılları neredeyse bütün istasyonlarda gözlenmiştir. Bu sonuçlar trend analizleri, NDVI sonuç görselleri ve geçmişte yaşanmış olan kuraklık kayıtları ile de desteklenmektedir.

### **1.3. Kuraklık Şiddet ve Risk Haritaları**

Kuraklık şiddet haritaları istasyona ait hesaplanmış ilgili indisin farklı kuraklık şiddet sonuçlarının en yüksek görüldüğü şiddet sınıfı ve hesaplanan kuraklığın bütün istasyonlar için ortak olarak görüldüğü zaman aralıkları baz alınarak hazırlanmıştır. Burada sözü edilen dönem bütün istasyonlarda ortak olarak gözlenen 2008 kurak dönemleridir. Örnek olarak, meteorolojik kuraklık haritasında kullanılan 1 aylık SPI sonuçlarında 2008 yılı Ahlat istasyonunda sık görülen kuraklık şiddet sınıfları normal ve üstü kuraktır. Bu nedenle ilgili yıllar için bu istasyonun kuraklık şiddet sınıfı normal ve üstü kurak olarak belirlenmiştir. Diğer bir örnekte ise, Gevaş ve Tatvan istasyonunda 1 aylık SPI sonucunda 2008 yılı için baskın olan kuraklık şiddet sınıfı hafif kurak şiddetidir. Bu nedenle bu istasyon için şiddet sınıfı hafif kurak olarak atanmıştır. Diğer kuraklık türlerinde de benzer yöntem uygulanarak kuraklık şiddet haritaları oluşturulmuştur. Bununla birlikte her istasyona ait şiddet sınıfları bulunduktan sonra ters uzaklık ağırlıklı enterpolasyon (inverse distance weighting) yöntemi ile şiddet haritaları oluşturulmuştur. Kuraklık şiddet ve risk haritaları oluşturulurken şiddet sınıfları literatürde yapılan bölümlerin aksine 4 ana başlık altın toplanmıştır. Bu sınıflar; normal ve üstü, hafif, orta ve şiddetli kurak sınıflarıdır. Bu sınıflandırma yöntemi yorum ve değerlendirmeye kolaycı bir yaklaşım sunmaktadır.

Örnek şiddet haritaları aşağıda verilmiştir.



Şekil 18 Meteorolojik kuraklık şiddet sınıfları (1 Aylık SPI) 2008



Şekil 17 Meteorolojik kuraklık şiddet sınıfları (3 Aylık SPI) 2008



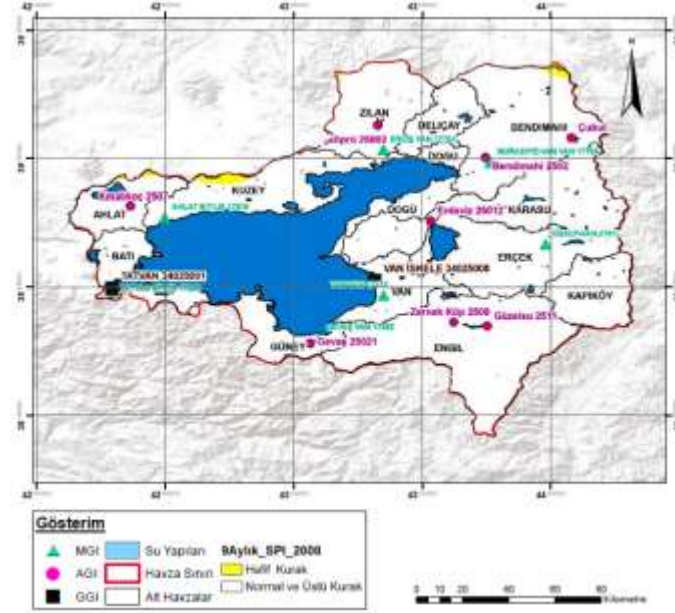
Şekil 15 Hidrolojik kuraklık şiddet sınıfları (12 Aylık SPI) 2008



Şekil 16 Hidrolojik kuraklık şiddet sınıfları (24 Aylık SPI) 2008



Şekil 20 Tarımsal kuraklık şiddet sınıfları (6 Aylık SPI) 2008



Şekil 19 Tarımsal kuraklık şiddet sınıfları (9 Aylık SPI) 2008



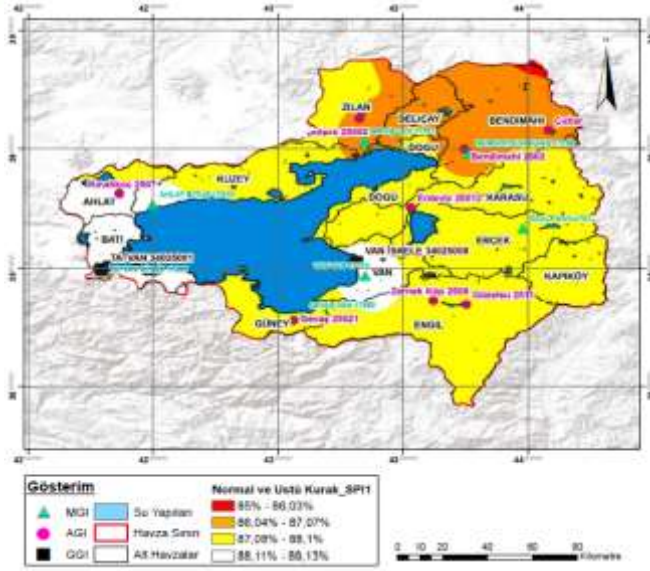
**T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**  
**TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI**



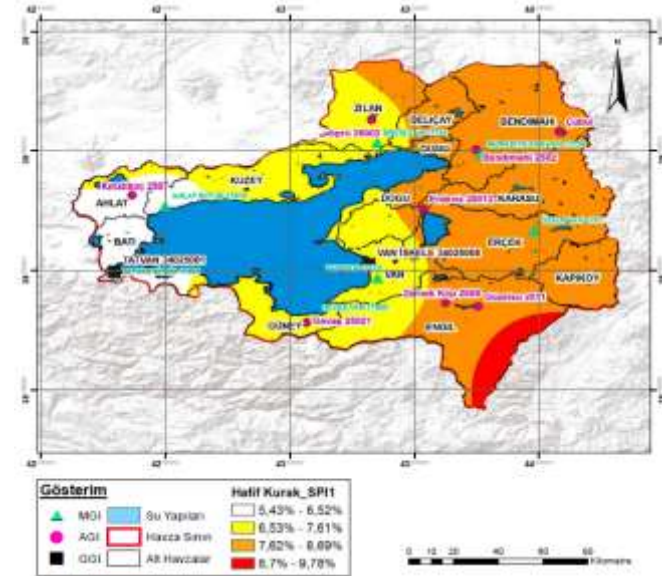
Kuraklık risk haritaları farklı kuraklık şiddetlerinin oluşma yüzdeleri baz alınarak hazırlanmıştır. Her bir kuraklık çeşidi ve bu kuraklık çeşitlerine ait sınıfların havza üzerindeki yüzdesel dağılımları ve yaşanma sıklıkları gözlenmiştir.

Buna göre meteorolojik kuraklıklar için SPI hesapları, hidrolojik kuraklıklar için SRI sonuçları ve tarımsal kuraklıklar için ise sNDVI değerleri kullanılmıştır.

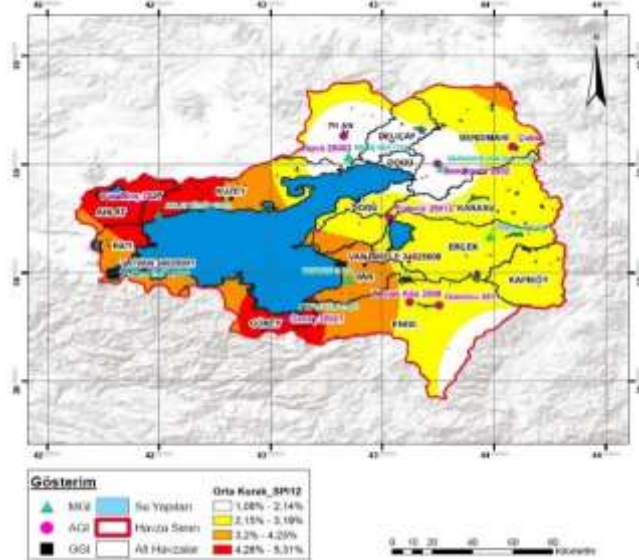
Bununla birlikte her istasyona ait şiddet sınıflarına ait olasılıklar bulunduğundan sonra ters uzaklık ağırlıklı enterpolasyon (inverse distance weighting) yöntemi ile kuraklık risk haritaları oluşturulmuştur. Örnek risk haritaları aşağıda verilmiştir.



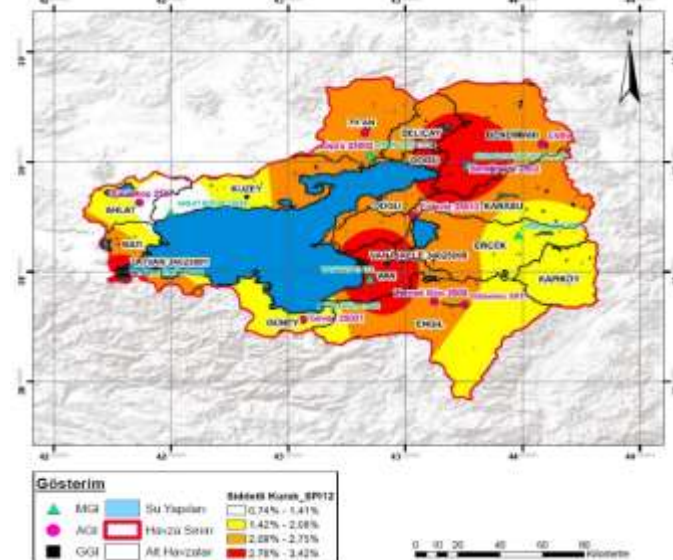
Şekil 22 Meteorolojik kuraklık risk haritası (1 Aylık SPI, normal ve üstü kurak)



Şekil 21 Meteorolojik kuraklık risk haritası (1 Aylık SPI, hafif kurak)



Şekil 24 Hidrolojik kuraklık risk haritası (12 Aylık SPI, orta şiddetli kurak)



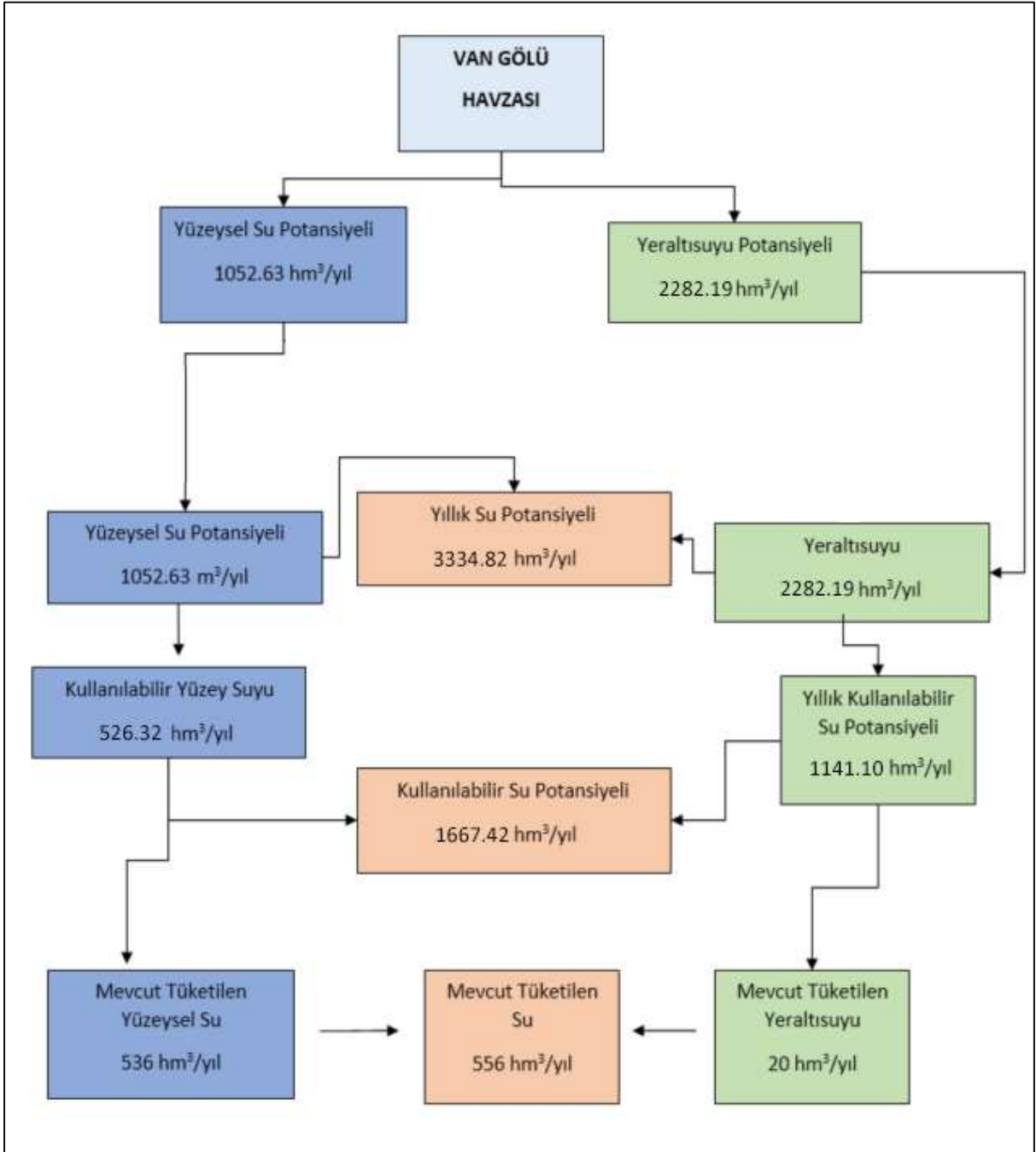
Şekil 23 Hidrolojik kuraklık risk haritası (12 Aylık SPI, şiddetli kurak)



#### **1.4. Su Bütçesi Çalışmaları**

Su bütçesi çalışmaları yapılırken “Mevcut Durum” ve 2015-2100 yıllarını kapsayan “Gelecek Durum” için havza su potansiyeli ve su potansiyelinde olabilecek değişimler incelenmiştir.

Mevcut Durum’daki su potansiyeli, havzadaki akım gözlem istasyonları gözlem değerlerine su kullanım miktarları eklenerek doğallaştırılan akımlarla yapılmış ve havzayı temsil ettikleri kabul edilen akım gözlem istasyonlarının akımları, buldukları alt havza geneline yansıtılmıştır. Böylece havza geneli için toplam su potansiyeli belirlenmiştir. Mevcut durum için yüzeysel su kullanımları, yeraltı suyu kullanımları, içme suyu kullanımları sektörlere göre ve bölgelere göre belirlenerek günümüzdeki su kullanım durumu ortaya konulmuştur.



Şekil 25 Van Gölü Havzası Su Tüketimi Şeması



**T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**  
**TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI**



**Tablo 11 Alt Havzalara Ait Akım Potansiyeli Model Sonuçları (Mevcut)**

Alt Havza	Yüzey Akım Pot (hm <sup>3</sup> /yıl)	İçe Akım Pot (hm <sup>3</sup> /yıl)	Baz Akım Pot (hm <sup>3</sup> /yıl)	Toplam (hm <sup>3</sup> /yıl)
Ahlat-Batı	136.59	11.93	304.44	452.96
Bendimahi-Doğu3	72.49	43.40	341.27	457.16
Deliçay-Doğu1ve2	37.51	2.99	235.13	275.63
Engil	26.74	49.34	233.71	309.78
Güney	122.91	10.14	285.31	418.36
Karasu-Kapıköy-Erçek-Van	148.83	195.60	206.68	551.11
Zilan-Kuzey	181.85	12.32	675.66	869.83
<b>Toplam</b>	<b>726.92</b>	<b>325.72</b>	<b>2282.19</b>	<b>3334.82</b>

Havzadaki su potansiyeli ve su kullanım durumu için; kuraklık, iklim değişikliği ve gelecekteki su ihtiyaçları perspektifinden değerlendirmek üzere “Gelecek Durum” analizleri de yapılmıştır. Gelecek durum değerlendirmeleri yapılabilmesi için öncelikle gelecekteki yağış sıcaklık ve evapotranspirasyon değerleri kullanılarak gelecekteki su potansiyeli belirlenmiştir.

**Tablo 12 Alt Havzalara Ait Akım Potansiyeli Model Sonuçları (Gelecek Dönem)**

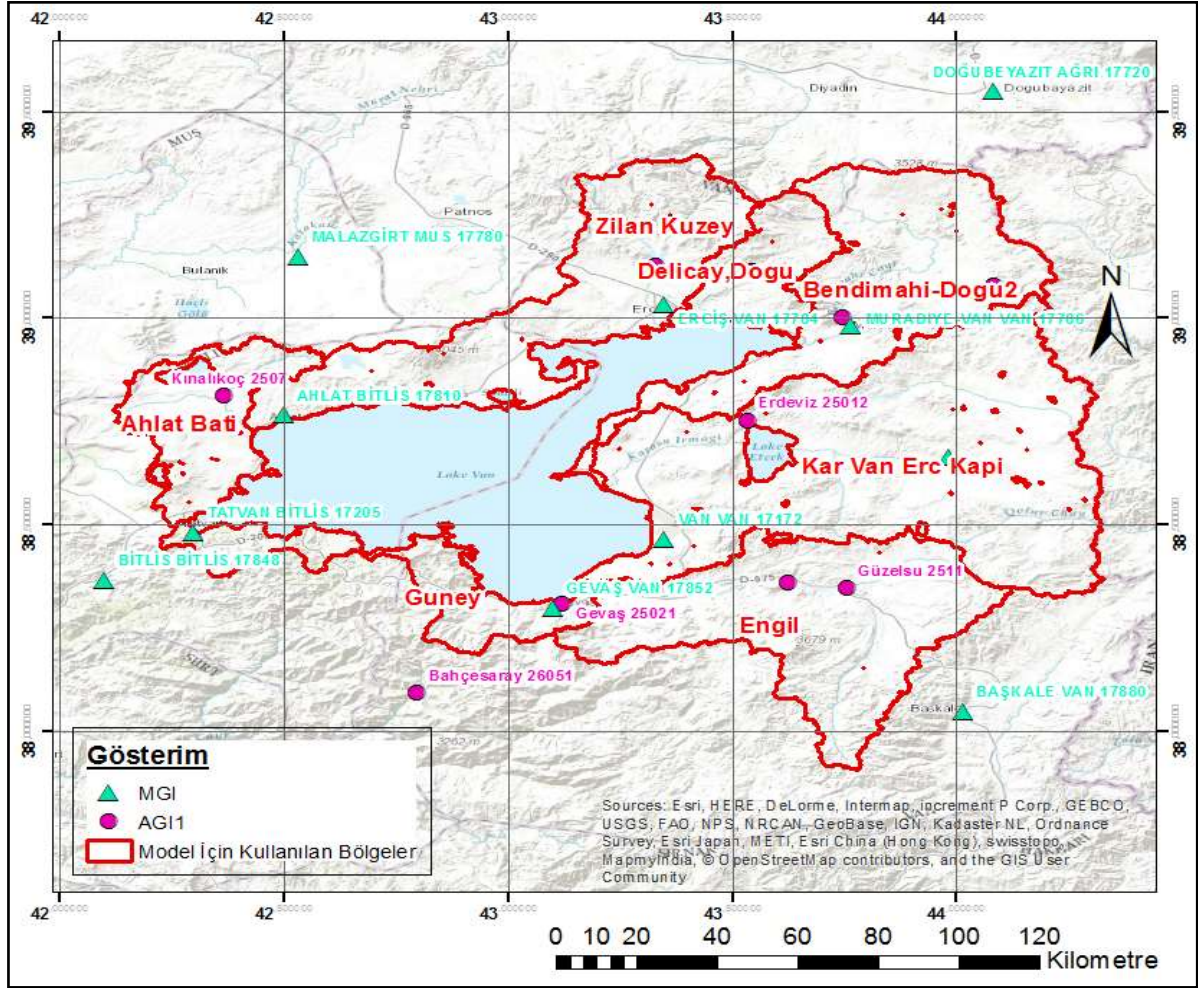
Alt Havza	Yüzey Akım Pot (hm <sup>3</sup> /yıl)	İçe Akım Pot (hm <sup>3</sup> /yıl)	Baz Akım Pot (hm <sup>3</sup> /yıl)	Toplam (hm <sup>3</sup> /yıl)
Ahlat-Batı	73.70	10.86	176.24	260.81
Bendimahi-Doğu 3	22.27	14.72	227.68	264.67
Deliçay-Doğu 1 ve 2	74.48	5.20	471.17	550.86
Engil	0.62	34.27	96.17	131.06
Güney	19.12	0.09	274.42	293.63
Karasu-Kapıköy-Erçek-Van	0.86	53.96	48.67	103.50
Zilan-Kuzey	114.91	6.37	512.41	633.69
<b>Toplam</b>	<b>305.96</b>	<b>125.48</b>	<b>1806.77</b>	<b>2238.20</b>

Hidrolojik model geliştirilirken havzadaki meteorolojik gözlem istasyonu verileri ve akım gözlem istasyonu verilerinden yararlanılmıştır.

**Tablo 13 Model için kullanılan havza parametreleri**

Bölge	U <sub>max</sub>	L <sub>max</sub>	CQOF	CKIF	CK1	TOF	TIF	TG	CKBF	CQLOW	CKLOW
Ahlat-Batı	4.77	153.295	0.262	993.81	7.733	0.152	0.472	0.028	3128.364	27.256	889858.1
Bendimahi-Doğu3	5.009	78.028	0.1	998.749	10.081	0.295	0.049	0.002	1192.651	51.463	18736.35
Deliçay-Doğu1-2	1.346	2.3	0.136	1224.384	23.628	0.552	0.645	0.653	1656.361	0.983	141711
Engil	0.1	98.958	0.101	996.941	89.836	0.99	0.846	0.309	1570.682	37.317	8977236
Güney	1.007	106.24	0.062	2992.619	5.261	0.99	0.98	0.397	3910.989	49.53	27803059
Karasu-Kapıköy-Erçek-Van	8.763	384.161	0.56	371.656	45.843	0.941	0.003	0.696	9560.327	33.259	37206.16
Zilan-Kuzey	2.014	28.741	0.184	1475.287	4.246	0.069	0.052	0.005	1607.991	0.005	9144770





Şekil 26 Modelde Kullanılan Bölgeler



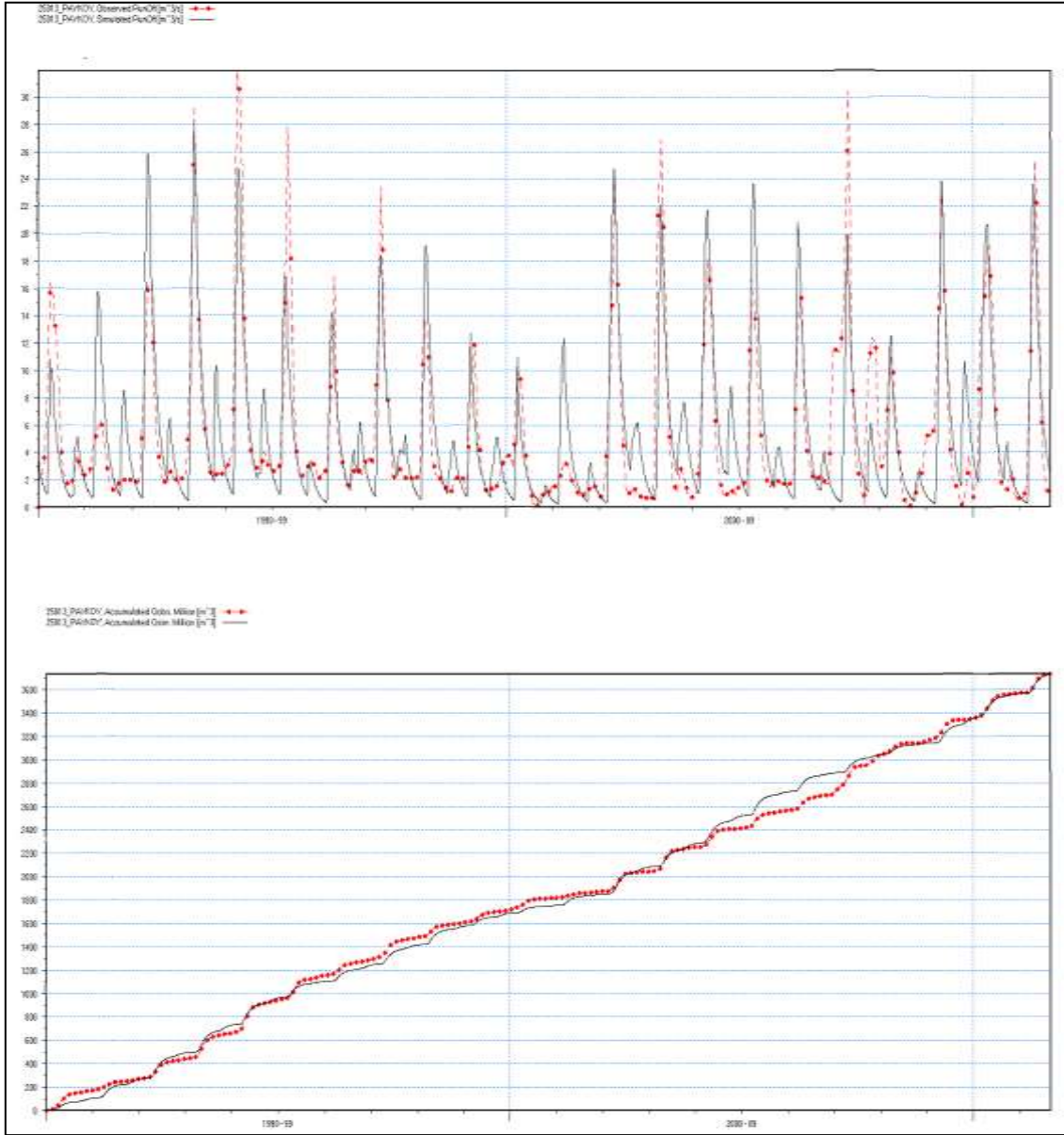
**T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**  
**TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI**



**Tablo 14 Model İçin Seçilen Akım ve Meteorolojik Gözlem İstasyonları**

İstasyon Tipi	İstasyon Numarası	Nehir Adı	İstasyon Adı	DURUMU	Koordinatlar	
					X	Y
AGİ	2502	BENDİMAHI S.	Bendimahi	Kapalı	43.748	39.000
AGİ	25012	Karasu Gölalan	Erdeviz	Kapalı	43.533	38.752
AGİ	25021	Gevaş S.	Gevaş	Açık	43.063	38.277
AGİ	2511	GÜZELSU (HOŞAP) Ç.	Güzelsu	Açık	43.754	38.344
AGİ	2507	SÜFREZOR D.	Kınalıkoç	Kapalı	42.365	38.810
AGİ	25002	Zilan Deresi	Koçköprü	Kapalı	43.327	39.127
AGİ	25013	Deliçay	Payköy	Açık	43.544	39.112
MGİ	17099	-	AĞRI	Açık	43.05	39.733
MGİ	17810	-	AHLAT	Açık	42.499	38.765
MGİ	17880	-	BAŞKALE	Açık	44.016	38.049
MGİ	17848	-	BİTLİS	Açık	42.099	38.365
MGİ	17720	-	DOĞUBEYAZIT	Açık	44.083	39.549
MGİ	17784	-	ERCİŞ	Açık	43.349	39.032
MGİ	17852	-	GEVAŞ	Açık	43.099	38.299
MGİ	17780	-	MALAZGİRT	Açık	42.533	39.149
MGİ	17786	-	MURADIYE-VAN	Açık	43.766	38.982
MGİ	17812	-	ÖZALP	Açık	43.983	38.665
MGİ	17205	-	TATVAN	Açık	42.299	38.482
MGİ	17172	-	VAN	Açık	43.3499	38.4657

Kalibre edilen ve doğrulanan hidrolojik modele gelecek durumu temsil eden yağış ve evapotranspirasyon değerleri girdi olarak girilmiş ve gelecek durum su potansiyeli belirlenmiştir.

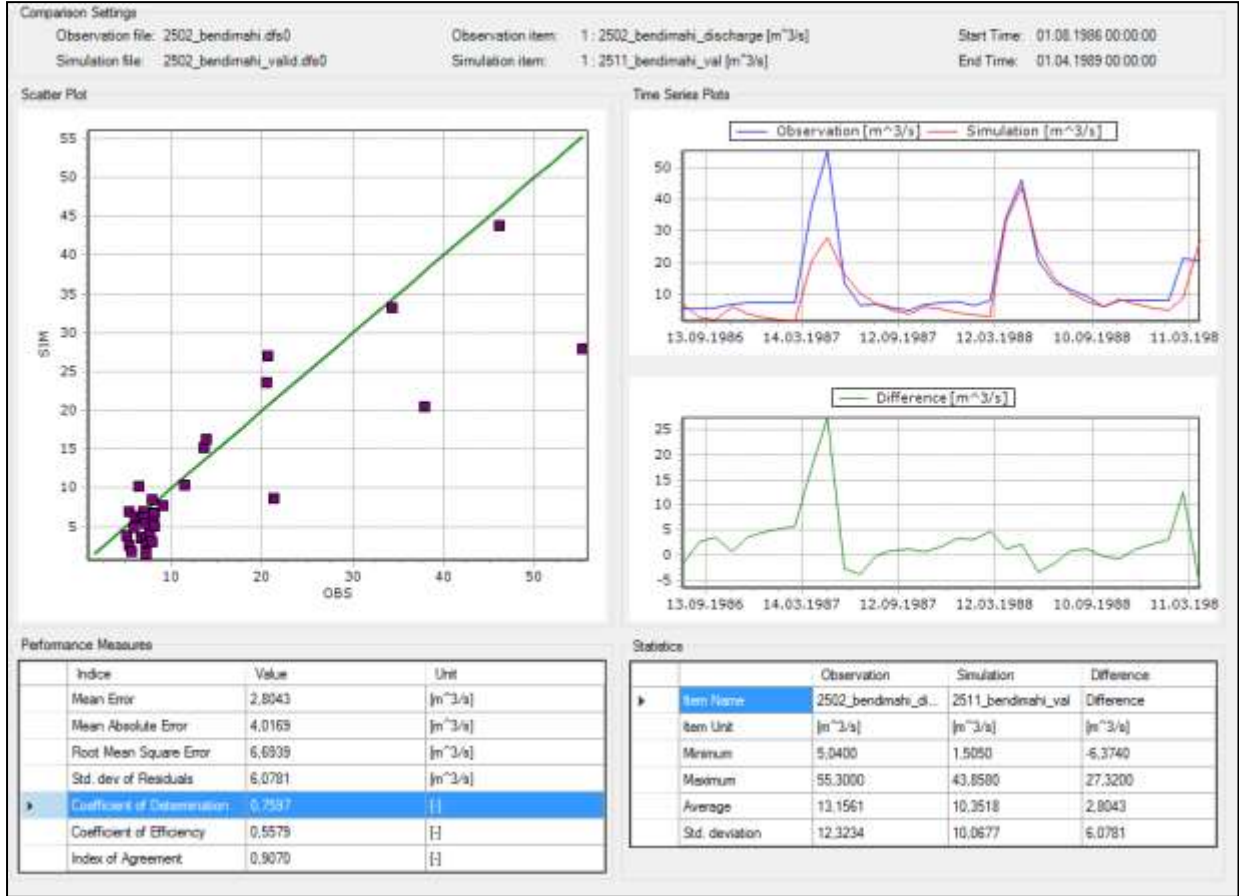


Şekil 27 25013 Nolu İstasyonun Kalibrasyon Sonucu

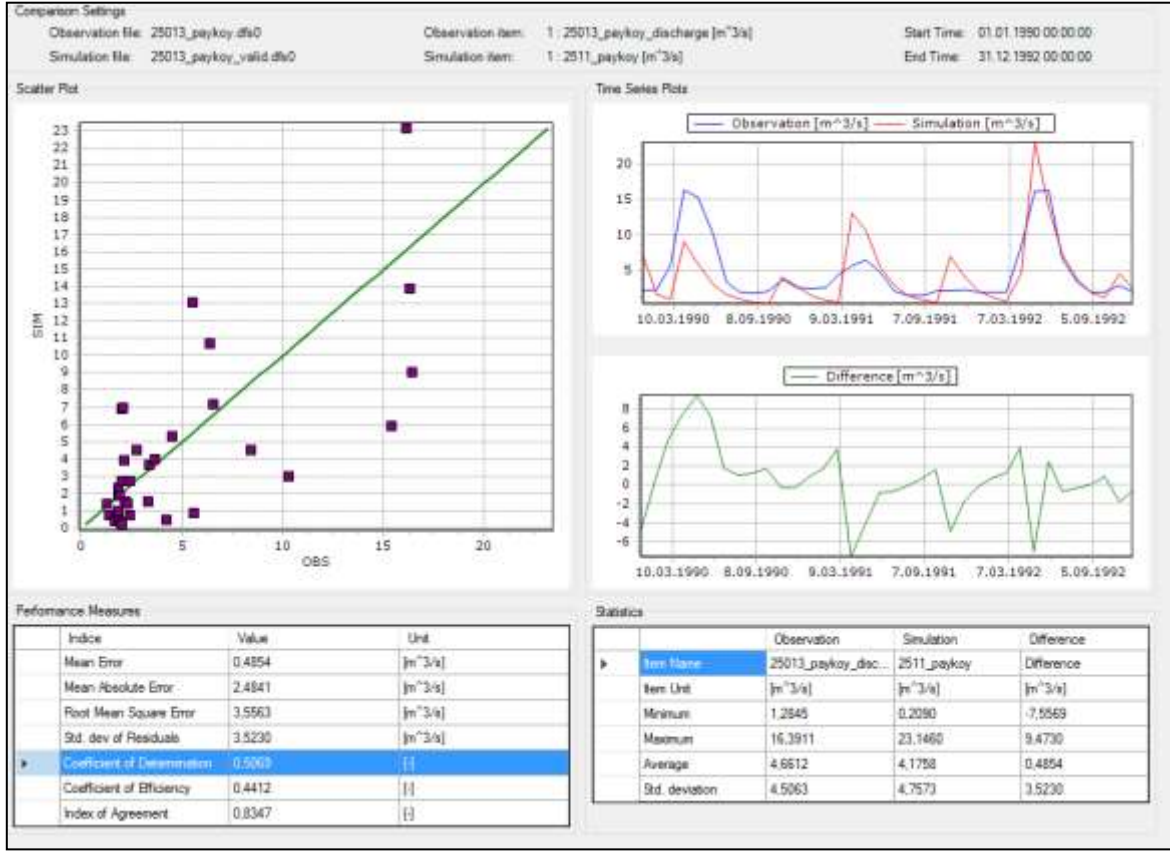
Tablo 15 Kalibrasyon Kararlılık Katsayıları (R<sup>2</sup>)

Gözlem İstasyonu	Bulunduğu Alt Havza	Kararlılık Katsayısı (R <sup>2</sup> )
25021	Güney	0.567
25002	Zilan-Kuzey	0.590
2502	Bendimahi-Doğu3	0.678
2507	Ahlat-Batı	0.582
25013	Deliçay-Doğu1ve2	0.654
2511	Engil	0.509
25012	Karasu-Kapıköy-Erçek-Van	0.570

Yine bu veriler kullanılarak model kalibre edilmiş ve doğruluğu (validation) sağlanmıştır.



Şekil 28 2502 Nolu İstasyonun Validasyon Sonucu



Şekil 29 25013 Nolu İstasyonun Validasyon Sonucu

Gelecek durumdaki yüzey ve yeraltı suyu kullanımlarının belirlenmesi için mevcut durumdaki su kullanımları, gelecekte hayata geçirilmesi düşünülen su kullanımı projeleri ve içme suyu ihtiyaçları açısından nüfus projeksiyonları göz önünde bulundurulmuştur. Belirlenen gelecekteki su kullanımları, gelecekteki su potansiyeli ile birlikte değerlendirilerek havzanın su potansiyeli ve su kullanımları kuraklık perspektifi altında değerlendirilmiştir.

### 1.5. Sektörel Etkilenebilirlik Analizleri

Havzadaki faal sektörlerin su kullanımları ve muhtemel kuraklık riskiyle karşılaştığında bu sektörlerin kuraklık maruziyetinden ne kadar etkilenebileceğinin sonuçları ortaya konulmuştur.

Havzadaki mevcut su kullanımları, öncel çalışmalar ve saha anketleri derlenerek yeniden hesaplanmıştır. Bu çalışmaların kuraklık su bütçesi belirleme çalışmaları yapılmıştır. Su bütçesi çalışmaları yapılırken “Mevcut Durum” ve 2017-2100 yıllarını kapsayan (2017-



**T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**  
**TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI**



2049, 2050-2074 ve 2075-2100) “Gelecek Durum” için havza su potansiyeli ve su potansiyelinde olabilecek değişimler incelenmiş olup bu değişikliklerin sektörlere etkileri araştırılmıştır.

Projenin bu bölümünde mevcut maruziyet durumları için proje kapsamında sunulan 1. Ara Rapor bölümünden; havzanın gelecek dönem maruziyet ve su kullanım indislerinin belirlenmesinde ise 2. Ara Rapor kapsamında gerçekleştirilen hidrolojik model çalışmasından önemli ölçüde fayda sağlanmıştır. Bu nedenle yapılan bu çalışmaların bütüncül ve birbirlerini tamamlar nitelikte olduğu görülmektedir.

Etkilenebilirlik olgusunun temel bileşenleri maruziyet, duyarlılık, ekonomik değer ve uyum kapasitesi indisleridir. Her bir sektör ve zaman dilimi için sözü edilen indisleri oluşturan parametreler tespit edilmiş, ilgili kurum ve saha anket çalışmaları ile değerleri tespit edilmiş ve çeşitli istatistiksel yöntemler ile alt havza bazında olası kuraklık durumunda sektörlerin ne derecede bu olası kuraklıktan etkilenebileceği saptanmıştır.

Maruziyet indisi ile ilgili genel olarak havzanın mevcut ve gelecek durumlardaki kuraklık geçirme yüzdesi ve olasılık derecesi şeklinde tanımlama yapmak mümkündür. Bu noktada maruziyet indisleri çalışılacak sektörler göre meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik olarak sınıflanmıştır. Proje kapsamında sunulan 1. Ara Rapor aşamasında yapılan araştırma ve bulgulara göre: meteorolojik kuraklık için SPI-3 aylık değerlerinin kullanılmasının uygun olacağı, tarımsal kuraklık için ise SPI-9 ve scPDSI ve hidrolojik kuraklık için ise SPI-18, SRI-18 ve PHDI indislerinin korelasyon katsayısı bağlamında benzer sonuçlar verdiği saptanmıştır. Buna göre ise maruziyet indisinin hesaplamalarında;

- Meteorolojik Kuraklık için SPI-3,
- Tarımsal Kuraklık için SPI-9 ve scPDSI,
- Hidrolojik Kuraklık için SPI-18, SRI-18 ve scPHDI

değerlerinin yüzdesel sonuçları hesaplanarak elde edilmiştir.

Duyarlılık indisi maruziyet indisinden farklı olarak her sektör için ayrı ayrı ele alınmıştır. Sözü edilen sektörlerin ilgi durumlarına göre su gereksinimleri veya bağımlılıkları



**T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**  
**TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI**



farklılıklar göstermektedir. Yapılan bütün çalışmalar alt havza bazında olup, gerekli veri teminleri ilgili kurumlardan, havzada yapılan anket çalışmalarından, gerektiğinde uydu görüntülerinden sağlanmıştır. Elde edilen veriler sözü edildiği gibi farklı birimlerde olabilmektedir. Sözü edilen farklı birimlerin birbirleri ile kıyaslanması amacı ile normleştirme işlemi gerektiğinde bu indislerin hesaplanmasında da kullanılmıştır.

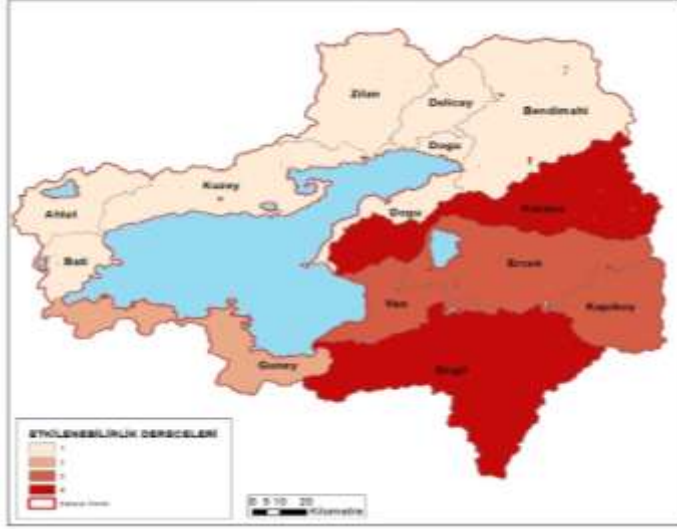
Ekonomik Değer indisi suya gereksinim duyan sektörün olası bir kuraklık durumu yaşandığında sektör ile ilgili üretimin ekonomik açıdan yaratacağı etkiyi irdelemektedir. Bilindiği üzere etkilenebilirlik ile doğru orantılı olup, yukarıda sözü edilen duyarlılık indisine benzer şekilde sektörlere göre farklılıklar göstermektedir.

Uyum kapasitesi indisi yaşanacak olası bir kuraklığa karşı bölgedeki sektörlerin ne denli bu olumsuzlukları karşılayabilecek potansiyelde olduklarını, teknolojik ve pratik olarak ilgili sektörün suya bağımlılığını azaltabilecek çözümleri barındırma durumudur. Dolayısı ile etkilenebilirlik ve uyum kapasitesi indisi açısından ters orantılı bir durum söz konusudur. Basit anlamda teknolojik ve pratik olarak suya bağımlılığını azaltmış sektörlerin kuraklık gibi doğal afetlerden etkilenme oranı düşmektedir.

Olası kuraklık durumları mekansal olarak da tespit edilmiş ve havzaya ait alt havzaların kuraklık durumlarının zaman içinde değişimleri, tepkileri ve şiddet sınıfları ortaya konulmuştur.

Sektörel etkilenebilirlik alt havzalar özelinde ele alınmıştır. Sözü edilen sektörler; tarım, içme ve kullanma suyu, sanayi, turizm ve ekosistemdir. Bu sektörlerin mevcut ve/veya gelecek su gereksinimleri etkilenebilirlik indislerinin ve sınıflarının tespit edilmesi ile mümkün kılınmıştır.

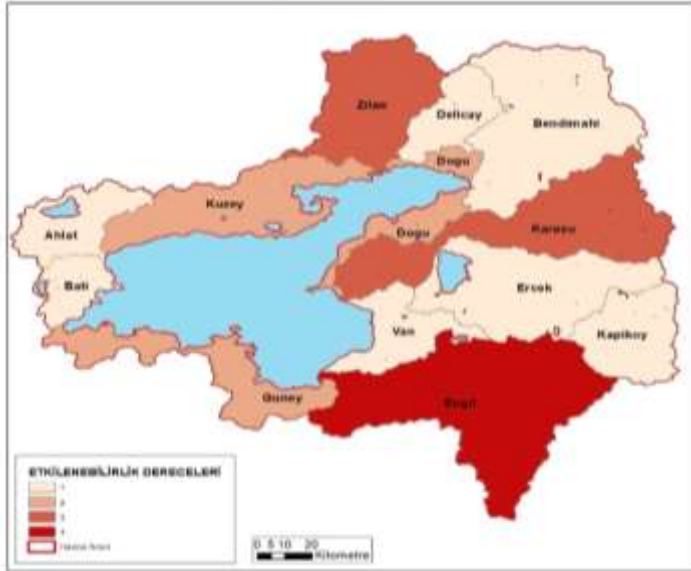
TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI



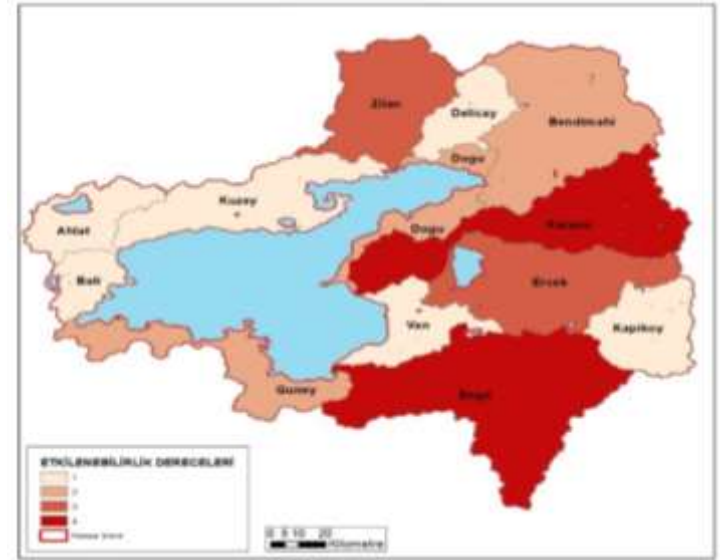
Şekil 30 Tarım Sektörü Mevcut Etkilenebilirlik Değeri



Şekil 31 Tarım Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Etkilenebilirlik İndisi (2017-2049)

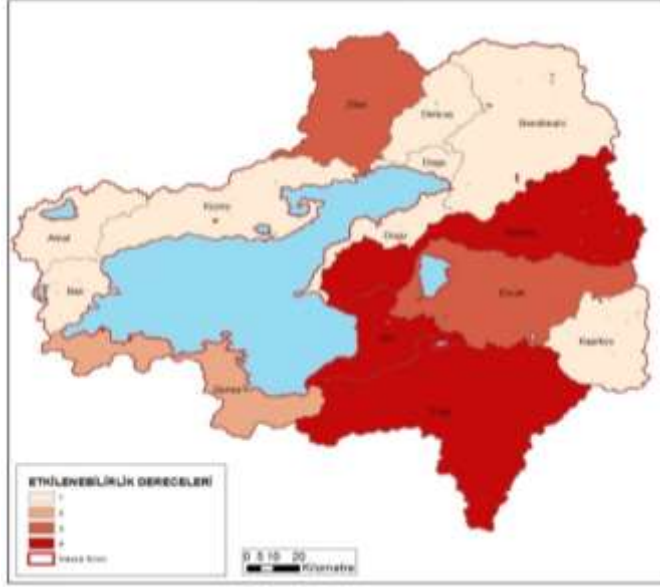


Şekil 32 Tarım Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Etkilenebilirlik İndisi (2050-2074)

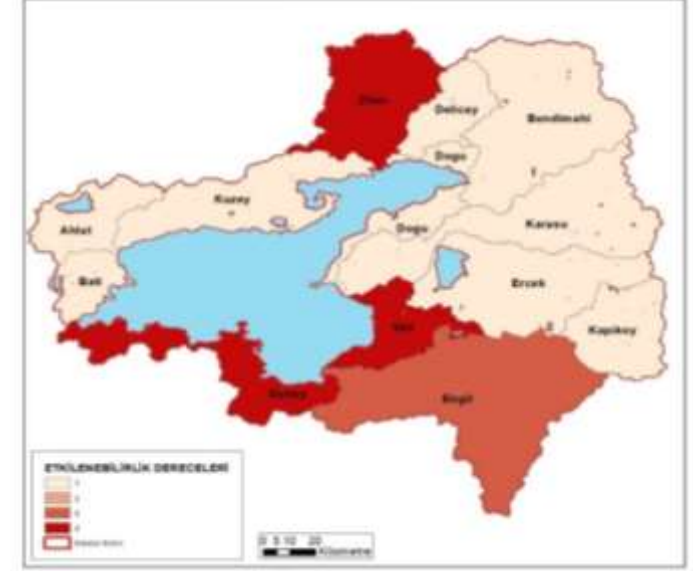


Şekil 33 Tarım Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Etkilenebilirlik İndisi (2075-2100)





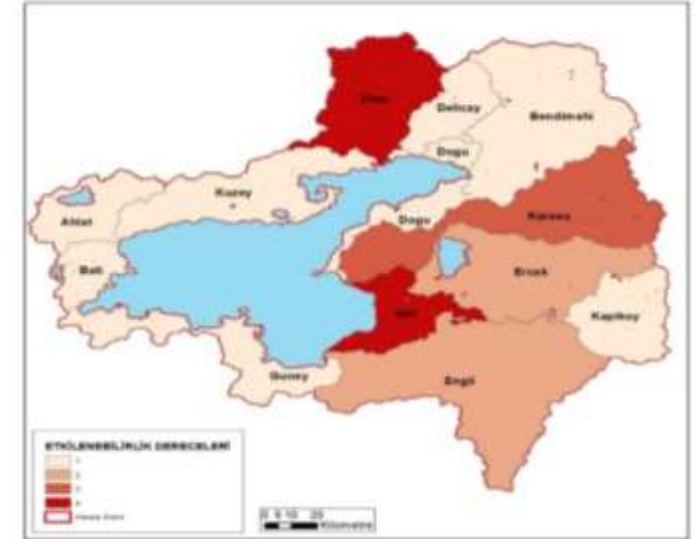
Şekil 34 İçme ve Kullanma Suyu Sektörü Mevcut Etkilenebilirlik Değeri



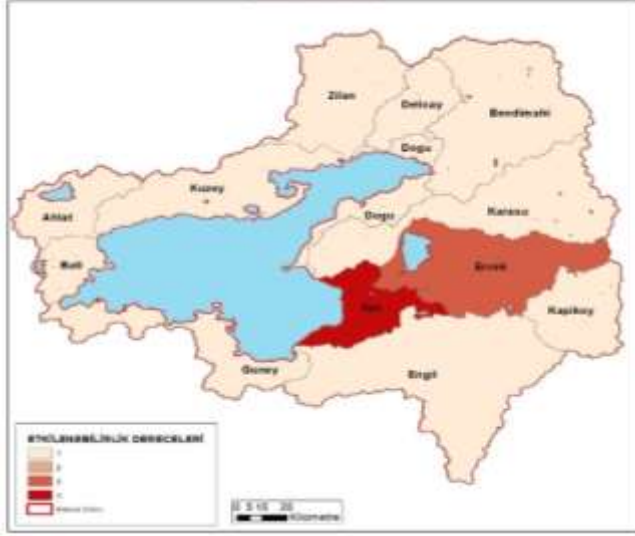
Şekil 35 İçme ve Kullanma Suyu Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Etkilenebilirlik İndisi (2017-2049)



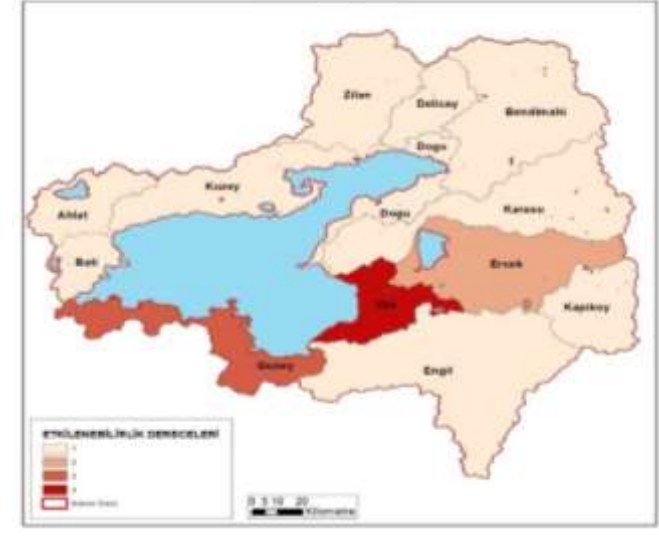
Şekil 36 İçme ve Kullanma Suyu Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Etkilenebilirlik İndisi (2050-2074)



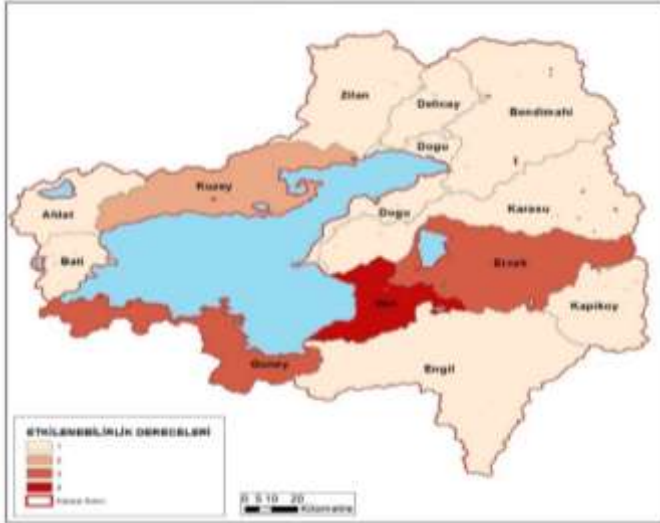
Şekil 37 İçme ve Kullanma Suyu Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Etkilenebilirlik İndisi (2075-2100)



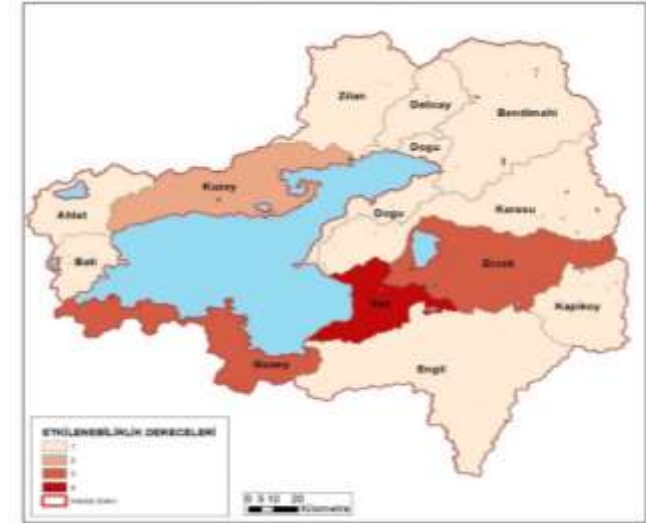
Şekil 38 Sanayi Sektörü Mevcut Etkilenebilirlik Değeri



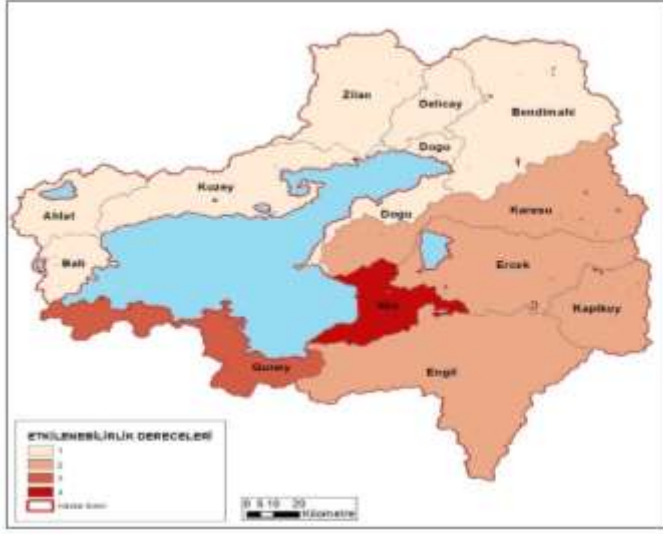
Şekil 39 Sanayi Suyu Sektörel Etkilenebilirlik Analizi  
Etkilenebilirlik İndisi (2017-2049)



Şekil 40 Sanayi Suyu Sektörel Etkilenebilirlik Analizi  
Etkilenebilirlik İndisi (2050-2074)



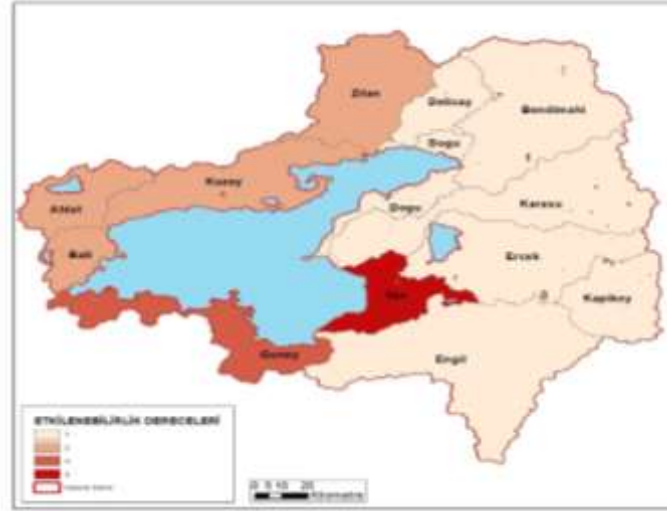
Şekil 41 Sanayi Suyu Sektörel Etkilenebilirlik Analizi  
Etkilenebilirlik İndisi (2075-2100)



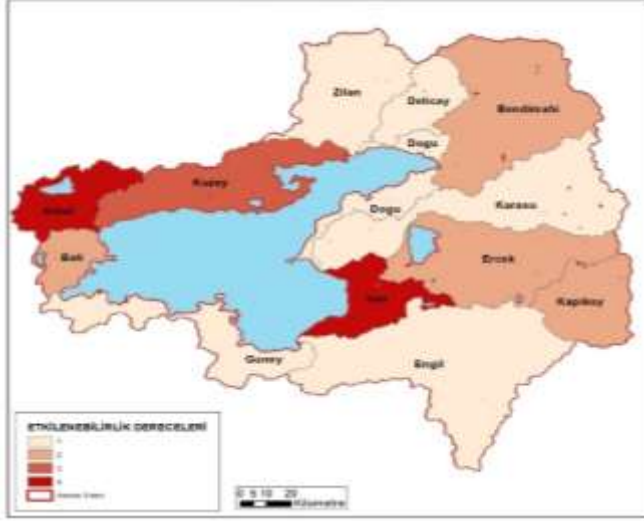
Şekil 42 Turizm Sektörü Etkilenebilirlik Değeri



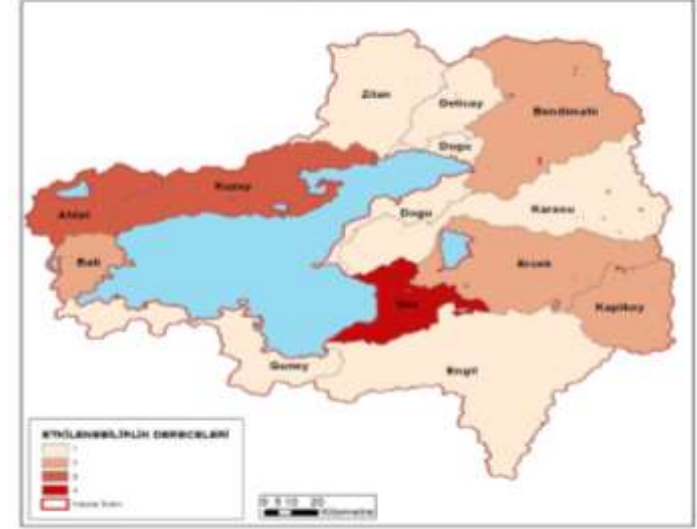
Şekil 43 Turizm Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Etkilenebilirlik İndisi (2017-2049)



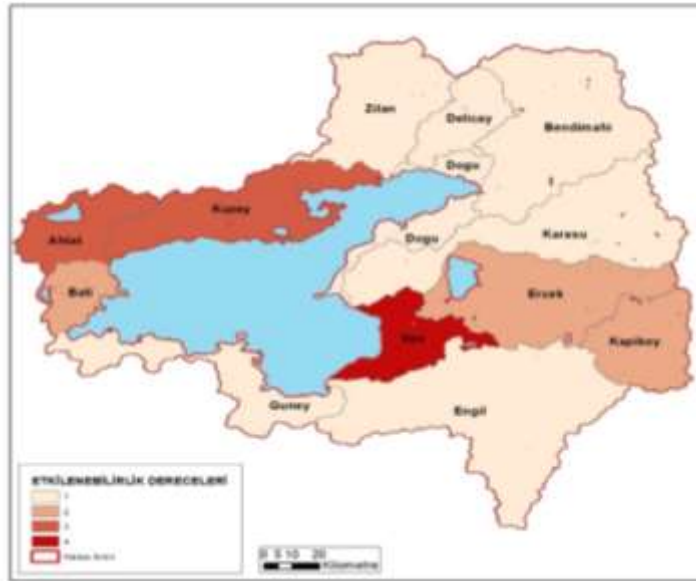
Şekil 44 Turizm Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Etkilenebilirlik İndisi (2050-2100)



Şekil 45 Ekosistem Sektörü Mevcut Etkilenebilirlik Değeri



Şekil 4 Ekosistem Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Etkilenebilirlik İndisi  
(2017-2049)



Şekil 45 Ekosistem Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Etkilenebilirlik İndisi  
(2050-2100)

### 1.6. Kuraklık Ve Su Kıtlığının Van Gölü Havzasındaki Etkileri

Van Gölü Havzası'nın genel değerlendirilmesi yapılırken ofis çalışmalarının yanı sıra sahadan gözlem ve konusunda uzman kişilerin deneyimlerine de başvurulmuş sonuca gidilmiştir. Saha gezilerinde yerinde gözlem, anket ve araştırmalarla sonuçlar desteklenmiştir.

Alt havzalar açısından bakıldığında mevcut durum için öncelikli tedbir alınması gereken alt havza Van Alt Havzası olarak görülmektedir. Engil ve Karasu Alt Havzaları Tarım ve İçme-Kullanma, Ahlat Havzası da Ekosistem sektörleri yönünden öncelik verilmesi gereken alanlardır. Farklı sektörler için etkilenebilirlik derecelerine göre diğer öncelik verilmesi gereken alt havzalar Tablo 16, Tablo 17, Tablo 18 ve Tablo 19'da sunulmaktadır.

**Tablo 16 Alt Havzalar Sektörel Etkilenebilirlik ve Öncelikli Alanlar (Mevcut Durum)**

	Etkilenme Sınıfı			
	Çok Yüksek Etki	Yüksek Etki	Orta Etki	Az Etki
İÇME VE KULLANMA SUYU	Engil, Karasu, Van	Erçek, Zilan	Güney	Ahlat, Batı, Bendimahı, Deliçay, Doğu, Kapıköy, Kuzey
TARIM	Karasu, Engil	Erçek, Kapıköy, Van	Güney	Ahlat, Batı, Bendimahı, Deliçay, Doğu, Kuzey, Zilan
EKOSİSTEM	Ahlat, Van	Kuzey	Bendimahı, Batı, Erçek, Kapıköy	Deliçay, Doğu, Engil, Güney, Karasu, Zilan
SANAYİ	Van	Erçek	-	Ahlat, Batı, Bendimahı, Deliçay, Doğu, Engil, Güney, Karasu, Kapıköy, Kuzey, Zilan
TURİZM	Van	Güney	Engil, Erçek, Kapıköy, Karasu	Ahlat, Batı, Bendimahı, Deliçay, Doğu, Kuzey, Zilan

**Tablo 17 Alt Havzalar Sektörel Etkilenebilirlik ve Öncelikli Alanlar (2017-2049)**

	Etkilenme Sınıfı			
	Çok Yüksek Etki	Yüksek Etki	Orta Etki	Az Etki
İÇME VE KULLANMA SUYU	Güney, Van, Zilan	Engil	-	Ahlat, Batı, Bendimahı, Deliçay, Doğu, Erçek, Karasu, Kapıköy, Kuzey
TARIM	Engil	Güney, Karasu	-	Ahlat, Batı, Bendimahı, Deliçay, Doğu, Erçek, Kapıköy, Kuzey, Van, Zilan
EKOSİSTEM	Van	Ahlat, Kuzey	Bendimahı, Batı, Erçek, Kapıköy	Deliçay, Doğu, Engil, Güney, Karasu, Zilan
SANAYİ	Van	Güney	Erçek	Ahlat, Batı, Bendimahı, Deliçay, Doğu, Engil, Karasu, Kapıköy, Kuzey, Zilan
TURİZM	Van	Güney	-	Ahlat, Batı, Bendimahı, Deliçay, Doğu, Engil, Erçek, Karasu, Kapıköy, Kuzey, Zilan

**Tablo 18 Alt Havzalar Sektörel Etkilenebilirlik ve Öncelikli Alanlar (2050-2074)**

	Etkilenme Sınıfı			
	Çok Yüksek Etki	Yüksek Etki	Orta Etki	Az Etki
İÇME VE KULLANMA SUYU	Van, Zilan	-	Güney, Kuzey	Ahlat, Batı, Bendimahi, Deliçay, Doğu, Engil, Erçek, Karasu, Kapıköy, Zilan
TARIM	Engil	Karasu, Zilan	Doğu, Güney, Kuzey	Ahlat, Batı, Bendimahi, Deliçay, Erçek, Kapıköy, Van
EKOSİSTEM	Van	Kuzey, Ahlat	Batı, Erçek, Kapıköy	Bendimahi, Deliçay, Doğu, Engil, Güney, Karasu, Zilan
SANAYİ	Van	Erçek, Güney	Kuzey	Ahlat, Batı, Bendimahi, Deliçay, Doğu, Engil, Karasu, Kapıköy, Zilan
TURİZM	Van	Güney	Ahlat, Batı, Kuzey, Zilan	Bendimahi, Deliçay, Doğu, Engil, Erçek, Karasu, Kapıköy

**Tablo 19 Alt Havzalar Sektörel Etkilenebilirlik ve Öncelikli Alanlar (2074-2100)**

	Etkilenme Sınıfı			
	Çok Yüksek Etki	Yüksek Etki	Orta Etki	Az Etki
İÇME VE KULLANMA SUYU	Van, Zilan	Karasu	Engil, Erçek	Ahlat, Batı, Bendimahi, Deliçay, Doğu, Güney, Kapıköy, Kuzey
TARIM	Engil, Karasu	Erçek, Zilan	Bendimahi, Doğu, Güney	Ahlat, Batı, Deliçay, Kapıköy, Kuzey, Van
EKOSİSTEM	Van	Kuzey, Ahlat	Batı, Erçek, Kapıköy	Bendimahi, Deliçay, Doğu, Engil, Güney, Karasu, Zilan
SANAYİ	Van	Erçek, Güney	Kuzey	Ahlat, Batı, Bendimahi, Deliçay, Doğu, Karasu, Kapıköy, Zilan
TURİZM	Van	Güney	Ahlat, Batı, Kuzey, Zilan	Deliçay, Doğu, Engil, Erçek, Karasu, Kapıköy

Yukarıda irdelenen etkilenebilirlik sınıfları ve buna bağlı olarak öncelendirme tablolarının yanı sıra havza içinde öneme sahip bir başka bulgu sektörel su kullanım indisi sonuçlarıdır. Bu veri bize havza içinde alt havzalar özelinde su kullanımlarının potansiyele oranla yıllar içinde ne kadar değiştiği bilgisini sunmaktadır.

**Tablo 20 Su Kullanım İndisleri (WEI) Sınıflandırması (Raskin et al.,1997, Water Exploitation Index sınıflamasından üretilmiştir)**

	Aşırı Su Stresli (>%40)
	Su Stresli (%40-%20)
	Düşük Su Stresli (%20-%10)
	Su Stresi Yok (<%10)

Mevcut durum sektörel su kullanımını indisleri incelendiğinde aşırı su stresi olan alt havzalar: tarım Sektörü için Engil, Erçek, Karasu ve Kapıköy; içme-kullanma suyu için Van Alt Havzaları olarak tespit edilmiştir. Özellikle tarım için Engil ve içme-kullanma suyu için Van alt Havzalarının mevcut durum için en öncelikli alt havzalar olduğu düşünülecek olur ise

bu iki sektör için ilk tedbir alınması gereken alt havzalar Engil ve Van Alt Havzaları olarak öne çıkmaktadırlar (Tablo 21).

**Tablo 21 Alt Havzalar Su Kullanım İndisi Dereceleri (Mevcut)**

Alt Havza	Su Kullanım İndisi (WEI)				
	İÇME VE KULLANMA SUYU	TARIM	EKOSİSTEM	SANAYİ	TURİZM
Ahlat Alt Havzası	0.37	7.77	6.18	0.00	0.00
Batı Alt Havzası	1.42	3.59	3.82	0.00	0.00
Bendimahi Alt Havzası	1.88	21.54	8.45	0.00	0.20
Deliçay Alt Havzası	0.26	2.99	7.80	0.00	0.00
Doğu Alt Havzası	0.30	14.85	2.76	0.00	0.17
Engil Alt Havzası	8.35	60.27	10.00	0.00	0.00
Erçek Alt Havzası	7.70	41.66	3.19	0.39	0.00
Güney Alt Havzası	2.19	3.68	10.00	0.03	1.18
Karasu Alt Havzası	7.68	66.99	3.83	0.00	0.00
Kapıköy Alt Havzası	2.87	55.03	1.68	0.00	0.00
Kuzey Alt Havzası	1.22	8.07	5.01	0.01	0.00
Van Alt Havzası	72.34	18.93	1.30	27.71	22.40
Zilan Alt Havzası	2.62	8.72	4.99	0.00	0.22



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI  
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI



2017-2049 yılları arasında içme kullanma suyu için Van Alt Havzası, tarım için ise Engil ve Karasu Alt havzalarının aşırı su stresli oldukları görülmektedir. Bu dönem için mevcut durumun benzeri olarak bu alt havzaların önceliklendirilmesi gereklidir (Tablo 22).

**Tablo 22 Alt Havzalar Su Kullanım İndis Dereceleri (2017-2049)**

Alt Havza	Su Kullanım İndisi (WEI)				
	İÇME VE KULLANMA SUYU	TARIM	EKOSİSTEM	SANAYİ	TURİZM
Ahlat Alt Havzası	0.42	9.10	3.82	0.00	0.00
Batı Alt Havzası	1.66	4.20	6.20	0.00	0.00
Bendimahi Alt Havzası	1.76	21.39	8.41	0.00	0.20
Deliçay Alt Havzası	0.33	3.91	7.80	0.00	0.00
Doğu Alt Havzası	0.33	18.24	2.93	0.00	0.22
Engil Alt Havzası	10.52	88.44	10.00	0.00	0.00
Erçek Alt Havzası	6.59	36.32	3.19	0.34	0.00
Güney Alt Havzası	3.55	5.22	10.00	0.04	1.68
Karasu Alt Havzası	6.43	47.97	3.83	0.00	0.00
Kapıköy Alt Havzası	2.21	25.68	1.68	0.00	0.00
Kuzey Alt Havzası	1.50	10.86	5.01	0.00	0.00
Van Alt Havzası	47.13	13.03	1.30	24.38	19.52
Zilan Alt Havzası	2.62	5.86	10.00	0.00	0.29



2050-2074 dönemi için de yine Van Alt Havzası içme-kullanma suyu, Engil, Erçek ve Karasu Alt Havzaları ise Tarım sektörü su kullanımlarında aşırı stresli olarak yer almaktadır (Tablo 23). Yine sözü edilen alt havzalar önceliklendirilmelidir.

**Tablo 23 Alt Havzalar Su Kullanım İndisi Dereceleri (2050-2074)**

Alt Havza	Su Kullanım İndisi (WEI)				
	İÇME VE KULLANMA SUYU	TARIM	EKOSİSTEM	SANAYİ	TURİZM
Ahlat Alt Havzası	0.74	10.03	3.82	0.00	0.00
Batı Alt Havzası	2.45	4.63	7.47	0.00	0.00
Bendimahi Alt Havzası	2.55	19.56	6.98	0.00	0.29
Deliçay Alt Havzası	0.56	3.76	7.80	0.00	0.00
Doğu Alt Havzası	0.43	17.31	2.97	0.00	0.32
Engil Alt Havzası	14.62	93.43	10.00	0.00	0.00
Erçek Alt Havzası	7.60	42.57	3.19	0.34	0.00
Güney Alt Havzası	5.11	4.60	10.00	0.05	2.42
Karasu Alt Havzası	7.68	56.23	3.83	0.00	0.00
Kapıköy Alt Havzası	2.26	18.58	1.68	0.00	0.00
Kuzey Alt Havzası	2.23	11.30	5.01	0.01	0.00
Van Alt Havzası	46.29	21.11	1.30	24.09	28.20
Zilan Alt Havzası	3.74	6.09	10.00	0.00	0.43

2075-2100 yılları arasında ise sektörlerde genel olarak su kullanım indislerinin arttığı görülmektedir. İçme-Kullanma Suyu için Zilan Alt Havzası Van Alt Havzası ile birlikte aşırı stresli durumda olup, tarımda Engil, Erçek ve Karasu aşırı stresli, Kapıköy ve Van Alt Havzaları ise su stresli duruma geçmiştir. Diğer bir nokta ise Van Alt Havzası ekosistem sektörü hariç bütün sektörlerde su stresli ve üstü durumda bulunmaktadır. Etkilenebilirlik dereceleri de göz önüne alındığında buradan Van Alt Havzası'nın son dönem olan 2075-2100 döneminde bütün sektörlerde su sıkıntısı yaşanacağı sonucu çıkarılabilir (Tablo 24).

**Tablo 24 Alt Havzalar Su Kullanım İndis Dereceleri (2075-2100)**

Alt Havza	Su Kullanım İndisi (WEI)				
	İÇME VE KULLANMA SUYU	TARIM	EKOSİSTEM	SANAYİ	TURİZM
Ahlat Alt Havzası	1.04	10.06	3.82	0.00	0.00
Batı Alt Havzası	2.84	4.64	7.47	0.00	0.00
Bendimahı Alt Havzası	3.79	19.88	6.98	0.00	0.36
Delice Alt Havzası	0.86	3.76	7.80	0.00	0.00
Doğu Alt Havzası	0.53	17.41	2.97	0.00	0.40
Engil Alt Havzası	12.48	73.91	10.00	0.00	0.00
Erçek Alt Havzası	11.64	46.28	3.19	0.45	0.00
Güney Alt Havzası	7.42	5.16	10.00	0.07	3.05
Karasu Alt Havzası	12.58	61.13	3.83	0.00	0.00
Kapıköy Alt Havzası	3.13	20.20	1.68	0.00	0.00
Kuzey Alt Havzası	2.58	10.35	5.01	0.01	0.00
Van Alt Havzası	74.15	21.11	1.30	31.77	35.43
Zilan Alt Havzası	74.15	5.58	10.00	0.00	0.55



Proje boyunca yapılan tüm analizlere, çıkarımlara ve çalışmalara dayanılarak Van Gölü Havza'sında su kıtlığı ve kuraklığa karşı alınabilecek tedbirler, alt havza bazında, sektör özelinde oluşturulmuştur. Bu tedbirlere örnek olarak; sulama sistemlerinin geliştirilmesi (basınçlı ve damla sulamaya geçilmesi), gözlem ağının oluşturulması (yeni akım, meteoroloji, kar ve göl gözlem istasyonlarının, yeni yas gözlem kuyularının açılması), içme-kullanma suyu şebekesinin iyileştirilmesi, kayıp-kaçak oranlarının azaltılması (abone olmayan konut, işyeri vb yerleşimlerin tespit edilmesi, abone sistemlerine kayıt edilmesi ve CBS tabanlı bir yazılım ile takip edilmesi), mevcut tesislere ek yeni tesisler kurulması (yeraltı suyu depolama rezervlerinin oluşturulması ve Van Gölü suyunun arıtılarak içme ve kullanma için kullanılması hususunda fizibilite çalışmalarının yapılması), su kullanan sistemlerin geliştirilmesi (sanayi tesislerinde ısıtma ve soğutma sularının daha verimli kullanılmasının sağlanması) ve ekosistemin korunması için buharlaşma önleyici tekniklerin kullanılması verilebilir.

### **1.7. Van Gölü Havzası'ndaki Kuraklık Etkilerinin Azaltılması İçin Önerilen Tedbirler**

Van Gölü Havzası'nda kuraklığın etkilerini azaltmak için belirlenen tedbirler temel olarak iki bölümden oluşmaktadır. Bunlardan ilki ilgili tedbir, müdahale zamanı, sorumlu/ilgili kurum, uygulama dönemi ve benzeri başlıklar altında kurumlara özel olarak hazırlanmış tedbirleri içerirken, diğeri ise Nihai Rapor'da yer alan havzada dikkat edilmesi ve uygulanması gereken genel tedbirleri içermektedir.

Kurumlara özel olarak hazırlanan tedbirler bu başlık altında incelenmektedir. Sözü edilen tedbirler Tablo 25'den itibaren sunulmuştur.

Tablo 25 Van Gölü Havzası'nda Kuraklığın Etkilerinin Azaltılması İçin Belirlenen Tedbirler

(1)Tedbir Grubu	(2)Tedbir No	(3)Tedbir	(4)Müdahale Zamanı	(5)Sorumlu Kurum	(6)İlgili Kurum	(7)Uygulama Dönemi	(8)Sektör	(9)İl
Sulama Sistemlerinin Geliştirilmesi	1	4812 ha toplam sulanan alana sahip olan Batı Alt Havzasında 2862 ha'lık alanda Basınçlı Sulama ve Damlama Sulama Sistemine Geçilmesi: Batı Alt Havzasında Basınçlı Sulama ve Damlama Sulama Sistemine Geçilmesi ile 3546 ha'lık sulanan alanda 1.08 milyon m <sup>3</sup> /yıl su tasarrufu sağlanacaktır. Bölgede 2050 yılından sonra oluşacak su potansiyelindeki azalımdan kaynaklanan 1.3 milyon m <sup>3</sup> /yıl'lık ilave su ihtiyacının %83'ü sağlanmış olacaktır.	Kuraklık Öncesi, Esnası	DSİ	TRGM	Süreklili	Tarım	Bitlis
	2	13980 ha toplam sulanan alana sahip olan Bendimahı Alt Havzasında Basınçlı Sulama ve Damlama Sulama Sistemine Geçilmesi: Bendimahı alt havzasındaki 13980 ha toplam sulanan alanın sulama sistemlerinin rehabilitasyonunun uygulanması ile 7689 ha'lık sulanan alanda 8.97 milyon m <sup>3</sup> /yıl su tasarrufu sağlanacaktır. Bölgede 2050 yılından sonra oluşacak su potansiyelindeki azalımdan kaynaklanan 9.6 milyon m <sup>3</sup> /yıl'lık ilave su ihtiyacının %93'ü sağlanmış olacaktır.	Kuraklık Öncesi, Esnası	DSİ	TRGM	Süreklili	Tarım	Van
	3	5970 ha toplam sulanan alana sahip olan Deliçay Alt Havzasında Basınçlı Sulama ve Damlama Sulama Sistemine Geçilmesi: Deliçay alt havzasındaki 5970 ha toplam sulanan alanın sulama sistemlerinin rehabilitasyonunun uygulanması ile 1246 ha'lık sulanan alanda 3.18 milyon m <sup>3</sup> /yıl su tasarrufu sağlanacaktır. Bölgede 2050 yılından sonra oluşacak su potansiyelindeki azalımdan kaynaklanan 3.8 milyon m <sup>3</sup> /yıl'lık ilave su ihtiyacının %83'ü sağlanmış olacaktır.	Kuraklık Öncesi, Esnası	DSİ	TRGM	Süreklili	Tarım	Van

**Tablo 26 Van Gölü Havzası'nda Kuraklığın Etkilerinin Azaltılması İçin Belirlenen Tedbirler (sürüyor)**

(1)Tedbir Grubu	(2)Tedbir No	(3)Tedbir	(4)Müdabale Zamanı	(5)Sorumlu Kurum	(6)İlgili Kurum	(7)Uygulama Dönemi	(8)Sektör	(9)İl
Sulama Sistemlerinin Geliştirilmesi	4	3970 ha toplam sulanan alana sahip olan Doğu Alt Havzasında Basınçlı Sulama ve Damlama Sulama Sistemine Geçilmesi: Doğu alt havzasındaki 3970 ha toplam sulanan alanın sulama sistemlerinin rehabilitasyonunun uygulanması ile 780 ha'lık sulanan alanda 5.61 milyon m <sup>3</sup> /yıl su tasarrufu sağlanacaktır. Bölgede 2050 yılından sonra oluşacak su potansiyelindeki azalımdan kaynaklanan 6.5 milyon m <sup>3</sup> /yıl 'lık ilave su ihtiyacının %86 'sı sağlanmış olacaktır.	Kuraklık Öncesi, Esnası	DSİ	TRGM	Sürekli	Tarım	Van
	5	13372 ha toplam sulanan alana sahip olan Engil Alt Havzasında Basınçlı Sulama ve Damlama Sulama Sistemine Geçilmesi: Engil alt havzasındaki 13372 ha toplam sulanan alanın sulama sistemlerinin rehabilitasyonunun uygulanması ile 9498 ha'lık sulanan alanda 11.55 milyon m <sup>3</sup> /yıl su tasarrufu sağlanacaktır. Bölgede 2050 yılından sonra oluşacak su potansiyelindeki azalımdan kaynaklanan 13.5 milyon m <sup>3</sup> /yıl 'lık ilave su ihtiyacının %85 'i sağlanmış olacaktır.	Kuraklık Öncesi, Esnası	DSİ	TRGM	Sürekli	Tarım	Van
	6	7854 ha toplam sulanan alana sahip olan Erçek Alt Havzasında Basınçlı Sulama ve Damlama Sulama Sistemine Geçilmesi: Erçek alt havzasındaki 7854 ha toplam sulanan alanın sulama sistemlerinin rehabilitasyonunun uygulanması ile 2514 ha'lık sulanan alanda 7.92 milyon m <sup>3</sup> /yıl su tasarrufu sağlanacaktır. Bölgede 2050 yılından sonra oluşacak su potansiyelindeki azalımdan kaynaklanan 9.3 milyon m <sup>3</sup> /yıl 'lık ilave su ihtiyacının %85'i sağlanmış olacaktır.	Kuraklık Öncesi, Esnası	DSİ	TRGM	Sürekli	Tarım	Van

**Tablo 27 Van Gölü Havzası'nda Kuraklığın Etkilerinin Azaltılması İçin Belirlenen Tedbirler (sürüyor)**

(1)Tedbir Grubu	(2)Tedbir No	(3)Tedbir	(4)Müdahale Zamanı	(5)Sorumlu Kurum	(6)İlgili Kurum	(7)Uygulama Dönemi	(8)Sektör	(9)İl
Sulama Sistemlerinin Geliştirilmesi	7	7246 ha toplam sulanan alana sahip olan Güney Alt Havzasında Basınçlı Sulama ve Damlama Sulama Sistemine Geçilmesi: Güney alt havzasındaki 7246 ha toplam sulanan alanın sulama sistemlerinin rehabilitasyonunun uygulanması ile 3248 ha'lık sulanan alanda 3.48 milyon m <sup>3</sup> /yıl su tasarrufu sağlanacaktır. Bölgede 2050 yılından sonra oluşacak su potansiyelindeki azalımdan kaynaklanan 4 milyon m <sup>3</sup> /yıl 'lık ilave su ihtiyacının %87'si sağlanmış olacaktır.	Kuraklık Öncesi, Esnası	DSİ	TRGM	Süreklili	Tarım	Van, Bitlis
	8	18760 ha toplam sulanan alana sahip olan Karasu Alt Havzasında Basınçlı Sulama ve Damlama Sulama Sistemine Geçilmesi: Karasu alt havzasındaki 18760 ha toplam sulanan alanın sulama sistemlerinin rehabilitasyonunun uygulanması ile 4298 ha'lık sulanan alanda 10.47 milyon m <sup>3</sup> /yıl su tasarrufu sağlanacaktır. Bölgede 2050 yılından sonra oluşacak su potansiyelindeki azalımdan kaynaklanan 12.2 milyon m <sup>3</sup> /yıl 'lık ilave su ihtiyacının %86'sı sağlanmış olacaktır.	Kuraklık Öncesi, Esnası	DSİ	TRGM	Süreklili	Tarım	Van
	9	1870 ha toplam sulanan alana sahip olan Kapıköy Alt Havzasında Basınçlı Sulama ve Damlama Sulama Sistemine Geçilmesi: Kapıköy alt havzasındaki 1870 ha toplam sulanan alanın sulama sistemlerinin rehabilitasyonunun uygulanması ile 946 ha'lık sulanan alanda 2.13 milyon m <sup>3</sup> /yıl su tasarrufu sağlanacaktır. Bölgede 2050 yılından sonra oluşacak su potansiyelindeki azalımdan kaynaklanan 2.5 milyon m <sup>3</sup> /yıl 'lık ilave su ihtiyacının %85'i sağlanmış olacaktır.	Kuraklık Öncesi, Esnası	DSİ	TRGM	Süreklili	Tarım	Van

**Tablo 28 Van Gölü Havzası'nda Kuraklığın Etkilerinin Azaltılması İçin Belirlenen Tedbirler (sürüyor)**

(1)Tedbir Grubu	(2)Tedbir No	(3)Tedbir	(4)Müdahale Zamanı	(5)Sorumlu Kurum	(6)İlgili Kurum	(7)Uygulama Dönemi	(8)Sektör	(9)İli
Sulama Sistemlerinin Geliştirilmesi	10	7391 ha toplam sulanan alana sahip olan Kuzey Alt Havzasında Basınçlı Sulama ve Damlama Sulama Sistemine Geçilmesi: Kuzey alt havzasındaki 7391 ha toplam sulanan alanın sulama sistemlerinin rehabilitasyonunun uygulanması ile 4821 ha'lık sulanan alanda 5.97 milyon m <sup>3</sup> /yıl su tasarrufu sağlanacaktır. Bölgede 2050 yılından sonra oluşacak su potansiyelindeki azalımdan kaynaklanan 7 milyon m <sup>3</sup> /yıl 'lık ilave su ihtiyacının %85'i sağlanmış olacaktır.	Kuraklık Öncesi, Esnası	DSİ	TRGM	Sürekli	Tarım	Van, Bitlis
	11	12238 ha toplam sulanan alana sahip olan Van Alt Havzasında Basınçlı Sulama ve Damlama Sulama Sistemine Geçilmesi: Van alt havzasındaki 12238 ha toplam sulanan alanın sulama sistemlerinin rehabilitasyonunun uygulanması ile 7134 ha'lık sulanan alanda 3.6 milyon m <sup>3</sup> /yıl su tasarrufu sağlanacaktır. Bölgede 2050 yılından sonra oluşacak su potansiyelindeki azalımdan kaynaklanan 4.2 milyon m <sup>3</sup> /yıl 'lık ilave su ihtiyacının %86'sı sağlanmış olacaktır.	Kuraklık Öncesi, Esnası	DSİ	TRGM	Sürekli	Tarım	Van
	12	17244 ha toplam sulanan alana sahip olan Zilan Alt Havzasında Basınçlı Sulama ve Damlama Sulama Sistemine Geçilmesi: Zilan alt havzasındaki 17244 ha toplam sulanan alanın sulama sistemlerinin rehabilitasyonunun uygulanması ile 12042 ha'lık sulanan alanda 6.42 milyon m <sup>3</sup> /yıl su tasarrufu sağlanacaktır. Bölgede 2050 yılından sonra oluşacak su potansiyelindeki azalımdan kaynaklanan 7.5 milyon m <sup>3</sup> /yıl 'lık ilave su ihtiyacının %85'i sağlanmış olacaktır.	Kuraklık Öncesi, Esnası	DSİ	TRGM	Sürekli	Tarım	Van

**Tablo 29 Van Gölü Havzası'nda Kuraklığın Etkilerinin Azaltılması İçin Belirlenen Tedbirler (sürüyor)**

(1)Tedbir Grubu	(2)Tedbir No	(3)Tedbir	(4)Müdahale Zamanı	(5)Sorumlu Kurum	(6)İlgili Kurum	(7)Uygulama Dönemi	(8)Sektör	(9)İli
İçme-Kullanma Suyu Şebekesinin İyileştirilmesi	13	Zilan, Deliçay, Doğu, Bendimahı, Karasu, Erçek, Kapıköy, Van ve Engü Alt Havzalarında abone olmayan konut, işyeri vb yerleşimlerin tespit edilmesi, abone sistemlerine kayıt edilmesi ve CBS tabanlı bir yazılım ile takip edilmesi: Şamran kaynağından Van merkeze içme suyu amaçlı iki farklı hat mevcut olup hatlardan birisi eskidir. Tarihi Şamran kanalında kayıp kaçak oranının çok yüksek olması (%80'lerde) ve müdahale vanalarının yeterli olmaması kaynakların efektif kullanılmasını engellemektedir.	Kuraklık Öncesi	Van Büyükşehir Belediyesi	DSİ	2018 -2023	İçme-Kullanma	Van, Bitlis
	14	Van Alt havzasında Şamran kaynağından Van merkeze içme suyu amaçlı gelen tarihi Şamran kanalının kullanımının durdurulması ve tarihi Şamran kanalı yerine 48 355 metre uzunluğunda ve 2 metre çapındaki beton kaplı çelik borulu hattın (yeni iletim hattı) kullanılması ile kayıp kaçak oranının %25'e düşürülmesi: Tarihi Şamran Kanalında kayıp kaçak oranının çok yüksek olması (%80'lerde) ve müdahale vanalarının yeterli olmaması kaynakların efektif kullanılmasını engellemektedir. Yaklaşık %80 kayıp-kaçak oranına sahip olan Van ilinde kayıp-kaçak oranlarının yönetmelik gereği 2023 yılında ulaşılması hedeflenen %25'e düşürülmesi ile ilin havzaya giren bölümlerinde edilen 61.52 milyon m <sup>3</sup> 'lük su tasarrufunun, 2050 yılına kadar öngörülen yaklaşık 1 milyarlık nüfus artışı sebebiyle beklenen 152.8 milyon m <sup>3</sup> 'lük su ihtiyacını %40 oranında azaltması mümkün olacaktır.	Kuraklık Öncesi	Van Büyükşehir Belediyesi	DSİ	2018 -2023	İçme-Kullanma	Van



**Tablo 30 Van Gölü Havzası'nda Kuraklığın Etkilerinin Azaltılması İçin Belirlenen Tedbirler (sürüyor)**

(1) Tedbir Grubu	(2) Tedbir No	(3) Tedbir	(4) Müdahale Zamanı	(5) Sorumlu Kurum	(6) İlgili Kurum	(7) Uygulama Dönemi	(8) Sektör	(9) İl
Kayıp-Kaçak Oranlarının Azaltılması	15	Ahlat, Batı ve Kuzey Alt Havzalarında abone olmayan konut, işyeri vb yerleşimlerin tespit edilmesi, abone sistemlerine kayıt edilmesi ve CBS tabanlı bir yazılım ile takip edilmesi: Yaklaşık %80 kayıp-kaçak oranına sahip olan Bitlis ilinde kayıp-kaçak oranlarının yönetmelik gereği 2023 yılında ulaşılması hedeflenen %25'e düşürülmesi ile ilin havzaya giren bölümlerinde edilen 8.81 milyon m <sup>3</sup> lük 183 binlik nüfus artışı sebebiyle beklenen 27.53 milyon m <sup>3</sup> /yıl'lık su ihtiyacını %32 oranında azaltması mümkün olacaktır.	Kuraklık Öncesi	Bitlis Belediyesi, Ahlat, Tatvan İlçe Belediyeleri	DSİ	2018-2023	İçme-Kullanma	Bitlis
	16	Havzayı temsil edecek şekilde yeni akım gözlem istasyonlarının açılması: Havzadaki mevcut akım gözlem istasyonlarına ek olarak havzayı temsil edecek şekilde yeni akım gözlem istasyonlarının açılması.	Kuraklık Öncesi	DSİ	SYGM	2018-2023	Bütün Sektörler	Van, Bitlis
Gözlem Ağının Geliştirilmesi	17	Havzayı temsil edecek şekilde yeni meteoroloji gözlem istasyonlarının açılması: Havzadaki mevcut meteoroloji gözlem istasyonlarına ek olarak havzayı temsil edecek şekilde yeni meteoroloji gözlem istasyonlarının açılması.	Kuraklık Öncesi	MGM	SYGM	2018-2023	Bütün Sektörler	Van, Bitlis

**Tablo 31 Van Gölü Havzası'nda Kuraklığın Etkilerinin Azaltılması İçin Belirlenen Tedbirler (sürüyor)**

(1) Tedbir Grubu	(2) Tedbir No	(3) Tedbir	(4) Müdahale Zamanı	(5) Sorumlu Kurum	(6) İlgili Kurum	(7) Uygulama Dönemi	(8) Sektör	(9) İl
Gözlem Ağının Geliştirilmesi	18	Havzadaki gölleri temsil edecek şekilde yeni göl gözlem istasyonlarının açılması: Havzadaki mevcut göl gözlem istasyonlarına ek olarak havzayı temsil edecek şekilde yeni göl gözlem istasyonlarının açılması.	Kuraklık Öncesi	DSİ	SYGM	2018-2023	Ekosistem	Van, Bitlis
	19	Havzayı temsil edecek şekilde yeni YAS gözlem kuyularının açılması: Havzadaki mevcut YAS gözlem kuyularına ek olarak havzayı temsil edecek şekilde yeni gözlem kuyularının açılması.	Kuraklık Öncesi	DSİ	Van Büyükşehir Belediyesi	2018-2023	Bütün Sektörler	Van, Bitlis
	20	Van Gölü Havzasında kar gözlemlerinin havzayı temsil edecek şekilde yeni kar gözlem istasyonlarının açılması: Havzadaki mevcut kar gözlem istasyonlarına ek olarak havzayı temsil edecek şekilde yeni kar gözlem istasyonlarının açılması.	Kuraklık Öncesi	MGM	DSİ	2018-2023	Bütün Sektörler	Van, Bitlis

**Tablo 32 Van Gölü Havzası'nda Kuraklığın Etkilerinin Azaltılması İçin Belirlenen Tedbirler (sürüyor)**

(1)Tedbir Grubu	(2)Tedbir No	(3)Tedbir	(4)Müdahale Zamanı	(5)Sorumlu Kurum	(6)İlgili Kurum	(7)Uygulama Dönemi	(8)Sektör	(9)İli
Mevcut Tesislere Ek Yeni Tesisler Kurulması	21	Buharlaştırma ve kirliliğin az olması sebebiyle muhtemel bir kuraklığa karşı önlem olarak yeraltı suyu depolama rezervlerinin oluşturulması hususunda fizibilite çalışmalarının yapılması: Özellikle Van alt havzasının 2050 yılından sonra 2100 yılına değin bütün sektörlerin kuraklık açısından çok yüksek derecede etkilenebilir olduğu saptanmıştır. Van alt havzasında mevcut su potansiyeli 52.08 milyon m <sup>3</sup> /yıl iken 2050-2100 arası 9.78 milyon m <sup>3</sup> /yıl'a kadar düşmektedir. Nüfusun 2050 yılına kadar öngörülen yaklaşık 1 milyonluk artışı sebebiyle su ihtiyacı 53.08 milyon m <sup>3</sup> /yıl iken 2050-2100 yılları arasında 318.06 milyon m <sup>3</sup> /yıl'a çıkmaktadır. Bu durumda bölgede 2050 yılından sonra oluşacak 264.98 milyon m <sup>3</sup> /yıl'lık ilave su ihtiyacının %50'sinin bu şekilde sağlanabileceği düşünülmektedir.	Kuraklık Esnası ve Sonrası	DSİ	Van Büyükşehir Belediyesi	2050-2100	İçme- Kullanma	Van
	22	Van Gölü suyunun artırılarak içme ve kullanma için kullanılması hususunda fizibilite çalışmalarının yapılması: Özellikle Van alt havzasının 2050 yılından sonra 2100 yılına değin bütün sektörlerin kuraklık açısından çok yüksek derecede etkilenebilir olduğu saptanmıştır. Van alt havzasında mevcut su potansiyeli 52.08 milyon m <sup>3</sup> /yıl iken 2050-2100 arası 9.78 milyon m <sup>3</sup> /yıl'a kadar düşmektedir. Nüfusun 2050 yılına kadar öngörülen yaklaşık 1 milyonluk artışı sebebiyle su ihtiyacı 53.08 milyon m <sup>3</sup> /yıl iken 2050-2100 arasında 318.06 milyon m <sup>3</sup> /yıl'a çıkmaktadır. Van Gölü suyunun artırılma maliyeti yaklaşık olarak 2.43 tl/m <sup>3</sup> olarak tahmin edilmektedir. Bu durumda bölgede 2050 yılından sonra oluşacak 264.98 milyon m <sup>3</sup> /yıl'lık ilave su ihtiyacının bir kısmının bu şekilde sağlanabileceği düşünülmektedir.	Kuraklık Sonrası	DSİ	Van Büyükşehir Belediyesi	2050-2100	İçme- Kullanma	Van

**Tablo 33 Van Gölü Havzası'nda Kuraklığın Etkilerinin Azaltılması İçin Belirlenen Tedbirler (sürüyor)**

(1)Tedbir Grubu	(2)Tedbir No	(3)Tedbir	(4)Müdahale Zamanı	(5)Sorumlu Kurum	(6)İlgili Kurum	(7)Uygulama Dönemi	(8)Sektör	(9)İli
Su Kullanım Sistemlerinin Geliştirilmesi	23	Van ve Erçek Altı Havzalarında sanayi tesislerinde ısıtma ve soğutma sularının daha verimli kullanılmasının sağlanması; Soğutmada; kapalı çevrim sistemlerin ve soğutma kulelerinin kullanılmasına, kule bloflerinin minimize edilmesine – geri kazanılmasına çalışılmalıdır. Isıtımda; buhar sistemlerinin iyileştirilmesi, buhar geri kazanımı, ısı eşanjörlerinin tercih edilmesi, kazan bloflerinin minimize edilmesi faydalıdır. Mevcut su ihtiyacı 4058 m <sup>3</sup> iken 2050 yılında 6953 m <sup>3</sup> e çıkacak 9621 m <sup>3</sup> olması beklenmektedir. Uygulanacak tedbir ile 2100 yılı sonunda yıllık yaklaşık 2886 m <sup>3</sup> ile yüzde 30 tasarruf edilmesi beklenmektedir.	Kuraklık Öncesi	STB	Van Büyükşehir Belediyesi Bitlis Belediyesi	Sürekli	Sanayi	Van, Bitlis
Ekosisteminin Korunması İçin Buharlaştırma Önleyici Tekniklerin Kullanılması	24	Nemrut Krater Gölü yüzeyindeki buharlaşmanın azaltılması amacıyla göl yüzeyinin monomoleküler filmler ile kaplanması yöntemi başta olmak üzere teknik yöntemlerin değerlendirilmesi için fizibilite çalışmalarının yapılması; Nemrut Krater Gölü'ndeki buharlaşmayı azaltmak ve seviyelerindeki düşümü engellemek adına göl yüzeyinin monomoleküler filmler ile kaplanması halinde %30'dan %50'ye kadar su tasarrufu sağlanabilmektedir. Film olarak en yaygın kullanılan maddeler, yağ alkolleri olan Setil (heksadekanol) ve Stearil (oktadekanol) alkolüdür. Bunlar su molekül çıkışının çoğunu engellerken, karbondioksit ve oksijen çıkışına izin vermekte olup güneş ışınlarını geçirmesi sebebiyle de akuatik yaşama zarar vermediği düşünülmektedir. Aynı zamanda tatsız, kokusuz, zehirsiz ve yanıcı olmayan maddelerdir. Bu filmlerin 1-2 günde bir yenilenmesi önerilmektedir. Ek olarak, aynı ayrı kullanımlıkları gibi karışımları da kullanılmakta ve karıştırıldığında verimi arttırdığı literatürde belirtilmektedir.	Kuraklık Öncesi, Esnası ve Sonrası	DKMP	DSİ	Sürekli	Ekosistem	Bitlis



## **KAYNAKLAR**

- Allen et al. (1998). Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998) Crop evapotranspiration —guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. Food and Agriculture Organization, Rome.
- Bloomfield, J. P., & Marchant, B. P. (2013). Analysis of groundwater drought building on the standardised precipitation index approach. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17, 4769–4787.
- Giles, A. R., Perry, A. H. (1998) ‘The use of a temporal analogue to investigate the possible impact of projected global warming on the UK tourist industry’, *Tourism Management*, 19, 1, 75–80.
- Guttman, N.B. (1999). Accepting the standardized precipitation index: a calculation algorithm. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, John Wiley & Sons, 35 (2): 311–322. doi:10.1111/j.1752-1688.1999.tb03592.x.
- Desmond Ofosu Anim ve diğ. (2013). Evaluation of NDVI Using SPOT-5 Satellite Data for Northern Ghana, *Environmental Management and Sustainable Development*, ISSN 2164-7682
- Hayes, M. J. (2006). Drought indices. <<http://www.drought.unl.edu/whatis/indices.htm>>
- Holben, B. N. (1986). Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, 7, 1417± 1434.
- İlgar, R. (2010). Çanakkale’de Kuraklık Durumu ve Eğilimlerinin Standartlaştırılmış Yağış İndisi ile Belirlenmesi. <<http://e-dergi-marmara.dergipark.gov.tr/download/article-file/3218>>
- ISRIC, International Soil Reference and Information Centre, toprak veri tabanı, <https://soilgrids.org>
- Lajos, B. (2008). Debreceni Egyetem a TÁMOP 4.1.2 pályázat keretein belül, [http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0032\\_talajtan/ch07s05.html](http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0032_talajtan/ch07s05.html)
- McKee, T.B., Doesken, N.J., and Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*, Anaheim, Calif. 17– 22 January 1993. American Meteorological Society.
- Mekonnen, M. M., Hoekstra A. Y. and Becht R. (2010). Mitigating the Water Footprint of Export Cut Flowers from the Lake Naivasha Basin, Kenya. Doi: 10.1007/s11269-012-0099-9



**T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI  
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI**



NDMC (2006c). Monitoring drought. The Standardized Precipitation Index. Interpretation of SPI Maps. National Climatic Data Center. <<http://www.drought.unl.edu/monitor/interp.htm>>

NDMC (2011). Vegetation Drought Response Index. National Climatic Data Center. <[http://drought.unl.edu/vegdiri/VegDRI\\_Main.htm](http://drought.unl.edu/vegdiri/VegDRI_Main.htm)>.

Quiring, S.M. (2009). Monitoring drought: An evaluation of meteorological drought indices. *Geography Compass*, 3(1): 64–88. doi:10.1111/j.1749-8198.2008.00207.x.

Peters, A. J., Walter-Shea E. A., Vina, L. J. A., Hayes, M. & Svoboda, M. D. (2002). Drought Monitoring with NDVI-Based Standardized Vegetation Index. <[http://info.asprs.org/publications/pers/2002journal/january/2002\\_jan\\_71-75.pdf](http://info.asprs.org/publications/pers/2002journal/january/2002_jan_71-75.pdf)>

Raskin, P.; Gleick, P. H.; Kirshen, P.; Pontius, R. G. Jr; and Strzepek, K., 1997. Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world. Stockholm Environmental Institute, Sweden. Document prepared for the fifth session of the United Nations Commission on Sustainable Development, 1997.

Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1973). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Third ERTS Symposium: NASA SP-351 I, 309-317.

Sevim, B., Zeydan, Ö., İklim Değişikliğinin Türkiye Turizmüne Etkileri, Çeşme Ulusal Turizm Sempozyumu Bildiriler Kitabı, İzmir, s. 701-710, 2007

Shen ve diğ. (2015). Regional drought assessment using a distributed hydrological model coupled with Standardized Runoff Index, Remote Sensing and GIS for Hydrology and Water Resources (IAHS Publ. 368, 2015), 397-402, doi:10.5194/piahs-368-397-2015

Shukla ve Wood (2008). Use Of A Standardized Runoff Index For Characterizing Hydrologic Drought, *Geophysical Research Letters*, VOL. 35, L02405, doi:10.1029/2007GL032487

Steinemann, A.C., Hayes, M.J., and Cavalcanti, L. (2005). Drought indicators and triggers. Drought and water crises: Science, technology, and management issues. CRC Press, Boca Raton, FL. pp. 71–92.

SYGM (2015). İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi II. Ara Rapor. Ankara: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.

Şahin, Ü., Kurnaz, L. (2014). İklim Değişikliği ve Kuraklık. İstanbul Politikalar Merkezi (İPM).



**T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI  
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI**



The GreenLeaf Project, <http://greenleaf.unl.edu/>

Türkeş, M. (2014). Kuraklık Olaylarının İklim Değişikliği ve Çölleşme Açısından Önemi ve Türkiye'deki 2013- 2014(?) Kuraklığının Sinoptik Klimatolojik/Meteorolojik ve Atmosferik Bağlantıları.

USGS (2016). USGS Uydu Görüntüleri Veri Tabanı, <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Uyanık, N., Sarı, M. (2011). Cumhuriyet Döneminde Yaşanan Kuraklık Felaketleri Üzerine Bir Değerlendirme. Uluslararası Tarih ve Sosyal Araştırmalar Dergisi 5, 141-176.

Weier, John and Herring, David (2000). "Measuring Vegetation (NDVI & EVI), <https://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/>

World Meteorological Organization (WMO) (2009). Lincoln declaration on drought indices. World Meteorological Organization [http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/agm/meetings/wies09/documents/Lincoln\\_Declaration\\_Drought\\_Indices.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/agm/meetings/wies09/documents/Lincoln_Declaration_Drought_Indices.pdf)

World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP) (2016). Handbook of Drought Indicators and Indices (M. Svoboda and B.A. Fuchs). Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2. Geneva

Zargar, A., R. Sadiq, B. Naser and F.I. Khan (2011). A review of drought indices. Environmental Reviews, 19:3