

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAPAY SİNİR AĞLARININ İKLİM BÖLGELERİNİN BELİRLENMESİNDE  
KULLANILMASI VE WARD METODU İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

**DOKTORA TEZİ  
Sinan ŞAHİN**

**Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği**

**Programı : Hidrolik ve Su Kaynakları**

**MART 2009**

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAPAY SİNİR AĞLARININ İKLİM BÖLGELERİNİN BELİRLENMESİNDE  
KULLANILMASI VE WARD METODU İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

**DOKTORA TEZİ**

**Sinan ŞAHİN**

**(501042503)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 16 Eylül 2008**

**Tezin Savunulduğu Tarih : 04 Mart 2009**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. H. Kerem CİĞİZOĞLU (İTÜ)**  
**Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Bihrat ÖNÖZ (İTÜ)**  
**Doç. Dr. Kasım KOÇAK (İTÜ)**  
**Prof. Dr. Murat TÜRKEŞ (ÇOMÜ)**  
**Prof. Dr. Tülay YILDIRIM (YTÜ)**

**MART 2009**

## ÖNSÖZ

Yeryüzünün herhangi bir yerinde uzun yıllar boyunca yaşanan ya da gözlenen tüm hava şartlarının ortalama durumu olan iklim; insan hayatının hemen hemen her alanında etkilidir. İklimin dünyamız üzerindeki etkisini Montesquieu “L’esprit des Lois” adlı eserinde “iklim imparatorluğu bütün imparatorlukların birincisidir” sözü ile ifade eder. İnsanoğlunun yaşadığı doğal çevreden azami faydayı sağlayabilmesi, o yerin iklim özelliklerini yakından takip etmesi ile mümkündür.

Bu çalışmada yağış rejimi bölgelerinin ve iklim bölgelerinin belirlenmesi için çeşitli yaklaşımlar ve metotlar denenmiş ve elde edilen sonuçlar iklim süreçleri bakımından yorumlanmıştır. Daha doğru sonuçlar elde edilmesi için verilerin homojenliği kontrol edilmiş ve homojen olmayan veriler kullanılmamıştır. Sonuç olarak Türkiye’nin 7 ana iklim bölgesi ve 15 alt iklim bölgesinden oluştuğu ve ayrıca 7 yağış rejimi bölgesi ve 16 alt yağış rejimi bölgesinden oluştuğu saptanmıştır. Çalışmalarım süresince bana her zaman destek olan ve değerli fikirleriyle bu çalışmayı ortaya çıkarmamı sağlayan danışman hocam sayın Prof. Dr. H. Kerem CİĞİZOĞLU’na, tez izleme komitemdeki hocalarım Prof.Dr. Bihrat ÖNÖZ ve Doç. Dr. Kasım KOÇAK’a sonsuz teşekkür ederim. Tez çalışmam sırasında benden yardımlarını esirgemeyen değerli mesai arkadaşım Araş. Gör. Erbil ÖZÜM’e, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü araştırma görevlilerinden Araş. Gör. Ozan Mert GÖKTÜRK’e ve Araş. Gör. Deniz Bozkurt’a da teşekkürlerimi sunarım. Çalışmalarım sırasında elde ettiğim sonuçları yorumlamada bana yardım eden ve değerli fikirleriyle bana ışık tutan sayın hocalarım Prof. Dr. Murat TÜRKEŞ’e, Doç. Dr. Ömer L. ŞEN’e, Prof. Dr. Mehmet KARACA’ya ve Doç. Dr. Yurdanur ÜNAL’a sonsuz teşekkürler ederim. Beni yetiştiren ve bu günlere gelmemi sağlayan babam Yusuf ŞAHİN, annem Fatma ŞAHİN, kardeşim İnan ŞAHİN’e ve bana her zaman destek olan Ayfer UĞURLU’ya teşekkür ederim.

MART 2009

SİNAN ŞAHİN

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|                                                                                                                         |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| ÖNSÖZ.....                                                                                                              | ii    |
| İÇİNDEKİLER.....                                                                                                        | iii   |
| KISALTMALAR.....                                                                                                        | vii   |
| ÇİZELGE LİSTESİ.....                                                                                                    | ix    |
| ŞEKİL LİSTESİ.....                                                                                                      | xxiii |
| ÖZET.....                                                                                                               | xviii |
| SUMMARY.....                                                                                                            | xx    |
| 1. GİRİŞ .....                                                                                                          | 1     |
| 1.1 İklim Bölgelerinin Belirlenmesi Konusunun Tarihsel Gelişimi .....                                                   | 4     |
| 1.2 Çalışmanın Amacı ve Literatüre Getireceği Katkılar.....                                                             | 5     |
| 1.3 Doktora Tezinin Mühendislik ve Bilimsel Uygulamalara Katkısı.....                                                   | 8     |
| 1.4 Literatür Taraması .....                                                                                            | 9     |
| 1.4.1 Türkiye ve Dünyada meteorolojik verilerin homojenlik analizi ile.....                                             | 9     |
| ilgili çalışmalar .....                                                                                                 | 9     |
| 1.4.2 Türkiye’de homojenlik analizi ile ilgili yapılan çalışmalar.....                                                  | 12    |
| 1.4.3 Küme analizi ile ilgili önceki çalışmalar.....                                                                    | 14    |
| 1.4.4 Türkiye’de iklim bölgelerinin belirlenmesi için yapılan çalışmalar .....                                          | 15    |
| 1.4.5 Kohonen yapay sinir ağlarının hidrolojide ve klimatoloji de kullanımı...<br>ve literatür taraması .....           | 22    |
| 1.4.6 Bulanık-YSA kümeleme algoritmalarının hidroloji ve klimatolojide...<br>kullanımı ve literatür taraması.....       | 25    |
| 1.4.7 Nöro-bulanık yöntemlerin iklim bölgelerinin belirlenmesinde.....<br>kullanımı .....                               | 27    |
| 1.4.8 Bulanık-YSA metodunun meteorolojik çalışmalarda kullanılan.....<br>nefclass modelinden farkının açıklanması ..... | 30    |
| 1.4.9 Korelasyonlardan oluşan matrisin küme analizinde kullanımı.....                                                   | 32    |
| 2. KULLANILAN VERİ ve EKSİK VERİLERİN TAMAMLANMASI.....                                                                 | 33    |
| 2.1 Referans Serilerinin Oluşturulması .....                                                                            | 36    |
| 2.1.1 Ağırlıklı ortalama .....                                                                                          | 38    |
| 2.1.2 Referans serilerinin ağırlıklı ortalaması alınırken kullanılan ağırlıklar ...                                     | 38    |
| 2.2 Eksik Verilerin Tahmin Edilmesi.....                                                                                | 39    |
| 3. HOMOJENLİK ANALİZİ .....                                                                                             | 42    |
| 3.1 Homojenlik Analizi Sonuçlarının Grafik Olarak Gösterimi .....                                                       | 44    |
| 3.2 Testlerin Sonuçlarının Grafiksel İncelenmesi.....                                                                   | 47    |
| 4. TEMEL BİLEŞEN ANALİZİ .....                                                                                          | 52    |
| 4.1 Temel Bileşenler Analizinin Tanımı .....                                                                            | 52    |
| 4.2 Temel Bileşenler Yöntemi ile Değişken Sayısının Azaltılması.....                                                    | 52    |
| 4.2.1 Analiz 1 .....                                                                                                    | 53    |
| 4.2.2 Analiz 2 .....                                                                                                    | 55    |

|                                                                                                               |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.2.3 Analiz 3 .....                                                                                          | 57         |
| 4.3 Temel Bileşenler Analizi ile Aylık ve Yıllık İstasyon Verilerinin.....                                    |            |
| Boyutunun Azaltılması .....                                                                                   | 60         |
| 4.3.1 Aylık verilerin temel bileşenler yöntemi ile analizi.....                                               | 60         |
| 4.3.2 Yıllık verilerin temel bileşenler yöntemi ile analizi.....                                              | 61         |
| 4.3.3 Aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış verilerinin temel bileşen analizi.....                    | 63         |
| 4.3.4 Aylık ortalama sıcaklık verilerinin temel bileşenler analizi.....                                       | 64         |
| 4.3.5 Aylık toplam yağış verilerinin temel bileşenler analizi .....                                           | 66         |
| 4.3.6 İstasyon verilerinin Türkiye haritası üzerinde kontur haritalarının..... çizilmesi .....                | 66         |
| <b>5. KÜME ANALİZİ.....</b>                                                                                   | <b>69</b>  |
| 5.1 Aylık Verilerin Ward Metodu ile Küme Analizi .....                                                        | 69         |
| 5.1.1 Aylık verilerin dendrogramın çizilmesi .....                                                            | 69         |
| 5.1.2 Yıllık verilerin Ward metodu ile küme analizi.....                                                      | 71         |
| 5.1.3 Ward metodu ile istasyon ortalamalarının küme analizi .....                                             | 73         |
| 5.1.4 Ward metodu ile dendrogram çizilmesi .....                                                              | 74         |
| 5.2 Kohonen Yapay Sinir Ağı (Öz örgütlemeli harita ağı).....                                                  | 75         |
| 5.2.1 Kohonen öğrenme kuralı .....                                                                            | 77         |
| 5.2.1 Kohonen yapay sinir ağı ile meteorolojik verilerin küme analizi.....                                    | 77         |
| 5.3 Bulanık-YSA kümeleme yöntemleri .....                                                                     | 80         |
| 5.3.1 Giriş.....                                                                                              | 80         |
| 5.3.2 Deneme ve yanılma.....                                                                                  | 82         |
| 5.3.3 Kümeleme.....                                                                                           | 82         |
| 5.3.4 Katı kümeleme (KCY algoritması).....                                                                    | 83         |
| 5.3.5 Bulanık kümeleme algoritması (FCM) .....                                                                | 85         |
| 5.4 Bulanık-YSA Kümeleme Algoritmaları.....                                                                   | 87         |
| 5.4.1 Modifiye edilmiş adaptif nöro-bulanık kümeleme algoritması .....                                        | 87         |
| 5.4.2 Nero-bulanık sınıflandırma yöntemi (Nefclass) algoritması.....                                          | 88         |
| 5.4.3 Bulanık Kohonen ağı.....                                                                                | 90         |
| 5.5 Bulanık-YSA Modelinin Oluşturulması .....                                                                 | 91         |
| 5.5.1 Bulanık-YSA metodunun algoritması.....                                                                  | 92         |
| 5.5.2 Oluşturulan Bulanık-YSA metodunun literatürdeki diğer bulanık-YSA metotlarından farklı özellikleri..... | 98         |
| 5.5.3 Oluşturulan bulanık-YSA metodunun performansının iris verisi üzerinde test edilmesi.....                | 98         |
| 5.5.1 Bulanık-YSA metodunun iris verisi üzerindeki performansı.....                                           | 101        |
| <b>6. BULANIK-YSA METODUNUN ve KYSA'nın İKLİM VERİLERİNE.... UYGULANMASI .....</b>                            | <b>103</b> |
| 6.1 Bulanık-YSA Metodunun İklim Verilerine Uygulanması.....                                                   | 103        |
| 6.1.1 Aylık verilerin Kohonen yapay sinir Ağı ve bulanık-YSA metodu ile kümelenmesi.....                      | 103        |
| 6.1.2 Kohonen yapay sinir ağının aylık temel bileşenler skorlarına tatbiki....                                | 103        |
| 6.1.3 Bulanık-YSA metodunun aylık temel bileşenler skorlarına tatbiki.....                                    | 104        |
| 6.1.4 Eğitim verisinin türetilmesi .....                                                                      | 105        |
| 6.1.5 Aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklık verilerinin Ward..... metodu ile küme analizi .....       | 108        |
| 6.1.6 Aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklık verilerinin KYSA..... metodu ile küme analizi .....       | 109        |

|                                                                                                                                    |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.1.7 Aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklık verilerinin.....                                                               |            |
| Bulanık-YSA metodu ile küme analizi .....                                                                                          | 110        |
| <b>7. UYGULANAN KÜME ANALİZİ METOTLARININ STABİLİTE.....</b>                                                                       |            |
| <b>TESTİ ve PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI .....</b>                                                                          | <b>113</b> |
| 7.1 100 İstasyon İçin Yapılan Ward Metodu Çözümleri.....                                                                           | 113        |
| 7.2 100 İstasyon İçin Yapılan KYSA metodu Çözümleri .....                                                                          | 115        |
| 7.3 100 İstasyon İçin Yapılan Bulanık-YSA Metodu Çözümleri .....                                                                   | 117        |
| 7.4 75 İstasyon İçin Yapılan Ward metodu Çözümleri .....                                                                           | 119        |
| 7.5 75 İstasyon İçin Yapılan KYSA Çözümleri.....                                                                                   | 120        |
| 7.6 75 İstasyon İçin Yapılan Bulanık-YSA Çözümleri .....                                                                           | 122        |
| 7.7 Stabilitate Testi Sonuçlarının Genel Değerlendirmesi .....                                                                     | 124        |
| 7.8 Uygulanan Küme Analizi Metotlarının Performansının Değerlendirilmesi ..                                                        | 126        |
| <b>8. TEMEL BİLEŞEN SKORLARI KULLANILARAK YAPILAN KÜME....</b>                                                                     |            |
| <b>ANALİZİ SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI.....</b>                                                                                 | <b>130</b> |
| 8.1 Yıllık Verilerin Küme Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması .....                                                             | 130        |
| 8.2 İstasyon Ortalamalarının Küme Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması .....                                                     | 131        |
| 8.3 Aylık Ortalama Sıcaklık ve Aylık Toplam Yağış Verilerinin Küme Analizi<br>Sonuçlarının Karşılaştırılması .....                 | 135        |
| 8.4 Aylık Verilerin Küme Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması.....                                                               | 141        |
| 8.5 Bağıl Nem Verisinin Türkiye İklim Bölgelerinin Belirlenmesindeki .....                                                         |            |
| Etkisinin Gösterilmesi .....                                                                                                       | 144        |
| 8.6 Maksimum ve Minimum Sıcaklık Verisinin İklim Bölgelerinin .....                                                                |            |
| Belirlenmesinde Kullanılması .....                                                                                                 | 146        |
| <b>9. İKLİMSEL SÜREÇLER AÇISINDAN TEMEL BİLEŞEN SKORLARI...<br/>İLE YAPILAN KÜME ANALİZİ SONUÇLARININ.....</b>                     |            |
| <b>DEĞERLENDİRİLMESİ .....</b>                                                                                                     | <b>153</b> |
| 9.1 Uygulanan Küme Analizi Metotlarının Karşılaştırılması ve Literatürde .....                                                     |            |
| Karşılaştırılan Diğer Çalışmaların Sonuçlarıyla Kıyaslanması.....                                                                  | 157        |
| <b>10. KORELASYON KATSAYILARININ KÜME ANALİZİNDE GİRDİ.....<br/>OLARAK KULLANILMASI .....</b>                                      | <b>157</b> |
| 10.1 Küme Analizinde Korelasyon Katsayılarından Oluşan Matris.....                                                                 |            |
| Kullanılırken Dikkat Edilecek Hususlar .....                                                                                       | 158        |
| 10.2 Elde Edilen Sonuçların Türkiye Haritası Üzerindeki Gösterimi.....                                                             | 159        |
| 10.2.1 Bağıl Nem, Ortalama Sıcaklık ve Yağış Verilerinin Korelasyon .....                                                          |            |
| Katsayılarından Oluşan Çözümler ve Sonuçların Karşılaştırılması ..                                                                 | 159        |
| 10.2.2 Ortalama sıcaklık ve yağış verilerinin korelasyon katsayılarından.<br>oluşan çözümler ve sonuçların karşılaştırılması ..... | 161        |
| 10.2.3 Yağış verilerinin korelasyon katsayılarından oluşan çözümler ve ....<br>sonuçların karşılaştırılması .....                  | 164        |
| 10.2.4 Ortalama sıcaklık verilerinin korelasyon katsayılarından oluşan ....<br>çözümler ve sonuçların karşılaştırılması .....      | 166        |
| <b>11. EGE ve MARMARA BÖLGESİNE İSTASYON EKLENMESİ.....</b>                                                                        | <b>168</b> |
| 11.1 Ortalama Sıcaklık, Yağış ve Bağıl Nem Verisi Kullanılan Küme.....                                                             |            |
| Analizlerine Ek İstasyon Verisi Eklenmesi .....                                                                                    | 169        |
| 11.2 Ortalama Sıcaklık ve Yağış Verisi Kullanılan Küme Analizlerine Ek.....                                                        |            |
| İstasyon Verisi Eklenmesi .....                                                                                                    | 174        |
| 11.3 Yağış Verisi Kullanılan Küme Analizlerine Ek İstasyon Verisi.....                                                             |            |
| Eklenmesi .....                                                                                                                    | 176        |
| 11.4 Ortalama Sıcaklık Verisi Kullanılan Küme Analizlerine Ek İstasyon.....                                                        |            |
| Verisi Eklenmesi .....                                                                                                             | 179        |

|                                                                                |            |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>12. TÜRKİYE YAĞIŞ REJİMİ BÖLGELERİNİN FARKLI VE ORTAK.....</b>              |            |
| <b>YÖNLERİNİN FİZİKİ COĞRAFYA DENETÇİLERİ AÇISINDAN.....</b>                   |            |
| <b>DEĞERLENDİRİLMESİ.....</b>                                                  | <b>181</b> |
| 12.1 Türkiye’de Görülen Yağış Rejimlerinin Genel Özellikleri ve Yağışa.....    |            |
| Neden Olan Etmenler .....                                                      | 182        |
| 12.1.1 Bulunan 7 adet ana iklim bölgesi ve 16 adet alt iklim bölgesinin.....   |            |
| farklı ve ortak özelliklerinin ortaya konması ve fiziksel açıdan.....          |            |
| yorumu.....                                                                    | 184        |
| 12.2 Karasal İç Anadolu Yağış Rejimi (KİAN).....                               | 187        |
| 12.2.1 10 numaralı bölgenin yağış durumun incelenmesi .....                    | 188        |
| 12.2.2 5 numaralı bölgenin yağış durumun incelenmesi .....                     | 191        |
| 12.2.3 6 numaralı bölgenin yağış durumun incelenmesi .....                     | 192        |
| 12.2.4 8 numaralı bölgenin yağış durumun incelenmesi .....                     | 193        |
| 12.3 Akdeniz Yağış Rejimi (AKD).....                                           | 194        |
| 12.3.1 14 numaralı bölgenin yağış durumun incelenmesi .....                    | 196        |
| 12.3.2 15 numaralı bölgenin yağış durumun incelenmesi .....                    | 198        |
| 12.4 Karadeniz Yağış Rejimi (KARD) .....                                       | 199        |
| 12.4.1 3 numaralı bölgenin yağış durumun incelenmesi .....                     | 200        |
| 12.4.2 4 numaralı bölgenin yağış durumun incelenmesi .....                     | 201        |
| 12.5 Güneydoğu Anadolu Yağış Rejimi (Karasal Akdeniz Yağış Rejimi).....        | 201        |
| 12.5.1 2 numaralı bölgenin yağış durumun incelenmesi .....                     | 202        |
| 12.5.2 12 numaralı bölgenin yağış durumun incelenmesi .....                    | 202        |
| 12.5.3 13 numaralı bölgenin yağış durumun incelenmesi .....                    | 204        |
| 12.6 Ege Yağış Rejimi (Akdeniz Yağış Rejiminin Devamı).....                    | 205        |
| 12.6.1 11 numaralı bölgenin yağış durumun incelenmesi .....                    | 206        |
| 12.6.2 9 numaralı bölgenin yağış durumun incelenmesi .....                     | 207        |
| 12.7 Marmara Yağış Rejimi.....                                                 | 208        |
| 12.7.1 1 numaralı bölgenin yağış durumun incelenmesi .....                     | 209        |
| 12.8 Doğu Anadolu Yağış Rejimi (Karasal Yağış Rejimi) .....                    | 210        |
| 12.8.1 16 numaralı bölgenin yağış durumun incelenmesi .....                    | 211        |
| 12.8.2 7 numaralı bölgenin yağış durumun incelenmesi .....                     | 212        |
| 12.8.3 8 numaralı bölgenin yağış durumun incelenmesi .....                     | 213        |
| 12.9 Bulunan Türkiye Yağış Rejimi Bölgelerinin Türkes (1996) Çalışması ile..   |            |
| Karşılaştırılması .....                                                        | 213        |
| <b>13. TÜRKİYE İKLİM BÖLGELERİNİN FARKLI VE ORTAK.....</b>                     |            |
| <b>YÖNLERİNİN FİZİKİ COĞRAFYA DENETÇİLERİ AÇISINDAN.....</b>                   |            |
| <b>DEĞERLENDİRİLMESİ.....</b>                                                  | <b>215</b> |
| 13.1 Türkiye İklimi ile İlgili Genel Bilgiler .....                            | 216        |
| 13.1.1 Bulunan 7 adet ana iklim bölgesi ve 16 adet alt iklim bölgesinin....    |            |
| farklı ve ortak özelliklerinin ortaya konması .....                            | 217        |
| 13.2 İç Anadolu Bölgesinin İklim Özelliklerin Açıklanması ve Farklılıklarının. |            |
| Ortaya Konması .....                                                           | 220        |
| 13.2.1 5 numaralı kümenin ikliminin incelenmesi .....                          | 222        |
| 13.2.2 1 numaralı kümenin ikliminin incelenmesi .....                          | 225        |
| 13.2.3 7 numaralı kümenin ikliminin incelenmesi .....                          | 226        |
| 13.2.4 14 numaralı kümenin ikliminin incelenmesi .....                         | 228        |
| 13.3 Güneydoğu Anadolu Bölgesinin İklim Özelliklerin Açıklanması ve.....       |            |
| Farklılıklarının Ortaya Konması .....                                          | 229        |
| 13.3.1 2 numaralı kümenin ikliminin incelenmesi .....                          | 231        |
| 13.3.2 11 numaralı kümenin ikliminin incelenmesi .....                         | 233        |

|                                                                                |            |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 13.4 Akdeniz Bölgesinin İklim Özelliklerin Açıklanması ve Farklılıklarının...  |            |
| Ortaya Konması.....                                                            | 236        |
| 13.4.1 15 numaralı kümenin ikliminin incelenmesi .....                         | 237        |
| 13.4.2 13 numaralı kümenin ikliminin incelenmesi .....                         | 238        |
| 13.5 Ege Bölgesinin İklim Özelliklerin Açıklanması ve Farklılıklarının Ortaya. |            |
| Konması.....                                                                   | 239        |
| 13.5.1 10 numaralı kümenin ikliminin incelenmesi .....                         | 242        |
| 13.5.2 12 numaralı kümenin ikliminin incelenmesi .....                         | 244        |
| 13.6 Karadeniz Bölgesinin İklim Özelliklerin Açıklanması ve Farklılıklarının.  |            |
| Ortaya Konması.....                                                            | 246        |
| 13.6.1 3 numaralı kümenin ikliminin incelenmesi .....                          | 248        |
| 13.6.2 4 numaralı kümenin ikliminin incelenmesi .....                          | 249        |
| 13.7 Doğu Anadolu Bölgesinin İklim Özelliklerin Açıklanması.....               | 251        |
| 13.7.1 8 numaralı kümenin ikliminin incelenmesi .....                          | 253        |
| 13.7.2 14 numaralı kümenin ikliminin incelenmesi .....                         | 254        |
| 13.7.3 9 numaralı kümenin ikliminin incelenmesi .....                          | 255        |
| 13.8 Marmara Bölgesinin İklim Özelliklerin Açıklanması ve Farklılıklarının...  |            |
| Ortaya Konması.....                                                            | 255        |
| <b>14. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....</b>                                           | <b>259</b> |
| 14.1 Önerilen Bazı Hususlar .....                                              | 262        |
| 14.2 Doktora Tezinin Mühendislik ve Bilimsel Uygulamalara Getireceği.....      |            |
| Katkılar .....                                                                 | 262        |
| <b>KAYNAKLAR.....</b>                                                          | <b>264</b> |
| <b>EKLER.....</b>                                                              | <b>277</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>                                                          | <b>325</b> |

## KISALTMALAR

|               |                                          |
|---------------|------------------------------------------|
| <b>YSA</b>    | : Yapay Sinir Ağları                     |
| <b>MAKST</b>  | : Maksimum Sıcaklık                      |
| <b>MİNT</b>   | : Minimum Sıcaklık                       |
| <b>ORTT</b>   | : Ortalama Sıcaklık                      |
| <b>KYSA</b>   | : Kohonen Yapay Sinir Ağları             |
| <b>TBA</b>    | : Temel Bileşen Analizi                  |
| <b>KK</b>     | : Korelasyon Katsayısı                   |
| <b>AGRNN</b>  | : Adaptif Genelleştirilmiş Regresyon Ağı |
| <b>İBGYSA</b> | : İleri Beslemeli Geri Yayılımlı Ağ      |
| <b>RTFA</b>   | : Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağları        |
| <b>DSİ</b>    | : Devlet Su İşleri                       |
| <b>DMİ</b>    | : Devlet Meteoroloji İşleri              |
| <b>mP</b>     | : Denizsel Kutupsal Hava Kütlesi         |
| <b>cP</b>     | : Karasal Kutupsal Hava Kütlesi          |
| <b>cT</b>     | : Karasal Tropikal Hava Kütlesi          |
| <b>mT</b>     | : Denizsel Tropikal Hava Kütlesi         |
| <b>BM</b>     | : Beklentilerin Maksimumlaştırılması     |
| <b>LR</b>     | : Lineer Regresyon                       |
| <b>NAO</b>    | : Kuzey Atlantik Salınımı                |
| <b>SO</b>     | : Güneyli Salınım                        |
| <b>DK</b>     | : Değişim Katsayısı                      |
| <b>Mİ</b>     | : Mevsimsel İndeks                       |
| <b>NY</b>     | : Normalleştirilmiş Yağış                |
| <b>SPI</b>    | : Standardize edilmiş Yağış İndeksi      |
| <b>KK</b>     | : Korelasyon Katsayısı                   |

## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 1.1 : Yağış rejimi bölgelerinin özellikleri ve her bölgenin istasyon sayısı...                                                                     | 17 |
| Çizelge 2.1 : 250 adet istasyonun aylık verilerinin istatistik bilgileri .....                                                                             | 33 |
| Çizelge 2.2 : Kullanılan istasyonların eksik veri sayıları (aylık) .....                                                                                   | 35 |
| Çizelge 2.3 : Kullanılan verilerin korelasyon matrisi .....                                                                                                | 39 |
| Çizelge 2.4 : İstasyonların ölçülmüş verilerinin istatistik değerleri (Toplam 150...<br>istasyon) .....                                                    | 40 |
| Çizelge 2.4 : İstasyonların ölçülmüş verilerinin istatistik değerleri (Toplam 16...<br>istasyon) .....                                                     | 40 |
| Çizelge 2.6 : Aylık istasyon verilerinin ortalamaları .....                                                                                                | 40 |
| Çizelge 3.1 : Uygulanan homojenlik testlerine göre 1974-2002 yılları arasında....<br>ölçülmüş veriler ile hesaplanan homojen olmayan istasyon sayısı ..... | 42 |
| Çizelge 3.2 : Mutlak homojenlik testlerinin (1974- 2002) yıllarlı arası ölçülmüş...<br>veriler ile hesaplanan sonuçları .....                              | 43 |
| Çizelge 3.3 : Bağlı ve mutlak testlere göre yıllık yağış verisi (1974-2002).....<br>homojenlik analizi sonuçları.....                                      | 45 |
| Çizelge 3.4 : 56 no'lu istasyon yıllık yağış verileri homojenlik analizi sonuçları ...                                                                     | 48 |
| Çizelge 3.5 : 193 no'lu istasyon yıllık yağış verileri homojenlik analizi sonuçları ..                                                                     | 50 |
| Çizelge 3.6 : 5 no'lu istasyon yıllık yağış verileri homojenlik analizi sonuçları .....                                                                    | 51 |
| Çizelge 4.1 : Kullanılan verilerin korelasyon matrisi.....                                                                                                 | 53 |
| Çizelge 4.2 : Analiz 1 sonucu hesaplanan özdeğerler .....                                                                                                  | 53 |
| Çizelge 4.3 : Analiz 2 sonucu hesaplanan değişimler (%) .....                                                                                              | 54 |
| Çizelge 4.4 : Analiz 1 temel bileşen yüklemeleri.....                                                                                                      | 54 |
| Çizelge 4.5 : Analiz 2 özdeğerleri.....                                                                                                                    | 56 |
| Çizelge 4.6 : Analiz 2 toplam % değişinti .....                                                                                                            | 56 |
| Çizelge 4.7 : Analiz 2 yükleme değerleri .....                                                                                                             | 57 |
| Çizelge 4.8 : Analiz 3 özdeğerleri.....                                                                                                                    | 57 |
| Çizelge 4.9 : Analiz 3 Toplam % değişinti.....                                                                                                             | 58 |
| Çizelge 4.10 : Analiz 3 temel bileşen yüklemeleri.....                                                                                                     | 59 |
| Çizelge 4.11 : Aylık verilerin özdeğerleri .....                                                                                                           | 61 |
| Çizelge 4.12 : Aylık verilerin toplam % değişintisi .....                                                                                                  | 61 |
| Çizelge 4.13 : Yıllık verilerin özdeğeri .....                                                                                                             | 62 |
| Çizelge 4.14 : Yıllık veriler toplam % değişinti .....                                                                                                     | 62 |
| Çizelge 4.15 : Aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış verileri ilk 5 temel<br>bileşen öz değerleri .....                                            | 63 |
| Çizelge 4.16 : Aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış verileri ilk 5 temel<br>bileşen değişinti değerleri.....                                      | 63 |
| Çizelge 4.17 : Ortalama sıcaklık özdeğerleri.....                                                                                                          | 64 |
| Çizelge 4.18 : Ortalama sıcaklık ilk iki temel bileşen değişintileri .....                                                                                 | 65 |
| Çizelge 4.19 : Aylık toplam yağış verileri ilk 10 temel bileşen özdeğerleri .....                                                                          | 66 |

|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Çizelge 4.20 :</b> Aylık toplam yağış verileri ilk 10 temel bileşen değişimleri .....       | 66  |
| <b>Çizelge 5.1 :</b> KYSA kümelemesinde kullanılan parametreler .....                          | 78  |
| <b>Çizelge 5.2 :</b> Nöron Ağırlıkları .....                                                   | 80  |
| <b>Çizelge 5.3 :</b> Eğitim verisi çizelgesi .....                                             | 93  |
| <b>Çizelge 5.4 :</b> Bulanık c-ortalamlar metodu ile bulunan küme merkezleri .....             | 199 |
| <b>Çizelge 5.5 :</b> Iris verisi için hazırlanan eğitim verisi çizelgesi .....                 | 199 |
| <b>Çizelge 5.6 :</b> Kullanılan en uygun model parametreleri (İBGYSA) .....                    | 101 |
| <b>Çizelge 5.7 :</b> Bulanık-YSA metodu sonuçları ve diğer bulanık-YSA .....                   |     |
| ve Ward metodu ile karşılaştırılması .....                                                     | 102 |
| <b>Çizelge 6.1 :</b> KYSA kümelemesinde kullanılan parametreler .....                          | 104 |
| <b>Çizelge 6.2 :</b> Bulanık küme merkezleri .....                                             | 105 |
| <b>Çizelge 6.3 :</b> Eğitim verilerinin bulunması .....                                        | 105 |
| <b>Çizelge 6.4 :</b> KYSA kümelemesinde kullanılan parametreler .....                          | 109 |
| <b>Çizelge 6.5 :</b> Bulanık küme merkezleri .....                                             | 110 |
| <b>Çizelge 6.6 :</b> Eğitim verilerinin bulunması .....                                        | 111 |
| <b>Çizelge 7.1 :</b> KYSA kümelemesinde kullanılan parametreler .....                          | 115 |
| <b>Çizelge 7.2 :</b> KYSA 100 istasyon için 6 küme çözümü nihai ağırlıkları .....              | 116 |
| <b>Çizelge 7.3 :</b> Bulanık küme merkezleri .....                                             | 117 |
| <b>Çizelge 7.4 :</b> Eğitim verilerinin bulunması .....                                        | 118 |
| <b>Çizelge 7.5 :</b> KYSA kümelemesinde kullanılan parametreler .....                          | 121 |
| <b>Çizelge 7.6 :</b> KYSA 75 istasyon için 6 küme çözümü nihai ağırlıkları .....               | 121 |
| <b>Çizelge 7.7 :</b> Bulanık küme merkezleri .....                                             | 123 |
| <b>Çizelge 7.8 :</b> Eğitim verilerinin bulunması .....                                        | 123 |
| <b>Çizelge 8.1 :</b> Ward metodu aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış için .....      |     |
| hesaplanan 6 küme çözümü sonuçları .....                                                       | 136 |
| <b>Çizelge 8.2 :</b> Bulanık-YSA metodu aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış .....    |     |
| için hesaplanan 6 küme çözümü sonuçları .....                                                  | 136 |
| <b>Çizelge 8.3 :</b> KYSA metodu aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış için .....      |     |
| hesaplanan 6 küme çözümü sonuçları .....                                                       | 136 |
| <b>Çizelge 8.4 :</b> Aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış için uygulanan .....        |     |
| kümeleme metotlarının farklarının gösterilmesi .....                                           | 140 |
| <b>Çizelge 8.5 :</b> Ward metodu, Bulanık-YSA ve KYSA yöntemleriyle hesaplanan .....           |     |
| aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış verilerinin 6 küme .....                         |     |
| çözümü sonuçları .....                                                                         | 144 |
| <b>Çizelge 8.5 :</b> Ward metodu, Bulanık-YSA ve KYSA yöntemleriyle hesaplanan .....           |     |
| aylık orta. sıcaklık ve aylık toplam yağış ve aylık bağıl nem .....                            |     |
| verilerinin 6 küme çözümü sonuçları .....                                                      | 145 |
| <b>Çizelge 9.1 :</b> Farklı kümede bulunan istasyonlar .....                                   | 153 |
| <b>Çizelge 11.1 :</b> Eklenen istasyonların sayısı ve istasyon numaraları .....                | 168 |
| <b>Çizelge 12.1 :</b> Bölgelerin 1974-2002 yılları arasındaki ortalamalara göre .....          |     |
| mevsimsel yağış dağılımı, toplam yağış ve yükseklik değerleri .....                            | 183 |
| <b>Çizelge 12.2 :</b> 10 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların .....           |     |
| mevsimlere göre dağılımı .....                                                                 | 189 |
| <b>Çizelge 12.3 :</b> 5 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların .....            |     |
| mevsimlere göre dağılımı .....                                                                 | 191 |
| <b>Çizelge 12.4 :</b> 6 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların mevsimlere ..... |     |
| göre dağılımı .....                                                                            | 193 |
| <b>Çizelge 12.5 :</b> 8 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların mevsimlere ..... |     |
| göre dağılımı .....                                                                            | 194 |

|                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Çizelge 12.6 :</b> 14 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların.....          |     |
| mevsimlere göre dağılımı .....                                                               | 196 |
| <b>Çizelge 12.7 :</b> 15 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların.....          |     |
| mevsimlere göre dağılımı .....                                                               | 198 |
| <b>Çizelge 12.8 :</b> 3 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların.....           |     |
| mevsimlere göre dağılımı .....                                                               | 200 |
| <b>Çizelge 12.9 :</b> 4 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların.....           |     |
| mevsimlere göre dağılımı .....                                                               | 201 |
| <b>Çizelge 12.10 :</b> 2 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların.....          |     |
| mevsimlere göre dağılımı.....                                                                | 203 |
| <b>Çizelge 12.11 :</b> 12 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların.....         |     |
| mevsimlere göre dağılımı.....                                                                | 204 |
| <b>Çizelge 12.12 :</b> 13 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların.....         |     |
| mevsimlere göre dağılımı.....                                                                | 205 |
| <b>Çizelge 12.13 :</b> 11 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların.....         |     |
| mevsimlere göre dağılımı.....                                                                | 206 |
| <b>Çizelge 12.14 :</b> 9 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların.....          |     |
| mevsimlere göre dağılımı.....                                                                | 207 |
| <b>Çizelge 12.15 :</b> 1 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların.....          |     |
| mevsimlere göre dağılımı.....                                                                | 209 |
| <b>Çizelge 12.16 :</b> 16 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların.....         |     |
| mevsimlere göre dağılımı.....                                                                | 211 |
| <b>Çizelge 12.17 :</b> 7 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların.....          |     |
| mevsimlere göre dağılımı.....                                                                | 212 |
| <b>Çizelge 12.18 :</b> 8 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların.....          |     |
| mevsimlere göre dağılımı.....                                                                | 213 |
| <b>Çizelge 13.1 :</b> 5 numaralı kümedeki tüm istasyonların 1974-2002 yılları.....           |     |
| arasındaki ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri .....                                   | 223 |
| <b>Çizelge 13.2 :</b> 5 numaralı kümedeki istasyonların ortalama istatistik bilgileri.....   | 224 |
| <b>Çizelge 13.3 :</b> 6 numaralı kümedeki tüm istasyonların 1974-2002 yılları.....           |     |
| arasındaki ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri .....                                   | 225 |
| <b>Çizelge 13.4 :</b> 6 numaralı kümedeki istasyonların ortalama istatistik bilgileri.....   | 225 |
| <b>Çizelge 13.5 :</b> 7 numaralı kümedeki tüm istasyonların 1974-2002 yılları.....           |     |
| arasındaki ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri .....                                   | 226 |
| <b>Çizelge 13.6 :</b> 7 numaralı kümedeki istasyonların ortalama istatistik bilgileri.....   | 227 |
| <b>Çizelge 13.7 :</b> 14 numaralı kümedeki tüm istasyonların 1974-2002 yılları.....          |     |
| arasındaki ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri .....                                   | 228 |
| <b>Çizelge 13.8 :</b> 2 numaralı kümedeki tüm istasyonların 1974-2002 yılları.....           |     |
| arasındaki ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri .....                                   | 232 |
| <b>Çizelge 13.9 :</b> 2 numaralı kümedeki istasyonların ortalama istatistik bilgileri.....   | 232 |
| <b>Çizelge 13.10 :</b> 11 numaralı kümedeki istasyonların ortalama istatistik bilgileri..... | 233 |
| <b>Çizelge 13.11 :</b> 11 numaralı kümedeki tüm istasyonların 1974-2002 yılları.....         |     |
| arasındaki ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri .....                                   | 236 |
| <b>Çizelge 13.12 :</b> 15 numaralı kümedeki tüm istasyonların 1974-2002 yılları.....         |     |
| arasındaki ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri .....                                   | 237 |
| <b>Çizelge 13.13 :</b> 15 numaralı kümedeki istasyonların ortalama istatistik bilgileri..... | 238 |
| <b>Çizelge 13.14 :</b> 13 numaralı kümedeki tüm istasyonların 1974-2002 yılları.....         |     |
| arasındaki ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri .....                                   | 238 |
| <b>Çizelge 13.15 :</b> 13 numaralı kümedeki istasyonların ortalama istatistik bilgileri..... | 239 |

|                        |                                                                       |     |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Çizelge 13.16 :</b> | 10 numaralı kümedeki tüm istasyonların 1974-2002 yılları.....         |     |
|                        | arasındaki ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri .....            | 242 |
| <b>Çizelge 13.17:</b>  | 10 numaralı kümedeki istasyonların ortalama istatistik bilgileri..... | 243 |
| <b>Çizelge 13.18 :</b> | 12 numaralı kümedeki tüm istasyonların 1974-2002 yılları.....         |     |
|                        | arasındaki ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri .....            | 244 |
| <b>Çizelge 13.19 :</b> | 12 numaralı kümedeki istasyonların ortalama istatistik bilgileri..... | 245 |
| <b>Çizelge 13.20 :</b> | 3 numaralı kümedeki tüm istasyonların 1974-2002 yılları.....          |     |
|                        | arasındaki ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri .....            | 249 |
| <b>Çizelge 13.21 :</b> | 3 numaralı kümedeki istasyonların ortalama istatistik bilgileri.....  | 249 |
| <b>Çizelge 13.22 :</b> | 4 numaralı kümedeki tüm istasyonların 1974-2002 yılları.....          |     |
|                        | arasındaki ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri .....            | 250 |
| <b>Çizelge 13.23 :</b> | 4 numaralı kümedeki istasyonların ortalama istatistik bilgileri.....  | 250 |
| <b>Çizelge 13.24 :</b> | 8 numaralı kümedeki tüm istasyonların 1974-2002 yılları.....          |     |
|                        | arasındaki ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri .....            | 253 |
| <b>Çizelge 13.25:</b>  | 8 numaralı kümedeki istasyonların ortalama istatistik bilgileri.....  | 254 |
| <b>Çizelge 13.26 :</b> | 14 numaralı kümedeki tüm istasyonların 1974-2002 yılları.....         |     |
|                        | arasındaki ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri .....            | 254 |
| <b>Çizelge 13.27 :</b> | 9 numaralı kümedeki tüm istasyonların 1974-2002 yılları.....          |     |
|                        | arasındaki ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri .....            | 255 |
| <b>Çizelge 13.28 :</b> | 1 numaralı kümedeki tüm istasyonların 1974-2002 yılları.....          |     |
|                        | arasındaki ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri .....            | 258 |
| <b>Çizelge 13.29 :</b> | 1 numaralı kümedeki istasyonların ortalama istatistik bilgileri.....  | 258 |

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                                                                                            |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Şekil 1.1 : Türkiye yağış rejimi bölgeleri (Türkeş, 1996) .....                                                                                            | 13   |
| Şekil 1.2 : Bioklimatik bölgelerin Ward metodu sonuçlarına göre coğrafik dağılımı .....                                                                    | 13   |
| Şekil 1.3 : Nefclass modelini akış şeması.....                                                                                                             | 1328 |
| Şekil 1.4 : Kural tabanları .....                                                                                                                          | 1329 |
| Şekil 2.1 : Aylık toplam yağış istatistikleri.....                                                                                                         | 33   |
| Şekil 2.2 : Aylık maks. sıcaklık istatistikleri .....                                                                                                      | 33   |
| Şekil 2.3 : Aylık min. sıcaklık istatistikleri .....                                                                                                       | 34   |
| Şekil 2.4 : Aylık ort. sıcaklık istatistikleri .....                                                                                                       | 34   |
| Şekil 2.6 : Aylık ort. rüzgar istatistikleri .....                                                                                                         | 34   |
| Şekil 2.7 : Aylık istasyon basıncı istatistikleri.....                                                                                                     | 34   |
| Şekil 2.8 : Kullanılan 232 adet istasyonun coğrafik dağılımları.....                                                                                       | 35   |
| Şekil 2.9 : Eksik verilerin 1974-2002 yılları arasındaki aylara göre dağılımı.....                                                                         | 36   |
| Şekil 2.10 : Uygulanan homojenlik testlerinin akış şeması.....                                                                                             | 37   |
| Şekil 2.11 : Referans serilerinin oluşturulması ile ilgili diagram .....                                                                                   | 37   |
| Şekil 3.1 : Çift değişkenli testin sonuçlarına göre yıllık sıcaklık verisi homojenlik analizi sonuçlarının coğrafik dağılımları .....                      | 44   |
| Şekil 3.2 : Mutlak testlerin sonuçlarına göre yıllık sıcaklık verisi homojenlik analizi sonuçlarının coğrafik dağılımları .....                            | 44   |
| Şekil 3.3: Çift değişkenli testin sonuçlarına göre yıllık yağış verisi (1974-2002)... homojenlik analizi sonuçlarının coğrafik dağılımları.....            | 45   |
| Şekil 3.4 : Mutlak homojenlik testleri sonuçlarına göre yıllık bağıl nem verisi..... (1974-2002) homojenlik analizi sonuçlarının coğrafik dağılımları..... | 46   |
| Şekil 3.5 : Bağıl ve mutlak testlere göre homojen olmayan yıllık istasyon basıncı... ve bağıl nem verilerinin coğrafik dağılımı .....                      | 47   |
| Şekil 3.6 : 56 numaralı istasyon referans ve test istasyonları serileri (yağış).....                                                                       | 47   |
| Şekil 3.7 : 56 numaralı istasyonun T istatistiği değerleri (yağış).....                                                                                    | 48   |
| Şekil 3.8 : 193 numaralı istasyon referans ve test istasyonları serileri (MaksT) .....                                                                     | 49   |
| Şekil 3.9 : 193 numaralı istasyon T istatistiği dağılımları (Maks T).....                                                                                  | 49   |
| Şekil 3.10 : 5 numaralı istasyon referans ve test istasyonları serileri (yağış).....                                                                       | 50   |
| Şekil 3.11 : 5 numaralı istasyon T istatistiği dağılımları (yağış) .....                                                                                   | 51   |
| Şekil 4.1 : Temel bileşenlerin gösterilmesi.....                                                                                                           | 52   |
| Şekil 4.2 : Analiz 1 özdeğer ve temel bileşen grafiği.....                                                                                                 | 54   |
| Şekil 4.3 : Analiz 1 yükleme grafiği.....                                                                                                                  | 55   |
| Şekil 4.4 : Analiz 2 özdeğer ve bileşenler grafiği .....                                                                                                   | 56   |
| Şekil 4.5 : Analiz 2 temel bileşen yükleme grafiği .....                                                                                                   | 57   |
| Şekil 4.6 : Analiz 3 özdeğer ve bileşenler grafiği .....                                                                                                   | 58   |
| Şekil 4.7 : Analiz 3 yükleme grafiği.....                                                                                                                  | 59   |

|                                                                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 4.8 : Yıllık veriler özdeğer grafiği.....                                                                                           | 62  |
| Şekil 4.9 : Yıllık veriler yükleme grafiği.....                                                                                           | 63  |
| Şekil 4.10 : Aylık ortalama sıcaklık ve yağış verilerinin özdeğer grafiği .....                                                           | 64  |
| Şekil 4.11 : Aylık ortalama sıcaklık verilerinin özdeğer grafiği.....                                                                     | 65  |
| Şekil 4.12 : Temel bileşen yükleme grafiği.....                                                                                           | 65  |
| Şekil 4.13 : İstasyonların 1974-2002 yılları arasında ölçülen yıllık toplam yağış...<br>verilerinin kontur haritası.....                  | 67  |
| Şekil 4.14 : İstasyonların 1974-2002 yılları arasında ölçülen yıllık ortalama sıcaklık<br>verilerinin kontur haritası.....                | 67  |
| Şekil 4.15 : İstasyonların 1974-2002 yılları arasında ölçülen yıllık bağıl nem.....<br>verilerinin kontur haritası.....                   | 67  |
| Şekil 5.1 : Ward metodu ile çizilen aylık verilerin dendrogramı.....                                                                      | 70  |
| Şekil 5.2 : Aylık temel bileşen skorlarının ilk 3 boyutun Ward yöntemi ile.....<br>çözümünün saçılım diyagramı.....                       | 71  |
| Şekil 5.3 : Ward metodu ile çizilen yıllık verilerin dendrogramı .....                                                                    | 72  |
| Şekil 5.4 : Yıllık temel bileşen skorlarının ilk 3 boyutun Ward yöntemi ile.....<br>çözümünün saçılım diyagramı.....                      | 72  |
| Şekil 5.5 : Kullanılan verilerin ilk 2 temel bileşen skorları.....                                                                        | 73  |
| Şekil 5.6 : Ward metodu ile 150 adet istasyonun ortalama sıcaklık, yağış ve nem..<br>verilerine göre çizilen dendrogram.....              | 74  |
| Şekil 5.7 : Ward yöntemi küme analizi sonuçları .....                                                                                     | 75  |
| Şekil 5.8 : Nöronların başlangıç pozisyonu .....                                                                                          | 78  |
| Şekil 5.9 : 25 iterasyon için nöronların pozisyonları.....                                                                                | 79  |
| Şekil 5.10 : İterasyon sayıları a) 50, b) 75, c) 100, d) 125 için neron pozisyonları...                                                   | 79  |
| Şekil 5.11 : Bulanık küme merkezlerinin gösterilmesi .....                                                                                | 85  |
| Şekil 5.12 : Nefclass modelinin ağ şeması .....                                                                                           | 89  |
| Şekil 5.13 : İki küme merkezi arasındaki mesafe .....                                                                                     | 91  |
| Şekil 5.14 : İBGYSA ağı yapısının şematik gösterimi.....                                                                                  | 95  |
| Şekil 5.15 : Bulanık-YSA metodu akış şeması.....                                                                                          | 97  |
| Şekil 5.16 : Iris verisinin 3 boyutlu saçılım grafiği.....                                                                                | 100 |
| Şekil 5.17 : İBGYSA kullanan bulanık-YSA metodunun iris verisine.....<br>uygulanması.....                                                 | 100 |
| Şekil 6.1 : Eğitim verisi örnek saçılım diyagramı.....                                                                                    | 106 |
| Şekil 6.2 : $s=1.3$ için 1. ve 2. boyutların aldığı durum .....                                                                           | 107 |
| Şekil 6.3 : İlk 3 boyutun 3 boyutlu saçılım grafiği.....                                                                                  | 107 |
| Şekil 6.4 : $s=1.3$ için 1.nci ,2.nci ve 3.ncü boyutların aldığı durum .....                                                              | 108 |
| Şekil 6.5 : Ward metodu küme sonuçlarının grafik olarak gösterilmesi .....                                                                | 109 |
| Şekil 6.6 : İlk 3 temel bileşen için türetilen eğitim verisi saçılım diyagramı .....                                                      | 111 |
| Şekil 6.7 : Bulanık-YSA 6 küme çözümü .....                                                                                               | 112 |
| Şekil 7.1 : 150 istasyon sonuçlarından 50 istasyon çıkarıldığında kalan.....<br>istasyonların Ward metodu sonuçlarına göre dağılımı ..... | 114 |
| Şekil 7.2 : 100 istasyon için hesaplanan Ward metodu 6 küme çözümü .....                                                                  | 114 |
| Şekil 7.3 : 150 istasyon sonuçlarından 50 istasyon çıkarıldığında kalan.....<br>istasyonların KYSA sonuçlarına göre dağılımı.....         | 115 |
| Şekil 7.4 : 100 istasyon için hesaplanan KYSA metodu 6 küme çözümü.....                                                                   | 116 |
| Şekil 7.5 : 150 istasyon sonuçlarından 50 istasyon çıkarıldığında kalan.....<br>istasyonların bulanık-YSA sonuçlarına göre dağılımı.....  | 117 |
| Şekil 7.6 : 100 istasyon için hesaplanan bulanık-YSA metodu 6 küme çözümü.....                                                            | 118 |
| Şekil 7.7 : 150 istasyon sonuçlarından 75 istasyon çıkarıldığında kalan.....<br>istasyonların Ward metodu sonuçlarına göre dağılımı ..... | 119 |

|                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Şekil 7.8 :</b> 75 istasyon için hesaplanan Ward metodu 6 küme çözümü .....                | 119 |
| <b>Şekil 7.9 :</b> 150 istasyon sonuçlarından 75 istasyon çıkarıldığında kalan.....           |     |
| İstasyonların KYSA sonuçlarına göre dağılımı .....                                            | 120 |
| <b>Şekil 7.10 :</b> 75 istasyon için hesaplanan KYSA metodu 6 küme çözümü.....                | 121 |
| <b>Şekil 7.11 :</b> 150 istasyon sonuçlarından 75 istasyon çıkarıldığında kalan.....          |     |
| istasyonların bulanık-YSA sonuçlarına göre dağılımı.....                                      | 122 |
| <b>Şekil 7.12 :</b> 75 istasyon için hesaplanan bulanık-YSA metodu 6 küme çözümü.....         | 124 |
| <b>Şekil 7.13 :</b> Küme ortalamaları ve bölgesel istasyonların korelasyon katsayıları ...    | 126 |
| <b>Şekil 7.14 :</b> Bölgesel istasyonların ve küme ortalamalarının birbirleri ile olan        |     |
| korelasyon katsayılarının ayrı ayrı gösterimi .....                                           | 128 |
| <b>Şekil 8.1 :</b> Ward metodu ile 150 adet istasyonun yıllık ortalama sıcaklık, yağış ve..   |     |
| bağıl nem temel bileşen skorlarına göre hesaplanan 6 küme çözümü... 130                       |     |
| <b>Şekil 8.2 :</b> Ward metodu ile 150 adet istasyonun normalleştirilmiş yıllık ortalama      |     |
| sıcaklık, yağış ve bağıl nem verilerine göre hesaplanan 6 küme.....                           |     |
| çözümü .....                                                                                  | 131 |
| <b>Şekil 8.3 :</b> Ward metodu ile 150 adet istasyonun ortalama sıcaklık, yağış ve bağıl.     |     |
| nem temel bileşen skorlarına göre hesaplanan 6 küme çözümü .....                              | 132 |
| <b>Şekil 8.4 :</b> KYSA metodu ile bulunan Türkiye iklim bölgeleri .....                      | 132 |
| <b>Şekil 8.5 :</b> Bulanık c-ortalamalar metodunun sonuçlarının gösterimi .....               | 134 |
| <b>Şekil 8.6 :</b> Bulanık-YSA metodunun sonuçlarının gösterimi .....                         | 134 |
| <b>Şekil 8.7 :</b> Ward metodu sonuçlarının Türkiye haritası üzerinde gösterilmesi.....       |     |
| a) Temel bileşen skorları b) Normalize edilmiş veriler .....                                  | 137 |
| <b>Şekil 8.8 :</b> KYSA sonuçlarının Türkiye haritası üzerinde gösterilmesi .....             | 138 |
| <b>Şekil 8.9 :</b> Bulanık-YSA sonuçlarının Türkiye haritası üzerinde gösterilmesi.....       | 141 |
| <b>Şekil 8.10 :</b> Ward metodu ile 150 adet istasyonun aylık ortalama sıcaklık, yağış ve     |     |
| bağıl nem temel bileşen skorlarının 6 küme çözümü .....                                       | 142 |
| <b>Şekil 8.11 :</b> Aylık ortalama sıcaklık, yağış ve bağıl nem temel bileşen skorlarının     |     |
| KYSA 6 küme çözümü .....                                                                      | 143 |
| <b>Şekil 8.12 :</b> Aylık temel bileşen skorlarının bulanık-YSA çözümü .....                  | 143 |
| <b>Şekil 8.13 :</b> Maksimum sıcaklık verileri ile Ward metodu 6 küme çözümü .....            | 147 |
| <b>Şekil 8.14 :</b> Maksimum sıcaklık verileri temel bileşen skorları ile Ward metodu 6       |     |
| küme çözümü.....                                                                              | 147 |
| <b>Şekil 8.15 :</b> Minimum sıcaklık verileri ile Ward metodu 6 küme çözümü.....              | 148 |
| <b>Şekil 8.16 :</b> Minimum sıcaklık verileri temel bileşen skorları ile Ward metodu 6        |     |
| küme çözümü.....                                                                              | 149 |
| <b>Şekil 8.17 :</b> Maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık verileri Ward metodu 6             |     |
| küme çözümü.....                                                                              | 149 |
| <b>Şekil 8.18 :</b> Maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık verileri temel bileşen....         |     |
| skorları ile Ward metodu 5 küme çözümü .....                                                  | 150 |
| <b>Şekil 8.19 :</b> Maksimum, minimum, ortalama sıcaklık ve yağış verileri temel.....         |     |
| bileşen skorları ile Ward metodu 6 küme çözümü .....                                          | 150 |
| <b>Şekil 8.20 :</b> Maksimum, minimum, ortalama sıcaklık, yağış ve bağıl nem verileri         |     |
| normalleştirilmiş verileri ile Ward metodu 6 küme çözümü.....                                 | 151 |
| <b>Şekil 8.21 :</b> Maksimum, minimum, ortalama sıcaklık, yağış ve bağıl nem verileri         |     |
| temel bileşen skorları ile Ward metodu 6 küme çözümü.....                                     | 152 |
| <b>Şekil 9.1 :</b> Sıcaklık ve yağış verilerine göre Ünal (2003) sonuçları.....               | 156 |
| <b>Şekil 10.1 :</b> Bağıl nem, ortalama sıcaklık ve yağış verilerinin aylık temel bileşen     |     |
| skorlarıyla yapılan Ward metodu 6 küme çözümü.....                                            | 159 |
| <b>Şekil 10.2 :</b> Bağıl nem, ortalama sıcaklık ve yağış korelasyon katsayıları kullanılarak |     |
| elde edilen aylık verilerin Ward metodu 6 küme çözümü .....                                   | 160 |

|                      |                                                                                                                                        |     |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Şekil 10.3 :</b>  | Bağıl nem, ortalama sıcaklık ve yağış korelasyon katsayıları kullanılarak elde edilen aylık verilerin Ward metodu 14 küme çözümü ..... | 161 |
| <b>Şekil 10.4 :</b>  | Ortalama sıcaklık ve yağış verilerinin temel bileşen skorlarıyla yapılan aylık verilerin Ward metodu 6 küme çözümü .....               | 162 |
| <b>Şekil 10.5 :</b>  | Ortalama sıcaklık ve yağış korelasyon katsayıları kullanılarak elde edilen aylık verilerin Ward metodu 6 küme çözümü .....             | 162 |
| <b>Şekil 10.6 :</b>  | Ortalama sıcaklık ve yağış korelasyon katsayıları kullanılarak elde edilen aylık verilerin Ward metodu 16 küme çözümü .....            | 163 |
| <b>Şekil 10.7 :</b>  | Aylık yağış verilerinin temel bileşen skorlarıyla yapılan Ward metodu 7 küme çözümü .....                                              | 164 |
| <b>Şekil 10.8 :</b>  | Aylık yağış korelasyon katsayıları kullanılarak elde edilen Ward metodu 7 küme çözümü .....                                            | 164 |
| <b>Şekil 10.9 :</b>  | Aylık yağış korelasyon katsayıları kullanılarak elde edilen Ward metodu 12 küme çözümü .....                                           | 165 |
| <b>Şekil 10.11 :</b> | Aylık ortalama sıcaklık verilerinin temel bileşen skorlarıyla yapılan Ward metodu 6 küme çözümü .....                                  | 166 |
| <b>Şekil 10.10 :</b> | Aylık ortalama sıcaklık verilerinin korelasyon katsayılarıyla yapılan Ward metodu 6 küme çözümü .....                                  | 166 |
| <b>Şekil 10.12 :</b> | Aylık ortalama sıcaklık korelasyon katsayıları kullanılarak elde edilen Ward metodu 10 küme çözümü .....                               | 167 |
| <b>Şekil 11.1 :</b>  | Bağıl nem, ortalama sıcaklık ve yağış temel bileşen skorları kullanılarak elde edilen Ward metodu 6 küme çözümü .....                  | 170 |
| <b>Şekil 11.2 :</b>  | Bağıl nem, ortalama sıcaklık ve yağış aylık korelasyon katsayıları kullanılarak elde edilen Ward metodu 6 küme çözümü .....            | 171 |
| <b>Şekil 11.3 :</b>  | Bağıl nem, ortalama sıcaklık ve yağış aylık korelasyon katsayıları kullanılarak elde edilen Ward metodu 8 küme çözümü .....            | 171 |
| <b>Şekil 11.4 :</b>  | Bağıl nem, ortalama sıcaklık ve yağış aylık korelasyon katsayıları kullanılarak elde edilen Ward metodu 15 küme çözümü .....           | 172 |
| <b>Şekil 11.5 :</b>  | Bağıl nem, ortalama sıcaklık ve yağış aylık korelasyon katsayıları kullanılarak elde edilen Bulanık-YSA metodu 15 küme çözümü .....    | 172 |
| <b>Şekil 11.6 :</b>  | Ortalama sıcaklık ve yağış aylık TBA skorları kullanılarak elde edilen Ward metodu 6 küme çözümü .....                                 | 174 |
| <b>Şekil 11.7 :</b>  | Ortalama sıcaklık ve yağış aylık TBA skorları kullanılarak elde edilen Ward metodu 8 küme çözümü .....                                 | 175 |
| <b>Şekil 11.8 :</b>  | Ortalama sıcaklık ve yağış korelasyon katsayıları kullanılarak elde edilen aylık verilerin Ward metodu 15 küme çözümü .....            | 175 |
| <b>Şekil 11.9 :</b>  | Ortalama sıcaklık ve yağış korelasyon katsayıları kullanılarak elde edilen Bulanık-YSA metodu 15 küme çözümü .....                     | 176 |
| <b>Şekil 11.10 :</b> | Aylık yağış temel bileşen skorları ile elde edilen Ward metodu 7 küme çözümü .....                                                     | 177 |
| <b>Şekil 11.11 :</b> | Aylık yağış temel bileşen skorları ile elde edilen Ward metodu 16 küme çözümü .....                                                    | 177 |
| <b>Şekil 11.12 :</b> | Aylık yağış korelasyon katsayıları ile elde edilen Bulanık-YSA metodu 16 küme çözümü .....                                             | 178 |
| <b>Şekil 11.13 :</b> | Aylık ortalama sıcaklık korelasyon katsayıları ile elde edilen Ward metodu 6 küme çözümü .....                                         | 178 |
| <b>Şekil 11.14 :</b> | Aylık ortalama sıcaklık korelasyon katsayıları ile elde edilen Ward metodu 12 küme çözümü .....                                        | 179 |
| <b>Şekil 11.15 :</b> | Aylık ortalama sıcaklık korelasyon katsayıları ile elde edilen Bulanık- YSA metodu 12 küme çözümü .....                                | 180 |

|                                                                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Şekil 12.1 :</b> Ward metodu ile yağış korelasyonlarının 16 küme sonucuna göre belirlenen Türkiye yağış rejimi bölgelerinin coğrafi dağılışı..... | 181 |
| <b>Şekil 13.1 :</b> Bulanık-YSA metodu ile belirlenen Türkiye iklim bölgelerinin coğrafi dağılışı.....                                               | 216 |
| <b>Şekil 13.2 :</b> Kırşehir meteoroloji istasyonuna göre yağış tek nokta korelasyon grafiği.....                                                    | 221 |
| <b>Şekil 13.3 :</b> Kırşehir meteoroloji istasyonuna göre ort. sıcaklık tek nokta korelasyon grafiği.....                                            | 221 |
| <b>Şekil 13.4 :</b> Kırşehir meteoroloji istasyonuna göre bağıl nem tek nokta korelasyon grafiği.....                                                | 221 |
| <b>Şekil 13.5 :</b> Şanlıurfa meteoroloji istasyonuna göre yağış tek nokta korelasyon grafiği.....                                                   | 229 |
| <b>Şekil 13.6 :</b> Şanlıurfa meteoroloji istasyonuna göre ort. sıcaklık tek nokta korelasyon grafiği.....                                           | 229 |
| <b>Şekil 13.7 :</b> Şanlıurfa meteoroloji istasyonuna göre bağıl nem tek nokta korelasyon grafiği.....                                               | 230 |
| <b>Şekil 13.8 :</b> Erdenli meteoroloji istasyonuna göre yağış tek nokta korelasyon grafiği.....                                                     | 235 |
| <b>Şekil 13.9 :</b> Erdenli meteoroloji istasyonuna göre ort. sıcaklık tek nokta korelasyon grafiği.....                                             | 235 |
| <b>Şekil 13.10:</b> Erdenli meteoroloji istasyonuna göre bağıl nem tek nokta korelasyon grafiği.....                                                 | 235 |
| <b>Şekil 13.11 :</b> İzmir meteoroloji istasyonuna göre yağış tek nokta korelasyon grafiği.....                                                      | 240 |
| <b>Şekil 13.12 :</b> İzmir meteoroloji istasyonuna göre ort. sıcaklık tek nokta korelasyon grafiği.....                                              | 240 |
| <b>Şekil 13.13 :</b> İzmir meteoroloji istasyonuna göre bağıl nem tek nokta korelasyon grafiği.....                                                  | 240 |
| <b>Şekil 13.14 :</b> Samsun meteoroloji istasyonuna göre yağış tek nokta korelasyon grafiği.....                                                     | 246 |
| <b>Şekil 13.15 :</b> Samsun meteoroloji istasyonuna göre ort. sıcaklık tek nokta korelasyon grafiği.....                                             | 246 |
| <b>Şekil 13.16 :</b> Samsun meteoroloji istasyonuna göre bağıl nem tek nokta korelasyon grafiği.....                                                 | 246 |
| <b>Şekil 13.17 :</b> Iğdır meteoroloji istasyonuna göre yağış tek nokta korelasyon grafiği.....                                                      | 251 |
| <b>Şekil 13.18 :</b> Iğdır meteoroloji istasyonuna göre ort. sıcaklık tek nokta korelasyon grafiği.....                                              | 251 |
| <b>Şekil 13.19 :</b> Iğdır meteoroloji istasyonuna göre bağıl nem tek nokta korelasyon grafiği.....                                                  | 251 |
| <b>Şekil 13.20 :</b> Edirne meteoroloji istasyonuna göre yağış tek nokta korelasyon grafiği.....                                                     | 257 |
| <b>Şekil 13.21 :</b> Edirne meteoroloji istasyonuna göre ort. sıcaklık tek nokta korelasyon grafiği.....                                             | 257 |
| <b>Şekil 13.22:</b> Edirne meteoroloji istasyonuna göre bağıl nem tek nokta korelasyon grafiği.....                                                  | 257 |

## **YAPAY SINIR AĞLARININ İKLİM BÖLGELERİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILMASI VE WARD METODU İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

### **ÖZET**

Herhangi bir yerin ya da bölgenin iklimi büyük değişkenliğe sahip elemanların bileşkesi olduğu için tümüyle benzeşen bir iklime sahip olan iki yer bulmak hemen hemen imkânsızdır. Bu da, yeryüzünde neredeyse sınırsız sayıda ayrı iklim görünümü demektir. Sonuçta iklim bölgelerini belirlemek için benzer iklim koşullarını bir araya getirmek amaçlanmalıdır. Bu çalışmada da benzer iklim koşullarını ‘biraraya getirmek’ için çeşitli küme analizi metotları ve bu metotlara girdi olarak sunmak için çeşitli yollar izlenmiştir. Bu çalışmada, küme analizi yöntemlerinden Ward metodu, yapay sinir ağlarının (YSA) küme analizinde kullanılan türü KYSA metodu ve bu çalışmada oluşturulan bulanık-YSA metodu ile Türkiye yağış rejimi bölgeleri ve Türkiye iklim bölgeleri belirlenmiştir. Bulanık-YSA metodu, literatürde küme analizi metotlarının performansının test edilmesi için sıkça kullanılan iris verisi üzerinde denenmiş ve %94’lik bir performans göstererek küme analizi problemlerinde kullanılabileceği gösterilmiştir. Uygulanan küme analizi metotlarının, stabilite testi sonuçlarına göre kararlı olduğu görülmüş ve farklı istasyon sayısı ile yapılan küme analizlerinde kullanılabileceği gösterilmiştir.

Meteorolojik veriler küme analizinde kullanılmadan önce lineer regresyon ve beklentilerin maksimumlaştırılması yöntemleriyle eksik verileri tahmin edilmiştir. Kullanılan tüm meteorolojik verilere bağlı homojenlik analizi uygulanmıştır. Ancak, test ve referans serileri arasındaki korelasyonların 0.7’den düşük olduğu durumlarda bağlı homojenlik testinin kullanılması uygun olmadığı için 4 adet mutlak homojenlik analizi uygulanmıştır. Böylece tüm istasyonların meteorolojik verilerine homojenlik analizi uygulanabilmiştir.

İklim parametreleri arasında özellikle yağış ve sıcaklık değerleri bir yerin ikliminin sınıflandırılmasında en yaygın kullanılan ve en önemli parametrelerdir. Her iki parametrenin temel meteorolojik değişken olarak günlük olarak birçok noktada

ölçülmüş olması bu iki iklim çalışmalarında kullanımını arttırmıştır. Ancak sadece sıcaklık ve sadece yağış verileri kullanılarak elde edilen bölgelere ‘iklim bölgesi’ yerine ‘sıcaklık bölgesi’ ve ‘yağış bölgesi’ olarak adlandırmak daha uygundur. İklim bölgelerinin tam olarak belirlenebilmesi için iklim olaylarını etkileyen tüm parametrelerin kullanılması gerekir. Meteorolojik verilerin yapılan temel bileşen analizi sonucunda, iklim bileşeni olarak adlandırılan 1. temel bileşende sıcaklık ve yağışın yanında bağıl nem verisi de önem arz etmiştir. Böylece bu verilerin küme analizinde kullanılabileceği gösterilmiştir. Türkiye’de yapılan çalışmalardan farklı olarak bağıl nem ve verisi küme analizinde kullanılmış ve iklim bölgelerinin belirlenmesindeki etkisi araştırılmıştır.

Literatürde benzeri olmayan bir biçimde, meteorolojik verilerin korelasyon katsayılarından oluşan matris küme analizinde kullanılmış ve yüksek küme çözümlerinde klasik yaklaşımlardan daha iyi sonuç verdiği gösterilmiştir. Korelasyonlardan oluşan matrisin kullanıldığı yüksek küme çözümlerinde iklim geçiş bölgeleri görülebildiğinden ilk kez Türkiye’nin alt yağış rejimi bölgeleri ve alt iklim bölgeleri gösterilmiştir.

## **APPLYING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS ON DETERMINING CLIMATE ZONES AND COMPARISON WITH THE WARD'S METHOD**

### **SUMMARY**

Because the climate of any place or region is product of components that have great variability, it is almost impossible to find two regions that have completely similar climate conditions. That means, unlimited apperance of different climate conditions on Earth. Settling in a place and carrying on their life, humans and other living existences almost depend on climatic conditions. Precipitation and temperature variables are widely used in defining climate zones. Because the temperature and precipitation data commonly measured almost every station, the usage of these variables is decreased. The different topgraphical conditions, distance from sea, physical conditions like altitude, air masses and athmospheric circulations causes different climate zones in Turkey.

In this study, we applied clustering methods which were Ward's method, Kohonen-ANN and a hybrid fuzzy-ANN method developed in this study for defining the precipitation regime regions and the climate zones. The Iris data which is commonly used in the literature for determining the performance of the clustering methods was used to test the performance of the fuzzy-ANN. The performance of the fuzzy-ANN was %94 and this result showed that the fuzzy-ANN method can be used in the cluster analyses.

According to the stability analyses of the clustering methods applied in this study were showed that these methods can bu applied in the cluster analyses which have different number of stations. The missing values were estimated with lineer regression and expectation maximization methods before the cluster analyses. The homogeneity analysis was performed on the annual data using a relative test and four absolute homogeneity tests were employed for the stations where non-testable series were found due to the correlation coefficients values under 0.7 between test and reference series. Thus, homogeneity analyses were employed to all stations time series.

Among climate parameters, especially precipitation and temperature values serve as major and most widely used data for the classification of the climate of an area. The fact that both parameters have been measured in many points daily as principal meteorological variables enables the increase of application of them in the studies conducted on the climate. However, it is more appropriate to call the regions determined by using only temperature or precipitation values as “temperature region” or “precipitation region” instead of “climate region”. According to the results of the principal component analyses, relative humidity and specific humidity variables showed high importance at the component 1 which is designated the “climate component”. Therefore, these variables were decided to be used for defining climate zones.

A matrix created from the correlation coefficients of the meteorological data were used as input for cluster analysis methods. In the international literature, there is no similar approach like the creation of this correlation matrix. Due to appearance of “sub-climate zones” when the correlation coefficients were used as input, sub-precipitation regime regions” and “sub-climate zones” of Turkey were manage to demonstrate by maps.

## 1 GİRİŞ

Çok genel anlamda herhangi bir yerin ya da bölgenin iklimi büyük değişkenliğe sahip elemanların biresimidir. İklimin bu değişken yapısı alansal olarak farklı iklim tiplerinin ortaya konmasını ve benzer iklim koşullarına sahip alanların sınıflandırılmasını oldukça gerekli kılmaktadır. Klimatolojik çalışmalarda iklim tiplerinin ve benzer iklim bölgelerinin belirlenmesi amacıyla çeşitli veri ve ayrıca birçok farklı metot kullanılmıştır. Bu çalışmalardaki amaç, farklı iklim tiplerini ortaya koymak ve bu bakımdan birbirine benzeyen veya benzemeyen bölgeleri belirlemektir.

İklim, “Yeryüzünün herhangi bir yerinde uzun yıllar boyunca yaşanan ya da gözlenen tüm hava koşullarının ortalama durumu” olarak tanımlanmaktadır. Şüphesiz, iklim tanımı, aşırı olayları, sıklık dağılımlarını, olasılıkları ve değişkenliği de içermek zorundadır. Bu yüzden son yıllarda iklimi tanımlarken, ‘hava olaylarının ya da koşullarının ortalama durumu’ yerine, “Hava olaylarının, atmosferik süreçlerin ve iklim elemanlarının değişkenlikleri, uç oluşumları ve ortalama değerleri gibi uzun süreli istatistiklerle karakterize edilen sentezi (biresimi)” yaklaşımı seçilmektedir (Türkeş, 1997). Hava ise, herhangi bir yerde ve zamandaki atmosfer koşullarının kısa süreli durumudur. Atmosferin anlık durumu yani hava, yeryüzünün herhangi bir yerindeki sıcaklık, yağış, nem, güneşlenme, sis, bulut, rüzgâr ve hava basıncı gibi çok sayıdaki değişkenin birlikteliği ile açıklanmaktadır. Tüm atmosfer olayları, süreçleri ve iklim, belirli bir zaman süresi ile tanımlanabilmektedir: Bir rüzgar hamlesi (rüzgar hızındaki ani artışlar) birkaç saniye sürebilir; bir kümülüs bulutu, birkaç saat içinde gelişip yok olabilir; alçak basınçlar (siklonlar) ve onlara bağlı kötü hava koşulları, birkaç günden on güne kadar etkili olabilir; yüksek basınçlara (antisiklonlara) bağlı iyi hava devreleri, haftalar ve kuraklık olayları aylarca sürebilir. Buzulların eriyip geri çekilmesine yol açan sıcaklık değişimleri, onlarca/yüzlerce; buzul ve buzul arası çağlar binlerce yıl sürebilir (Türkeş ve diğ. 2000, Türkeş, 2001). Sonuç olarak hava ve iklim arasındaki en önemli ayrım, ‘zaman’dır (Trewartha,

1954). Bu yüzden iklim bölgelerinin belirlenmesinde klimatolojik uzun zaman serileri esastır.

Topografik koşullar, denize uzaklık ya da yakınlık, yükselti gibi fiziki coğrafya koşullarının yanı sıra hava kütleleri ve genel atmosferik dolaşım Türkiye üzerinde birbirinden farklı bölgelerin oluşmasına zemin hazırlamıştır. Kesin bir şekilde, iklim bölgelerinin belirlenmesi ancak iklimin sabit değişkenleri ve mevsim değişimlerinin önemli özelliklerinin bütün değişkenleri kullanılarak mümkündür. İklim parametreleri arasında özellikle yağış ve sıcaklık verileri bir yerin ikliminin sınıflandırılmasında en yaygın kullanılan değişkenlerdir. Her iki değişkenin temel meteorolojik veri olarak, günlük birçok noktada ölçülmüş olması bu iki değişkenin iklim çalışmalarında kullanımını arttırmıştır. Ancak iklim yeryüzünün herhangi bir yerinde uzun yıllar boyunca gözlenen hava koşullarının ortalama durumunu, uç değerleri ve tüm istatistiksel değişimleri içerir, bu yüzden eğer uygunsa bir yörenin iklimi etkileyen nem, basınç, rüzgâr ve buharlaşma gibi değişkenlerinde kullanılması gerekir. Aksi takdirde sadece yağış ve sadece sıcaklığın kullanıldığı bölgeler iklim bölgesi yerine, yağış bölgesi ve sıcaklık bölgesi olarak adlandırılmalıdır. Bu nedenlerden dolayı bu tezin ana amacı olan iklim ve yağış rejimi bölgelerinin belirlenebilmesi için iklim olaylarını etkileyen tüm değişkenler kullanılmaya çalışılmıştır.

Uzun dönem iklim analizlerinin doğru sonuçlar verebilmesi için verilerin homojen olması gerekir (Peterson ve diğ. 1998). Homojen iklim serisi değişimlerin sadece hava ve iklim değişimlerinden kaynaklandığı seriler olarak tanımlanır (Conrad ve Pollak, 1950). Ne yazık ki birçok klimatolojik zaman serisi iklim analizlerinde kullanılmayacak derecede iklimsel olmayan birçok faktörden etkilenmiştir (Sholefield, 1997). Bu faktörler ölçüm cihazlarında ve ölçüm yöntemlerinde değişim, istasyonların yerlerinin değişmesi ve istasyon ortalamalarını ve çevresini ölçmekte kullanılan formüllerin değişmesi olarak alınabilir (Sneyers, 1999). Bazı değişimler klimatolojik zaman serilerinde ani bir süreksizliğe neden olurken bazı değişimlerde istasyonun çevresinin kısmen değişimine bağlı olarak kademeli hatalara neden olur. Bu hatalar farklı klimatolojik veri için farklı etki gösterebilir. Türkiye’de ölçülmüş meteorolojik verilerin de bahsedilen nedenlerden dolayı küme analizi yapılmadan önce homojenlik analizi yapılması gereklidir.

Bu tez çalışmasının amaçlarından biri de mümkün olan en çok sayıda istasyon verisini kullanmak olduğundan, bağıl homojenlik analizi yapılamayan durumlar da mutlak homojenlik analizi yaparak tüm istasyonlara homojenlik testi uygulanmıştır. Böylece hem elde edilen iklim ve yağış rejimi bölgelerinin daha detaylı hem de veri uzayındaki kümeleşmelerin daha ‘belirgin’ hale getirilmesi hedeflenmiştir.

Küme analizi iklim bölgelerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemlerden biridir. Küme analizi, bir ölçülmüş veri setinde benzer karakterli verilerin oluşturduğu grup veya kümelerin saptanmasıdır (Everitt, 1980). İklim bölgelerini belirlerken, gözlemler yıllara bağlı olarak yağış veya sıcaklık gibi değişkenlerin olduğu istasyon topluluğu veya grid noktalarından oluşur. Daha sonra bu grid noktaları uygun kümelere ayrılır ve böylece iklim bölgeleri belirlenebilir. Küme analizi yöntemleri hiyerarşik, hiyerarşik olmayan ve bazı bağlantı metotları üzerinde yoğunlaşmıştır.

İklim olaylarını etkileyen değişkenler veri uzayında ‘belirgin’ olarak kümeleşmediklerinden uygulanan küme analizi metotları çok farklı sonuçlar verebilmektedir. Bu durum Unal ve diğ. (2003) çalışmasında da görülmektedir. Bu yüzden iklim bölgelerinin belirlenmesi için tavsiye edilen (Unal, ve diğ. 2003) Ward metodunun yanında sonuçların karşılaştırılabilmesi için YSA’nın küme analizinde kullanılan türü KYSA ve bu tez çalışmasında oluşturulmuş bulanık-YSA metodu uygulanmıştır. Kohonen yapay sinir ağları (KYSA) diğer bir adıyla öz örgütlemeli harita ağları, Kohonen tarafından karmaşık dağılım gösteren durumlarda bir bütün halde verinin görselleştirilmesi için Kohonen tarafından ortaya atılmıştır (Kohonen, 1989, 1990,1991, 1995). Kohonen yapay sinir ağları fiziksel coğrafya komitesine yapay sinir ağlarının tanıtıldığı geniş katılımlı bir toplantıda ilk kez 1994 yılında tanıtılmıştır (Hewitson ve Crane, 1994). Kohonen yapay sinir ağları birçok farklı disiplinde geniş bir kullanım alanı olmasına karşı klimatolojik ve hidrolojik literatürde henüz çok az bir kullanım alanı bulmuştur. (Hewitson, 2002). Bu yüzden bu çalışmanın amaçlarından birisi de klimatoloji ve hidrolojide henüz yeni yeni kullanılan KYSA metodunu kullanılarak hem iklim bölgelerinde kullanmak hem de bu tez çalışmasında kullanılan küme analizi metotlarıyla karşılaştırarak literatüre katkıda bulunmaktır.

Yapay sinir ağları ile ilgili çalışmalar 1940’lı yıllarda bulanık mantıkla ilgili çalışmalar ise 1960’lı yıllarda başlamıştır. Fakat bulanık-YSA sistemleri ile ilgili çalışmalar bahsi geçen çalışmalara göre yenidir. Konuyla ilgili ilk kitap Kosko

(1992) tarafından yayınlanmıştır. Yapay sinir ağıları ayrı zaman alanlarında nonlinear regresyon yani dinamik modelleme yapabilir. Sonuç ağırlıkları ayarlanmış model tahmini yapan bir ağıdır. Ancak problem şudur ki, bilgi mantık kurallarıyla belirlenemeyen ve öğrenme sonuçları parametre değerleri seti olarak ve sözel verilerin yorumlanamamasıdır. Aksine, bulanık tabanlı sistemler eğer-ise yapıların içeren doğal bir dil içerir ancak kendi kendine kuralları öğrenemez. Bu ikisinin bir arada olduğu hem doğal bir dil içeren hem de kendi kendine kuralları öğrenebilen sistemlere bulanık-YSA sistemler denmektedir. Veri analizi konusu çok çeşitli metotları içerir, buradaki amaç bulanık ve yapay sinir ağlarının birleşiminden oluşan uygulanabilir bir yöntem sunmaktır. Sonuç olarak bu tez çalışmasında hem bulanık mantık hem de yapay sinir ağlarını kullanan bir metot geliştirerek bu iki metodun avantajlarından faydalanılmaya çalışılmıştır.

### **1.1 İklim Gölgelelerinin Belirlenmesi Konusunun Tarihsel Gelişimi**

Eski Yunanlılar dünya ikliminin oluşumunu güneşin hareketlerine bağlamışlardır ve her yarı küreyi 3 kuşağa bölmüşlerdir. (Not: Güneşin bu mevsimsel hareketleri sadece enleme bağlıdır). Bu tanımlamaya göre 1. kuşak alçak enlemler iklimi (sıcaklığın yıl boyunca yüksek olduğu kış mevsiminin yer almadığı tropikal kuşak), 2. kuşak yüksek enlemler iklimi (yaz mevsiminin yer almadığı kutup kuşakları) ve 3. kuşak orta enlemler iklimi (bu iki eksterm arasında kalan yerler mevsimsel sıcaklık zıtlıkları ile belirlenen orta kuşak) olarak tanımlanmıştır. Eski Yunanlıların bu tanımlamalarında temel alınan eleman sıcaklıktır. Mısırlı ve Helenistik yazarlar enlemin iklim üzerindeki bu temel etkisinden haberdarlardı. Günümüzde modern iklim bölgelerinin ayrımının kökeni temel olarak son iki yüzyıldaki Alman bilim adamlarının çalışmalarına dayanır. 1817 yılında Alexander von Humboldt dünya üzerinde yıllık ortalama sıcaklık haritasını çizmiştir. Wladimir Koeppen (1846-1940) bu haritayı yeniden düzenlemiş ve mevsimsel sıcaklık verilerini de eklemiştir. Bu çalışması daha sonra kendisinin tasarladığı iklim sınıflandırmasına temel teşkil etmiştir. Sınıflandırma prosedürü bitki örtüsünün (Linnaeus, 1735) ve bulutların (Howard, 1802) da dâhil olduğu, ana kategorileri hiyerarşik olarak alt kategorilere bölerek devam etmiştir. Sınıflandırma sistemini 1918 yılında ve 1936 yılında 90 yaşındayken tekrar gözden geçirmiştir. Rudolf Geiger (1894-1981), Köppen ile beraber çalışarak 1936 yılındaki iklim sınıflandırma sisteminin yapılmasına yardımcı

olmuştur. Geiger daha sonra bu sınıflandırma sistemini tek başına revize etmiştir. Geiger, yere yakın iklimin ve topoğrafyaya ve karasal alanların kullanımına bağlı değişiminin anlaşılabilmesi için dünyadaki iklim ölçümlerini bir araya getirmiştir ve ayrıca mikro klimatoloji disiplinin kurucusudur.

Tor Bergeron (1891-1971), İsveçli fakat Almanya’da eğitim görmüş bilim adamı, 1928 yılında iklim sınıflandırması için farklı yollar geliştirmiştir. Oluşturduğu ‘genetik sistem’ bir bölgeyi çeşitli hava kütlelerine maruz kalma frekansına göre sınıflandırmıştır. Nasıl bir yüzeyde olduğu (Kara veya deniz) ve sıcaklığı önceden bilinen her hava kütlesi enlemlere göre tanımlanmıştır. Bu prosedür Helmut Landsberg (1906-1985) tarafından 1930’lu yıllarda orta Avrupa ve Pensilvanya’ya uygulanmıştır. Günümüzde çok nadir kullanılır çünkü çok küçük kümeler bulunur ve ciddi miktarda ön bilgi gerektirir.

Amerika’da, Warren Thornthwaite (1892-1963) 1931’de yıllık toprak nemi koşullarındaki süreçleri de hesaba katan hiyerarşik bir sınıflandırma modeli geliştirmiştir. Bu çalışmada, girdi olarak aylık yağış miktarın karmaşık bir biçimi ve çıktı olarakda sıcaklığın göstergesi olarak buharlaşmayla ifade edilir. Ancak buharlaşmanın tahmini için içerdiği formül ampiriktir ancak aynı yıl Howard Penman (1909-1984) tarafından fiziksel tabanlı bir formül kullanılmaya başlanmıştır.

Yapılan bütün bu sınıflandırma problemleri pratik problemlere uygulanırken farklılık gösterirler. Artık günümüzde iklim bölgelerini belirlemek ve benzer iklim tiplerinin gruplamak için hiyerarşik küme analizi metotlarından Ward metodu ortalama bağlantı metodu ve hiyerarşik olmayan k-ortalamlar metodu 1980’li yıllardan sonra literatürde sıkça karşılaşılmaktadır.

## **1.2 Çalışmanın Amacı ve Literatüre Getirdiği Katkılar**

İklim bölgelerini belirlemek için iklimi etkileyen diğer parametrelerin de kullanılması gerekir. Bu çalışmada iklim bölgelerinin yeniden belirlenmesi için ve Türkiye’de yapılan sıcaklık ve yağışın kullanıldığı çalışmalardan farklı olarak bağıl nem, istasyon basıncı ve ortalama rüzgâr verileri de kullanılarak küme analizi yapılmıştır.

Küme analizi yapılmadan önce kullanılacak verilerin eksik verileri tamamlanacak ve daha sonra homojenlik analizi yapılmıştır. Homojenlik analizi sonuçlarına göre

homojen bulunan istasyon verileri temel bileşen analiziyle incelenip verilerin durumu hakkında bilgi edinilmeye çalışılmıştır. Temel bileşen analizi ve korelasyon analizi sonuçlarına göre küme analizinde hangi verilerin kullanılacağına karar verilmiştir. Küme analizi yapılırken mümkün olan en çok sayıda istasyonun verileri kullanılmaya çalışılmıştır. Bunun nedeni iklim bölgelerindeki kümeleşmelerin daha belirgin bir şekilde ortaya çıkarılması ve farklı özellik gösteren bölgelerin daha açık bir şekilde belirlenebilmesidir.

Bu çalışmanın diğer bir amacı Türkiye iklim bölgelerinin kümelenmesi için en uygun klasik yöntem olan Ward metodu sonuçlarını yapay sinir ağlarının küme analizinde kullanılan türü olan Kohonen yapay sinir ağları ile karşılaştırmaktır. Yapılan literatür taramasında Kohonen yapay sinir ağlarının iklim bölgelerinin kümelenmesi için çok az kullanıldığı görülmüştür ancak Kohonen Yapay Sinir Ağların hidrometeorolojide kullanım alanları vardır ve literatür taramasında bu çalışmalardan bahsedilecektir. Sonuç olarak Kohonen yapay sinir ağlarının iklim bölgelerinin kümelenmesi konusundaki performansı hakkında yeterli bir bilgi yoktur ayrıca klasik metotlarla özellikle Ward metoduyla sonuçları karşılaştırılmamıştır. Bu yüzden bu çalışmanın amaçlarından birisi de Kohonen yapay sinir ağlarının iklim bölgelerini sınıflandırıp sınıflandıramayacağını araştırarak ve sonuçlarını karşılaştırarak literatüre katkıda bulunmaktır. Daha sonra iklim bölgelerinin belirlenmesi için bulanık mantık ve yapay sinir ağlarını kullanan hibrid bir yöntem geliştirip Ward metodu ve Kohonen yapay sinir ağları ile bir karşılaştırması yapılacaktır. Böylece oluşturulan yeni modelin iklim bölgelerinin kümelenmesinde kullanılıp kullanılamayacağı gösterilecektir. Bu yapıldıktan sonra çalışmanın sonunda bulunan iklim bölgeleri incelenerek farklı ve beklenilmeyen kümeleşmeler açıklanmaya çalışılacaktır ve fiziksel nedenleri araştırılacaktır. Farklı kümeleşmeler açıklanmaya çalışılırken 4 adet istasyon seçilip tek nokta korelasyon kontur haritası çizilecek ve bulunan farklılıkların açıklanmasında kullanılacaktır.

Bu çalışmanın literatüre getireceği katkılar maddeler halinde detaylı bir şekilde aşağıda anlatılmıştır.

- Eksik verilerin tahmin edilmesi için beklentilerin maksimumlaştırılması (BM) algoritması ve literatürde sıkça kullanılan lineer regresyon (LR) yöntemlerinin kullanılması ve sonuçlarını karşılaştırarak hangi metodun Türkiye meteorolojik verilerinin belirlenmesinde daha iyi sonuç verdiği karar verilmesi.

- Referans serilerinin korelasyon katsayısı kriterine göre oluşturulmadığı durumlarda homojenlik analizinin yapılabilmesinin sağlanması. Bunun için referans serilerinin oluşturulması için korelasyon katsayısı dışında uygun bir ağırlık katsayısının belirlenmesi.
- Türkiye’de daha önce yapılmamış bağıl nem, ortalama rüzgâr ve istasyon basıncı verilerinin bağıl homojenlik analizinin yapılması. Bunun yapılabilmesi için uygun bir homojenlik analizi testinin belirlenmesi.
- Bağıl homojenlik analizinin yapılamadığı durumlarda mutlak homojenlik analizi testlerinin yapılması. Böylece daha geniş kapsamlı homojenlik analizi yapılmış olur ve mutlak ve bağıl homojenlik testleri sonuçlarını karşılaştırılabilir.
- Türkiye meteorolojik verilerini temel bileşen analizi ve korelasyon analizi ile inceleyip bu verilerin iklim bölgelerinin belirlenmesinde kullanılıp kullanılmayacağının araştırılması ve kullanmaya uygun verilerin belirlenmesi.
- Kohonen yapay sinir ağlarının iklim bölgelerinin belirlenmesinde kullanılması ve klasik yöntemlerle karşılaştırılmasının yapılması.
- Bulunan farklı ve beklenmedik iklim özelliği gösteren bölgeleri incelemek ve konuyla ilgili diğer çalışmalarla karşılaştırmasının yapılması. İstasyon sayısı ne kadar çok olursa farklı kümeler daha çok belli olur ve bu da bize beklenmedik kümeleşmeleri görmemizi sağlar. Bu yüzden bu çalışmada kullanılacak istasyon sayısı mümkün olduğunca çok tutulmaya çalışılmıştır.
- Bulanık Mantık ve Yapay Sinir Ağlarını bir arada kullanan hibrid bir kümeleme modelinin oluşturulması. Geliştirilen bu yeni yöntem literatürde küme algoritmalarının performansının karşılaştırılması için sıkça kullanılan IRIS verisi üzerinde denenmiş ve iyi sonuç verdiği gösterilmiştir. Ayrıca bu yöntem Türkiye meteorolojik verilerinin kümelenmesi için kullanılıp, başarılı sonuçlar verdiği Ward metodu ve KYSA metodu ile karşılaştırılarak gösterilmiştir. Geliştirilen yöntemin stabilitesi de test edilip ilerde farklı sayıda istasyon verisi kullanılan iklim bölgelerinin belirlenmesi ile ilgili yapılan çalışmalarda kullanılabileceği gösterilmiştir.

- Kullanılan küme analizi metotlarının performanslarının değerlendirilmesi ve stabilite analizlerinin yapılması. Böylece uygulanan küme analizi metotlarının iklim bölgelerinin belirlenmesinde kullanılıp kullanılmayacağının belirlenmesi.
- Küme analizinde kullanılacak istasyon verilerinin tek tek birbirileri ile olan Pearson korelasyon katsayıları hesaplanarak oluşturulan korelasyonlardan oluşan matrisin küme analizinde kullanılması. Bu yaklaşım iklim bölgelerinin belirlenmesinde daha önce kullanılmamıştır.
- Kullanılan istasyonlardan uygun olan 4 tanesini seçip bu istasyonların Türkiye haritası üzerinde tek nokta korelasyon grafiğinin çizilmesi. Bu grafiklerin amacı farklı kümede bulunan istasyonların bu farklılıklarının nedenlerinin açıklanmasına yardımcı olmaktır.

### **1.3 Doktora Tezinin Mühendislik ve Bilimsel Uygulamalara Katkısının Açıklanması**

- Klimatolojik temel bilgilerin ve araştırmaların, ülkelerin kalkınmaları ve refahı açısından pek çok ekonomik ve sosyal yararları bulunmaktadır. Klimatolojik bilgilerin değerlendirilmesi, arazi kullanımının, turizmin, çiftlik hayvanlarının, sulama sistemlerinin, tarım ilaçlarının, binalarda ısınmanın ve aydınlanmanın en uygun tasarımını ve seçimini sağlar.
- İklim bilgilerinin yaygın kullanımı, kentleşme, çalışma koşulları, yerel sağlık ve konfor ile meteorolojik afetlere karşı korunma için genel tasarım olanaklarının gelişmesine katkıda bulunur. Güncel iklim bilgilerinin kullanımıyla da, çeşitli insan etkinliklerinde ve uygulamalarında, insan emeğinin ve paranın boşa harcanması önlenir.
- Meteorolojik ve klimatolojik çalışmalara taban teşkil eden maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, ortalama sıcaklık, yağış, bağıl nem ve istasyon basıncı verilerinin de homojenlik analizi yapıp daha sağlıklı sonuçların elde edilmesi sağlanmıştır.
- Bu tür çalışmalar sonucunda, yaşamsal önemi olan iklim sistemini korumak, olumsuz değişimlerine hazırlıklı olmak ve bu değişimlerin kaçınılmaz sonuçları olan erozyon, ekonomik-sosyal kayıplar, doğal vejetasyonun bozulmasını en aza

indirmek daha da önemlisi insan yaşamını koruma yönünde etkin çalışmalar yapmak ve önlemler almak mümkün olabilir.

- Genel olarak inşaat mühendisliği yapıları, özelde ise su kaynakları mühendisliği yapıları son derece pahalı ve inşaatları oldukça uzun süren yapılardır. Su yapılarının projelendirilmesi büyük ölçüde hidrometeorolojik zaman serilerindeki değişime göre yapılmakta ve işletilmektedir. Bu değişkenlere göre kümeleme yapıldığında, aynı kümenin bulunduğu bölgedeki su yapılarının projelendirilmesinde ve işletilmesinde benzer kriterlere dikkat edilmesi ve bu sayede inşaat maliyetlerinde tasarruf sağlanabileceği gibi su yapısının işletilmesi sırasında da performans arttırımının sağlanması söz konusudur. Kümeleme analizi sonuçlarının önem taşıdığı su kaynakları projeleri arasında barajları ve sulama yapılarını dikkate alabiliriz.

#### **1.4 Literatür Taraması**

Yapılan literatür taraması daha anlaşılır ve sade olması açısından; homojenlik analizi, küme analizi, bulanık-YSA metotları ve KYSA metotlarının meteorolojideki uygulamaları ana başlıklarıyla ayrı ayrı anlatılmıştır. Türkiye’de yapılan çalışmalar ise daha iyi vurgulamak için ayrı bir başlıkta anlatılmıştır.

##### **1.4.1 Türkiye ve dünyada meteorolojik verilerin homojenlik analizi ile ilgili çalışmalar**

Homojen iklim serisi, değişimlerin sadece hava ve iklim değişimlerinden kaynaklandığı seriler olarak tanımlanır (Conrad ve Pollak, 1950). Bunun anlamı şudur, ölçümler aynı metotla, aynı ölçüm cihazıyla, aynı zamanda ve aynı yerde elde edilmelidir. Ne yazık ki bu birçok eski istasyonda ender görülen bir durumdur ve ölçüm cihazları, değerleri ölçen personel, istasyonun yeri ve çevresi değişmiştir (Peterson ve diğ., 1998). Yağış ölçümlerinde ise ölçüm cihazlarının teknolojik olarak gelişmesi yapay ve sistematik bir artış meydana getirebilir (Hanssen- Bauer ve Forland, 1994). Bundan dolayı uzun dönem iklim değişimlerinin ve eğilimlerinin dikkatli bir şekilde yorumlanması gerekir (Houghton ve diğ., 1992). İklim analizlerinin doğru sonuçlar vermesi için verilerin homojen olup olmadığı araştırılmalıdır ve homojen olmayan seriler ya çıkarılmalıdır ya da homojenleştirilmelidir.

Homojenliği test etmek için birçok metod geliştirilmiştir. Bazı araştırmacılar değişmiş verilere (Karl ve Williams, 1987; Rhoades ve Sallinger,1993) bağlı olarak bazıları da istasyonun geçmiş bilgileri ve ölçümleri yetersiz olarak kayıt edildiğinde ve eksik verilerin çok olduğu durumlarda bu testleri kullanmıştır (Buishand, 1982; Alexandersson, 1986). Bazı testler tek değişkenli bazı testler ise test edilen verilerin kalitesini ölçmek için referans zaman serileri kullanır. Kapsamlı bir inceleme Patterson (1998) tarafından yapılmıştır.

Maronna ve Yohai (1978) çift değişkenli testi zaman serilerinin ortalamasındaki sistematik değişikliği ortaya çıkarmak için ikincil bir değişmeyen seriyi (referans serisi) kullanarak geliştirmiştir. Bu test sadece zaman serisindeki değişimleri değil, değişmenin zamanını ve önemini de ortaya çıkarır. Potter (1981) Amerika'nın Kuzeyindeki yıllık yağış serilerine çift değişkenli testi uygulamış ve mükemmele yakın sonuçlar bulmuştur. Bücher ve Dessens (1991) Fransız Prenelerindeki yüksek istasyonların sıcaklık verilerine çift değişkenli homojenlik testini başarıyla uygulamıştır. Vivès ve diğ. (2000) çift değişkenli testi Avustralya' daki 10'ar yıllık yağış serilerindeki beklenmedik değişiklikleri bulmak için kullanmıştır.

Szalai (1997) ve Szalai ve diğ. (1999) Avrupa ülkelerinde uygulanan metotların bir özetini yapmıştır. Bazı çalışmalar ise homojenliğin bozulduğu zamanı araştırarak veriyi homojenleştirme yoluna gitmiştir; örnek olarak Karl ve diğ. (1986), Parker (1994) Nordli ve diğ. (1997), Jones (1990) ve Portman (1993), Gonzales-Rouco (2001).

Serra (2001), Barcelona İspanya'daki Farba istasyonunda kaydedilen maksimum ve minimum günlük sıcaklık verilerinin bir analizini yapmıştır. Çalışmasında aylık serilerin homojenliğini test etmek için Kolmogorov–Zurbenko testini ve zaman serilerinin rastgele dağıldığını kabul ederek günlük, aylık, mevsimsel ve yıllık verilere Von Neumann oran testini uygulamıştır.

Rodríguez (1998), Barcelona yağış serilerini analiz etmiştir. Eksik verileri tahmin ederken 2 metot kullanmıştır. Birincisi korelasyonları yüksek komşu istasyonların değerlerinin enterpolasyonuna dayanan bir metot ve diğeri ise korelasyonu yüksek komşu istasyon bulunmadığı zaman da aylık ortalamaları eksik verilerin yerine koymuştur (Rodríguez ve diğ., 1996). Homojenliği analiz etmek için aylık verilere standart homojenlik testi ve Von Neumann oran testini uygulamıştır.

Alexandrov ve diğ. (2006) 20. Yüzyılda Bulgaristan'daki iklim değişikliği adlı çalışmasında 36 adet istasyonun sıcaklık ve 56 adet istasyonun yağış değerlerinin aylık ortalamalarını kullanmıştır. Verinin homojenliğini test etmek için Cussinus-Mestre metodunu kullanmıştır. Bu metot iki kırılma noktası arasındaki serileri homojen kabul eder ve bu homojen kısımları referans serileri olarak kullanır. K zaman ölçeklerinde korelasyon çok dş olduğundan sıcaklık verilerine homojenlik testini ancak 20 istasyonda uygulayabilmiştir.

Wulfmeyer ve diğ. (2005) Honhaim niversitesindeki iklim istasyonunun 1878 yılından beri ölçülen sıcaklık ve yağış verilerini analiz etmiştir. alışmasında Aleksandersson (1986)'un bağıl standart homojenlik testini kullanmıştır. Kullandıkları zaman serileri çok uzun olmasına rağmen çok az sayıda eksik veri vardır ve analizleri sonucunda verilerin yüksek kaliteli olduğu sonucuna varmışlardır.

Tuemanvirta (2000) 1961-1990 yılları arasında Finlandiya'da kaydedilmiş yıllık sıcaklık verileri ve 1890-1990 yılları arası Norveç' te kaydedilmiş Kuzey Atlantik İklım verilerinden ortalama yıllık sıcaklık ve yağış verilerine homojenlik analizi yapmıştır. Homojenliği test etmek için bağıl standart homojenlik testini kullanmıştır. Sonuç olarak Finlandiya sıcaklık verilerindeki değişimleri k ve rastgele özellikli bulmuşlardır. Özellikle 30 yıldan uzun serilerin birçoğunda homojensizlik tesbit etmişler ve homojenleştirmişlerdir. Ayrıca uyguladıkları testin tek başına yeterli olmayabileceğini ayrıca istasyon bilgilerinin ve kayıtlarının da bilinmesinin faydalı olacağını vurgulamışlardır.

Wijngaard (2003) 20.yüzyıl Avrupa günlük sıcaklık ve yağış serilerine homojenlik testi uygulamıştır. Bu çalışmada diğerlerinden farklı olarak 4 adet mutlak homojenlik testi uygulayıp bu 4 testin sonuçlarına gore homojenliğe karar vermişlerdir. Örneğin 4 testin hepsini ya da 3 tanesinden geçen serileri homojen kabul etmişlerdir. Mutlak homojenlik testlerini uygulamalarının nedeni olarak kullandıkları istasyonların aralarındaki mesafelerin çok fazla oluşu ve aralarındaki korelasyon katsayılarının çok dş oluşunu göstermişlerdir.

Feng ve diğ. (2004) 1951-2000 yılları arasında ölçülmüş in günlük meteorolojik verilerinin kalite kontrolünü yapmışlardır. Kullandıkları veriler günlük maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık, bağıl nem, rüzgâr hızı, buharlaşma ve güneş ışığı

duruş saatleridir. Homojenliği test etmek için Wijngaard (2003) tarafından önerilen testleri uygulamışlardır. Ayrıca bağıl testler olan t-test ve standart homojenlik testlerini de uygulamışlardır.

Beaulieu ve diğ. (2008) geniş kapsamlı bir literatür taramasından sonra çift değişkenli test ve 7 adet diğer bağıl homojenlik analizi metotlarını karşılaştırmıştır. Çift değişkenli test mutlak hata durumu ve tek değişim gösteren serilerde ikinci en iyi performansı göstermiştir. İki değişim gösteren serilerde ise mutlak hata durumu ve büyüklüğüne göre en iyi performansı göstermiştir. Üç değişim gösteren serilerde ise çift değişkenli testin tercih edilmesi gerektiğini çünkü daha iyi performans gösteren Bayesian testinin homojen zaman serilerinde var olmayan değişimleri de tespit ettiğini belirtmiştir.

Kirono ve Jones (2007) Avustralya'daki 28 istasyonda ölçülmüş A sınıfı pan buharlaşması zaman serilerindeki süreksizliklerin belirlenmesi ve ayarlanması için çift değişkenli testi kullanmıştır. Sonuç olarak çift değişkenli test tarafından belirlenen homojensizliklerin istasyon kayıt bilgileri ile %92 uyum gösterdiğini bulmuştur.

#### **1.4.2 Türkiye'de homojenlik analizi ile ilgili yapılan çalışmalar**

Türkiye'de meteorolojik verilerin homojenlik analizi ile ilgili çalışma sayısı azdır. Tayanç ve diğ. (1998) Türkiye'de 82 adet istasyonda ölçülmüş sıcaklık değişkenlerine bağıl homojenlik testi uygulamıştır. Çalışmalarında Kruskal-Wallis homojenlik testi ve Wald-Wolfowitzs testini uygulamıştır. Ayrıca sentetik zaman serileri türeterek bu testlerin etkisini göstermiştir.

Türkeş ve diğ. (1996) Kruskal-Wallis parametrik olmayan homojenlik testini DMİ'den aldıkları 1940-1993 yılları arasında ölçülmüş 59 istasyona ait günlük maksimum ve minimum yüzey sıcaklık verilerinin mevsimsel ve yıllık ortalamalarına uygulamışlardır. Homojenlik analizi alt dönem örnek uzunluğu  $n_j=10$  ve önem seviyesi  $\alpha=0.05$  için hesaplanmıştır. İstasyon geçmiş bilgisi ve grafik yardımıyla öznel değerlendirme yapmışlardır. Sonuç olarak 6 istasyonu eksik veri yüzdesi çok olan diğer istasyonlarla beraber analizlerden çıkarmışlardır.

Türkeş (1996) DMİ'den alınan 1930-19992 yılları arasında ölçülmüş 91 adet aylık toplam yağış verisine Kruskal-Wallis parametrik olmayan homojenlik analizi

uygulamışlardır. Başlangıçta 131 olan istasyon sayısından eksik verileri güvenli bir biçimde tahmin edilemeyen 35 adet istasyonu çıkarmışlardır. Homojenlik analizi sonucu 5 adet istasyonu daha analizlerden çıkarmışlardır. İstasyon geçmişi bilgilerine göre istasyonların %70'inin yerinin değiştiğini saptamışlardır.

Türkeş (1998) zaman serisi analizini dikkate alarak, DMİ'den alınan 1929-1993 yılları arasında ölçülmüş uzunluğu 54 ve 65 yıl arasında değişen 91 istasyonda ölçülmüş aylık toplam yağış verisini Kruskal-Wallis parametrik olmayan homojenlik testi ile analiz etmişlerdir. Türkeş (1996) çalışmasında da ayrıntılı incelenen yağış verisi homojenlik analizi sonuçlarına göre 8 istasyonu daha çalışmalarına eklemişlerdir.

Türkeş (1999) DMİ'den alınan 1930-1993 yılları arasında ölçülmüş 91 istasyonda ölçülmüş uzunluğu 54 ve 65 yıl arasında değişen yıllık ve mevsimsel toplam yağış ve 42 ve 64 yıl arasında değişen yıllık sıcaklık verilerine Kruskal-Wallis parametrik olmayan homojenlik analizini uygulamışlardır. Türkeş (1995) ve Türkeş (1996) çalışmalarında detaylı bir biçimde homojenlik sonuçları incelenmiştir.

Türkeş ve diğ. (2002) DMİ'den alınan 1929-1999 yılları arasında ölçülmüş aylık ortalama günlük gündüz maksimum sıcaklık verilerini ve gündüz minimum sıcaklık verilerini Kruskal-Wallis testi ile homojenlik analizi yapmışlardır. Homojenlik analizi sonucu kullanılan istasyon 58 adedi Türkeş ve diğerleri (1996) çalışmasına teşkil eden toplam 80 istasyon verisidir. Homojenlik analizini 7 ve 10 yıllık alt dönem için uygulamışlardır. Homojenlik analizini sadece sıcaklık verilerindeki tutarsızlıkları araştırmak için değil, son 10 yılda (artan ilkbahar ve kısmen yaz minimum sıcaklıklarının hakim olduğu bir çok istasyon) yapılan ölçümlerin sıcaklık verilerinin turtasızlığına etkisi içinde kullanmışlardır.

Türkeş ve diğ. (2005) 1929-1993 dönemi 99 istasyon için geliştirdiği yağış veri seti, 1994-2000 dönemi için güncelleştirerek Kruskal-Wallis homojenlik testini kullanmışlardır. Analiz sonucu Türkiye yağış rejimi bölgelerinde iyi bir coğrafi dağılışı sergileyen ve kayıt uzunlukları çoğunlukla 70 yıl dolayında olan 78 istasyonu seçmişlerdir.

Türkeş ve diğ. (2008) DMİ'den alınan 1930-2002 yılları arasında ölçülmüş ve klimatolojik mevsimlere göre düzenlenmiş toplam yağış verilerine Kruskal-Wallis homojenlik testini uygulayarak 97 adet istasyonu analizlerinde kullanmaya karar

vermişlerdir. Klimatolojik ve istatistiksel analizlerin alansal değerlendirmeleri Türkeş (1996,1998) çalışmalarında yağışın mevsimsel değişkenliği ve Türkiye'nin fiziksel coğrafya karakteristiklerini dikkate alarak geliştirilmiş 7 yağış rejimi bölgesine göre yapılmıştır.

Göktürk (2006) tarafından Türkiye yağış değerlerinin homojenlik analizi yapılmıştır. Çalışmasında Bağlı Homojenlik testini aylık verilere uygulamıştır. Heterojenliğe de birbirini takip eden aylarda T istatistiğini kritik değerlerine bakarak karar vermiştir. Örneğin birbirini takip eden 3 ay boyunca heterojenliğe rastlanıldığında o istasyon yağış verisini homojen değildir kabul etmiştir. Ayrıca homojen olmayan serileri homojenize etmiştir.

Sönmez (2007) 231 istasyonun aylık yağış verilerini inceleyerek eksik veri içermeyen 156 âdetini seçip bu istasyon verilerine Kruskal- Wallis testini uygulamıştır. Kruskal- Wallis testi nonparametrik bir testtir ve bir mutlak homojenlik testidir. Parametrik homojenlik testleri parametrik olmayan testlere göre her zaman daha güçlüdür. Ayrıca bağlı testlerin mutlak testlere göre 1. seçenek olduğu unutulmamalıdır. 16 adet istasyonda heterojenlik bulmuşlar ve bunlardan 8 tanesinin bulundukları coğrafyada seyrek dağılmaları ve ilgili alanlardaki temsilliğinin artırılması ve muhtemel bir mikroklima bölgesini temsil etme olasılığından dolayı homojenlik testinden geçtiği varsaymışlardır.

Ali ve diğ. (2007) GAP bölgesinde Devlet Meteoroloji İşlerine ait 15 istasyondan elde edilen 1970-2003 arası günlük yağış verilerinden aylık ve yıllık toplam yağış değerleri için homojenlik analizi yapmışlardır. Homojen olmayan istasyonları belirlemek için parametrik olmayan Swed-Eisenhart run testini uygulamışlardır. Sonuç olarak %0.05 anlam seviyesinde 1 istasyonu heterojen bulmuşlardır.

Karabörk ve diğ. (2007) 1973-2002 yılları arasında ölçülmüş 212 adet yağış verisine Mutlak Standart Homojenlik Testi ve Pettit testlerini uygulayıp bu testlerden %0.05 anlam seviyesinde en az 1 tanesinden başarısız olan verileri heterojen kabul etmişlerdir. Sonuç olarak 43 istasyonun homojen olmadığı sonucuna varmışlardır.

#### **1.4.3 Küme analizi ile ilgili önceki çalışmalar**

Son yıllarda küme analizi hidrolojik bölgeleri ve hidrolojik karakteristikleri belirlemek için sıkça kullanılmaktadır (Andrade, 1997). Atmosferik bilim dergilerinde küme analizi ile ilgili makaleler artan bir oranda görülmektedir (Fovell,

1993). Küme analizi yapmak için birçok yöntem vardır ve bu yöntemler Fovell (1993), Gong ve Richman (1995), Jackson ve Weinand (1995) tarafından yapılan çalışmalarda tekrar gözden geçirilmiştir.

Gaffen ve Ross (1999) sekiz-küme çözümünün modifiye edilmiş bir versiyonunu Amerika'daki sıcaklık ve nem trendlerini analiz etmek için kullanmıştır. İklim bölgelerini belirlemek için yapılan başlıca çalışmalar ise Fovell (1993), Gadgil ve diğ. (1993), Jackson ve Weinand (1995), Bunkers ve diğ. (1996), DeGaetano (1996), Gerstengarbe ve diğ. (1999) tarafından yapılan çalışmalardır.

Mutulla ve diğ. (2003) 20. Yüzyıl Avusturya ikliminin daha iyi anlaşılabilmesi için 31 istasyonda ölçülmüş yağış zaman serilerinin zamansal ve konumsal değişimini küme analizi kullanarak incelemiştir. 1901 ve 1999 yılları arasında ölçülmüş verileri kullanmışlardır. Ampirik ortogonal fonksiyon ve yapay sinir ağlarının danışmansız ağ yapısı olan öz örgütlemeli ağ haritalarını da kullanmışlardır.

Yağış iklimini belirlemek için de birçok bölgede birçok araştırmacı tarafından küme analizi kullanılmaktadır. Örnek olarak Guyana (Shaw, 1987); Avusturya (Ehrendorfer, 1987; Holawe ve Dutter, 1999); Balkanlar (Maheras ve Kolyva-Machera, 1990); Batı Belçika'daki Ibzer havzası ve Kuzey Fransa (Mallants ve Feyen, 1990); Etiyopya (Eklundh ve Pilesjo, 1990); A.B.D (Guttman, 1993; Guttman ve diğ., 1993); Uganda (Basalirwa, 1995); Tropik bölgeler (Jackson Weinand, 1995); Botswana (Regenmortel, 1995); Spain (Esteban-Parra ve diğ., 1998); Tahiti Volkanik Adası 'Fransız Polenezyası' (Wolting ve diğ., 2000) ve Myanmar (Roy ve Kaur, 2000).

#### **1.4.4 Türkiye'de iklim bölgelerinin belirlenmesi için yapılan çalışmalar**

Türkiye'nin benzer iklimatik ve hidrolojik bölgelerini belirlemek için bazı teknikler uygulanmıştır ve sayısı oldukça azdır. Bunlardan en güncel olanı Ünal (2003) tarafından yapılmış ve çalışmasında birçok istatistiksel kümeleme yöntemini denemiş ve Ward yönteminin en iyisi olduğuna karar vermiştir. Çalışmasında 113 istasyona ait aylık ortalama sıcaklık, aylık maksimum ve minimum sıcaklıklar ve aylık toplam yağış değerlerini kullanmıştır. Ham verileri normalize ederek bulduğu sonuçlara göre sıcaklık ve yağış değerleriyle yaptığı küme analizinde Türkiye'yi 7 bölge olarak bulmuştur. Sadece yağış verilerini kullandığı küme analizinde 6 bölge ve sadece ortalama sıcaklık verilerini kullandığı küme analizinde 7 bölge bulmuştur.

Türkeş (1996) yıllık yağış verisinin konumsal ve zamansal karakteristiklerini iklim değişikliği bağlamında incelemiştir. Yağış klimatolojisinin temel elemanlarını gözden geçirerek, normalleştirilmiş yağış anomalisi serilerinin uzun dönem trend ve salınımlarını ve ıslak ve kuru yıllardaki akış değişikliklerini ve Türkiye’deki yağış rejimi bölgelerini analiz etmiştir. Türkiye uzun dönem yağış dağılımı haritasına göre; yıllık ortalama toplam yağış kıyı kesimlerinden iç kısımlara doğru keskin bir değişimle Kuzey Anadolu ve yüksek dağlara doğru azalmaktadır. Akdeniz’in kıyı kesimlerinin ana kısmı boyunca, ortalama yağış 800 mm den fazla ancak güneydeki dağların yamaçlarında 1500 mm ye kadar çıkmaktadır. Yarı-kurak Anadolu’nun merkezi bölgelerinde ortalama yağış 350mm ve 500mm arasında değişmektedir. Yarı-kurak Güneydoğu Anadolu Bölgesinin yukarısında, ortalama yıllık yağış, toplam yağışın 400mm olduğu güneyden yıllık toplam yağışın 800mm olduğu kuzeye doğru artmaktadır. Doğu Anadolu Bölgesinin önemli bir kısmında ortalama yıllık toplam yağış alçak havzalar, derin vadiler hariç 500mm nin üzerindedir ve dağlık bölgelere doğru artmaktadır. Ege ve Marmara bölgesinin yıllık toplam yağış miktarı Karadeniz ve Akdeniz Bölgesinden azdır ve 600-800 mm arasında değişmektedir. Kullandığı veri 1930-1993 yılları arasında ölçülmüş 91 adet istasyona ait günlük toplam yağış verileridir. İlk önce, 130 adet istasyonu analiz için seçmiştir ancak aylık veriler incelendiğinde bazı istasyonların eksik verileri olduğu görülmüştür. Eksik verisi %5 den büyük olmayan istasyonları normal oran metodu (Singh, 1992) kullanarak tahmin etmiştir. Bu eksik veri tahmin prosedürüne göre en yakın 3 komşu istasyon seçilir. Bu istasyonlardan eksik verisi olan istasyonlar aynı yağış rejiminde bulunmalı ve istasyonu yaklaşık olarak etrafını sarmalıdır. 35 adet istasyonun eksik verisi güvenilir biçimde tahmin edilemediğinden analizden çıkarılmıştır.



**Şekil 1.1:** Türkiye yağış rejimi bölgeleri (Türkeş, 1996)

Daha sonra yağış verisinin alt periyotların ortalaması üzerinden homojenliğini test eden non-parametrik Kruskal-Wallis testini kullanmıştır (Sneyers, 1990). Anlam seviyesi en az  $\alpha=0.05$  için 91 adet istasyonu homojen bulmuştur ve yağış rejimi bölgelerinin belirlenmesi için bu istasyonları kullanmıştır. Çalışmasının sonucunda Şekil 1.1’de gösterilen yağış bölgelerini bulmuştur. Sonuçlara göre Akdeniz bölgesi ve Ege Bölgesi aynı yağış rejimindedir. İç Anadolu Bölgesi ve Ege Bölgesi arasında kalan bölge Akdeniz geçiş bölgesi ve Marmara bölgesi ise Karadeniz ve Akdeniz Bölgeleri arasında bir geçiş bölgesi olarak tanımlamıştır.

**Çizelge 1.1:** Yağış rejimi bölgelerinin özellikleri ve her bölgenin istasyon sayısı

| Yağış bölgeleri                                                                                                                       | İstasyon sayısı |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Karadeniz (KARD). En yüksek yağışı sonbaharda olan, her mevsim yağışlı, ılıman                                                        | 8               |
| Marmara(MARG). Akdeniz’den Karadeniz’e geçiş (değişim) bölgesi. Sıcak ve az yağışlı bir yaz ile birlikte, her mevsim oldukça yağışlı. | 11              |
| Karasal Akdeniz (KAKD). Belirgin bir biçimde mevsimsel serin ve yağışlı kış ve sıcak ve kuru yaz, nemli ve yarı nemli subtropikal.    | 24              |
| Karasal İç Anadolu(KİAN). Kış ve bahar mevsimsel yağış, sert kuru yaz, yarı-kurak subtropikal.                                        | 14              |
| Akdeniz geçiş (AKDG). Orta seviyede kış ve bahar yağışı                                                                               | 4               |
| Karasal İç Anadolu (KİAN). Serin yağışlı bahar ve soğuk yağışlı kış ve sıcak ve hafif yağışlı yaz; yarı kurak bozkır.                 | 20              |
| Karasal Doğu Anadolu (KDAN). Serin yağışlı bahar, çok soğuk ve karlı kış, yarı nemli bozkır ve dağlık.                                | 10              |

Çizelge 1.1’de ise çalışmada bulunan yağış rejimi bölgelerinin özellikleri kısaca özetlenmiştir. Çizelge 1.1’de Türkeş (1996) bulduğu yağış bölgelerinin özellikleri ve istasyon sayıları görülmektedir. Marmara Bölgesi geçiş (değişim bölgesi) olarak adlandırılmıştır. Akdeniz Bölgesi ve Ege Bölgesi birleşmiş durumdadır. Yağış tutarlarının Türkiye’nin farklı bölgeleri üzerinde gösterdiği mevsimler arası zıtlık, bir mevsimsellik indisi (Mİ) kullanılarak (Türkes, 1998b) daha nesnel olarak ortaya konmuştur. Mİ,

$$MI = \left( \sum_{j=1}^{12} \left| \bar{Y}_j - \bar{Y}_A \right| \right) / \bar{Y}_Y \quad (1.1)$$

formülü ile hesaplanır. Burada,  $\bar{Y}_j$  aylık ortalama toplam yağış;  $\bar{Y}_A$ , aylık ortalama toplam yağışların ortalaması ve  $\bar{Y}_Y$ , yıllık ortalama toplam yağışdır. Mİ değerleri 0.55’den büyük olan alanlar, genellikle kışları yağışlı yazları kurak (subtropikal) Akdeniz yağış rejimine sahip olan Ege, Akdeniz ve Güneydogu Anadolu bölgelerinde egemendir. 0.35’den küçük Mİ değerleri ise, genellikle Karadeniz Bölgesi ve Kuzey Marmara Bölümü üzerindeki her mevsim yağışlı (ılıman) Karadeniz yağış rejimine karşılık gelmektedir (Türkes, 1996 ve 1998a). İç ve Dogu Anadolu bölgelerinde, karasal; Güneydogu’da, karasal Akdeniz; Marmara Bölgesi’nde ve İç Ege-Akdeniz Göller Yöresi’nde geçiş rejimleri görülür. Tez çalışmasında bulunan sonuçlarla olan karşılaştırması tezde sonuçların karşılaştırılması bölümünde yapılacaktır.

Evrendilek ve Berberoğlu (2008), Türkiye bioklimatik bölgeleri ve kontrolünün konumsal biçimini incelemiştir. Çalışmada 12 iklim parametresi ve 11 bioklimatik indisleri ve 4 adet konum verisi (enlem, boylam, yükseklik ve denize olan mesafe) kullanılmıştır. Kullandıkları 12 adet iklim parametresi şunlardır; gün ışığı süresi, güneş ışıınımı, minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık, minimum maksimum ve ortalama bağıl nem, bulutluluk yüzdesi, gerçek buharlaşma, yağış ve toprak nemi verileridir.



**Şekil 1.2:** Bioklimatik bölgelerin Ward metodu sonuçlarına göre coğrafik dağılımı

Bu verileri diskriminant analizi (DA), hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan küme analizi, temel bileşen analizi ve çoklu lineer regresyon modelleri kullanarak incelemiştir. Bioklimatik indisleri geliştirmek içinse Holdridge ve Box modellerini kullanmışlardır. Uyguladığı küme analizi metotları tam, McQuitty ve Ward metodu ve hiyerarşik olmayan k-means metotlarıdır. Diskriminant analizini, kullandığı 7 bioklimatik bölgenin arasındaki farkları açıklayan 27 adet parametrenin birbirine göre önemini lineer diskriminant fonksiyonun yapısal ve standardize edilmiş katsayılarıyla göstermişlerdir. Temel bileşen yöntemini kullandığı çok boyutlu verinin boyutunu azaltmak için kullanılmıştır. Şekil 1.2’de Ward yöntemi sonuçlarına göre Türkiye bioklimatik bölgeleri görülmektedir. Kullanılan tam bağlantı yöntemi ve McQuitty yöntemi iyi sonuç vermemiştir. Diğer küme analizi metotları Ward ve hiyerarşik olmayan k-means yöntemi benzer sonuçlar vermiştir.

Sahal (2005) 238 istasyonda 1994-2003 yılları arasında ölçülmüş; şiddetli yıllık yağış endeksleri ve aylık ısınma derece gün verilerini kullanarak binaların dış cephe dizaynı için Türkiye iklim bölgelerini (nüfus ağırlıklı ısınma derece gün bölgeleri) belirlemiştir. İlk önce, aylık yağış miktarı ve aylık rüzgâr hızı verilerinden yıllık şiddetli yağış endeksini hesaplayıp daha sonra nüfus ağırlıklı ısınma derece gün bölgelerini belirlemiştir. Kullandığı verilere dayanarak 3 farklı iklim bölgesi elde etmiştir. 1. bölge yıllık yağış endeksi 3 den küçük olan korunaklı yerleri, 2. Bölge (yıllık yağış endeksi 3 ve 6 arasında ve nüfus ağırlıklı ısınma derece gün <1600) ortalama sıcaklıklar sıfırdan büyük olan ve Eylül ve Mayıs sonu arasında görülen

orta seviyede şiddetli yağış endeksine maruz kalan yerleri, 3. bölge ise orta seviyede şiddetli yağış endeksi ve nüfus ağırlıklı ısınma derece gün 1601-2500 arasındaki yerleri göstermektedir.

Tatlı ve diğ. (2004) Türkiye’deki yüzey sıcaklığı değişkenliğini ve bu değişkenliğin büyük ölçekli üst atmosfer ile bağlantısını çok değişkenli teknikler uygulayarak araştırmışlardır. Büyük ve küçük ölçekli süreçlerin birbiri arasındaki istatistiksel bağlantıyı veri gürültüsünü azaltıcı yöntemlerden olan tekil spektrum analizi ve uzaysal temel bileşen analizi yöntemlerini uygulayarak büyük ölçekli iklim süreçlerinden yerel ölçekli iklim değişkenlerini tahmin eden uygun bir model geliştirmişlerdir. Kullanılan veri Türkiye’deki 62 meteoroloji istasyonunda ölçülmüş sıcaklık verileridir. Sonuç olarak gürültüden arındırılmış yerel ölçekteki veri setlerinin açıklanması ham veri setlerine göre çok daha önem arz ettiğini göstermişlerdir.

Türkeş ve Erlat (2007) Kuzey Atlantik salınımın (NAO) Türkiye kış ayı sıcaklıklarına etkisini incelemiştir. Türkiye’deki 70 istasyonun ortalama sıcaklık serilerini ve 500 hPa jeopotansiyel yükseklikteki çevrim tiplerini Arktik salınım endeksinin (NAO) uç ve normal safhaları arasındaki sıcaklık değişkenliğinin atmosferik kontrolünü araştırmıştır. Kullandığı veriler aylık ve mevsimsel ortalama sıcaklık verileridir. Korelasyon analizi yaparak sıcaklık anomalisi ve ASE arasındaki ilişkileri belirlemiştir. Arktik salınımın Türkiye ortalama sıcaklık verileri üzerindeki etkilerini araştırmak içinse tüm uç safhaları ve NAO pozitif ve negatif yıllarını kullanmışlardır. Cramer’in  $t_k$  testini, aylık ve mevsimsel sıcaklıklarının birleşik ortalamalarının NAO’nun normal ve uç safhalarını uzun dönem sıcaklık ortalamalarını kullanarak karşılaştırmıştır.

Türkeş ve diğ. (2002) Türkiye’de ölçülmüş ortalama sıcaklık, maksimum sıcaklık ve minimum sıcaklık verilerinin homojenliğini ve trendleri yeniden gözden geçirmiştir. Çalışmasında 1929-1999 yılları arasında ölçülmüş 70 adet istasyonun sıcaklık verilerini kullanmıştır. Eksik verileri tamamlamak için genel olarak literatürde kullanılan 2 yıllık aylık ortalamaları kullanarak eksik verileri tahmin etmişlerdir. Homojenliği test etmek için non-parametrik bir test olan Kruskal-Wallis testini uygulamışlardır. Anlam seviyesi %0.01 için grafiksel zaman serisi analizi ve istasyon kayıt bilgileri de kullanarak homojenliğe karar vermişlerdir. Zaman serilerinin yapısını ve önemini ve beklenmeyen değişimleri incelemek için Wald-Wolfowitz

non-parametrik seri korelasyon testini uygulamışlardır. Sonuç olarak 7 ve 10 yıllık alt periyotlarda istasyonların çoğunu homojen bulmuşlardır. Kış sıcaklık verilerinde ise ne önemli bir sıçrama ne de uzun dönemli bir dalgalanmaya rastlamamışlardır. Bahar minimum sıcaklık zaman serileri grafiklerinin de gösterdiği gibi; farklı coğrafi bölgelerde bile olsa, yıldan yıla değişkenlik, uzun dönem dalgalanmaları ve trend biçimleri açısından benzerlikler göstermektedir. Bahar ve yaz minimum sıcaklıklarında görülen homojen olmayan seriler ise benzer şekilde ortalamalardan hızlı ve önemli düşüşlerden kaynaklanmaktadır. İstatistiksel analizlere, istasyon geçmişi hakkındaki bilgilere dayanarak ve eksik veri sayısını da göz önüne alarak 80 istasyonun 70'inin homojen olduğuna karar vermişlerdir ve trend analizinde bu istasyonları kullanmışlardır.

Kutiel ve Türkeş (2005) Türkiye'nin Karasal İç Anadolu bölgesindeki Kapadokyan alt bölgesindeki 6 adet istasyonun aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklık verilerini, Kuzey Deniz-Kaspiyan süreç indeksi (NCPI) değişikliğinin Kapadokyan iklimindeki değişikliklerle olan ilgisini analiz etmiştir. Birçok iklim sınıflandırmasına göre bu bölge yarı-kurak olarak sınıflandırılmıştır. NCPI zaman serilerinin Ocak ayından Aralık ayına kadar, 1958-1998 yılları arasındaki NCPI zaman serileri doğal şartlarda negatif safha NCP(-) ve pozitif safha NCP(+) kullanılarak sınıflandırılmıştır. Her iki safha içinde istasyonların yağış ve sıcaklık verileri ayrı ayrı analiz edilmiştir. Sonuçlar önceki çalışmalarda bulunan NCP'nin bu bölgede sıcaklık rejimini kontrol ettiğini doğrulamıştır. Toplam yağış içinse her iki safha arasında önemli bir fark bulunmamıştır ancak konumsal yapıda ana farklılıklar bulunmuştur. Thornthwaite nem endeksi ve Erinç'in kuraklık endeksine göre, yarı-kurak ve kuru yarı-nemli iklim şartları bu bölgede etkisini sürdürmektedir.

Yapay sinir ağları da verilerin kümelenmesinde kullanılmaktadır. Yapay sinir ağlarının küme analizi için kullanılan çeşidi KOHONEN yapay sinir ağlarıdır. Kohonen sinir ağları kendi kendini düzenleyen ağlar gurubuna girer. Girdi uzayında birbirine yakın olan noktalar çıktı ile aynı veya komşu işlem elemanlarıyla eşleştirme prensibine dayanır. Kohonen genellikle eğitim verilerinin saklandığı ve Kohonen öğrenme kuralının her bir durumda sırayla uygulandığı zamandan bağımsız öğrenme için veri kümesi üzerinden pek çok kez geçirilerek (sıra dışı) öğrenme kullanılır. Marjinal yöntemler ya her bir durumun kümeye üyeliğinin veya iki en yakın küme arasındaki hesaplanmaların saklanması gerektirir. Bu nedenle, grup

algoritmaları büyük veri kümeleri için avantajlıdır dolayısıyla Kohonen yapay sinir ağlarının iklim bölgelerini sınıflandırmada kullanılabileceği düşünülmektedir.

#### **1.4.5 Kohonen yapay sinir ağlarının hidrolojide ve klimatoloji de kullanımı ve literatür taraması**

Kohonen yapay sinir ağları (KYSA) diğer bir adıyla öz örgütlemeli harita ağları, Kohonen tarafından karmaşık dağılım gösteren durumlarda bir bütün halde verinin görselleştirilmesi için Kohonen tarafından ortaya atılmıştır (Kohonen, 1989, 1990,1991, 1995). Kohonen yapay sinir ağları birçok farklı disiplinde geniş bir kullanım alanı olmasına karşı klimatolojik ve hidrolojik literatürde henüz çok az bir kullanım alanı bulmuştur. (Hewitson, 2002). Kohonen yapay sinir ağları fiziksel coğrafya komitesine yapay sinir ağlarının tanıtıldığı geniş katılımlı bir toplantıda ilk kez 1994 yılında tanıtılmıştır (Hewitson ve Crane, 1994).

Main (1997) KYSA'yı genel sirkülasyon modelleri kapsamında mevsimsel sirkülasyonların araştırılması için kullanılmıştır. Hudson (1998) genel sirkülasyon modeli pertürbasyon deneyi esnasındaki sinoptik frekans değişimlerini incelemiştir.

Pangoulia (2006) çeşitli iklim bölgelerindeki yüksek ve düşük akımların simule edilmesi için lineer en küçük kareler metodunu ve simplex optimizasyonunu 3 katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağı modeliyle karşılaştırmıştır. Yapay sinir ağı modelini 3 farklı iklim çeşidi için simule ederek sonuçları diğer metotlarla karşılaştırmıştır. Yapay sinir ağları modeli artan yağış ve azalan yağış değerleri için eğitildiğinde günlük yüksek ve düşük akımları simule etmekte başarılı olmuştur. Tüm periyot için uyguladığında yapay sinir ağları modeli geleneksel yöntem olarak kullanılan toprak nemi hesabı yönteminden daha başarılı sonuçlar vermiştir.

Saraceno (2006) ve diğerleri Güneybatı Atlantikteki biyofiziksel bölgeleri incelemek için KYSA'yı kullanmıştır. Veri olarak aylık deniz seviyesi sıcaklıkları ve aylık deniz seviyesi sıcaklıkları gradyanlarını kullanmıştır.

Hewitson ve Crane (2006) Kohonen yapay sinir ağlarının Sinoptik klimadaki bir uygulamasını yapmıştır. Kuzeydoğu Amerika'daki gridlenmiş deniz seviyesi basınç verilerinin çok boyutlu fonksiyonu olan prototip noktaların yerini belirlemek için KYS' yi kullanmıştır. KYS'nin sinotik olayların hızlı ve güçlü olarak genelleyerek sinoptik durumları görselleştirmede kullanmıştır.

Tambouratzis (2006) iklim profillerini tahmin etmek için KYSA tabanlı bir yöntem kullanmıştır. Burada amaç bilinen bölgelerdeki iklim profillerini tahmin etmektir. Klimatik profil bir bölgenin sıcak-soğuk, nemli-kuru, güneşli-kapalı, yağmurlu-kuru, rüzgarlı-durağan gibi karakterlerini açıklamaktadır. 6 adet morfolojik karakteri (enlem, boylam, yükseklik, dağ yamacı eğimi, ova ve plato sayısı vs.) kullanarak bilinen bölgelerin iklim özelliklerini tahmin etmeye çalışmıştır. KYSA metodu kullandığı en yakın istasyon metodu ve en yakın morfoloji metodundan sonra kullandığı 3. yöntemdir. Sonuç olarak KYS tabanlı tahmin yönteminin diğer 2 yönteme göre çok daha doğru tahminler yaptığını göstermiştir.

Cavaso (1999) ekstrem iklim olaylarını tahmin etmek için KYS yöntemini kullanmıştır. Analizlerini günlük zaman ölçeğinde sirkülasyon ve atmosferik nemin ekstrem iklim olaylarındaki etkisini göstermeye çalışmıştır. Sonuç olarak KYS kuru dönemleri iyi yakalamıştır ancak küçük iklim olaylarında iyi sonuç vermemiştir.

Morata (2006), İber, Peninsula'da benzer yağış biçimleri üzerinde çalışmıştır. Yağış rejimlerini karakterize eden salınımları elde ederek, yağış biçimlerinin farklarını ve bölgeselliğini göstermiştir. Kullandığı veri İspanya'da ölçülmüş 4000 adet istasyon ölçümlerinden oluşturulan günlük yağış verileridir. Dalgacık metotlarını İber yağış sahasındaki farklı zaman ölçeğindeki benzer karakteristikleri ayırtmak ve izole etmek için kullanmıştır. Kohonen yapay sinir ağları kullanarak benzer konumsal düzendeki zaman ölçekleri gruplandırılmıştır. Böylece dalgacık sınıflandırması seçilen frekanslardaki benzer davranış gösteren dalgacık serilerine danışmansız Kohonen yapay sinir ağları uygulanarak elde edilmiştir. Kullandığı Kohonen yapay sinir ağlarında link mesafesi olarak 1.0, 0.5, ve 0.0 sayılarını kullanmış ve bunlardan en sınırlayıcı olan 0.0 katsayısını seçmiştir. İterasyon sayıları 500 ve 1500 arasında değişmektedir. Öğrenme oranını 0.1 almış ve başlangıç ağırlıklarını düşük seçmiştir.

Turias (2006), İspanya'nın Campo de Gibraltar istasyonundaki meteorolojik kulede 1999-2002 yılları arasında ölçülmüş verilerin meteorolojik sınıflandırması için yarışmacı bir yapay sinir ağları şeması oluşturmuştur. Kullandığı veriler, rüzgâr hızı ve yönü, sıcaklık verileri, atmosfer basıncı ve tahmin edilen parametrelerden mutlak nemlilik, havalandırma faktörü ve karışma yüksekliği gibi parametrelerdir. Çalışmasının amacı bölgedeki meteorolojik durumun karakterize edilmesi için Kohonen öğrenme kuralına dayalı yarışmacı bir ağ kullanmaktır. Temel bileşen analizine Varimax dönüşümü uygulayarak, yarışmacı kümeleme sonuçlarının fiziksel

anlamını yorumlamıştır. Fisher diskriminant metodunu ise optimum bir şekilde lineer olarak kullandığı verinin boyutunu azaltmak için kullanmıştır. Özetle TBA-varimax dönüşümünü yarışmacı ağ sonuçlarının yorumu ve Fischer dönüşümünün nicel ve nitel özelliklerini kullanarak TBA sonuçlarının niteliklerini kontrol etmişlerdir. Ambroise ve diğerleri (2002) de bulutların sınıflandırılmasında KYSA'yı kullanmıştır.

Metelka (2003) Kuzey Atlantik jeopotansiyel alan değişkenliğini KYS yardımıyla 3 boyutlu olarak sınıflandırmıştır. Çalışmasında bölgesel veri gridlerinin mesafesinin kutup bölgesine doğru azaldığından veriyi aynı alanları gösteren benzer gridlere dönüştürmüştür ve daha sonra (1961-1990) periodları arasında devam eden kış mevsimi boyunca her kış mevsimi için verinin mevsimsel ortalamalarını almış ve anormallikleri hesaplamıştır. Daha sonra bu anormallikler 4x3 lük grid topolojisindeki bir ağla kümelemiştir. Sonuç olarak tipik küme merkezlerini vektörlerin dağılımına göre eğitilmiş harita yardımıyla göstermiştir.

Michaelides ve diğ. (2001), yağış değişkenliğinin sınıflandırılması için Kohonen yapay sinir ağlarını kullanmıştır. Kullandıkları veri Güney Kıbrıs'ta bir istasyonda 1917-1995 yılları arasında ölçülmüş günlük yağış verileridir. Kullandıkları veriyi Kohonen yapay sinir ağlarına tanıtmak için 2 farklı prosedür izlemişlerdir. Birincisi 12 aylık öğeleri içeren 1 yıllık alt küme ve ikincisi ise 24 aylık öğeleri içeren 2 yıllık alt kümeleri kullanarak eğitim verisinin yapısını oluşturmuşlardır. Her bir ve iki yıllık alt kümeler için yağmur verisi için değişkenliğin hesaplanması için ampirik olarak 16 adet sınıfı göz önüne almışlardır. Kohonen yapay sinir ağlarının sonuçlarını ortalama bağlantı küme analizi yöntemiyle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda Kohonen yapay sinir ağlarının araştırılan önemi az yağış tiplerinin bile belirlenmesinde daha başarılı olduğu ve elverişli olan verilerin daha gerçekçi kategorizasyonunu gerçekleştirdiğini göstermişlerdir. Sonuç olarak Kohonen yapay sinir ağlarının daha uzun periyotlarda ve fazla iklim parametresine uygulanabileceğini vurgulamışlardır.

Malmgren ve diğ. (1999) iklim sınıflandırılması için KYSA'yı kullanmıştır. Kullandığı veriler sıcaklık ve yağış değerleridir. Ancak sadece 18 istasyon kullandığı için KYS'nin avantajlı yanı olan karmaşık dağılmış verileri daha iyi kümeleme özelliğini kullanamamışlardır. Ayrıca KYSA'nın iklim bölgelerinin sınıflandırılması ile ilgili diğer metotlarla bir karşılaştırılmasını yapmadığından ortada KYSA'nın

iklim bölgelerinin sınıflandırıp sınıflandıramayacağına dair hiçbir bilgi yoktur. Zaten 18 bölgeyi kümelemek fazla karmaşık bir işlem olmadığından hemen hemen bütün metotlar aynı sonucu verir.

Literatür taraması sonucunda KYSA'nın iklim bölgelerini sınıflandırmak için klasik kümeleme yöntemleriyle KYSA'nın bir karşılaştırmasına da rastlanılmamıştır. Sonuç olarak KYS iklim bölgelerinin araştırılması için etkinliği henüz gösterilmeyen bir kapalı kutudur.

#### **1.4.6 Bulanık-YSA küme algoritmalarının hidrolojide ve klimatoloji de kullanımı ve literatür taraması**

Nöro-bulanık sistem bulanık mantık ve yapay sinir ağı sistemlerinin birleştirilmesiyle oluşturulur (Kruse, 1999; Nurnberger, 2004). Bir nöro-bulanık küme metodu sadece bir yapay sinir ağları metodu ve sadece bir bulanık mantık metoduna göre daha iyidir, çünkü daha açıktır ve geçmiş verileri kullanarak sistem parametrelerini öğrenebilir (Liu ve Chandrasekar, 2000).

Yong (1999) bağıl uzaklığın benzerlik ölçümüne ve bulanık kural tabanlarına dayalı bir nöro-bulanık model geliştirmiştir. Bu model tümleşik adaptif nöro-bulanık kümeleme yönteminin (ANBK) modifiye halidir. Bu model küme sayısını önceden tahmin etmez ancak küme sayısını günceller ve küme sayısını kontrol etmek için güven parametresi olarak öne sürdüğü bir değişkeni kullanır. Böylece, ağırlık katsayılarının ilklendirilmesi sorununun çözüleceğini göstermiştir. Bulanık üyelik değerlerini kullanabilmek için benzerlik ölçümü olarak bağıl uzaklığı kullanmıştır. Bu modelin ANBK modelinden temel farkı çıktı nöronların ağırlıklarını güncellemesidir. Oluşturduğu bu modeli Iris veri setine uygulayarak performansını karşılaştırmıştır. Bir sonraki bölümde bu modelin algoritması ana hatlarıyla açıklanmıştır.

Annas ve diğ. (2007) Danışmanlı bir nöro-bulanık sınıflandırma modeli kullanarak (Nefclass) tropik günlük yağış değişimlerini hesaplamıştır. Bu metot, bulanık sınıflandırma kurallarıyla gösterilen model çıktılarının yapılandırılmasına imkân veren nöro-bulanık modellerinin içinde özel bir örnektir. Sınıflandırma prosedürü veri setinin küme bilgisini elde etmek için bulanık c-ortalamar metodu BCY kullanılmaktadır. Burada kümeleme işlemi ıslak ve kurak mevsimlere göre 2 küme veri setinin düzenlenmesi için kullanılır. BCY yöntemine göre bulunan kümeler,

sınıflandırma modelinin kural tabanını oluşturmak için bir nero-bulanık algoritma tarafından eğitilir. Daha sonra eğitilmiş sınıflandırma modelinin doğruluğunu arttırmak için kural tabanlarının azaltılması yoluna gidilir. Sonuç olarak yüksek doğrulukta basitleştirilmiş kural tabanı yüksek performans sağlamıştır ve bu da yağış değişkenliğinin yorumlanmasını kolaylaştırmıştır. Nefclass algoritması anlatılmıştır.

Burrows ve diğ. (1997) nöro-bulanık çıkarım yöntemi (NBC) kullanarak bir ozon tahmin uygulamasını açıklamıştır. NBC yöntemi girdi verisinin boyutunu azaltmak için ‘bulanık kümeleme yöntemi’ kullanır ve kullanılan yapay sinir ağları modelinin performansını artırır. Geniş dağılımlı binlerce veri eğitim için kullanılabilir. Veri yapay sinir ağlarına girilmeden önce mümkün olan sayıda küme ile eşlendirilir. Kümeler belirlendikten sonra bulanık kural tabanları geliştirilir.

Wang ve Feihui (1999) bulanık Kohonen yapay sinir ağlarının imajların kısımlara bölünmesi konusundaki eksikliğinden dolayı adaptif bir bulanık Kohonen yapay sinir ağı modeli, geliştirmiştir. Çalışmanın amacı bazı özelliklere göre bazı anlamlı bölgeler elde edip böylece bu bölgelerdeki benzeyen ve benzemeyen özellikleri göstermektir. Sonuç olarak hem yakınsama hızı hem de bilgisayar işlem hızı olarak bulanık-Kohonen yapay sinir ağlarına göre daha iyi sonuç elde etmişlerdir ve imaj kısımlara ayrılması konusunda avantajlı olduğunu göstermişlerdir.

Reimer ve Sodoudi (2004) Elbe nehrinin havza alanının iklim modeli 1979-2055 yılları arssındaki hesaplamaları için bir nero-bulanık yöntem uygulamışlardır. Model sistemin değişik simulasyonları (3 boyutlu hidrostatik iklim modeli) bu projede kullanılmıştır. Yakın yüzey parametrelerinin 1979-2000 yılları arasındaki ölçümlerin yerel serileri yıllık varyasyonlara ve kısa dönem sapmalara bölünmüştür. Nöro-bulanık modeli günlük toplam yağış, günlük ortalama sıcaklık, bağıl nem ve buharlaşmayı tahmin etmek için kullanmışlardır. Daha sonra bu modeli senaryolar üreterek parametrelerin yerel zaman serilerinin 2001-2055 arsındaki değerlerini belirlemekte kullanmışlardır.

Gautam ve Holz (2001), yağış-akış modellemesi için adaptif nero-bulanık sistemleri kullanmıştır. Hem tahminler için hem de simulasyon için nöro-bulanık sistem tabanlı yağış akış modellerinin uygulanabilirliğini ve etkisini araştırmıştır. Bunun için İtalya’daki Sieve havzasındaki yağış akış süreçlerinin modellenmesi için oto-regresif dış yapılı değişken girdilerini adaptif nero-bulanık yöntemlerle kullanmıştır.

Ninan ve diğ. (2001), uzun dönem yağış tahmini için nero-bulanık sistemlerden faydalanmıştır. Kullandığı sistem yapay sinir ağları (ANN) ve bulanık çıkarım sisteminin (FIS) bir karışımı olan adaptif nero-bulanık sistem (ANFIS)'dir. Performans değerlendirmesi için tahmin edilen değerler gerçek yağış verileriyle karşılaştırılmıştır. Simulasyon sonuçlarına göre nero-bulanık sistemlerin etkili ve umut verici olduğu görülmüştür.

Wang ve diğ. (2006) spektral analiz, yapay sinir ağları ve bulanık mantığa dayalı bir nero-bulanık model geliştirerek, hız ve spektrum nüfuz alanındaki tornado belirtilerini entegre ederek tornado keşfini geliştirmiştir. Üyelik fonksiyonlarını gerçek verinin istatistiksel analizine göre iklendirmiş ve yapay sinir ağlarını bulanık sisteme entegre etmiştir. Böylece yapay sinir ağlarının kendini eğitme özelliğinden yararlanarak üyelik fonksiyonlarını eğitim aşamasında ayarlamıştır. Sonuç olarak oluşturdukları modelin geleneksel modellere göre ikincil-hata yanlıgılarından kaynaklanan yanlış uyarıları azalttığını göstermiştir.

#### **1.4.7 Nero-bulanık yöntemlerin iklim bölgelerinin belirlenmesinde kullanılmadığının gösterilmesi**

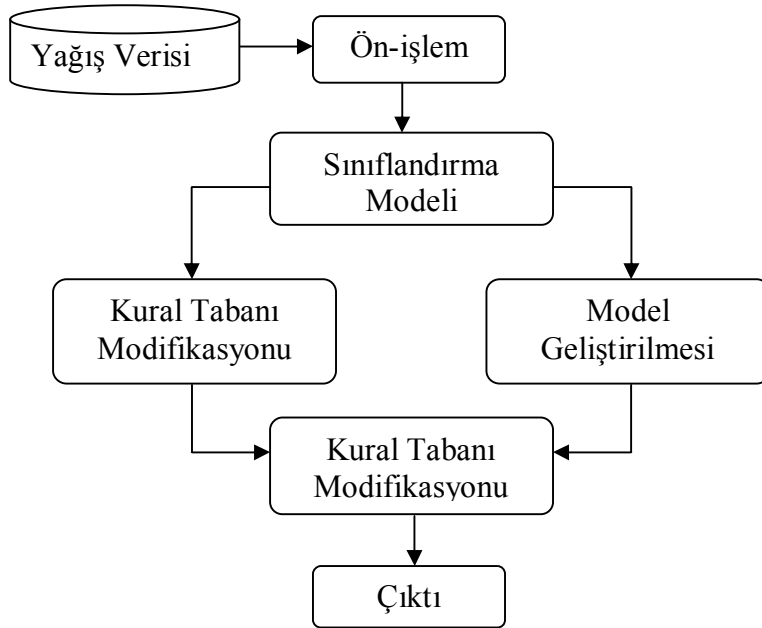
Aşağıda nero-bulanık yöntemlerin iklim bölgelerinin belirlenmesi konusuna en yakın iki çalışma incelenip farkları ortaya konacaktır ve aslında iklim bölgelerinin belirlenmesi konusuyla bir ilgisi olmadığı gösterilecektir.

Annas ve diğ. (2006) 'Neuro-Fuzzy Approaches for Modelling the Wet Season Tropical Rainfall' adlı çalışmada tropik yağmurlu mevsim yağışlarının modellenmesi için bir nero-bulanık yöntem kullanmıştır. Nero-bulanık sınıflandırma yöntemi ilk önce yağmur miktarının değişiminin yorumlanmasına olanak veren basit kural tabanlarını oluşturmuştur. Daha sonra oluşturulan bu kural tabanları yağış değişimlerinin tahmini için bir nero-bulanık çıkarım modelini üretmiştir. Veri modellemesi için geliştirilen bir nero-bulanık yöntemin avantajı, sonuçların doğruluğu ve sonuçların yorumlanabilmesidir (Plantamura ve diğ., 2003). Bundan başka nero-bulanık yaklaşımlar yağış akış ilişkisinin modellenmesinde de kullanılmıştır (Gautam ve diğ. 2003); Nazemi ve diğ. 2004). Bu araştırmacılar yağış-akış modellemesi için hem tahmin hem de simülasyon için ne denli etkili olduğunu göstermişlerdir.

Bu çalışma Makassar, Endonezya’da tropik alandaki yağmurlu mevsim yağışlarının modellenmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Kullandıkları veri 1976-2005 yılları arasında, Makassar ve Paoetre istasyonlarında ölçülmüş 30 yıllık yağış verileridir. Makassar istasyonu Makassar bölgesinin anakara kısmında, Paoetre istasyonu ise kıyı kesimlerinde bulunmaktadır. Model yöntemi 3 ana adımda oluşur: ön-işlem, sınıflandırma modeli ve tahmin modeli. Ön işlem birincil yağış verisinin standardize edilmesi ve uygun formata getirilmesidir. Sınıflandırma modeli bulanık kural tabanlarından oluşan bir modeldir. Bu adımda eğer model kötü sonuçlar vermişse kural tabanlarında azaltma yoluna gidilerek performans artırımı sağlanır. Tahmin modeli ise uzun dönem yağış verilerini kural tabanlarını kullanarak tahmin eder.

Modelin n-boyutlu giriş vektörü  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in \mathcal{R}^n$ , m çıktı sınıfı  $C_i (i = 1, 2, \dots, m)$ , aşağıdaki biçimde bulanık kural tabanı olarak sunulur.

$R_k : IF x_1 \text{ is } \mu_1^k \text{ AND } x_n \text{ is } \mu_n^k \text{ THEN pattern } (x_1, x_2, \dots, x_n) \text{ belongs to } C_i$



**Şekil 1.3:** Nefclass modelinin akış şeması

Bu bölümde girdi verisi Eylül-Şubat arasındaki 1976-2005 yıllarında Makassar’da ölçülmüş 6 boyutlu yağış verisini içerir. Çıktı ise bulanık kural tabanları tarafından oluşturulan bütün yıllar için sınıflandırma modelidir. Modelin daha iyi sonuç vermesi için çeşitli stratejiler kullanılmıştır. Bunlar çıktı ile zayıf korelasyon gösteren girdilerin silinmesi ve kural tabanlarının bazılarının silinmesidir. Bu aşamadan sonra

oluşturulan kural tabanlarının son hali tahmin modelinde kullanılır. Tahmin modelinde nero-bulanık çıkarım yaklaşımı (ANFIS) kullanılmaktadır. Yağış tahmin modeli geliştirmek için, Nefclass modelinden elde edilen bilgilerin Sugeno tipi çıkarım oluşturmak için kullanılır. Bundan sonra, bütün yıllardaki Ocak, Şubat ve Aralık aylarının yağmurlu mevsim yağışlarının tahmini için, son 3 ayın verisi kullanılmıştır. Örneğin, Eylül-Kasım verileri Aralık ayı tahminleri için kullanılmıştır.

Annas ve diğ. (2007) ‘Assessing daily tropical rainfall variations using a neuro-fuzzy classification model’ adlı çalışmasında bu kez aylık yerine günlük verileri kullanarak tropik yağış değişimlerini tahmin etmiştir. Bu çalışmanın diğer çalışmadan farkı, küme bilgisinin elde edilmesi için bulanık c-ortalamar metodunu kullanmasıdır. Bir önceki çalışmada direk olarak tropik yağmurlu mevsim yağışlarını tahmin etmişti ancak bu kez bulanık c-ortalamar metodunu kullanarak veriyi az yağmurlu mevsim yağışları ve çok yağışlı mevsim yağışları olmak üzere 2 kümeye ayırmıştır. Burada bulanık c-ortalamar metodunu kullanmasının nedeni verinin biçimi hakkında az bilgi sahibi olduğundan verinin oluşturduğu kümeler hakkında bilgi sahibi olmak içindir.

| Rules      |    | $V_{(1,2,3,4,5,6,7,8)}$ |      | Cluster | Prm  |
|------------|----|-------------------------|------|---------|------|
| $R_1$ :    | If | (s,s,s,s,m,s,m)         | Then | I       | 0.00 |
| $R_2$ :    | If | (s,s,s,s,m,s,s)         | Then | II      | 0.02 |
| $R_3$ :    | If | (s,s,s,s,l,s,s)         | Then | II      | 0.01 |
| $R_4$ :    | If | (s,s,s,s,s,s,s)         | Then | I       | 0.56 |
| $R_5$ :    | If | (s,s,s,s,s,m,s)         | Then | II      | 0.02 |
| $R_6$ :    | If | (s,s,s,s,s,s,l)         | Then | I       | 0.00 |
| $R_7$ :    | If | (s,s,s,s,m,s,s)         | Then | I       | 0.00 |
| $R_8$ :    | If | (s,s,l,s,s,s,s)         | Then | II      | 0.00 |
| $R_9$ :    | If | (s,s,s,s,s,l,s)         | Then | II      | 0.01 |
| $R_{10}$ : | If | (m,s,s,s,s,s,s)         | Then | I       | 0.00 |

s = small, m = medium, l = large, Prm = performance.

**Şekil 1.4:** Kural tabanları

Daha sonra elde ettiği küme bilgisi doğrultusunda veriyi yorumlayarak yukarıdaki kural tabanlarını kullanmıştır. Şekil 1.4’de  $v(1,2,3,4,5,6,7,8)$  girdisi 1997-2004 yılları arasındaki 8 yıla ait günlük yağış verileridir. 10 adet kural tabanı kullanarak verinin küme bilgisi elde edilmiştir. Burada veri 2 kümeye ayrılacak şekilde kümelendirilmiştir (çok ve az yağışlı). Daha sonra verinin boyutunu ve kural tabanlarını azaltarak doğruluk oranını arttırmaya çalışılmıştır. Azaltma stratejilerinin sonuçları aşağıdaki gibidir.

On adet kural tabanını 4'e, giriş veri boyutunu da 3'e kadar azaltarak daha doğru sonuçlar elde etmiştir. Daha sonra bu oluşturduğu kural tabanlarını ANFIS ile eğiterek tropik yağmurlu mevsim yağışlarını tahmin etmiştir.

Bu çalışmada kullandıkları istasyon sayısı 2'dir ve her istasyonun kendi verisini sınıflandırarak yağış tahmini yapmışlardır. Sınıflandırma ve kümeleme arasında fark vardır. En başta sınıflandırma işleminde kesin sonuca varılabilir. Çizelgede da görüldüğü gibi 10 kural tabanı için doğruluk oranı %17.76'dır. Kullanılan verinin hangi kümeye ait olduğu önceden bilindiğinden model sonucunda elde edilen çıktının o kümeye ait olup olmadığı bilinebilir.

Sınıflandırma problemine örnek olarak bir fabrikada üretilen bir ürünün çeşitli kriterlere göre (giriş verisi) değerlendirilip ürünün kaliteli, kalitesiz ya da orta kalitede (çıkış verisi) olduğu belirlenebilir. Bu çalışmada ise girdi olarak 8 yıl zaman aralığında günlük yağış verisi kullanılmış ve çok yağışlı ya da az yağışlı kümeye ait olup olmadığı belirlenmiştir. Çok yağışlı ya da az yağışlı küme bilgisi ise önceden bulanık c-ortalamlar metodu ile belirlenmişti.

Sonuç olarak yukarıda anlatılan iki çalışma iklim bölgelerinin belirlenmesi ile ilgili bir çalışma değildir. Kullandıkları 2 istasyon günlük ve aylık yağış verilerini kendi aralarında sınıflandırarak yağış tahmini yapmaktadırlar. Burada kullandıkları 2 istasyon verisi iklim bölgelerinin kümelenmesinde olduğu gibi bütün değil, ayrı ayrı incelenmiştir. Bulanık c-ortalamlar ise veri hakkında bilgi sahip olmak için kullanmışlardır. Bulanık-YSA yönteminde ise bulanık-c yöntemi sonuçları yapay sinir ağlarına eğitim verisi olarak tanıtılmıştır. Yukarıda anlatılan çalışmada ise bulanık c-ortalamlar metodu sonuçları oluşturulan bulanık kural tabanlarının sonuçlarının doğruluğunu kontrol etmek için kullanılmıştır. Kullanım amacı olarak bu çalışmada ve Bulanık-YSA yönteminde bulanık c-ortalamlar metodunun kullanım amacı farklıdır.

#### **1.4.8 Bulanık-YSA metodunun meteorolojik çalışmalarda kullanılan Nefclass modelinden farkının açıklanması**

Bulanık c-ortalamlar metodu ile bulanık çıkarım yapılmaz, Nefclass yöntemi Sugeno tipi bulanık sistem kullanır ancak bulanık c-ortalamlar yöntemi her bir veriye bulanık üyelik değerleri atayarak üyelik matrisini oluşturur ve çeşitli formüller

ve iterasyonlarla verilerin küme üyelik derecelerini bulur. Burada Nefclass da olduğu gibi herhangi bir bulanık çıkarım yoktur.

Sonuç olarak Annas'a ait iki çalışma da Doktora Tez konusuna en yakın çalışmalar olduklarından farklılığın ortaya konması için incelenmiştir. Bu iki çalışmada anlatıldığı gibi sadece 2 istasyon yağış verisini kullanarak, her istasyon verisini kendi içinde kümeleyerek bulanık kural tabanı oluşturmuşlardır. İklim bölgelerinin belirlenmesi için istasyon verileri kendi içinde değil bir arada analiz edilir. Yani bu çalışmada kullanılan 2 istasyon verisi ayrı ayrı analiz edilmiştir. Sonuç olarak bu çalışma iklim bölgelerinin belirlenmesi konusuyla bir alakası yoktur. Ayrıca bu çalışmada nero-bulanık yöntemler sınıflandırma ve tahmin için kullanılmıştır. Sınıflandırma ve kümeleme arasındaki fark yukarıda anlatılmıştır. Son olarak Nefclass algoritması ile Bulanık-YSA algoritması çok farklı algoritmalarıdır. Her iki yöntemin akış şeması detaylı olarak gösterilmiştir. Kısaca bahsetmek gerekirse Nefclass algoritması Sugeno Tipi bulanık sistemi kullanarak bulanık çıkarım yapmaktadır, Bulanık-YSA ise bulanık üyelik matrisi oluşturarak iterasyonlarla ve formüllerle bulanık üyelik matrisini belirlemektedir. Burada her hangi bir bulanık çıkarım yoktur. Son olarak ve en önemli vurgulanması gereken durum Nefclass algoritması iklim bölgelerinin belirlenmesi için kullanılamayacağıdır. Nefclass (Neuro-fuzzy classification) bir sınıflandırma algoritmasıdır. Kural tabanları oluşturarak sınıflandırma yapar. Örneğin;

$$R_k : IF x_1 \text{ is } \mu_1^k \text{ AND } x_n \text{ is } \mu_n^k \text{ THEN pattern } (x_1, x_2, \dots, x_n) \text{ belongs to } C_i$$

Kural tabanında olduğu gibi girilen bulanık kural tabanı oluşturmak için girilen verinin hangi kümeye ait olduğu başta söylenmesi gerekmektedir. Annas'ın kullandığı örnekte girilen veriler çok yağışlı ve az yağışlı olarak 2 kümeye ayrılmıştır ve dolayısıyla girilen verinin hangi kümeye ait olduğu bilinmektedir. Mesela Iris verisinin kümelenmesinde de 3 farklı küme olduğu önceden bilinmekteydi. Sonuç olarak NEFCLASS bir sınıflandırma modelidir ve iklim bölgelerinin belirlenmesinde kullanılması mümkün değildir. Çünkü hangi istasyonun hangi kümeye ait olduğu önceden bilinmemektedir. Nefclass ancak iklim sınıflandırması problemlerinde kullanılabilir. Mesela karasal iklim özellikleri bilindiğinden karasal iklim özellikleri bulanık kurallar vasıtasıyla Nefclass algoritmasına öğretilir ve istasyon verilerinin iklim sınıflandırması yapılabilir.

#### **1.4.9 Korelasyonlardan oluşan matrisin küme analizinde kullanımı**

Yapılan küme analizinde Coronato ve Bisigato (1998) çalışmasından başka bir konuyla ilgili bir çalışma bulunamamıştır. Çalışmalarında Patagonya’da bulunan 21 adet istasyon da 14 yıllık sıcaklık verilerinin sınıflandırması için küme analizinde korelasyon matrisini kullanmışlardır. Sonuç olarak Patagonya’nın sıcaklık verisi biçimi olarak 2 farklı bölümden oluştuğunu bulmuşlardır. Bu tez çalışmasında korelasyon matrisini kullanma şekli biraz daha farklıdır. Bağlı nem ve yağış gibi verilerin bir arada bulunduğu değerleri normalleştirilmiş korelasyonlardan oluşan matris kullanılmıştır.

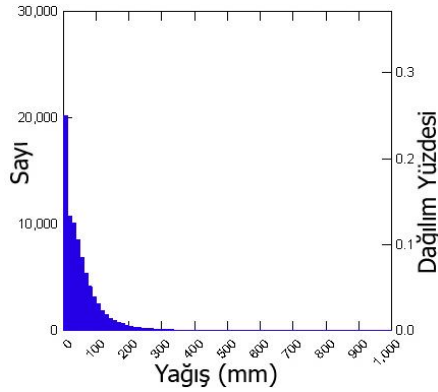
## 2 KULLANILAN VERİ ve EKSİK VERİLERİN TAMAMLANMASI

Kullanılan veri Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan günlük yağış, ortalama sıcaklık, maksimum ve minimum sıcaklıklar, bağıl nem, ortalama rüzgâr ve istasyon basıncı değerleridir.

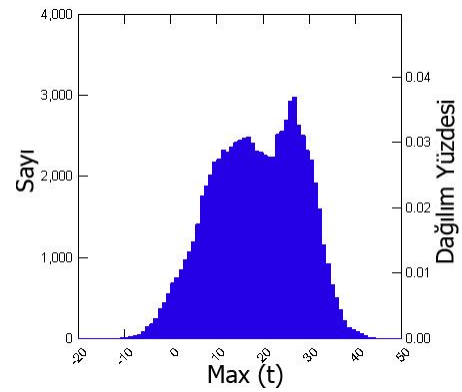
**Çizelge 2.1:** 250 adet istasyonun aylık verilerinin istatistik bilgileri

| Parametre       | Temel İstatistik verileri (aylık) |         |         |        |         | Eksik Veri Sayısı |       |
|-----------------|-----------------------------------|---------|---------|--------|---------|-------------------|-------|
|                 | Maks.                             | Min.    | Ort.    | Medyan | S.Sapma | Sayı              | Yüzde |
| Yağış(mm)       | 907.2                             | 0       | 51.168  | 36.600 | 57.084  | 1805              | 2.1   |
| Maks(t) (°C)    | 45.687                            | -12.245 | 18.620  | 18.988 | 9.594   | 2530              | 2.9   |
| Ort(t) (°C)     | 37.374                            | -18.384 | 12.842  | 13.045 | 8.838   | 2580              | 3.0   |
| Min(t) (°C)     | 28.794                            | -26.357 | 8.040   | 7.643  | 8.035   | 2539              | 2.9   |
| Bağıl nem (%)   | 95.618                            | 1.442   | 64.473  | 66.363 | 12.204  | 2612              | 3     |
| İ. basıncı (mb) | 1029.2                            | 761.5   | 938.141 | 925.90 | 65.648  | 10241             | 13.2  |
| Rüzgar (m/s)    | 10.413                            | 0.003   | 2.129   | 2.013  | 65.648  | 7364              | 8.5   |

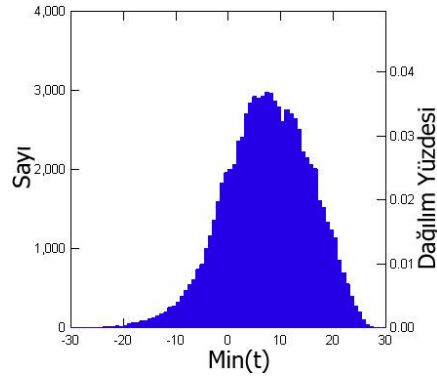
Çizelge 2.1’de 250 adet istasyonun maksimum, minimum, ortalama ve eksik verilerinin sayısı ve yüzdeleri hakkında bilgi verilmektedir. Bu veriler iklim bölgelerini belirlemek için kullanılacağından bütün verilerin aynı periyotta olmasını zorunlu kılmaktadır. Bu yüzden yukarıdaki Çizelge bütün veriler için ortak olan 1974-2002 yılları arasındaki istatistikî bilgileri vermektedir. Çizelge 2.1’deki değerler ortalama değerlerdir. Eksik veri sayısı 250 adet istasyonun toplam eksik veri sayısı ve eksik veri yüzdesi ise ölçüm sayısına göre hesaplanmıştır.



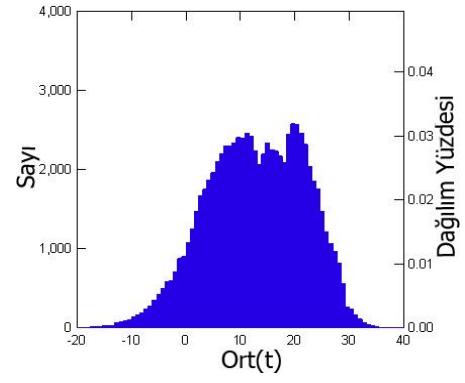
**Şekil 2.1:** Aylık toplam yağış istatistikleri



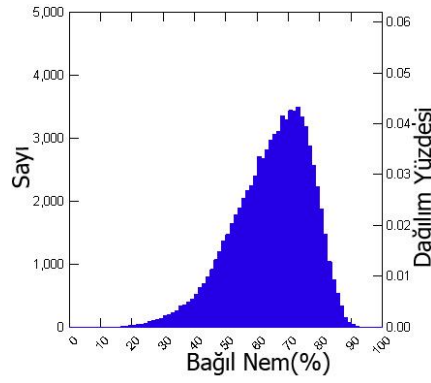
**Şekil 2.2:** Aylık maks. sıcaklık istatistikleri



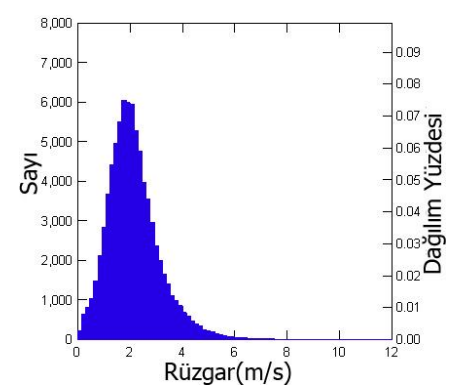
**Şekil 2.3:** Aylık min. sıcaklık istatistikleri



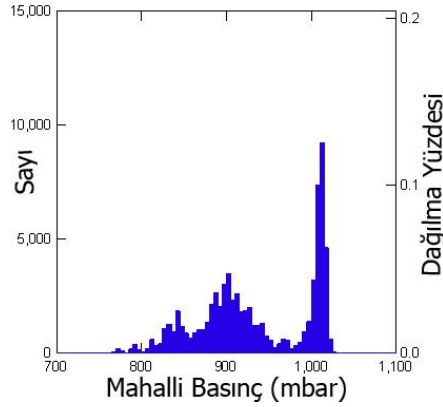
**Şekil 2.4:** Aylık Ort. sıcaklık istatistikleri



**Şekil 2.5:** Aylık bağıl nem istatistikleri



**Şekil 2.6:** Aylık ort. rüzgar istatistikleri



**Şekil 2.7:** Aylık istasyon basıncı istatistikleri

Şekil 2.1’den Şekil 2.7’ye meteorolojik verilerin değerlerinin dağılımının bar grafiği görülmektedir. Sayı her bir barın gösterdiği ölçüm sayısı, dağılım yüzdesi ise her bir barın gösterdiği ölçüm sayısının toplam ölçüm sayısına oranıdır. Yatay eksenlerde meteorolojik verinin değerleri görülmektedir.

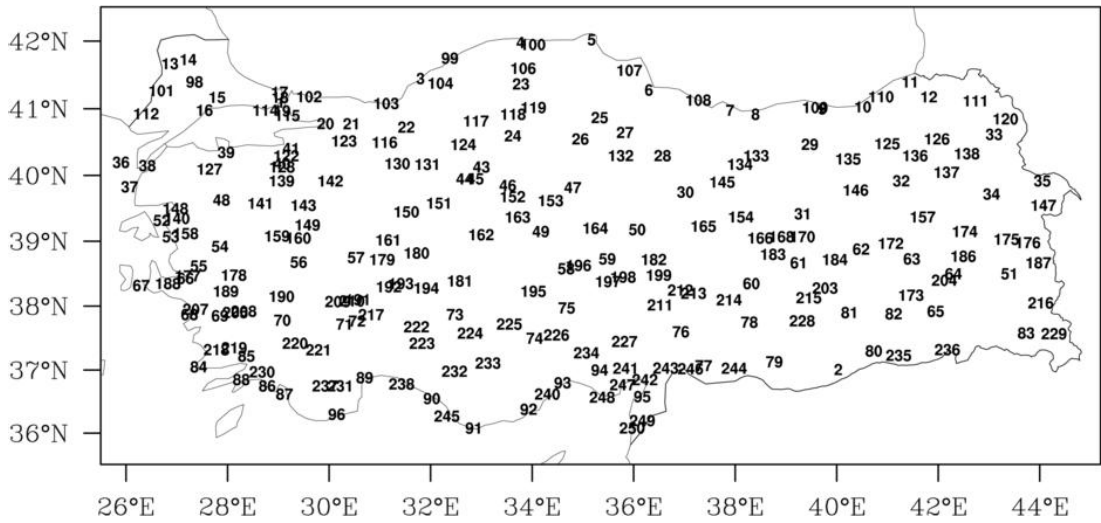
Verilerin dikkatlice incelenmesi sonucunda 250 istasyonun eksik verilerinin daha çok 18 istasyonda toplandığı görülmüştür. Hem bu istasyonların eksik veri sayısı çok

fazladır hem de eksik veri ortalamasını yükseltmektedir. Bu istasyonlar çıkarıldığında Çizelge 2.2’de görüldüğü üzere eksik veri sayısında önemli bir düşme yaşanmaktadır.

**Çizelge 2.2:** Kullanılan istasyonların eksik veri sayıları (aylık)

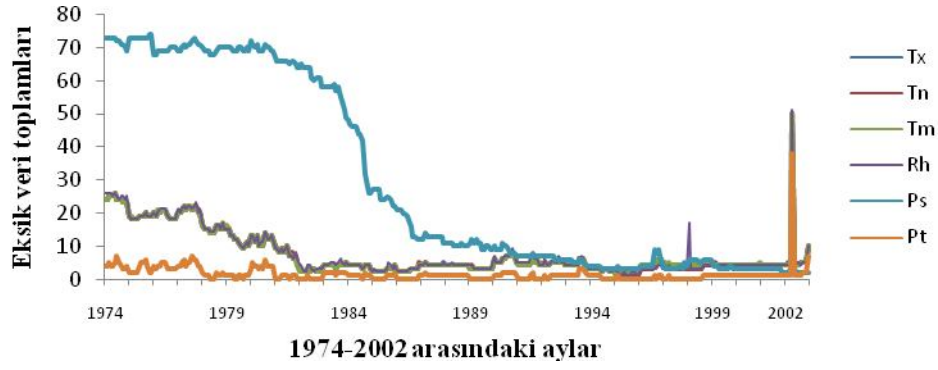
|                                | Yağış<br>(mm) | Maks(t)<br>(°C) | Min(t)<br>(°C) | Ort(t)<br>(°C) | Nem<br>(%) | Rüzgar<br>(m/s) | İ.Basıncı<br>(mb) |
|--------------------------------|---------------|-----------------|----------------|----------------|------------|-----------------|-------------------|
| İstasyon sayısı                | 232           | 232             | 232            | 232            | 232        | 232             | 211               |
| Toplam eksik veri sayısı       | 498           | 773             | 779            | 784            | 850        | 5059            | 8584              |
| İstasyon eksik veri ortalaması | 2.15          | 3.33            | 3.36           | 3.38           | 3.66       | 21.82           | 37                |

Böylece 18 istasyon çıkarılarak kullanılacak istasyon sayısı 232’ye düşürülmüştür. Kullanılacak istasyon basıncı verilerinin ölçüldüğü istasyon sayısı ise 229’dan 211’e düşürülmüştür. İstasyon basıncı verilerinin ölçüldüğü istasyon sayısının 211 olmasının nedeni hem eksik veri sayısının çok olması (Şekil 2.9) hem de 1974-2002 yılları arasındaki ölçüm sayısının diğer verilere göre daha az olmasıdır.



**Şekil 2.8:** Kullanılan 232 adet istasyonun coğrafik dağılımları

Kullanılan istasyonlar Şekil 2.8’de 1’den 250’ye kadar numaralandırılmıştır. İstasyonların tam listesi ekler kısmında verilmiştir.

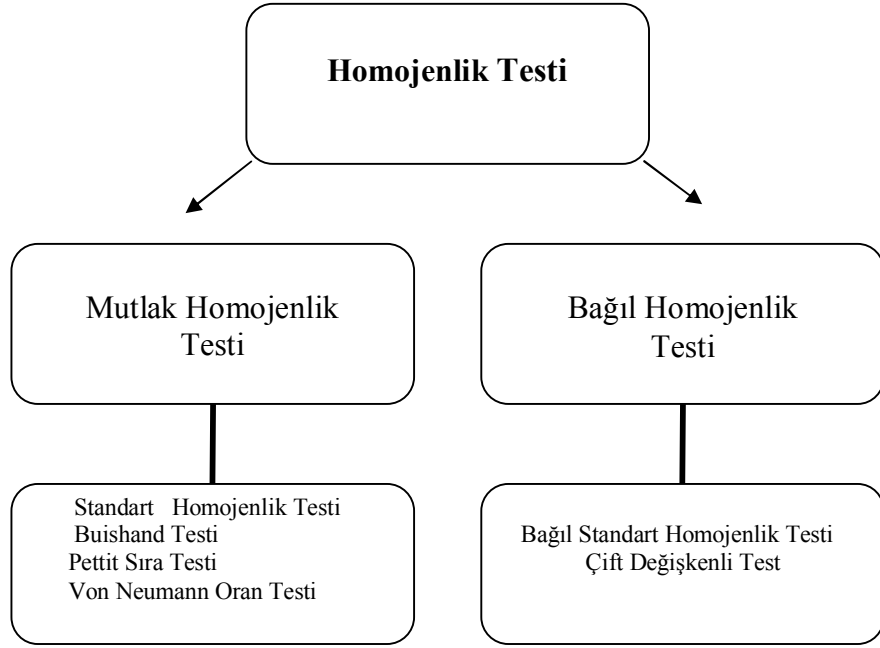


**Şekil 2.9:** Eksik verilerin 1974-2002 yılları arasındaki aylara göre dağılımı

Şekil 2.9'da 1974 yılının Ocak ayından 2002 yılının Aralık ayına kadar olan zaman diliminde eksik verilerin toplam sayısının değişimi görülmektedir. Tezin bazı bölümünde şekilleri ve tabloları sıgdırmak için maks. sıcaklık yerine  $T_x$ , ort. sıcaklık yerine  $T_n$ , min sıcaklık yerine  $T_m$ , bağıl nem yerine  $R_h$ , istasyon basıncı yerine  $P_s$ , ve toplam yağış yerine  $P_t$ , ifadeleri kullanılmıştır. Şekil 2.9'da görüldüğü üzere günümüze doğru gelindikçe eksik verilerin sayısında belirgin bir azalma görülmektedir. İlginç bir şekilde 2002 yılının Nisan ayında tüm değişkenlerin eksik veri sayısında dikkate değer bir artış görülmektedir. En çok eksik veri istasyon basıncı verilerinde en az eksik veri ise yağış verilerinde görülmektedir.

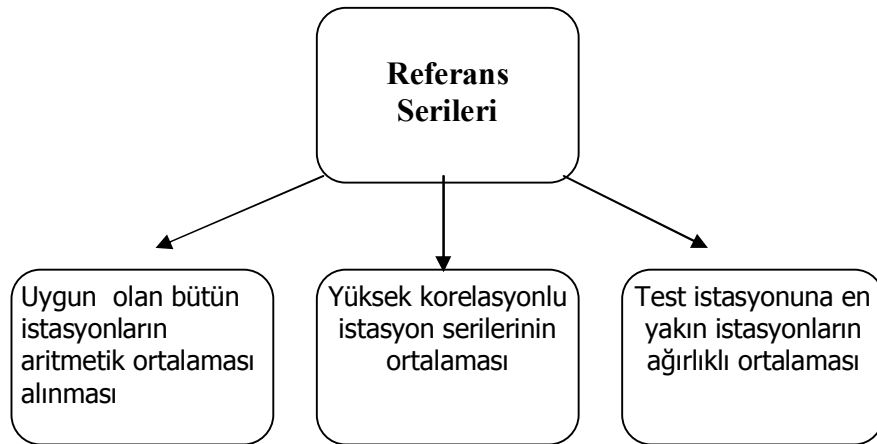
## 2.1 Referans Serilerinin Oluşturulması

Homojenlik analizi iki türlü yapılabilir. Bunlardan ilki sadece verilerin dağılımına bakılarak yapılan homojenlik analizidir. Buradaki mantık ortalamalardan sapmaları belirlemektir. İkincisi ise referans seriler oluşturularak yapılan homojenlik testidir. Referans seriler oluşturularak yapılan bağıl homojenlik testi her zaman birinci tercihtir ve daha etkili bir yöntemdir. Ancak referans serileri oluşturulamadığı durumlarda, ki bunun sebebi referans istasyonlarının çok uzak yada test verisiyle referans istasyonları arasındaki korelasyon katsayısının çok düşük olmasıdır, bu durumda mutlak homojenlik testlerine başvurulur. Şekil 2.10'da uygulanan homojenlik testleri görülmektedir.



**Şekil 2.10:** Uygulanan homojenlik testlerinin akış şeması

Bağıl homojenlik testinin bir avantajı da herhangi bir yılda meydana gelen ekstrem bir iklim olayından en az etkilenmesidir. Bunun sebebi homojenlik testi referans seriye bakılarak yapıldığından ekstrem bir olay fark edilir ve homojenliğin reddedilme riski çok azalır. Homojenlik analizinin ve eksik verilerinin yerine konması için referans seriler oluşturulması gerekir. Bunun için Şekil 2.11’de gösterildiği gibi 3 yöntem vardır;



**Şekil 2.11:** Referans serilerinin oluşturulması ile ilgili diyagram

### 2.1.1 Ağırlıklı ortalama

Ağırlıklı ortalama alınırken dikkat edilecek husus, ortalama alınırken kullanılacak ağırlığın ortalamayı alan kişi tarafından belirlenen bir kritere göre alınmasıdır. Bu belirlenen ağırlıklar hiçbir zaman kesin belirlenemez. Örneğin yıl sonunda derslerinin ortalaması alınan bir öğrencinin ortalaması alınırken kullanılan ağırlıklar haftalık ders saatleri ya da o dersin kredisi olabilir, hatta başka dersin zorluğuna göre belirlenen bir ağırlık kriteri de olabilir. Bu ağırlıklı ortalamalar üniversiteden üniversiteye de değişebilir. Sonuç olarak kullanılacak ağırlık katsayıları araştırmacının insiyatifindedir.

### 2.1.2 Referans serilerinin ağırlıklı ortalaması alınırken kullanılan ağırlık değeri

Genel olarak referans serilerinin ağırlıklı ortalaması aşağıdaki formüllerle alınır;

$$F_i = \frac{P_i}{\bar{P}} \quad (2.1)$$

$$G_i = \frac{\sum_{j=1}^{k_i} v_j \frac{Q_{ij}}{\bar{Q}_j}}{\sum_{j=1}^{k_i} v_j}, \quad (2.2)$$

$F_i$  ve  $G_i$  ise test istasyonunun ve referans istasyonun bir fonksiyonudur.  $v_j$  ise ağırlık katsayısıdır ve korelasyon katsayısının karesi alınarak hesaplanır.  $G_i$  terimi burada referans istasyonlarının ağırlıklı ortalamasını alan terimdir. Ancak yukarıdaki bölümlerde bahsedildiği üzere korelasyon katsayısını kullanarak her zaman referans serisi oluşturulamaz. Bunun sonucunda mevzu bahis istasyonda homojenlik analizi yapılamaz. Bu tez çalışmasında en yakın istasyonlara göre ağırlıklı ortalama alındığı için bu testi bu şekilde uygun hale getirmek gerekir. Ağırlıkların alınması için korelasyon katsayılarının karesinin yerine uzaklıkların tersinin karesi alınarak ağırlıkların hesaplanma yoluna gidilmiştir. Böylece referans serilerin hesaplanması aşağıdaki şekilde dönüşür.

$$G_i = \frac{\frac{1}{d_1^2} \frac{Q_{i1}}{Q_1} + \frac{1}{d_2^2} \frac{Q_{i2}}{Q_2} + \frac{1}{d_3^2} \frac{Q_{i3}}{Q_3} + \frac{1}{d_4^2} \frac{Q_{i4}}{Q_4} + \frac{1}{d_5^2} \frac{Q_{i5}}{Q_5}}{\frac{1}{d_1^2} + \frac{1}{d_2^2} + \frac{1}{d_3^2} + \frac{1}{d_4^2} + \frac{1}{d_5^2}} \quad (2.3)$$

Yukarıdaki ifadeyi genelleştirsek aşağıdaki hali alır.

$$G_i = \frac{\sum_{j=1}^5 \frac{1}{d_j^2} \frac{Q_{ij}}{Q_j}}{\sum_{j=1}^5 \frac{1}{d_j^2}} \quad (2.4)$$

Referans serileri yukarıdaki formüle göre oluşturulup bağıl homojenlik testi ve diğer testler bu seriler kullanılarak yapılacaktır.

## 2.2 Eksik Verilerin Tahmin Edilmesi

Analizlere başlanmadan önce eksik verilerin tahmin edilmesi için Beklentilerin Maksimumlaştırılması (BM) yöntemi ve lineer regresyon (LR) yöntemleri uygulanıp, hangi tahmin yönteminin daha iyi olduğuna karar verilecektir. Bu metodların algoritmaları ekler bölümünde verilmiştir. Uygulanan eksik veri yöntemlerini karşılaştırmak için, istasyonların ölçülmüş verilerinin oluşturulan referans serileriyle olan korelasyon katsayıları, standart sapma ve çarpıklık katsayıları hesaplanacaktır. Daha önce de bahsedildiği gibi bu yöntemleri uygulayabilmek için referans serileri oluşturmak gerekmektedir. Aşağıda her iki yöntemle oluşturulan referans serilerinin istatistikleri ve tamamlanmış verilerin korelasyon matrisi görülmektedir.

**Çizelge 2.3:** Kullanılan verilerin korelasyon matrisi

|                | Yağış | Maks(t) | Min(t) | Ort(t) | N.nem | Rüzgar | İ.basıncı |
|----------------|-------|---------|--------|--------|-------|--------|-----------|
| Yağış(mm)      | 1     | -.332   | -.198  | -.282  | .396  | .021   | .112      |
| Maks(t) (°C)   | -.332 | 1       | .936   | .987   | -.598 | .026   | .029      |
| Ort(t) (°C)    | -.198 | .936    | 1      | .978   | -.434 | .121   | .079      |
| Min(t) (°C)    | -.282 | .987    | .978   | 1      | -.541 | .076   | .048      |
| Bağıl nem (%)  | .396  | -.598   | -.434  | -.541  | 1     | -.004  | .131      |
| İ.basıncı (mb) | .021  | .026    | .121   | .076   | -.004 | 1      | .017      |
| Rüzgar (m/s)   | .112  | .029    | .079   | .048   | .131  | .017   | 1         |

Çizelge 2.3’de değişkenlerin birbirleriyle olan korelasyon katsayıları görülmektedir. Bilindiği üzere korelasyon katsayısı lineer ilişkiyi göstermektedir.

**Çizelge 2.4:** İstasyonların ölçülmüş verilerinin istatistik değerleri (Toplam 150 istasyon)

| Veri       | İstasyon sayısı<br>(eksik veri>10) | Eksik veri<br>sayısı | Korelasyon katsayısı |         |         | St.Sapma |
|------------|------------------------------------|----------------------|----------------------|---------|---------|----------|
|            |                                    |                      | Min.                 | Maks.   | Ort.    |          |
| $P_t$ (BM) | 26                                 | 369                  | 0.65859              | 0.94501 | 0.86720 | 0.07355  |
| $P_t$ (LR) |                                    |                      | 0.65848              | 0.94482 | 0.86663 | 0.07350  |
| $T_x$ (BM) | 26                                 | 606                  | 0.98389              | 0.99928 | 0.99554 | 0.00346  |
| $T_x$ (LR) |                                    |                      | 0.98353              | 0.99925 | 0.99519 | 0.00359  |
| $T_n$ (BM) | 26                                 | 618                  | 0.96249              | 0.99742 | 0.98968 | 0.00801  |
| $T_n$ (LR) |                                    |                      | 0.96237              | 0.99740 | 0.98924 | 0.00803  |
| $T_m$ (BM) | 26                                 | 605                  | 0.98187              | 0.99945 | 0.99592 | 0.00365  |
| $T_m$ (LR) |                                    |                      | 0.98150              | 0.99943 | 0.99554 | 0.00374  |
| $R_h$ (BM) | 26                                 | 621                  | 0.49538              | 0.95326 | 0.83540 | 0.12804  |
| $R_h$ (LR) |                                    |                      | 0.49518              | 0.95305 | 0.83326 | 0.12794  |
| $P_s$ (BM) | 25                                 | 1916                 | -0.04105             | 0.99260 | 0.70084 | 0.31241  |
| $P_s$ (LR) |                                    |                      | -0.04105             | 0.98969 | 0.59154 | 0.32504  |

Rüzgar ve istasyon basıncı verileri ise yağış ile ilgili hemen hemen bir korelasyon göstermemektedir. Bu da rüzgar ve istasyon basıncı verilerinin diğer verilerle lineer bir ilişkisinin olmadığını gösterir. Çizelge 2.4’de her iki eksik veri tamamlama yönteminin istatistikî sonuçları görülmektedir.

**Çizelge 2.5:** İstasyonların ölçülmüş verilerinin istatistik değerleri (Toplam 16 istasyon)

| Değişken   | İstasyon sayısı<br>(eksik veri > %4) | Eksik veri<br>sayısı | Değişkenlerin<br>ortalaması | Ortalama<br>kor. kat. | St.<br>sapma | Çarpıklık<br>katsayısı |
|------------|--------------------------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------|------------------------|
| $P_t$ (BM) | 16                                   | 275                  | 43.057 mm                   | 0.858                 | 0.079        | -1.362                 |
| $P_t$ (LR) |                                      |                      | 43.142 mm                   | 0.857                 | 0.078        | -1.375                 |
| $T_x$ (BM) | 16                                   | 480                  | 16.547 C <sup>0</sup>       | 0.994                 | 0.004        | -1.613                 |
| $T_x$ (LR) |                                      |                      | 16.546 C <sup>0</sup>       | 0.994                 | 0.004        | -1.510                 |
| $T_n$ (BM) | 16                                   | 479                  | 3.803 C <sup>0</sup>        | 0.99                  | 0.007        | -1.774                 |
| $T_n$ (LR) |                                      |                      | 3.807 C <sup>0</sup>        | 0.989                 | 0.007        | -1.671                 |
| $T_m$ (BM) | 16                                   | 492                  | 10.090 C <sup>0</sup>       | 0.995                 | 0.004        | -2.368                 |
| $T_m$ (LR) |                                      |                      | 10.088 C <sup>0</sup>       | 0.995                 | 0.004        | -2.203                 |
| $R_h$ (BM) | 16                                   | 490                  | 63.479 %                    | 0.86                  | 0.104        | -1.947                 |
| $R_h$ (LR) |                                      |                      | 63.600 %                    | 0.856                 | 0.105        | -1.948                 |
| $P_s$ (BM) | 16                                   | 1916                 | 923.35 mb                   | 0.679                 | 0.296        | -0.884                 |
| $P_s$ (LR) |                                      |                      | 917.7 mb                    | 0.508                 | 0.298        | 0.293                  |

Çizelge 2.5’de eksik veri yüzdesi %4’den büyük olan 16 istasyonun istatistik değerleri verilmiştir. Böylece tahmin edilen eksik verilerin karşılaştırılması daha etkin bir biçimde gerçekleştirilip aradaki farklar daha rahat görülebilecektir. Çizelge 2.7’de 150 istasyonun değerleri gösterilmiştir çünkü homojenlik testi sonrası 150 adet istasyonun verilerinin uygun olduğuna karar verilmişti. Görüldüğü üzere referans serilerinin test serileriyle olan korelasyon katsayıları ve standart sapmaları

hemen hemen aynıdır. Ancak rüzgâr ve basıncın eksik veri sayısı daha yüksek olduğundan fark biraz daha ortaya çıkmaktadır.

**Çizelge 2.6:** Aylık istasyon verilerinin ortalamaları

|                     | Yağış<br>(mm) | Maks(t)<br>(°C) | Ort(t)<br>(°C) | Min(t)<br>(°C) | B.nem<br>(%) | Rüzgar<br>(m/s) | İ. basıncı<br>(mb) |
|---------------------|---------------|-----------------|----------------|----------------|--------------|-----------------|--------------------|
| <b>250 istasyon</b> | 51.169        | 18.62           | 12.842         | 8.04           | 64.473       | 2.129           | 938.14             |
| 232 istasyon        | 52.125        | 18.64           | 12.851         | 7.463          | 64.668       | 2.139           | 936.18             |
| <b>BM (232)</b>     | 52.086        | 18.627          | 12.840         | 7.443          | 64.654       | 2.142           | 936.32             |
| REG (232)           | 52.087        | 18.627          | 12.840         | 7.443          | 64.656       | 2.141           | 926.29             |

Çizelge 2.6’de görüldüğü gibi tahmin edilen eksik veri sayısı arttıkça farklar daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Özellikler  $P_s$  verisinin tahmin sonuçlarına bakıldığında BM yönteminin test ve referans serileriyle daha iyi korelasyon gösterdiği görülür. Çizelge 2.6’da görüldüğü gibi her iki tahmin yöntemi de istasyonların ortalamalarını çok az değiştirmiştir. Bu tezde korelasyon katsayılarının biraz daha yüksek oluşu ve literatür araştırmasının da etkisiyle beklentilerin maksimumlaştırılması sonuçları kullanılacaktır.

### 3 HOMOJENLİK ANALİZİ

Verilerin dikkatlice incelenmesi sonucu başlangıçta 250 olan istasyon sayısı 232'ye indirilmiştir. Böylece istasyonların eksik veri sayılarında önemli bir düşme yaşanmıştır. Sonuç olarak homojenlik analizi bu 232 istasyonun yıllık verilerine uygulanacaktır.

Tanım: Homojen iklim serisi, değişimlerin sadece hava ve iklim değişimlerinden kaynaklandığı seriler olarak tanımlanır (Conrad ve Pollak 1950). Bunun anlamı şudur, ölçümler aynı metotla, aynı ölçüm cihazıyla aynı zamanda ve aynı yerde elde edilmelidir. Ne yazık ki bu birçok eski istasyonda ender görülen bir durumdur ve ölçüm cihazları, değerleri ölçen personel, istasyonun yeri ve çevresi değişmiştir (Peterson ve diğ. 1998). Yağış ölçümlerinde ise ölçüm cihazlarının teknolojik olarak gelişmesi yapay ve sistematik bir artış meydana getirebilir (Hanssen- Bauer ve Forland 1994). Bundan dolayı uzun dönem iklim değişimlerinin ve eğilimlerinin dikkatli bir şekilde yorumlanması gerekir (Houghton ve diğ. 1992). İklim analizlerinin doğru sonuçlar vermesi için verilerin homojen olup olmadığı araştırılmalıdır ve homojen olmayan seriler ya çıkarılmalıdır ya da homojenleştirilmelidir. Uygulanan homojenlik analizi metotları ekler kısmında anlatılmıştır.

**Çizelge 3.1:** Uygulanan homojenlik testlerine göre 1974-2002 yılları arasında ölçülmüş veriler ile hesaplanan homojen olmayan istasyon sayısı

| UygulananTestler          | Çift Değişkenli | Asnht | Buishand | Pettitt | V.Neumann |
|---------------------------|-----------------|-------|----------|---------|-----------|
| Yağış (232 istasyon)      | 30              | 3     | 5        | 8       | 11        |
| Maks T(232 istasyon)      | 97              | 113   | 44       | 99      | 102       |
| Min T(232 istasyon)       | 107             | 88    | 54       | 92      | 59        |
| Ort T(232 istasyon)       | 69              | 83    | 21       | 69      | 43        |
| B. nem(232 istasyon)      | 192             | 137   | 150      | 134     | 194       |
| İ. basıncı(211 istasyon)  | 161             | 87    | 82       | 99      | 104       |
| Ort. rüzgar(232 istasyon) | 221             | 187   | 190      | 187     | 225       |

Çizelge 3.1'de uygulanan 5 adet homojenlik testinin % 1 anlam seviyesine göre hesaplanan sonuçları görülmektedir. Uygulanan testler çift değişkenli test (Bivariate

test), mutlak standart homojenlik testi (Asnht), Buishand testi, Pettitt sıra testi ve Von Neumann oran testleridir. Eğer test serisi ve referans serisi arasındaki korelasyon katsayısı 0.7'den büyükse çift değişkenli test, eğer test ve referans serileri arasındaki korelasyon katsayısı 0.7'den küçükse mutlak homojenlik testleri dikkate alınmıştır.

Homojen olmayan istasyonlara 4 adet mutlak homojenlik testinin sonuçlarına bakarak aşağıdaki gibi karar verilmiştir (Schönwiese and Rapp 1997). Sonuçlar Çizelge 3.2'de görülmektedir.

**Çizelge 3.2:** Mutlak homojenlik testlerinin (1974- 2002) yıllarlı arası ölçülmüş veriler ile hesaplanan sonuçları

|                           | Kullanışlı | Sorunlu | Şüpheli |
|---------------------------|------------|---------|---------|
| Maks T(232 istasyon)      | 129        | 42      | 61      |
| Min t (232 istasyon)      | 150        | 30      | 52      |
| Ort T (232 istasyon)      | 177        | 26      | 29      |
| B. nem(232 istasyon)      | 60         | 37      | 135     |
| İ. basıncı(211 istasyon)  | 114        | 23      | 74      |
| Ort. rüzgar(232 istasyon) | 22         | 25      | 185     |

Sınıf 1: 'kullanışlı' %1 anlam seviyesinde 0 veya 1 adet test sıfır hipotezini redderse

Sınıf 2: 'sorunlu' %1 anlam seviyesinde 2 adet test sıfır hipotezini redderse

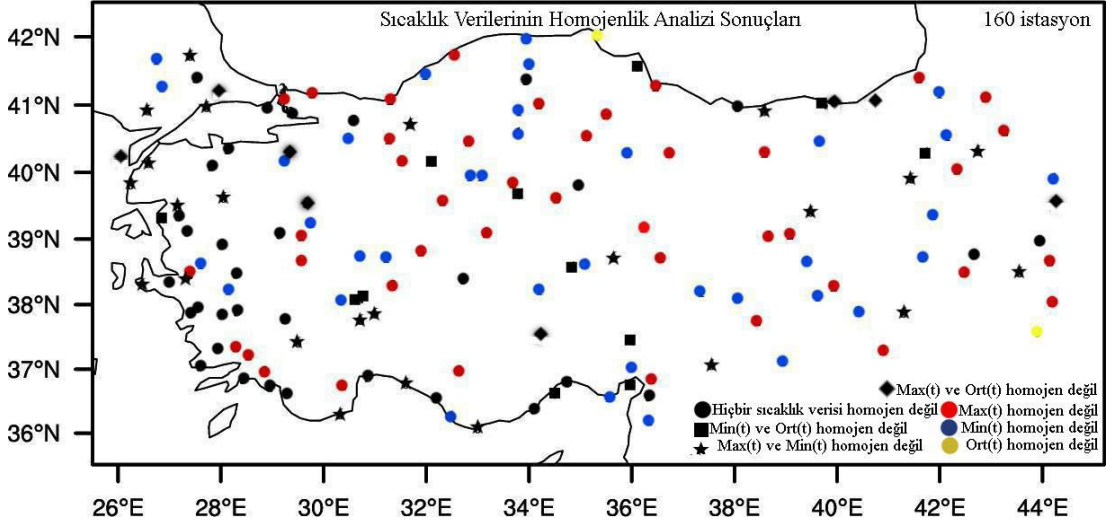
Sınıf 3: 'şüpheli' %1 anlam seviyesinde 3 veya 4 adet test sıfır hipotezini redderse

Homojen olmayan istasyonların tüm listesi grafik olarak verilecektir. Çizelge 3.3'de görülen yıl değerleri değişim noktasıdır, yani o yıldan itibaren homojen olmayan durum söz konusudur. Çift değişkenli test beklendiği üzere daha fazla homojen olmayan durumları tesbit etmiştir ve mutlak homojenlik testleri %1 önem seviyesinde yağış verileri için homojen olmayan durumları tesbit etmekte yetersiz kalmışlardır çünkü mutlak homojenlik analizi sonucuna göre sadece 2 adet istasyon homojen değildir. Değişim yıllarına dikkat edilirse büyük çoğunluğu aynı değişim yıllarını tesbit etmiştir ve çift değişkenli test diğer 4 adet testin bir bütünü gibidir.

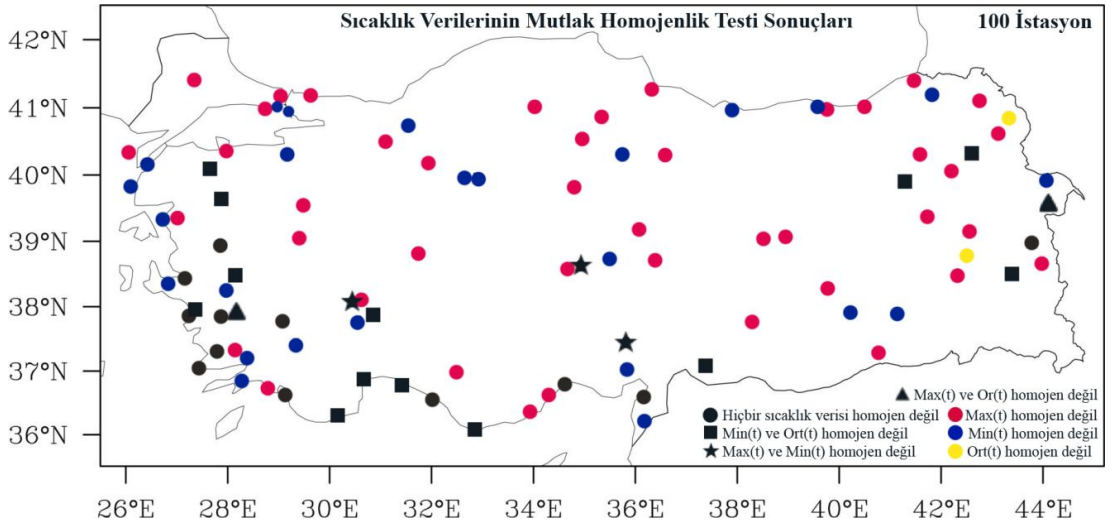
Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık değerlerinin homojenlik analizi sonuçları gözükmemektedir. Renkli semboller sadece bir değişkenin homojen olmadığı istasyonları, siyah semboller ise 2 veya 3 değişkenin homojen olmadığı durumları göstermektedir. Ege bölgesinde homojen olmayan sıcaklık verilerin çok fazla olması dikkat çekicidir. Ege Bölgesinde karşılaşılan bu durumun sıcaklık verilerindeki trendlere bağlı olduğu düşünülmektedir. Bu istasyonlar kıyı

kesimleri ile etkileşimde oldukları için ayrıca istasyondaki yer değişikliği gibi etmenlerden daha çok etkileneceği açıktır. Ancak istasyonlarla ilgili geçmiş bilgisi olmadığı için bu durumu değerlendirmekte yetersiz kalınmıştır.

### 3.1 Homojenlik Analizi Sonuçlarının Grafik olarak Gösterimi



Şekil 3.1: Çift değişkenli testin sonuçlarına göre yıllık sıcaklık verisi homojenlik analizi sonuçlarının coğrafik dağılımları



Şekil 3.2: Mutlak testlere göre yıllık sıcaklık verisi homojenlik analizi sonuçlarının coğrafik dağılımları

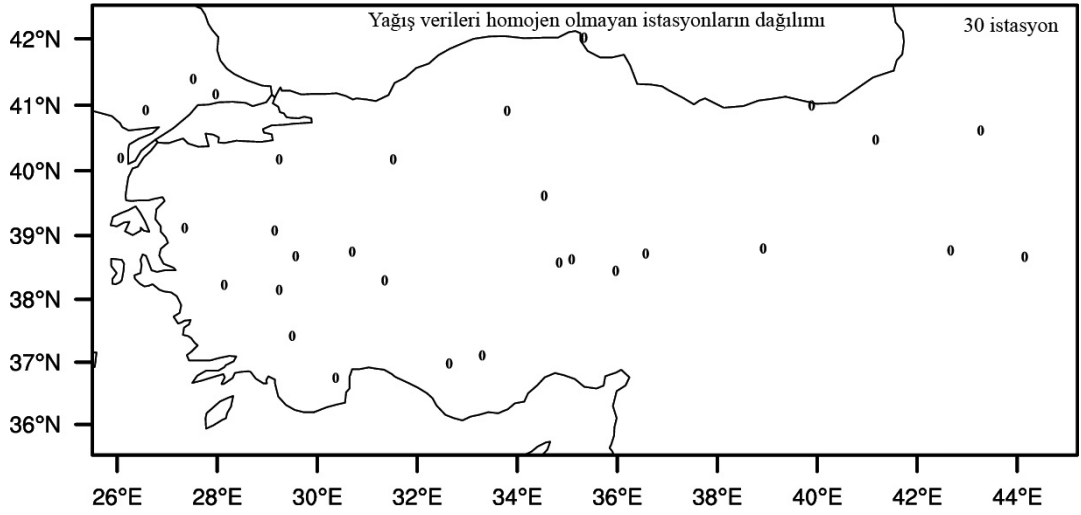
Çizelge 3.3'de yıllık yağış zaman serilerine uygulanan tüm homojenlik analizi sonuçları görülmektedir. Çift değişkenli (Bivariate) test bazı istasyonlarda 1998 ve üzeri yıllarda homojenliğin bozulduğu değişimler tespit etmiştir. Bazı araştırmacılar son 5 yılda hesaplanan homojenliğin bozulduğu yılları kabul etmemektedirler

(Gonzales-Rouco ve diğ., 2000, Göktürk M.O. ve diğ., 2006). Çünkü yüksek T istatistiğinin hesaplanma olasılığı zaman serisinin sonlarında giderek artmaktadır (Hawkins, 1977).

**Çizelge 3.3:** Bağlı ve mutlak testlere göre yıllık yağış verisi (1974-2002) homojenlik analizi sonuçları

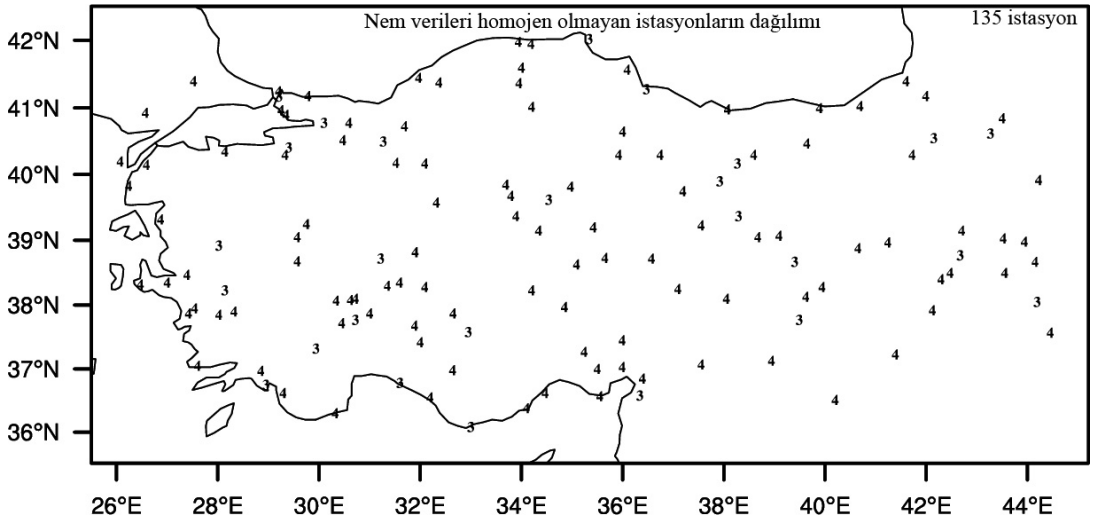
| İstasyon No | Enlem | Boylam | Bağlı ve mutlak testlerce bulunan değişim yılları |      |          |         |            |
|-------------|-------|--------|---------------------------------------------------|------|----------|---------|------------|
|             |       |        | Bivariate                                         | Snht | Buishand | Pettitt | V. Neumann |
| 5           | 42,01 | 35,10  | 1982                                              | -    | -        | -       | -          |
| 9           | 41,00 | 39,43  | 1987                                              | -    | -        | 1987    | -          |
| 15          | 41,10 | 27,49  | 2001                                              | -    | 1981     | -       | -          |
| 33          | 40,34 | 43,06  | 2000                                              | -    | -        | -       | -          |
| 36          | 40,11 | 25,54  | 2001                                              | -    | -        | -       | X          |
| 40          | 40,13 | 29,00  | 2001                                              | -    | -        | -       | -          |
| 56          | 38,41 | 29,24  | 2001                                              | -    | -        | -       | -          |
| 57          | 38,45 | 30,32  | 1974                                              | -    | -        | -       | -          |
| 58          | 38,35 | 34,40  | 2000                                              | -    | -        | -       | -          |
| 98          | 41,24 | 27,21  | 2001                                              | -    | -        | -       | -          |
| 112         | 40,56 | 26,24  | 2001                                              | -    | -        | -       | X          |
| 118         | 40,55 | 33,38  | 1975                                              | 1975 | -        | -       | X          |
| 125         | 40,29 | 41,00  | 2000                                              | -    | -        | -       | -          |
| 130         | 40,11 | 31,22  | 1998                                              | -    | 1981     | -       | X          |
| 153         | 39,37 | 34,25  | 2001                                              | -    | -        | -       | -          |
| 158         | 39,08 | 27,11  | 2001                                              | -    | -        | -       | X          |
| 159         | 39,05 | 28,59  | 1981                                              | 1981 | -        | 1981    | -          |
| 182         | 38,43 | 36,24  | 1981                                              | -    | -        | 1981    | -          |
| 183         | 38,48 | 38,45  | 1999                                              | -    | -        | -       | -          |
| 186         | 38,46 | 42,30  | 1996                                              | 1996 | -        | 1994    | X          |
| 187         | 38,40 | 43,59  | 1983                                              | -    | 1983     | 1983    | X          |
| 189         | 38,14 | 27,58  | 2001                                              | -    | -        | -       | -          |
| 190         | 38,09 | 29,04  | 1998                                              | -    | -        | -       | -          |
| 192         | 38,18 | 31,11  | 2001                                              | -    | -        | -       | -          |
| 196         | 38,38 | 34,55  | 2001                                              | -    | -        | -       | -          |
| 198         | 38,27 | 35,48  | 2000                                              | -    | -        | -       | -          |
| 220         | 37,25 | 29,20  | 2001                                              | -    | -        | -       | -          |
| 231         | 37,03 | 30,11  | 2001                                              | -    | -        | -       | -          |
| 232         | 36,59 | 32,28  | 1987                                              | -    | -        | 1987    | -          |
| 233         | 37,11 | 33,13  | 1981                                              | -    | -        | -       | -          |

Bu çalışmada da son 5 yılda hesaplanan homojenliğin bozulduğu yıllar kabul edilmemiştir. Zaten mutlak test sonuçlarına göre de bu istasyonlar homojen bulunmuştur. Sadece yağış verisinde son 5 yılda bulunan homojenlikteki sapmaların sayısı fazladır. Bu durum sıcaklık ve diğer meteorolojik verilerin homojenlik analizi sonuçlarında yoktur. Ekler kısmında tüm meteorolojik verileri için yapılan homojenlik testi sonuçları verilmiştir.



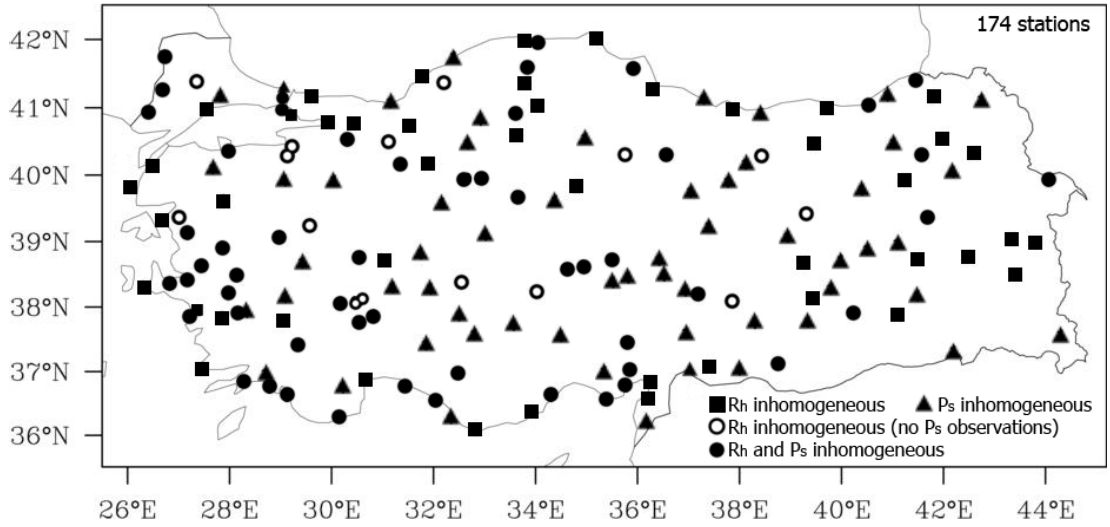
**Şekil 3.3:** Çift değişkenli testin sonuçlarına göre yıllık yağış verisi (1974-2002) homojenlik analizi sonuçlarının coğrafik dağılımları

Şekil 3.3’de %1 anlam seviyesine göre tespit edilen homojen olmayan yağış verileri görülmektedir.



**Şekil 3.4:** Mutlak homojenlik testleri sonuçlarına göre yıllık bağıl nem verisi (1974-2002) homojenlik analizi sonuçlarının coğrafik dağılımları

Şekil 3.4’de bağıl nem verilerine uygulanan 4 adet mutlak homojenlik testinin sonuçları görülmektedir. 3 rakamı testlerden 3’ünü geçemeyen istasyonları 4 rakamı ise testlerden 4’ünü yani tamamını geçemeyen istasyonları göstermektedir.

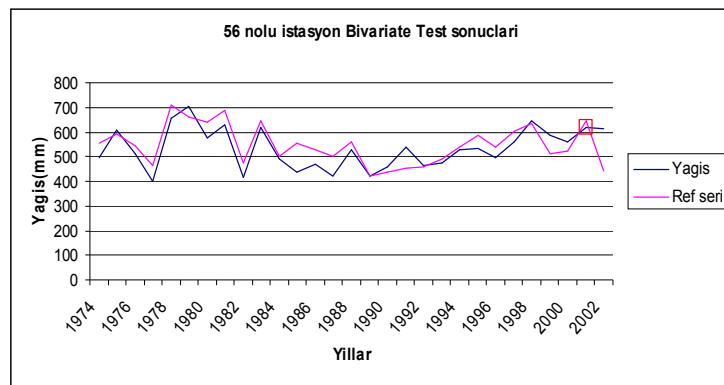


**Şekil 3.5:** Bağıl ve mutlak testlere göre homojen olmayan yıllık istasyon basıncı ve bağıl nem verilerinin coğrafik dağılımı

Şekil 3.5’de yapılan homojenlik analizi sonuçları görülmektedir. İçi dolu daire sembolü her iki parametrenin de homojen olmadığı istasyonların yerini belirtmektedir. İçi boş daire ise o istasyonda istasyon basıncı ölçümü olmadığını göstermektedir. Homojen olmayan istasyonlar Türkiye üzerinde düzenli bir şekilde dağılmıştır her hangi bir bölgede yığılma görülmemektedir.

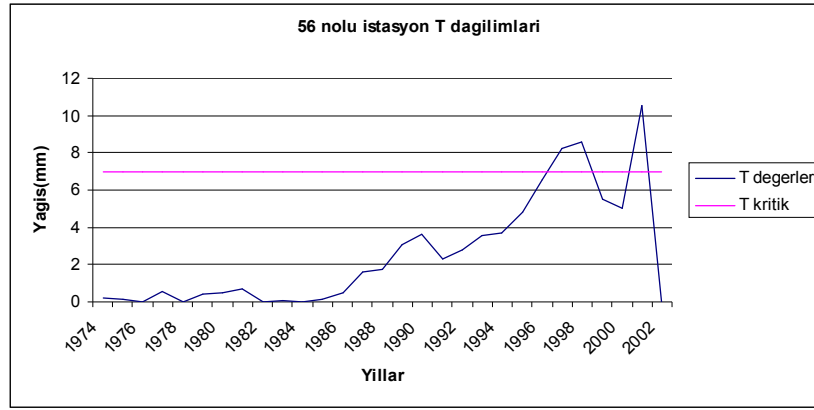
### 3.2 Testlerin Sonuçlarının Grafikselsel İncelenmesi

Örnek olarak seçilen 3 istasyonun mutlak ve bağıl homojenlik analizi sonuçlarını karşılaştırmak için kullanılacaktır.



**Şekil 3.6:** 56 numaralı istasyon referans ve test istasyonları serileri (yağış)

Şekil 3.6’da 56 numaralı istasyonun referans ve test istasyonları arasındaki korelasyon katsayısı 0.737’dir.



**Şekil 3.7:** 56 numaralı istasyonun T istatistiği değerleri (yağış)

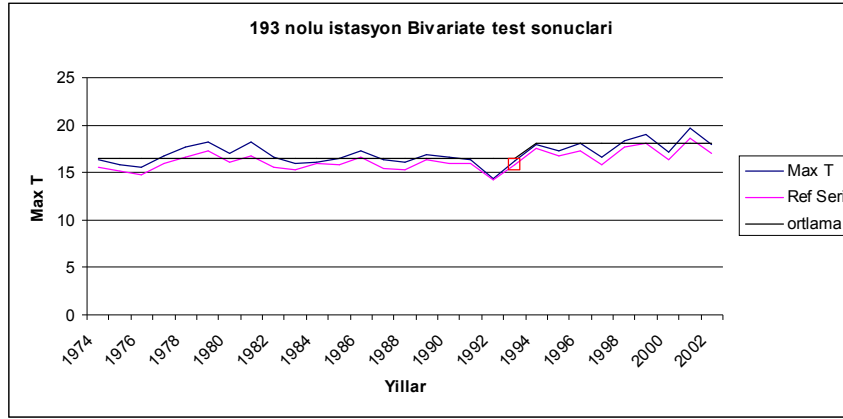
Şekil 3.7’de 56 numaralı istasyonun çift değişkenli test tarafından hesaplanan T istatistik değerleri görülmektedir. Maksimum T istatistiğinin görüldüğü yıl 2001 yılıdır.

**Çizelge 3.4:** 56 no’lu istasyon yıllık yağış verileri homojenlik analizi sonuçları

| Test      | T Maks | T kritik | T Maks yılı | Test sonucu |
|-----------|--------|----------|-------------|-------------|
| Bivariate | 10.559 | 6.95     | 2001        | Başarısız   |
| Asnht     | 4.776  | 10.45    | 1975        | Geçti       |
| Buishand  | 1.593  | 1.7      | 1988        | Geçti       |
| Pettit    | 86     | 133      | 1988        | Geçti       |
| V.Neumann | 1.547  | 1.2      | -           | Geçti       |

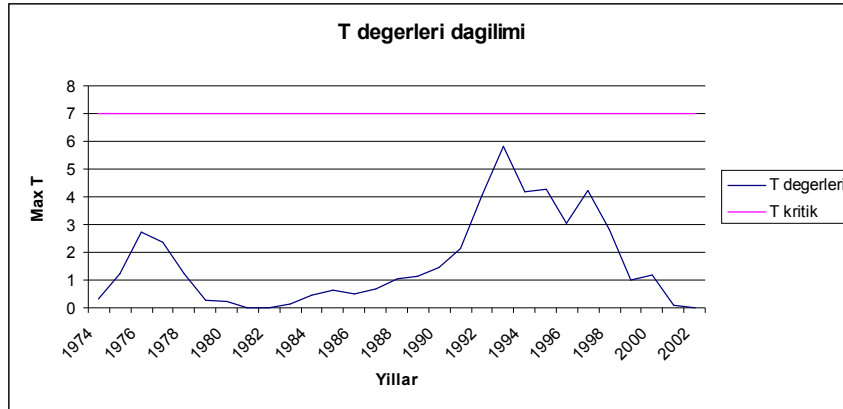
Çizelge 3.4’de uygulanan tüm homojenlik testlerinin sonuçları ve T istatistiğinin kritik değerleri görülmektedir. Mutlak testlerle bağıl testin sonuçlarını karşılaştırmak için ilk önce mutlak testlerin hepsini geçen ancak çift değişkenli (Bivariate) testi geçemeyen 56 no’lu istasyon seçilmiştir. Burda korelasyon katsayısı referans serileri ile istasyon serileri arasındaki korelasyon katsayısıdır. T Maks yılı maksimum T istatistik değerinin görüldüğü yıldır.

2001 yılından sonra dikkat edilirse referans seri yağış değerlerinde sert bir düşüş yaşanmasına rağmen istasyon verileri sabit devam etmektedir. Doğal olarak çiftdeğişkenli test bu düşüşü yakalayabilmektedir ancak referans serisi kullanmayan mutlak homojenlik testi bu düşüşü algılayamadıklarından homojen sonuçları vermiştir. Ancak unutulmamalıdır ki T istatistiğinin değerinin zaman serilerinin sonlarına doğru artma olasılığı vardır bu yüzden bazı araştırmacılar bu yıllarda görülen homojenlikten sapmaları kabul etmemişlerdir.



**Şekil 3.8:** 193 numaralı istasyon referans ve test istasyonları serileri (MaksT)

Şekil 3.8’de test ve referans serisi arasındaki korelasyon katsayısı 0.971’dir. Şekildeki kare sembolü ortalamadaki değişme başlangıcını yani homojenliğin bozulduğu yılı göstermektedir.



**Şekil 3.9:** 193 numaralı istasyon T istatistiği dağılımları (Maks T)

Şekil 3.9’da çift değişkenli testin hesapladığı T istatistik değerleri görülmektedir. Maksimum T değeri 1993 yılında görülmektedir. Ancak %1 önem seviyesine göre bu değer T kritik değerini aşmadığından bu istasyonun maksimum sıcaklık verileri homojen kabul edilmiştir. Mutlak test sonuçlarına göre %1 önem seviyesinde 1993 yılında homojenlikten sapma olduğu belirlenmiştir.

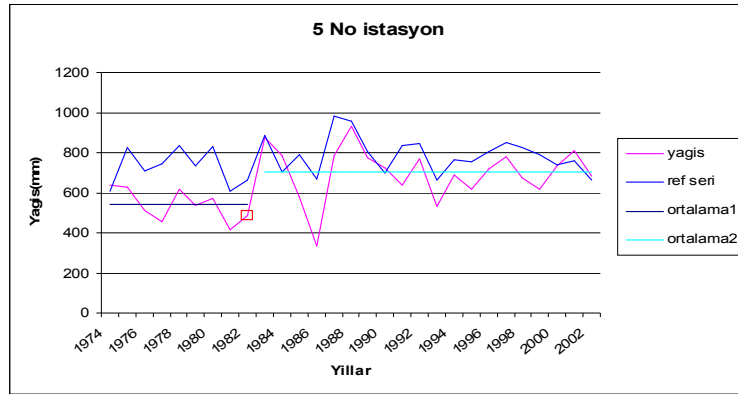
Çizelge 3.5’de çift değişkenli testi geçip mutlak testlerin 3’ünden geçemeyen 193 no’lu istasyonun maksimum sıcaklık verilerine uygulanan tüm homojenlik testlerinin sonuçları verilmiştir. Yukarıdaki grafiklere baktığımızda mutlak homojenlik testine göre 193 nolu istasyon verileri homojen değildir ve değişim 1993 yılında olmuştur

sonucu çıkmaktadır. Çift değişkenli test ise bu istasyon maksimum sıcaklık serisini homojen bulmuştur.

**Çizelge 3.5:** 193 no'lu istasyon yıllık yağış verileri homojenlik analizi sonuçları

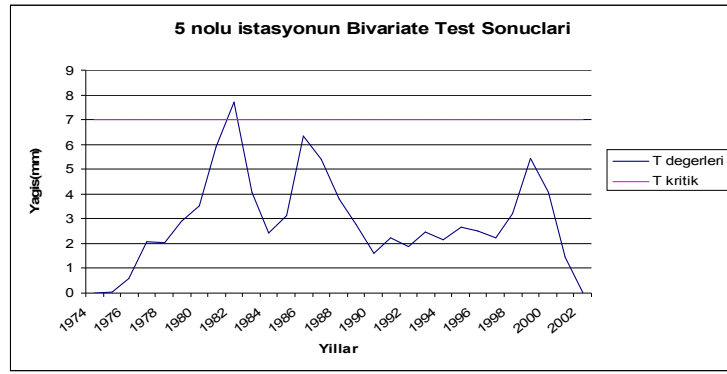
| Test      | T Maks | T kritik | T Maks yılı | Test sonucu |
|-----------|--------|----------|-------------|-------------|
| Bivariate | 5.808  | 6.95     | 1993        | Geçti       |
| Asnht     | 10.652 | 10.45    | 1993        | Başarısız   |
| Buishand  | 1.51   | 1.7      | 1993        | Geçti       |
| Pettit    | 140    | 133      | 1993        | Başarısız   |
| Neumann   | 1.161  | 1.2      | -           | Başarısız   |

Şekil 3.9'da görüldüğü üzere 1993 yılında sıcaklık ortalamasında bir artış görüyoruz. Bunun sonucunda mutlak homojenlik testleri bu artışı homojenlikten sapma olarak algılamıştır. Hâlbuki o yılda yakın istasyon verilerine bakarak istasyon sıcaklık ortalamasında gerçekten bir değişim olmuştur. Çiftdeğişkenli test referans serisi sayesinde bu değişimi algılamış ve homojen çözümü vermiştir. Bu örnek bağıl homojenlik testlerinin mutlak testlere göre daha iyi bir seçenek olduğunun gösterilmesi açısından iyi bir örnektir.



**Şekil 3.10:** 5 numaralı istasyon referans ve test istasyonları serileri (Yağış)

Şekil 3.10'da test ve istasyon serisi arasındaki korelasyon katsayısı 0.8'dir. Şekil 3.10'da 1982 yılından sonra ortalamadaki artış net bir şekilde görülmektedir. Şekil 3.11'de ise çift değişkenli test tarafından hesaplanan T istatistiği değerleri görülmektedir. Hesaplanan T istatistiği değeri 1982 yılında %1 anlam seviyesinde kritik değeri aşmaktadır.



**Şekil 3.11:** 5 numaralı istasyon T istatistiği dağılımları (yağış)

**Çizelge 3.6:** 5 no'lu istasyon yıllık yağış verileri homojenlik analizi sonuçları

| Test      | T Maks  | T kritik | T Maks yılı | Test Sonucu |
|-----------|---------|----------|-------------|-------------|
| Bivariate | 7.69734 | 6.95     | 1982        | Başarısız   |
| Asnht     | 8.411   | 10.45    | 1982        | Geçti       |
| Buishand  | 1.391   | 1.7      | 1986        | Geçti       |
| Pettit    | 132     | 133      | 1982        | Geçti       |
| Neumann   | 1.427   | 1.2      | -           | Geçti       |

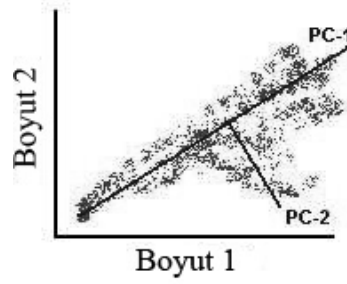
İstasyon ölçüm değerlerinin ortalaması 1982 yılından itibaren ani bir çıkışa geçtiği için ve referans serisinde bu artış görülmediği için çiftdeğişkenli test bu yılda homojen olmayan durum tesbit etmiştir. Çizelge 3.6'da görüldüğü gibi mutlak testler ise %1 anlam seviyesine göre bu durumu algılamamış ve homojenlik tesbit etmemiştir. Şekil 3.10'da görüldüğü üzere 1982 yılından sonra yağış ortalamasında gözle görülür bir artış ve ölçüm değerlerinde dalgalanmalar meydana gelmektedir. Her ne kadar mutlak test sonuçlarına göre bu istasyon yağış zaman serileri homojen bulunduysa da çift değişkenli test sonucuna göre homojen değildir. Şekil 3.10'daki istasyon verisinin zamanla değişimi de göz önüne alınırsa bu istasyon yağış verisinin homojen olmadığı kabulü yapmak daha doğrudur.

## 4 TEMEL BİLEŞEN ANALİZİ

### 4.1 Temel Bileşen Analizi Tanımı

Temel bileşen analizi veri kümesinin biçimini ve oluşumları farklılık veya benzerlikleri açıklayarak göstermeye çalışır. Çok boyutlu verinin biçimini belirlemek için ve grafik olarak verinin gösterilemeyeceği durumlarda temel bileşenler analizi güçlü bir araçtır.

Temel bileşen analizinin diğer bir önemli avantajı ise verinin biçimini belirledikten sonra verinin boyutunu azaltarak veriyi özetleyebilmesidir.



Şekil 4.1: Temel bileşenlerin gösterilmesi

Şekil 4.1'de 2-boyutlu bir veri görülmektedir. Bu veriyi temel bileşenler yöntemini kullanarak grafik olarak gösterdiğimizde, verinin 1. temel bileşen doğrultusunda bir eğilim gösterdiğini görürüz. Bu bileşen verinin içerdiği bilginin büyük bir kısmını bünyesinde barındırmaktadır. Diğer temel bileşende 1. temel bileşene diktir ve farklı bir eğilimi vardır, bu diklik özvektörlerin birbirine dik olmasından kaynaklanmaktadır. Özvektörlerin değerine göre 2. temel bileşeni ihmal edilebilir ve böylece fazla bilgi kaybı olmadan verinin boyutunu azaltmış olur.

### 4.2 Temel Bileşenler Yöntemi ile Değişken Sayısının Azaltılması

Öncelikle bütün aylık veriler analiz edilerek veri hakkında bilgi sahibi olmaya çalışılacaktır. Bu analizin amacı 7 boyutlu aylık verilerin boyutunun azaltılmasıdır.

#### 4.2.1 Analiz 1

Kullanılan değişkenler: Maks (t), Min(t), Ort(t), yağış, bağıl nem, ortalama rüzgar ve istasyon basıncı değişkenleridir. İlk aşamada 7 adet değişken analiz edilerek 7 adet değişkenden hangilerinin kullanılıp hangilerinin kullanılmayacağına karar verilecektir. Burada Maks (t), aylık maksimum sıcaklık, Min(t) aylık minimum sıcaklık, Ort(t) aylık ortalama sıcaklık, yağış, aylık toplam yağışı, nem aylık ortalama bağıl nem, rüzgar aylık ortalama rüzgar ve basınç istasyon basıncı verilerini simgelemektedir.

**Çizelge 4.1:** Kullanılan verilerin korelasyon matrisi

| Veri    | Yağış  | Maks(t) | Min(t) | Ort(t) | B.Nem  | Rüzg. | İ.Basc. |
|---------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Yağış   | 1.000  |         |        |        |        |       |         |
| Maks(t) | -0.326 | 1.000   |        |        |        |       |         |
| Min(t)  | -0.189 | 0.941   | 1.000  |        |        |       |         |
| Ort(t)  | -0.275 | 0.988   | 0.979  | 1.000  |        |       |         |
| B.Nem   | 0.413  | -0.633  | -0.484 | -0.582 | 1.000  |       |         |
| Rüzg.   | 0.040  | 0.060   | 0.153  | 0.109  | -0.008 | 1.000 |         |
| İ.Basc. | 0.168  | 0.154   | 0.303  | 0.215  | 0.226  | 0.137 | 1.000   |

Kullanılan verilerin korelasyon katsayıları Çizelge 4.1'deki gibidir. Görüldüğü üzere istasyon basıncı ve ortalama rüzgar değişkenleri diğer değişkenlerle çok düşük korelasyon göstermektedir. Sıcaklık değişkenlerinin kendi aralarındaki korelasyon katsayıları ise çok yüksektir, örnek olarak en yüksek korelasyon katsayısı 0.988 ve en küçüğü ise 0.941 dir. Burada ortalama sıcaklık değişkeni diğer iki sıcaklık değişkeni ile kıyaslandığında daha yüksek korelasyon göstermektedir. Sıcaklık değişkenleri bağıl nem ve yağış ile negatif korelasyon göstermektedir, sıcaklık düştükçe yağışın ve bağıl nem oranının artacağı düşünülürse bu sonuçlar mantıklıdır.

**Çizelge 4.2:** Analiz 1 sonucu hesaplanan özdeğerler

| TBA1  | TBA2  | TBA3  | TBA4  | TBA5  | TBA6  | TBA7  |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 3.518 | 1.449 | 0.932 | 0.698 | 0.368 | 0.033 | 0.001 |

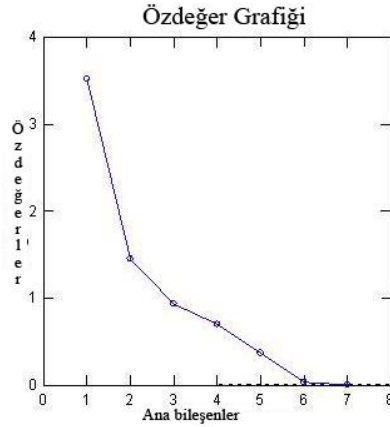
Çizelge 4.2'de hesaplanan özdeğerler bize temel bileşenler hakkında bilgiler vermektedir. Burada TBA kısaltması temel bileşen terimini ifade etmektedir. 7 adet değişkenimiz olduğundan 7 tane bileşen vardır ancak bunların çoğu önemsizdir. Bu önemi özdeğerler Çizelgesine bakarak yorumlayabiliriz. Genellikle özdeğeri 1'den yüksek bileşenler temel bileşen olarak alınır, ancak bizim problemimizde 1 değerine çok yakın bir özdeğer olduğundan bu değeri temel bileşen olarak kabul etmememiz

önemli bir bilgi kaybına yol açacaktır. Bu yüzden ilk 3 adet bileşen temel bileşen olarak alınmıştır. Aşağıdaki Çizelge 4.3’de görüldüğü gibi 3. Bileşeni dâhil etmemek %13.316 lık bir bilgi kaybına yol açacaktır.

**Çizelge 4.3:** Analiz 2 sonucu hesaplanan değişimtiler (%)

| TBA1   | TBA2   | TBA3   | Toplam (%) |
|--------|--------|--------|------------|
| 50.254 | 20.703 | 13.316 | 84.273     |

Aşağıda temel bileşenin özdeğerleri grafiğine de bakarak 3 adet temel bileşenin özdeğerlerinin diğer temel bileşenlere göre çok yüksek olduğu görülerek, görsel olarak 3 temel bileşenin olduğuna da karar verilebilir.



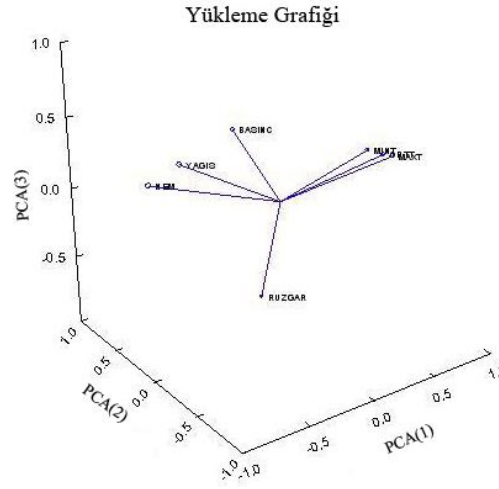
**Şekil 4.2:** Analiz 1 özdeğer ve temel bileşen grafiği

Genel olarak özdeğeri 1 den büyük bileşenler temel bileşenler olarak alınır. Ancak 1 değerine yakın bileşenler de, eğer değişiminin önemli bir miktarını taşıyorsa o bileşende temel bileşen olarak kabul edilebilir. Bazen de özdeğeri 1 den büyük bileşenler önemli derece değişimi içermeyebilir, bu durumda da bu bileşenler temel bileşen olarak kabul edilmez. Temel bileşenlere karar vermek araştırmacının insiyatifindedir ve problemin türüne göre değişiklik gösterebilir.

**Çizelge 4.4:** Analiz 1. temel bileşen yüklemeleri

| Veri    | TBA1   | TBA2  | TBA3   |
|---------|--------|-------|--------|
| Yağış   | -0.407 | 0.577 | 0.167  |
| Maks(t) | 0.980  | 0.027 | 0.088  |
| Min(t)  | 0.942  | 0.247 | 0.077  |
| Ort(t)  | 0.979  | 0.119 | 0.074  |
| B.nem   | -0.706 | 0.472 | 0.122  |
| Rüzg.   | 0.128  | 0.405 | -0.905 |
| İ.Basc. | 0.174  | 0.809 | 0.225  |

Çizelge 4.4.'de 1. temel bileşende (TBA1) yüklemelere bakıldığında Maks (t), Min(t) ve Ort(t) değerlerinin çok yüksek olduğunu ve yağış ve nem yüklemelerinin de yüksek değerler aldığını görülür. Yüklemeler herhangi bir değişkenin o bileşendeki önemini ortaya koyar. 1. temel bileşende Maks (t), Min(t), Ort(t), yağış ve nem değişkenlerinin yüklemeleri yüksek olduğundan 1. temel bileşende bu değerler hakimdir. Bu değişkenler iklimle ilgili parametreler olduğundan 1. temel bileşenlere iklim değişkenlerinin bir yansıması diyebiliriz. 2. temel bileşende basınç ve yağış, 3. temel bileşende ise ortalama rüzgar hakimdir.



**Şekil 4.3:** Analiz 1 yüklem grafiği

Buradan rüzgâr ve basıncın iklim değişkenlerinden farklı davrandığı yorumunu yapabiliriz. Çünkü iklim parametrelerinin bir yansıması olarak kabul ettiğimiz 1. Temel bileşende rüzgâr ve istasyon basıncı değişkenlerinin yüklemeleri çok düşüktür.

Şekil 4.3'de de görüldüğü üzere sıcaklık, nem ve yağış değişkenleri toplu halde bulunmaktadır. Ancak rüzgâr değişkeni iklim değişkenleri olduğu iyi bilinen sıcaklık ve yağış değişkenlerden çok farklı bir davranış göstermektedir. Bu yüzden rüzgâr değişkeni ileriki analizlerde kullanılmayacaktır.

#### 4.2.2 Analiz 2

Kullanılan değişkenler: Maks (t), Min(t), Ort(t), Yağış, Nem ve İstasyon basıncı değişkenleridir. Rüzgâr değişkeni çıkarıldıktan sonra kalan değişkenlerle temel bileşen analizine devam edilmiştir. Temel bileşen analizi sonucu hesaplanan özdeğerler Çizelge 4.5'deki gibidir.

**Çizelge 4.5:** Analiz 2 özdeğerleri

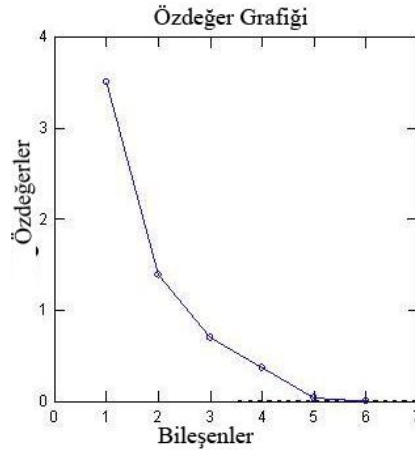
| TBA1  | TBA2  | TBA3  | TBA4  | TBA5  | TBA6  |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 3.506 | 1.390 | 0.698 | 0.368 | 0.036 | 0.002 |

İlk iki bileşenin özdeğerleri 1 den büyük olduğundan ve Çizelge 4.6’de görüldüğü gibi değişiminin % 81.607 sini içerdiğinden ilk iki bileşen temel bileşen olarak alınır.

**Çizelge 4.6:** Analiz 2 toplam % değişimi

| TBA1   | TBA2   | Toplam (%) |
|--------|--------|------------|
| 58.434 | 23.173 | 81.607     |

Dikkat edilirse 6 adet değişkeni analiz ettiğimizden 6 adet bileşen vardır ve bu 6 adet bileşenin ilk 2 si temel bileşen olarak kabul edilir. Bunu aşağıdaki grafiğe bakarak da yorumlayabiliriz.



**Şekil 4.4:** Analiz 2 Özdeğer ve Bileşenler Grafiği

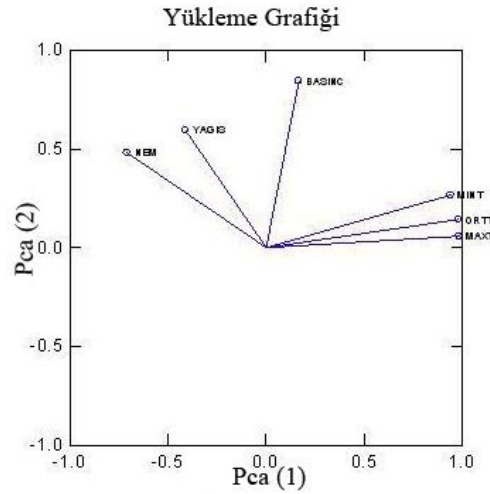
Şekil 4.4 temel bileşen sayısını görsel olarak belirlememize yarayan grafikdir. Şekilden de görüldüğü gibi ilk 2 bileşeni temel bileşen olarak almak mantıklı olacaktır. İlk iki bileşene kadar grafik eğimi dikey bir haldedir fakat 2. Bileşenden sonra grafik eğimi yatay bir hal almaktadır. Ayrıca ilk 2 bileşenin özdeğeri 1 den büyük olduğundan ilk 2 bileşeni temel bileşen olarak kabul etmek mantıklı olacaktır.

İlk 2 bileşeni temel bileşen olarak kabul ettiğimizden sadece bu iki bileşenin Çizelge 4.7’de görülen yüklemelerini dikkate almak gerekir. İstasyon basıncı değişkeninin 1. analizde olduğu gibi 1. temel bileşendeki yükleme değeri çok düşüktür.

**Çizelge 4.7:** Analiz 2 yükleme değerleri

| Veri     | TBA1   | TBA2  |
|----------|--------|-------|
| Yağış    | -0.412 | 0.595 |
| Maks(t)  | 0.982  | 0.058 |
| Min(t)   | 0.940  | 0.266 |
| Ort(t)   | 0.979  | 0.143 |
| B.nem    | -0.710 | 0.481 |
| İ. basc. | 0.166  | 0.843 |

1. temel bileşenin iklim karakterlerinin bir yansıması olduğu düşünüldüğünden istasyon basıncı değeri iklim karakterlerini yansıtan bir değişken olarak düşünülmemiştir. Aşağıdaki yükleme grafiğinden de bu durum görülebilir.



**Şekil 4.5:** Analiz 2 temel bileşen yükleme grafiği

Yukarıdaki grafikte görüldüğü üzere istasyon basıncı değişkeni sıcaklık değişkenleri, yağış ve nem değişkenlerinden ayrı davranış göstermektedir. Sonuç olarak istasyon basıncı değişkeni de çıkarılarak analizlere devam edilecektir.

#### 4.2.3 Analiz 3

Kullanılan değişkenler: Maks (t), Min(t), Ort(t), Yağış ve Nem değişkenleridir. İstasyon basıncı değişkeni çıkarıldıktan sonra kalan değişkenlerle temel bileşenler analizine devam edilmiştir. Dikkat edilirse bu değişkenler ilk analizde iklim değişkenlerinin bir yansıması olarak kabul edilmişti. Geriye sadece bu veriler kaldığından artık iklim değişkenleri ile ilgili daha sağlıklı analiz yapabiliriz. Temel bileşen analizi sonuçları aşağıdaki gibidir.

**Çizelge 4.8:** Analiz 3 özdeğerleri

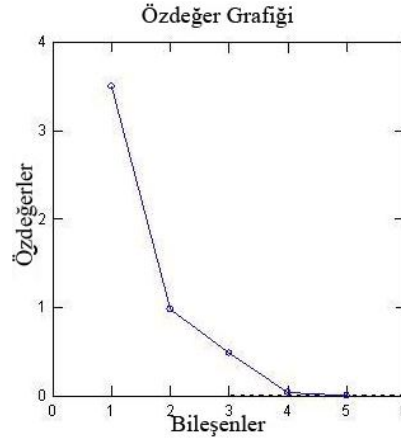
| TBA1  | TBA2  | TBA3  | TBA4  | TBA5  |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 3.500 | 0.978 | 0.483 | 0.037 | 0.002 |

Çizelge 4.8’de görüldüğü üzere 2. Bileşenin özdeğeri 1 e çok yakındır ve Çizelge 4.9’da görüldüğü üzere % 19.564 lük bir değişinti içermektedir. Bu yüzden temel bileşen olarak ilk iki bileşen kabul edilmiştir.

**Çizelge 4.9** Analiz 3 toplam % değişinti

| TBA1   | TBA2   | Toplam (%) |
|--------|--------|------------|
| 70.006 | 19.564 | 79.57      |

İlk 2 bileşen değişimlerin % 79.57 sini içermektedir. Bu yüzden bu 2 bileşeni temel bileşenler olarak kabul edebiliriz. Daha önce yaptığımız gibi özdeğer grafiğine bakarak da temel bileşen sayısına görsel olarak karar verebiliriz. Böylece hem Çizelge 4.9 ve hem de Şekil 4.9 kullanılarak temel bileşen sayısı kesinleştirilir.



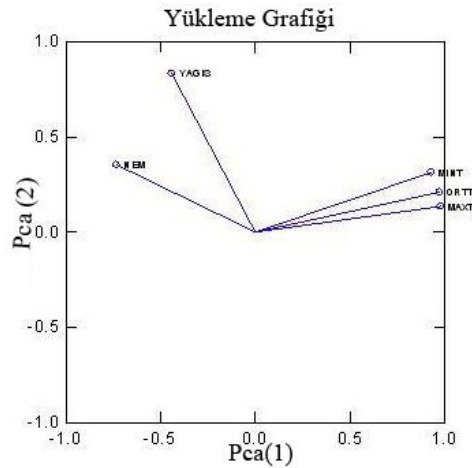
**Şekil 4.6:** Analiz 3 özdeğer ve bileşenler grafiği

Şekil 4.6’ da görüldüğü üzere ilk 2 bileşeni temel bileşen olarak kabul etmek yeterli olur. Bundan sonraki aşama bileşen yüklemelerine bakarak değişkenlerin temel bileşendeki durumuna bakarak hangi değişkenin kullanılıp hangi değişkenin kullanılmayacağına karar verilecektir. Hatırlanacağı üzere yüklemeler bir değişkenin o bileşendeki önemini gösterir.

**Çizelge 4.10:** Analiz 3 temel bileşen yüklemeleri

| Veri    | TBA1   | TBA2  |
|---------|--------|-------|
| Yağış   | -0.441 | 0.833 |
| Maks(t) | 0.980  | 0.135 |
| Min(t)  | 0.929  | 0.313 |
| Ort(t)  | 0.973  | 0.209 |
| B. nem  | -0.732 | 0.353 |

Çizelge 4.10’da görüldüğü üzere iklim karakterlerinin bir yansıması olduğu düşünülen 1. temel bileşende artık yükleme değerleri düşük olan bir değişken kalmamıştır. Sıcaklık değişkenlerinin yüklemeleri oldukça yüksek ve birbirine yakındır. Maksimum sıcaklık Maks (t) ve ortalama sıcaklık Ort(t) yükleme değerleri arasında yalnızca %007 lik bir fark vardır. Sonuç olarak sıcaklık değerlerinin TBA1 veTBA2’de benzer eğilimler gösterdiğini görmekteyiz.



**Şekil 4.7:** Analiz 3 yükleme grafiği

Ort(t) değerinin yüklemeleri özellikle değişimlerin %70.006’sının saklandığı Pc1 de diğer Maks(t) değişkeni ile hemen hemen aynı ve Min(t) değişkeninden yüksektir. 2. temel bileşene baktığımızda ise Ort(t) değişkeninin yükleme değerinin Maks(t) değerinden yüksek olduğunu görüyoruz. Şekil 4.7’de görüldüğü üzere sıcaklık değişkenleri beraber bir grup oluşturmaktadır. Buradan bu değişkenlerin benzer davranışlar gösterdikleri yani aynı eğilimde oldukları sonucuna ulaşılabilir. Çizelge 4.1 deki korelasyon katsayısı çizelgesine Ort(t) değişkeni diğer sıcaklık değişkenleri ile kıyaslandığında biraz daha yüksek korelasyon katsayısına sahip olduğu önceden vurgulanmıştı. Çizelge 4.11 de ise Ort(t) değişkeni 1. temel bileşende Maks(t) değişkenine çok yakın değerde yüklemeye sahiptir, ayrıca 2. temel bileşende ise

yükleme değeri Maks(t) değerinden büyüktür. Sonuç olarak gerek korelasyon katsayısı gerekse yükleme değerleri göz önüne alındığında bu 3 sıcaklık değişkeninin değerleri birbirleriyle çok yakındır ve benzer eğilimler göstermektedir. Öyleyse bu 3 değişkenden sadece 1 tanesini kullanmak istatistiksel olarak benzer korelasyonların veri setinden çıkarılmasına ve taraflı sonuçların elde edilmesini engelleyecektir. Başka bir deyişle 3 sıcaklık değişkeninden sadece birini kullanmak sıcaklık değerlerinin temel bileşen analizindeki temsilini değiştirmeyecektir. Yukarıda anlatıldığı gibi Ort(t) değerinin korelasyon ve yükleme değerleri biraz daha iyi olduğundan bu değişken ileriki analizlerde kullanılmak için seçilmiştir.

Sonuç olarak ortalama sıcaklık, bağıl nem ve toplam yağış değişkenlerinin küme analizinde kullanılmasına karar verilmiştir. 7 adet değişken 3'e indirilerek analizlerin daha kolay ve etkili yapılması amaçlanmıştır.

#### **4.3 Temel Bileşenler Analizi ile Aylık ve Yıllık İstasyon Verilerinin Boyutunun Azaltılması**

Bu bölümde bir önceki bölümden farklı olarak değişkenlerin değil de istasyon verilerinin boyutunun azaltılması yoluna gidilecektir, böylece istatistiksel “gürültü” azaltılarak kümeleme işlemi daha doğru olarak yapılabilecektir. Daha önceki analizde 7 değişkenli verilerin boyutu 3'e indirilmişti ve toplam yağış, ortalama sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin kullanılmasına karar verilmişti. Bu kez toplam yağış, ortalama sıcaklık ve bağıl nem değişkenlerinin içerdiği verinin boyutunun azaltılması yoluna gidilecektir. Örneğin bir istasyonda 1974-2002 yılları arasında ölçülen 348 adet aylık ortalama sıcaklık, 348 adet aylık toplam yağış ve 348 bağıl nem değeri vardır. Toplamda 150 istasyon olduğu düşünülürse 150x348x3 adet aylık veri vardır. Bu kadar veriyi kümelemek yerine temel bileşenler yöntemiyle fazla bilgi kaybı olmadan verinin boyutu azaltılırsa kümeleme işleminin daha kolay ve doğru bir şekilde yapılabileceği aşikârdır. Sonuç olarak bütün verilerin bir arada ve tek tek temel bileşen analizi yapıp elde edilen temel bileşen skorları küme analizinde kullanılacaktır.

##### **4.3.1 Aylık verilerin temel bileşenler yöntemi ile analizi**

Analiz girdisi 150x1044 ebadında dikdörtgen bir matristir. Yani sistem girdisi 150 adet satır ve 1044 adet sütundan oluşmaktadır. Bu analizde aylık ortalama sıcaklık,

aylık bağıl nem ve aylık toplam yağış kullanılacaktır. Burada 150 istasyon sayısıdır ve sabittir, burada azaltılması gereken 1044 adet sutundan oluşan verilerdir. Çizelge 4.11’de hesaplanan ilk 7 temel bileşen görülmektedir.

**Çizelge 4.11:** Aylık verilerin özdeğerleri

| <b>TBA1</b> | <b>TBA2</b> | <b>TBA3</b> | <b>TBA4</b> | <b>TBA5</b> | <b>TBA6</b> | <b>TBA7</b> |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 341.71      | 246.87      | 80.33       | 58.58       | 34.62       | 33.9        | 21.23       |

Bir önceki temel bileşen analizindeki sonuçlarla kıyaslandığında Çizelge 4.12’de hesaplanan özdeğerler çok büyüktür. Eğer 1’den büyük özdeğerli bileşenleri anabileşen olarak kabul etseydik değişimlerin çok küçük bir kısmını taşıyan bileşenlerde temel bileşen olarak kabul edilecekti ve yeteri kadar boyut azaltılamayacaktı. Halbuki aşağıdaki Çizelge 4.12’de görüldüğü gibi 7. temel bileşen değişiminin sadece %2.034’ünü içermektedir, bu yüzden daha fazla temel bileşen kullanılmamıştır

**Çizelge 4.12:** Aylık verilerin toplam % değişintisi

| <b>TBA1</b> | <b>TBA2</b> | <b>TBA3</b> | <b>TBA4</b> | <b>TBA5</b> | <b>TBA6</b> | <b>TBA7</b> | <b>Toplam %</b> |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|
| 32.73       | 23.64       | 7.69        | 5.61        | 3.32        | 3.25        | 2.03        | 78.27           |

İlk 7 bileşen değişimlerin % 78.274 ünü içermektedir. Bu yüzden ilk 7 bileşen temel bileşen olarak kabul edilmiştir. Böylece 150x1044 boyutundaki veri 150x7 boyutuna inmiştir. Bunun sonucunda verinin boyutu Çizelge 4.12’de görüldüğü gibi % 78.274 performansla %99.93 oranında azaltılmıştır. Verinin içerdiği bilginin büyük bir kısmı korunarak boyutunun bu kadar azaltılması gerçekten çok iyi bir sonuçtur.

Hesaplanan 7 adet temel bileşen skorları küme analizinde kullanılarak Türkiye iklim bölgeleri belirlenmeye çalışılacaktır. Aşağıdaki bölümde ise yıllık verilerin temel bileşen skorları hesaplanacaktır.

#### **4.3.2 Yıllık verilerin temel bileşenler yöntemi ile analizi**

Bu kez analiz girdisi 150x29 boyutunda bir matristir. Burada 150 istasyon sayısı, 29 ise 1974-2002 arasındaki 29 yıldır. Başka bir deyişle bu verinin 29 bileşeni vardır ve burda aranan, bilgi kaybını en aza indirerek bu bileşenlerden kaç tanesini temel bileşen olarak alabiliriz sorusunun cevabıdır. Bu analizde yıllık ortalama sıcaklık, yıllık bağıl nem ve yıllık toplam yağış kullanılacaktır.

**Çizelge 4.13:** Yıllık verilerin özdeğeri

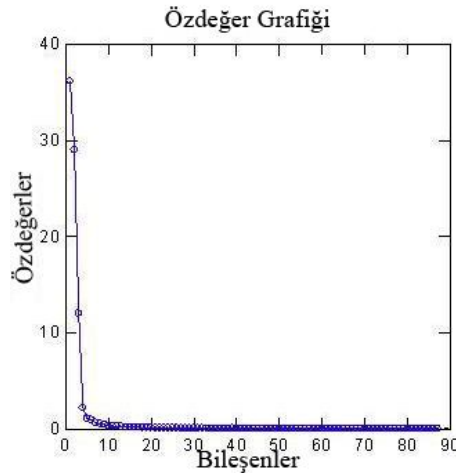
| TBA1   | TBA2   | TBA3   |
|--------|--------|--------|
| 36.147 | 28.963 | 12.003 |

İlk 3 bileşenin özvektörleri Çizelge 4.13’de görüldüğü gibi oldukça yüksek çıkmıştır. Temel bileşenler analizinde zaten bileşenler özdeğerlerin büyüklüğüne göre sıraya koyulur. Burada ilk 3 bileşen Çizelge 4.14’de görüldüğü üzere değişimlerin % 88.637’ lik bir kısmını içermektedir. Üçüncü bileşende değişimlerin % 13.797’sini içerdiğinden bu bileşende temel bileşen olarak kabul edilmiştir.

**Çizelge 4.14:** Yıllık veriler toplam % değişimi

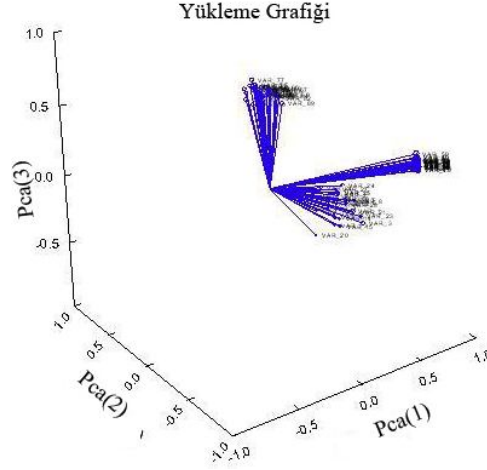
| TBA1   | TBA2   | TBA3   | Toplam(%) |
|--------|--------|--------|-----------|
| 41.549 | 33.291 | 13.797 | 88.637    |

Çizelge 4.14’de görüldüğü gibi 29 bileşenden ilk 3 tanesi değişimlerin %88.637’sini içermektedir. Dolayısıyla bu 3 bileşen temel bileşen olarak kabul edilir. Aşağıdaki özdeğer grafiğine bakılarak da temel bileşenlerin sayısına karar verilebilir.



**Şekil 4.8:** Yıllık veriler özdeğer grafiği

Yukarıda Şekil 4.8’de görüldüğü gibi ilk 3 bileşenin özdeğerleri ile geri kalan bileşenlerin özdeğerleri arasında büyük fark vardır. Bu grafikten de faydalanarak ilk 3 bileşeni temel bileşen olarak almanın yeterli olduğu görülür.



**Şekil 4.9:** Yıllık veriler yükleme grafiği

Şekil 4.8’da 3 temel bileşenin yükleme grafiği görülmektedir. Açık bir şekilde 3 adet temel bileşen grafikten seçilebilmektedir. Bu 3 temel bileşenin skorları küme analizinde kullanılacaktır.

#### 4.3.3 Aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış verilerinin temel bileşen analizi

150 adet istasyonun 1974-200 yılları arasında ölçülmüş aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış verileri temel bileşenlerine ayrılıp, analiz sonucu elde edilen temel bileşen skorları küme analizinde kullanılacaktır.

**Çizelge 4.15:** Aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış verileri ilk 5 temel bileşen öz değerleri

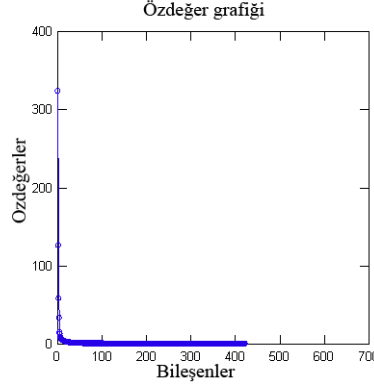
| TBA1    | TBA2    | TBA3   | TBA4   | TBA5   |
|---------|---------|--------|--------|--------|
| 323.395 | 125.817 | 58.133 | 33.123 | 14.806 |

Çizelge 4.15’den de görüldüğü üzere özdeğerler 2. temel bileşenden sonra hızla azalmaktadır. Çizelge 4.17’de temel bileşenlerin içerdiği değişinti yüzdesi gösterilmektedir.

**Çizelge 4.16:** Aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış verileri ilk 5 temel bileşen değişinti değerleri

| TBA1   | TBA2   | TBA3  | TBA4  | TBA5  | Toplam% |
|--------|--------|-------|-------|-------|---------|
| 46.465 | 18.077 | 8.352 | 4.759 | 2.127 | 79,78   |

Çizelge 4.16’da görüldüğü üzere ilk 5 temel bileşenlerin içerdiği değişinti %79.78 dir.



**Şekil 4.10:** Aylık ortalama sıcaklık ve yağış verilerinin özdeğer grafiği

Şekil 4.10’da özdeğer grafiğinde de görüldüğü üzere ilk 5 özdeğerden sonra grafik düz bir çizgi halini almaktadır ve nispeten daha düşük değişimler içermektedir. Bu yüzden ilk 5 temel bileşenin küme analizinde kullanılmasına karar verilmiştir. Temel bileşenler 5 boyutlu olduğunda temel bileşen yüklemelerinin grafiği burada gösterilmemiştir.

Küme analizinde aylık ortalama yağış ve aylık toplam yağış verilerinin temel bileşen analizi sonucu elde edilen temel bileşen skorları kullanılacaktır. Ayrıca normalleştirilmiş ham veriler kullanılarak küme analizinde temel bileşenler analizinin etkisi gösterilecektir.

#### 4.3.4 Aylık ortalama sıcaklık verilerinin temel bileşenler analizi

Bu bölümde 150 adet istasyonun 1974-2000 yılları arasında ölçülmüş aylık ortalama sıcaklık verileri temel bileşenler analizinde kullanılacaktır. Çizelge 4.18’de ilk 2 adet temel bileşenin özdeğerleri görülmektedir.

**Çizelge 4.17:** Ortalama sıcaklık özdeğerleri

| TBA1    | TBA2   |
|---------|--------|
| 292.688 | 36.352 |

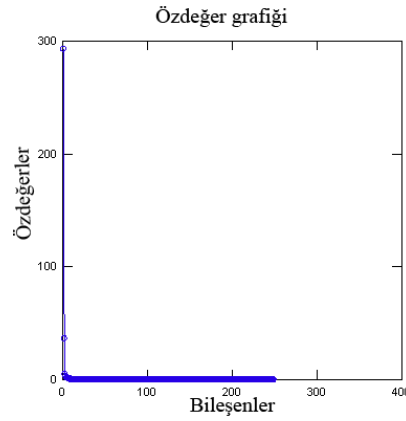
Çizelge 4.17’de görüldüğü üzere ilk temel bileşenden sonraki temel bileşenin özdeğer değerinde çok hızlı bir düşme yaşanmıştır. Buradan ilk bakışta ilk temel bileşenin değişiminin büyük bir kısmını içerdiği yorumu yapılabilir. Çizelge 4.18’de ilk iki temel bileşenin değişimleri ve toplam değişinti görülmektedir.

**Çizelge 4.18:** Ortalama sıcaklık ilk iki temel bileşen değişimleri

| TBA1   | TBA2   | Toplam% |
|--------|--------|---------|
| 84.106 | 10.446 | 94.552  |

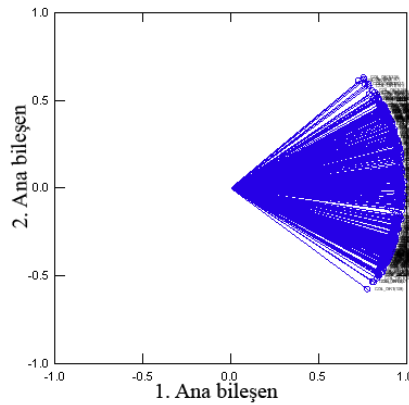
Çizelge 4.18’de görüldüğü üzere ilk iki temel bileşen değişimlerinin % 94.552 gibi çok büyük bir kısmını içermektedir. Şekil 4.14’deki özdeğer grafiğinden de ilk iki temel bileşenin diğer bileşenlere göre durumu görülebilir.

Şekil 4.11’de önceki analizde olduğu gibi özdeğer ve bileşenler grafiği 2 temel bileşenden sonra yatay düz bir çizgi halini almıştır. Özdeğer grafikleri temel bileşenlerin karar verilmesinde pekiştirici bir rol oynarlar. Görsel olarak bileşenlerin özdeğerlerinin dağılımını görmek yardımcı bir unsurdur.



**Şekil 4.11:** Aylık ortalama sıcaklık verilerinin özdeğer grafiği

Yüklemeler bir değişkenin o temel bileşendeki önemini gösterir ve grafiği o değişkenin temel bileşen üzerinde nasıl dağıldığını gösterir. Aşağıdaki şekilde ilk iki temel bileşenin yükleme grafiği görülmektedir.



**Şekil 4.12:** Temel bileşen yükleme grafiği

Şekil 4.12’de görüldüğü gibi temel bileşen yüklemeleri 1. temel bileşen eksenine doğru toplanmaktadır. Bunun nedeni 1. temel bileşenin değişimlerinin çok büyük bir kısmını içermesidir. Küme analizinde ilk iki temel bileşenin skorları kullanılacaktır.

#### 4.3.5 Aylık toplam yağış verilerinin temel bileşenler analizi

Bu bölümde 150 adet istasyonun 1974-2002 yılları arasında ölçülmüş aylık toplam yağış verilerinin temel bileşenler analizi yapılacaktır. Çizelge 4.19’da aylık toplam yağış verilerinin ilk 10 bileşeni görülmektedir.

**Çizelge 4.19:** Aylık toplam yağış verileri ilk 10 temel bileşen özdeğerleri

| TBA1  | TBA2  | TBA3  | TBA4  | TBA5  | TBA6  | TBA7 | TBA8 | TBA9 | TBA10 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|
| 116.7 | 61.88 | 27.30 | 14.54 | 12.35 | 10.21 | 5.46 | 4.89 | 4.85 | 4.51  |

Bu kez Çizelge 4.19’da görüldüğü gibi özdeğerler önceki analizlerdeki gibi hızlı bir düşüş göstermemiştir. Bu yüzden temel bileşen sayısını çok tutarak temel bileşenlerin değişimlerinin önemli bir bölümünü içermesi hedeflenmiştir. Çizelge 4.20’de temel bileşenlerin değişimlerinin yüzdeleri ve toplam yüzde değişimi görülmektedir.

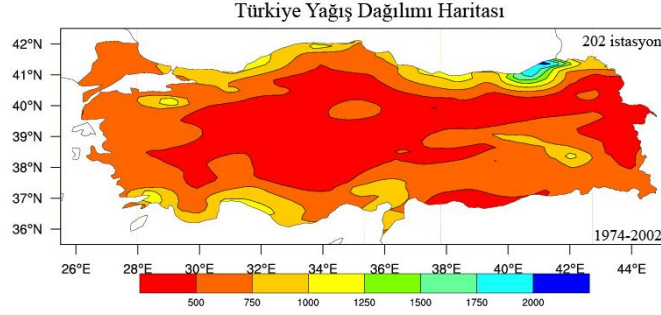
**Çizelge 4.20 :** Aylık toplam yağış verileri ilk 10 temel bileşen değişimleri

| TBA1  | TBA2  | TBA3 | TBA4 | TBA5 | TBA6 | TBA7 | TBA8 | TBA9 | TBA10 | Toplam (%) |
|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------------|
| 33.54 | 17.78 | 7.84 | 4.18 | 3.55 | 2.93 | 1.57 | 1.41 | 1.39 | 1.29  | 75.49      |

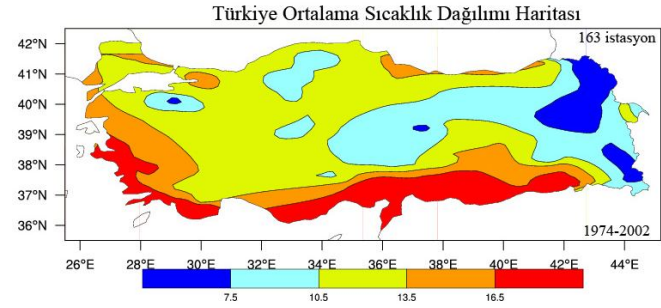
İlk 10 bileşen değişimlerinin %75.487 sini içermektedir ve bu yüzdenin yeterli seviyede olduğu düşünülmektedir. Küme analizinde bu 10 adet temel bileşenin skorları kullanılacaktır.

#### 4.3.6 İstasyon verilerinin Türkiye haritası üzerinde kontur haritalarının çizilmesi

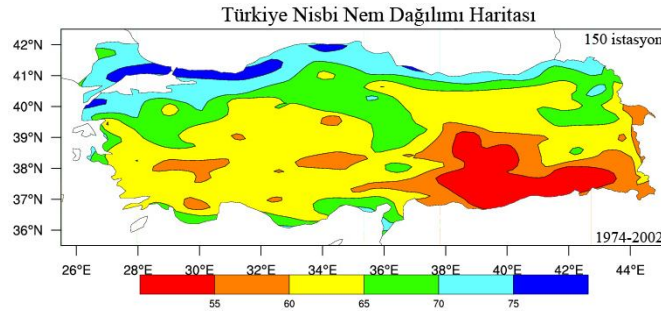
Temel bileşenler yöntemi sonunda kümelemek için kullanılmasına karar verilen değişkenlerin kontur haritası aşağıdaki gibidir. Haritalarda da homojen veriler kullanılmıştır. Aşağıda aylık toplam yağış, aylık ortalama sıcaklık ve aylık bağıl nem verilerinin Türkiye haritası üzerindeki kontur haritaları görülmektedir.



**Şekil 4.13:** İstasyonların 1974-2002 yılları arasında ölçülen yıllık toplam yağış verilerinin kontur haritası



**Şekil 4.14:** İstasyonların 1974-2002 yılları arasında ölçülen yıllık ortalama sıcaklık verilerinin kontur haritası



**Şekil 4.15:** İstasyonların 1974-2002 yılları arasında ölçülen yıllık bağıl nem verilerinin kontur haritası

Şekil 4.13’de görülen yağış kontur haritasına göre Anadolu’nun iç kesimleri ve Doğu Anadolu az yağış alırken kıyı kesimleri ve özellikle Karadeniz’in çok yağış aldığı görülmektedir. Böylece çizilen kontur haritasının alansal olarak tutarlı olduğu görülür.

Şekil 4.14’de ortalama sıcaklık kontur haritasına göre ise enlemin ve topoğrafyanın etkisi net bir şekilde görülmektedir. En sıcak bölgeler Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz bölgeleri iken en soğuk bölge ise Doğu Anadolu Bölgesidir. Uludağ’ın yükseltisinden dolayı sıcaklığı düşüktür. Kontur haritasında bu durumda görülmektedir. Ayrıca yükseltisi fazla olan Erciyes ve Hakkâri dolayları da kontur

haritasında fark edilebilmektedir. Sıcaklık kontur haritasının alansal olarak topografya ile uyumlu bir biçimde dağıldığı görülmektedir.

Şekil 4.15’de görülen bağıl nem kontur haritasında soğuk ve yağışlı olan Karadeniz ve Marmara bölgesinin bağıl nem oranı yüksektir. Güneydoğu Anadolu bölgesi İç Anadolu bölgesine nazaran daha fazla yağış almasına rağmen bu bölgeye göre çok sıcak olduğu için bağıl nem oranı düşük çıkmıştır.

## **5 KÜME ANALİZİ**

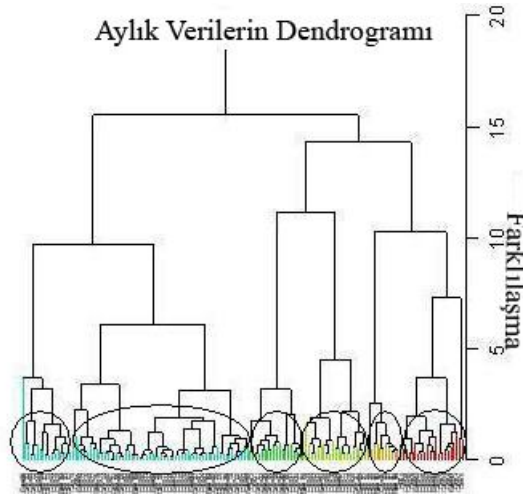
Küme analizi, bir ölçülmüş veri setinde benzer karakterli verilerin oluşturduğu grup veya kümelerin saptanmasıdır. Küme analizinde amaç birbirine daha çok benzeyen olayları belirleyerek bir kümeler topluluğu oluşturmaktır. Küme analizi çeşitli tekniklerle nesneleri ve bilimsel verileri sınıflandırma yöntemlerinin genel adıdır. Örnek olarak kişiler, türler ve bilimde kullanılan veriler bunların başlıcalarıdır. Küme analizinin matematiksel temeli basittir ancak çok fazla hesaplama işlemi gerektirir. Kümeleme işleminin sonucu kullanılan metoda göre değişiklik gösterir. Bunun nedeni benzerlikleri veya farklılıkları belirlemenin birçok yolu olmasıdır. Sonuç olarak bütün problemler için doğru sonuç veren bir tek kümeleme metodu mevcut değildir. Ancak son yıllarda ideal kümeleme yöntemini belirlemek için yapılan çabalar artmıştır.

### **5.1 Aylık Verilerin Ward Yöntemi ile Küme Analizi**

Bölüm 4’de yapılan temel bileşenler analizi sonucunda yağış, ortalama sıcaklık ve bağıl nem verilerinin iklim bölgelerinin belirlenmesi için kullanılabileceği sonucuna varılmıştı. Bölüm 3’de yapılan homojenlik analizi sonuçlarına göre de 150 adet istasyonda ölçülen verilerin kümelenmesi uygun görülmüştür. Bu istasyonlarda ölçülen aylık toplam yağış, aylık ortalama sıcaklık ve aylık bağıl nem verilerinin temel bileşenler analizi sonucunda elde edilen temel bileşen skorları küme analizinde kullanılacaktır.

#### **5.1.1. Aylık verilerin dendrogramının çizilmesi**

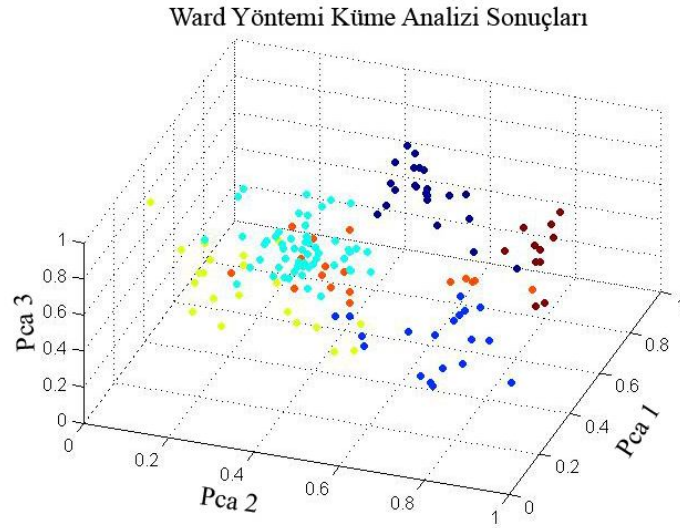
Diğer klasik yöntemlerde olduğu gibi Ward yöntemi de bize önceden küme sayısını vermez, küme sayısını dendrogramlarla ya da grafiksel yöntemlerle araştırmacı kendisi belirler.



**Şekil 5.1:** Ward metodu ile çizilen aylık verilerin dendrogramı

Dikkat edilecek olursa yukarı doğru çıkıldıkça kümeler arasındaki farklılaşma artmaktadır. Farklılığı hesaplamakta kullanılan yöntemler kullanılan metoda göre değişir. Bu yöntemler mesafe veya benzerlik ölçülmesi olabilir, Ward yöntemi ise farklılığı hesaplamak için değişimleri minimum yapmaya çalışır. Burada noktalar arasındaki mesafeler öklit mesafesine ve farklılaşmalarda Ward yöntemine göre hesaplanır.

Şekil 5.1'deki dendrogramdan gördüğümüz üzere 6-7 adet kümenin farklılaştığını görüyoruz. Bu dendrograma bakılarak 6-7 adet kümenin olduğu yorumu yapılabilir, ancak grafiksel yöntemlerle de bütünlük bozulmadan oluşabilecek küme sayısı araştırılarak hangi küme çözümünün uygun olduğu araştırılmalıdır. Grafiksel yöntemle küme sayısı araştırılırken önce 3 küme çözümü, daha sonra 4 küme çözümü ve bütünlük bozulana kadar diğer küme çözümleri sırayla denenmiştir ve 6 küme çözümünde karar kılınmıştır. Sonuç olarak grafiksel yöntem sonuçlarıyla Şekil 5.1'deki dendrogram sonuçları örtüşmüştür. Aşağıda Ward yöntemi ile elde edilen aylık Temel bileşen skorlarının 6 küme çözümünün ilk 3 boyutu görülmektedir. Şekil 5.2'de aylık temel bileşen skorlarının ilk 3 boyutunun Ward yöntemi çözümü görülmektedir



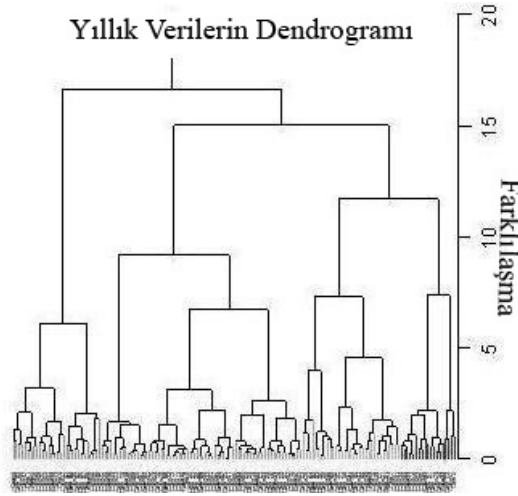
**Şekil 5.2:** Aylık temel bileşen skorlarının ilk 3 boyutun Ward yöntemi ile çözümünün saçılım diyagramı

Şekil 5.2’de PCA terimleri temel bileşenleri göstermektedir. Farklı renkler farklı kümeleri göstermektedir. Görüldüğü üzere 6 adet küme farklı renklere sahiptir. Turuncu rengi ile gösterilen küme bakış açısı yüzünden diğer kümelerle üst üste görülmektedir. Ancak 3 boyutlu gösterim olduğu için bu durum normaldir, eğer bakış açısını değiştirseydik turuncu renkli kümenin de diğer kümelerden ayrı olduğunu görebilirdik. Ancak bu kez diğer kümeler üst üste görünecektir. Bu yüzden kümelerin en uygun görülebildiği açı seçilerek grafik çizilmiştir. Bu grafik yardımıyla Ward yönteminin doğru uygulanıp uygulanmadığı anlaşılabilir, eğer grafikte renkler toplu halde değilse karışık bir şekilde görülseydi doğru olarak kümeleme yapılmadığı sonucu çıkardı. Şekilden de görüldüğü üzere renkler birbirinden ayrılmış ve kümeleşmiştir, turuncu rengi ile simgelenen küme ise bakış açısı yüzünden diğer kümelerle üst üste düşmüştür. Sonuçların Türkiye haritası üzerinde de gösterimi yapıp sonuçlar karşılaştırılacaktır.

### 5.1.2 Yıllık verilerin Ward metodu ile küme analizi

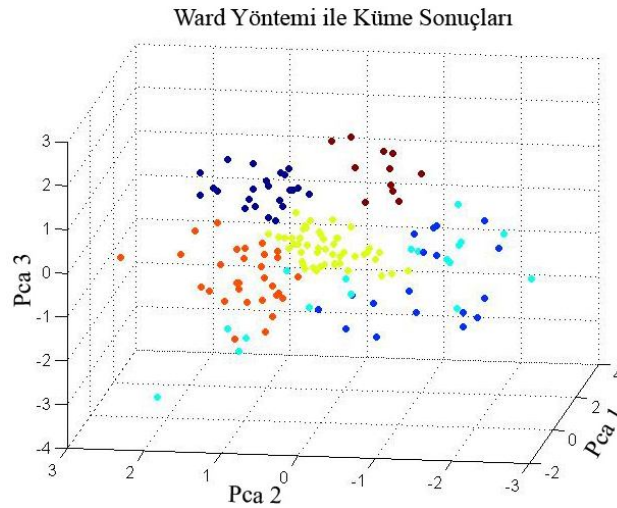
Bölüm 4’de bulunan yıllık toplam yağış, yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık bağıl nem verilerinin temel bileşenler analizi sonucu hesaplanan skorları küme analizi için kullanılacaktır. Bir önceki bölümde aylık verilerin analizi yapılırken 6 küme çözümü uygun bulunmuştu. Ancak, Ward yöntemine göre çizilen yıllık verilerin dendrogramına bakıldığında küme sayısına karar vermek sağlıklı olmamaktadır çünkü kaç adet kümenin olduğuna net olarak karar verilememektedir. Bu yüzden

sadece grafik yönteme başvurmak gerekmektedir. Şekil 5.3’de yıllık verilerin dendrogramı görülmektedir.



**Şekil 5.3:** Ward metodu ile  ızılan yıllık verilerin dendrogramı

Grafiksel metot uygulanırken aynen aylık verilerin küme sayısının grafiksel incelenmesi gibi burda da 3 küme     m nden başlayarak Türkiye haritası üzerindeki kümeleşmeler bozuluncaya kadar devam edilmiştir. Aylık verilerde olduğu gibi 6 küme     m  uygun görülmüştür.



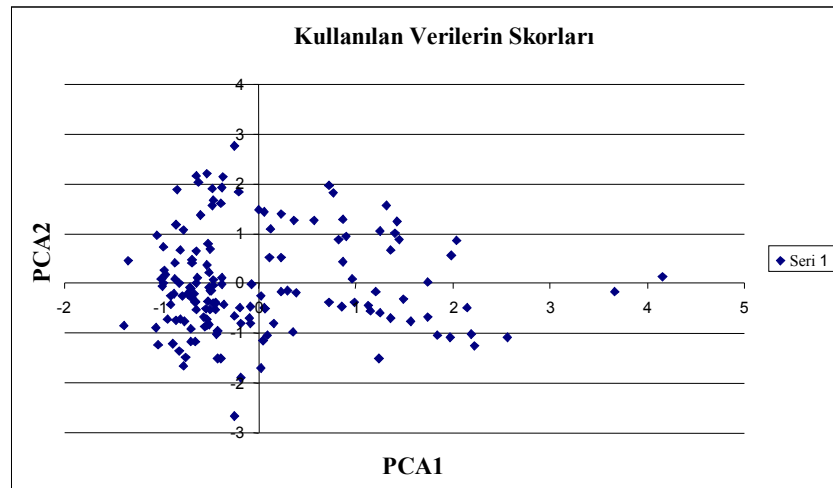
**Şekil 5.4:** Yıllık temel bileşen skorlarının Ward metodu ile küme analizi sonuçlarının saçılım diyagramı

Şekil 5.4’de yıllık temel bileşen skorlarının Ward yöntemi ile     m  her küme farklı renkte gösterilerek graf ği çizilmiştir. Yukarıdaki 6 değişik renk aynı aylık temel bileşen skorlarının küme analizi gibi 6 kümeyi temsil etmektedir. Renklerin bir bütün halde olması küme analizinin doğru yapıldığını gösterir. Şekilde sadece mavi

ve açık mavi renkler birbiri ile karışmaktadır bunu nedeni 3 boyutlu gösterimden kaynaklanmaktadır. Uygun açıyla bu iki kümenin de birbirinden ayrı olduğu görülebilir. Şekildeki grafik en uygun açı için çizilmiştir. Şekilden dikkat edilirse kahverengi renk ile gösterilen küme diğer kümelerden lineer olarak ayrılmıştır yani görsel olarak ayırt edilebilmektedir. Bu bölge Akdeniz Bölgesini temsil etmektedir. Buradan Akdeniz Bölgesinin yıllık ortalama sıcaklık, yıllık bağıl nem ve yıllık toplam yağış verilerine göre diğer bölgelere göre belirgin olarak farklı özellikler gösterdiğini söyleyebiliriz. Sonuçların Türkiye haritası üzerinde gösterimi bölüm 10'da yapılacaktır.

### 5.1.3 Ward yöntemiyle istasyon ortalamalarının küme analizi

Bölüm 4'de yapılan temel bileşenler analizi sonucunda yağış, ortalama sıcaklık ve nem verilerinin iklim bölgelerinin belirlenmesi için kullanılabileceği sonucuna varılmıştı. Bölüm 3'de yapılan homojenlik analizi sonuçlarına göre de 150 adet istasyonda ölçülen verilerin kümelenmesi uygun görülmüştü. Bu istasyonlarda ölçülen yıllık toplam yağış, yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık ortalama nem değerlerinin temel bileşenler analizi sonucunda elde edilen temel bileşen skorları kümelemede kullanılacaktır. Kullanılan temel bileşen skorları aşağıdaki şekilde görülmektedir.



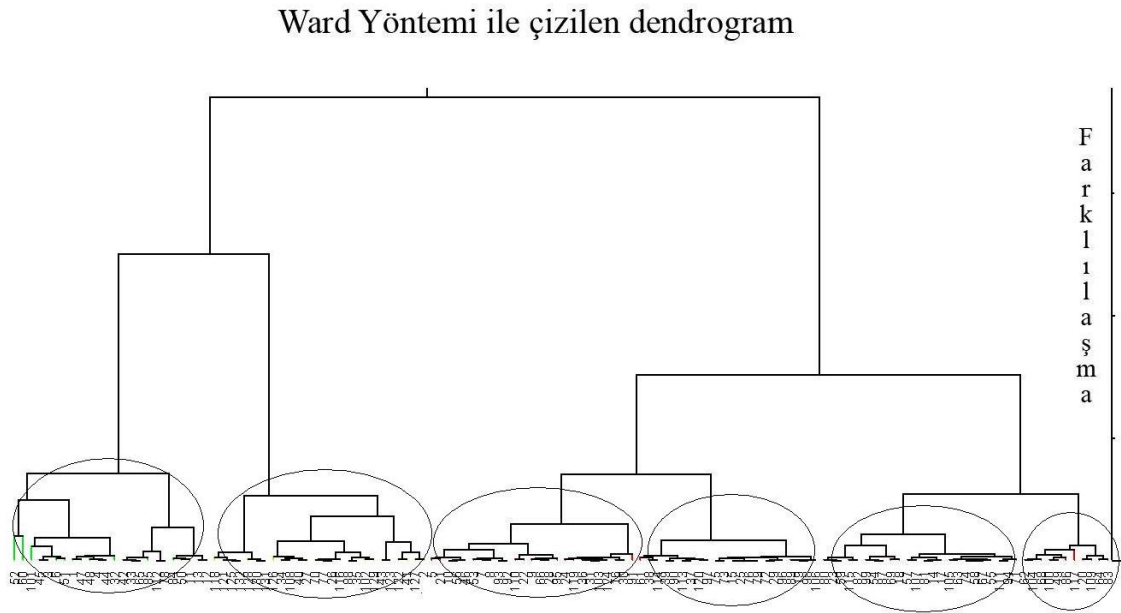
Şekil 5.5: Kullanılan verilerin ilk 2 temel bileşen skorları

Şekil 5.5'de PCA1 1.ci temel bileşen PCA2 ise 2.ci temel bileşendir. Ward yöntemiyle kümeleme yapılırken bu temel bileşen skorları kullanılmıştır. Şekilde görüldüğü gibi temel bileşen skorlarında belirgin bir kümeleşme görülmemektedir

veriler iç içedir, yani lineer olarak hiç bir küme birbirinden ayrılmamaktadır. Temel bileşen skorlarının bu kadar iç içe ve karışık dağılmasından dolayı birçok kümeleme yöntemi birbirinden farklı sonuçlar vermektedir. Bölüm 1'deki literatür taramasında gösterildiği gibi iklim bölgelerinin belirlenmesinde kullanılması en uygun yöntemlerden biri Ward yöntemidir. Bu çalışmada da Ward yöntemi kullanılıp KYSA ve Bulanık-YSA yöntemleriyle sonuçları karşılaştırılacaktır.

#### 5.1.4 Ward metodu ile dendrogram çizilmesi

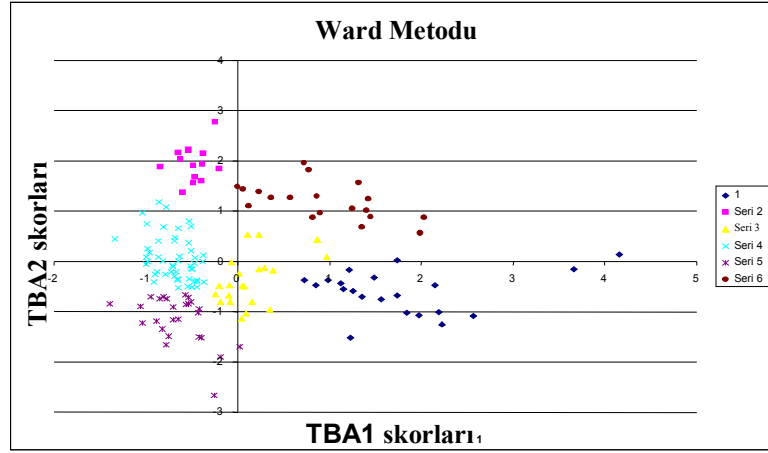
Klasik kümeleme yöntemleri bize küme sayısını önceden vermez. Küme sayısının belirlenmesi için dendrogramlar ve grafik yöntemler kullanılır. Aşağıda Ward (minimum değişke) metoduna göre yağış, ortalama sıcaklık ve nem verileri kullanılarak çizilen dendrogram görülmektedir.



**Şekil 5.6:** Ward metodu ile 150 adet istasyonun ortalama sıcaklık, yağış ve nem verilerine göre çizilen dendrogram

Şekil 5.6'daki dendrogramdan gördüğümüz üzere 6 adet kümenin farklılaştığını görüyoruz. Bu dendrograma bakılarak 6 adet kümenin olduğu yorumu yapılabilir, ancak grafiksel yöntemlerle de bütünlük bozulmadan oluşabilecek küme sayısı araştırılmıştır ve 6 küme çözümünün en uygun küme çözümü olduğuna karar verilmiştir. Grafiksel yöntemle küme sayısı araştırılırken önce 3 küme çözümü, daha sonra 4 küme çözümü ve bütünlük bozulana kadar diğer küme çözümleri sırayla denenmiştir ve 6 küme çözümünde karar kılınmıştır. Şekilde görülen dendrogramda

da 6 küme farklılaşmıştır. Bu da grafiksel yöntem sonuçlarıyla örtüşmüştür. Aşağıda Ward yöntemi ile elde edilen 6 küme çözümü görülmektedir.



Şekil 5.7: Ward yöntemi küme analizi sonuçları

Şekil 5.7’de Ward metodu sonuçları renkli kümelerle gösterilmiştir. Herbir renk farklı bir kümeyi temsil etmektedir. Eğer renkler iç içe girseydi ve karışık bir görüntü ortaya çıksaydı Ward metodunun yanlış uygulandığı sonucuna varabilirdik. Şekil 5.7 yardımıyla sonuçların doğru hesaplandığı gösterilmiş olur.

## 5.2 Kohonen Yapay Sinir Ağı (Öz örgütlemeli harita ağı)

Birçok açıdan KYSA (Kohonen Yapay Sinir Ağları), kümeleme analizinin geleneksel biçimlerine benzer. KYSA; verilen N- boyutlu bir veri noktaları bulutunda, düğüm noktalarının çok boyutlu dağılım fonksiyonunu temsil edecek şekilde keyfi sayıdaki düğüm noktasını veri uzayına yerleştirmeye çalışır. Çoğu kümeleme algoritmaları gruplar arası farklılıkları maksimize ederken grup içi farklılıkları minimize eder. Alternatif olarak algoritma, gruptaki tüm noktalar arasındaki mesafe ve gruptaki tüm noktalarla komşu gruptaki tüm noktalar arasındaki mesafeyi ölçebilir.

KYSA geleneksel kümeleme algoritmalarından farklı 2 önemli özelliği vardır; bunlardan ilki grupların tanımlanmasıdır. KYSA analizinin sonucu bir çeşit kümeleme olsa da kümeleme algoritmalarından farklı olarak KYSA metodu öncelik olarak verileri gruplama ve kümeleri tanımlamaya çalışmaz. Yukarıda da bahsedildiği gibi ölçüm uzayındaki yakın gözlem bulutunun temsilcisi olan noktaları

ve düğümleri ve beraber ele alındığında çok boyutlu veri setinin dağılım fonksiyonunu açıklamak için kullanılır.

Rutin olarak KYSA analizinin ilk adımı veri uzayındaki düğüm noktalarının dağılımını belirlemektir. Düğüm noktaları, her bir katsayının giriş değişkeni ile ilişkilendirilmiş ağırlık katsayılarının referans vektörü ile belirlenir. Örneğin, eğer başlangıç veri seti 10x20' lik uzaysal bir gridde deniz seviyesi basınç zaman serilerini içeriyorsa, KYSA'daki her düğüm 200 katsayılı bir referans vektörü olacaktır. Her düğüm için referans vektörün n.ci katsayısı n.ci giriş değişkeni ile ilişkili olacaktır. Böylece her düğüm, giriş verisinin boyutuna eşit referans vektörü ile ilişkilendirilmiş olur. Her bir veri KYSA'ya tanıtıldıktan sonra, verilerle düğümler arasındaki benzerlikler genellikle Öklit mesafesi kullanılarak hesaplanır. Referans vektörün 'en iyi eşleşen' düğümü girdi vektörü ile olan farkı azaltmak için, öğrenme oranı veya kullanıcı tarafından tanımlanan bazı faktörlerle modifiye edilir. Bu aşamada veriler grubun bir parçası değildir, sadece veri uzayındaki düğümlerin yerini ayarlamak için kullanılırlar.

Diğer kümeleme algoritmalarından ana farkı bu işlem sırasında sadece en yakın düğüm güncellenmekle kalmayıp etrafındaki düğümlerde girdi vektörü doğrultusunda ayarlanır. Kullanıcı bu güncelleme işleminin ölçüsünü ve şeklini kendi ayarlar.

Birçok farklı kümeleme algoritması vardır ve KYSA bir başka kümeleme seçeneği olarak sunulabilir. Ancak birçok kümeleme algoritması verinin yapısı hakkında bazı kabuller yapar veya verinin dağılımını istatistiksel modelleri temel alarak açıklamaya çalışır. Veri uzayında büyük bir grubun çok yakınlarında küçük bir grup bulunduğu zaman örneğin, bazı algoritmalar birlikte gruplandırırken diğerleri de eğer benzerlik ölçütünü maksimize ederse büyük grubu bölerek küçük grupla birleştirebilir. Benzer şekilde bazı algoritmalar da lineer kümeler yerine küresel ya da hiper küresel grupları ayırt edebilir. KYSA yaklaşımın bir avantajı da çok yönlü olmasıdır. İteratif yapısı ve düğümleri veri uzayına dağıtması nedeniyle KYSA sonuçları verinin spesifik dağılımına daha az bağımlıdır.

KYSA (Kohonen yapay sinir ağırları) birçok farklı disiplinde kullanım alanı bulmasına rağmen (Joutsiniemi ve dig. 1995, Chen ve Gasteiger 1997), klimatolojik literatürde çok az kullanımı bulunmaktadır.

### 5.2.1 Kohonen öğrenme kuralı

Danışmanlı ve danışmansız olmak üzere iki tip öğrenme türü vardır. Danışmanlı öğrenmede bir öğretmene ihtiyaç vardır. Öğretmen bir veri alıştırma kümesi veya ağ sonuçlarının performansını derecelendiren bir gözlemci olabilir. Kohonen öğrenme kuralı bir danışmansız öğrenme kuralıdır. Bu sistemde sinirler öğrenmek için elverişli durum veya ölçülerini güncellemekle yarışır. En büyük çıkış ile işlenen sinir, kazananı ilan eder ve komşularına bağlantı boyutlarını güncellemeleri için izin verilir.

Kazanan nöronun ağırlıkları Kohonen öğrenme kuralı ile ayarlanır.  $i$ .nci nöronun kazandığını düşünürsek  $i$ .nci satırdaki giriş matrisinin ağırlıkları aşağıdaki şekilde ayarlanır.

$$iW^{1.1}(q) = iW^{1.1}(q-1) + \alpha(p(q) - iW^{1.1}(q-1)) \quad (5.1)$$

Kohonen öğrenme kuralı nöronların ağırlıklarını giriş vektörünü kullanarak öğrenmesini sağlar ve bu yüzden Kohonen öğrenme kuralı sınıflandırma problemlerinde başarılıdır. Giriş vektörüne en yakın nöronun ağırlıkları daha da yakın olmak için güncellenir. Sonuçta benzer bir vektör girilene kadar kazanan nöron bir dahaki sefer de kazanmaya yakındır. Daha fazla veri girildikçe giriş vektörüne en yakın katmandaki nöron bu giriş vektörleri doğrultusunda ağırlıklarını ayarlamaya devam eder. Eğer yeteri kadar nöron varsa benzer giriş vektör kümesi o kümede olursa çıktı olarak 1 değerini alır değilse 0 değerini alır. Yarışmacı ağlar anladığı kadarıyla giriş vektörlerini kategorize ederler.

### 5.2.2 Kohonen yapay sinir ağları ile meteorolojik verilerin küme analizi

Bu bölümde Ward metodu ile analiz edilen veriler kullanılacaktır. Veri 2 boyutlu ve kümelemesi kolay olduğundan KYSA ilk önce bu verilere uygulanacaktır daha sonra aylık ve yıllık verilerin kümelenmesine geçilecektir. KYSA klimatolojide çok az kullanıldığından hangi parametrelerin uygun olduğu grafik yöntem yardımıyla herbir parametreyi deneyerek Çizelge 5.1'deki gibi bulunmuştur.

Burada P vektörü Şekil 5.7'deki temel bileşen skorlarıdır. Burada önemli parametreler ağ topolojisinin rastgele topoloji (randtop) olarak belirlenmesi, uzaklık mesafesinin ise link mesafesi (linkdist) olması ve komşuluk mesafesinin 0.5 olarak

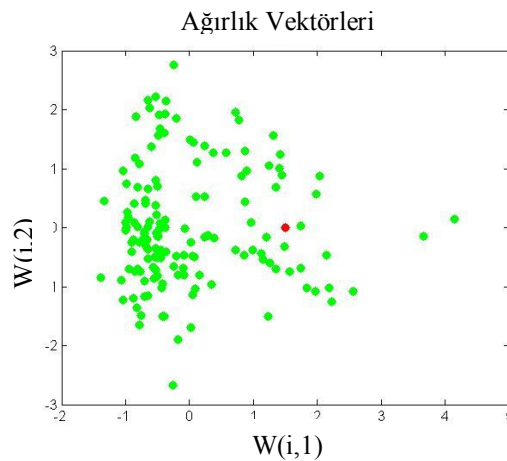
seçilmesidir. Kümelemede kullanılan veri boyut sayısı az (2 boyutlu) olduğu için 125 iterasyon yeterli görülmüştür.

**Çizelge 5.1:** KYSA kümelemede kullanılan parametreler

| Veri sırası                 | P vektörü         |
|-----------------------------|-------------------|
| Harita Boyutu               | [2 3]             |
| Ağ Topolojisi               | Rastgele Topoloji |
| Uzaklık mesafesi            | Link mesafesi     |
| Öğrenme oranı safha düzeni  | 0.9               |
| Adım safhası düzeni         | 1000              |
| Öğrenme oranı safhası ayarı | 0.02              |
| Komşuluk mesafesi           | 0.5               |
| İterasyon sayısı            | 125               |

Matlab programı sonuçları 0 yada 1 olarak verir, şöyle ki eğer bir istasyon bir düğüm noktasına (kazanan nöron) aitse 1 çıktısını verir. Bunun anlamı o istasyon o nöronun temsil ettiği kümeye aittir. Eğer o istasyon bahsi geçen kümeye ait değilse 0 değeri verilir, böylece 150 adet istasyonun teker teker hangi kümeye ait olduğu 0 ve 1 değerleri atanarak bildirilir.

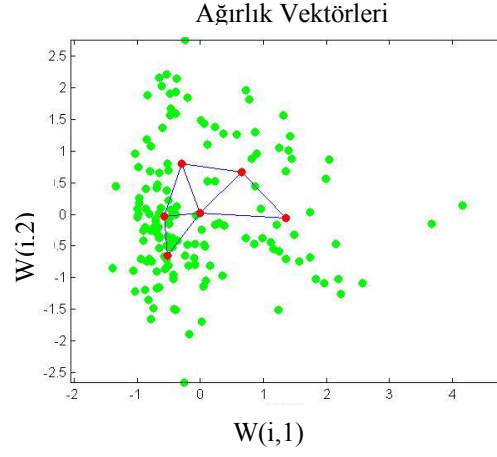
Öz örgütlemeli harita ağının çizim safhaları aşağıdaki gibidir. Burada KYSA'nın iterasyonları adım adım gösterilerek kümeleme işlemini nasıl yaptığı anlatılacaktır.



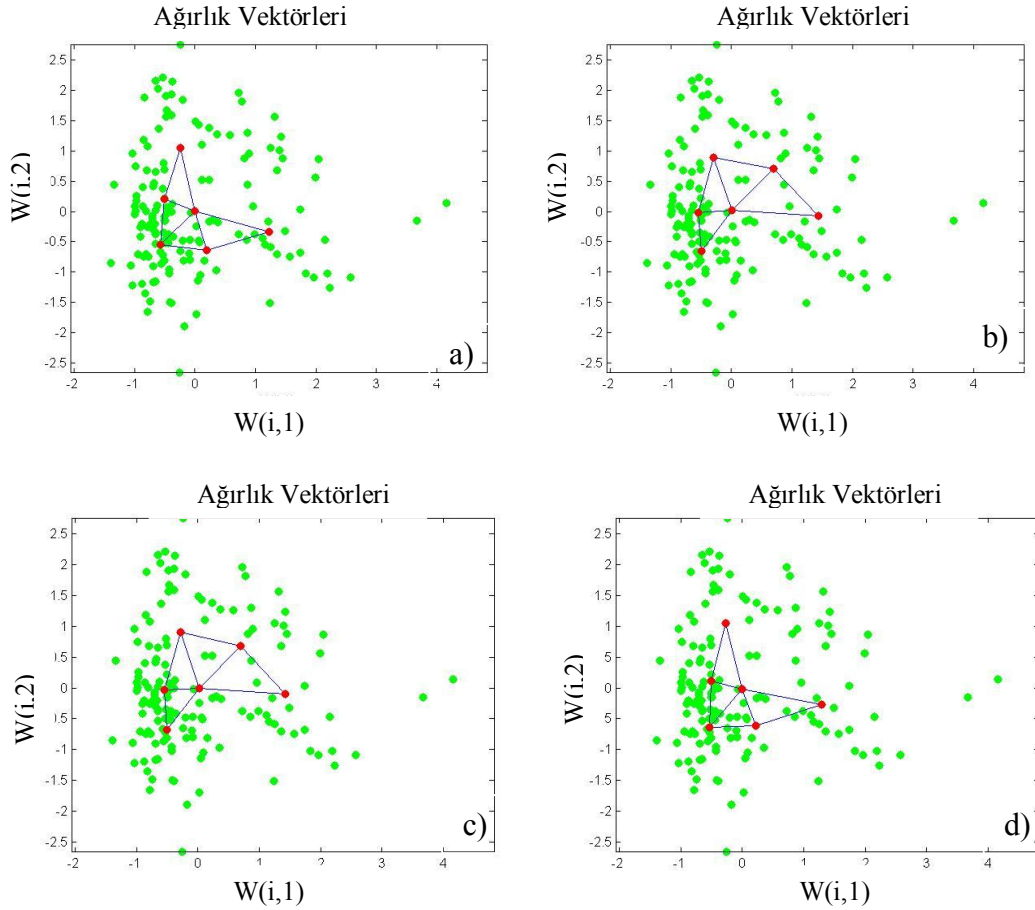
**Şekil 5.8:** Nöronların başlangıç pozisyonu

Şekil 5.8'de görülen kırmızı nokta 6 nöronun başlangıçta durduğu koordinatlardır. Matlab programı başlangıçta rastgele ağırlıklar atar. Bu ağırlıklara göre nöronlar

Kohonen öğrenme kuralını kullanarak birbiriyle yarışır. Başlangıç aşamasında bütün nöronlar bir aradadır ve eğitim aşaması başlayınca verileri tek tek işleyerek ağırlık vektörlerini hesaplamaya başlar.



Şekil 5.9: 25 iterasyon için nöronların pozisyonları



Şekil 5.10: İterasyon sayıları a) 50, b) 75, c) 100, d) 125 için neron pozisyonları

Şekil 5.9’da iterasyon sayısı arttıkça nöronların nasıl hareket ettiği gösterilmesi amaçlanmıştır. Her 25 iterasyon sonunda oluşan nöron pozisyonları aşağıdaki grafiklerde görülmektedir.Şekil 5.10a, Şekil 5.10b, Şekil 5.10c ve Şekil 5.10d’ye dikkat edilirse nöronlar (ağırlıklar) sürekli yer değiştirmektedir. 5 adet nöronun iterasyonlar boyunca nerdeyse sabit kaldığı 1 adet nöronun ise iki farklı konumda gidip geldiği görülmektedir. Bu durum verilerin çok fazla dağınıklık göstermesinden ileri gelmektedir. İterasyonlar arttıkça nöronlar yavaş yavaş sabit kalmaya başlarlar ve iterasyonların çok artması sonuçları etkilememeye başlar. Aşağıdaki Çizelge 5.2’de nöronların nihai ağırlıkları görülmektedir. Yukarıdaki parametreler doğrultusunda aşağıdaki küme çözümü elde edilir.

**Çizelge 5.2: Nöron Ağırlıkları**

| Nöron no | $W(i,1)$ | $W(i,2)$ |
|----------|----------|----------|
| 1        | -126.17  | 40.87    |
| 2        | -75.68   | -74.61   |
| 3        | -17.57   | 18.78    |
| 4        | 28.83    | -113.85  |
| 5        | 36.22    | 73.39    |
| 6        | 44.80    | 0.13     |

Çizelge 5.2’de nöronların 125 iterasyon sonunda hesaplanan nihai ağırlıkları görülmektedir.

### 5.3 Bulanık-YSA Kümeleme Yöntemleri

#### 5.3.1 Giriş

Yapay sinir ağı, insan beyninin temel birimi olan nöronlara benzer olarak teşkil edilen yapay nöronların farklı topoloji ve ağ modelleriyle birbirine bağlanmasıyla oluşan karmaşık sistemlerdir. Bir yapay sinir ağı, bir biriyle etkileşim içindeki pek çok yapay nöronun paralel bağlı bir hiyerarşik organizasyonudur. Yapay sinir ağında hesaplama algoritmik programlamaya bir seçenek oluşturan, temel olarak yeni ve farklı bir bilgi işleme tekniğidir. Programda adım adım yürütülen bir yöntemin verilmesi yerine sinirsel ağ ilişkilendirmeyi yapan iç kurallarını kendi üretir ve bu kuralları, sonuçları örneklerle karşılaştırarak düzenler.

En genel anlamda yapay sinir ağıları ileri beslemeli ve geri beslemeli ağılar şeklinde iki ana grup ta düşünülebilir. İleri beslemeli ağılarda nöronlar; girdi, saklı ve çıktı olarak adlandırılan katmanlar vasıtasıyla organize edilir. Her bir katmandaki nöronlar; bir sonraki katman nöronları ile bağlantı ağırlıkları vasıtasıyla ilişkilidir. Ancak katmanların kendi aralarında her hangi bir bağlantı yoktur. Bilgi, girdi katmanından çıktı katmanına doğru ilerler. Buna aktivasyon yönü de denilir. Bu tür yapay sinir ağına örnek olarak tek ve çok katmanlı algılayıcı verilebilir. Bu tür ağılar denetimli öğrenme teknikleriyle eğitilir.

Geri beslemeli ağıların en belirgin özelliği; katmanlar arasındaki nöronlar biri biriyle bağlantılı olup ayrıca bir dinamik hafızaya sahiplerdir. Bu ağılara örnek olarak kendi kendini düzenleyen öz örgütlenme haritası özelliğine sahip Kohonen, ağı ve ağ iç enerjisinin minimizasyonuna dayanan Hopfield ağı verilebilir. Bu tür ağıların eğitilmesi takviyesiz öğrenmeye bir örnek oluşturur. Hopfield ağıları daha çok bir içerikli adreslenebilir bellek olarak veya optimizasyon tipi problemlerde başarılıdır.

Yapay sinir ağıları ayrı zaman alanlarında nonliner regresyon yani dinamik modelleme yapabilir. Sonuç ağırlıkları ayarlanmış model tahmini yapan bir ağıdır. Ancak problem şudur ki, bilgi mantık kurallarıyla belirlenemeyen ve öğrenme sonuçları parametre değerleri seti olarak ve sözel verilerin yorumlanamamasıdır. Aksine, bulanık tabanlı sistemler eğer-ise yapıların içeren doğal bir dil içerir ancak kendi kendine kuralları öğrenemez. Bu ikisinin bir arada olduğu hem doğal bir dil içeren hemde kendi kendi kuralları öğrenebilen sistemlere bulanık-YSA sistemler denmektedir.

Kullanılan veriden kural çıkarmak; model tanımlama, veri analizi veya verinin yapısını araştırmak olarak tanımlanabilir (Bezdek ve Pal, 1992). Buradaki amaç problemdeki karmaşıklığı azaltmak ya da problemle ilişkili verinin azaltılmasıdır. Veri analizi konusu çok çeşitli metodları içerir, buradaki amaç bulanık ve sinirsel ağıların birleşiminden oluşan uygulanabilir bir yöntem sunmaktır. Yapay sinir ağıları ile ilgili çalışmalar 1940' lı yıllarda bulanık mantıkla ilgili çalışmalar ise 1960'lı yıllarda başlamıştır. Fakat bulanık-YSA sistemler ile ilgili çalışmalar bahsi geçen çalışmalara göre yenidir. Konuyla ilgili ilk kitap Kosko (1992) tarafından yayınlanmıştır.

### 5.3.2 Deneme ve yanılma

Model kurmanın klasik yolu, uzman kişilerin tecrübelerinden faydalanarak kural oluşturmaktır. En genel uygulama uzmanları ve operatörleri dikkatlice hazırlanmış sorular sormaktır. Giriş uzayı koordinat sistemlerini oluşturarak giriş değişkenlerini (hız, konum, hata veya hatadaki değişim) bölgelere ayırır. Her giriş değişkeni bulanık terimler olan negatif, pozitif ya da 0 ile ilişkilendirilir. Üyelik fonksiyonları uzman tarafından belirlenmektedir. Girişin geçerli kombinasyonları oluşturulduktan sonra, uzman çıkış verilerinin tipik değerlerini vermelidir. Birçok sistemde giriş uzayının kısımları bilinemez, bu yüzden giriş uzayı eşit aralıklı ve benzer şekilli üyelik fonksiyonlarıyla kısımlara ayrılmalıdır.

Dizayn prosedürü aşağıdaki şekildedir.

1. Uygun giriş ve çıkış değişkenlerinin seçilmesi
2. Giriş ve çıkış verileriyle ilişkilendirilmiş üyelik fonksiyonu sayısının belirlenmesi
3. Bulanık kuralların tasarımı

Bunu yapabilmek için uzman fiziksel kurallara ya da deneme ve yanılma metotlarına başvurmalıdır.

### 5.3.3 Kümeleme

Deneme ve yanılma kullanarak uygun bulanık modeli oluşturmak zor olabilir ancak giriş ve çıkış arasındaki ilişkiyi sözel olarak ifade etmek çok daha kolaydır. Daha iyi bir yaklaşım ise hedef fonksiyonu enterpolasyon ya da lineer regresyonla tahmin etmektir. Takagi- Sugeno modelinde fikir her kural modelde bir bölge ifade eder. Genel olarak Takagi-.Sugeno kural yapısı aşağıdaki gibidir.

*eger  $f(e_1 = A_1ise, e_2 = A_2ise, \dots, e_k = A_kise)$  o zaman  $y = g(e_1, e_2, \dots)$*

Burada f durumu oluşturan cümleleri birleştiren mantıksal bir fonksiyon, y çıktı, ve g ise girdilerin bir fonksiyonudur. Örnek vermek gerekirse,

$$U=K_p (hata + T_d \times hatadaki \text{ de\u0131işim}) \quad (5.2)$$

Burada  $U$  kontrolörün çıktısıdır.  $K_p$  ve  $T_d$ ,  $P_D$  kontrolörünün ayar sabitleridir. Başka bir kural başka ayar parametreleri ile başka bölgelerde oluşturulabilir.

### 5.3.4 Katı kümeleme (KCY algoritması)

Katı c-ortalamlar metodu algoritması çok boyutlu uzayda kümelerin yerini saptamaya çalışır. Buradaki amaç her noktayı ait olduğu kümeye atamaktır. Basit bir yaklaşım şu şekildedir.

- a) Aradığımız kümenin c küme merkezlerini bulmak. Bu küme sayısının önceden bilinmesini gerektirir ki bu danışmanlı bir algoritmadır.
- b) Her nokta kendisine en yakın küme merkezine göre hangi kümeye ait olduğu saptanır.
- c) Her küme için koordinatların ortalaması alınarak yeni küme merkezleri bulunur.
- d) Eğer yeterli sonuç elde edilmezse adım b tekrar edilir.

Bazen küme sayısının kesin olarak bilinmesi gerekliliğini ortadan kaldırmak için bazı kurallar eklenebilir. Bu kurallar yakın kümelerin birleştirilmesini ve yüksek standart sapmalı koordinatı kümelerin ayrılması için kullanılabilir.

Genel olarak katı c-ortalamlar metodu verinin U uzayında ( $C_i$ ),  $i=1,2,\dots,c$ , küme ailesinin c-bölünmesi temeline dayanmaktadır.

$$\bigcup_{i=1}^c C_i = U \quad (5.3)$$

$$C_i \cap C_j = \emptyset, \quad i \neq j \quad (5.4)$$

$$\emptyset \subset C_i \subset U, \quad \text{bütün } i \text{ için} \quad (5.5)$$

$U = \{u_1, u_2, \dots, u_K\}$  kümesi sonlu uzayda eksenlerle çevrilmiş veri setidir.

$$2 \leq c \leq K \quad (5.6)$$

Çünkü  $c=K$  kümeleri her veriyi kendi kümesinin içine yerleştirir. Denklem (5.3) ve denklem (5.5) kümelerin bütün evrene yayıldığını, hiçbir kümenin boş küme ya da tek bir kümenin bütün veriyi kapsayamayacağını ifade eder.

Biçimsel olarak c-ortalamlar metodu algoritması uzaklık ölçümünün hedef fonksiyonunu minimize ederek her kümenin küme merkezini bulur. Hedef fonksiyonu  $u_k$  vektörü ve  $c_i$  küme merkezi arasındaki mesafeye bağlıdır ve mesafe

fonksiyonu olarak Öklid mesafesi seçilir. Hedef fonksiyonun ifadesi aşağıdaki gibidir,

$$J = \sum_{i=1}^c J_i = \sum_{i=1}^c \left( \sum_{k, u_k \in C_i} \|u_k - c_i\|^2 \right) \quad (5.7)$$

Burada  $J_i$  i kümesinin hedef fonksiyonudur.

Ayrılmış kümeler tipik olarak  $M$  üyelik matrisi denen ikili  $c \times K$  karakterlerle ifade edilir. Matrisin  $m_{ik}$  elemanı eğer  $u_k$  noktalar kümesinin içindeki  $k.c_i$  nokta  $i$  kümesine aitse 1 değerini aksi halde 0 değerini alır. Bir veri noktası ancak 1 kümeye ait olabilir ve  $M$  üyelik matrisi aşağıdaki özelliklere sahiptir.

- Bütün kolonların toplamı 1 ve
- Bütün elemanların toplamı  $K$  nokta sayısına eşittir.

Eğer küme merkezleri düzeltilecekse  $J_i$  hedef fonksiyonunu minimize eden  $m_{ik}$  üyelik matrisi aşağıdaki gibidir,

$$m_{ik} = \begin{cases} \text{eğer } \|u_k - c_i\|^2 \leq \|u_k - c_j\|^2 & \text{ise } 1 \\ \text{değilse} & 0 \end{cases} \quad j \neq i \quad (5.8)$$

$u_k$  noktası eğer diğer küme merkezlerinin içinden  $c_i$  küme merkezine daha yakınsa  $i$  kümesine aittir. Diğer bir taraftan,  $m_{ik}$  düzeltildiği zaman denklem (5.7)'i minimize eden optimal küme merkezi  $c_i$   $i$  kümesindeki bütün vektörlerin ortalaması olur.

$$c_i = \frac{1}{|C_i|} \sum_{k, u_k \in C_i} u_k \quad (5.9)$$

Burada  $|C_i|$   $C_i$  kümesindeki bütün nesnelerin sayısıdır. Algoritma 5 adımda uygulanır (Jang, Sun ve Mizutani, 1997)

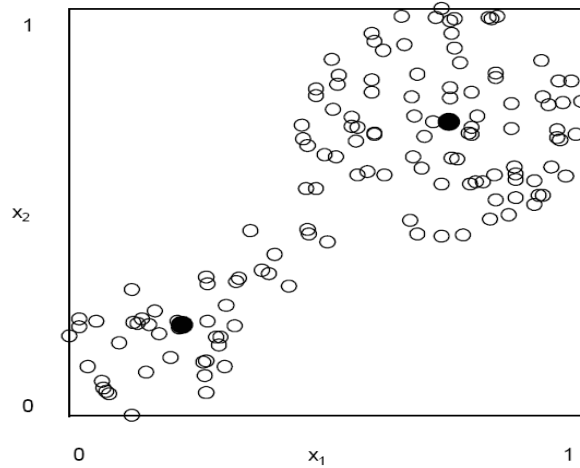
- a)  $c_i$  küme merkezleri ( $i = 1, 2, \dots, c$ ) ilklendirilir. Bu tipik olarak  $c$  noktalarının veri noktalarında rastgele seçilmesiyle yapılır.
- b) Üyelik matrisi denklem (5.8) kullanılarak belirlenir.
- c) Hedef fonksiyon denklem (5.7) yardımıyla hesaplanır. Eğer bir önceki iterasyona göre ilerleme belli bir tolerans kriterini geçmezse iterasyon durdurulur.
- d) Küme merkezleri denklem (5.9)'a göre güncellenir.

e) Adım (b) tekrarlanır.

Algoritma iteratiftir ve optimum bir sonuca yaklaşacağının garantisi yoktur. Performans küme merkezlerinin ilk pozisyonuna göre değişir ve ilk küme merkezlerinin bulunması için bir yöntem kullanılması önerilir. Ayrıca ilk olarak M üyelik matrisi de ilklendirilerek iteratif prosedür takip edilebilir.

### 5.3.5 Bulanık c-ortalamlar metodu algoritması (FCM)

Şekildeki örnekte görüldüğü üzere iki küme arasındaki bölge her iki kümenin de üyelik fonksiyonlarına dâhildir. Doğal olarak bu bulanıklaştırma terimleri yüksek veya düşük terimleriyle ifade edilebilir. Bulanık c-ortalamlar metodu algoritması her veri noktasının üyelik fonksiyonlarıyla belirlenen bir kümeye ait olmasına izin verir, böylece her nokta birkaç kümeye ait olabilir (Bezdek, Jang ve diğ. 1997).



**Şekil 5.11:** Bulanık küme merkezlerinin gösterilmesi

Şekilde 5.11’de görüldüğü üzere iki küme merkezi arasındaki noktaların hangi kümeye ait olduğu kesin değildir. Bu noktalar belirli derecelerde her iki kümeye de aittir. Kümeleme yapılırken bu noktalara atanan üyelik derecelerine göre oluşturulan üyelik matrisi dikkate alınır.

Bulanık c-ortalamlar metodu algoritması K adet m- boyutlu veri noktasının bulanık kümelerle dönüştürür ve hedef fonksiyonu minimize ederek kümelerin merkezlerini bulur. Bulanık c-ortalamlar metodu katı c-ortalamlar metodundan farklıdır ve her nokta belli bir derecede bir kümeye aittir. Bulanık kümelemenin gerçekleştirilmesi için üyelik matrisi M’in [0,1] arasında değer alması sağlanır. Bir noktanın toplam

üyelik derecesi M matrisinin özelliklerini taşımaktadır. Hedef fonksiyon denklem (5.7)'in bir genellemesidir.

$$J(M, c_1, c_2, \dots, c_c) = \sum_{i=1}^c J_i = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^K m_{ik}^q d_{ik}^2 \quad (5.10)$$

Burada  $m_{ik}$  0 ve 1 arasında değişen üyelikler ve  $c_i$  i. bulanık kümesinin merkezidir, i.nci küme merkezi ve k.ncı nokta arasındaki öklit mesafesi  $d_{ik} = \|u_k - c_i\|$  ve  $q \in [1, \infty)$  ifadesi ağırlık bileşenidir. J hedef fonksiyonunun minimuma erişmesi için 2 gerekli durum vardır,

$$c_i = \frac{\sum_{k=1}^K m_{ik}^q u_k}{\sum_{k=1}^K m_{ik}^q} \quad (5.11)$$

ve

$$m_{ik} = \frac{1}{\sum_{j=1}^c \left( \frac{d_{ik}}{d_{jk}} \right)^{2/(q-1)}} \quad (5.12)$$

Algoritma basitçe 2 durumda devam eder. İlk bulunan küme merkezleri genellikle doğru olmazlar ve iterasyonlar sonucu final pozisyonları bulunur. Genel olarak kullanılacak veri doğru sonuçlar vermesi için normalize edilir.

Bulanık c-ortalamalar metodu algoritması küme merkezlerini ve üyelik matrisini aşağıdaki adımları kullanarak bulur (Jang ve diğ. 1997).

1. Üyelik matrisi M in 0 ve 1 arasında M matrisi şartlarına göre ilklendirilmesi.
2. Küme merkezlerinin denklem (5.11) kullanarak bulunması.
3. Hedef fonksiyonun denklem (5.10) yardımıyla bulunması. Eğer ilerleme bir önceki iterasyona göre çok azsa işlem durdurulur.
4. Yeni M matrisinin denklem (5.12) yardımıyla bulunması
5. Adım 2 nin tekrarlanması.

Burada  $M_{i,k}$  0-1 arasındaki üyelik değerleri,  $C_i$  bulanık küme merkezi, M üyelik fonksiyonu matrisidir.

## 5.4 Bulanık-YSA Kümeleme Algoritmaları

Bulanık-YSA sistemler uygun bir üyelik fonksiyonu seti bulmak için öğrenme prosedürü uygularlar. Bu üyelik fonksiyonu seti sözel terimlerle ifade edilebilir ve sınıflandırma veya kümeleme problemlerinin anlaşılmasını sağlarlar.

Literatürde en çok karşılaşılan bulanık-YSA kümeleme yöntemi aşağıda anlatılacaktır.

### 5.4.1 Modifiye edilmiş adaptif nöro-bulanık kümeleme) algoritması

Bu model 3 ana prosedürü içerir;

- Kazanan çıktı nöronun belirlenmesi
- Sınama testinin yapılması
- Bütün çıktı nöronların ağırlıklarının güncellenmesi

Nero-bulanık sisteme girilen giriş verisi ‘kazanan hepsini alır’ mantığıyla yarışır. Giriş verisine ağırlığı en yakın öklit mesafesine sahip çıktı nöronu yarışı kazanır. Kazanan nöron aşağıdaki şekilde belirlenir.

$$I = \min \|x - v_i\| \quad (5.12)$$

Burada x girilen veri ve  $v_i$  ise yarışı kazanan i.nci çıktı nöronunun ağırlığıdır. Kazanan çıktı nöronu belirlendikten sonra nero-bulanık ağ güven kriterine göre güven testi uygular. Bu kriter aşağıdaki gibidir;

$$e^{-\gamma u_i} \|x - v_i\| \leq T \quad (5.13)$$

Burada T güven parametresi ve  $\gamma$  ise genellikle 1 alınır ancak sınıf sayısı 2 den küçük olduğunda güven kriteri  $\|x - v_i\| \leq T$  olarak alınır. Bulanık üyelik değerleri  $u_i$  aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$u_i = \frac{\left[ \frac{1}{\|x - v_i\|^2} \right]^{\frac{1}{m-1}}}{\sum_{j=0}^n \left[ \frac{1}{\|x - v_j\|^2} \right]^{\frac{1}{m-1}}} \quad (5.14)$$

Burada  $n$  çıktı nöron sayısı ve  $m \in [1, \infty]$  ise ağırlık üssüdür. Deneysel olarak  $m$  değeri 2 olarak alınır. Eğer kazanan nöron güven testini sağlarsa tüm çıktı nöronların ağırlıkları güncellenir. Aksi halde giriş verisi yeni bir sınıf ağırlıklara göre ayarlanır ve bu da çıktı nöron sayısını artırır. Bütün çıktı nöronların ağırlıkları aşağıdaki gibi güncellenir.

$$v_i^{(yeni)} = v_i^{(eski)} + \lambda_{bulanik} (x - v_i^{(eski)}) \quad (5.15)$$

$$\text{Burada } \lambda_{bulanik} = f(l) \cdot \pi(x, v_i^{(eski)}, T) \cdot u_i^2 \text{ ve } f(l) = \frac{1}{k(l-1)+1} \quad (5.16)$$

Yukarıda anlatılan algoritma maddeler halinde aşağıdaki gibi anlatılabilir.

- 1) Parametrelerin ilklendirilmesi ( $n=0, T, K$ ), girdi ve çıktı nöronları
- 2) Yeni  $x$  girdisinin uygulanması
- 3) Kazanan çıktı nöronun bulunması
- 4) Eğer kazanan çıktı nöronu güven testini geçerse adım 5 aksi halde adım 6'nın uygulanması
- 5) İşlenmeyen ilk çıktı nöronun aktive edilmesi ve girdi nöronlarının yeni bir ağırlık sınıfına ayarlanması
- 6) İşlenen bütün çıktı nöronların ağırlıklarının güncellenmesi

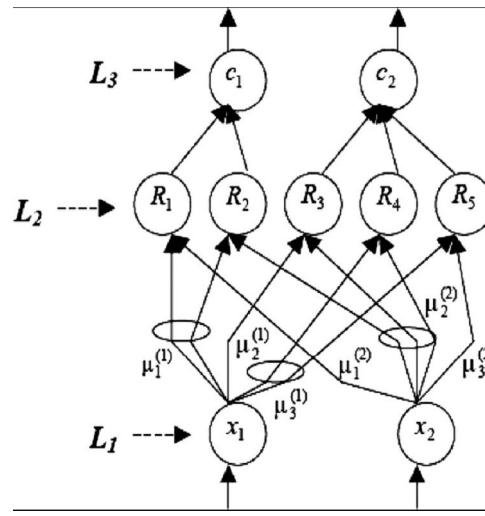
#### 5.4.2 Nero-bulanık sınıflandırma yöntemi (Nefclass) algoritması

Nefclass algoritması Nauck ve yardımcıları tarafından 1994 yılında ortaya atılmıştır. Bu algoritma ağırlıkları bulanık set ve aktivasyonu ile modellenen çok katmanlı genel bir perseptron yapısına dayanır. Bu yaklaşım genel nöral ağ yapısını korur fakat sonuçlanan sistemin yorumunu bulanık sistemle ilişkilendirir. Öğrenme aşamasında üçgen üyelik fonksiyonlarının şekil ve pozisyonları iteratif olarak adapte edilir. Bu model eğer-ise biçiminde bulanık kurallardan oluşan bir model olarak yorumlanabilir. Nefclass algoritması  $n$  boyutlu giriş vektörünü  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in \mathcal{R}^n$   $C$  çıktı sınıfı olarak haritalandırır. İki sınıfın kesişimi 0 olarak kabul edilirse, model sınıflandırması bir fonksiyonla gösterilebilir (Nauck, 1997).  $F: \mathcal{R}^n \rightarrow \{0,1\}^m$ , burada  $F(x) = (c_1, c_2, \dots, c_m)$  şöyle ki,  $c_i=1$  ve  $c_j=0$  ( $j \in \{1, \dots, m\}, j \neq i$ ); ise  $x$   $C_i$  sınıfına

aittir. Modelde kullanılan bulanık sistem aşağıdaki gibi eğer ise şeklinde bulanık kural tabanıyla gösterilir.

$$\mathfrak{R}_k : E\check{G}ER\ x_1\ is\ \mu_1^k\ VE...VE\ x_n\ is\ \mu_n^k\ İSE\ (x_1,...,x_n) \in C$$

Burada  $\mathfrak{R}_k$  k.cı kural ve  $(1 \leq k \leq K)$  ve  $\{u_i^k\}_{i=1,...,n}$  sistemin özelliklerini açıklayan bulanık kurallardır. Yukarıda girdi ve çıktı verileri arasındaki bağlantıyı anlatan sözel kural tabanları genellikle Şekil 5.12’de görüldüğü gibi 3 katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağlarıyla gösterilir (Kruse, 1999).



**Şekil 5.12:** Nefclass modelinin ağ şeması

1.nci katman  $L_1$  sistemin özelliklerini bir sonraki katmana yayan girdi değişkenleridir. 2.nci katman  $L_2$  bulanık kuralları gösteren gizli katman ve 3.cü katman  $L_3$  her bir sınıf birimi için çıktı değişkenlerini gösterir. i.nci girdi verisi  $x$  ile k.nci kural tabanı  $R \in L_2$  bulanık bağlantı ağırlığı ile  $W(x_i R_k)$  tanımlanır. Bağlantılar arasındaki elipsler paylaşılan ağırlıkları göstermektedir. Diğer taraftan kural birimi  $R$ 'den çıktı birimi  $C \in L_3$  arasındaki bağlantı  $W(R_k c_m)$  ile tanımlanır. Bu bağlantılar arasındaki ağırlıklar 1. katmanda anlamsal nedenlerden dolayı düzeltilir. Böylece  $L_2$  katmanındaki her kural tabanı birimi tamamen  $L_3$  katmanındaki bir çıktı birimine bağlanır.

### 5.4.3 Bulanık Kohonen ağırları

Bu algoritma Mitra ve diğ. (1994) tarafından Kohonen sınıflandırması esas alınarak geliştirilmiştir. Giriş sözel verileri kabul edecek şekilde modifiye edilmiş ve çıktı üyelik fonksiyonları biçiminde bulanık kararları sağlar. Öğrenme aşaması Kohonen Harita ağırlarındaki gibidir. Son çalışmalar bulanık c-ortalamlar ve KYSA sonuçları arasında yakın bir benzerlik olduğunu göstermiştir (Huntsberger ve Ajijmarangsee, 1989). Çalışmalarında Kohonen güncelleme kuralında aşağıdaki değişikliği yapmıştır.

$$v_{i,t} = v_{i,t-1} + u_{ik,t}(x_k - v_{i,t-1}) \quad (5.17)$$

Burada  $u_{i,k}$  aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$u_{ik} = \sum (\|x_k - v_i\|_A / \|x_k - v_j\|_A)^{2/(m-1)-1} \quad (5.18)$$

Bu yöntem kısmi olarak bulanık c-ortalamlar metodu ve Kohonen yapay sinir ağırları yönteminin birbirileri ile entegre edilmesidir. Bu yöntem bazı ilginç sonuçlar vermektedir. İterasyonlar komşuluğun boş kümeye güncellenmesiyle bitirmeye zorlanır. Aşağıdaki denklemler yardımıyla Kohonen güncelleme kuralı en son haline getirilir.

$$\alpha_{ik,t} = (u_{ik,t})^{m_t}; m_t = (m_0 - 1) / t_{\max}, \quad (5.19)$$

Burada  $m = m_t = (m_0 - t\Delta_m)$ ,  $m_0$  1'den büyük pozitif bir sabittir ve  $m_\infty = 1$ . Pratik olarak  $t$  iterasyon limiti sonsuza kadar gitmez bu yüzden  $\Delta_m = (m_0 - 1) / t_{\max}$ , olarak alınabilir. Aşağıda maddeler halinde bulanık Kohonen küme algoritması anlatılmıştır.

- 1)  $c, \| \cdot \|_A$  ve  $\varepsilon > 0$  değerlerinin küçük pozitif sabit değerleri olarak düzeltilmesi
- 2)  $v_0 = (v_{1,0}, v_{2,0}, \dots, v_{c,0}) \in R^{cp}$  ilklendirilir ve  $m_0 > 1$  ve  $t_{\max}$  = iterasyon limiti seçilir.
- 3)  $t=1,2,\dots,t_{\max}$  için
  - a) Denklem (5.18) ve denklem (5.19) kullanarak bütün öğrenme oranları  $\{\alpha_{ik,t}\}$  hesaplanır.
  - b) Bütün (c) ağırlık vektörleri  $\{v_{i,t}\}$  güncellenir.

$$v_{i,t} = v_{i,t-1} + \left[ \sum_{k=1}^n \alpha_{ik,t} (x_k - v_{i,t-1}) \right] / \sum_{s=1}^n \alpha_{is,t} \quad (5.20)$$

c)  $E_t = \|v_t - v_{t-1}\|^2 = \sum_i \|v_{i,t} - v_{i,t-1}\|^2$  hesaplanır.

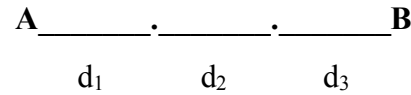
d) Eğer  $E_t \leq \varepsilon$  ise bir sonraki iterasyona geçilir.

Aşağıda literatürde karşılaşılan diğer nero-bulanık küme algoritmalarından kısaca bahsedilmiştir.

### 5.5 Bulanık-YSA Modelinin Oluşturulması

Bulanık c-ortalamlar metodu veri uzayındaki her noktaya birer üyelik derecesi atadıktan sonra belirli hedef fonksiyonuna iterasyonlar sonucu ulaşarak küme merkezlerini bulmaya çalışır. Daha sonra bulunan küme merkezlerine en yakın noktalar o kümeye ait kabul edilir ve kümeleme yapılmış olur. Hâlbuki her zaman küme merkezine en yakın nokta o kümeye ait olmayabilir, başka bir deyişle kendisine biraz daha uzak bir başka kümeye de ait olabilir. Öyleyse küme merkezlerine benzer yakınlıktaki bir noktanın hangi kümeye ait olduğunu bulunabilirse bulanık c-ortalamlar metodu sonuçlarında bir düzeltme ve bunun sonucunda bir iyileştirme yapılabilir.

Şekil 5.13’de A kümesine  $d_1$  mesafesindeki nokta A küme merkezine çok daha yakın olduğundan bulanık c-ortalamlar metoduna göre A kümesine aittir. Benzer şekilde  $d_3$  mesafesindeki nokta da B küme merkezine çok daha yakın olduğundan B kümesine dâhildir.



**Şekil 5.13:** İki küme merkezi arasındaki mesafe

Burada çözülmesi gereken problem,  $d_2$  mesafesindeki noktaların hangi kümeye ait olduğudur. Katı kümeleme ve bulanık c-ortalamlar metoduna göre  $d_2$  mesafesindeki noktalar hangi küme merkezine daha yakınsa o kümeye ait olarak bulunur. Uzaklık mesafesi ölçümü içinse genelde Öklid mesafesi kullanılır. Ancak  $d_2$  mesafesindeki noktaların her zaman en yakın kümeye ait olmayacağı aşîkârdır. Bu noktaların hangi kümeye ait olduğunun belirlenmesi için yapay sinir ağı modelleri kullanılacaktır.

Böylece hem bulanık c-ortalamalar metodu hem de yapay sinir ağlarını bir arada kullanan bir bulanık-YSA metodu geliştirilmiş olacaktır. Kullanılan yapay sinir ağları metotları GRNN, İBGYSA ve RTFA' dır.

Burada karşılaşılan en önemli problem bulanık c-ortalamalar metodu sonuçlarının yapay sinir ağlarına nasıl tanıtılacağıdır. Bunun yapılabilmesi için eğitim verisi Çizelgesi oluşturularak eğitim verileri türetilmiştir. Basitçe söylemek gerekirse küme merkezlerine yakın olan değerler ( $d_1$  ve  $d_3$  mesafesi) ait olduğu küme merkez değerine atanmıştır. Yani bulanık küme merkezine yakın olan değerler eğitim verisinin girdisini, bulanık küme merkezleri ise eğitim verisinin çıktısını oluşturmuştur. Böylece küme merkezine yakın olan noktalar küme merkezlerine çekilerek lineer olarak ayrılabilen kümeler elde edilmiştir. Burada  $d_1$ ,  $d_2$  ve  $d_3$  mesafeleri birbirine eşit kabul edilmiştir. Eğitim verisinin nasıl türetildiği detaylı olarak aşağıda adım 2 de anlatılmıştır.

#### **5.5.1 Bulanık-YSA metodunun algoritması**

Bulanık-YSA metodu ilk önce bulanık c-ortalamalar metodunu kullanır. Daha sonra bulanık c-ortalamalar metodu sonuçları yapay sinir ağlarının girdilerini oluşturur. Bunun sistematik bir şekilde yapılabilmesi için eğitim verisi Çizelgesi oluşturulur. Aşağıda bulanık-YSA metodu adım adım anlatılmıştır.

*Adım 1.* Bulanık c-ortalamalar metodu algoritması  $K$  adet  $m$  boyutlu veri noktasını bulanık kümelere dönüştürür ve hedef fonksiyonu minimize ederek kümelerin merkezlerini bulur. Bulanık küme merkezlerinin bulanık c-ortalamalar metoduyla bulunması aşağıda ayrıntılı olarak anlatılmıştır (Jang, Sun ve Mizutani., 1997).

1.  $C_i$  küme merkezleri ( $i = 1, 2, \dots, c$ ) ilklendirilir ve üyelik matrisi oluşturulur. Bu tipik olarak  $c$  noktalarının veri noktalarında rastgele seçilmesiyle yapılır ancak gene de bazı şartların sağlanması gerekir. Üyelik matrisi  $M$ , 0 ve 1 arasında aşağıdaki şartlara göre ilklendirilir.

- Bütün sütunların toplamı 1'dir.
- Bütün elemanların toplamı  $K$  nokta sayısına eşittir.

2. Küme merkezleri aşağıdaki denklem yardımıyla bulunur.

$$c_i = \frac{\sum_{k=1}^K m_{ik}^q u_k}{\sum_{k=1}^K m_{ik}^q} \quad (5.21)$$

3. Hedef fonksiyonunun aşağıdaki denklem yardımıyla bulunur. Eğer ilerleme bir önceki iterasyona göre çok yakınsak ise işlem durdurulur.

$$J(M, c_1, c_2, \dots, c_c) = \sum_{i=1}^c j_i = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^K m_{ik}^q d_{ik}^2 \quad (5.22)$$

4. Yeni M matrisi aşağıdaki denklem yardımıyla bulunur.

$$m_{ik} = \frac{1}{\sum_{j=1}^c \left( \frac{d_{ik}}{d_{jk}} \right)^{2/(q-1)}} \quad (5.23)$$

5. Küme merkezleri 2. aşama ile tekrar hesaplanır.

Burada  $m_{ik}$  0 ve 1 arasında değişen üyelikler ve  $c_i$  i. bulanık kümesinin merkezi, i.nci küme merkezi ve k.ncı nokta arasındaki Öklid mesafesi  $d_{ik} = \|u_k - c_i\|$  ve  $q \in [1, \infty)$  ifadesi ağırlık bileşenidir. J ise hedef fonksiyonudur.

*Adım 2.* Bulanık c-ortalamlar metodunun sonuçlarının yapay sinir ağlarına nasıl tanıtılacağı problemini aşmak için Çizelge 5.3 oluşturulmuştur.

**Çizelge 5.3:** Eğitim verisi çizelgesi

|             | Veri 1 | Veri 2 | Veri 3 |
|-------------|--------|--------|--------|
| Min. değer  | A(1)   | A(6)   | A(11)  |
| Merkez 1    | A(2)   | A(7)   | A(12)  |
| Merkez 2    | A(3)   | A(8)   | A(13)  |
| Merkez 3    | A(4)   | A(9)   | A(14)  |
| Maks. değer | A(5)   | A(10)  | A(15)  |

Kullanılan GRNN İBGY ve RTFA ağları kümeleme yapmadığından eğitim verileri kümeleme yapacak şekilde türetilmiştir. Çizelge 5.3 yardımıyla nasıl eğitim verisi türetildiği aşağıda anlatılmıştır.

Örnek veri setinin 3 küme merkezi olduğunu varsayalım. Min. değer ve Maks. değer verinin her bir boyutu için maksimum ve minimum değerleri ifade eder. Merkez değerleri ise bulanık c-ortalamlar metodu ile bulunan küme merkezleridir. Çizelge

5.3’de hesaplanan bulanık küme merkezleri küçükten büyüğe doğru sıralanmıştır. Örnek olarak A(2) merkezi için eğitim verisinin nasıl oluşturulduğu aşağıda görülmektedir.

$$C(1)=(A(2)-A(1))/3$$

$$C(2)=(A(3)-A(2))/3$$

Burada C(1) ve C(2) parametreleri 2 küme merkezi arasındaki eğitim verisi sınırlarıdır. Bu örnekte eğitim verisi sınırı 1/3 olarak alınmıştır. Başka bir deyişle iki küme merkezi arasındaki mesafenin en fazla 1/3’ü kadarı o kümeye ait kabul edilmiştir, bu mesafe dışında kalan verilerin hangi kümeye ait olduğuna yapay sinir ağları metotları belirleyecektir.

$$B(1)=A(2)-C(1)$$

$$B(11)=A(2)+C(2)$$

$$B(2)=A(2)-C(1)*0.9$$

$$B(12)=A(2)+C(2)*0.9$$

$$B(3)=A(2)-C(1)*0.8$$

$$B(13)=A(2)+C(2)*0.8$$

$$\vdots$$

$$\vdots$$

$$B(10)=A(2)-C(1)*0.8$$

$$B(20)=A(2)+C(2)*0.8$$

Burada B(n) girdi parametreleri o kümenin küme merkezi ile C(1) veya C(2) mesafesi arasında kalan noktaları göstermektedir. Başka bir deyişle küme merkezi ile en yakın diğer küme merkezi arasındaki mesafenin 1/3’ü kadar olan aralıktaki noktalar B(n) girdi parametreleridir. Özetle C(m)=1/3 ve B(n)=1/10 için eğitim verileri oluşturulmuştur. B(n) ve C(m) parametreleri kümelenecek verilerin küme merkezlerinde toplanmasını sağlayacak şekilde seçilmelidir. Eğer veriler küme merkezlerinde toplanmıyorsa ilk önce B(n) parametresini ve daha sonra bu yeterli gelmezse C(m) parametresini arttırma yoluna gidilmelidir.

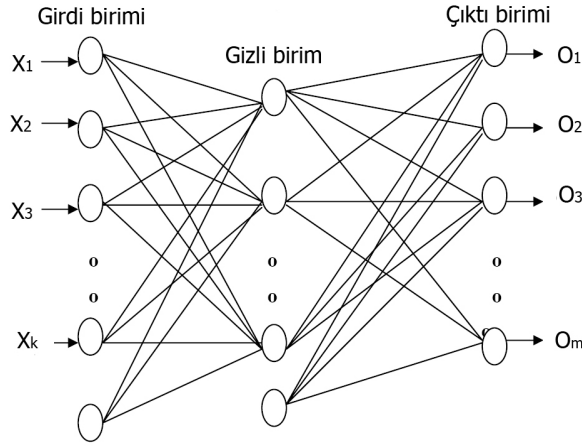
*Adım 3.* Her bir B(n) girdi değerlerinin ait olduğu M küme merkezi değerine atanması. Böylece yapay sinir ağının eğitilmesi için gerekli giriş ve çıkış verileri türetilmiş olur.

*Adım 4.* Kullanılacak yapay sinir ağı modeline karar verilmesi ve eğitim verisinin girilmesi. Metodun başarısı problemin türüne ve kullanılan yapay sinir ağları metotlarına göre değişmektedir. Örneğin ileri beslemeli geri yayılma ağları (FFBP) Iris verisinde en iyi sonucu vermiştir. Ancak, iklim verilerinin kümeleneğinde ise adaptif genelleştirilmiş regresyon ağı (GRNN) daha iyi sonuç vermiştir. Bu yüzden kullanılacak yapay sinir ağları modeline problemin türüne göre araştırmacı kendisi

karar vermelidir. Örnek olarak burada Iris verisinde en iyi sonucu veren FFBP ağı gösterilecektir.

Şekil 5.14’de bu ağı şeması görülmektedir. Şimdiye kadar yapılan uygulamalarda 1 gizli katman istenilen sonucu vermiştir, bu yüzden girdi birimi, gizli katman ve çıktı biriminde oluşan bir FFBP ağı örnek olarak gösterilmiştir.

Her birinin girdi nöronlarında  $x_i$ ,  $i=1, \dots, k$  girdi değerleri, çıktı nöronlarında da  $T_n$ ,  $n=1, \dots, m$  çıktı değerleri kümesi bulunan toplam  $N$  adet girdi grubu bulunmaktadır. Girdi değerleri gizli nöronlardaki ilk ara bağlantı ağırlıkları,  $w_{ij}$ ,  $j=1, \dots, h$  ile çarpılmakta ve sonuçlar  $i$  indeksi boyunca toplanmakta ve gizli birimlerin girdileri olmaktadır.



Şekil 5.14: İBGYSA ağı yapısının şematik gösterimi

$$H_j = \sum_{i=1}^k W_{ij} X_i \quad j=1, \dots, h \quad (5.24)$$

Burada  $H_j$  j gizli düğümünün girdisi,  $W_{ij}$  ise i nöronundan j nöronuna doğru olan bağlantı ağırlığıdır. Her gizli nöron bir sigmoid fonksiyonu yardımı ile bir gizli nöron çıktısı,  $HO_j$ , oluşturmaktadır.  $HO_j$  şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$HO_j = f(H_j) = \frac{1}{1 + \exp[-(H_j + \theta_j)]} \quad (5.25)$$

burada  $H_j$  nöronun girdisi,  $f(H_j)$  nöron çıktısı ve  $\theta_j$  başlangıç veya taraflılık değeridir. Başlangıç değeri,  $\theta_j$ , ağırlıklarla aynı şekilde öğrenilecektir.  $HO_j$  çıktısı bir sonraki

birimin girdisi olmakta ve bu işlem çıktı birimine ulaşınca kadar devam etmektedir, m adet çıktı nöronlarına ulaşan girdi şu şekilde bulunmaktadır:

$$IO_n = W_{jn} HO_{jn} \quad n=1, \dots, m \quad (5.26)$$

Bu girdi değerleri daha önce tanımlanan sigmoid fonksiyonu tarafından işlenerek sinir ağı çıktı değerleri,  $O_n$ , elde edilmektedir. Daha sonraki ağırlık düzenlemesi ya da öğrenme süreci geriye doğru ilerleme algoritması ile sağlanmaktadır. Çıktı birimindeki,  $O_n$ , hedef değeri  $T_n$  ile aynı olmayacaktır. Her girdi grubu için hata karelerinin toplamı,  $e_p$ , p.nci girdi grubu için şu şekilde bulunmaktadır:

$$e_p = \sum_{n=1}^m (T_n - O_n)^2 \quad (5.27)$$

Ortalama sistem hatası ya da ortalama karesel hata (OKH), E, bütün girdi grupları için şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$E = \frac{1}{2N} \sum \sum_{n=1}^m (T_{pn} - O_{pn})^2 \quad (5.28)$$

burada  $T_{pn}$ , p.nci grup için  $T_n$  hedef değeri,  $O_{pn}$  ise p.nci grup için  $O_n$  çıktı değeridir. Geriye doğru ilerleme algoritmasının amacı ortalama kare hatasının iterasyonla en aza indirilmesidir. Bu önce çıktı birimindeki her nöron için  $\delta_n$  gradyanının hesaplanması ile gerçekleştirilir:

$$\delta_n = O_n(1 - O_n)(T_n - O_n) \quad (5.29)$$

Hata gradyanı  $\delta_j$  daha sonra gizli birimler için bir önceki birimdeki hataların ağırlıklı toplamının hesaplanması ile bulunmaktadır:

$$\delta_j = HO_j(1 - HO_j) \sum_{n=1}^m \delta_n W_{jn} \quad (5.30)$$

Hata gradyanları daha sonra ağırlıklarını güncellemek için kullanılmaktadır:

$$\Delta W_{ij}(r) = \eta \delta_j X_i \quad (5.31)$$

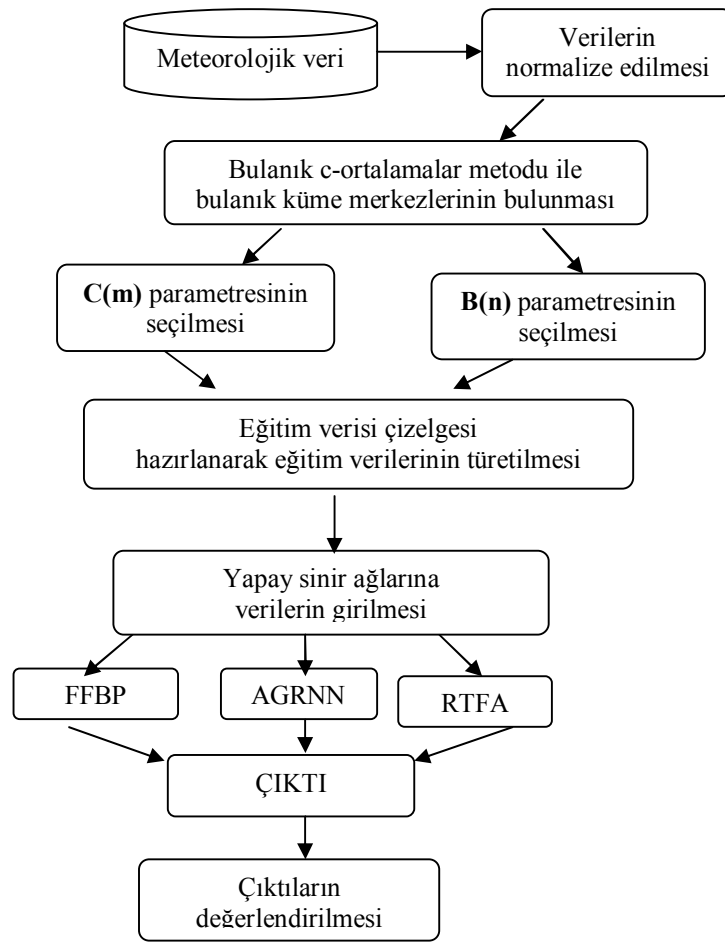
$$W_{ij}(r+1) = W_{ji}(r) + \Delta W_{ji}(r) \quad (5.32)$$

n.nci veri sunumundan sonraki ağırlık değişimi şu şekildedir:

$$\Delta W_i(r) = \eta \delta_j X_i + \alpha \Delta W_{ji}(r-1) \quad (5.33)$$

burada  $\alpha$ , sonuca hızlı ulaşılmasını sağlayan momentum oran terimi,  $\eta$ , etap boyutunu ayarlayan öğrenme oranı  $r$  ise iterasyon numarasıdır.

*Adım 5.* Son olarak küme merkezlerine çekilen noktalar belirlenir ve bu noktalar merkezine çekildiği kümeye ait olduğu kabul edilir. Artık hangi noktanın hangi kümeye ait olduğu bilindiğinden kümeleme işlemi yapılmış olur.



**Şekil 5.15:** Bulanık-YSA metodu akış şeması

Şekil 5.15’de algoritması adım adım anlatılan bulanık-YSA metodunun akış şeması görülmektedir.

### **5.5.2 Oluşturulan Bulanık-YSA metodunun literatürdeki diğer bulanık-YSA metotlarından farklı özellikleri**

Aşağıda maddeler halinde oluşturulan bulanık-YSA metodunun diğer bulanık-YSA metotlarından farklı özellikleri anlatılmıştır.

- Oluşturulan bulanık-YSA metodu diğer bulanık-YSA metotlarında olduğu gibi bulanık çıkarım yapmamaktadır.
- Esasen kümeleme yapmayan IBGYSA, GRNN ve RTFA yapay sinir ağları metotlarının kümeleme yapmasını sağlayacak şekilde eğitim verisi türetilmesi.
- Veri uzayında lineer olarak ayrılabilen kümelerin oluşturulması ve ‘belirgin’ kümelerin varlığının araştırılması.
- Kullanılacak yapay sinir ağları metoduna araştırmacının kendisinin karar vermesi. Böylece en iyi sonucu veren YSA metodu belirlenerek uygulanan metodun başarısı arttırılabilir.

Sonuç olarak, oluşturulan bulanık-YSA metodu literatürdeki diğer bulanık-YSA metotları gibi bulanık mantık ve yapay sinir ağlarını beraber kullanmasına rağmen metodun oluşturulma biçimi, eğitim aşaması için kullanılan veri ve lineer olarak ayrılmış kümelerin elde edilmesini başarabilmesi açısından diğer bulanık-YSA metotlarından farklıdır.

### **5.5.3 Oluşturulan bulanık-YSA metodunun performansının iris verisi üzerinde test edilmesi**

Fisher (1936) tarafından ölçülen iris veri seti literatürde geniş bir şekilde kümeleme algoritmalarının performansını göstermek için kullanılmaktadır. Iris verisi, Iris çiçeğinin 3 türü olan iris setosa, iris versicolor ve iris virginica’ya ait toplam 150 adet sepal uzunluğu (SU), sepal genişliği (SG), petal uzunluğu (PU) ve petal genişliğinin (PG) milimetre cinsinden ölçümlerinden oluşur. Her türe ait 4 boyutlu 50 adet veri vardır.

Setosa sınıfı lineer olarak diğer türlerden ayrılır ancak versicolor ve virginica sınıfları lineer olarak ayrılmazlar. Aşağıda 4 adımda bulanık-YSA metodunun iris verisine uygulanışı gösterilmiştir.

*Adım 1.* Matlab programı yardımıyla bulanık c- ortalamalar metodu uygulanarak küme merkezleri 27 iterasyonla hedef fonksiyonu 6128.98 olarak bulunmuştur.

**Çizelge 5.4.** Bulanık c-ortalamlar metodu ile bulunan küme merkezleri

| İris türü  | PG<br>(mm) | PU<br>(mm) | SG<br>(mm) | SU<br>(mm) |
|------------|------------|------------|------------|------------|
| Versicolor | 14.044     | 43.905     | 27.519     | 58.737     |
| Setosa     | 2.537      | 14.831     | 34.142     | 50.085     |
| Virginica  | 20.118     | 56.468     | 30.465     | 67.664     |

Çizelge 5.4'deki bulanık küme merkez değerleri temel alınarak eğitim verisi oluşturulacak ve bu veriler YSA metotlarının girdisini oluşturacaktır.

*Adım 2.* Eğitim verisi Çizelgesi hazırlanarak eğitim verileri türetilcektir. Çizelge 3'de min. ve maks. ifadeleri verinin her bir boyutu için minimum ve maksimum değerleri ifade eder.

**Çizelge 5.5:** Iris verisi için hazırlanan eğitim verisi çizelgesi

|          | PG<br>(mm) | PU<br>(mm) | SG<br>(mm) | SU<br>(mm) |
|----------|------------|------------|------------|------------|
| Min.     | 1          | 10         | 23         | 43         |
| Merkez 1 | 2.538      | 14.84      | 27.52      | 50.085     |
| Maks.    | 6          | 19         | 44         | 58         |
| Min.     | 10         | 30         | 20         | 49         |
| Merkez 2 | 14.044     | 43.906     | 30.466     | 58.737     |
| Merkez 3 | 20.118     | 56.468     | 34.143     | 67.664     |
| Maks.    | 25         | 69         | 38         | 79         |

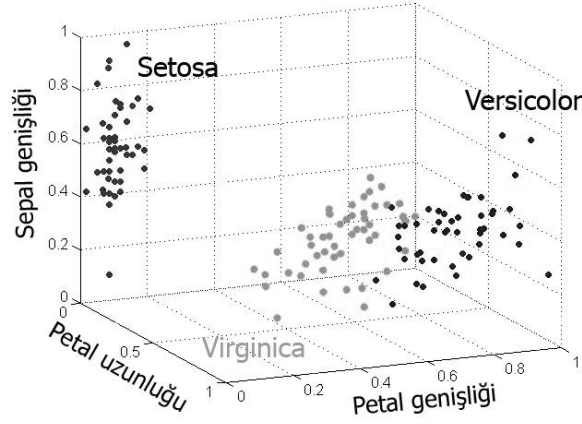
Çizelge 5.5'de merkez 1 değeri lineer olarak diğer iki türden ayrılan iris setosa türüne aittir. Bulanık-YSA metodunun amacı lineer olarak ayrılmış kümeler elde etmek olduğundan Iris setosa türü için diğer iki türden ayrı olarak eğitim verisi Çizelgesi hazırlanmıştır. Merkez 2 değeri iris versicolor, merkez 3 ise iris virginica için hesaplanan bulanık küme merkezleridir. Eğitim verisi örnek olarak verilen Çizelge 1'deki gibi hesaplanmıştır.

*Adım 3.* Hesaplanan tüm  $B(n)$  değeri ait olduğu kümenin merkez değerine atanır ve eğitim verisi girdi ve çıktısı hazırlanmış olur.

*Adım 4.* Bu adımda türetilen eğitim verisi IBGYSA, GRNN ve RTFA ağlarını eğiterek lineer olarak ayrılabilen kümeler elde edilmeye çalışılmıştır.

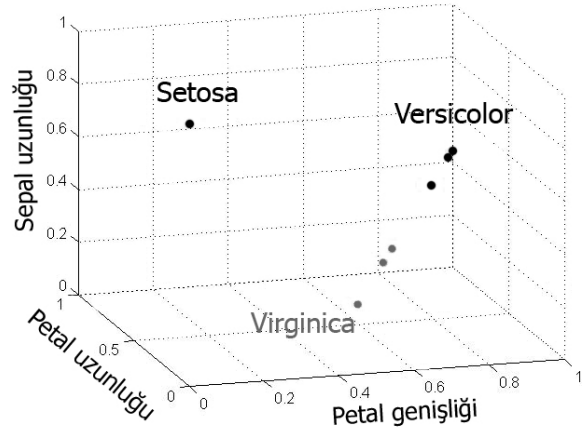
*Adım 5.* Lineer olarak ayrılan kümeler elde edildikten sonra küme merkezlerine çekilen noktalar belirlenir ve bu noktalar, merkezine çekildiği kümeye ait kabul edilir. Böylece kümeleme işlemi tamamlanmış olur.

Şekil 5.16’da iris verisinin normalize edilmiş değerlerinin 3 boyutlu dağılım grafiği gösterilmiştir. Burada normalize edilmiş iris verisi değerlerinin gösterilme nedeni bulanık-YSA metodu verileri normalize ederek analiz yaptığı için karşılaştırma açısından iris verisi de normalize edilmiştir.



**Şekil 5.16:** Iris verisinin 3 boyutlu saçılım grafiği

Şekil 5.17’de iris verisinin kümelenmesinde en iyi sonucu veren IBGYSA kullanan bulanık-YSA metodunun sonuçları grafik olarak gösterilmiştir. Şekil 5.16’da görüldüğü gibi virginica ve versicolor türleri iç içe girmiştir. Setosa türü ise diğer 2 türden lineer olarak ayrılmıştır.



**Şekil 5.17:** IBGYSA kullanan bulanık-YSA metodunun iris verisine uygulanması

Sonuç olarak bulanık-YSA metodu ile Şekil 5.16’daki iris verisi, Şekil 5.17’deki gibi küme merkezlerine doğru çekilerek birbirinden lineer olarak ayrılması sağlanmıştır. IBGYSA tabanlı bulanık-YSA metodunun yanı sıra GRNN ve RTFA tabanlı bulanık-YSA metotları da kullanılmış ve en iyi sonuç elde edilmeye çalışılmıştır.

**Çizelge 5.6:** Kullanılan En Uygun Model Parametreleri (İBGYSA)

|                              |                     |
|------------------------------|---------------------|
| Ağ parametreleri             |                     |
| Girdi katmanı nöron sayısı   | 4                   |
| Gizli katman nöron sayısı    | 1                   |
| Çıktı katmanı nöron sayısı   | 4                   |
| Eğitim hedef performansı (P) | 0                   |
| Öğrenme oranı (Lr)           | Adaptif             |
| Aktivasyon fonksiyonları     | Tansig ve Purelin   |
| Eğitim Fonksiyonu            | Levenberg-Marquardt |

Kullanılan en uygun yapay sinir ağı modeli Çizelge 5.6’da görülmektedir. Burada kullanılan parametreler eğitim verisi 1’in kullanıldığı yapay sinir ağları modeli ile aynıdır. Burada da aktivasyon fonksiyonları olarak Tansig ve Purelin, eğitim fonksiyonu olarak Levenberg-Marquardt seçilmiştir. Kullanılan en uygun model parametreleri deneme-yanılma ile bulunmuştur. Bulanık-YSA modelinin amacı verileri bir küme merkezine çekmek olduğundan, verileri bir küme merkezinde toplayan en uygun parametreler seçilmiştir.

#### **5.5.4 Bulanık-YSA metodunun iris verisi üzerindeki performansı**

Çizelge 5.7’de bu çalışmada kullanılan küme analizi metotlarının ve bulanık-YSA metodunun İris verisi üzerindeki performansları gösterilmiştir. Burada doğruluk oranı; doğru olarak tahmin edilen küme sayısının toplam küme sayısına göre yüzdesini ifade etmektedir. RTFA iris verisinin kümelenmesinde başarılı olmadığından dolayı Çizelge 5.7’de RTFA tabanlı bulanık-YSA metodu sonuçları verilmemiştir.

İBGYSA kullanan bulanık-YSA metodu sonucuna göre 150 veriden 9 tanesi, GRNN kullanılan bulanık-YSA metodunda ise 13 veri yanlış kümelenmiştir. Ward metodu 16, KYSA ise 17 veriyi yanlış kümelemiştir. Bulanık-YSA metodu bulanık c-ortalamar metodu tabanlı olduğundan bu iki yöntemi karşılaştırdığımızda bulanık-YSA metodunun bulanık c-ortalamar metodu sonuçlarında bir iyileştirme gerçekleştirdiği görülmektedir. Sonuç olarak, iris verisinin kümelenmesinde, bulanık-YSA metodu, iklim bölgelerinin belirlenmesi için tavsiye edilen Ward

metodu (Unal ve diğ., 2003), YSA'nın danışmansız kümeleme yapan türü KYSA ve YSA ve bulanık mantığı bir arada kullanan bulanık KYSA' dan daha iyi performans göstererek küme analizi problemlerinde kullanılabileceği gösterilmiştir.

**Çizelge 5.7:** Bulanık-YSA metodu sonuçları ve diğer bulanık-YSA ve Ward metodu ile karşılaştırılması

| <b>Algoritma</b>                                  | <b>En iyi sistem parametresi</b>     | <b>Doğruluk (%)</b> |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| Eğitilebilir Bulanık Sistem (Nozaki ve diğerleri) | 6 üyelik fonksiyonu<br>100 iterasyon | 96.00               |
| Histogram tabanlı Bulanık sistem (Blackmore)      | Bölünme sayısı P=3                   | 97.33               |
| Dağ Kümelemesi/Anfis (Yager ve diğerleri)         | Küme çapı R=0.8, 0.9, 1.0            | 97.33               |
| NEFFCLASS (Nauck ve diğerleri)                    | Gizli Katman N=10                    | 96.67               |
| Bulanık Kohonen Ağı (Mitra ve diğerleri)          | Ağ boyutu 10x10<br>100 iterasyon     | 91.33               |
| FALVQ (Krayeriannis)                              | -                                    | 89.33               |
| MANBK                                             | K=0.5 ve T=1.5 için                  | 92.00               |
| Bulanık c-ortalamlar                              | 75 iterasyon                         | 90.00               |
| Kohonen Ağı                                       | Ağ Boyutu 3x1<br>45 iterasyon        | 88.67               |
| Ward Yöntemi                                      | -                                    | 89.33               |
| Bulanık-YSA Modeli (İBGYSA)                       | Nöron sayısı 25<br>63 İterasyon      | 94.00               |
| Bulanık-YSA Modeli (GRNN)                         | S=0.13                               | 91.33               |

## **6 BULANIK-YSA METODUNUN ve KYSA’NIN İKLİM VERİLERİNE UYGULANMASI**

Bulanık-YSA modeli eğitim verisi 2 için ileri beslemeli geri yayımlı ağ sonuçlarına göre 150 veriden 9’unu, adaptif genelleştirilmiş regresyon ağları ise 13 adet veriyi yanlış kümelemiştir. Sonuçlarla karşılaştırdığımızda bulanık-YSA modeli iklim verisinin kümelenmesi için kullanılan Ward yöntemi, Kohonen ağı ve Bulanık c-ortalamlar sonuçlarından yüksektir. Bulanık-YSA modeli bulanık c-ortalamlar metodu tabanlı olduğundan bu iki yöntemi karşılaştırdığımızda Bulanık-YSA modelinin bulanık c-ortalamlar metodu sonuçlarında bir iyileştirme gerçekleştirdiği görülmektedir. Ayrıca bulanık-YSA modeli sonuçları, literatürde en çok karşılaşılan bulanık-YSA yöntemlerin sonuçlarına oldukça yakındır. Bu da bu yöntemin uygulanılabilirliğinin ispat etmektedir.

### **6.1 Bulanık-YSA Modelinin İklim Verilerine Uygulanması**

Bu bölümde oluşturulan Bulanık-YSA modeli iklim verilerine uygulanarak Ward metodu ve KYSA metotları ile karşılaştırılacaktır.

#### **6.1.1 Aylık verilerin Kohonen yapay sinir ağları ve bulanık-YSA modeli ile kümelenmesi**

Küme analizi klasik yöntemler başlığında Ward yöntemi ile aylık verilerin kümelemesi yapılmıştı. İlk önce temel bileşen skorları kümelenmiş ve daha sonrada normalleştirilmiş bütün veri kümelenerek sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar sonucunda normalleştirilmiş verilerin sonuçları Temel bileşenler skorlarınınin küme sonuçlarına göre daha az mantıklı olduğundan bu bölümde sadece temel bileşenler skorlarınınin kümelenmesi uygun görülmüştür.

#### **6.1.2 Kohonen yapay sinir ağlarının aylık temel bileşenler skorlarına tatbiki**

Hatırlanacağı üzere KYSA algortimasının ilk uygulandığı veriler 2 boyutu yıllık istasyon ortalamalarıydı. Bu verilerin boyutu az olduğundan 125 iterasyon yeterli olmuştu. Bezdek (2003) KYSA algoritmasının performansını iris verisi üzerinde

denerken yanlış kümelemeler iterasyon sayısı arttıkça arttığını göstermiştir. Bu tezde de KYSA 250 iterasyon sayısı ile İris verisine uygulanmış ve yanlış kümeleme sayısı 19 olarak bulunmuştu. Daha öncede belirtildiği gibi Bezdek bu sayıyı 17 bulmuştur ve daha sonra çalışmasında iterasyon sayısı ve hatalı kümeleme arasındaki ilişkiyi göstermiştir. Çizelge 6.1’de aylık temel bileşen skorlarının kümelenmesi için kullanılan KYSA’nın parametreleri görülmektedir. Burada P vektörü 150x7 boyutunda aylık Temel bileşen skorlarıdır.

**Çizelge 6.1:** KYSA kümelemesinde kullanılan parametreler

| Veri sırası                      | P vektörü         |
|----------------------------------|-------------------|
| Harita boyutu                    | [2 3]             |
| Ağ topolojisi                    | Rastgele Topoloji |
| Uzaklık mesafesi                 | Link mesafesi     |
| Öğrenme oranı safha düzeni       | 0.9               |
| Adım safhası düzeni              | 1000              |
| Öğrenme oranı safhası ayarı      | 0.02              |
| Komşuluk mesafesi(Link mesafesi) | 0.5               |
| İterasyon sayısı                 | 2000              |

Daha önce yıllık istasyon verilerine göre sistem parametrelerinin farkı iterasyon sayısı ve komşuluk mesafesidir. Boyut sayısı arttıkça yapılan hesaplar arttığından iterasyon sayısı da artar. Grafik sonuçlarına bakarak 0.5 komşuluk mesafesi ve 2000 iterasyonun en iyi sonucu verdiği gözlemlenmiştir.

### 6.1.3 Bulanık-YSA modelinin aylık temel bileşenler skorlarına tatbiki

Bulanık-YSA modelinin uygulanabilmesi için eğitim verisinin türetilmesi gerekir. Bulanık-YSA modelinin amacı küme problemi ile bildiğimiz bilgileri modele aktararak diğer modellere göre avantaj sağlamaktır. Önceki bölümlerde temel olarak Bulanık c-ortalamlar metodu ile bulduğumuz küme merkezlerini yapay sinir ağlarına aktararak küme analizi yapılmıştı. Bunu sağlamak için yapay sinir ağlarına eğitim verisi tanıtmak gerekli idi. Gerek yıllık veriler gerekse İris verisinin boyutu az olduğundan eğitim verilerinin türetilmesi için sistem 2 boyutta incelenmişti. Aynı şekilde 7 boyutlu aylık temel bileşen skorlarında da aynı yöntem uygulanabilir, ancak 7 boyutlu bir verinin 2 şer boyutta teker teker incelenmesi çok zahmetli ve zor

bir iştir. Bu yüzden bu bölümde hem daha kolay hemde daha az sayıda veri türetilerek küme problemi çözülecektir. Eğitim verisi adaptif genelleştirilmiş regresyon ağı ile eğitilecektir, çünkü en iyi sonucu bu ağ vermiştir.

#### 6.1.4 Eğitim verisinin türetilmesi

Çizelge 6.2’de 7 boyutlu 6 adet küme merkezi görülmektedir. Artık verilerin küme merkez bilgisini yapay sinir ağlarına aktarabiliriz. Aşağıdaki küme merkezlerinin 7 boyutlu aylık verilerin küme merkezi olduğu unutulmamalıdır.

**Çizelge 6.2:** Bulanık küme merkezleri

|                | 1.Boyut | 2.Boyut | 3.Boyut | 4.Boyut | 5.Boyut | 6.Boyut | 7.Boyut |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <b>Merkez1</b> | 1,6190  | 0,6875  | 0,2245  | -0,107  | -0,081  | -1,951  | 0,296   |
| <b>Merkez2</b> | 0,184   | -0,1907 | 0,0805  | -0,259  | -1,048  | 0,295   | -1,03   |
| <b>Merkez3</b> | 0,0935  | 1,5888  | 0,3680  | 0,530   | 0,234   | 0,536   | 0,083   |
| <b>Merkez4</b> | 0,9859  | -1,1128 | -0,7466 | 0,377   | 0,589   | 0,604   | 0,382   |
| <b>Merkez5</b> | -0,4874 | -0,2071 | 0,4992  | -0,370  | -0,085  | 0,261   | 0,383   |
| <b>Merkez6</b> | -1,2174 | -0,2844 | -0,8247 | 0,540   | 0,662   | -0,929  | -0,603  |

Örnek olarak Çizelge 6.3’de 1.boyuta baktığımızda bu boyuttaki küme merkezi koordinatları 1. boyutun temel bileşen skorlarının maksimum ve minimum değerlerini geçemez. Başka bir deyişle 1. boyutun merkez koordinatları o boyutun temel bileşen skorları sınırları içerisinde yer alır. Dolayısıyla 1. boyuttan başlayarak tüm boyutlar için temel bileşen skorlarının maksimum ve minimum değerleri sınır değerleridir. Çizelge 6.3’de bu durumu görebiliriz.

**Çizelge 6.3:** Eğitim verilerinin bulunması

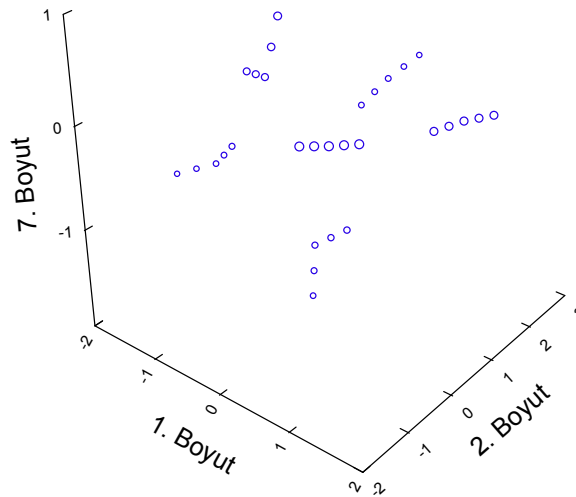
|                                  |    | 1.Boyut | 2.Boyut | 3.Boyut | 4.Boyut | 5.Boyut | 6.Boyut | 7.Boyut |
|----------------------------------|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <b>Min. Temel bileşen Skoru</b>  |    | -2,4779 | -1,6367 | -5,1147 | -2,902  | -5,834  | -3,084  | -2,6028 |
| <b>Küme Merkezleri</b>           | 1. | -1,2174 | -1,1128 | -0,8247 | -0,370  | -1,048  | -1,951  | -1,028  |
|                                  | 2. | -0,4874 | -0,2844 | -0,7466 | -0,259  | -0,085  | -0,929  | -0,6032 |
|                                  | 3. | 0,0935  | -0,2071 | 0,0805  | -0,107  | -0,081  | 0,261   | 0,0833  |
|                                  | 4. | 0,184   | -0,1907 | 0,2245  | 0,377   | 0,234   | 0,295   | 0,296   |
|                                  | 5. | 0,9859  | 0,6875  | 0,3680  | 0,530   | 0,589   | 0,536   | 0,382   |
|                                  | 6. | 1,6190  | 1,5888  | 0,4992  | 0,540   | 0,662   | 0,604   | 0,383   |
| <b>Maks. temel bileşen Skoru</b> |    | 2,2457  | 3,6598  | 1,5992  | 2,888   | 2,031   | 2,824   | 2,128   |

Çizelge 6.3’deki veriler yukarıdan aşağı küçükten büyüğe doğru sıralanmıştır ve görüldüğü üzere küme merkezi koordinatları maksimum ve minimum temel bileşen skorları arasındadır. Daha önceki eğitim verisi türetme mantığını kullanarak iki küme

merkezi arasındaki mesafenin  $1/3$  ünde bulunan noktaların o kümeye ait olduğu varsayılırsa sınırları da kullanarak eğitim verisi örnek olarak 1. boyut 2. küme merkezi için aşağıdaki gibi türetilir.

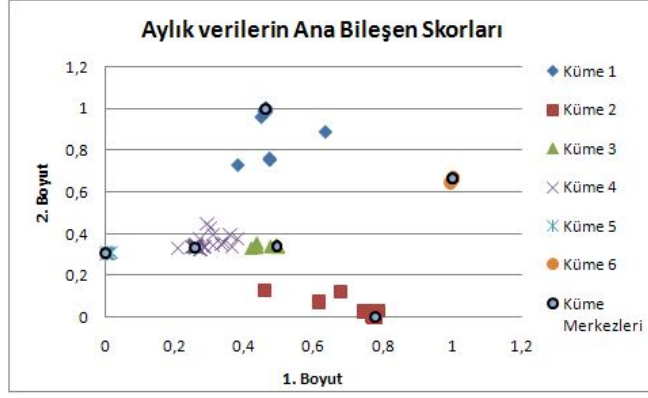
Yapay sinir ağının öğrenmesini kolaylaştırmak için küme merkeziyle  $1/3$  mesafesi arası 10 eşit parçaya bölünerek buradaki noktalarda hesaba katılmıştır. Burada her bir eğitim verisinin değeri ait olduğu küme merkezinin koordinat değerine atanacaktır. Başka bir deyişle eğitim verileri girdiyi küme merkezi koordinatları da çıktığı oluşturacaktır. Ayrıca her bir küme merkezi de girdiyi oluşturarak kendi değerine atanır. Burada amaç öğrenmeyi kolaylaştırmaktır. Daha sonra girdi ve çıktı kullanılarak ağ eğitilir ve hedef veri olan temel bileşen skorlarının koordinat değerleri tahmin edilir. Burada amaç her bir noktayı bir küme merkezine çekerek lineer olarak kümelemelerin ayırt edilmesini sağlamaktır. Aşağıda 3 boyutlu olarak bir eğitim verisi örneği görülmektedir.

Şekil 6.1’de 6 küme merkezinin eğitim verileri belirgin bir şekilde görülmektedir. Daha önceki eğitim verisi oluşturma yöntemine göre buradaki verinin azlığından dolayı bu yol daha pratik, çok daha kolay ve daha sistematiktir.



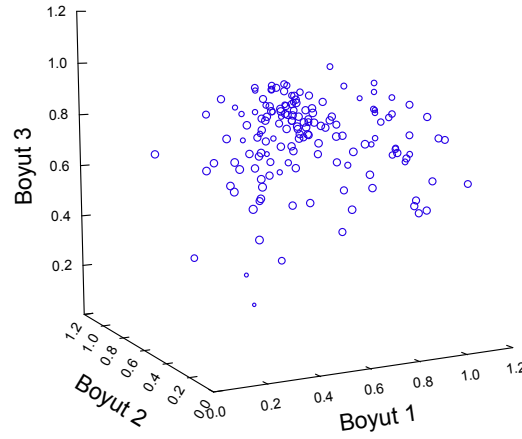
**Şekil 6.1:** Eğitim verisi örnek saçılım diyagramı

Küme analizi için adaptif genelleştirilmiş yapay sinir ağı modeline eğitim verisi tanıtılarak kümeleme yapılmıştır. Denemeler sonucunda en iyi çözümü adaptif genelleştirilmiş regresyon ağlarının verdiği görülmüştür. Dağılım parametresi  $s=1.3$  için verinin aldığı durumun 2 ve 3 boyutlu gösterimleri aşağıdadır.



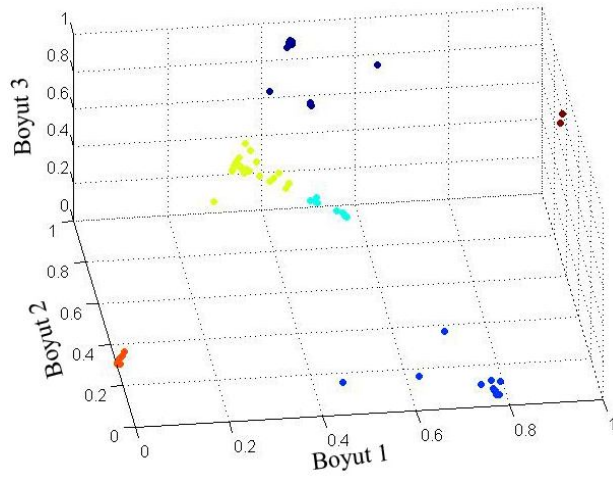
**Şekil 6.2:**  $s=1.3$  için 1. ve 2. boyutların aldığı durum

Yukarıda 6 adet küme renklerle temsil edilmiştir. 2 boyutlu grafikte kümeler belirgin bir şekilde görülse de 3 boyutlu grafikte durum daha rahat görülebilmektedir. Şekil 6.3'de ilk 3 boyutun eğitilmeden önceki durumudur. Daha sonra Şekil 6.4'de eğitim sonrası verinin aldığı durum görülmektedir.



**Şekil 6.3:** İlk 3 boyutun 3 boyutlu saçılım grafiği

Şekil 6.3'nin amacı eğitilmeden önceki verinin durumunu görerek eğitim sonrası veride ne gibi değişiklikler olduğunun gösterilmesidir.



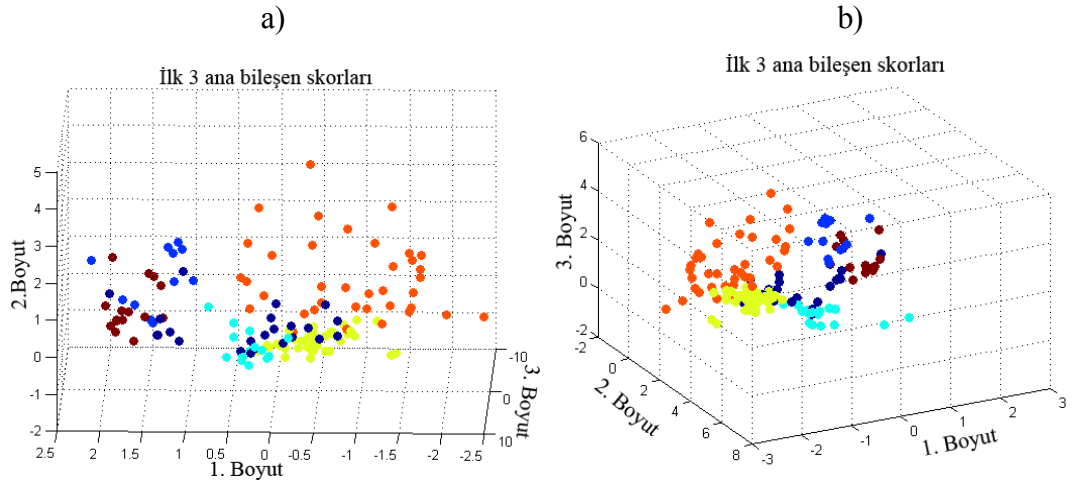
**Şekil 6.4:**  $s=1.3$  için 1.nci ,2.nci ve 3.ncü boyutların aldığı durum

Şekil 6.4’de görüldüğü üzere veriler 6 küme merkezinde toplanmıştır ve gözle görülür bir şekilde kümeler ayırt edilebilmektedir. Artık veriler kümelenmiştir, bundan sonrası hangi nokta hangi küme merkezine çekildiği bulunarak bir sonuca varmaktır. Aşağıda 3 boyutlu verinin eğitim sonrası aldığı durum vardır. Bu şekilde de kümeler daha rahat ayırt edilebilmektedir. Yukarıdaki grafik adaptif genelleştirilmiş regresyon ağı sonuçlarıdır.. Bundan sonraki bölümde aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklık verilerinin küme analizi yapılacak ve sonuçları detaylı bir şekilde karşılaştırılacaktır.

#### **6.1.5 Aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklık verilerinin Ward metodu ile küme analizi**

Uygulaması daha kolay olduğundan ilk önce Ward metodu kullanılarak kümeleme yapılacaktır. Daha önce de yapıldığı gibi küme sayısına grafik olarak karar verilmiştir. Sonuç olarak 6 kümeye kadar bütünlüğün bozulmadığı görülerek küme sayısı 6 olarak bulunmuştur.

Şekil 6.5 a, b de Ward metodunu temel bileşenleri nasıl kümelediği görülmektedir. Şekil 6.5a’da kümeleşmeler, şekil 3 boyutlu olduğundan ve kümeler üst üste düşmesinden dolayı net bir şekilde gözükmediğinden, diğer bir açıdan grafik olarak gösterimine ihtiyaç duyulmuştur.



**Şekil 6.5:** Ward metodu küme sonuçlarının grafik olarak gösterilmesi

Şekil 6.5'deki 6 farklı renk 6 kümeyi temsil etmektedir. Özellikle Şekil 6.5 b)'de kümeleşmeler daha net bir şekilde gözükmektedir.

#### 6.1.6 Aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklık verilerinin KYSA metodu ile küme analizi

Bir önceki bölümde kullanılan verilerle bu kez KYSA metodu kullanılarak küme analizi yapılacaktır. Uygun parametreler Çizelge 6.4'de gösterilmiştir. Bu parametrelerin iklim verilerinin kümelenmesi için en uygun parametreler olduğuna denemeler sonucunda varılmıştır.

**Çizelge 6.4:** KYSA kümelemesinde kullanılan parametreler

| Veri sırası                 | P vektörü         |
|-----------------------------|-------------------|
| Harita Boyutu               | [2 3]             |
| Ağ Topolojisi               | Rastgele Topoloji |
| Uzaklık mesafesi            | Link mesafesi     |
| Öğrenme oranı safha düzeni  | 0.9               |
| Adım safhası düzeni         | 1000              |
| Öğrenme oranı safhası ayarı | 0.02              |
| Komşuluk mesafesi           | 0.4               |
| İterasyon sayısı(epochs)    | 2500              |

Burada P vektörü Şekil 6.3'deki temel bileşenler skorlarıdır. Burada önemli parametreler ağ topolojisinin rastgele topoloji (randtop) olarak belirlenmesi, uzaklık

mesafesinin ise link mesafesi (linkdist) olması ve komşuluk mesafesinin 0.4 olarak seçilmesidir. 2500 iterasyon sonunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Çizelge 6.4'deki parametreler kullanılarak Matlab yapay sinir ağları için hazırlanmış toolbox yardımıyla KYSA, diğer bir adıyla öz örgütlemeli harita ağı uygulanmıştır.

#### 6.1.7 Aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklık verilerinin Bulanık-YSA metodu ile küme analizi

Bu bölümde Bulanık-YSA metodu aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış temel bileşen skorlarına uygulanacaktır. Bulanık-YSA algoritması daha önce anlatılmıştı, burada sadece uygulanması gösterilecektir. Bulanık-YSA metodunun uygulanabilmesi için öncelikle küme merkezlerinin bulunması gerekir ve daha sonra bulunan küme merkezlerine göre eğitim verisi türetilcektir.

##### 1. Adım: Küme merkezlerinin bulunması

Bulanık-c yöntemi kullanılarak küme merkezleri bulunmuştur. Küme merkezleri ve artış parametresi  $e^{-09}$  için 83 iterasyonda durmuştur ve hedef fonksiyonu 736.98'e ulaşmıştır. Küme merkezlerini bulmak için kullanılan parametreler aşağıdadır. Çizelge 6.5'de bulanık-c yöntemiyle bulunan 6 adet küme merkezi görülmektedir. Bu merkezler yardımıyla eğitim verisi oluşturulacaktır ve yapay sinir ağlarını eğitmek için kullanılacaktır. Eğitim verilerini oluşturmak için aşağıdaki Çizelgedan faydalanılmıştır. Hedef fonksiyonu değerlerine ulaşıldığında İterasyon sayısı= 83 olmuştur ve fcn=736.98, için artış=  $e^{-09}$ , exp=1.5 değerleri kullanılmıştır. Bu parametrelerle Çizelge 6.5'deki küme merkezleri elde edilmiştir.

**Çizelge 6.5:** Bulanık küme merkezleri

|          | TBA1   | TBA2   | TBA3   | TBA4   | TBA5   |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Merkez 1 | 0.223  | 1.627  | -0.658 | 0.112  | 0.381  |
| Merkez 2 | -0.496 | -0.315 | -0.575 | 0.026  | 0.169  |
| Merkez 3 | 1.696  | 0.092  | 0.197  | -0.347 | 1.875  |
| Merkez 4 | 1.094  | -0.836 | 0.789  | 0.996  | -0.530 |
| Merkez 5 | -1.039 | -0.105 | 1.494  | 0.229  | -0.091 |
| Merkez 6 | 0.537  | 0.128  | -0.315 | -1.056 | -1.478 |

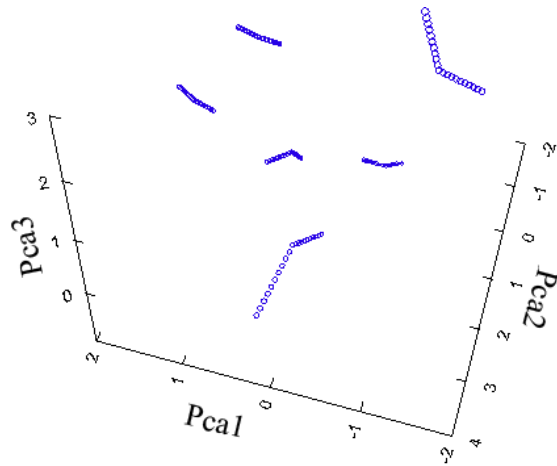
Çizelge 6.5'deki küme merkezleri eğitim verileri oluşturularak yapay sinir ağlarına tanıtılacak ve bulanık merkez yöntemiyle bulunan sonuçlar yapay sinir ağlarına tanıtılabilecektir.

**Çizelge 6.6:** Eğitim verilerinin bulunması

|            | TBA1   | TBA2   | TBA3   | TBA4   | TBA5   |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Min skor   | -2.439 | -1.468 | -1.143 | -5.023 | -3.488 |
| M. skoru 1 | -1.039 | -0.836 | -0.658 | -1.056 | -1.478 |
| M. skoru 2 | -0.496 | -0.315 | -0.575 | -0.347 | -0.530 |
| M. skoru 3 | 0.223  | -0.105 | -0.315 | 0.026  | -0.091 |
| M. skoru 4 | 0.537  | 0.092  | 0.197  | 0.112  | 0.169  |
| M. skoru 5 | 1.094  | 0.128  | 0.789  | 0.229  | 0.381  |
| M. skoru 6 | 1.696  | 1.627  | 1.494  | 0.996  | 1.875  |
| Maks. skor | 2.165  | 6.062  | 4.205  | 3.954  | 2.850  |

*2. Adım:* Eğitim verilerinin bulunması

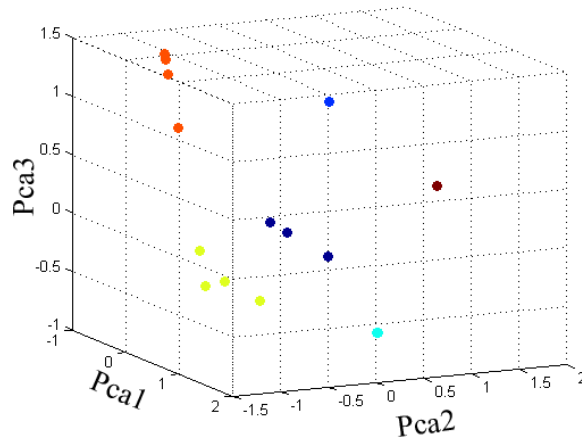
Eğitim verilerinin bulunması için Çizelge 6.6 oluşturulmuştur. M. Skoru merkez küme skorunun kısaltmasıdır. Çizelge 6.6'da küme merkezlerinin küçükten büyüğe doğru sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Beklendiği üzere küme merkezi değerleri maksimum ve minimum temel bileşen skorları arasındadır ve maksimum ve minimum temel bileşen skorları sınır şartlarını oluşturmaktadır. Eğitim verilerinin Çizelge yardımıyla nasıl bulunduğu daha önce anlatılmıştı. Burada kısaca bahsetmek gerekirse örneğin M.skoru 1 için, en yakın Min. skor ve M.skoru 2 değerlerinin M.skoru 1 e olan uzaklığının 1/3 mesafesi ve M.skoru 1 e yakın noktalar eğitim verisi olarak alınmıştır. Eğitim verisi sayısı araştırmacı tarafından belirlenmelidir. Burada amaç noktaları küme merkezine çekmek olduğundan bunu başaracak sayıda eğitim verisi belirlemek kullanıcıya kalmıştır. Örneğin, bu veriler için M.skoru 1 ve M.skoru 2 arasındaki mesafeyi 10 aralığa bölerek bu aralıklara tekabül eden veriler eğitim verisi olarak kullanılmıştır.



**Şekil 6.6:** İlk 3 temel bileşen için türetilen eğitim verisi saçılım diyagramı

### 3. Adım: Eğitim verilerinin yapay sinir ağlarında kullanılması

Çizelge 6.6'daki veriler temel bileşen skorlarının kümelenmesi için kullanılacaktır. Yapay sinir ağı için genelleştirilmiş adaptif regresyon ağları daha iyi sonuç verdiğinden bu ağlar kullanılacaktır. Her bir eğitim verisi ait olduğu küme merkezi değerine atanarak o kümeye yakın bütün noktalar o kümeye çekilecektir. Daha sonra temel bileşen skorlarının küme merkezlerinde toplanarak lineer olarak (göze görülür) ayrılabilen kümeler elde edilmeye çalışılacaktır.



**Şekil 6.7:** Bulanık-YSA 6 küme çözümü

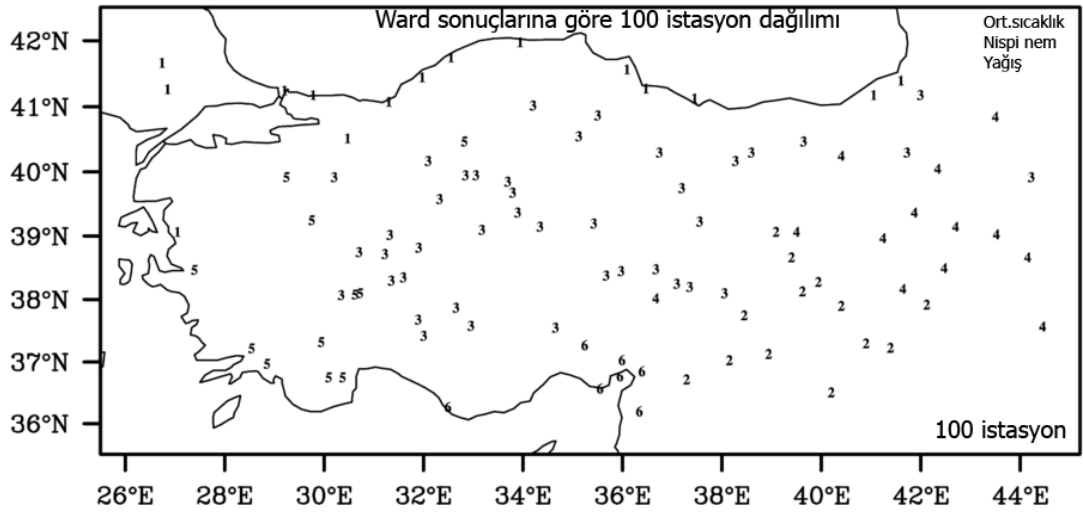
Şekil 6.6'deki eğitim verileri kullanılarak Şekil 6.7'deki temel bileşen skorları kümelenmiştir. Kullanılan temel bileşen skorları şekildeki gibi 6 ayrı küme merkezinde toplanmıştır ve birbirileri ile göze görülür bir şekilde ayrılmıştır. 3 adet küme net olarak o kümenin küme merkezinde toplanmıştır, buradan bu 3 kümenin 'belirgin' olarak kümeleştigi yorumu yapılabilir.

## **7 UYGULANAN KÜME ANALİZİ METOTLARININ STABİLİTE TESTİ ve PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI**

Uygulanan küme metotlarının bundan sonraki iklim çalışmalarındaki performansı hakkında fikir sahibi olmak için stabiliteleri ölçülüp performansları hakkında araştırma yapmak gerekmektedir. Bunun yapılabilmesi için kullanılan istasyon sayısı 150'den sırasıyla 100 ve 75'e düşürülür ve yapılan küme analizi sonucu istasyonların ait olduğu kümelerin eski duruma göre nasıl değiştiği kontrol edilir. Örneğin 150'den 75'e düşürülen istasyon sayısı sonrası kullanılan istasyonların küme analizi sonucu ait olduğu kümeler önemsiz sayılacak derecede değişiyorsa uygulanan küme analizi metodu stabil olarak kabul edilebilir. Stabilitenin şöyle bir faydası vardır; uygulanan istasyon sayısı 150 den fazla olursa uygulanan küme analizi metodunun sonuçlarının bundan nasıl etkileneceği görülebilir, böylece uygulanan küme analizi metodunun ileriki çalışmalarda kullanılıp kullanılamayacağı sonucuna varılabilir. Aşağıda sırasıyla uygulanan 3 farklı küme analizi metodunun rastgele seçilen 100 istasyon için uygulanmış sonuçları vardır. Burada kullanılan istasyonlar tamamen rastgele seçilmiştir. Dikkat edilecek tek husus kullanılan istasyonların seçilirken Türkiye haritası üzerinde dağılacak şekilde seçilmesidir.

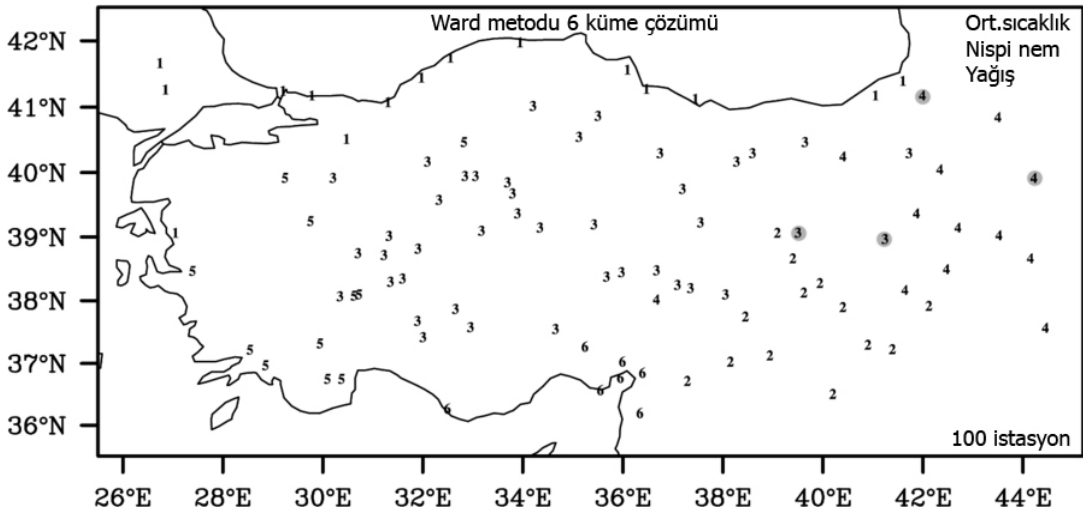
### **7.1 100 İstasyon İçin Yapılan Ward Metodu Çözümleri**

Şekil 7.1'de daha önceden 150 istasyon için hesaplanan Ward metodu küme çözümünün 50 istasyon çıkarıldıktan sonraki durumu görülmektedir. Harita üzerindeki numaralar istasyonların yerini ve ait oldukları küme numarasını göstermektedir. Sonuç olarak bu grafikte 150 istasyon için bulunan sonuçlar görülmektedir ancak 50 adet istasyon çıkarıldığı için kalan 100 istasyon görülmektedir.



**Şekil 7.1:** 150 istasyon sonuçlarından 50 istasyon çıkarıldığında kalan istasyonların Ward metodu sonuçlarına göre dağılımı

Şekil 7.2’de 50 istasyon çıkarıldıktan sonra yapılan Ward metodu çözümleri görülmektedir. 150 istasyon kullanılarak bulunan sonuçlardan farklı olanlar gri nokta ile işaretlenmiştir. Şekil 7.2’de de görüldüğü gibi 4 adet istasyon farklı bulunmuştur.

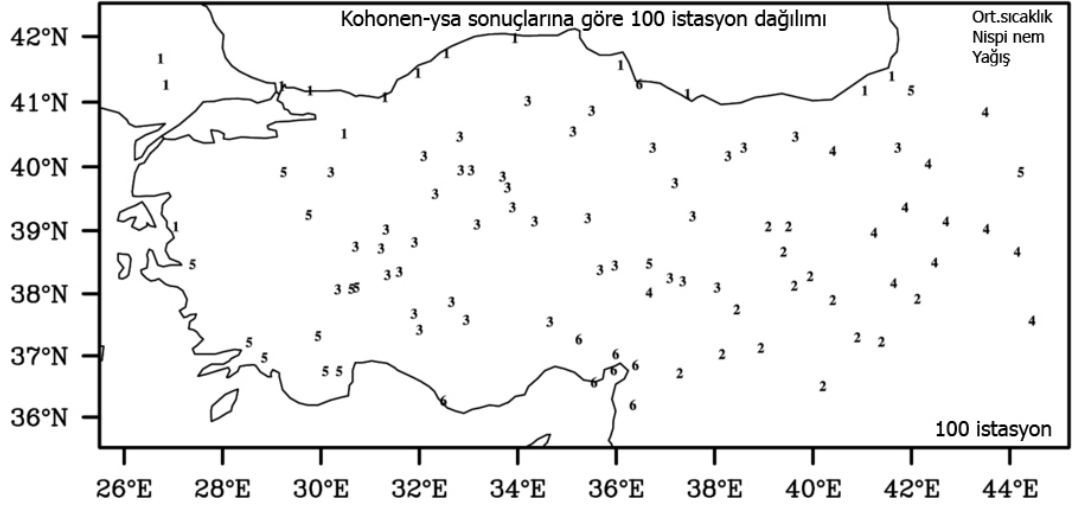


**Şekil 7.2:** 100 istasyon için hesaplanan Ward metodu 6 küme çözümü

Bu istasyonlar 12 numaralı Artvin, 35 numaralı Iğdır, 170 numaralı Tunceli ve 172 numaralı Solhan/Bingöl istasyonlardır. 12 ve 35 numaralı istasyonlar 3. kümeye ait iken 4. kümeye 170 ve 172 istasyonlar ise 4. kümeye ait iken 3. kümeye ait bulunmuşlardır.

## 7.2 100 İstasyon İçin Yapılan KYSA Metodu Çözümleri

Kullanılan istasyon sayısı 100'e düşürüldükten sonra bu kez KYSA metoduyla küme analizi yapılarak, bu metodun stabilitesi araştırılacaktır. Kullanılan en uygun parametreler 150 istasyon verisinin kümelenmesi için kullanılan parametrelerle aynıdır.



Şekil 7.3: 150 istasyon sonuçlarından 50 istasyon çıkarıldığında kalan istasyonların KYSA sonuçlarına göre dağılımı

Şekil 7.3'de 100 istasyon için küme analizi yapılmadan önce bir karşılaştırma yapılabilmesi için KYSA'nın daha önce 150 istasyon için hesapladığı sonuçlar görülmektedir.

Çizelge 7.1: KYSA kümelemesinde kullanılan parametreler

|                                  |                   |
|----------------------------------|-------------------|
| Veri sırası                      | P vektörü         |
| Harita boyutu                    | [2 3]             |
| Ağ Topolojisi                    | Rastgele Topoloji |
| Uzaklık mesafesi                 | Link mesafesi     |
| Öğrenme oranı safha düzeni       | 0.9               |
| Adım safhası düzeni              | 1000              |
| Öğrenme oranı safhası ayarı      | 0.02              |
| Komşuluk mesafesi(Link mesafesi) | 0.5               |
| İterasyon sayısı                 | 2000              |

Çizelge 7.1'de görüldüğü gibi artık standart bir şekilde iklim verilerinin kümelenmesi için ağ topolojisi olarak rastgele topoloji, uzaklık mesafesi olarak link mesafesi ve komşuluk mesafesi içinse 0.5 kullanılmaktadır. Yapılan denemeler sonucunda 2000 iterasyonun yeterli olduğu ve iyi sonuç verdiği görülmüştür. P

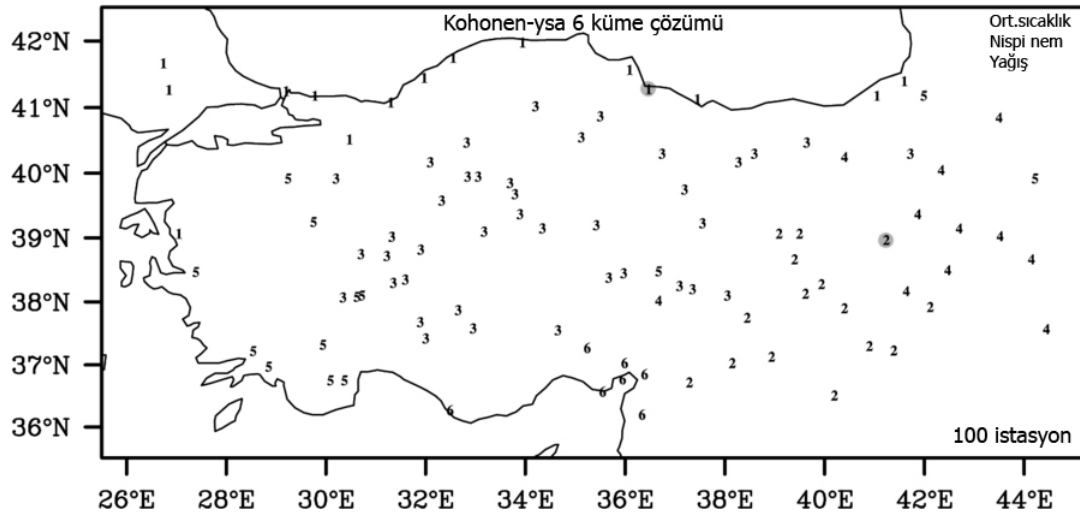
vektörü küme analizinde kullanılan 100 istasyonun ortalama sıcaklık, bağıl nem ve yağış verilerinin temel bileşen skorlarıdır.

Çizelge 7.1’de kullanılan Kohonen yapay sinir ağlarının nihai parametreleri görülmektedir.

**Çizelge 7.2:** KYSA 100 istasyon için 6 küme çözümü nihai ağırlıkları

|        | TBA1   | TBA2   | TBA3   | TBA4   | TBA5   | TBA6   | TBA7   |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1.küme | 0.150  | -0.251 | -0.162 | -0.484 | -0.066 | -1.231 | 1.411  |
| 2.küme | -0.565 | -0.138 | 0.363  | -0.475 | 0.350  | -0.069 | -0.318 |
| 3.küme | 1.016  | -1.364 | -0.607 | 0.493  | 0.447  | 0.781  | -0.423 |
| 4.küme | 0.448  | 1.794  | 0.113  | 0.245  | 0.573  | 0.548  | 0.034  |
| 5.küme | 1.872  | 0.344  | 0.425  | -0.040 | -1.953 | -0.455 | -0.579 |
| 6.küme | -1.372 | -0.107 | -0.677 | 1.275  | -1.175 | 0.289  | 0.411  |

Yukarıda kullanılan parametreler eşliğinde kümeleme için kullanılan nihai ağırlıklar Çizelge 7.2’de görülmektedir. 2000 iterasyon sonucu yukarıdaki ağırlık değerlerine ulaşılmaktadır. Başlangıç ağırlıkları Matlab programının kullandığı başlangıç değerlerdir. Yukarıdaki KYSA ağ yapısı kullanılarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir



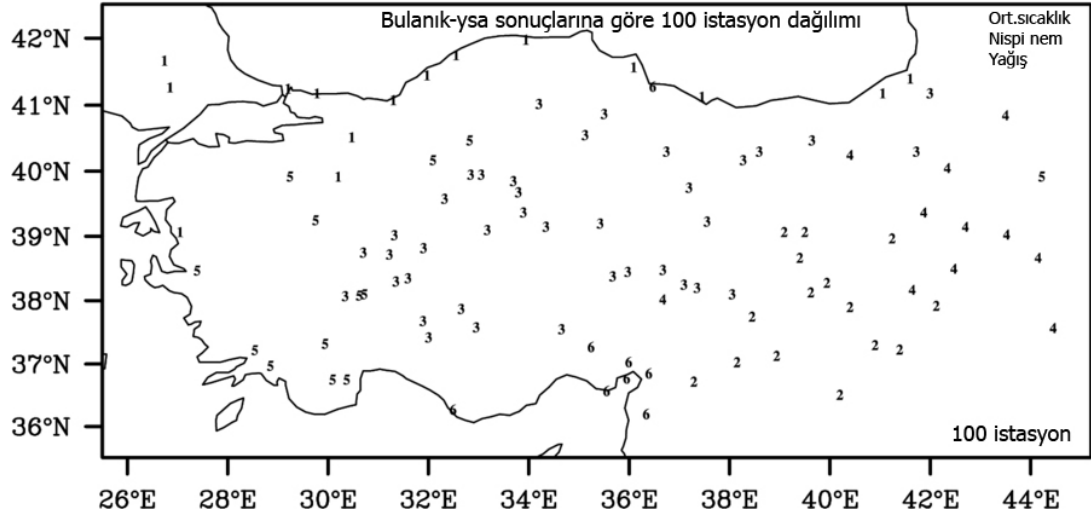
**Şekil 7.4:** 100 istasyon için hesaplanan KYSA 6 küme çözümü

Şekil 7.4’de KYSA’nın 100 istasyon verisi kullanılarak bulunduğu sonuçlar görülmektedir. Şekilde farklı bulunan sonuçlar gri nokta ile gösterilmiştir. Sadece 2 istasyon 150 istasyon verisi kullanılarak bulunan sonuçlara göre farklılık göstermiştir. Bu istasyonlar 6 numaralı Samsun istasyonu ve 172 numaralı Solhan/Bingöl istasyonlarıdır. 172 numaralı istasyon Ward yönteminde de farklı

bulunmuştur. Sonuç olarak kullanılan 100 adet istasyon verisine göre KYSA'nın stabilitesi çok iyidir.

### 7.3 100 İstasyon İçin Yapılan Bulanık-YSA Metodu Çözümleri

Son olarak bu tez çalışmasında oluşturulan yeni model stabilite açısından test edilecektir.



**Şekil 7.5:** 150 istasyon sonuçlarından 50 istasyon çıkarıldığında kalan istasyonların bulanık-YSA sonuçlarına göre dağılımı

Şekil 7.5’de 100 adet istasyonun Türkiye haritası üzerindeki dağılımları görülmektedir. Yukarıdaki sonuçlar 150 istasyon verisi kullanılarak bulunan sonuçlardır. Harita üzerindeki rakamlar istasyonların yerini ve ait oldukları küme numarasını göstermektedir. Bir önceki bölümde anlatılan bulanık-YSA algoritması adımları uygulanarak aşağıdaki küme merkezleri elde edilmiştir.

**Çizelge 7.3:** Bulanık küme merkezleri

|                | 1.Boyut | 2.Boyut | 3.Boyut | 4.Boyut | 5.Boyut | 6.Boyut | 7.Boyut |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <b>Merkez1</b> | 1.8377  | 0.4950  | 0.4055  | -0.0541 | -2.0465 | -0.5582 | -0.6169 |
| <b>Merkez2</b> | 0.3791  | 1.6696  | 0.4607  | 0.2962  | 0.4306  | 0.5270  | -0.0814 |
| <b>Merkez3</b> | 1.1036  | -1.3464 | -0.6262 | 0.3689  | 0.4620  | 0.8617  | -0.3230 |
| <b>Merkez4</b> | 0.2945  | -0.1838 | -0.0396 | -0.2098 | 0.3164  | -1.5104 | 1.4388  |
| <b>Merkez5</b> | -0.5445 | -0.1218 | 0.3040  | -0.5106 | 0.3065  | -0.0565 | -0.2770 |
| <b>Merkez6</b> | -1.2473 | -0.1179 | -0.7553 | 1.1618  | -1.0573 | 0.2477  | 0.3459  |

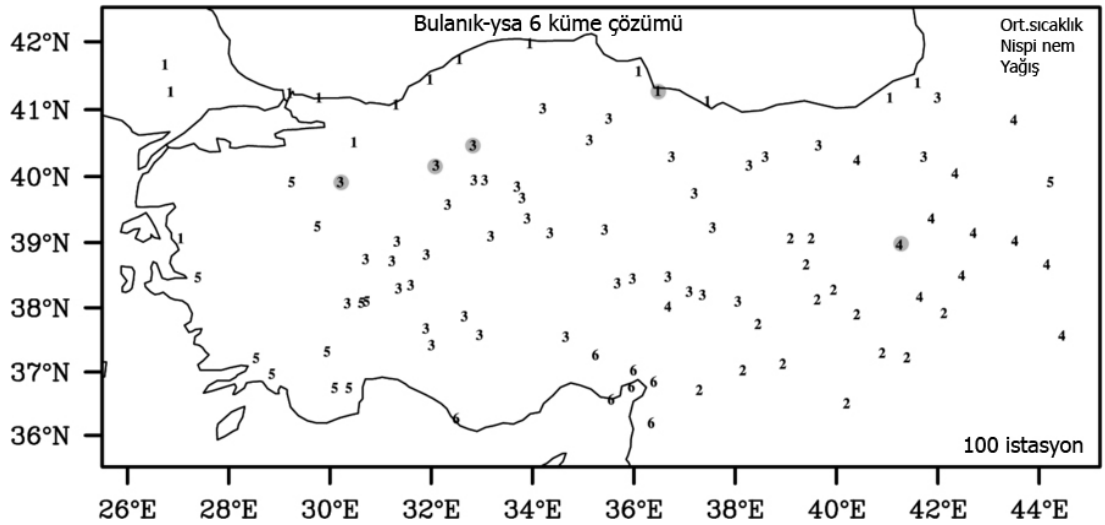
Çizelge 7.3’de bulanık küme merkezleri görülmektedir. 55 iterasyon ve  $e=1.2$  ve minimum artırım sayısı  $1e^{-5}$  için hedef fonksiyonu 336.1057 e ulaşılmıştır ve iterasyonlar durmuştur. Küme merkezleri elde edildikten sonra daha önce yapılanlar

gibi eğitim verisi Çizelgesi oluşturularak eğitim verisi türetilir. Bunun nasıl yapıldığı bir önceki bölümde anlatılmıştır.

**Çizelge 7.4:** Eğitim verilerinin bulunması

|                                  |    | 1.Boyut | 2.Boyut | 3.Boyut | 4.Boyut | 5.Boyut | 6.Boyut | 7.Boyut |
|----------------------------------|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <b>Min. temel bileşen Skoru</b>  |    | -1.906  | -1.764  | -4.838  | -1.885  | -2.777  | -3.786  | -1.865  |
| <b>Küme Merkezleri</b>           | 1. | -1.2473 | -1.3464 | -0.7553 | -0.5106 | -2.0463 | -1.5104 | -0.6169 |
|                                  | 2. | -0.5445 | -0.1838 | -0.6262 | -0.2098 | -1.0575 | -0.5582 | -0.3230 |
|                                  | 3. | 0.2945  | -0.1218 | -0.0396 | -0.0541 | 0.3065  | -0.0565 | -0.2770 |
|                                  | 4. | 0.3791  | -0.1179 | 0.3040  | 0.2962  | 0.3164  | 0.2477  | -0.0814 |
|                                  | 5. | 1.1036  | 0.4950  | 0.4055  | 0.3689  | 0.4306  | 0.5270  | 0.3459  |
|                                  | 6. | 1.8377  | 1.6696  | 0.4607  | 1.1618  | 0.4620  | 0.8617  | 1.4388  |
| <b>Maks. temel bileşen Skoru</b> |    | 2.027   | 3.559   | 2.003   | 2.745   | 2.164   | 2.57    | 2.443   |

Çizelge 7.4’de eğitim verilerinin bulunması için oluşturulan eğitim verisi Çizelgesi görülmektedir. Bu Çizelgeye göre hazırlanan eğitim verisi genelleştirilmiş adaptif regresyon ağlarına girilerek küme analizi yapılmıştır. Bulanık-YSA sonuçları aşağıda Türkiye haritası üzerinde görülmektedir.

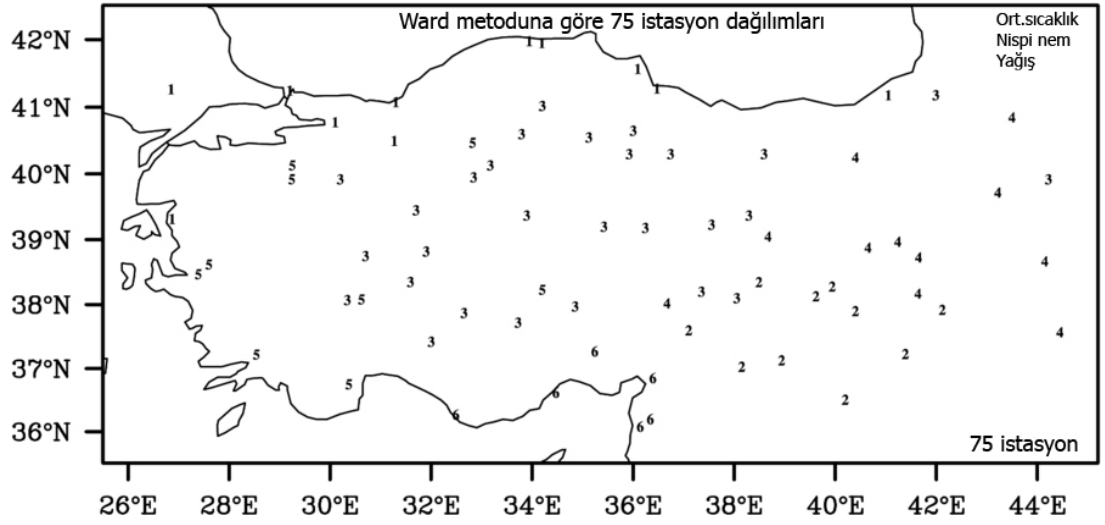


**Şekil 7.6:** 100 istasyon için hesaplanan bulanık-YSA 6 küme çözümü

Şekil 7.6’da farklı bulunan istasyonlar gri noktalarla işaretlenmiştir. Toplam 5 adet istasyon 150 istasyon verisi kullanılarak bulunan çözümlerle farklılık göstermiştir. Farklı bulunan istasyonlar, 6 numaralı Samsun, 124 numaralı Kızılcahamam/Ankara, 131 numaralı Beypazarı/Ankara, 142 numaralı Bozüyük/Bilecik ve 172 numaralı Solhan/Bingöl istasyonlarıdır.

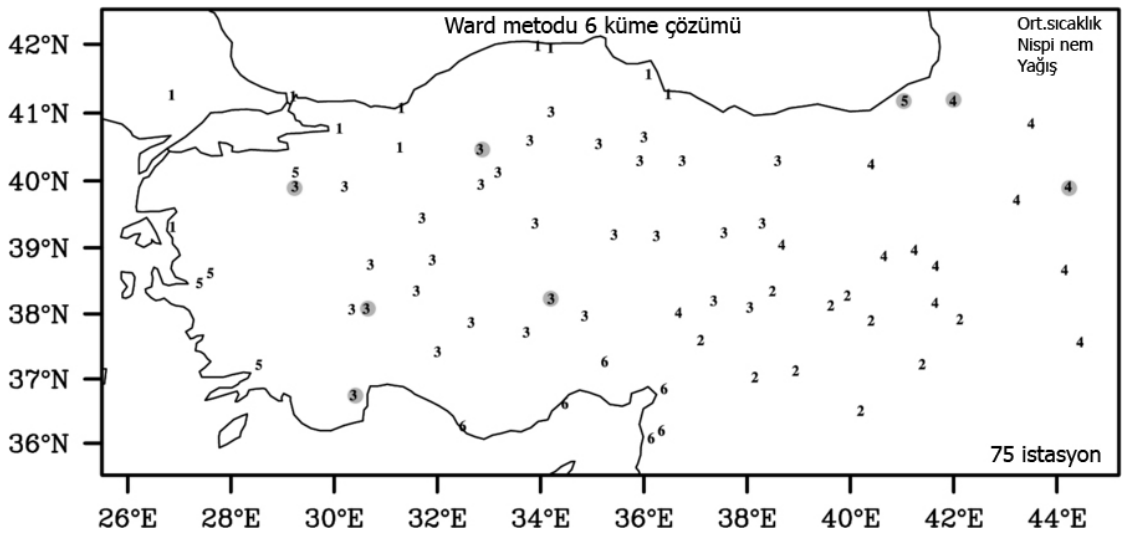
#### 7.4 75 İstasyon İçin Yapılan Ward Metodu Çözümleri

Bu kez 150 adet istasyondan 75 adet istasyon çıkarılarak stabilite testi yapılacaktır. İstasyonlar çıkarılırken kalan istasyonların Türkiye haritası üzerinde homojen bir şekilde dağılmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca kullanılacak bu 75 adet veri baştan 150 adet istasyondan çıkarılarak belirlenmiştir. Sonuçta 2 ayrı rastgele seçilmiş 100 ve 75 istasyonluk veri kullanılmıştır. Kullanılan 100 ve 75 istasyon arasındaki benzerlikler tesadüftür.



Şekil 7.7: 150 istasyon sonuçlarından 75 istasyon çıkarıldığında kalan istasyonların Ward metodu sonuçlarına göre dağılımı

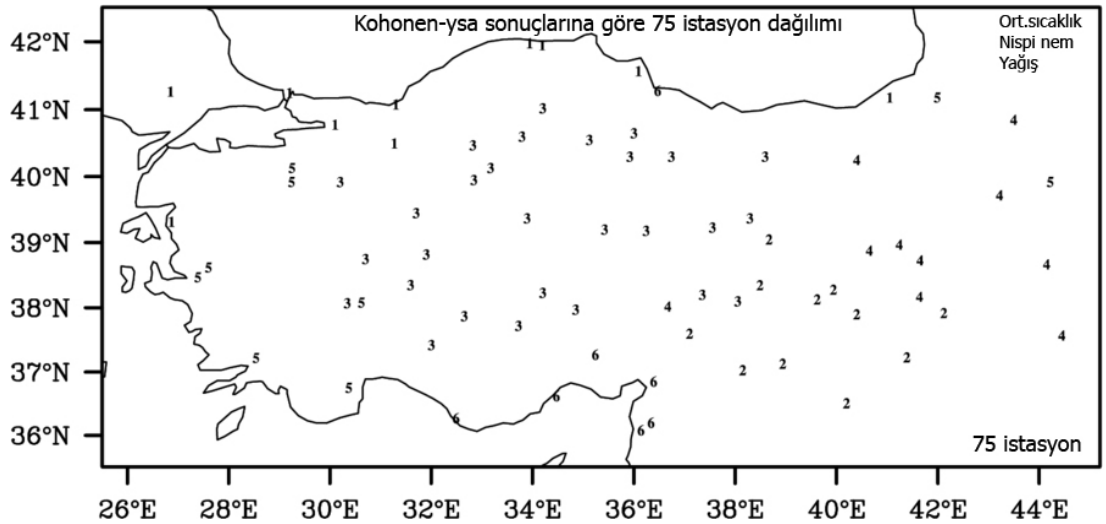
Şekil 7.7’de 150 istasyondan 75 istasyon çıkarıldığı durumdaki istasyonların Türkiye haritası üzerindeki dağılımını göstermektedir.



Şekil 7.8: 75 istasyon için hesaplanan Ward metodu 6 küme çözümü

Bu 75 istasyon verileri Ward metoduyla tekrardan kümelenecek sonuçları arasındaki farklılıklar gösterilecektir. Şekil 7.8’de 75 istasyon verisi kullanılarak elde edilen Ward metodu sonuçları görülmektedir. Farklı bulunan istasyonlar gri noktalarla işaretlenmiştir. Toplam 8 adet istasyon 150 istasyon verisi kullanılarak yapılan çözümlere göre farklılık göstermiştir. Bu istasyonlar, 12 numaralı Artvin, 35 numaralı Iğdır, 110 numaralı Pazar/Rize, 124 numaralı Kızılcahamam/Ankara, 139 numaralı Keleş/Bursa, 195 numaralı Aksaray, 210 numaralı Uluborlu/Isparta, 231 numaralı Korkuteli/Antalya istasyonlarıdır. Sonuç olarak 50 istasyon çıkarıldığında 4, 75 istasyon çıkarıldığında ise 8 adet istasyon farklı bulunmuştur. Sonuçların bütünlüğü bozulmadığından ve ana hatlarını neredeyse tamamen koruduğundan Ward metodu iklim verilerinin kümelenecek için stabilite açısından oldukça iyidir.

### 7.5 75 İstasyon İçin Yapılan KYSA Çözümleri



Şekil 7.9: 150 istasyon sonuçlarından 75 istasyon çıkarıldığında kalan istasyonların KYSA sonuçlarına göre dağılımı

Şekil 7.9’da daha önceden 150 istasyon için hesaplanan KYSA çözümünün 75 istasyon çıkarıldıktan sonraki Türkiye haritası üzerindeki dağılımı görülmektedir. Yukarıda görülen 75 istasyon verileri tekrar kümelenecektir ve 150 istasyonun kullanıldığı küme sonuçlarına göre karşılaştırılacaktır.

**Çizelge 7.5:** KYSA kümelemesinde kullanılan parametreler

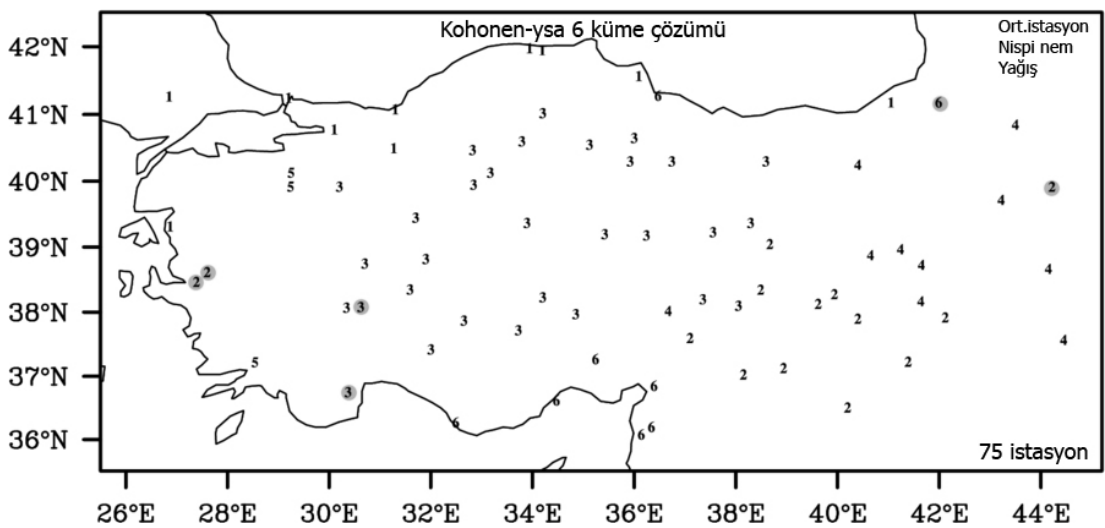
|                                  |                   |
|----------------------------------|-------------------|
| Veri sırası                      | P vektörü         |
| Harita boyutu                    | [2 3]             |
| Ağ Topolojisi                    | Rastgele Topoloji |
| Uzaklık mesafesi                 | Link mesafesi     |
| Öğrenme oranı safha düzeni       | 0.9               |
| Adım safhası düzeni              | 1000              |
| Öğrenme oranı safhası ayarı      | 0.02              |
| Komşuluk mesafesi(Link Mesafesi) | 0.5               |
| İterasyon sayısı(epochs)         | 2000              |

Çizelge 7.5’de daha önce kullanılan parametreler daha önce kullanılan parametrelerle aynıdır. Burada sadece kullanılan veri farklıdır (P vektörü). 2000 iterasyon sonucu KYSA’nın kullandığı nihai ağırlıklar aşağıdaki gibidir.

**Çizelge 7.6:** KYSA 75 istasyon için 6 küme çözümü nihai ağırlıkları

|        | TBA1   | TBA2   | TBA3   | TBA4   | TBA5   | TBA6   | TBA7   |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1.küme | -0.029 | 1.824  | 0.017  | 0.310  | 0.532  | 0.797  | -0.037 |
| 2.küme | -0.607 | 0.407  | -1.670 | 0.116  | -2.69  | 0.736  | -1.518 |
| 3.küme | 1.198  | -0.930 | -0.282 | 0.044  | 0.477  | 0.496  | -0.286 |
| 4.küme | -0.454 | -0.306 | 0.627  | -0.268 | -0.265 | 0.263  | 0.370  |
| 5.küme | -1.089 | -0.545 | -0.991 | 0.743  | 0.711  | -1.008 | -0.269 |
| 6.küme | 1.252  | 1.023  | 0.025  | -0.412 | -0.345 | -1.872 | 0.0618 |

7 adet temel bileşen girdi verisi olarak ve 6 adet küme için çözüm yapıldığından ağırlıklar Çizelge 7.6’da görüldüğü gibi 6x7’lik bir matristir. Yukarıdaki parametreler ve ağırlıklar doğrultusunda aşağıdaki küme çözümleri elde edilmiştir.



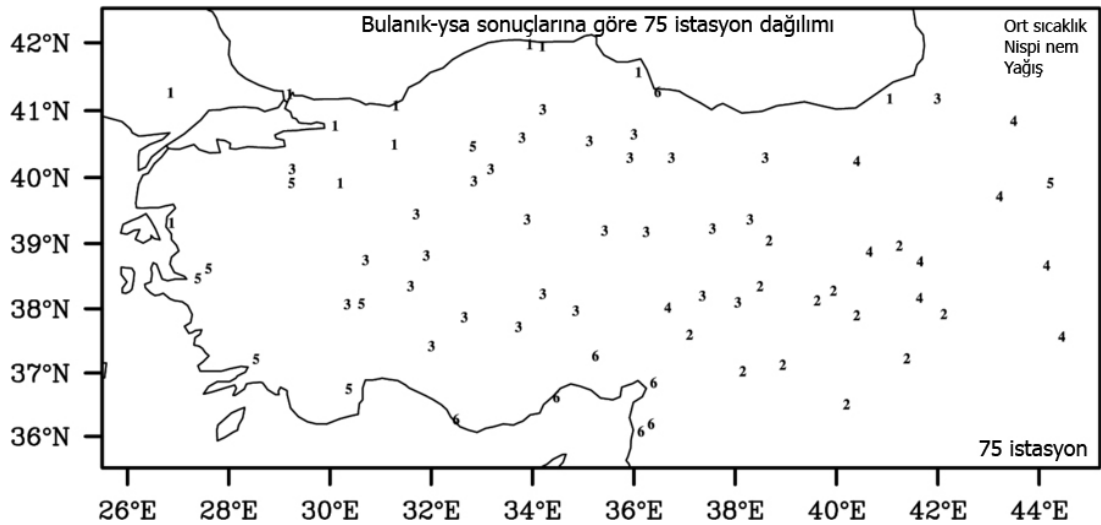
**Şekil 7.10:** 75 istasyon için hesaplanan KYSA 6 küme çözümü

Şekil 7.10'da KYSA'nın 75 istasyon verisi kullanılarak bulunduğu sonuçlar görülmektedir. 150 istasyon sonuçlarına göre farklı bulunan istasyonlar gri noktalarla işaretlenmiştir. Bu kez 6 adet istasyon farklı bulunmuştur. Farklı bulunan istasyonlar 12 numaralı Artvin, 35 numaralı Iğdır, 55 numaralı Manisa, 177 numaralı Bornova/İzmir, 210 numaralı Uluborlu/Isparta, 210 numaralı Korkuteli/Antalya'dır.

Sonuç olarak KYSA 100 istasyon çıkarıldığında sadece 2 istasyonu, 75 istasyon çıkarıldığında da 6 istasyonu farklı bulmuştur. Kullanılan veriler göz önüne alındığında KYSA oldukça stabildir ve iklim verilerinin kümelenmesinde stabilite açısından kullanılmasında bir sakınca görülmemiştir.

## 7.6 75 İstasyon İçin Yapılan Bulanık-YSA Çözümleri

Bu bölümde de bulanık-YSA metodunun 75 istasyon için stabilite testi yapılacaktır. Kullanılan istasyonların dağılımı Şekil 7.11'de görülmektedir.



**Şekil 7.11:** 150 istasyon sonuçlarından 75 istasyon çıkarıldığında kalan istasyonların bulanık-YSA sonuçlarına göre dağılımı

Şekil 7.11'de 75 adet istasyonun Türkiye haritası üzerindeki dağılımları görülmektedir. Yukarıdaki sonuçlar 150 istasyon verisi kullanılarak bulunan sonuçlardır. Harita üzerindeki rakamlar istasyonların yerini ve ait oldukları küme numarasını göstermektedir. Bir önceki bölümde anlatılan bulanık-YSA algoritması adımları uygulanarak aşağıdaki küme merkezleri elde edilmiştir.

**Çizelge 7.7:** Bulanık küme merkezleri

|                | 1.Boyut | 2.Boyut | 3.Boyut | 4.Boyut | 5.Boyut | 6.Boyut | 7.Boyut |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <b>Merkez1</b> | 1.2461  | -1.0125 | -0.4467 | 0.1217  | 0.7239  | 0.5163  | 0.0629  |
| <b>Merkez2</b> | -1.0350 | -0.5298 | -1.0050 | 0.6892  | 0.7133  | -0.9546 | -0.2691 |
| <b>Merkez3</b> | 1.3882  | 1.0312  | -0.0079 | -0.2615 | -0.4087 | -1.8986 | 0.1163  |
| <b>Merkez4</b> | 0.1234  | 0.2613  | -0.9933 | 0.0763  | -2.0136 | 0.9070  | -1.5206 |
| <b>Merkez5</b> | -0.4417 | -0.3057 | 0.6063  | -0.3253 | -0.2173 | 0.2348  | 0.3173  |
| <b>Merkez6</b> | -0.0429 | 1.7022  | 0.2589  | 0.4977  | 0.3555  | 0.6081  | -0.0469 |

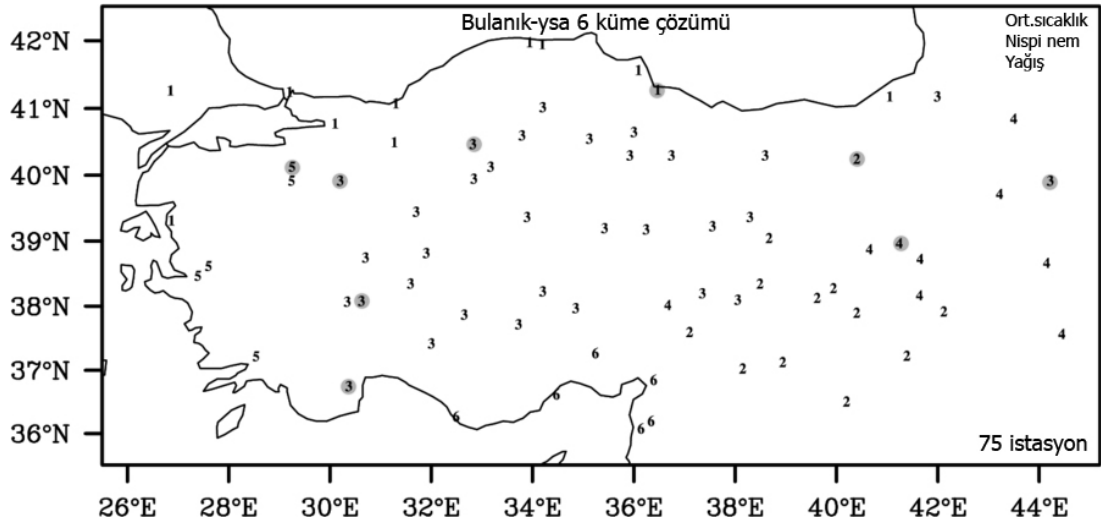
Çizelge 7.7’de bulanık küme merkezleri görülmektedir. 82 iterasyon ve  $e=1.2$  ve minimum artırım sayısı  $1e^{-5}$  için hedef fonksiyonu 253.634 e ulaşılmıştır ve iterasyonlar durmuştur. Küme merkezleri elde edildikten sonra daha önce yapılanlar gibi eğitim verisi Çizelgesi oluşturularak eğitim verisi türetilir. Bunun nasıl yapıldığı bir önceki bölümde anlatılmıştır.

**Çizelge 7.8:** Eğitim verilerinin bulunması

|                                  | 1.Boyut | 2.Boyut | 3.Boyut | 4.Boyut | 5.Boyut | 6.Boyut | 7.Boyut |
|----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <b>Min. Temel bileşen Skoru</b>  | -1.938  | -1.348  | -3.521  | -3.37   | -4.143  | -2.558  | -2.378  |
| <b>Küme Merkezleri</b>           | 1.      | -1.0350 | -1.0125 | -1.0050 | -0.3253 | -2.0136 | -1.8986 |
|                                  | 2.      | -0.4417 | -0.5298 | -0.9933 | -0.2615 | -0.4087 | -0.9546 |
|                                  | 3.      | -0.0429 | -0.3057 | -0.4467 | 0.0763  | -0.2173 | 0.2348  |
|                                  | 4.      | 0.1234  | 0.2613  | -0.0079 | 0.1217  | 0.3555  | 0.5163  |
|                                  | 5.      | 1.2461  | 1.0312  | 0.2589  | 0.4977  | 0.7133  | 0.6081  |
|                                  | 6.      | 1.3882  | 1.7022  | 0.6063  | 0.6892  | 0.7239  | 0.9070  |
| <b>Maks. temel bileşen Skoru</b> | 1.979   | 3.2     | 1.247   | 2.102   | 3.309   | 2.899   | 1.857   |

Çizelge 7.8’de eğitim verilerinin bulunması için oluşturulan eğitim verisi Çizelgesi görülmektedir. Bu Çizelgeye göre hazırlanan eğitim verisi genelleştirilmiş adaptif regresyon ağırlarına girilerek küme analizi yapılmıştır. Bulanık-YSA sonuçları aşağıda Türkiye haritası üzerinde görülmektedir.

Şekil 7.12’de bulanık-YSA sonuçları görülmektedir. Farklı bulunan istasyonlar gri noktalarla işaretlenmiştir. Toplam 9 adet istasyon 150 istasyon verisi kullanılarak bulunan çözümlerle farklılık göstermiştir.



**Şekil 7.12:** 75 istasyon için hesaplanan bulanık-YSA 6 küme çözümü

Farklı bulunan istasyonlar, 6 numaralı Samsun, 35 numaralı Iğdır, 124 numaralı Kızılcahamam/Ankara, 128 numaralı Uludağ-Zirve/Bursa, 210 numaralı Uluborlu/Isparta, 131 numaralı Beypazarı/Ankara, 135 numaralı Bayburt, 142 numaralı Bozüyük/Bilecik ve 172 numaralı Solhan/Bingöl istasyonlarıdır.

### 7.7 Stabilité Testi Sonuçlarının Genel Değerlendirmesi

Sırasıyla 100 ve 75 istasyon için her 3 küme algoritması kullanılarak stabilité testi yapılmıştır. 100 istasyon için yapılan stabilité testinde 4 istasyon sonuçları farklılık göstermiştir. Farklı bulunan istasyonların yükselti farkları çok olan Doğu Anadolu Bölgesindeki istasyonlarda görülmesi Ward yönteminin topografyadan etkilendiğini göstermektedir ki bu da çok doğaldır. Ward metodu 75 istasyon için uygulandığı zaman içinse 8 adet istasyon sonuçları farklılık göstermiştir. Farklı bulunan istasyonlar Ege Bölgesi ve İç Anadolu Bölgesi arasındaki iklim geçiş bölgeleri ve yüksek yağış alan Hopa, yükselti farkı yakın istasyonlarla göre fazla olan Artvin ve mikro klima özelliği iyi bilinen Iğdır istasyonlarıdır. Bu sonuçlara göre farklı çıkan istasyonlar beklenmedik sonuçlar değildir ve farklı çıkması doğal karşılanmıştır. Bu yüzden Ward yönteminin gerek farklı bulunan istasyon sayısı açısından gerekse farklı bulunan istasyonların konum açısından stabil olduğu görülmüştür ve daha önceki çalışmaların da önerdiği gibi (Unal, 2003) iklim bölgelerinin belirlenmesinde iyi sonuç vermektedir.

KYSA yöntemi 100 istasyon için uygulandığında sadece 2 istasyon sonuçları farklılık göstermiştir. Bu istasyonlar Samsun ve Doğu Anadolu Bölgesi ve

Güneydoğu Anadolu bölgesi arasında bulunan Solhan/Bingöl istasyonlarıdır. Samsun bölgesinin farklılık göstermesi o bölgenin orografik yapısı ve hâkim rüzgâr yönü ile ilgilidir. Bu yüzden bu bölgenin farklı sonuç vermesi beklenen bir şeydir. KYSA yöntemi 75 istasyon içinse 6 adet istasyon sonuçlarında farklılık göstermiştir. Bunlardan ikisi 100 istasyon için yapılan küme analizinde olduğu gibi Artvin ve Iğdır istasyonlarıdır. Geriye kalan 4 istasyonun ise tamamı Ege Bölgesindedir. İstasyonlar Türkiye haritasında rastgele ama homojen dağılacak şekilde seçildiğinden farklı çıkan istasyonların çoğunun aynı bölgeden çıkması beklenmeyen bir durumdur. Ancak Ward yöntemi 75 istasyon için 8 adet farklı istasyon bulunduğuna göre KYSA'nın farklı bulduğu 6 istasyon iyi sonuçtur. Sonuç olarak Ward yöntemine göre kıyaslırsak farklı bulduğu sonuçlar Ward yöntemine göre daha az ancak 75 istasyon için yapılan küme analizi göz önüne alındığında aynı bölgeden daha çok istasyon farklı bulmuştur. Buna rağmen KYSA yönteminin stabilitesi kullanılan veriler göz önüne alındığında Ward'dan daha iyidir ancak bu iki yöntem arasındaki stabilite farkı çok önemli değildir.

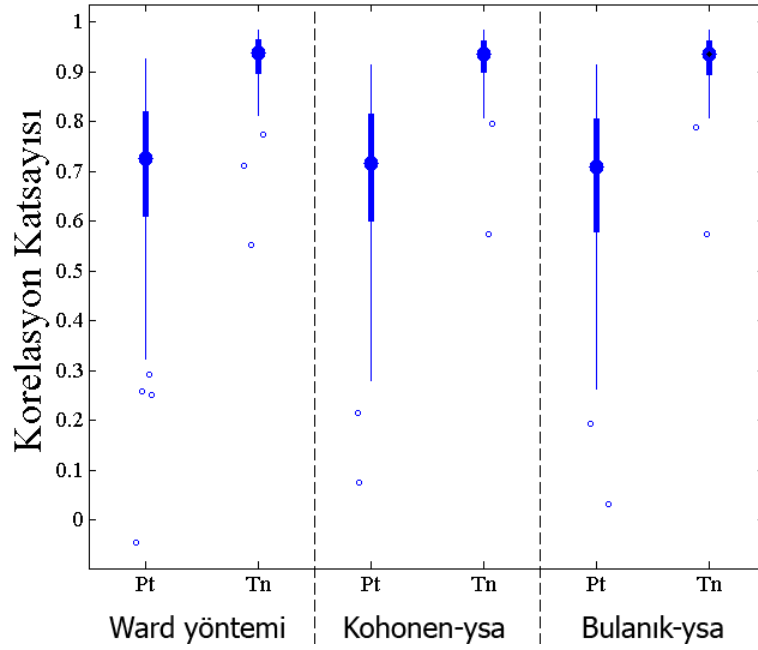
Bulanık-YSA yöntemi 100 istasyon için uygulandığında 5 adet istasyonda farklılık göstermiştir. Bu istasyonların dağılımına bakıldığında KYSA yönteminin farklı bulduğu sonuçlara ek olarak İç Anadolu Bölgesi ve Karadeniz Bölgesi arasındaki istasyonlarda farklılıklar bulmuştur. Ward metodu 75 istasyon için yapılan analizde benzer sonuçlar vermiştir. Bu yüzden 100 istasyon sonuçlarına göre bulanık-YSA sonuçları da diğer metodlar gibi oldukça iyi stabilite göstermektedir. 75 istasyon için yapılan küme analizi sonuçlarına göre 9 adet istasyon farklı sonuç vermiştir. Bu sonuç Ward metodunda 8 ve KYSA'da ise 6 dır. Bulanık-YSA metodunun farklı bulduğu istasyonların Türkiye haritası üzerindeki dağılımına bakacak olursak, Ward metodunun Ege Bölgesi ve İç Anadolu Bölgesi iklim geçiş bölgesinde farklı bulduğu 3 istasyona ek olarak Uludağ-Zirve istasyonunu farklı bulmuştur. Uludağ zirve istasyonu yakın istasyonlara göre yağış ortalaması oldukça yüksek ve bilindiği üzere yükseltisi de oldukça fazladır. Bu yüzden stabilite testinde farklı sonuç vermesi olağan bir durumdur. Geriye kalan istasyonlar KYSA ve Ward yönteminde farklı sonuç bulduğu Samsun, Iğdır ve Solhan/Bingöl dür. Stabilite konusunda bulanık-YSA yöntemi de diğer iki yöntem gibi oldukça başarılıdır.

Sonuç olarak yapılan stabilite testleri ışığı altında kullanılan 3 yönteminde başarılı sonuçlar verdiği ve çok iyi stabilite gösterdiği görülmüştür. Bu yüzden iklim

bölgelerinin belirlenmesi ile ilgili ilerde farklı istasyon kullanılarak yapılacak çalışmalarda da bu yöntemlerin başarılı sonuçlar verebileceği gösterilmiştir.

### 7.8 Uygulanan Küme Analizi Metotlarının Performansının Değerlendirilmesi

Uygulanan küme analizi metotları; Ward metodu, Kohonen yapay sinir ağları metodu ve bulanık-YSA metotlarıdır.



**Şekil 7.13:** Küme ortalamaları ve bölgesel istasyonların korelasyon katsayıları

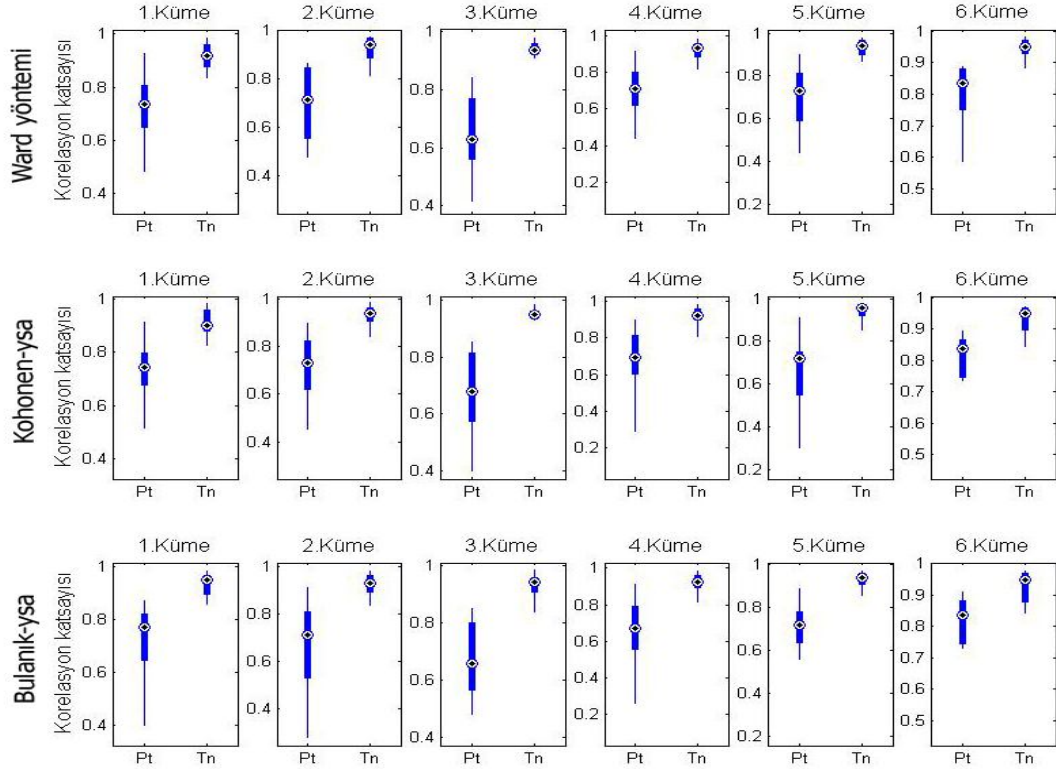
Küme analizi metotlarının performansının karşılaştırılması için her bir istasyonun zaman serilerinin ait olduğu kümenin ortalamaları ile olan korelasyonlarına bakılıp uygulanan tüm küme algoritmaları için korelasyonlar hesaplanıp karşılaştırılacaktır. Bağıl nem, ortalama sıcaklık ve yağış verileri kullanarak yapılan küme analizi sonuçları birbirine çok yakın sonuç vermiştir. (Örneğin; Ward metodu ile KYSA birbirinden farklı kümede 10 istasyon, bulanık-YSA ve KYSA arasında ise 7 istasyonu farklı kümelerde bulmuştur). Bu yüzden karşılaştırma yapmak için ortalama sıcaklık ve yağış verilerinin kullanıldığı küme analizi sonuçları karşılaştırılacaktır. Aşağıda her bir istasyonun ait olduğu kümeyle olan korelasyonları toplu halde kutu-grafiği ile gösterilmiştir.  $P_t$  yağışı,  $T_n$  ise ortalama yağışı simgelemektedir.

Şekil 7.13’de, daireler medyanı, kalın çizgiler çeyrek değer mesafesini ve ince çizgiler korelasyon katsayılarının maksimum ve minimum değerlerini

göstermektedir. Burada korelasyon katsayılarının maksimum ve minimum değerlerini gösterirken çeyrek değer mesafesinin en fazla 1.5 katı kadar mesafe alınır. Geriye kalan değerler aykırı değerler olarak adlandırılır. Bu grafikte küçük içi boş daireler ise aykırı değerleri göstermektedir. Çeyrek değer mesafesi ise verinin orta mesafesinde (%50) bulunan medyan değerinin üst ve alt kısmında kalan yarı verinin meydanları arasındaki mesafedir. Başka bir deyişle alt çeyrek değer mesafesi, verinin üstten %75'i kadar aşağıya olan mesafesi, üst değer mesafesi ise verinin üstten %25'i kadar aşağıya olan mesafesi olarak hesaplanır.

Şekil 7.13'den de görüldüğü üzere uygulanan küme analizi metotlarının sonuçları birbirine çok yakındır. Ward metodunun medyan değeri KYSA ve bulanık-YSA medyan değerinden önem arz etmeyecek şekilde biraz daha büyüktür. Çeyrek değer dağılımı (kalın çizgi) ve korelasyon mesafesi (ince çizgi) değerleri karşılaştırılacak olursa sonuçlar hemen hemen aynıdır. Aykırı değerlere bakılacak olursa (içi boş küçük daireler) Ward yönteminde hem  $P_t$  hem de  $T_n$  değerleri için aykırı değerler biraz daha fazladır. KYSA ve bulanık-YSA aykırı değer bakımından benzer sonuçlar vermiştir. Sonuç olarak bütün periyot için hesaplanan her bölgesel istasyonun ait olduğu küme ortalamaları ile olan korelasyonları hesaplamak bu uygulanan 3 küme algoritması için ayırt edici olmamıştır. Bu yüzden daha iyi bir karşılaştırma yapmak için istasyonların ait olduğu kümeyle olan korelasyonları ayrı bir grafikte göstermek daha etkili olacaktır. Aşağıdaki şekilde her bir küme ve metot için ayrı ayrı istasyonlar ve ait olduğu küme ortalamalarıyla olan korelasyon katsayıları gösterilmiştir.

Şekil 7.14'de görüldüğü gibi bölgesel istasyonlarla ait olduğu kümelerle olan korelasyon katsayılarını ayrı ayrı göstermek daha ayırt edici olmuştur. Minimum ve maksimum korelasyonlar arasındaki mesafe ne kadar azsa ve çeyrek değer mesafesi ne kadar minimum ve maksimum korelasyon mesafesine yakınsa o kadar iyi sonuç elde edilmiş demektir. 1. küme için uygulanan küme analizi sonuçlarına bakarsak bulanık-YSA modelinin  $P_t$  için hesaplanan medyan değeri diğer iki metottan biraz daha yüksektir. Buna karşılık bulanık-YSA yönteminin korelasyon katsayılarının maksimum ve minimum değerleri arasındaki mesafesi daha fazladır. Çeyrek değer mesafesinin medyan ile olan uzaklığı verinin nasıl dağıldığını gösterir.



**Şekil 7.14:** Bölgesel istasyonların ve küme ortalamalarının birbirleri ile olan korelasyon katsayılarının ayrı ayrı gösterimi

Örneğin bulanık-YSA metodunun 1. kümedeki çeyrek değer mesafesine ve medyan değerine göre durumuna bakacak olursak, medyan değerinin çeyrek değer mesafesinin ortasında değil üst kısmında yer aldığı görülür. Buradan çıkan sonuç birbiri ile yüksek korelasyonlu verilerin daha fazla olduğu sonucudur zaten medyan değerinin daha yüksek olması da bunu doğrulamaktadır. Buna karşılık Ward ve KYSA metodlarının maksimum ve minimum korelasyon katsayıları biraz daha yüksektir. 2. kümedeki sonuçlara baktığımızda Ward metodu  $P_t$  için hesaplanan çeyrek değer mesafesi korelasyon maksimum ve minimum mesafelerine çok yakındır. Bu da hesaplanan korelasyon değerlerinin medyana çok yakın olduğunu gösterir ve minimum ve maksimum değerlerin hesaplanan değerlere yakın olduğunu gösterir. KYSA sonuçlarına göre ise  $P_t$  dağılımı Ward metodundaki kadar iyi değildir ancak minimum, maksimum ve medyan değerleri birbirine çok yakındır. Bulanık-YSA sonuçlarına göre ise medyan değeri ve maksimum korelasyon açısından benzer sonuçlar elde edilmiştir ancak minimum korelasyon değeri diğer metodların hesapladığı değerlerden düşüktür. 3. kümede ise bulanık-YSA metodu  $P_t$  minimum korelasyon değeri daha yüksektir. Genel olarak bu 3 metotta  $P_t$  parametresi için benzer dağılımlar göstermektedir.  $T_n$  dağılımına bakarsak KYSA sonuçları diğer 2

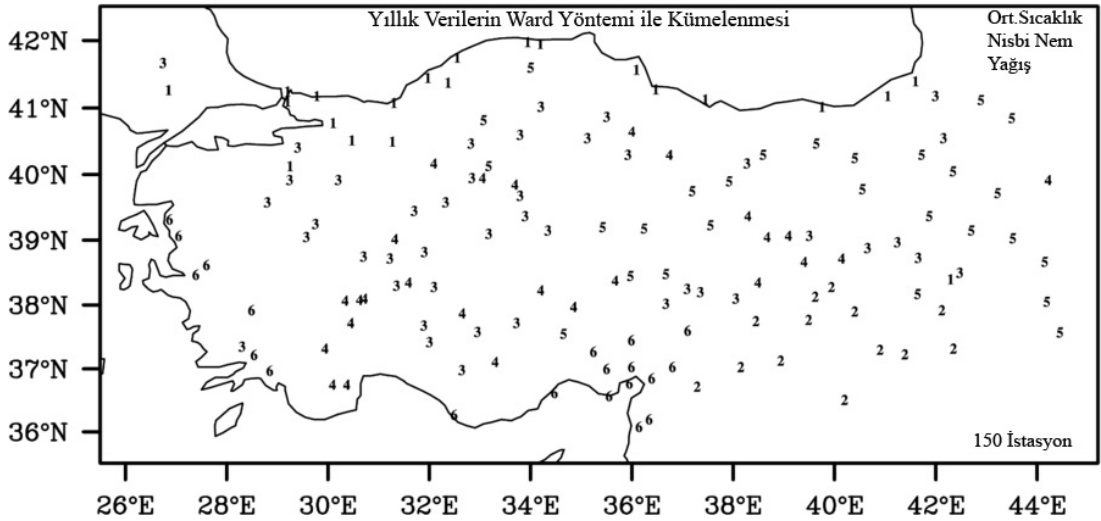
metoda göre daha elverişlidir. Bulanık-YSA metodu bu kümede biraz daha düşük korelasyon değerleri hesaplamıştır. 4. kümede ise hesaplanan korelasyon katsayılarının medyan ve çeyrek değer dağılımları hemen hemen aynıdır ancak Ward metodunun hesapladığı minimum korelasyon değerleri daha yüksektir. 5. kümede bulanık-YSA metodu hesaplarına göre minimum korelasyon değeri daha yüksek olduğundan bu modelin sonuçları 5. küme için daha elverişlidir. Son olarak 6. kümede bulanık-YSA ve KYSA sonuçlarına göre  $P_t$  parametresi çeyrek değer dağılımları minimum ve maksimum değerlere çok yakındır ve yüksek değerdedir. Bu sonuçlara göre Ward metodu sonucu 6. kümede  $P_t$  parametresi için daha elverişsiz sonuçlar bulmuştur. Ancak  $T_n$  parametresi dağılımı medyan değerine daha yakın dağılım gösterdiğinden 6. kümede Ward metoduna  $T_n$  korelasyonları daha iyidir.

Sonuçları genel olarak değerlendirmek gerekirse performans olarak uygulanan 3 küme analizi metodu da benzer sonuçlar vermiştir. Özellikle tüm kümeler için çizilen kutu grafiğinde uygulanan küme analizi metodlarının performansı çok yakındır. Ayrı ayrı kümeler için çizilen kutu grafiği sonuçlarında da önemli farklar yoktur. Hesaplanan medyan ve çeyrek değer mesafeleri çoğu durumda birbirine yakındır. 5. kümede bulanık-YSA sonuçları, 4. kümede bulanık-YSA sonuçları, 1. kümede ise KYSA sonuçları biraz daha iyidir. Sonuç olarak uygulanan 3 küme analizi metodu da bölgesel istasyonların ait olduğu kümelerle göre hesaplanan korelasyon katsayıları karşılaştırmalarına göre benzer performans göstermiştir ve iklim verilerinin kümelenmesi için kullanılmasının uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Zaten literatürde Ward metodunun iklim verilerinin kümelenmesi için uygun olduğu defalarca gösterilmiştir. KYSA ve bulanık-YSA sonuçlarının da Ward metoduyla benzerlik göstermesi, bu 2 metodun da iklim verilerinin kümelenmesi için uygun olduğu sonucunu vermektedir.

## 8 TEMEL BİLEŞEN SKORLARI KULLANILARAK YAPILAN KÜME ANALİZİ SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

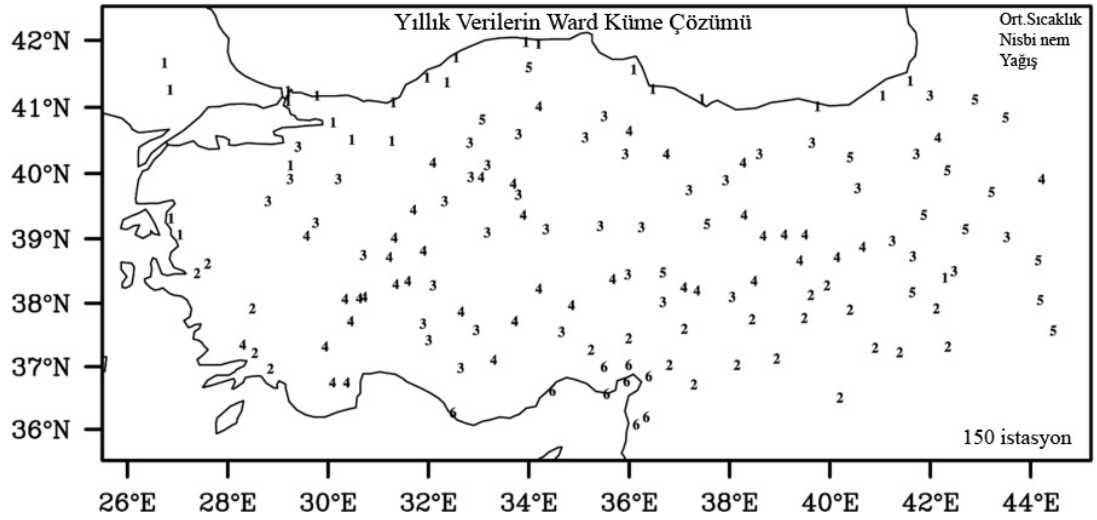
### 8.1 Yıllık Verilerin Küme Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bu bölümde yıllık verilerin temel bileşen skorları kümelenmiş ve sonuçları gösterilmiştir. Ayrıca temel bileşen analizi olmadan doğrudan verinin kendisi normalize edilerek kümeleme yapıp sonuçları temel bileşen skorlarının küme sonucuyla karşılaştırılmıştır.



**Şekil 8.1:** Ward yöntemi ile 150 adet istasyonun yıllık ortalama sıcaklık, yağış ve bağıl nem temel bileşen skorlarına göre hesaplanan 6 küme çözümü

Yıllık verilere göre küme analizi Şekil 8.1'de görülmektedir. Karadeniz Bölgesi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Doğu Anadolu Bölgesi kümeleri aylık verilerle hesaplanan küme çözümleriyle benzerlik göstermektedir, ancak İç Anadolu Bölgesi ve Akdeniz Bölgesi tamamen farklı çıkmıştır, hatta İç Anadolu Bölgesinde belirgin bir kümeleşme dahi görülmemektedir. Akdeniz Bölgesi ise Ege Bölgesine kadar uzanmıştır hatta onun yerini almıştır. Bu sonuçlara dayanarak Türkiye iklim bölgelerinin yıllık verilere göre kümelenmesinin sakıncalı olduğu sonucuna varılabilir.

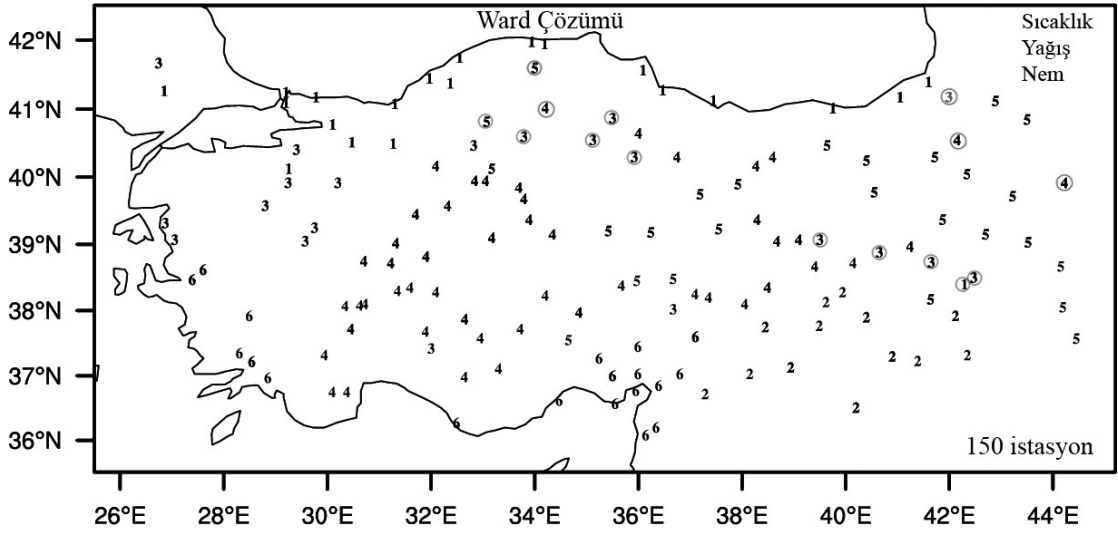


**Şekil 8.2:** Ward yöntemi ile 150 adet istasyonun normalleştirilmiş yıllık ort. sıcaklık, yağış ve b. nem verilerine göre 6 küme çözümü

Şekil 8.2’de bu kez normalleştirilmiş verilerin Ward metodu 6 küme çözümü görülmektedir. Karadeniz, Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Akdeniz bölgesi hariç belirgin bir kümeleşme görülmemektedir. Bu sonuçlar temel bileşen skorlarının kümelenmesine açıklanması daha zordur ve tutarsızdır. Aylık verilerde de bir karşılaştırma yapılarak temel bileşenler analizinin gerekliliği ispatlanacaktır. Yıllık verilerin küme analizi sonucu kötü sonuçlar vermesi üzerine bu kez farklı bir düşünce ile istasyon ortalamalarının kümelenmesi denenip sonuçları karşılaştırılacaktır.

## 8.2 İstasyon Ortalamalarının Küme Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması

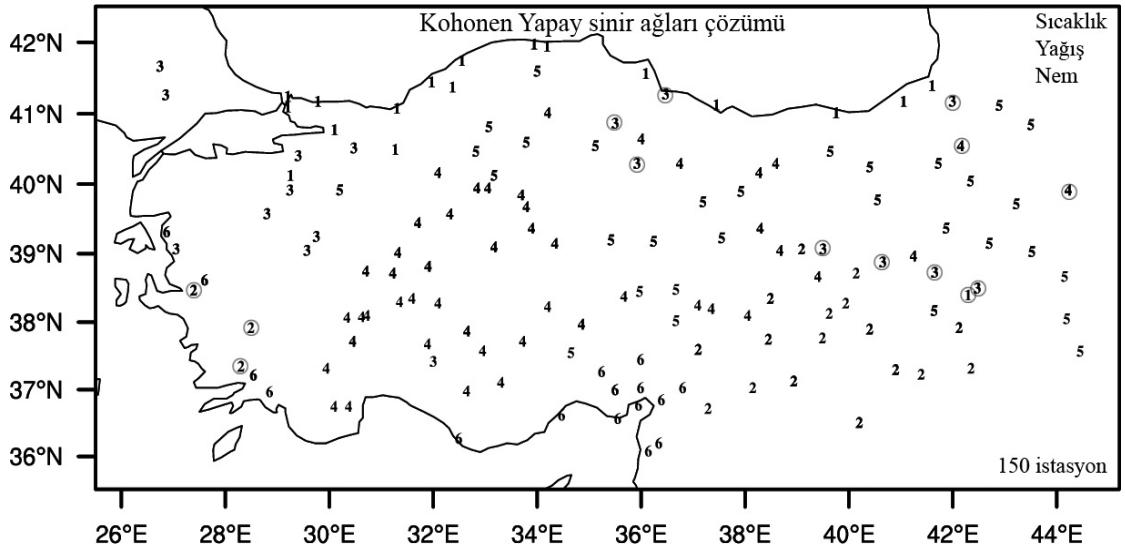
Bu bölümde yıllık verilerin küme analizinin iyi sonuçlar vermemesi üzerine bu kez istasyon ortalamalarının küme analizi yapılarak uygun çözüm elde edilmeye çalışılacaktır. İstasyon ortalamaları 1974-2002 yılları arasında ölçülmüş verilerin ortalamasıdır. Şekil 8.3’de istasyon ortalamaları kullanılarak yapılan Ward metodu 6 küme çözümü görülmektedir.



**Şekil 8.3:** Ward yöntemi ile 150 adet istasyonun ortalama sıcaklık, yağış ve bağıl nem temel bileşen skorlarına göre hesaplanan 6 küme çözümü

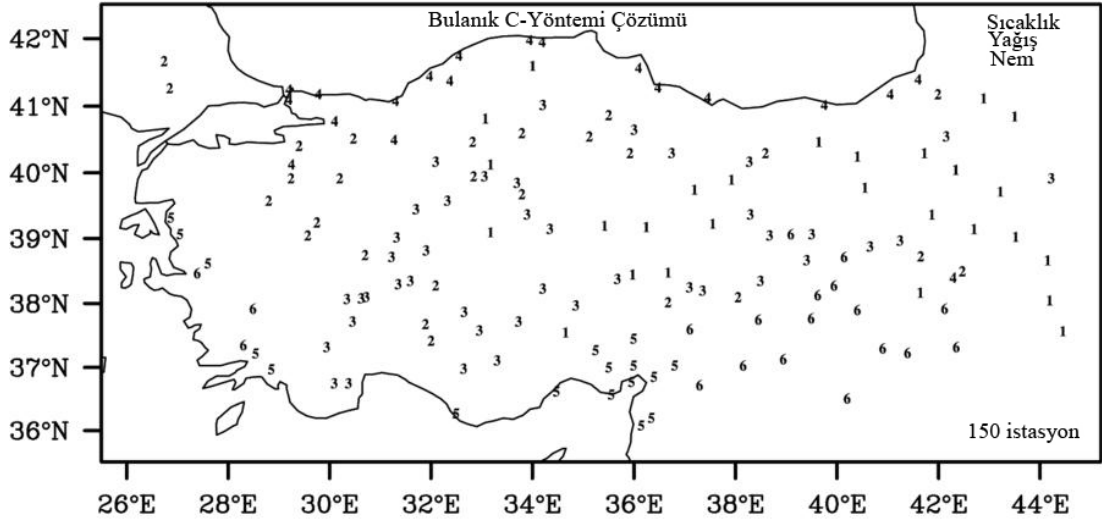
Ünal (2003) çalışmasında olduğu gibi Karadeniz Bölgesi ince bir çizgi gibi çıkmıştır, Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Doğu Anadolu Bölgesi ve İç Anadolu Bölgesi ana hatlarıyla ortaya çıkmıştır. Ege bölgesi ise Marmara Bölgesi ve İç Anadolu Bölgesinin bir karışımı olarak çıkmıştır. Ayrıca Ünal (2003) tarafından yapılan çalışmadaki gibi Karadeniz Bölgesi ve Marmara Bölgesi iç içe geçmiş vaziyettedir. Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgesi, Karadeniz Bölgesi ve İç Anadolu Bölgesi, Doğu Anadolu Bölgesi ve İç Anadolu Bölgesi arasındaki geçiş bölgeleri görülebilmektedir.

Kümeleme sonuçlarına göre topoğrafyanın ve yükselti farklılıklarının sonuçlar üzerinde çok etkili olduğu görülmektedir. Dağlık olan bölgelerde farklı kümeleşmeler göze çarpmaktadır. Kıyı bölgelerinde ise aksine benzer kümeleşmeler görülmektedir. Aslında bu sonuçlar beklenen sonuçlardır. Doğu Akdeniz Bölgesindeki Çukurova ve İç Anadolu Bölgesindeki Konya Ovasına bakıldığında oldukça bütün halde kümeleşmeler görülmektedir çünkü bu bölgeler düz ovalardır, Kıyı bölgelerinden Karadenizde ise kıyı boyunca aynı kümeleşme görülmektedir, Marmara ve Ege bölgelerinde kıyı bölgesinde istasyon sayısı çok az olduğundan herhangi bir yorum yapılamamaktadır. Topoğrafyanın etkisinin en net görüldüğü yer İç Anadolu Bölgesi ve Karadeniz Bölgesi arasında kalan dağlık bölgedir. Bu bölgede hem Karadeniz hem de İç Anadolu Bölgesinden farklı kümeleşme görülmektedir, bunun nedeni açık bir şekilde orografik etki ve yükselti farklılıklarıdır.

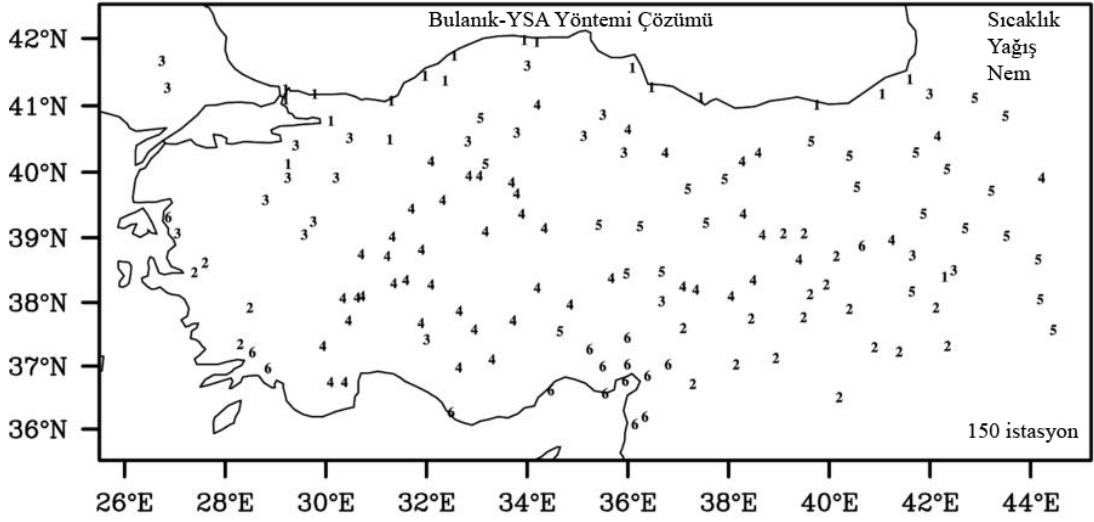


**Şekil 8.4** KYSA yöntemi ile bulunan Türkiye iklim bölgeleri

Kohonen yapay sinir ağıları ve Ward yöntemiyle elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında farklılıklar Ege Bölgesinde ve İç Anadolu Bölgesinin üst kısımlarında görülmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Doğu Anadolu Bölgesi sonuçları Ward yöntemi ile bulunan sonuçlarla aynıdır. Karadeniz Bölgesine bakıldığında Samsun bölgesi Karadeniz bölgesinden farklı bulunmuştur. Samsun'un yağış sıcaklık ve nem değerleri dikkatlice incelendiğinde yıllık toplam yağış miktarı Karadeniz ortalamasından düşük ve yıllık ortalama sıcaklık değerinin Karadeniz yıllık ortalama sıcaklık değerlerinden yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca Samsun'un orografik yapısı yüksek yağış almaya, özellikle Doğu Karadeniz Bölgesinde ki kadar uygun değildir. KYSA ve Ward yöntemi arasındaki diğer bir farklılık da Ege Bölgesinde göze çarpmaktadır. Ege bölgesindeki istasyon sayılarının azlığı, diğer bölgelere göre farklı dağılım gösteren bu bölgenin sonuçlarını etkilemektedir. Bölüm 8 de uygulanan diğer kümeleme yöntemlerinde de görüldüğü üzere bu bölge her kümeleme yönteminde farklı sonuçlar vermektedir. Buradaki istasyon sayısının azlığı veri uzayında diğer kümelerden ayrılan bir veri bulutu oluşturmamıştır, bu yüzden sonuçların diğer kümelerle iç içe olması normaldir. Bir kıyaslama yapılacak olursa Ward yöntemi Ege bölgesinde diğer bölgelere göre sonuçları daha bütündür ve daha iyi kümeleşme görülmektedir.



Şekil 8.5: Bulanık c-ortalamalar metodunun sonuçlarının gösterimi



Şekil 8.6: Bulanık-YSA metodunun sonuçlarının gösterimi

Türkiye haritası üzerinde Şekil 8.5'deki bulanık c-ortalamalar metodu sonuçlarına bakıldığında İç Anadolu Bölgesinde farklı kümeleşmeler görülmektedir. Hâlbuki bölgenin topoğrafyası ve önceki çalışmaların da ışığı altında bu bölgede belirgin bir kümeleşme görülmesi gerekmektedir. Çünkü İç Anadolu Bölgesi yükseltileri benzer düz bir ovadır ve benzer iklim özellikleri göstermesi gerekir. Diğer kümeleme algoritmaları sonuçlarına baktığımızda beklendiği gibi İç Anadolu Bölgesi belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Karadeniz Bölgesi, Doğu Anadolu Bölgesi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Doğu Akdeniz Bölgesi tüm kümeleme yöntemlerinin sonuçlarında hemen hemen aynıdır. Sonuçlar arasındaki farklılıklar iklim bölgeleri arasındaki geçiş bölgeleri ve Ege Bölgesinde kendini göstermektedir. Ege bölgesinde sadece Ward yöntemi sonuçlarına göre belirgin bir kümeleşme

görülmektedir, diğer kümeleme yöntemleri sonuçlarına göre Ege bölgesi Marmara Bölgesi, Akdeniz Bölgesi ve Güneydoğu Anadolu Bölgesinin bir karışımıdır.

Geçiş Bölgeleri daha dikkatli incelenirse, İç Anadolu Bölgesi ve Karadeniz Bölgesi arasındaki geçiş bölgesi Ward yöntemi ve Bulanık-YSA yöntemiyle aynıdır, diğer yöntem sonuçları da bu geçiş bölgesinde farklı kümeleşmeler göstermektedir. Bunun nedeni bu geçiş bölgesinin İç Anadolu Bölgesine göre dağlık yapısı ve Karadeniz bölgesine göre de orografik etkinin daha az görülmesidir.

Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgeleri arasındaki geçiş bölgeleri tüm kümeleme yöntemlerinde aynıdır. Bu sonuçlar bu 2 bölgenin belirgin bir şekilde birbirinden ayrıldığını gösterir.

Geçiş bölgeleri ve benzer topoğrafik bölgelerin kümeleme sonuçlarına bakılarak bulanık-c yöntemi diğer sonuçlara göre daha tutarsız sonuçlar vermiştir. Diğer kümeleme algoritmalarının sonuçları ana hatlarıyla aynıdır. İç Anadolu Bölgesi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Doğu Akdeniz Bölgesi ve Karadeniz bölgesinde belirgin ve benzer kümeleşmeler görülmektedir. Marmara Bölgesi bütün sonuçlarda Karadeniz Bölgesi ile karışmış durumdadır, bu sonuç önceki çalışmalarla örtüşmektedir. Yine bütün sonuçlara göre Karadeniz bölgesi sahil boyunca ince bir çizgi gibi çıkmıştır, bu sonuçta bir önceki çalışma sonuçlarında ki gibidir.

Sonuç olarak Bulanık-c yöntemi hariç diğer algoritmalar benzer sonuçlar vermişlerdir ve iklim bölgelerinin kümelenmesi için kullanılabilir. Ward yöntemi Ege Bölgesinde diğer sonuçlara göre daha belirgin kümeleşme olarak biraz daha öne çıkmıştır, fakat bu bölgede ki istasyon sayısının az oluşu Bulanık-YSA ve Kohonen YSA sonuçlarını etkilemiştir. Bulanık –YSA yöntemi hem İris verisinde hem de iklim verilerinin kümelenmesinde Bulanık c-ortalamalar metoduna göre daha iyi sonuçlar vermiştir

### **8.3 Aylık Ortalama Sıcaklık ve Aylık Toplam Yağış Verilerinin Küme Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması**

Aşağıdaki Çizelge 8.1, Çizelge 8.2 ve Çizelge 8.3’de uygulanan 3 küme analizi yönteminin bulduğu kümelerin istatistikî parametreleri hesaplanmıştır.

**Çizelge 8.1:** Ward metodu aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış için hesaplanan 6 küme çözümü sonuçları

| No | İst. Say. | Aritmetik ortalama |                       |                       |                       |         | Standart Sapma |                       |                       |                       |         | Çarpıklık katsayısı |                       |                       |                       |         |
|----|-----------|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------|
|    |           | Yağış (mm)         | T <sub>mak</sub> (°C) | T <sub>min</sub> (°C) | T <sub>ort</sub> (°C) | Nem (%) | Yağış (mm)     | T <sub>mak</sub> (°C) | T <sub>min</sub> (°C) | T <sub>ort</sub> (°C) | Nem (%) | Yağış (mm)          | T <sub>mak</sub> (°C) | T <sub>min</sub> (°C) | T <sub>ort</sub> (°C) | Nem (%) |
| 1  | 24        | 684.0              | 19.6                  | 7.8                   | 13.3                  | 65.2    | 192.1          | 2.7                   | 2.8                   | 2.6                   | 7.1     | 1.3                 | 0.7                   | 0.2                   | 0.4                   | 0.8     |
| 2  | 11        | 564.8              | 23.4                  | 11.3                  | 17.2                  | 52.8    | 162.1          | 2.2                   | 1.5                   | 1.4                   | 2.9     | -0.2                | 0.1                   | 0.1                   | 0.7                   | 0.4     |
| 3  | 16        | 1063               | 17.8                  | 9.7                   | 13.4                  | 74.1    | 448.8          | 0.9                   | 1.3                   | 0.7                   | 4.2     | 1.7                 | 0.6                   | -0.6                  | -0.3                  | -0.2    |
| 4  | 47        | 413.6              | 17.2                  | 5.1                   | 11.0                  | 63.5    | 62.1           | 1.5                   | 1.8                   | 1.5                   | 3.6     | 0.9                 | 0.9                   | -0.4                  | 0.4                   | 0.6     |
| 5  | 37        | 577.6              | 15.2                  | 2.8                   | 8.9                   | 61.4    | 238.0          | 2.6                   | 3.0                   | 2.7                   | 4.7     | 2.0                 | -0.1                  | 0.2                   | 0.2                   | 0.1     |
| 6  | 15        | 796.0              | 23.6                  | 13.3                  | 18.1                  | 64.4    | 152.3          | 0.9                   | 1.4                   | 0.9                   | 6.9     | 0.1                 | 0.9                   | -0.2                  | -0.6                  | -0.4    |

**Çizelge 8.2:** Bulanık-YSA metodu aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış için hesaplanan 6 küme çözümü sonuçları

| No | İst. Say. | Aritmetik ortalama |                       |                       |                       |         | Standart Sapma |                       |                       |                       |         | Çarpıklık katsayısı |                       |                       |                       |         |
|----|-----------|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------|
|    |           | Yağış (mm)         | T <sub>mak</sub> (°C) | T <sub>min</sub> (°C) | T <sub>ort</sub> (°C) | Nem (%) | Yağış (mm)     | T <sub>mak</sub> (°C) | T <sub>min</sub> (°C) | T <sub>ort</sub> (°C) | Nem (%) | Yağış (mm)          | T <sub>mak</sub> (°C) | T <sub>min</sub> (°C) | T <sub>ort</sub> (°C) | Nem (%) |
| 1  | 18        | 727.4              | 19.2                  | 8.2                   | 13.5                  | 65.2    | 245.2          | 3.8                   | 3.0                   | 3.3                   | 7.1     | 1.9                 | -1.0                  | -0.4                  | -0.8                  | 0.6     |
| 2  | 18        | 530.0              | 22.2                  | 10.2                  | 16.0                  | 53.3    | 158.2          | 2.5                   | 2.3                   | 2.2                   | 2.7     | -0.01               | 0.2                   | -0.4                  | -0.3                  | -0.1    |
| 3  | 16        | 1059               | 17.3                  | 9.4                   | 13.1                  | 74.4    | 454.9          | 1.1                   | 2.3                   | 1.6                   | 4.5     | 1.6                 | -1.1                  | -2.6                  | -2.8                  | -0.2    |
| 4  | 63        | 450.1              | 17.1                  | 4.9                   | 10.9                  | 63.4    | 127.8          | 1.7                   | 2.1                   | 1.7                   | 3.9     | 3.2                 | 0.6                   | -0.3                  | 0.2                   | 1.0     |
| 5  | 22        | 622.2              | 14.5                  | 1.9                   | 8.0                   | 62.9    | 205.8          | 2.1                   | 2.8                   | 2.4                   | 4.6     | 1.3                 | 0.2                   | 0.5                   | 0.4                   | 0.1     |
| 6  | 13        | 826.8              | 23.7                  | 13.5                  | 18.3                  | 66.1    | 132.7          | 1.0                   | 1.3                   | 0.8                   | 5.5     | 0.4                 | 0.7                   | -0.6                  | -1.1                  | -0.2    |

**Çizelge 8.3:** KYSA metodu aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış için hesaplanan 6 küme çözümü sonuçları

| No | İst. Say. | Aritmetik ortalama |                       |                       |                       |         | Standart Sapma |                       |                       |                       |         | Çarpıklık katsayısı |                       |                       |                       |         |
|----|-----------|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------|
|    |           | Yağış (mm)         | T <sub>mak</sub> (°C) | T <sub>min</sub> (°C) | T <sub>ort</sub> (°C) | Nem (%) | Yağış (mm)     | T <sub>mak</sub> (°C) | T <sub>min</sub> (°C) | T <sub>ort</sub> (°C) | Nem (%) | Yağış (mm)          | T <sub>mak</sub> (°C) | T <sub>min</sub> (°C) | T <sub>ort</sub> (°C) | Nem (%) |
| 1  | 19        | 749.0              | 19.3                  | 8.3                   | 13.6                  | 65.1    | 256.3          | 3.6                   | 2.9                   | 3.2                   | 6.9     | 1.5                 | -1.1                  | -0.4                  | -0.9                  | 0.6     |
| 2  | 18        | 530.0              | 22.2                  | 10.2                  | 16.0                  | 53.3    | 158.2          | 2.5                   | 2.3                   | 2.2                   | 2.7     | -0.01               | 0.2                   | -0.4                  | -0.3                  | -0.1    |
| 3  | 16        | 1078               | 17.6                  | 9.8                   | 13.4                  | 74.6    | 437.3          | 0.8                   | 1.2                   | 0.7                   | 4.4     | 1.8                 | 0.8                   | -0.8                  | -0.2                  | -0.3    |
| 4  | 63        | 434.0              | 17.0                  | 4.7                   | 10.7                  | 63.3    | 77.9           | 1.7                   | 2.0                   | 1.7                   | 3.7     | 1.0                 | 0.4                   | -0.4                  | -0.1                  | 0.8     |
| 5  | 21        | 631.3              | 14.6                  | 2.0                   | 8.1                   | 62.9    | 206.3          | 2.1                   | 2.9                   | 2.4                   | 4.7     | 1.3                 | 0.2                   | 0.4                   | 0.3                   | 0.1     |
| 6  | 13        | 826.8              | 23.7                  | 13.5                  | 18.3                  | 66.1    | 132.7          | 1.0                   | 1.3                   | 0.8                   | 5.5     | 0.4                 | 0.7                   | -0.6                  | -1.1                  | -0.2    |

İstatistik parametre olarak istasyonların maksimum, minimum, ortalama sıcaklık, bağıl nem ve yağış verilerinin aritmetik ortalaması, standart sapması ve çarpıklık katsayıları hesaplanmıştır. Yukarıdaki Çizelgede sonuçlar incelendiğinde Bulanık-YSA ve KYSA sonuçları Ward metodu sonuçlarına göre birbirine daha çok benzemektedir. Zaten sonuçların Türkiye haritası üzerindeki görünümüne bakılarak bu benzerlik görülebilir. Bulanık-YSA ve KYSA 2. ve 6. kümeyi tamamen aynı bulmuştur. 3. kümede ise sonuçlar çok yakındır. Şekil 8.7’de ‘ideal’ küme olarak adlandırdığımız kümeler 2. 3. ve 6. kümelerdir. Bu kümeler Karadeniz kıyısı, Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Doğu Akdeniz Bölgesine tekabül etmektedir. Sonuç olarak topoğrafyası fazla çeşitlilik göstermeyen bölgelerde kümeleşmeler daha net olmaktadır ve Bulanık-YSA metodu da bu bölgeleri tek bir noktada toplayarak ‘ideal’ olarak adlandırmıştır. Bu sonuçlara dayanarak eğer Bulanık-YSA metodu o

kümedeki noktaları bir kümede topluyorsa o küme için ‘ideal’ küme tanımı yapılabilir.

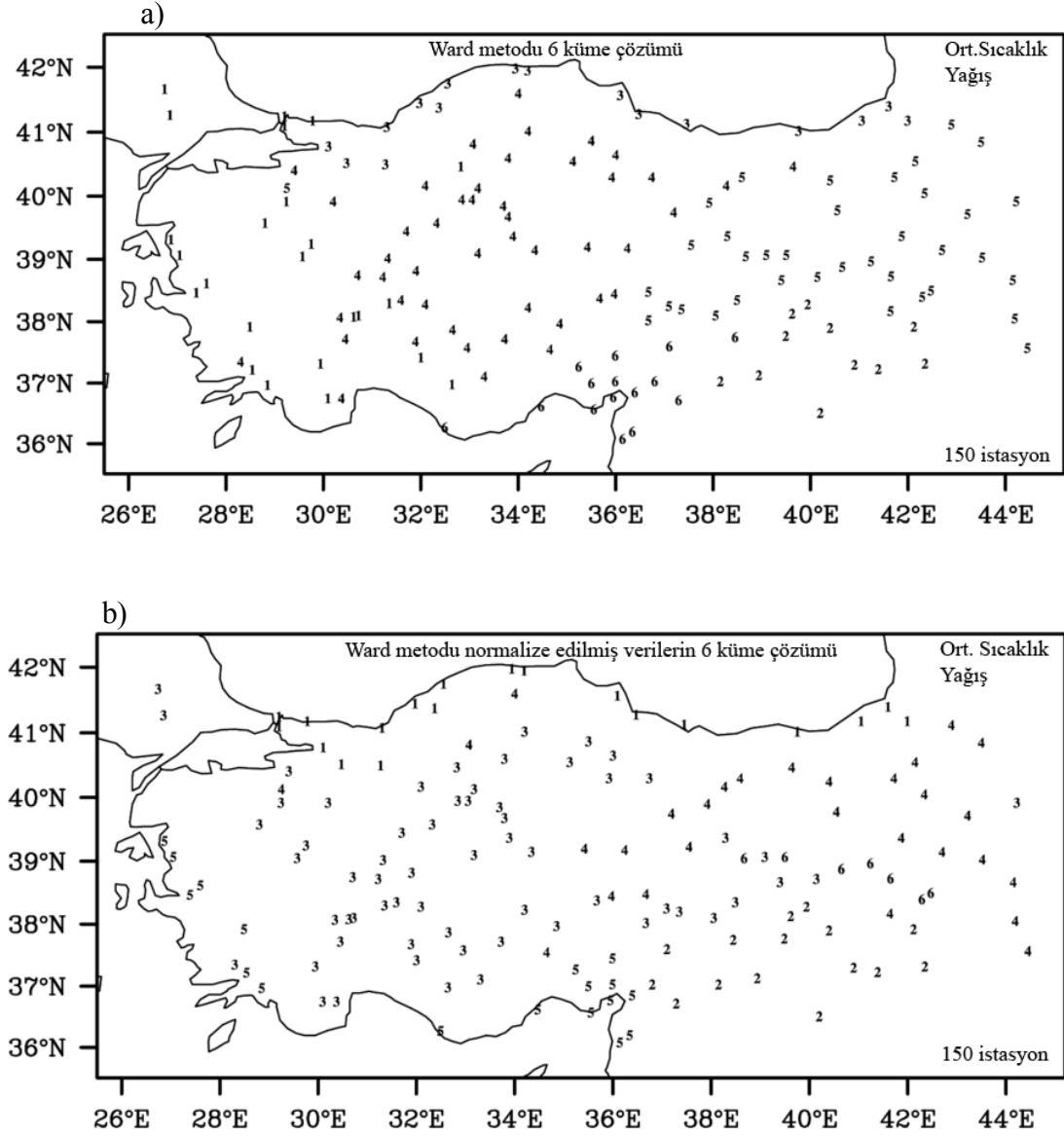
Bulanık-YSA ve KYSA 3. bölgeyi de birbirine yakın bulmuştur. 4. bölge de İç Anadolu Bölgesine tekabül etmektedir. Dikkat edilecek olursa özellikle bu bölgede çok geniş düz ovaların olduğu düşünülürse sonuçların farklılık göstermemesi 2. ve 6. kümede görülen benzerlikle paralellik göstermiştir.

Ward yöntemi uygulanan diğer iki metotla temel olarak benzer özellikler gösterse de bölgeler arası geçiş noktalarındaki farklılıklardan dolayı istatistikî parametreleri diğer iki yönteme göre biraz daha farklıdır. Bulanık-YSA metodu sonuçları KYSA sonuçlarına göre Ward metodu sonuçlarına daha yakındır. İstatistik parametreler detaylı incelenirse aritmetik ortalamalar ve ayrıca bir nebze standart sapma sonuçları da birbirine yakın olduğu halde çarpıklık değerleri çok değişiklik gösterebilmektedir. Mesela buradan Bulanık-YSA ve Ward metodu benzer sayıda istasyon bulsalar dahi ortak istasyonların sayısının çok farklı olduğu yorumu yapılabilir. Zaten aşağıdaki Çizelgede bütün yöntemlerin farklı bulduğu istasyonlar gösterilecektir.

Sonuçların Türkiye haritası üzerinde gösterimi incelendiğinde 3 metotta ana hatlarıyla benzer sonuçlar bulmuştur. Sonuçlar arasındaki farklılık kümeler arasındaki geçiş bölgelerinde görülmektedir. Ward metodu Doğu Anadolu Bölgesini çok geniş bir alana dağılmış bir şekilde bulurken, Bulanık-YSA ve KYSA sonuçlarına göre biraz daha küçüktür. Diğer bir taraftan Bulanık-YSA ve KYSA metotları Güneydoğu Anadolu bölgesini Anadolu’nun iç kısımlarına doğru ilerlediği sonucunu bulurken Ward metodu bu bölgeyi daha az bir alanda küçük bir bölge olarak bulmuştur. Ward metoduyla diğer iki metot arasındaki temel farklılık budur. Bulanık-YSA metodunun KYSA metoduna göre temel farklılığı ise Doğu Karadeniz Bölgesi ve Doğu Anadolu Bölgesi arasındaki geçiş bölgesinde kendini göstermektedir.

Uygulanan 3 metot da yukarıda anlatılan farklılıkların dışında diğer bölgelerde hemen hemen aynı sonucu vermiştir. Yalnız Ward yöntemi daha bütün ve düzgün kümeler bulduğundan diğer 2 yönteme göre biraz daha öne çıkmaktadır. Aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağışın küme analizi sonuçlarına nem verisi de eklendiği takdirde kümelerdeki bütünlük bozulmamaktadır ve küme ana hatlarını pek etkilememekle beraber geçiş bölgelerinde büyük etkisi vardır. En önemli nokta ise

nem verileri eklendiği zaman uygulanan 3 metodunda hemen hemen aynı sonuçları vermesidir. Yani nem verisi eklendiğinde kümeleşmeler daha belirgin bir hal almaktadır ve uygulanan küme analizi metodunun farklılığı sonuçları neredeyse etkilememektedir. Bu yüzden Türkiye şartları için nem verisi iklim bölgelerinin belirlenmesinde gereklidir.

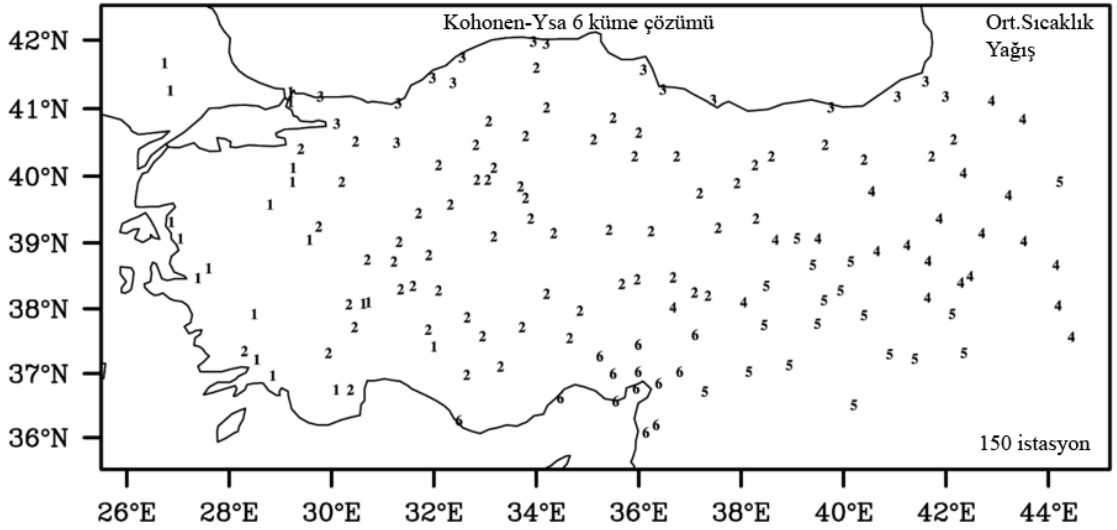


**Şekil 8.7:** Ward metodu sonuçlarının Türkiye haritası üzerinde gösterilmesi  
a) Temel bileşen skorları b) Normalize edilmiş veriler

Şekil 8.7a)'da kullanılan aylık verilerin temel bileşen skorlarının 6 küme çözümü görülmektedir. 6 küme de belirgin olarak gözükmemektedir. Sonuçlar sıcaklık, nem ve yağış verilerinin bir arada kullanıldığı küme analizi sonuçlarına yakındır. Farklılıklar İç Anadolu Bölgesi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Doğu Anadolu Bölgesi geçiş

bölgelerinde görülmektedir. Sonuçların detaylı yorumlaması ayrı bir bölümde yapılacaktır.

Şekil 8.7 b)' ye bakılırsa temel bileşen analizi verilerini kullanarak yapılan küme analizi sonuçları ile normalleştirilmiş verilerin küme analiz sonuçları arasında çok belirgin farklar vardır. Temel bileşen skorları kullanılarak yapılan küme analizinde belirgin olarak 6 küme bulunurken normalleştirilmiş verilerin küme analizi sonucunda 5 küme görülmektedir ve bu da çok önemli farktır. Şekil 8.7 b)'deki 6 rakamı ile gösterilen küme Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Doğu Anadolu Bölgesi geçiş bölgesinde yer alan küme sayılamayacak bir bölgedir. Sonuç olarak temel bileşenler analizi sonuçlarının küme analizinde kullanılmasının çok daha doğru sonuçlar verdiği gösterilmiş olur.



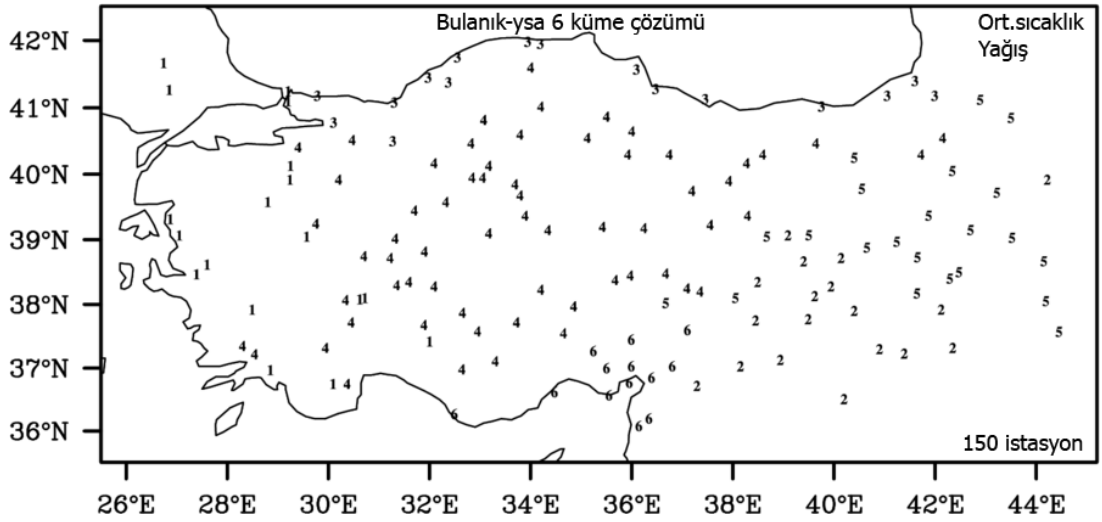
**Şekil 8.8:** KYSA sonuçlarının Türkiye haritası üzerinde gösterilmesi

Şekil 8.8' de görüldüğü üzere KYSA sonuçları temel olarak Ward metodu sonuçlarına benzemektedir, bir sonraki bölümde her iki çözüm metodunun farkları tek tek gösterilecektir. Belirgin olarak göze çarpan İç Anadolu Bölgesinin Doğu Karadeniz Bölgesine kadar uzanması ve Güney Doğu Anadolu Bölgesinin iç kısımlara doğru yönelmesidir.

Çizelge 8.4'de sonuçların detaylı karşılaştırılması yapılmıştır.

**Çizelge 8.4:** Aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış için uygulanan kümeleme metotlarının farklarının gösterilmesi. ( - işareti farklı kümelenmiş istasyonu göstermektedir, numaralar istasyon numaralarıdır)

|        | Ward | Bulanık-YSA | KYSA |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------|------|-------------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.Küme | 85   | -           | 85   | 1.kümede Bulanık-YSA ve Kohonen YSA 85 no'lu istasyon dışında aynı sonucu vermiştir. Ward metodu Bulanık-YSA'dan 7 Kohonen YSA'dan 6 adet farklı istasyon bulmuştur. 1 no'lu küme Ege ve Marmara Bölgelerinin bir karışımı gibi düşünülebilir.                                                                                                                                            |
|        | 102  | -           | -    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | 124  | -           | -    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | -    | 128         | 128  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | 149  | -           | -    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | 192  | -           | -    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | 221  | -           | -    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | 232  | -           | -    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 2.Küme | -    | 35          | 35   | 2. kümede Bulanık-YSA ve Kohonen YSA aynı sonucu vermiştir. Ward metodu diğer 2 metottan farklı 7 istasyon bulmuştur. 2 no'lu küme yaklaşık olarak Güneydoğu Anadolu Bölgesi civarlarındadır.                                                                                                                                                                                             |
|        | -    | 60          | 60   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | -    | 61          | 61   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | -    | 78          | 78   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | -    | 168         | 168  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | -    | 184         | 184  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | -    | 246         | 246  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 3.Küme | -    | 102         | 102  | 3. kümede Ward metodu diğer 2 metottan 1 er farklı sonuç bulmuştur. 3 no'lu küme Karadeniz kıyısı boyuncadır.                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|        | 123  | -           | -    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 4.Küme | -    | 85          | -    | 4. kümede Kohonen YSA sadece 135 no'lu istasyonu Bulanık-YSA 'dan farklı bulmuştur.Bulanık-YSA ise 85 ve 233 no'lu istasyonları KYSA'dan farklı bulmuştur. Ward metodu sonuçlarında, diğer kümelerde olduğu gibi farklı istasyon sayısını fazladır. Ward metodu Bulanık-YSA'dan 16 ve Kohonen YSA'dan 16 adet farklı istasyon bulmuştur. 4 no'lu küme İç Anadolu Bölgesi civarlarındadır. |
|        | -    | 123         | 123  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | -    | 124         | 124  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | -    | 126         | 126  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | -    | 133         | 133  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | -    | -           | 135  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | -    | 136         | 136  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | -    | 145         | 145  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | -    | 149         | 149  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | -    | 154         | 154  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | -    | 165         | 165  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | -    | 192         | 192  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | -    | 193         | 193  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | -    | 212         | 212  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | -    | 213         | 213  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | -    | 221         | 221  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | -    | 232         | 232  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | 233  | 233         | -    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 5.Küme | 35   | -           | -    | 5. küme de Bulanık-YSA ve Kohonen YSA 135 no'lu istasyon dışında aynı sonucu vermiştir. 16 adet istasyon Ward metoduna göre farklı sonuçlar vermiştir. 5 no'lu küme yaklaşık olarak Doğu Anadolu Bölgesi civarlarındadır.                                                                                                                                                                 |
|        | 60   | -           | -    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | 61   | -           | -    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | 126  | -           | -    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | 128  | -           | -    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | 133  | -           | -    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | 135  | 135         | -    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | 136  | -           | -    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | 145  | -           | -    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | 154  | -           | -    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | 165  | -           | -    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | 168  | -           | -    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | 184  | -           | -    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | 199  | -           | -    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | 212  | -           | -    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|        | 213  | -           | -    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 6.Küme | 78   | -           | -    | 6. küme de Ward metodu sadece 2 istasyonu aynı bulmuştur diğer bütün sonuçlar aynıdır. Bu küme yaklaşık olarak Doğu Akdeniz Bölgesi civarındadır.                                                                                                                                                                                                                                         |
|        | 246  | -           | -    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |



**Şekil 8.9:** Bulanık-YSA sonuçlarının Türkiye haritası üzerinde gösterilmesi

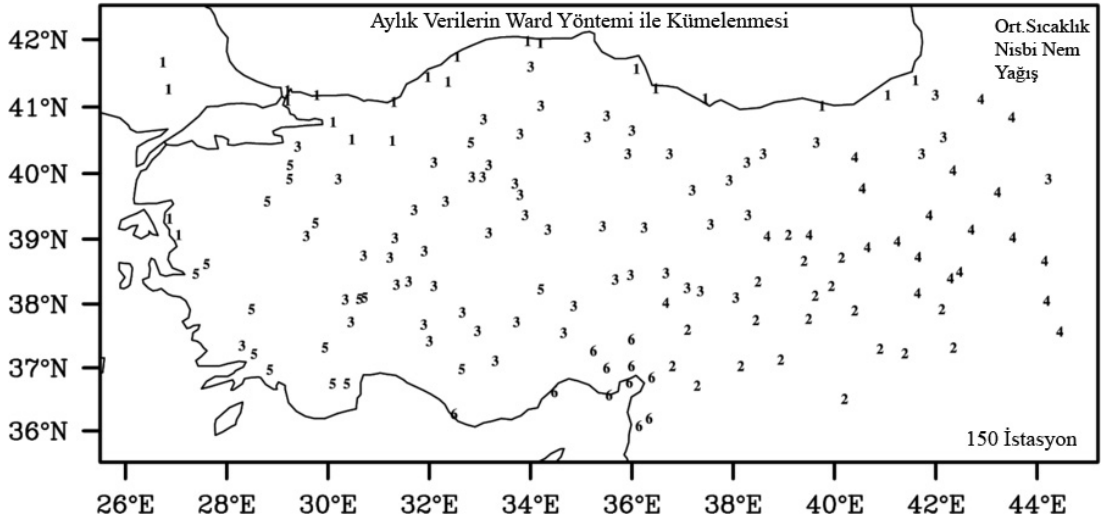
Şekil 8.9'da görüldüğü gibi bulanık-YSA metodu sonuçları Kohonen-YSA sonuçlarına çok benzemektedir. Ege bölgesindeki birkaç istasyon ve Doğu Anadolu bölgesi ve Güneydoğu Anadolu bölgesi arasındaki geçiş bölgesinde az da olsa farklılık vardır.

#### 8.4 Aylık Verilerin Küme Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bu bölümde aylık verilerin temel bileşen skorları ve normalleştirilmiş veri kullanılarak küme analizi yapılacaktır. Aylık verilerin Bulanık-YSA ile kümelenmesinde en iyi sonucu adaptif genelleştirilmiş regresyon ağları vermiştir. Dolayısıyla bu bölümde bu ağın sonuçlarına yer verilecektir.

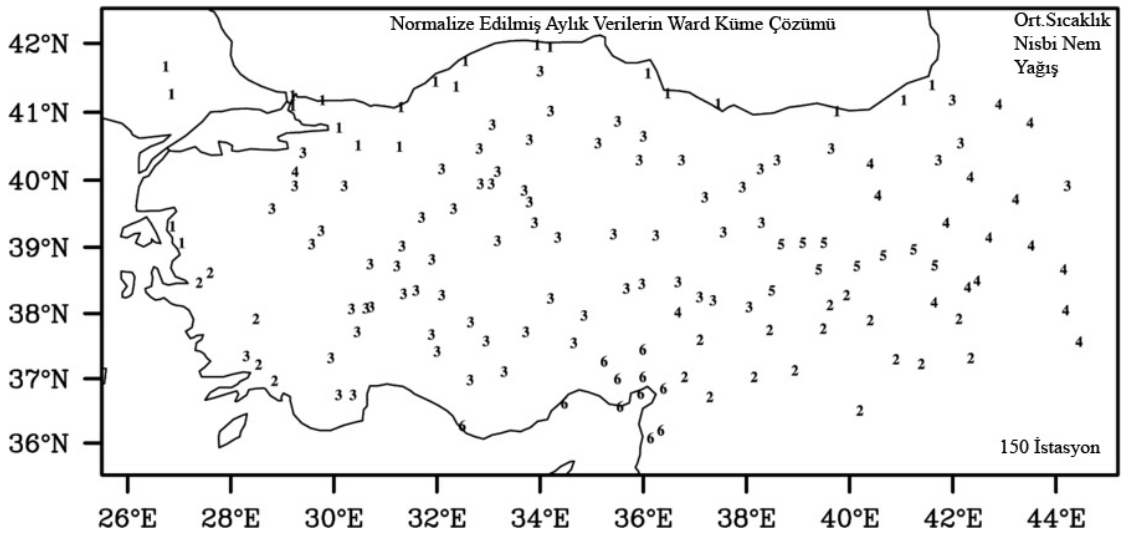
Ünal (2003) tarafından iklim bölgelerinin belirlenmesi konulu çalışmasıyla kıyaslandığında sonuçlar fazla benzerlik göstermemektedir. Beklendiği gibi Karadeniz Bölgesi ince bir çizgiden oluşmaktadır. Burada dikkati çeken en önemli sonuç Marmara Bölgesinin Karadeniz Bölgesine dâhil oluşudur. Ünal (2003) çalışmasında Marmara Bölgesini Karadeniz Bölgesiyle iç içe bulmuştu, bu çalışmada ise Marmara Bölgesi Karadeniz Bölgesinin bir parçası olarak çıkmıştır. Sırrı Erinç (1984) tarafından yapılan çalışmayla kıyaslandığında İç Anadolu Bölgesi biraz daha doğuya doğru genişlemiştir. Doğu Anadolu Bölgesi ise küçülmüştür. Ünal (2003) çalışmasında ise Doğu Karadeniz Bölgesi bu çalışmada bulunana göre daha küçük bir bölge olarak bulunmuştu. Bu çalışmanın diğer bir farklılığı Akdeniz Bölgesi

diğer çalışmalara göre daha küçük olduğu sonucudur. Güneydoğu Anadolu Bölgesinin ise Türkiye'nin iç taraflarına doğru ilerlediği görülmektedir. Daha detaylı



**Şekil 8.10a:** Ward yöntemi ile 150 adet istasyonun aylık ortalama sıcaklık, yağış ve bağıl nem Temel bileşen Skorlarının 6 küme çözümü

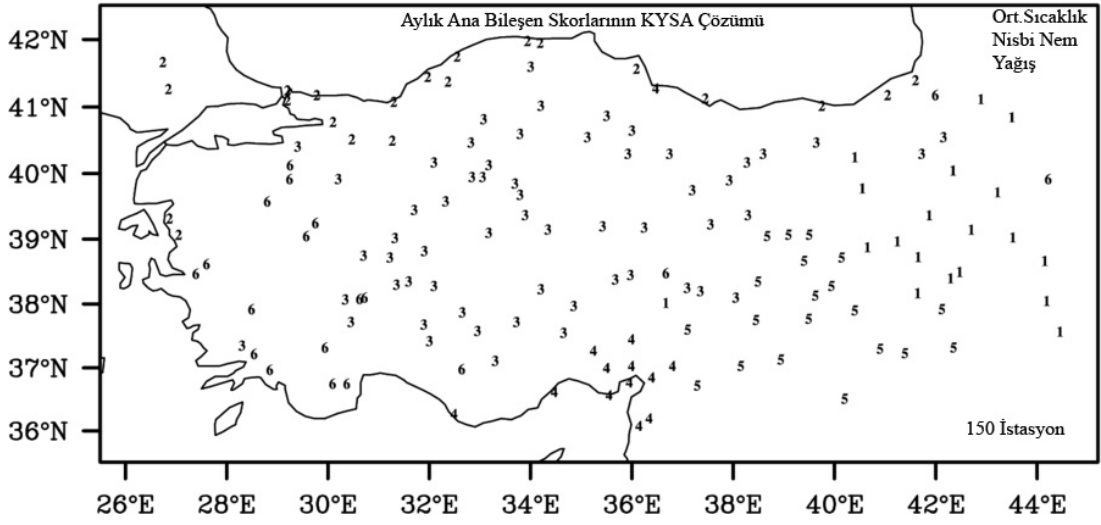
yorum ve karşılaştırmalar diğer yöntemlerde uygulandıktan sonra yapılacaktır. Temel bileşen Yönteminin etkisini araştırmak için acaba temel bileşenler yöntemi uygulanmasaydı sonuçlar ne olurdu sorusunun cevabı aranmalıdır.



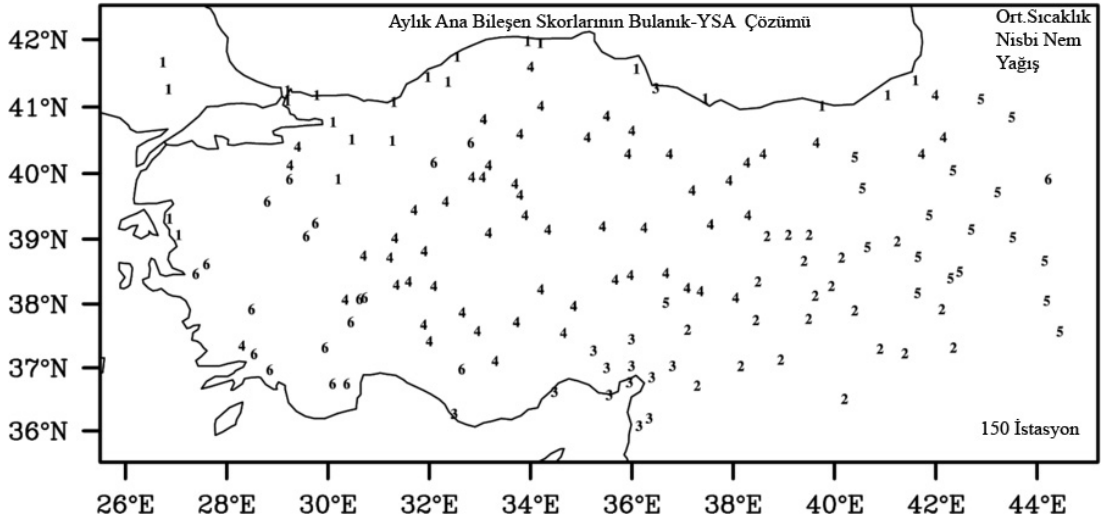
**Şekil 8.10b:** Ward yöntemi ile 150 adet istasyonun normalleştirilmiş aylık ortalama sıcaklık, yağış ve bağıl nem verilerine göre hesaplanan 6 küme çözümü

Şekil 8.10b'de görüldüğü üzere Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Doğu Anadolu Bölgesi arasında 5 no'lu beklenmeyen bir küme belirmiştir. Ayrıca Ege bölgesinde aylık verilerin temel bileşenler skorlarının analizi sonucunda olduğu gibi bütün

çıkamamıştır. Sonuç olarak temel bileşenler analiz skorlarını kullanmak iklim bölgelerinin küme analizi için gerekli olduğu görülmüş olur.



**Şekil 8.11** Aylık ortalama sıcaklık, yağış ve bağıl nem temel bileşen skorlarının KYSA 6 küme çözümü



**Şekil 8.12** Aylık temel bileşen skorlarının bulanık-YSA çözümü

Şekil 8.11'de Samsun ili istasyonların yıllık ortalama verilerinin KYSA çözümünde olduğu gibi burada da Karadeniz Bölgesinde çıkmamıştır. Ayrıca KYSA sonuçlarına göre Güneydoğu Anadolu Bölgesi Ward yöntemi sonuçlarına göre biraz daha Kuzeye doğru ilerlemiş gözükmektedir. Diğer sonuçlar hemen hemen aynıdır.

## 8.5 Bağıl Nem Verisinin Türkiye İklim Bölgelerinin Belirlenmesindeki Etkisinin Gösterilmesi

İklim bölgelerinin belirlenmesi için uygulanan 3 farklı küme analizi metodunun sonuçları bağıl nem verisinin etkisini göstermek için Çizelgeler ve grafikler halinde gösterilecektir.

**Çizelge 8.5:** Ward metodu, Bulanık-YSA ve KYSA ile hesaplanan aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış verilerinin 6 küme çözümü sonuçları

|             | Küme No. | İst. say. | Aritmetik ortalama |                |         | Standart sapma |                |         | Çarpıklık katsayısı |                |         |
|-------------|----------|-----------|--------------------|----------------|---------|----------------|----------------|---------|---------------------|----------------|---------|
|             |          |           | Yağış (mm)         | $T_{ort}$ (°C) | Nem (%) | Yağış (mm)     | $T_{ort}$ (°C) | Nem (%) | Yağış (mm)          | $T_{ort}$ (°C) | Nem (%) |
| Ward metodu | 1        | 24        | 684.0              | 13.3           | 65.2    | 192.1          | 2.6            | 7.1     | 1.3                 | 0.4            | 0.8     |
|             | 2        | 11        | 564.8              | 17.2           | 52.8    | 162.1          | 1.4            | 2.9     | -0.2                | 0.7            | 0.4     |
|             | 3        | 16        | 1063               | 13.4           | 74.1    | 448.8          | 0.7            | 4.2     | 1.7                 | -0.3           | -0.2    |
|             | 4        | 47        | 413.6              | 11.0           | 63.5    | 62.1           | 1.5            | 3.6     | 0.9                 | 0.4            | 0.6     |
|             | 5        | 37        | 577.6              | 8.9            | 61.4    | 238.0          | 2.7            | 4.7     | 2.0                 | 0.2            | 0.1     |
|             | 6        | 15        | 796.0              | 18.1           | 64.4    | 152.3          | 0.9            | 6.9     | 0.1                 | -0.6           | -0.4    |
| Bulanık-ysa | 1        | 18        | 727.4              | 13.5           | 65.2    | 245.2          | 3.3            | 7.1     | 1.9                 | -0.8           | 0.6     |
|             | 2        | 18        | 530.0              | 16.0           | 53.3    | 158.2          | 2.2            | 2.7     | -0.01               | -0.3           | -0.1    |
|             | 3        | 16        | 1059               | 13.1           | 74.4    | 454.9          | 1.6            | 4.5     | 1.6                 | -2.8           | -0.2    |
|             | 4        | 63        | 450.1              | 10.9           | 63.4    | 127.8          | 1.7            | 3.9     | 3.2                 | 0.2            | 1.0     |
|             | 5        | 22        | 622.2              | 8.0            | 62.9    | 205.8          | 2.4            | 4.6     | 1.3                 | 0.4            | 0.1     |
|             | 6        | 13        | 826.8              | 18.3           | 66.1    | 132.7          | 0.8            | 5.5     | 0.4                 | -1.1           | -0.2    |
| KYSA        | 1        | 19        | 749.0              | 13.6           | 65.1    | 256.3          | 3.2            | 6.9     | 1.5                 | -0.9           | 0.6     |
|             | 2        | 18        | 530.0              | 16.0           | 53.3    | 158.2          | 2.2            | 2.7     | -0.01               | -0.3           | -0.1    |
|             | 3        | 16        | 1078               | 13.4           | 74.6    | 437.3          | 0.7            | 4.4     | 1.8                 | -0.2           | -0.3    |
|             | 4        | 63        | 434.0              | 10.7           | 63.3    | 77.9           | 1.7            | 3.7     | 1.0                 | -0.1           | 0.8     |
|             | 5        | 21        | 631.3              | 8.1            | 62.9    | 206.3          | 2.4            | 4.7     | 1.3                 | 0.3            | 0.1     |
|             | 6        | 13        | 826.8              | 18.3           | 66.1    | 132.7          | 0.8            | 5.5     | 0.4                 | -1.1           | -0.2    |

Çizelge 8.5’de aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış için yapılan 3 farklı küme analizi sonuçları görülmektedir. Karşılaştırma yapmak için istasyonlardaki küme sayısı, aritmetik ortalama, standart sapma ve çarpıklık katsayısı kullanılmıştır. 1. küme için karşılaştırma kriterleri incelenecek olursa, Ward metodu bu kümede 24 istasyon, bulanık-YSA 18 istasyon ve KYSA 19 istasyon bulmuştur. Aritmetik ortalama değerleri her 3 küme metodu için benzer sonuçlar vermiştir. Standart sapma sonuçlarına bakıldığında, bulanık-YSA ve KYSA benzer sonuçlar verirken Ward metodu diğer 2 metottan daha düşük standart sapma değeri vermiştir. Bulanık-YSA ve KYSA metotlarının 1. kümede bulunduğu istasyon sayıları arasındaki fark sadece 1’dir. Ancak çarpıklık katsayılarına baktığımızda özellikle yağış verisi için bu iki metot farklı sonuç vermiştir. Metotların aynı ya da benzer istasyon sayıları için farklı çarpıklık katsayısı vermesi, istasyon sayısı aynı olmasına rağmen bulunan istasyonların farklı olduğunu gösterir. Örnek olarak 3. kümedeki istasyon sayıları

bütün küme metotları sonuçlarına göre eşittir ancak özellikle çarpıklık katsayısı için bu 3 metotta farklı sonuçlar vermiştir. Sonuç olarak sıcaklık ve yağış değişkenleri veri uzayında belirgin bir kümeleşme oluşturmadıklarından, elde edilen küme çözümlerinde farklılık vardır.

**Çizelge 8.6:** Ward metodu, Bulanık-YSA ve KYSA ile hesaplanan aylık ort. sıcaklık, aylık toplam yağış ve aylık bağıl nem verilerinin 6 küme çözümü sonuçları

|             | Küme No. | İst. say. | Aritmetik ortalama |                |         | Standart sapma |                |         | Çarpıklık katsayısı |                |         |
|-------------|----------|-----------|--------------------|----------------|---------|----------------|----------------|---------|---------------------|----------------|---------|
|             |          |           | Yağış (mm)         | $T_{ort}$ (°C) | Nem (%) | Yağış (mm)     | $T_{ort}$ (°C) | Nem (%) | Yağış (mm)          | $T_{ort}$ (°C) | Nem (%) |
| Ward metodu | 1        | 22        | 980.3              | 13.7           | 74.7    | 416.9          | 1.04           | 3.70    | 1.870               | 1.71           | 0.30    |
|             | 2        | 19        | 570.5              | 16.3           | 53.8    | 156.3          | 1.88           | 3.23    | -0.01               | -0.3           | 0.40    |
|             | 3        | 60        | 436.0              | 10.7           | 63.2    | 90.81          | 1.62           | 3.49    | 1.229               | 0.01           | 0.64    |
|             | 4        | 21        | 625.3              | 7.94           | 62.9    | 210.3          | 2.38           | 4.67    | 1.257               | 0.49           | 0.04    |
|             | 5        | 17        | 674.9              | 12.6           | 60.9    | 286.4          | 3.48           | 3.45    | 1.577               | -0.1           | 0.27    |
|             | 6        | 11        | 836.4              | 18.6           | 67.3    | 141.4          | 0.46           | 5.05    | 0.216               | -0.3           | -0.6    |
| Bulanık-ysa | 1        | 22        | 971.8              | 13.6           | 74.5    | 425.5          | 1.25           | 3.77    | 1.760               | 0.47           | 0.34    |
|             | 2        | 21        | 583.4              | 15.6           | 53.9    | 153.5          | 2.48           | 3.10    | -0.23               | -0.4           | 0.17    |
|             | 3        | 57        | 453.4              | 10.5           | 63.2    | 160.0          | 1.77           | 3.30    | 4.514               | -0.4           | 0.69    |
|             | 4        | 18        | 605.3              | 7.33           | 64.0    | 220.6          | 1.93           | 4.07    | 1.563               | 0.55           | 0.34    |
|             | 5        | 19        | 595.6              | 13.0           | 60.7    | 215.2          | 2.68           | 3.39    | 1.235               | 0.72           | 0.24    |
|             | 6        | 13        | 822.2              | 18.1           | 67.3    | 137.4          | 1.34           | 5.35    | 0.367               | -2.3           | -0.4    |
| KYSA        | 1        | 21        | 995.4              | 13.7           | 74.7    | 421.1          | 1.06           | 3.79    | 1.820               | 1.76           | 0.26    |
|             | 2        | 20        | 578.5              | 15.9           | 53.7    | 155.8          | 2.22           | 2.99    | -0.14               | -0.3           | 0.25    |
|             | 3        | 58        | 431.7              | 10.7           | 63.4    | 81.66          | 1.58           | 3.45    | 1.475               | 0.17           | 0.72    |
|             | 4        | 19        | 609.4              | 7.49           | 63.7    | 215.1          | 1.20           | 4.14    | 1.522               | 0.41           | 0.40    |
|             | 5        | 19        | 663.2              | 12.4           | 60.7    | 279.7          | 3.44           | 3.34    | 1.495               | -0.1           | 0.07    |
|             | 6        | 13        | 822.2              | 18.1           | 67.3    | 137.5          | 1.34           | 5.35    | 0.367               | -2.3           | -0.4    |

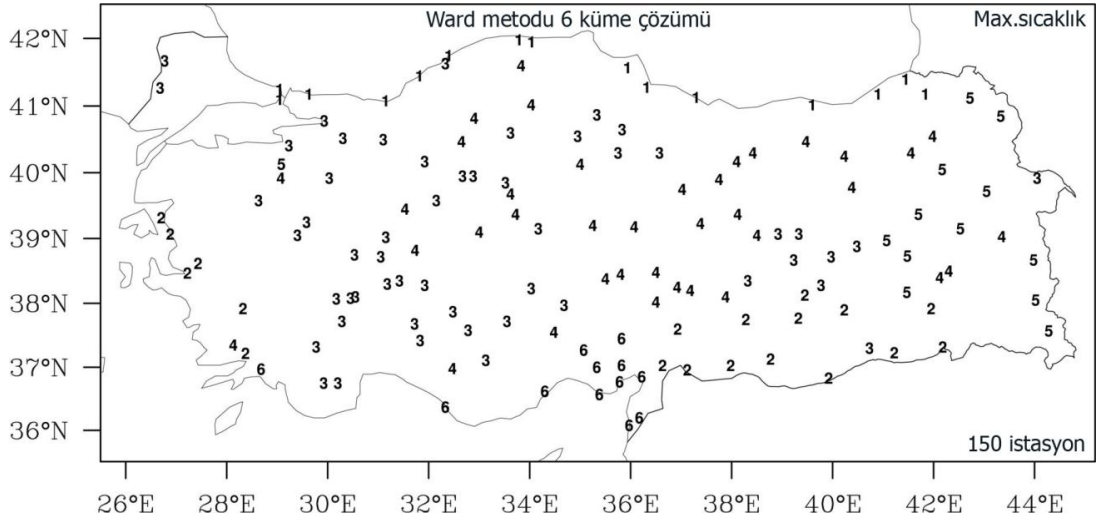
Çizelge 8.6’da sıcaklık ve yağış verilerine bağıl nem verileri eklendikten sonraki bazı istatistiksel parametreler görülmektedir. Çizelge 8 ile karşılaştırılacak olursa, uygulanan küme analizi metotları arasındaki farklılıklar oldukça azdır. Örneğin, 3. küme de, Ward metodu 60 istasyon bulurken bulanık-YSA 57 ve KYSA ise 58 adet istasyon bulmuştur. Hâlbuki Çizelge 8.5’deki sonuçlara göre Ward metodu 47, bulanık-YSA ve KYSA ise 63’er adet istasyon bulmuştur. Üçüncü kümede bulanık-YSA sonuçlarına göre hesaplanan istasyonların yağış verilerinin çarpıklık katsayısı 4.514’dür. Bu sayı çarpıklık katsayısı için büyük bir değerdir. Böyle bir değer hesaplanmasının nedeni, bulanık-YSA metodunun 128 no’lu istasyonu (Uludağ-zirve) 3. bölgede hesaplarken Ward ve KYSA metotlarının bu istasyonu 5. bölgede hesaplamasıdır. Bu istasyonun aylık toplam yağış ortalaması 1441 mm.dir ve 3. bölge toplam yağış ortalamalarına göre çok yüksek bir değerdir. Kümelerin aritmetik ortalama, standart sapma ve çarpıklık katsayıları incelendiğinde, Çizelge 8.6 sonuçları Çizelge 8.5 sonuçlarına göre daha fazla benzerlik göstermektedir. Sonuç olarak Çizelge 8.6’da da görüldüğü gibi kullanılan verilere bağıl nem verisi de eklendiğinde uygulanan küme analizi metotları arasındaki farklar çok azalmıştır.

Kümeleşmeler belirgin olduğu zaman uygulanan küme analizi metotları arasındaki farklılıklar azalır. Bu sonuç bize bağıl nem verisi eklendiği zaman verilerin daha belirgin bir küme oluşturduğunu gösterir.

Şekil 8.7 a)'da sıcaklık ve yağış verileriyle hesaplanan Ward metodu 6 küme çözümü sonuçları, Şekil 8.10'da ise sıcaklık ve yağış verilerin yanında bağıl nem verilerinin de kullanıldığı sonuçlar görülmektedir. Bağıl nem verilerinin eklenmesi sonuçların ana hatlarını değiştirmemiştir. Bağıl nem verisi etkisini İç Anadolu bölgesi, Güneydoğu Anadolu bölgesi ve Doğu Anadolu bölgesi arasındaki iklim geçiş bölgelerinde göstermiştir. Şekil 8.10'da görüldüğü gibi Güneydoğu Anadolu bölgesi Anadolu'nun kuzeyine doğru ilerlemiştir. Doğu Anadolu bölgesi ise doğuya doğru kaymış ve bunun sonucunda İç Anadolu bölgesi doğuya doğru ilerlemiştir. Bu değişimler iklim geçiş bölgeleri arasındaki değişimlerden ileri gelmektedir. Ayrıca, Şekil 8.7 a)'da Ege bölgesine dahi olan Marmara bölgesi Şekil 8.10'da Karadeniz bölgesine dâhil olmuştur.

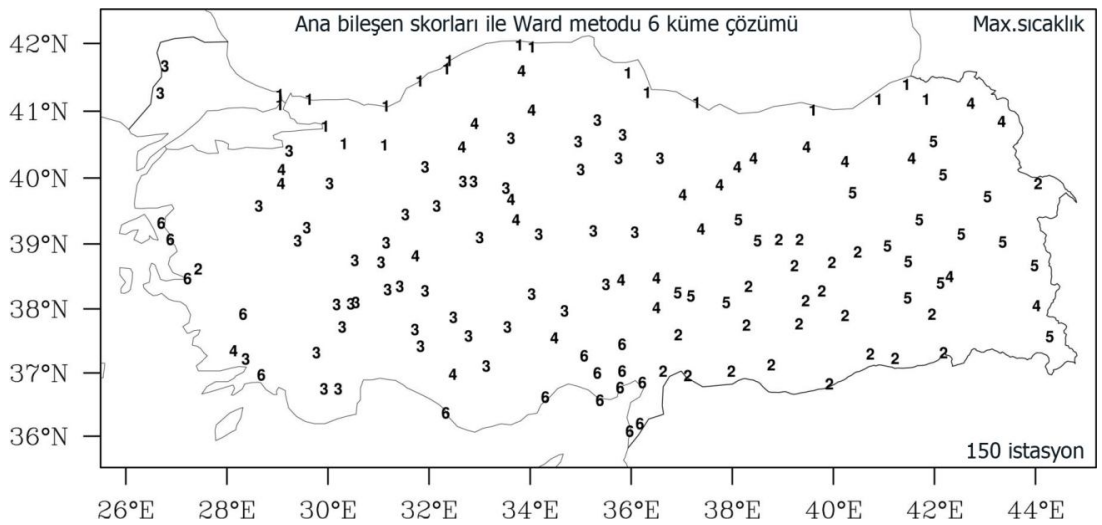
#### **8.6 Maksimum ve Minimum Sıcaklık Verilerinin İklim Bölgelerinin Belirlenmesinde Kullanılması**

Bölüm 4'de yapılan temel bileşen analizi sonucu sıcaklık değişkenlerini temsilen ortalama sıcaklık verilerinin kullanılmasına karar verilmişti. Bölüm 3'da yapılan homojenlik analizi sonuçlarına göre de ortalama sıcaklık verilerinin homojen olma oranı maksimum ve minimum sıcaklık verilerine göre çok yüksek olması bu verilerin kullanılmasında avantaj sağlamıştı. Maksimum ve minimum sıcaklık değerleri ekstrem değerler olduğundan iklim bölgelerinin belirlenmesinde kullanılması gereklidir ancak bu verilerin çoğunlukla homojen olmaması iklim bölgelerinin belirlenmesinde kullanılmasını zorlaştırmaktadır. Ancak yine de nasıl sonuç verdiğinin görülmesi açısından maksimum ve minimum sıcaklık verilerinin de kullanıldığı küme analizleri yapılmıştır.



**Şekil 8.13:** Maksimum sıcaklık verileri ile Ward metodu 6 küme çözümü

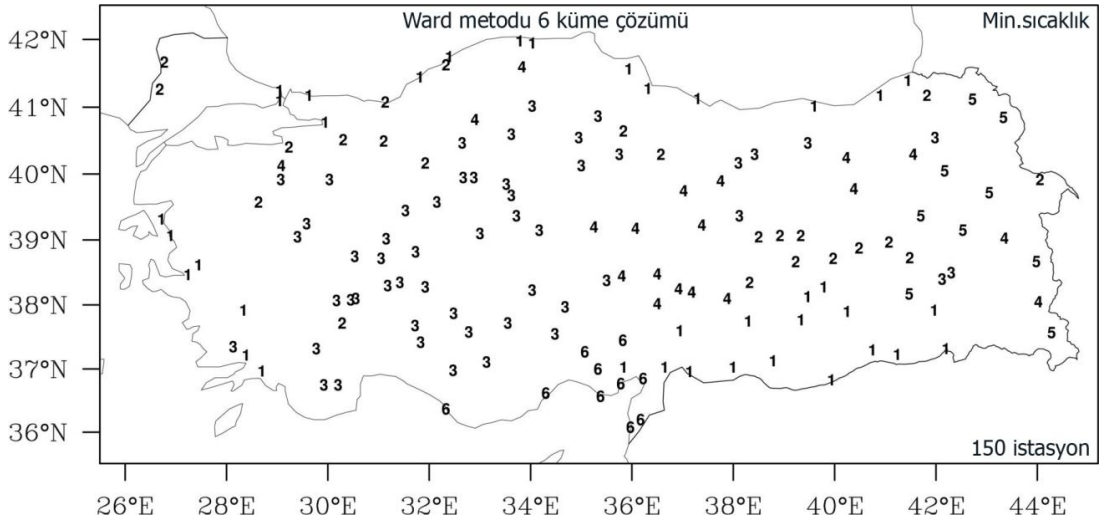
Şekil 8.13’de sadece maksimum sıcaklık verisi kullanılarak yapılan küme analizi sonuçları vardır. Burada kullanılan maksimum sıcaklık verileri normalize edilmemiştir çünkü kullanılan veri aynı türden olduğu için normalize etmeye gerek yoktur. Burada kullanılan 150 adet istasyon verisinin 49 adedi yani %32.67’si homojen değildir. Çıkan sonuçlara göre Doğu Anadolu Bölgesinde bir bütünlük yoktur. 3 numaralı İç Anadolu Bölgesi bu bölgenin içlerine kadar ilerlemiştir. Ayrıca 4 ve 5 numaralı kümelerde Doğu Anadolu Bölgesinde görülmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde bulunan 2 numaralı kümeler Ege Bölgesinde de görülmektedir. Sonuç olarak bulunan sonuçların diğer küme analizi sonuçları da göz önüne alındığında mantıklı olduğu söylenemez.



**Şekil 8.14:** Maksimum sıcaklık verileri temel bileşen skorları ile Ward metodu 6 küme çözümü

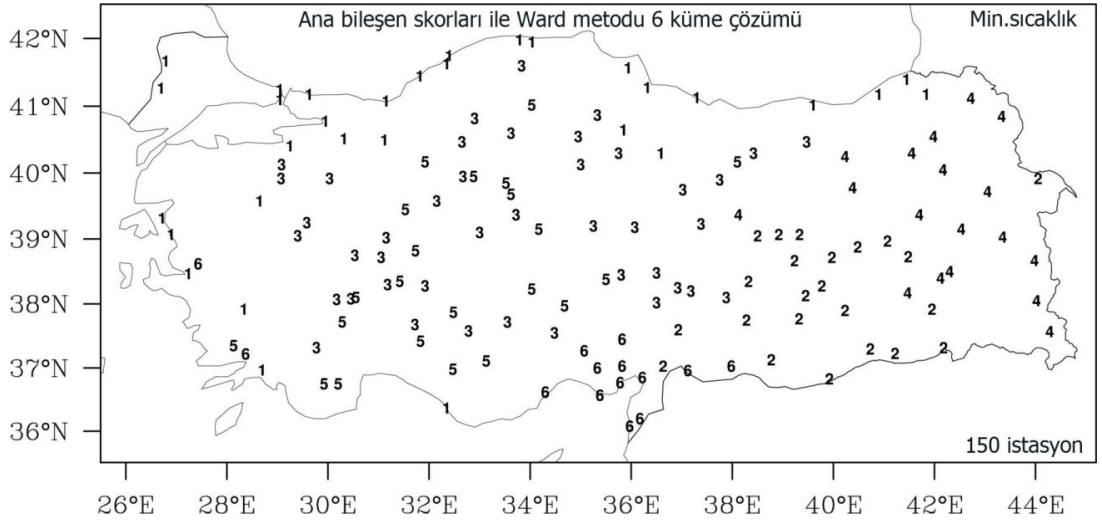
Şekil 8.14’de temel bileşen skorları ile yapılan analiz sonuçları görülmektedir. Doğu Anadolu bölgesinin dağılımı biraz daha bütünlük göstermektedir. Doğu Anadolu bölgesinde topoğrafya farklılıklarının çok oluşu bu bölgenin böyle dağınık çıkmasını sağlamış olabilir ancak kullanılan verilerinde homojen olmadığı unutulmamalıdır. Ek 3’e maksimum sıcaklık verilerinin kullanıldığı başka küme çözümleri konulmuştur.

Şekil 8.15’de minimum sıcaklık verileri ile yapılan küme analizi sonuçları vardır. Burada kullanılan istasyon verilerinden 43 adedi yani %28.67’si homojen değildir. Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki 1 numaralı kümeler Karadeniz ve Ege Bölgesinde de görülmektedir. Güneydoğu Anadolu’nun yer yer çöl ikliminden etkilendiği de düşünülürse deniz kıyısında bulunan ve yüksek yağış alan Karadeniz Bölgesiyle aynı kümede çıkması mantıklı bir sonuç değildir. İleri küme çözümlerinde bu bölgelerin birbirinden ayrılacaklardır ancak bu kez diğer kümelerin bütünlüğü bozulacaktır.

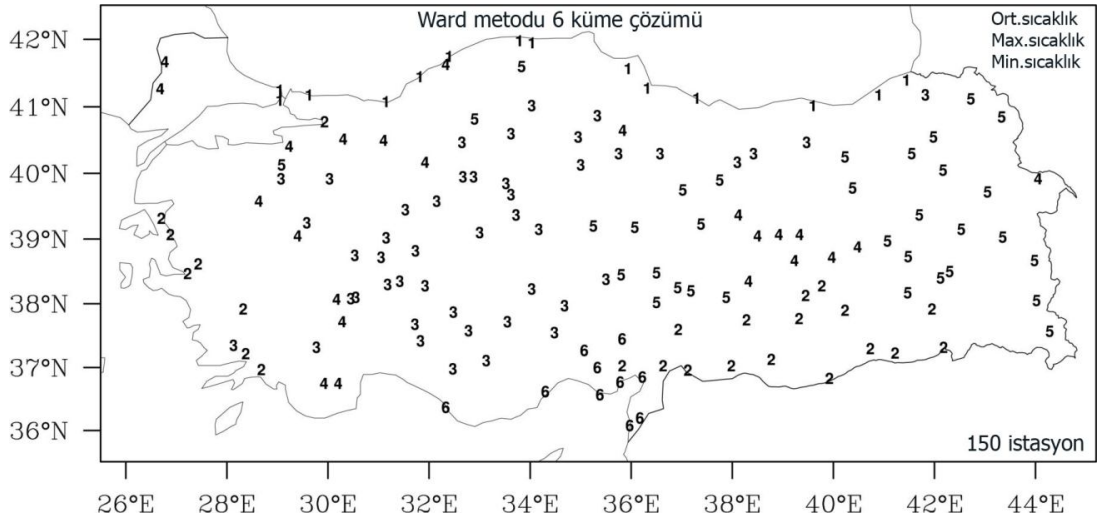


**Şekil 8.15:** Minimum sıcaklık verileri ile Ward metodu 6 küme çözümü

Şekil 8.16’da temel bileşen skorları ile yapılan çözümlerde Güneydoğu Anadolu Bölgesi farklı bir küme olarak çıkmıştır. Ancak bu kez İç Anadolu bölgesindeki bütünlük bozulmuştur. Ayrıca hala Ege Bölgesi Karadeniz Bölgesinin bir uzantısı olarak davranmaktadır. Sonuç olarak minimum sıcaklık verileri ile yapılan çözümlerin mantıklı sonuçlar vermediği görülmüştür. Bunun nedeni kullanılan verilerin %28.67’sinin homojen olmaması olarak düşünülmektedir.



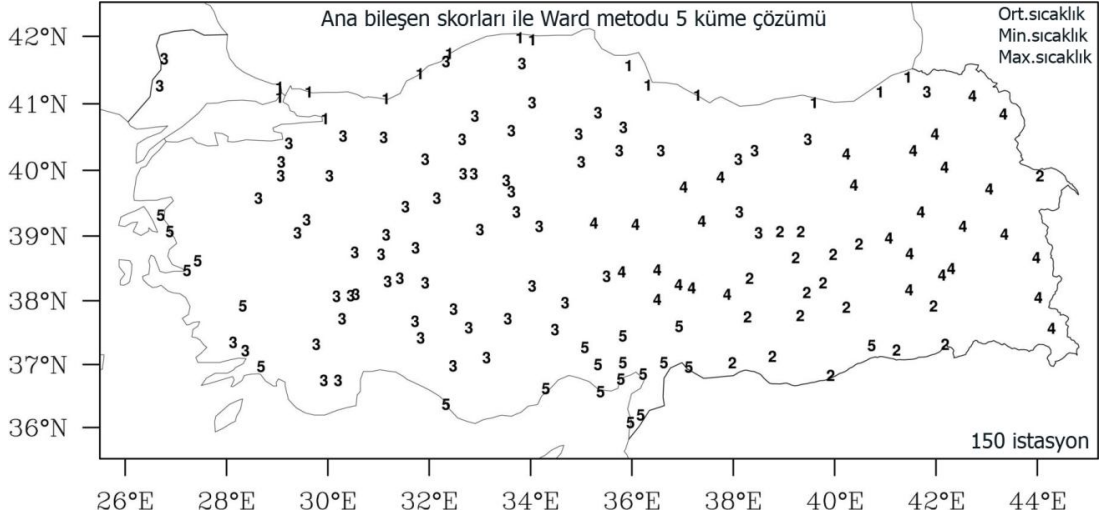
**Şekil 8.16:** Minimum sıcaklık verileri temel bileşen skorları ile Ward metodu 6 küme çözümü



**Şekil 8.17:** Maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık verileri Ward metodu 6 küme çözümü

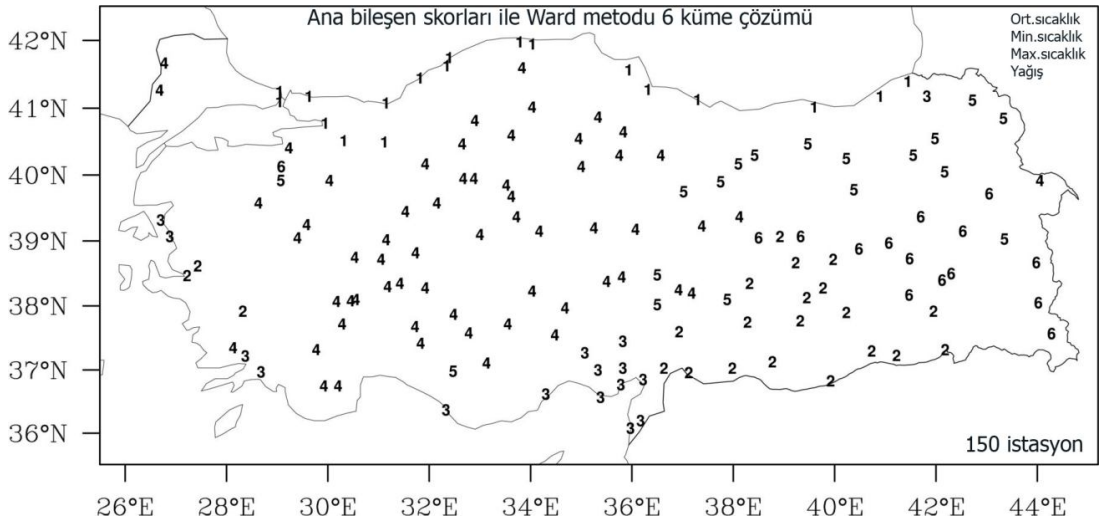
Şekil 8.17’de tüm sıcaklık verileri kullanılarak yapılan homojenlik analizi sonuçları görülmektedir. Minimum ve maksimum sıcaklık verileri beraber kullanıldığından minimum veya maksimum sıcaklık verisi homojen olmayan istasyon sayısı 81’e yükselmiştir. Bu sayı kullanılan istasyon sayısına göre %54’lük bir orana karşılık gelmektedir. Sonuçlara göre Güneydoğu Anadolu Bölgesinin yukarı kısmında baraj göllerinin olduğu yerlerde 4 numaralı bir küme oluşmuştur. Güneydoğu Anadolu bölgesinde görülen 2 numaralı küme Ege Bölgesinde de görülmektedir. Minimum sıcaklığın İç Anadolu Bölgesinde bütünlüğü bozucu etkisi bu çözümde kendini göstermemiştir. Yine sadece minimum sıcaklık verilerinin kullanıldığı çözümde Ege Bölgesinin Karadeniz Bölgesi ile olan bağlantısı bu çözümde görülmemektedir.

Ayrıca Doğu Anadolu Bölgesi sadece minimum sıcaklık ve sadece maksimum sıcaklık verilerinin kullanıldığı çözümlerdeki gibi dağınık değildir. Her ne kadar maksimum ve minimum sıcaklık verilerinin tek başına oluşturduğu olumsuzluklar burada görülme de Ege ve Güneydoğu Anadolu Bölgesinin yukarısında görülen 4 numaralı küme sonuçların doğruluğunu bozmaktadır.



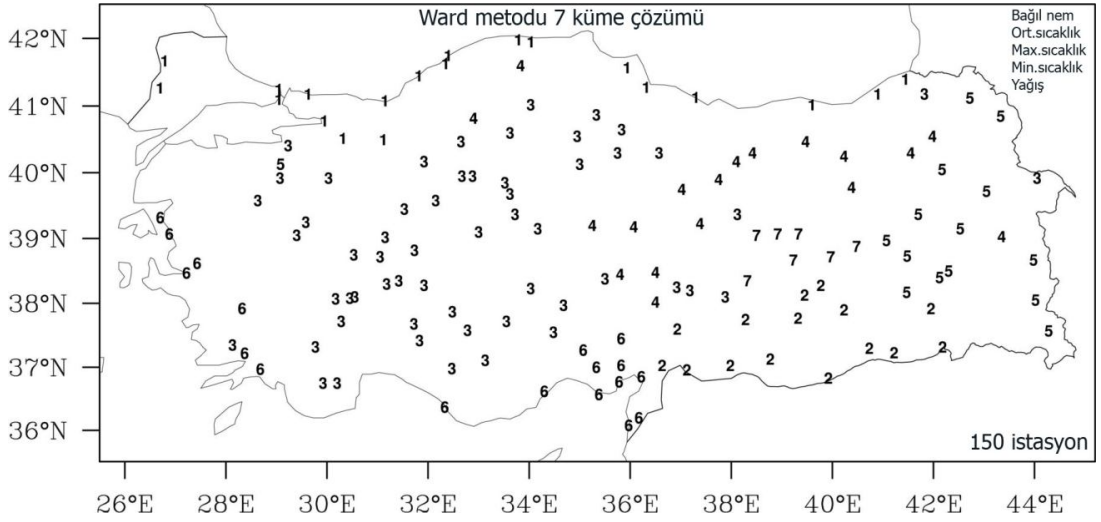
**Şekil 8.18:** Maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık verileri temel bileşen skorları ile Ward metodu 6 küme çözümü

Şekil 8.18’de temel bileşen skorlarının kullanıldığı 5 küme çözümü görülmektedir. 5 küme çözümü biraz daha mantıklı olduğundan buraya bu çözüm konulmuştur. 6 küme çözümü Ekler kısmında bulunmaktadır.



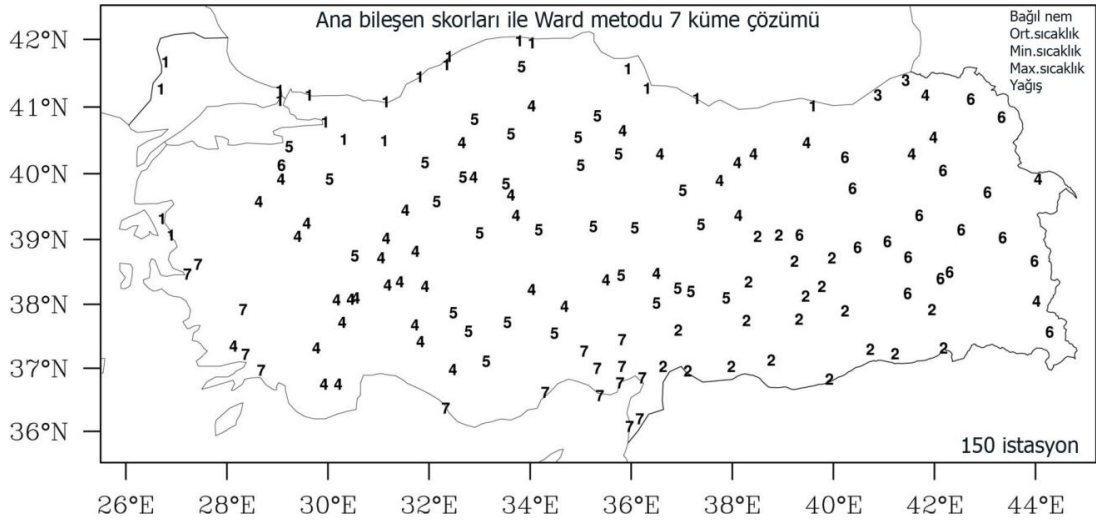
**Şekil 8.19:** Maksimum, minimum, ortalama sıcaklık ve yağış verileri temel bileşen skorları ile Ward metodu 6 küme çözümü

Şekil 8.18’de görülen 4 numaralı kümenin gösterdiği dağılım Şekil 8.19’da görülmemektedir ancak bu kez İç Anadolu Bölgesi çok geniş bir alana dağılmıştır. Şekil 8.20’de sıcaklık verilerine yağış verileri de eklenerek küme analizi yapılmıştır. Yağış verisinin eklenmesi sonuçları fazla değiştirmemiştir. İç Anadolu Bölgesi hala çok geniş bir alana yayılmaktadır. Ekler kısmında görüleceği üzere 7 küme çözümünde de bu durum devam etmektedir.



**Şekil 8.20:** Maksimum, minimum, ortalama sıcaklık, yağış ve bağıl nem verileri normalleştirilmiş verileri ile Ward metodu 6 küme çözümü

Şekil 8.20’de normalleştirilmiş verilerle yapılan küme analizi çözümü görülmektedir. Bu çözümde diğer maksimum ve minimum sıcaklık verilerinin kullanıldığı çözümlerdeki özellikler görülmektedir. Örneğin; Güneydoğu Anadolu Bölgesinin yukarı kısımlarında baraj göllerinin olduğu kısımlarda farklı bir küme oluşmuştur. İç Anadolu bölgesi Ege Bölgesine doğru kaymıştır ve Doğu Anadolu bölgesi dağınık bir durumdadır.



**Şekil 8.21** Maksimum, minimum, ortalama sıcaklık, yağış ve bağıl nem verileri temel bileşen skorları ile Ward metodu 6 küme çözümü

Şekil 8.21’de bu kez temel bileşen skorları kullanılarak küme analizi yapılmıştır. Daha önce defalarca gösterildiği gibi temel bileşen skorları ile küme analizi sonuçları normalleştirilmiş verilerle yapılan küme analizi sonuçlarından daha mantıklı sonuçlar vermektedir. Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgesi normalleştirilmiş verilerin kullanıldığı çözümlere göre daha bütün haldedir. Ancak Ege ve İç Anadolu bölgesi arasındaki 4 numaralı küme korelasyon katsayılarının kullanıldığı çözümlerde ortaya çıkan geçiş bölgesine benzemektedir ancak bu bölge burada oldukça dağınık ve geniş alana yayılmış olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak bu çözümlerde mantıklı ve belirgin kümeleşmelerin olduğu sonuçlar vermemiştir

Şimdiye kadar maksimum ve minimum sıcaklık verilerinin kullanıldığı küme analizi sonuçlarını özetleyecek olursak mantıklı sonuçlar verdiğini söyleyemeyiz. Hem normalleştirilmiş verilerde hemde temel bileşen skorlarının kullanıldığı verilerde sıcaklık parametrelerinden sadece ortalama sıcaklığın kullanıldığı küme analizi sonuçlarına göre her zaman daha kötü sonuçlar vermiştir. Böylece Bölüm 4’de temel bileşen analizi sonuçlarına dayanarak sıcaklık parametrelerinden sadece ortalama sıcaklığın kullanılmasının mantıklı sonuçlar elde edilmesi açısından isabetli bir karar olduğu gösterilmiş olur. Maksimum ve minimum sıcaklığın sonuçları bu denli değiştirmesinin nedeni, analizlerde homojen olmayan verilerinde kullanılmasından ileri geldiği düşünülmektedir.

## 9 İKLİMSEL SÜREÇLER AÇISINDAN TEMEL BİLEŞEN SKORLARI İLE YAPILAN KÜME ANALİZİ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

İlk önce uygulanan küme metotlarının ortak veya ortak olmayan farklı bulduğu istasyonlar incelenecek ve bu farklılıkların nedenleri araştırılacaktır. Çizelge 9.1’de farklı bulunan istasyonların listesi verilmektedir.

Türkiye’de genel olarak iklim şartları önemli derecede topografyadan etkilenmektedir. Hatta iklim süreçleri, iklim şartları ve bölgeden bölgeye iklim değişikliği açısından topografyanın (Türkiye şartları için) çok önemli olduğu söylenebilir. Farklı kümede bulunan istasyonların neden farklı davrandığının anlaşılması için ilk önce bulunduğu bölgenin topografyası incelenmelidir.

**Çizelge 9.1:** Farklı kümede bulunan istasyonlar

| İst.no | İlçe     | İl        | Yüks.(m) | Yağış(mm) | Maks(T) °C | Min(T) °C | Ort(T) °C | B.Nem (%) |
|--------|----------|-----------|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 17175  | Ayvalık  | Balıkesir | 3.55     | 640.6241  | 21.4757    | 12.145    | 16.6360   | 70.1723   |
| 17180  | Dikili   | İzmir     | 3.4      | 582.7862  | 21.3816    | 11.861    | 16.3580   | 73.5861   |
| 17030  | S. bölge | Samsun    | 4        | 665.5351  | 17.9973    | 10.759    | 14.2148   | 73.7969   |
| 17045  | Artvin   | Artvin    | 628.35   | 699.5483  | 16.8538    | 7.8420    | 11.9023   | 64.9188   |
| 17688  | Tortum   | Erzurum   | 1572     | 456.2414  | 15.0869    | 1.8176    | 8.1694    | 61.2435   |
| 17668  | Oltu     | Erzurum   | 1322     | 369.978   | 15.5620    | 3.8920    | 9.7629    | 61.2366   |
| 17752  | Emirdağ  | Afyon     | 983      | 403.3     | 17.2928    | 5.5294    | 11.2460   | 59.1267   |
| 17100  | Iğdır    | Iğdır     | 858      | 249.6714  | 19.1369    | 5.6167    | 11.9809   | 56.2510   |
| 17772  | Tunceli  | Tunceli   | 980.914  | 804.7655  | 18.8145    | 6.7187    | 12.7325   | 59.0199   |
| 17866  | Göksun   | K.Maraş   | 1344     | 612.1264  | 15.6696    | 1.8181    | 8.78670   | 68.3898   |
| 17834  | Aksaray  | Aksaray   | 960.77   | 349.7069  | 18.2572    | 5.8010    | 11.8317   | 58.5038   |
| 17664  | K.hamam  | Ankara    | 1033     | 563.7656  | 15.8681    | 3.8559    | 9.8275    | 66.8622   |

İlk önce Tortum/Erzurum ve Oltu/Erzurum istasyonlarının bulunduğu Doğu Anadolu Bölgesindeki kümeye neden ait olmadığı araştırılmıştır. Tortum ve Oltu yöresi oldukça yüksek bir coğrafyadadır (1572m ve 1322m) ve bu yüzden özellikle kış ayları çok soğuk geçer ve bu bölge Doğu Anadolu Bölgesine göre kurak bir bölgedir. Bu bölgede rüzgâr vektörlerinin yönü güneyden kuzeye doğrudur. Daha doğrusu bu bölge güneyden gelen (Akdeniz) siklonların etkisindedir. Bu yüzden bu bölgedeki yağışa Karadeniz değil Akdeniz’den esen rüzgârlar neden olmaktadır. Ancak bu bölge Akdeniz’e çok uzak ve de yüksek olduğundan Akdeniz’den gelen yağışlar

burada pek etkili olamamaktadır, bu yüzden bu bölge yukarısında yer alan Karadeniz'deki istasyonlara ve aşağısında yer alan daha alçak bölgelere göre kuraktır. Bu yüzden bu bölgedeki Tortum ve Oltu istasyonları farklı kümede bulunmuştur.

Iğdır bölgesi mikroklimatik özelliği iyi bilinen bir bölgedir. Bu bölge çevresindeki bölgeler gibi dağlık değil düz ve alçak bir ovadır. Bu yüzden daha sıcaktır ve kuraktır. Hatta bu bölge Türkiye'nin en az yağış alan bölgelerinden biridir. Bu yüzden bu bölgenin de farklı bulunması beklenen sonuçtur.

Tunceli istasyonu için ise kuzeyde 3500 metre yükseltili dağlık alanlardan, güneyde 700 metreye kadar alçalan çok engebeli arazi yapısı, sıcaklık, yağış, rüzgâr ve güneşlenme gibi iklim verileri açısından da önemli farklılıklar yaratmaktadır. Bu yüzden bu istasyonun farklı davranmasının nedeni topografyaya bağlanmaktadır.

Göksun/ Kahramanmaraş bölgesi ise dağlık bir bölgedir. Çevre bölgelerde Akdeniz iklimi hâkimken Göksun'da olduğu gibi kuzey kesimlerinde, dağ ve yamaçlarında kara iklimi belirginleşmektedir. Sonuç olarak bu bölgede çevredeki bölgelerin aksine karasal iklim hâkimdir.

Aksaray'ın İç Anadolu Bölgesinde olması beklenirken Ward yöntemine göre Ege Bölgesine dâhil edilmiştir. Diğer uygulanan küme analizi metotlarına göre beklendiği gibi İç Anadolu Bölgesine dâhildir. Daha detaylı inceleme tez çalışması sırasında yapılacaktır ancak Ward metodunun bu istasyonu doğru kümelemediği düşünülmektedir.

Kızılcahamam da genel olarak karasal iklim sürmesine rağmen yer yer Batı Karadeniz iklim özellikleri de göstermektedir. İklimi Ankara'nın ikliminden farklıdır. Ancak bu bölge, İç Anadolu Bölgesinde bulunması gerekirken bulanık-YSA sonuçlarına göre farklı bölgede bulunmuştur. Bu bölgenin bulanık-YSA yöntemi tarafından doğru kümelenmediği düşünülmektedir.

Samsun bölgesi Bulanık-YSA ve KYSA sonuçlarına göre Karadeniz bölgesinden farklı bulunmuştur. Samsun'un yağış sıcaklık ve nem değerleri dikkatlice incelendiğinde yıllık toplam yağış miktarı Karadeniz ortalamasından düşük ve yıllık ortalama sıcaklık değerinin Karadeniz yıllık ortalama sıcaklık değerlerinden yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca, Samsun'un orografik yapısının yüksek yağış almaya, özellikle Doğu Karadeniz bölgesinde ki kadar uygun değildir.

Artvin istasyonu ise denizden uzak ve yüksek bir konumdadır, bu yüzden hem yağış hem de sıcaklık olarak yakın istasyonlardan farklı değerler ölçülmektedir, bu yüzden bu istasyonunda farklı çıkması normal bulunmuştur. Ayvalık ve Dikili istasyonlarının bulunduğu çevre ve iklimi tez çalışması sırasında detaylı olarak sunulacaktır.

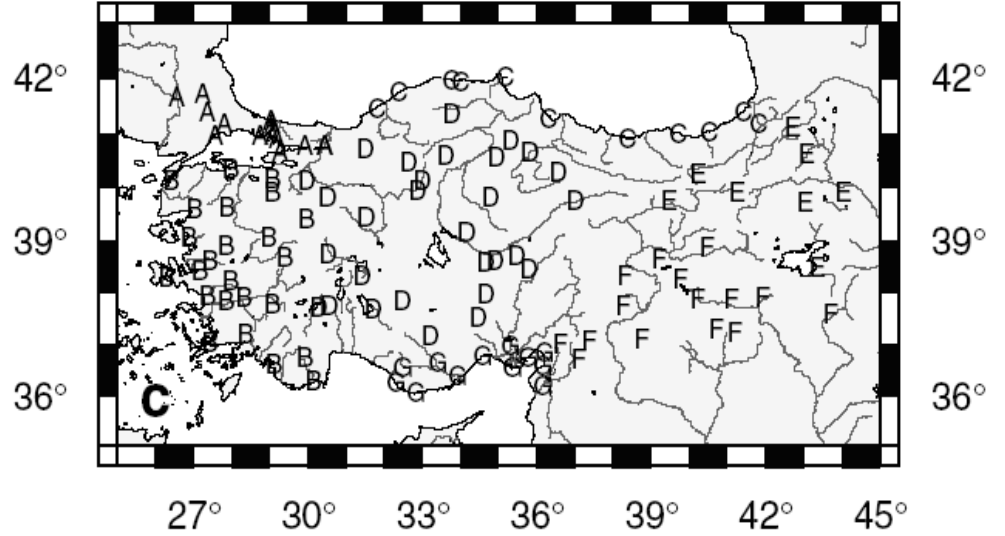
### **9.1 Uygulanan Küme Analizi Metotlarının Karşılaştırılması ve Literatürde Karşılaşılan Diğer Çalışmaların Sonuçlarıyla Kıyaslanması**

Bu tez çalışmasında aylık ve yıllık veriler Ward yöntemi, Kohonen Yapay Sinir Ağları ve Bulanık-YSA algoritmaları kullanılarak kümelendirilmiştir. Bu 3 kümeleme algoritması da benzer sonuçlar vermiştir. Karadeniz Bölgesi sahil boyunca ince bir çizgi halindedir. Dikkati çeken başka ortak sonuçlar ise Sırrı Erinç'in 1984 yılındaki çalışmasına göre İç Anadolu Bölgesinin Doğuya doğru ilerleme kaydettiği, Güneydoğu Anadolu Bölgesinin yüz ölçümünün büyüdüğü ve kuzeye doğru gittiği ve Doğu Anadolu Bölgesinin Karadeniz Bölgesi ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi arasında yine Sırrı Erinç'in çalışmasına göre küçüldüğü görülmüştür. Yine Akdeniz Bölgesinin Doğuya küçüldüğü gözlemlenmektedir.

Ward yöntemi, Kohonen Yapay Sinir Ağları ve Bulanık-YSA küme algoritmaları sonuçlarının farkı çok azdır. Öncelikle KYSA ve Bulanık-YSA sonuçları karşılaştırıldığında sadece Güneydoğu Anadolu Bölgesinin en Kuzeyinde ve Karadeniz Bölgesinin Marmara Bölgesine doğru olan kısmında kendini göstermektedir. Diğer bütün sonuçlar aynıdır. Dikkati çeken hem yıllık verilere hem de aylık verilere göre KYSA ve Bulanık-YSA çözümleri Samsun'u Karadeniz Bölgesinin dışında bulmasıdır. Bu bölge Ward küme çözümüne göre ise Karadeniz Bölgesinde çıkmaktadır, ancak bu çalışma sonuçlarına göre Samsun Bölgesi verileri Karadeniz Bölgesi ortalama verilerine göre biraz farklılık göstermektedir ve bu farklılık sonucu Ward yöntemi hariç diğer iki kümeleme algoritmasının bu bölgeyi Karadeniz Bölgesinden farklı bulmasına neden olmuştur. Hem KYSA hem de Bulanık-YSA Samsun yöresini yine deniz kenarında olan Akdeniz Bölgesinin olduğu grupta bulmuştur. Bu sonuçlar göstermiştir ki Samsun yöresinin iklimi detaylı olarak incelenerek Karadeniz Bölgesindeki yerinin araştırılması gerekmektedir.

Yukarıda da kısaca bahsedildiği gibi Ward yöntemi sonuçlarının, Kohonen Yapay Sinir Ağları ve Bulanık-YSA küme algoritmaları sonuçlarından farkı çok azdır. Bu

farklar Bulanık-YSA ve KYSA çözümleri arasındaki farka benzer şekilde Güneydoğu Anadolu Bölgesinin en kuzeyi ve az önce bahsedildiği gibi Samsun yöresinde kendini göstermiştir. Ward yöntemine göre Güneydoğu Anadolu Bölgesi diğer 2 çözüme göre biraz daha küçüktür. Yukarıdaki karşılaştırmalar Sırrı Erinç (1984)'in çalışması temel alınarak yapılmıştır. Şekil 9.1'de Ünal(2003)'ün sonuçları görülmektedir ve bu çalışmanın sonuçlarıyla aşağıda karşılaştırılacaktır.



Şekil 9.1: Sıcaklık ve yağış verilerine göre Ünal (2003) sonuçları

Sonuçlar Ünal (2003) e göre kıyaslandığında göze çarpan ortak noktalardan birisi Karadeniz Bölgesinin ince bir çizgi olarak çıkmasıdır. Ayrıca Akdeniz Bölgesinde bu çalışmada bulunan sonuçlarla benzerlik göstererek Doğuya doğru küçük bir bölgede bulunmaktadır. Ayrıca İç Anadolu Bölgesi de geniş bir alan kapsamaktadır. En belirgin ve önemli fark Marmara Bölgesinde ortaya çıkmaktadır. Ünal (2003) çalışmasında Marmara Bölgesi belirgin bir şekilde ortaya çıkmıştır ancak şu unutulmamalıdır ki Ünal (2003) 1951-1998 arası 49 yıllık bir period için bu sonuçları bulmuştur, bu çalışmada ise 1974-2002 yılları arası daha kısa ve yıl olarak biraz daha günümüze ait verilerle çalışılmıştır.

## **10 KORELASYON KATSAYILARININ KÜME ANALİZİNDE GİRDİ OLARAK KULLANILMASI**

Literatürde küme analizi, ham veriler normalize edilerek (örn. Unal, 2003) ya da temel bileşen skorları kullanılarak (örn. Dinpashoh, 2004) sıkça yapılmaktadır. Temel bileşen analizi oluşturulan kovaryans yada korelasyon matrislerinin öz vektörlerini hesaplayarak bu özvektörlerin özdeğerlerini büyükten küçüğe doğru sıralar ve bölüm 4’de anlatıldığı gibi temel bileşenler hesaplanır. Böylece özdeğerler yardımıyla en çok bilgi içeren bileşenden en az bilgi içeren bileşenlere doğru bir sıralama oluşturulur. Daha sonra bu bileşenlerin içerdiği değişimlere göre önemsiz bulunan bileşenler çıkarılır ve geriye kalan bileşenler temel bileşen olarak adlandırılır ve küme analizinde bu bileşenler kullanılır.

Korelasyon katsayılarının oluşturduğu matris ise bu çalışmada direk olarak küme analizinde kullanılacaktır. Korelasyon katsayılarından oluşan matris şöyle oluşturulur; ilk önce her bir istasyonun zaman serilerinin diğer tüm istasyonlarla olan Pearson korelasyonları hesaplanır. Daha sonra tüm istasyonlar için bu işlem tekrarlanır. Bu tez çalışmasında 150 istasyon kullanıldığından örneğin; yağış zaman serilerinden oluşturulan korelasyonlardan oluşan matris 150x150 boyutunda simetrik bir matristir. Bu matrise korelasyon matrisi denir. Ancak yağış verileri ile bağıl nem ve ortalama sıcaklık verileri de kullanıldığında oluşturulan matrisin boyutu 150x450 olur. Bu matris korelasyon matrisi gibi karesel ve simetrik değildir bu yüzden bu matrise korelasyonlardan oluşan matris denilmiştir.

Temel bileşen skorları 150x6 boyutunda bir matristir, korelasyon katsayılarından oluşan matris ise 150x450 boyutundadır. Ayrıca temel bileşen analizi yapılırken kullanılan korelasyon matrisi 450x450 boyutunda bir matristir. Özetle anlatılmak istenen bu çalışmada kullanılan korelasyonlardan oluşan matris temel bileşen analizinde kullanılan matrisden farklıdır ve küme analizinde kullanılan verinin boyutları da çok farklıdır.

## **10.1 Küme Analizinde Korelasyon Katsayılarından Oluşan Matris Kullanılırken Dikkat Edilecek Hususlar**

İstasyonların yağış zaman serilerinin korelasyon katsayıları negatif değerler alabildiği gibi istasyondan istasyona büyük farklar gösterebilir. Bağlı nem verileri için de durum aynıdır. Ancak ortalama sıcaklık zaman serilerinin korelasyon katsayıları çok yüksektir ve istasyondan istasyona yağış ve bağlı nem verisine göre çok az farklılık gösterir. Hem Ward metodu hem de Bulanık-YSA metodu Öklit mesafelerini kullandığından yağış ve bağlı nem verisi küme analizi sonuçlarını domine edecektir çünkü ortalama sıcaklık korelasyonları arasındaki Öklit mesafesi bağlı nem ve yağış verisine göre çok azdır bu yüzden korelasyonlardan oluşan matris analiz edilmeden önce mutlaka normalize edilmelidir.

Diğer bir husus ise korelasyon katsayılarıyla yapılan küme analizinde 15-16 küme çözümüne kadar mantıklı sonuçlar elde edilebilmesidir. Hatırlanacağı üzere temel bileşen skorlarıyla yapılan küme analizinde 6 küme çözümü mantıklı sonuçlar vermişti. Daha ileri gidildiğinde kümelerin bütünlüğü bozulmuştu. Ek 2’de ileri küme çözümlerine bakılarak kümelerin bozulduğu görülebilir. Ancak korelasyon katsayılarıyla yapılan küme analizinde bütünlük bozulmadığından daha fazla küme çözümü elde edilebilir. Böylece iklim geçiş bölgeleri saptanabilir. Bu yüzden korelasyon analizi ile yapılan küme analizinde küme sayısı yüksek çözümler tercih edilmelidir. Yüksek küme çözümleri iklim bölgelerinin ana hatlarını bozmamakla birlikte iklim geçiş bölgelerini de ortaya çıkarmaktadır. Buda korelasyon katsayılarıyla yapılan küme analizini çok önemli hale getirmektedir.

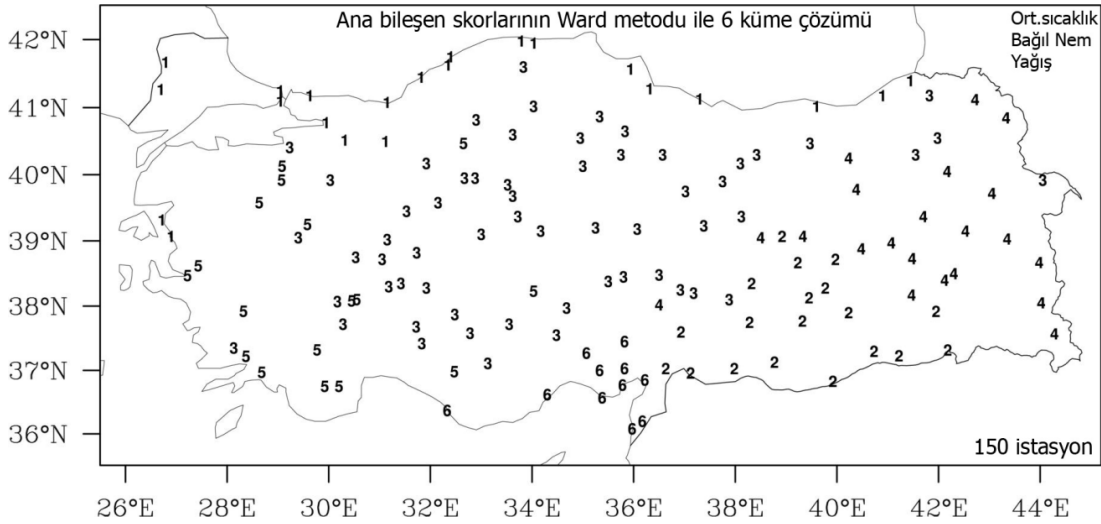
İstasyon sayısı azaldıkça birbirine yakın istasyon sayısı azalacağından ve korelasyonlar azalacağından, korelasyon katsayılarının kullanıldığı küme analizlerinin stabilitesi bozulmaktadır. 100 istasyonun kullanıldığı küme analizlerinde sonuçlar tutarlılığını bu yüzden kaybetmiştir. Bu yüzden bu çalışmada kullanılan 150 adet istasyondan az olan çözümlerin stabilitesi araştırmacı tarafından mutlaka yapılmalıdır. Ancak 150 istasyondan fazla istasyon kullanıldığında stabilitesi çok iyidir hatta temel bileşen skorlarının kullanıldığı çözümlere göre sonuçlar değişmeden daha fazla istasyon eklenebilmiştir.

## 10.2 Elde Edilen Sonuçların Türkiye Haritası Üzerindeki Gösterimi

İlk önce Ward metodu ile küme analizi yapılarak, temel bileşen skorlarıyla yapılan küme analizi sonuçlarıyla karşılaştırılacak ve daha sonra yüksek küme çözümleri elde edilecektir. Son olarak bu çalışmada oluşturulan bulanık-YSA metodu sonuçları elde edilip Ward metodu ile karşılaştırılacaktır. Kullanılan veriler 1974-2002 yılları arasında ölçülmüş aylık verilerdir.

### 10.2.1 Bağıl nem, ortalama sıcaklık ve yağış verilerinin korelasyon katsayılarından oluşan çözümler ve sonuçların karşılaştırılması

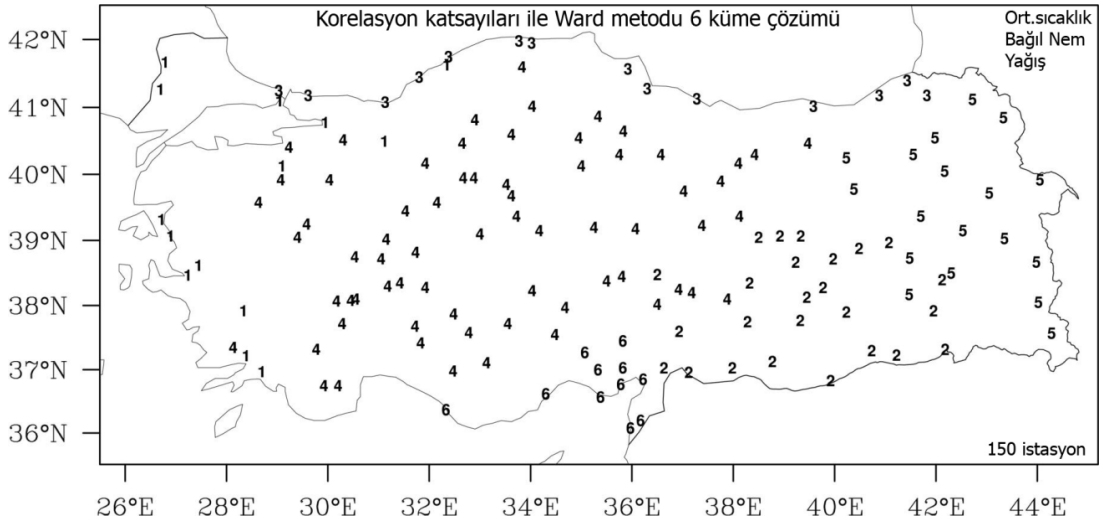
Burada kullanılan tüm veriler aylık istasyon verileridir ve küme analizi girdisi 150x450 boyutunda normalleştirilmiş değerlerden oluşan matrisdir.



**Şekil 10.1:** Bağıl nem, ortalama sıcaklık ve yağış verilerinin aylık temel bileşen skorlarıyla yapılan Ward metodu 6 küme çözümü

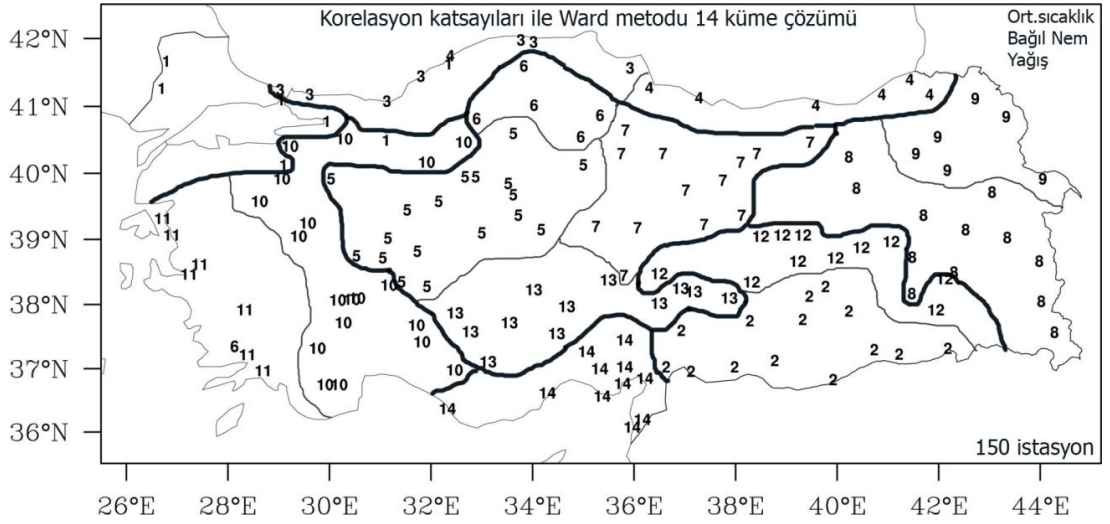
Şekil 10.1 ve Şekil 10.2 karşılaştırıldığında Marmara bölgesi hariç iklim bölgeleri ana hatlarıyla aynıdır. Sadece Ege Bölgesinde bulunan 8 adet istasyon korelasyon katsayılarının kullanıldığı küme analizinde İç Anadolu Bölgesinde gözükmiştir. Bunun nedeni Ege kıyıları ve Ege Bölgesinin iç kısımları arasında kalan istasyon olmayan boş bölgedir. Bu yüzden bu istasyonlar kendilerine daha yakın olan İç Anadolu Bölgesine ait çıkmışlardır. Bu boş kısımlara istasyon eklendiğinde bu kısımlar Ege Bölgesine dâhil olacaktır. Zaten Ek 2’de görüldüğü üzere 10 küme çözümünde bu kısımda İç Anadolu Bölgesinden ayrılmıştır. Korelasyon katsayıları ile yapılan küme analizi 6 küme çözümünde kalmayıp 14 küme çözümüne kadar

yapılmıştır. Böylece başta istasyon eksikliğinden kaynaklanan bu sakıncanın etkisi giderilmiştir.



**Şekil 10.2:** Bağıl nem, ortalama sıcaklık ve yağış korelasyon katsayıları kullanılarak elde edilen aylık verilerin Ward metodu 6 küme çözümü

Temel bileşen skorları ile yapılan analizde Karadeniz Bölgesi Marmara bölgesi ile bitişiktir. Korelasyon katsayılarının kullanıldığı küme analizinde ise Akdeniz ikliminin etkilerinin daha fazla görüldüğü Marmara Bölgesi Ege Bölgesine dahildir ki bu daha mantıklı sonuçtur. Ayrıca korelasyon katsayılarının kullanıldığı çözümde Doğu Anadolu Bölgesi ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi daha bütün bir yapıdadır. Temel bileşen analizi 6 küme çözümünde Oltu/Erzurum, Tortum/Erzurum ve Artvin istasyonları farklı kümede çıkmıştır. Ek 2'de görüldüğü üzere 10 küme çözümünde bile Marmara Bölgesi ve Karadeniz Bölgesi birbirinden ayrılmamıştır ve küme bütünlüğü özellikle İç Anadolu Bölgesinde bozulmuştur. Ege bölgesindeki boş yerlere eklenen istasyonlarda düşünüldüğünde korelasyon katsayılarının kullanıldığı küme analizi sonuçları daha mantıklıdır. Ham verilerin normalize edilmesiyle yapılan küme analizi sonuçlarının da temel bileşen skorlarıyla yapılan küme analizi sonuçlarına göre daha tutarsız olduğu önceden gösterilmişti.



**Şekil 10.3:** Bağıl nem, ortalama sıcaklık ve yağış korelasyon katsayıları kullanılarak elde edilen aylık verilerin Ward metodu 14 küme çözümü

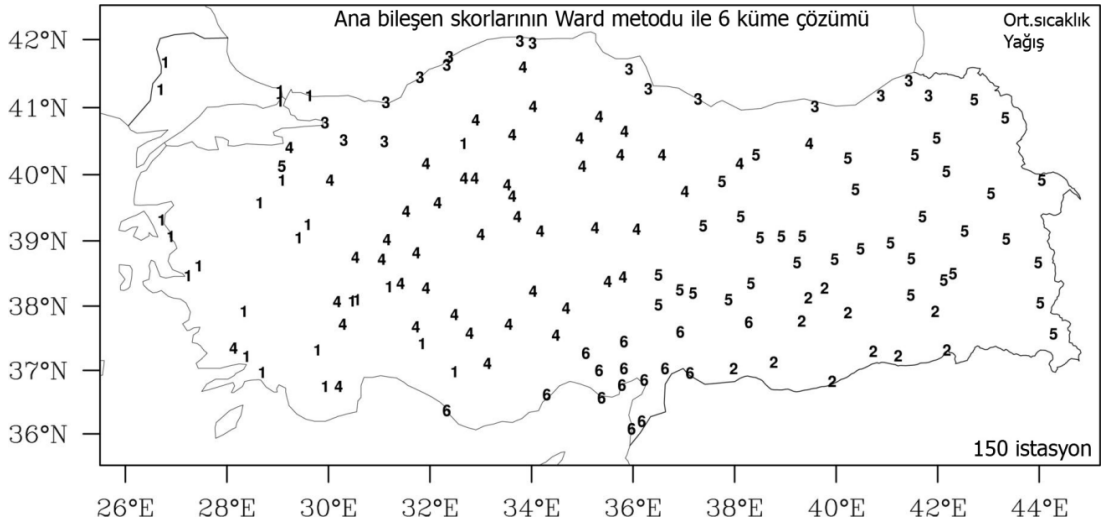
Şekil 10.3’de kalın çizgiler ana iklim bölgeleri ince çizgiler ise alt iklim bölgelerini göstermektedir. Şekildeki çizgiler topoğrafya ve önceki çalışmalarda bulunan sonuçlardan esinlenerek çizilmiştir. İklim bölgelerinin sınırları kesin olarak bilinemez sadece yaklaşık olarak çizilebilir. Şekil 10.3’de görüldüğü gibi 14 küme çözümünde bile kümelerin bütünlüğü bozulmamıştır. 6 küme çözümündeki ana hatlar 10 numaralı Ege bölgesi yani İç Anadolu Bölgesi ve Ege Bölgesi arasındaki geçiş bölgesi hariç değişmemiştir. Bu değişimin nedeni daha önce açıklandığı gibi o bölgedeki istasyon azlığıdır. Boş yerlere istasyon eklendiğinde bu değişimde ortadan kalkmaktadır.

Bey pazarı/Ankara, Kızılcahamam/Ankara, Yatağan /Muğla, Bartın ve Zonguldak istasyonları bulundukları bölgeden farklı davranmışlardır. 12 numaralı küme İç Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgesi arasında geçiş bölgesidir. Sonuçlara göre İç Anadolu Bölgesi 4, Doğu Anadolu Bölgesi 2, Güneydoğu Anadolu Bölgesi 2, Ege bölgesi 2 ve Karadeniz Bölgesi Doğu Karadeniz ve Batı Karadeniz olmak üzere 2’ye ayrılmıştır.

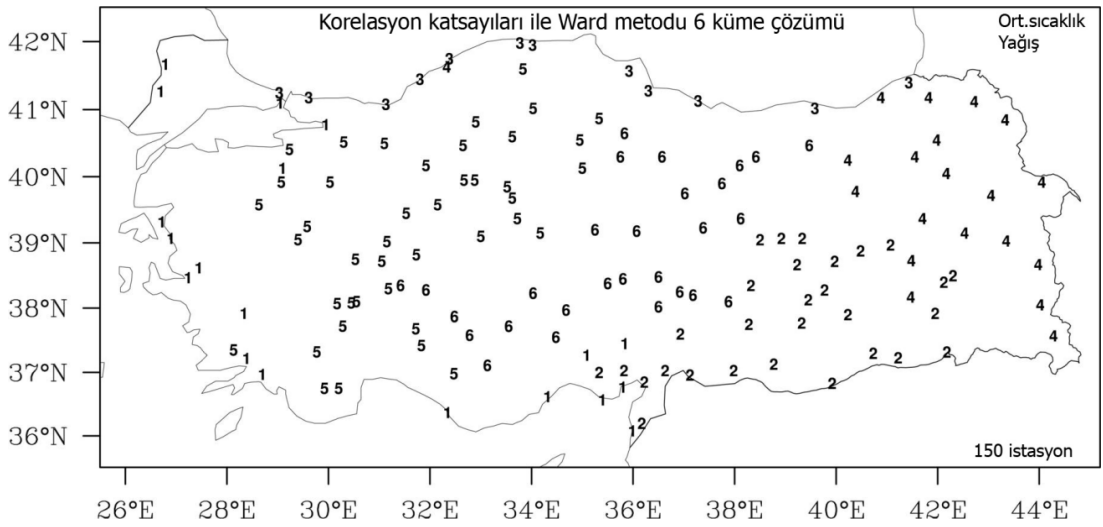
#### **10.2.2 Ortalama sıcaklık ve yağış verilerinin korelasyon katsayılarından oluşan çözümler ve sonuçların karşılaştırılması**

Bu kez aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış istasyon serileri kullanılarak elde edilen korelasyonlardan oluşan matris küme analizinde kullanılacaktır.

Oluşturulan matrisin normalleştirilmiş değerlerden oluştuğu unutulmamalıdır ve boyut 150x450'dir.



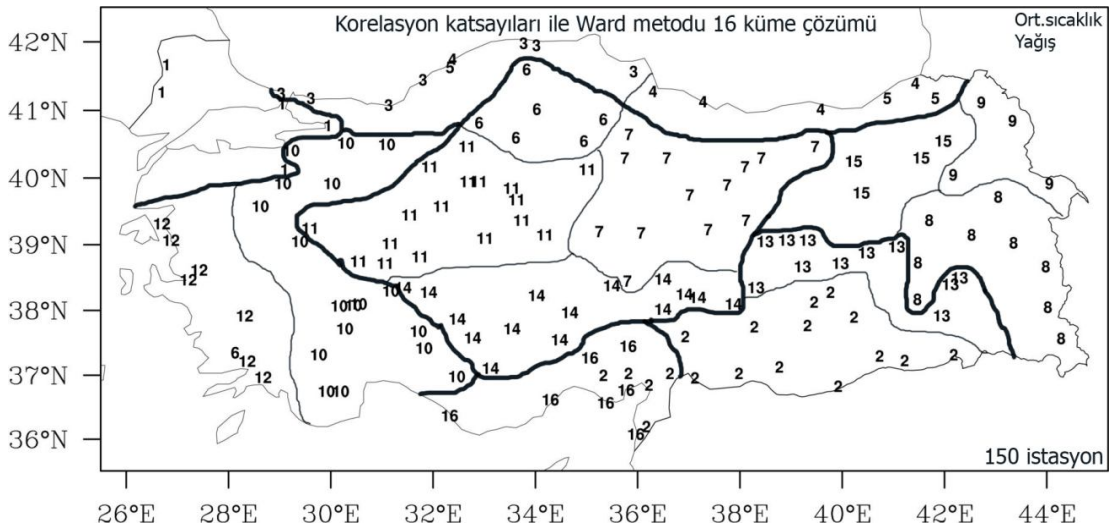
**Şekil 10.4:** Ortalama sıcaklık ve yağış verilerinin temel bileşen skorlarıyla yapılan aylık verilerin Ward metodu 6 küme çözümü



**Şekil 10.5:** Ortalama sıcaklık ve yağış korelasyon katsayıları kullanılarak elde edilen aylık verilerin Ward metodu 6 küme çözümü

Şekil 10.5'de korelasyon katsayıları ile yapılan 6 küme çözümü vardır. 6 küme çözümünde Akdeniz Bölgesi ve Ege Bölgesi ayrılmamıştır. Ayrıca Güneydoğu Anadolu Bölgesi biraz Akdeniz Bölgesi iç kısımlarına doğru kaymıştır. Ancak Ege Bölgesindeki boş kısımlara istasyon eklendiğinde bu tutarsızlıklar düzelmektedir. Buradan istasyon olmayan bölgelerin korelasyon katsayısı ile yapılan çözümleri etkilediği ve istasyon eklenmesinin sonuçları olumlu yönde etkilediğinin yorumu yapılabilir. Temel bileşen skorlarıyla yapılan çözümlerde de istasyon eklenmesi

sonuçları olumsuz etkilemektedir ve korelasyon katsayısı ile yapılan çözümler ile arada şöyle bir fark vardır; korelasyon katsayısı ile yapılan çözümlerde yakın istasyonun olmaması bir istasyonun yakındaki başka bir istasyonun kümesine ait olmasını sağlar. Ancak temel bileşen skorlarıyla yapılan çözümlerde eklenen istasyonlar çözümün stabilitesini bozmakta ve sonuçları çok değiştirmektedir. Bu yüzden yağış ve ortalama sıcaklığın kullanıldığı analizlerde istasyon sayısı ancak 9 adet arttırılabilmiş ancak bu verilerle korelasyon katsayıları kullanılarak analiz yapıldığında 24 adet istasyon stabilizeyi olumsuz etkilemeden eklenebilmiştir. Hatta eklenen istasyonlar sonuçları olumlu etkilemiştir.



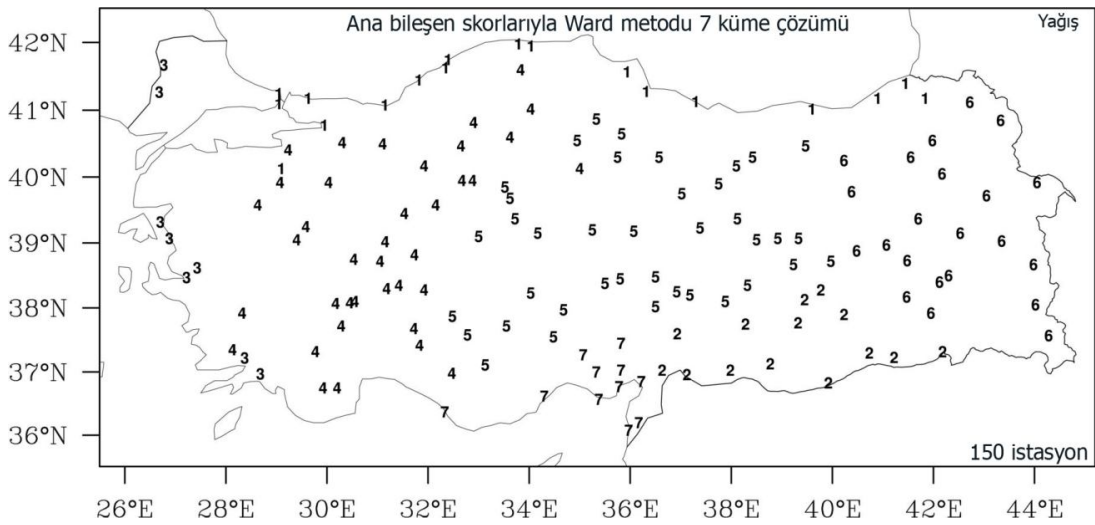
**Şekil 10.6:** Ortalama sıcaklık ve yağış korelasyon katsayıları kullanılarak elde edilen aylık verilerin Ward metodu 16 küme çözümü

Şekil 10.6'da görüldüğü üzere Akdeniz Bölgesindeki 2 numaralı istasyonlar 174 istasyonla yapılan çözümde Akdeniz Bölgesine dâhil olmaktadır. 174 istasyon çözümleri bölüm 10'dadır. Şekil 10.3'de bağıl nem verisi ile yapılan sonuçlarla karşılaştırıldığında Akdeniz Bölgesindeki 2 numaralı bölgeler ve Pazar/Rize ve Artvin istasyonlarının ait olduğu farklı küme gibi olumsuzluklar bulunmamaktadır.

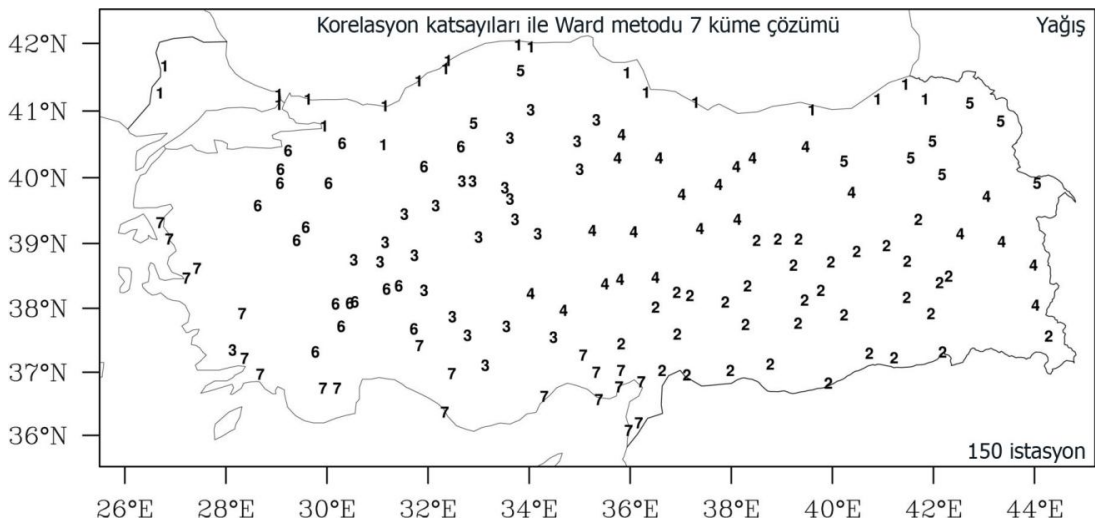
16 küme çözümüne göre İç Anadolu Bölgesi 4, Güneydoğu Anadolu Bölgesi 2, Ege Bölgesi 2, Doğu Anadolu Bölgesi 3 ve Karadeniz Bölgesi 2 bölgeye ayrılmıştır. Şekil 10.6'daki kalın çizgiler ana iklim bölgelerini, ince çizgiler alt iklim bölgelerini göstermektedirler.

### 10.2.3 Yağış verilerinin korelasyon katsayılarından oluşan çözümler ve sonuçların karşılaştırılması

İstasyonların yağış zaman serilerinden elde edilen korelasyon matrisi ile çözüm yapılmıştır. Ward metoduna girdi olan korelasyon matrisi 150x150 boyutundadır. Burada da daha önce olduğu gibi normalleştirilmiş değerler kullanılmıştır. Eğer aynı tür ham veri kullanılıyorsa normalize etmeye gerek olmayabilir ancak kullanılan veri ham veri değil korelasyon katsayılarıdır. Denemeler sonucunda korelasyon katsayılarını normalize etmek daha iyi sonuç vermiştir bu yüzden normalleştirilmiş korelasyon katsayıları kullanılmıştır.



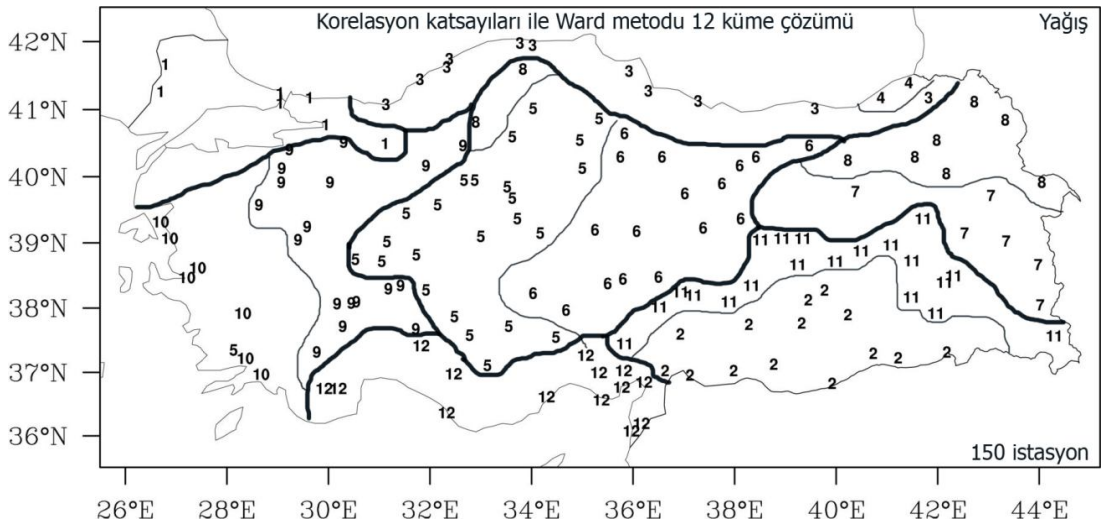
Şekil 10.7: Aylık yağış verilerinin temel bileşen skorlarıyla yapılan Ward metodu 7 küme çözümü



Şekil 10.8: Aylık yağış korelasyon katsayıları kullanılarak elde edilen Ward metodu 7 küme çözümü

Şekil 10.7’de Ward metoduyla elde edilen çözümler görülmektedir. Şekil 10.8’deki korelasyon katsayıları ile yapılan çözümle karşılaştırıldığında, her iki çözümde de İç Anadolu Bölgesi 2 kısıma ayrılmıştır ancak temel bileşen skorları çözümünde İç Anadolu Bölgesi Ege Bölgesinin iç kısımlarına kadar ilerlemiştir, korelasyon çözümünde ise Ege bölgesi geçiş bölgesi ile beraber Akdeniz Bölgesinin bir uzantısı olarak çıkmıştır. Ancak Şekil 10.9’daki 12 küme çözümüne bakıldığında Akdeniz Bölgesi ve Ege Bölgesi ayrılmıştır.

Diğer belirgin farklar ise Şekil 10.7’de Güneydoğu Anadolu Bölgesi çok küçük bir bölge olarak bulunmuştur, Şekil 10.8’de ise tam tersine geniş ve büyük bir alana yayılmıştır. Şekil 10.7’de Marmara Bölgesi Ege bölgesine dahilken Şekil 10.8’de Marmara bölgesi Karadeniz Bölgesine dahildir. Şekil 10.9’daki 12 küme çözümüne bakıldığında Ege ve Marmara bölgeleri birbirinden ayrılmıştır. Sonuç olarak Türkeş (1996) çalışması da dikkate alınarak korelasyon katsayıları ile yapılan çözümler daha mantıklıdır.



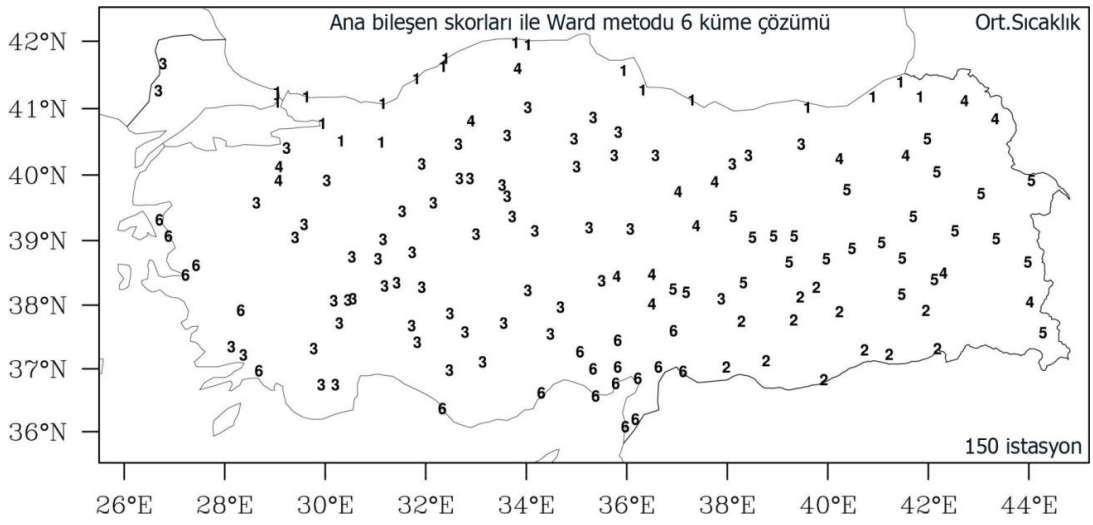
**Şekil 10.9:** Aylık yağış korelasyon katsayıları kullanılarak elde edilen Ward metodu 12 küme çözümü

Şekil 10.9’da korelasyon katsayılarıyla yapılan 12 küme çözümü Türkeş (1996) çalışmasındaki sonuçlarına anahatlarıyla benzemektedir. Bu çalışmada farklı olarak Akdeniz ve Ege Bölgesi ayrılmıştır. Bu çalışmada ayrıca ana yağış bölgeleri alt bölgelere ayrılmıştır. İç Anadolu Bölgesi 3, Güneydoğu Anadolu Bölgesi 2, Doğu Anadolu Bölgesi 2 ve Ege Bölgesi 2 alt bölgeye ayrılmıştır. Karadeniz Bölgesinde ise Pazar/Rize ve Hopa/Artvin istasyonları alt bölge oluşturmuştur. Bu bölgelerin

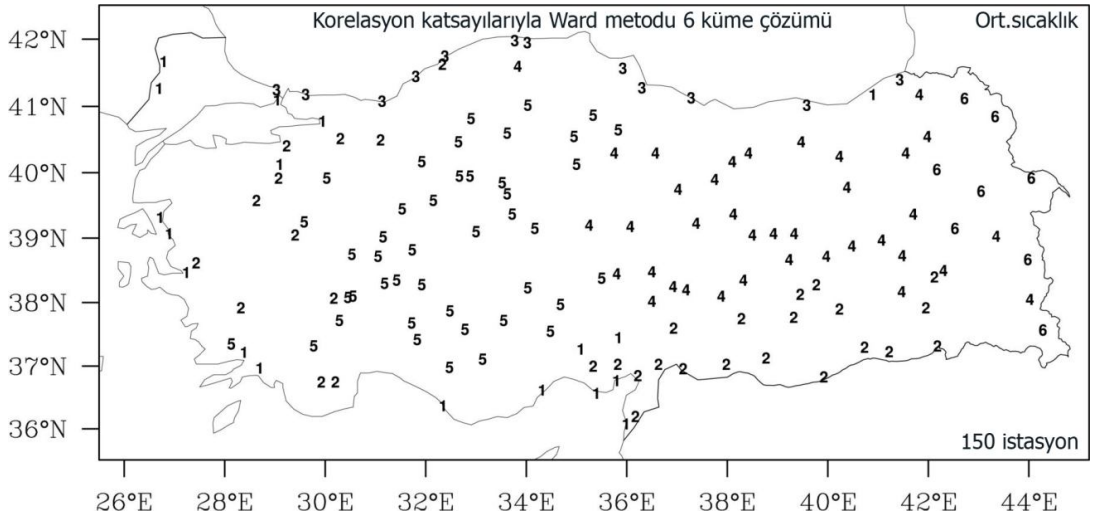
yıllık toplam yağış ortalamasının 2000 mm'den fazla olduğu düşünülürse çıkan bu sonuç normaldir.

#### 10.2.4 Ortalama sıcaklık verilerinin korelasyon katsayılarından oluşan çözümler ve sonuçların karşılaştırılması

Bu bölümde sadece ortalama sıcaklık verileri kullanılarak oluşturulan korelasyon matrisi Ward metodu ile kümelenebilir. Burada ortalama sıcaklık verileri normalize edilmiştir. Girdi olarak kullanılan korelasyonlardan oluşan matris 150x150 boyutundadır.

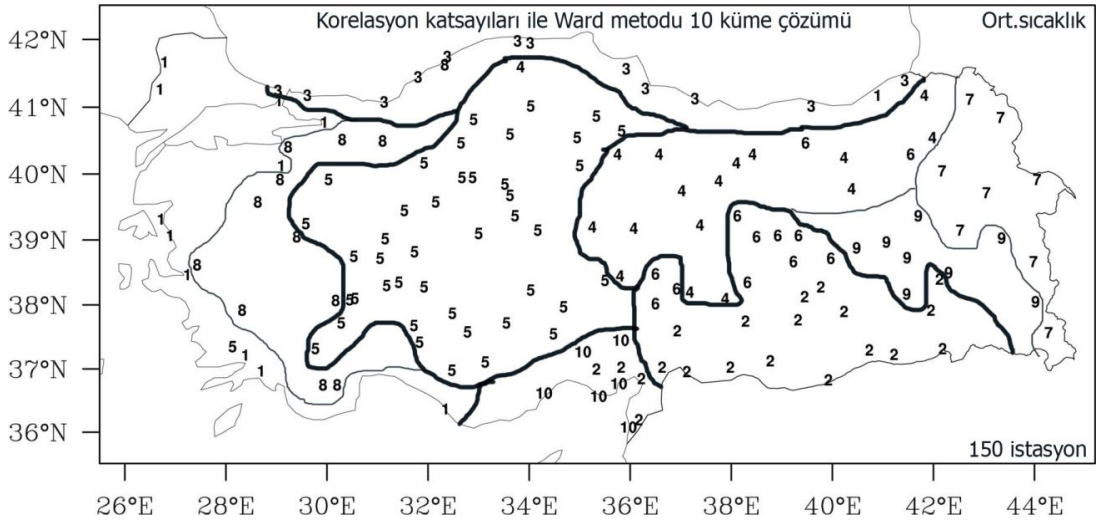


Şekil 10.10: Aylık ortalama sıcaklık verilerinin temel bileşen skorlarıyla yapılan Ward metodu 6 küme çözümü



Şekil 10.11: Aylık ortalama sıcaklık korelasyon katsayıları kullanılarak elde edilen Ward metodu 6 küme çözümü

Hem Şekil 10.10'daki çözümde ve Şekil 10.11'deki çözümde Doğu Anadolu Bölgesi bütün halde çıkmamıştır. Bunun nedeni Doğu Anadolu Bölgesinde topoğrafya farklılıklarının çok olması ve sıcaklığın topoğrafyadan direk olarak etkilenmesidir. 2 çözüm arasındaki önemli fark temel bileşen skorlarıyla yapılan küme analizinde Marmara bölgesi İç Anadolunun bir uzantısı gibi çıkmasıdır, korelasyon katsayılarının kullanıldığı analizde Marmara bölgesi Ege Bölgesine dahildir ve bu sonuç bu iki bölgenin iklim özelliklerinin birbirine daha yakın olduğu için daha mantıklıdır. Bu çözümde Doğu Anadolu Bölgesi biraz daha bütündür. Olumsuz yan olarak Akdeniz bölgesine dâhil olan 2 numaralı kümelerin olduğunu söyleyebiliriz. Ayrıca Bartın, Pazar/Rize istasyonları da farklı davranmıştır.



**Şekil 10.12:** Aylık ortalama sıcaklık korelasyon katsayıları kullanılarak elde edilen Ward metodu 10 küme çözümü

Şekil 10.12'de görüldüğü üzere korelasyon katsayıları kullanılarak 10 küme çözümüne kadar gidilebilmiştir. İç Anadolu bölgesindeki bütünlük bozulmamıştır ancak Doğu Anadolu Bölgesi bu bölgenin iç kısımlarına doğru ilerlemiştir. 6 küme çözümünde olduğu gibi Marmara bölgesi hala Ege Bölgesine dâhildir. Akdeniz Bölgesinin içindeki 2 numaralı kümeler ise bölgenin topoğrafyası ve önceki analizlere dayanarak bu kümede çıkmaması gerektiği düşünülmüş ve bu kısımlar Akdeniz bölgesi sınırları içerisinde gösterilmiştir. Bölüm 10'da bulanık-YSA küme analizi çözümleri de yapıp buradaki durum incelenecektir.

## 11 EGE ve MARMARA BÖLGESİNE İSTASYON EKLENMESİ

Yapılan homojenlik analizi sonucu kullanılmaya karar verilen 150 istasyonun dağılımına bakıldığında Ege ve Marmara Bölgesindeki birçok bölgenin temsil edilmediği görülür. 150 istasyonun kullanıldığı küme analizlerinde bu durum net bir şekilde görülür. Bu yüzden boş kalan yerlere istasyon eklenmesine karar verilmiştir. Kullanılan homojen 150 adet istasyon verileri ile iklim bölgeleri ana hatlarıyla ortaya çıkarılmıştır. Sonradan eklenen istasyonların bu sonuçları etkilemeyecek şekilde yerleştirilmesi gerekir çünkü eklenen veriler homojen değildir. Sonuç olarak eklenen istasyonlar sonuçları değiştirmeyeceği için eklenmesinde sakınca görülmemiştir.

**Çizelge 11.1:** Eklenen istasyonların sayısı ve istasyon numaraları

| Küme analizinde kullanılan veri                       | Eklenen istasyon sayısı | Eklenen istasyon numaraları                                                     |
|-------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Ort.sıcaklık, Bağıl nem, yağış temel bileşen skorları | 17                      | 15,16,37,38,39,48,54,67,70,84,98,112,127,178,190,207,238                        |
| Ort.sıcaklık, yağış temel bileşen skorları            | 9                       | 15,36.37,39,48,54,84,190,238                                                    |
| Ort.sıcaklık temel bileşen skorları                   | 9                       | 15,36.37,39,48,54,84,190,238                                                    |
| Yağış temel bileşen skorları                          | 9                       | 15,36.37,39,48,54,84,190,238                                                    |
| Ort.sıcaklık, yağış temel bileşen skorları            | 7                       | 15,36.37,39,48,84,238                                                           |
| Ort.sıcaklık, yağış,bağıl nem korelasyon katsayıları  | 24                      | 15,16,37,38,39,48,54,67,70,84,89,90,91,92,96,98,112,114,127,178,187,190,207,238 |
| Ort.sıcaklık, yağış korelasyon katsayıları            | 24                      | 15,16,37,38,39,48,54,67,70,84,89,90,91,92,96,98,112,114,127,178,187,190,207,238 |
| Ort.sıcaklık korelasyon katsayılar                    | 24                      | 15,16,37,38,39,48,54,67,70,84,89,90,91,92,96,98,112,114,127,178,187,190,207,238 |
| Yağış korelasyon katsayıları                          | 24                      | 15,16,37,38,39,48,54,67,70,84,89,90,91,92,96,98,112,114,127,178,187,190,207,238 |

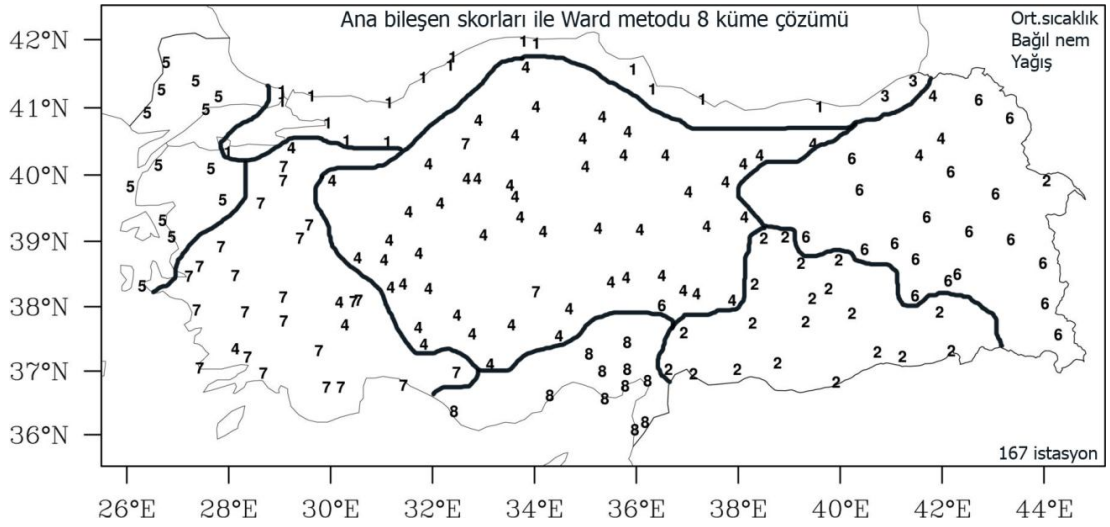
Çizelge 11.1’de kullanılan veri ve eklenen istasyonların sayısı ve listesi verilmiştir. Yapılan stabilite testinde 50 istasyon çıkarıldıktan sonra bile Ward metodunda 4

istasyonun ait olduğu küme değişmiştir. 50 istasyon çıkarılırken Türkiye haritası üzerinde homojen bir biçimde dağılacak biçimde seçilmişti. Ancak eklenen istasyonların tamamı Ege bölgesi ve Marmara bölgesinde olduğundan, eklenen istasyonlar sonuçları çok etkilemiştir. Bu yüzden fazla sayıda istasyon eklenememiştir.

Çizelge 11.1’de eklenen istasyonların sayısı ve istasyon numaraları görölmektedir. İstasyon bilgileri Ek 1’deki çizelgede bulunmaktadır. Korelasyon katsayısı kullanılarak yapılan küme analizlerinde sorunsuzca 24 istasyon eklenebilmiştir bu da bize korelasyon katsayılarıyla yapılan küme analizlerinin temel bileşen analizi ile yapılan küme analizlerine göre çok daha stabil olduğunu gösterir. Temel bileşen skorlarıyla yapılan analizlerde, yağış ve sıcaklık verileri, tek başına yağış ve tek başına ortalama sıcaklık verisi temel bileşen skorlarıyla yapılan analizlerde sonuçları etkilemeden ve stabiliteyi bozmadan en fazla 9 istasyon eklenebilmiştir. Yağış, sıcaklık ve bağıl nemin kullanıldığı analizde ise bu sayı 17’dir. Bağıl nem verisinin iklim bölgelerinin belirlenmesindeki etkisi araştırılırken, bağıl nemin kümeleşmeleri daha belirgin hale getirdiği gösterilmişti. Burada da bağıl nem verisi eklendiğinde 8 istasyonun fazladan eklenebilmesi ve sonuçların değişmemesi bu durumun doğruluğunu desteklemektedir.

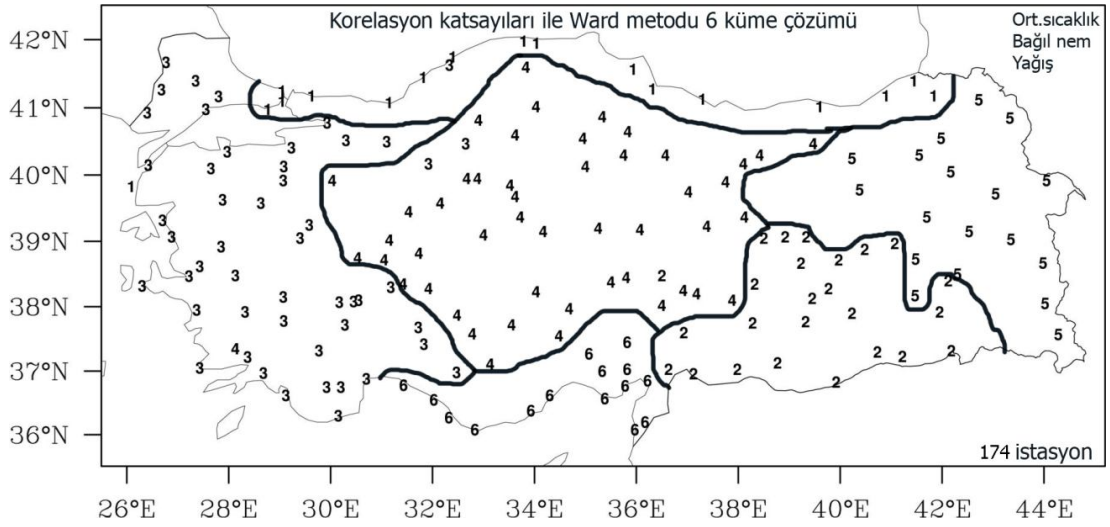
### **11.1 Ortalama Sıcaklık, Yağış ve Bağıl Nem Verisi Kullanılan Küme Analizlerine Ek İstasyon Verisi Eklenmesi**

Çizelge 11.1’de göröldüğü üzere KK ile yapılan ortalama sıcaklık, yağış ve bağıl nem verisi kullanılan analizlere ek olarak 24 istasyon eklenmiştir ve toplam kullanılan istasyon sayısı 174 olmuştur. TBA skorlarıyla yapılan analizlerde ise bu sayı 167’dir. Aşağıda ilk 8 küme çözümü için temel bileşen skorları ve ilk 6 küme çözümü için korelasyon katsayılarıyla yapılan küme analizi sonuçları görölmektedir.



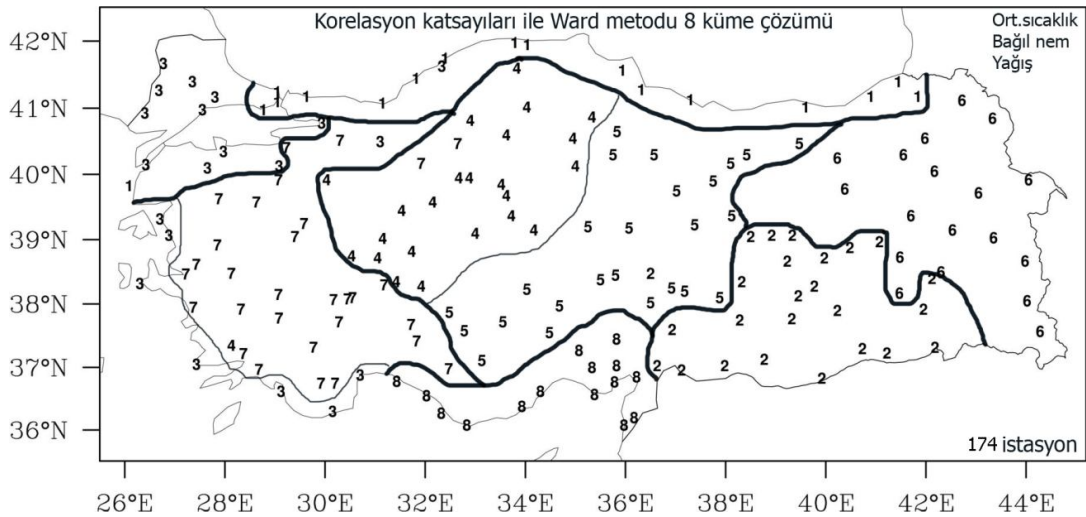
**Şekil 11.1:** Bağıl nem, ortalama sıcaklık ve yağış aylık temel bileşen skorları kullanılarak elde edilen Ward metodu 8 küme çözümü

Şekil 11.1’de Ward metoduyla 8 küme çözümü görülmektedir. Burada küme analizi temel bileşen skorlarına uygulanmıştır. Şekil 10.1’de 150 istasyon kullanılarak yapılan 6 küme çözümünde Marmara Bölgesi Karadeniz Bölgesinin bir devamı olarak çıkmıştı. Yapılan 7 ve 8 küme çözümlerinde de bu iki bölge birbirinden ayrılmamıştı. Bu iki bölgenin kullanılan küme analizi metotları ile çözülememesinin sebebi Marmara Bölgesinde kullanılan istasyon sayısının az olmasından kaynaklanmaktadır. 167 küme çözümünde Marmara bölgesindeki istasyon sayısı yeterli derecede arttığından 8 küme çözümünde bu bölge Karadeniz Bölgesinden ayrılmıştır. 7 küme çözümünde Pazar/Rize ve Hopa/Artvin istasyonları farklı bir küme olarak davranmıştır. Bunun nedeni bu bölgenin çok yüksek (2000 mm’nin üzerinde) yağış alması ve küme analizi sonuçlarını etkilemesidir. 6 küme çözümünde bu bölge Karadeniz Bölgesine ait olduğundan 7. ve 8. küme çözümlerinde bu 2 istasyonun olduğu küçük bölge Karadeniz Bölgesine dâhil edilmiştir.



**Şekil 11.2:** Bağıl nem, ortalama sıcaklık ve yağış aylık korelasyon katsayıları kullanılarak elde edilen Ward metodu 6 küme çözümü

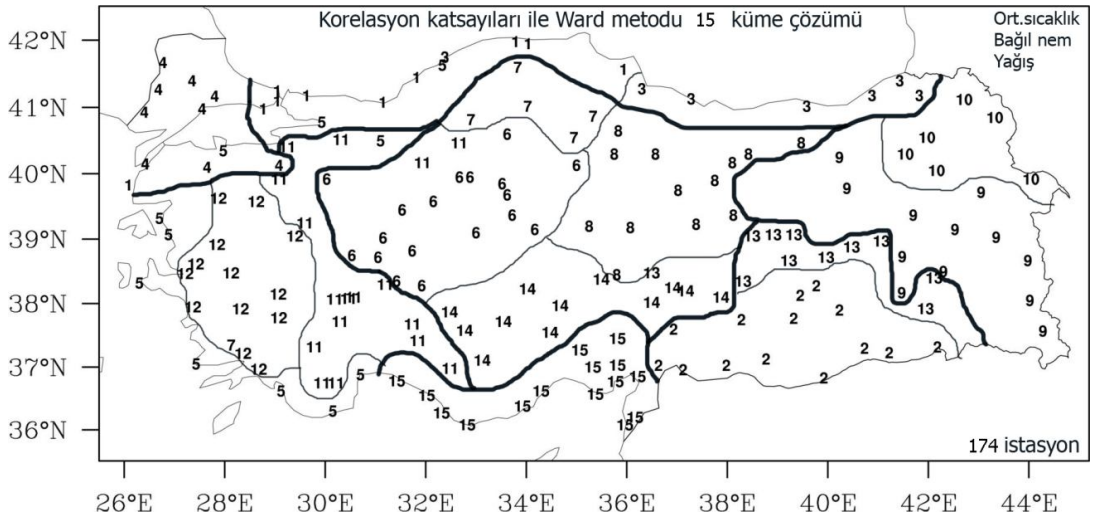
Şekil 11.2’de ise KK kullanılarak elde edilen 6 küme çözümü görülmektedir. TBA skorları kullanılarak yapılan 8 küme çözümüyle sonuçlar Marmara bölgesi dışında tamamen aynıdır. Burada 6 küme çözümünün gösterilmesinin sebebi ana hatlarıyla iklim bölgelerinin gösterilmesidir ve KK ile yapılan çözümlerin TBA skorları ile yapılan çözümlere ne kadar benzediğinin gösterilmesidir. Ancak daha önce de söylendiği üzere KK ve TBA skorları ile yapılan küme analizleri arasındaki fark KK ile yapılan küme analizlerinde yüksek küme çözümlerinde bile bütünlüğün bozulmamasıdır.



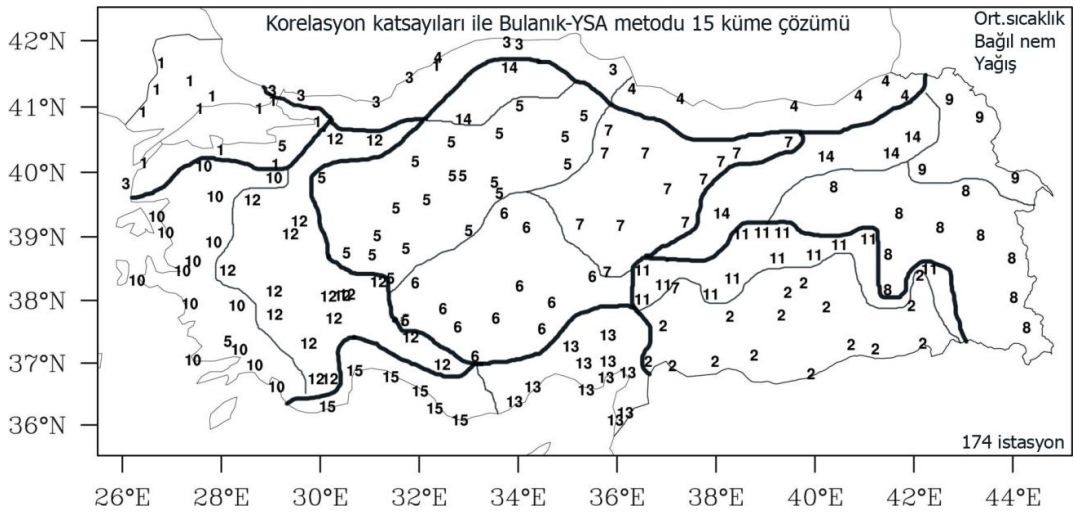
**Şekil 11.3:** Bağıl nem, ortalama sıcaklık ve yağış aylık korelasyon katsayıları kullanılarak elde edilen Ward metodu 8 küme çözümü

Mesela; bağıl nem, ortalama sıcaklık ve yağış verilerinin korelasyon katsayılarının kullanıldığı analizde 15 küme çözümüne kadar gidilmiştir. Ek 2 Şekil 1r)’de

görüldüğü üzere TBA skorlarının kullanıldığı 14 küme çözümünde ise kümelerin bütünlüğü bozulmuştur ve ne yorum açısından ne de mantık açısından tutarlı sonuçlar vermemiştir. Şekil 11.2'deki 6 küme çözümünden sonra Şekil 11.3'deki 8 küme çözümüne bakarsak sonuçlar ana hatlarıyla aynıdır. Sadece burada TBA skorlarıyla yapılan çözümde olduğu gibi 6. küme çözümüne göre Marmara Bölgesi ortaya çıkmıştır. 8. Küme çözümünde ayrıca İç Anadolu Bölgesi 2 ve Ege Bölgesi de 2'ye ayrılmıştır. Ana hatlarıyla çözümün aynı olduğu Şekil 11.2'de görülmektedir. Ege Bölgesindeki kıyı kesimlerinde bulunan 3 numaralı bölgede aşağıdaki 15. Küme çözümünde görüldüğü gibi Marmara Bölgesinden ayrıldığı için 8. küme çözümünde de Ege Bölgesi sınırlarında gösterilmiştir.



**Şekil 11.4:** Bağıl nem, ortalama sıcaklık ve yağış aylık korelasyon katsayıları kullanılarak elde edilen Ward metodu 15 küme çözümü



**Şekil 11.5:** Bağıl nem, ortalama sıcaklık ve yağış aylık korelasyon katsayıları kullanılarak elde edilen Bulanık-YSA metodu 15 küme çözümü

Şekil 11.4 ve Şekil 11.5’de Ward ve Bulanık-YSA metotları 15 küme çözümleri görülmektedir. Kalın çizgilerle gösterilen ana iklim bölgeleri 8 küme çözümüyle aynıdır. Küme sayısı arttıkça ana hatlar değişmemekle beraber ana iklim bölgeleri kendi içinde bölgelere ayrılmaktadır. Bu bölgelerin bazıları geçiş bölgesi olarak adlandırılacaktır. Sonuçların yorumu ve açıklanması 10. bölümde yapılacaktır. Bu bölümde kullanılan 2 yöntemin karşılaştırılması yapılacaktır.

Bulanık-YSA ve Ward metodu çözümlerinde hem ana iklim bölgelerinde hem de alt iklim bölgelerinde bazı farklılıklar bulunmaktadır. Aşağıda bölge bölge farklılıklar vurgulanacaktır.

Marmara Bölgesi: En dikkat çeken farklılık İstanbul’un Ward metodu sonuçlarına göre tamamen Karadeniz Bölgesine dâhilken, Bulanık-YSA sonuçlarına göre kısmen Karadeniz Bölgesine dâhil olmasıdır. Florya ve alt kısımları Bulanık-YSA metoduna göre Marmara Bölgesindedir. Floryanın meteorolojik verileri incelenirse hem toplam yağış olarak hem de ortalama sıcaklık olarak bulunduğu İstanbul ilindeki istasyonlardan farklı değerlere sahip olduğu görülür. Florya’nın 1974-2002 yılları arası yıllık toplam yağış ortalaması 640.845 mm. iken kendisine en yakın istasyonlardan (Bulanık-YSA sonuçlarına göre Karadeniz Bölgesinde) Bahçeköy’ün aynı periyottaki yıllık toplam yağış ortalaması 1104.817 mm’dir. Ortalama sıcaklıklara baktığımızda ise Florya 14.147 °C iken Bahçeköy’ün ortalama sıcaklığı 12.277 °C’dir. Şekil 10.2’de görüldüğü üzere Ward metodu da 150 istasyonun kullanıldığı 14 küme çözümünde Florya’yı farklı bulmuştur. Eklenen istasyonlar neticesinde Ward metodunun sonuçları sadece Marmara Bölgesinde az da olsa değişmiştir. Ancak Şekil 10.2’deki çözümlerde Marmara Bölgesinde sadece 4 istasyon bulunmaktadır ve bu da sağlıklı yorum yapmaya olanak vermemektedir. Bu yüzden Marmara ve Ege Bölgelerine istasyon eklenmiştir.

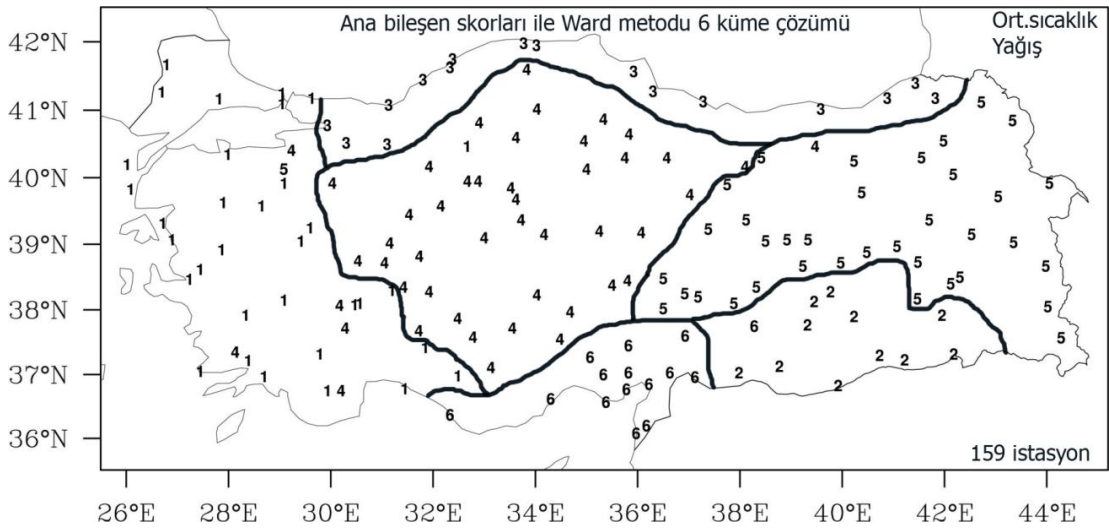
Ege Bölgesi: Bulanık-YSA ve Ward metodu sonuçları hemen hemen aynıdır. Marmara bölgesi civarındaki Gönen ve Yalova ve Akdeniz Bölgesi civarındaki Finike ve Fethiye istasyonları kullanılan 2 yönteme göre farklı bölgededir.

Güneydoğu Anadolu Bölgesinde 3 istasyon, Doğu Anadolu Bölgesinde 1 ve İç Anadolu Bölgesinde ise 4 istasyon farklı bulunmuştur. Ana iklim hatları her iki yöntemde de benzer olmasına rağmen alt iklim bölgelerinde belirgin farklılıklar vardır. Mesala Ward metodunda Ege Bölgesi 3 kısma ayrılırken Bulanık-YSA

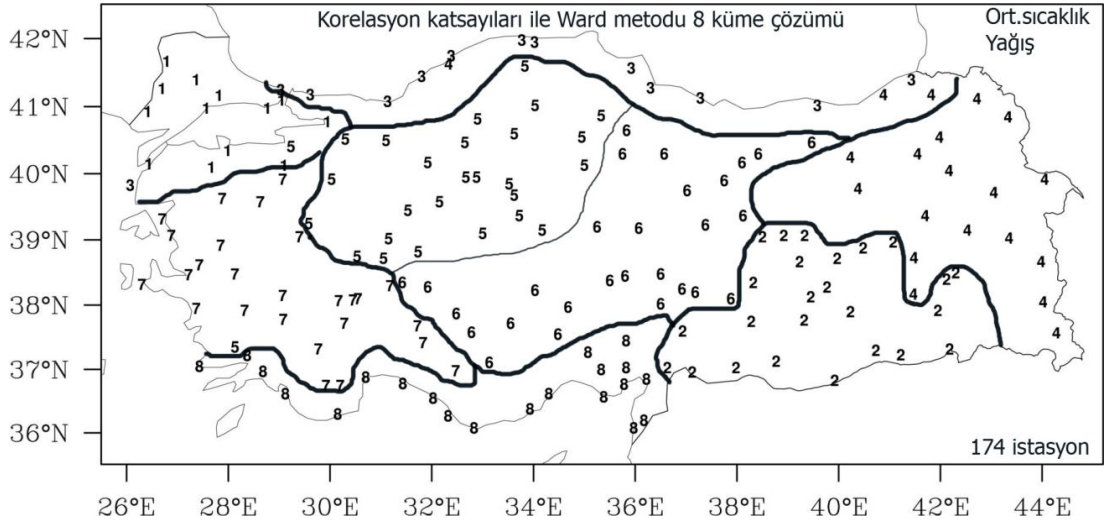
sonuçları 2 kısma ayrılmıştır. Benzer biçimde Doğu Anadolu Bölgesi Bulanık-YSA sonuçlarına göre 3 kısma ayrılırken Ward metodu sonuçlarına göre 2 kısma ayrılmıştır.

## 11.2 Ortalama Sıcaklık ve Yağış Verisi Kullanılan Küme Analizlerine Ek İstasyon Verisi Eklenmesi

Ortalama sıcaklık ve yağış verilerinin TBA skorları kullanılarak yapılan küme analizinde en fazla 9 istasyon eklenebilmiştir. Daha fazla istasyon eklendiğinde sonuçlar değişmiş ve kümelerin bütünlüğünü etkilemiştir. Bağıl nem verisinin de kullanıldığı küme analizinde bu sayı 167 idi. Sonuç olarak bağıl nem verisinin ortalama sıcaklık ve yağış verisiyle beraber kullanıldığı zaman veri uzayındaki kümeleşmelerin daha da belirginleştiği bir kez daha gösterilmiş olur.

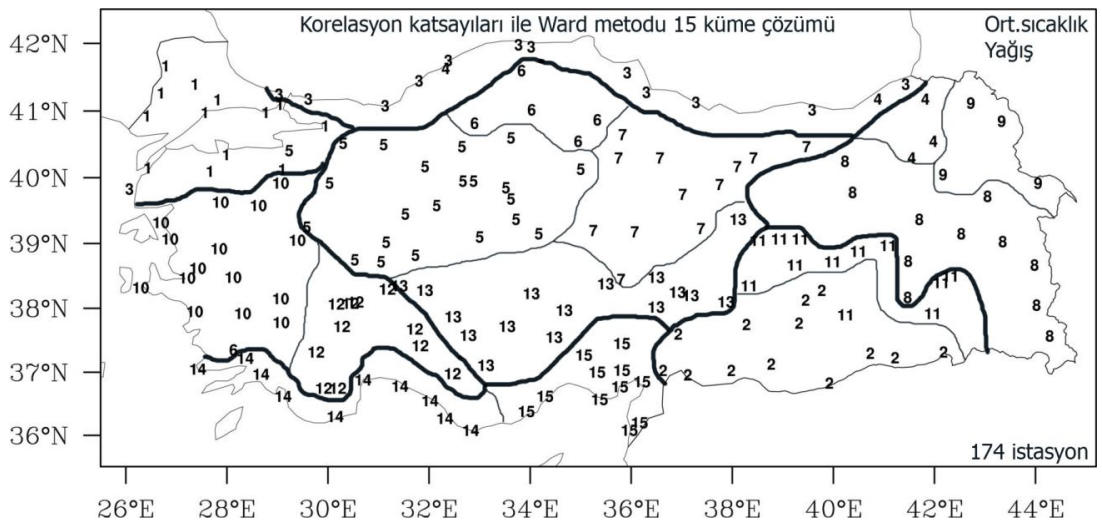


**Şekil 11.6:** Ortalama sıcaklık ve yağış aylık TBA skorları kullanılarak elde edilen Ward metodu 6 küme çözümü

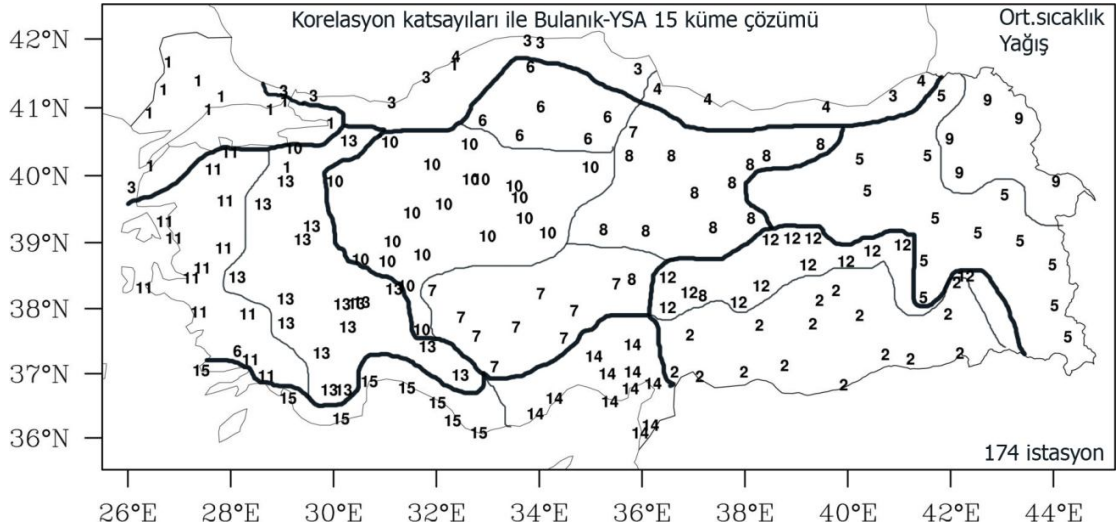


**Şekil 11.7:** Ortalama sıcaklık ve yağış aylık korelasyon katsayıları kullanılarak elde edilen Ward metodu 8 küme çözümü

Şekil 11.6’da 6 küme çözümü gösterilmiştir çünkü Ek 1 Şekil 1k) ve Şekil 1l)’de görüldüğü üzere 7 ve 8 küme çözümlerinde Marmara Bölgesi farklı bir küme olarak bulunmuştur.. Şekil 11.7’de ise KK ile yapılan çözümlerde Marmara Bölgesi görülmektedir. KK ile yapılan çözümlerde İç Anadolu Bölgesi çok daha geniştir ancak 2 alt iklim bölgesine ayrılmıştır. TBA skorları ile yapılan çözümlerde ise Doğu Anadolu Bölgesi çok geniş bir alana yayılmıştır. Buna karşılık KK ile yapılan çözümlerde Güney Doğu Anadolu bölgesinin iç kısımlarına doğru ilerlemiştir. Karadeniz ve Akdeniz Bölgelerindeki farklılıklar bağıl nem verisinin de kullanıldığı analiz sonuçlarına benzemektedir.



**Şekil 11.8:** Ortalama sıcaklık ve yağış aylık korelasyon katsayıları kullanılarak elde edilen Ward metodu 15 küme çözümü



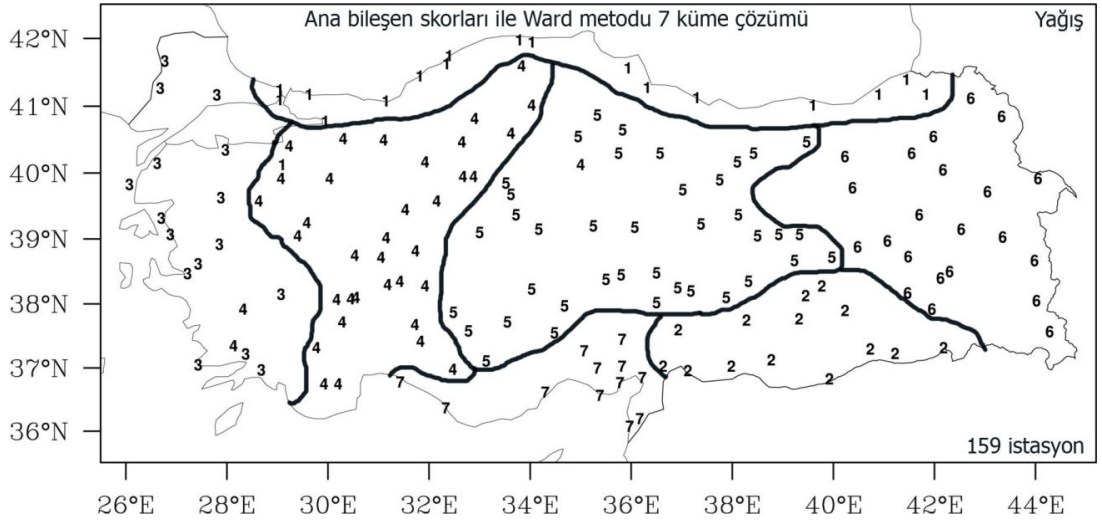
**Şekil 11.9:** Ortalama sıcaklık ve yağış korelasyon katsayıları kullanılarak elde edilen Bulanık-YSA metodu 15 küme çözümü

KK ile yapılan Ward metodu ve Bulanık-YSA metodu sonuçları Şekil 11.6 ve Şekil 11.9'da görülmektedir. Sonuçlar ana hatlarıyla birbirine çok benzemektedir en belirgin fark Güneydoğu Anadolu bölgesinde görülmektedir. Şekil 11.1'de TBA skorlarının kullanıldığı Ward metodu sonuçlarında da Güneydoğu Anadolu Bölgesi benzer biçimde çıkmıştır. Bulanık-YSA metodunda ise bu bölge bağıl nem kullanılan analiz sonuçlarıyla aynı çıkmıştır.

Alt iklim bölgeleri arasındaki farklar incelendiğinde Karadeniz, Ege ve Doğu Anadolu bölgeleri alt iklim bölgeleri arasında kullanılan 2 küme analizi metodları sonuçları arasında belirgin farklar vardır. Ward metodu sonuçlarına göre Karadeniz Bölgesi Bulanık-YSA sonuçlarında olduğu gibi Doğu ve Batı Karadeniz olmak üzere 2'ye ayrılmamıştır. Bulanık-YSA sonuçlarına göre Doğu Anadolu Bölgesi 3, Ward metodu sonuçlarına göre bu bölge 2 alt iklim bölgesine ayrılmıştır. Ege Bölgesinde ise Bulanık-YSA sonuçlarına göre kıyıya paralel bir biçimde 2 alt bölgeye ayrılmıştır. Ward metodu sonuçlarına göre ise yine bu bölge 2 alt iklim bölgesine ayrılmıştır ancak Bulanık-YSA sonuçlarındaki gibi paralel değildir.

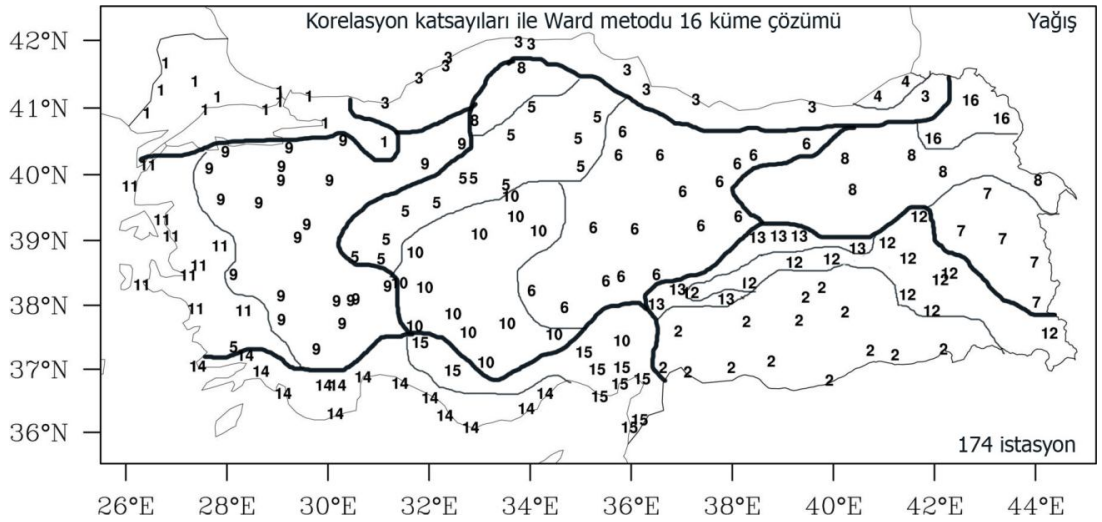
### 11.3 Yağış Verisi Kullanılan Küme Analizlerine Ek İstasyon Verisi Eklenmesi

TBA skorları ile yapılan küme analizine en fazla 9 istasyon eklenebilmiştir. KK ile yapılan analizde ise bu sayı yine 174'dür. Bu sayının diğer KK kullanılan analizlerle aynı olmasının sebebi 174 istasyonun Marmara ve Ege Bölgesindeki eksik yerleri doldurma açısından yeterli olup daha fazla istasyona gerek duyulmamasındandır.

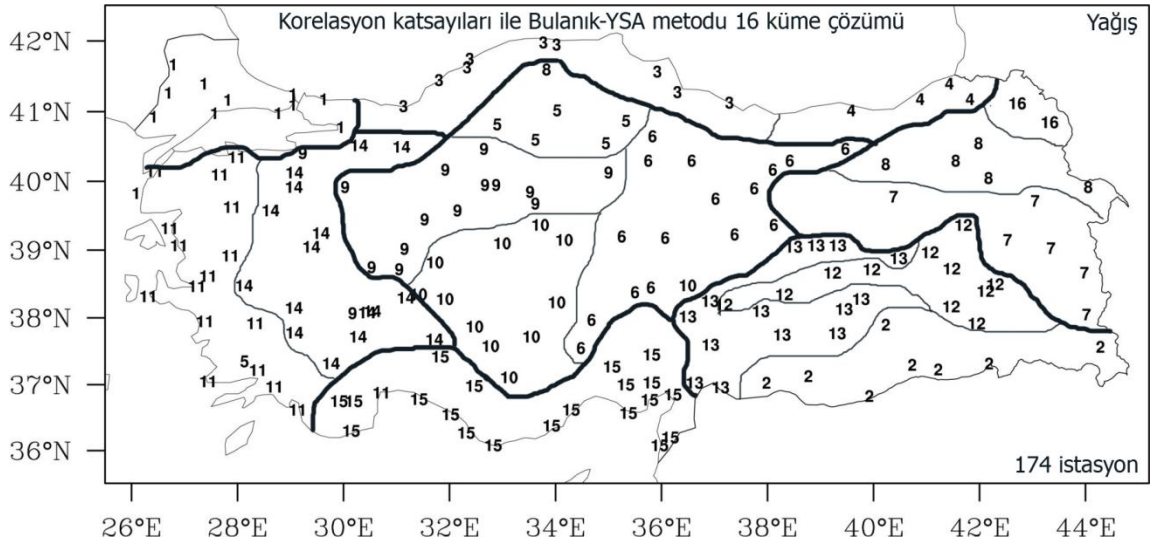


**Şekil 11.10:** Aylık yağış temel bileşen skorları ile elde edilen Ward metodu 7 küme çözümü

Şekil 11.10’da Ward metodunun yağış TBA skorlarına uygulanması sonucu ortaya çıkan sonuçlar görülmektedir. Sonuçlar beklendiği gibi çıkmamıştır ve Türkeş (1996)’in çalışmasıyla benzerlik göstermemektedir. Akdeniz, Güneydoğu Anadolu ve Karadeniz bölgesi bölüm bölüm 10.2’de bulunan sonuçlara benzese de Marmara Bölgesi ve İç Anadolu bölgesi farklı çıkmıştır ancak Türkiye haritası üzerindeki dağılımı oldukça bütünlük göstermektedir.



**Şekil 11.11:** Aylık yağış korelasyon katsayıları ile elde edilen Ward metodu 16 küme çözümü

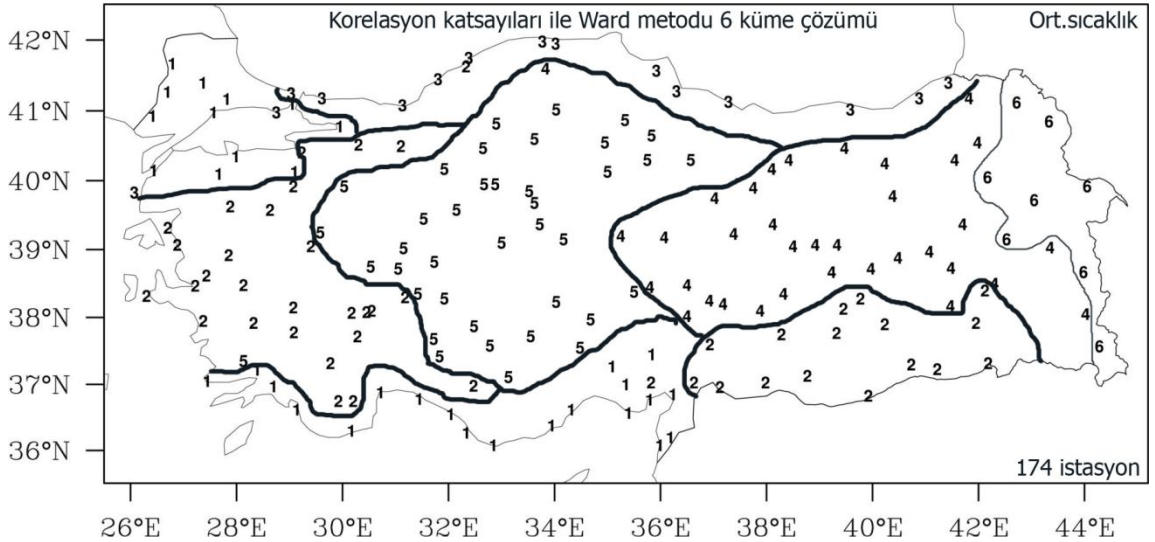


**Şekil 11.12:** Aylık yağış korelasyon katsayıları ile elde edilen Bulanık-YSA metodu 16 küme çözümü

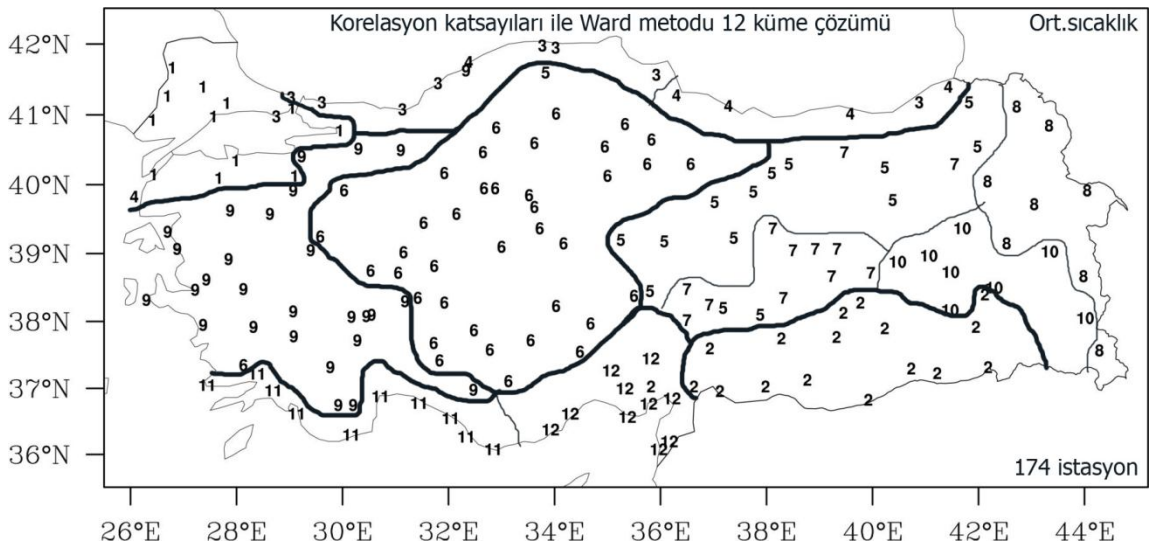
Şekil 11.11 ve Şekil 11.12’de Ward ve Bulanık-YSA 16 küme çözümü sonuçları görülmektedir. Şekil 11.11’de korelasyon katsayıları ile yapılan çözümlerin daha tutarlı olmasından, TBA skorları ile Ward metodunun bu bölgelerdeki kümeleşmeleri yeteri kadar iyi çözemediği düşünülmektedir. Sonuçlar ana hatlarıyla Marmara, Ege ve Akdeniz Bölgesinde farklılık göstermektedir. Diğer çözümlerde olduğu gibi alt iklim bölgelerinde yine bazı farklar vardır. Özellikle İç Anadolu Bölgesinde topoğrafyanın etkisi her iki küme analizi sonuçlarında da kendini göstermektedir. İç Anadolu Bölgesindeki 12 numaralı küme 13 ve 2 numaralı kümelerle göre çok daha yüksektir. Karadeniz bölgesindeki hesaplanan alt iklim bölgeleri de Bulanık-YSA yöntemine göre daha belirgindir. Hesaplanan alt iklim bölgesi sayısı Akdeniz Bölgesi hariç aynıdır. Literatür taramasında özeti anlatılan Türkeş (1996) çalışmasıyla karşılaştırılacak olursa bu çalışmada Türkeş (1996) çalışmasında Akdeniz ve Ege Bölgesi aynı yağış rejimi bölgesinde bulunmuştur. Bu çalışmada ise Ege ve Akdeniz Bölgesi ayrı yağış bölgeleri olarak bulunmuştur. Diğer bulunan bölgeler konum olarak benzer yerlerde olmakla beraber büyüklükleri değişiklik göstermektedir. Uygulanan yöntemlerin farklılığı ve kullanılan istasyon sayısının bu çalışmada 174 iken Türkeş (1996) çalışmasında bu sayının 91 olması sonuçlardaki farklılığın nedenleri olarak düşünülmektedir.

#### 11.4 Ortalama sıcaklık verisi kullanılan küme analizlerine ek istasyon verisi eklenmesi

Bu bölümde küme analizi metotlarına girdi olarak tüm istasyonların aylık ortalama sıcaklık zaman serilerinden oluşturulan 174x174 boyutlarında korelasyon matrisi kullanılmıştır. Burada oluşturulan korelasyon matrisi değerleri küme analizinde kullanılmadan önce normleştirilmiştir.



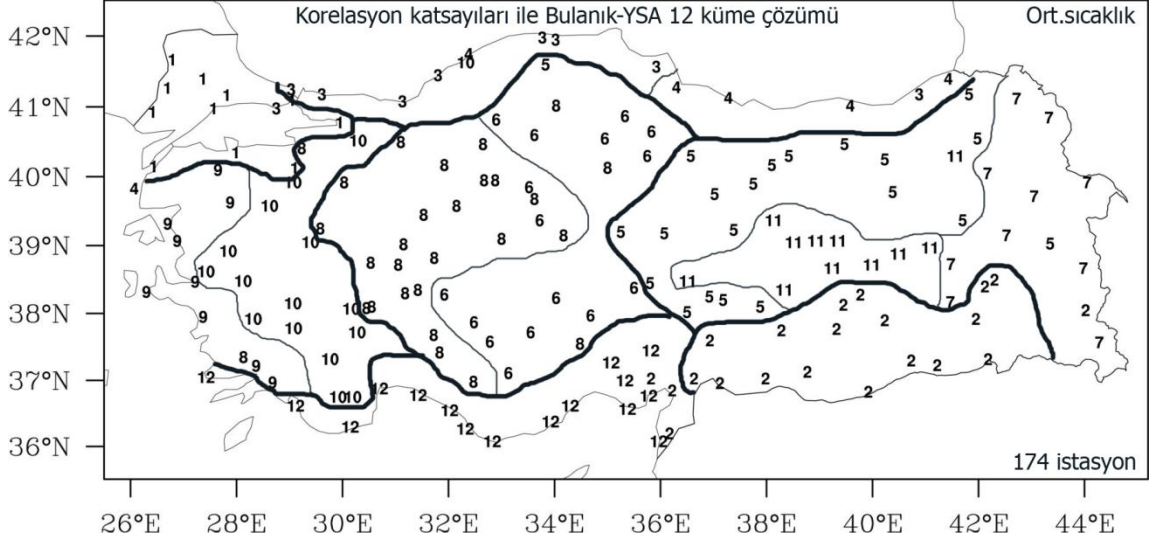
**Şekil 11.13:** Aylık ortalama sıcaklık korelasyon katsayıları ile elde edilen Ward metodu 6 küme çözümü



**Şekil 11.14:** Aylık ortalama sıcaklık korelasyon katsayıları ile elde edilen Ward metodu 12 küme çözümü

Şekil 11.13 ve Şekil 11.14’de Ward metodu ile yapılan 6 ve 12 küme çözümleri görülmektedir. 6 küme çözümünde Ege ve İç Anadolu bölgesinde görülen bütünlük

12 küme çözümünde de aynı kalmıştır. Topoğrafya farklılıklarının çok olduğu dolayısıyla sıcaklığın çok değişkenlik gösterdiği Doğu Anadolu Bölgesindeki bölünmeler beklenildiği gibi fazladır. Akdeniz Bölgesinin de Karadeniz Bölgesi gibi 12 küme çözümünde Doğu ve Batı olmak üzere ikiye bölünmesi dikkat çekicidir.

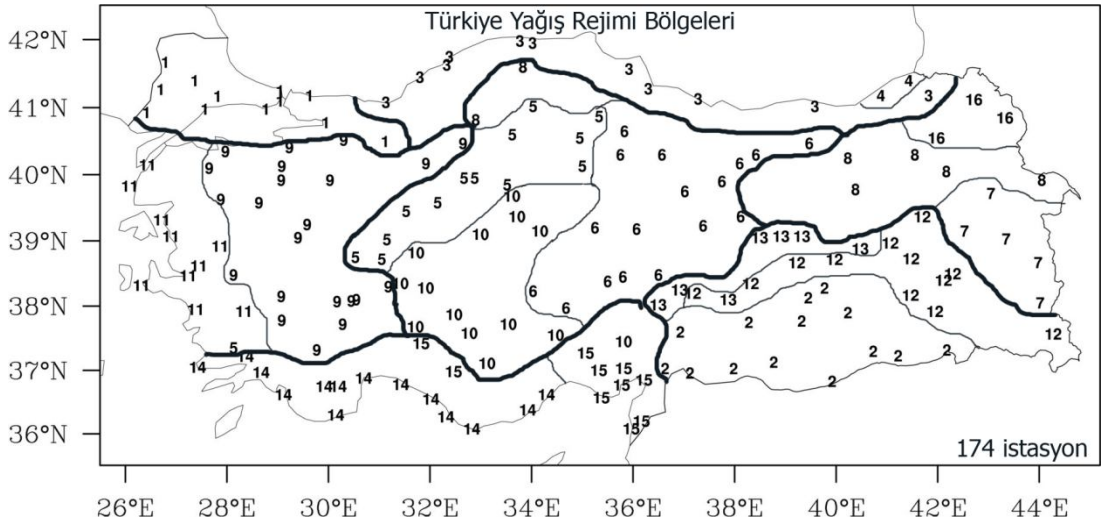


**Şekil 11.15:** Aylık ortalama sıcaklık korelasyon katsayıları ile elde edilen bulanık- YSA metodu 12 küme çözümü

Şekil 11.15'de Bulanık-YSA yöntemi ile yapılan 12 küme çözümü görülmektedir. Ward metodu sonuçlarında olduğu gibi Ege ve İç Anadolu Bölgesi bir bütün halde çıkmamıştır. Buna karşılık Bulanık-YSA metodunda İç Anadolu Bölgesi bir bütün olarak çıkmıştır. Burada dikkati çeken husus Bulanık-YSA ve Ward metodu çözümleri ana hatlarıyla nerdeyse tamamen aynıdır. Her ne kadar alt iklim bölgelerinde farklılıklar göze çarpsa da ana iklim bölgelerinin neredeyse aynı olması bu bölgelerin ana iklim bölgeleri olarak kabul edilmesini desteklemektedir.

## 12 TÜRKİYE YAĞIŞ REJİMİ BÖLGELERİNİN FARKLI VE ORTAK YÖNLERİNİN FİZİKİ COĞRAFYA DENETÇİLERİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Uygulanan Ward ve Bulanık-YSA metodu sonuçları ana hatlarıyla Ege ve Akdeniz Bölgesinin kesiştiği bölüm Marmara bölgesi ve Ege Bölgesinin kesiştiği küçük bir bölge hariç tamamen aynıdır. Ward metodu ve Bulanık-YSA metodu sonuçları arasındaki farklar alt iklim bölgelerinde kendini göstermektedir. Örneğin, Güneydoğu Anadolu Bölgesinin alt iklim bölgelerinin yeri Ward metoduna göre daha tutarlıdır. Genel hava dolaşımı ve hava kütleleri, arazinin topografyası ve bakışı gibi jeomorfolojik özellikler, fiziki coğrafya denetçileri, karasallık derecesi ve orografik etmenler de göz önüne alındığında, Ward metodu sonuçları korelasyon katsayıları kullanılarak bulunan Türkiye'nin yağış rejimi bölgelerini belirlemede daha başarılı olduğu kanısına varılmıştır. Bu yüzden Ward metodu sonuçları incelenecek ve bulunan bölgelerin ortak özellikleri, farklılıkları ve fiziksel coğrafya özellikleri açısından yorumları Ward metodu sonuçlarına göre yapılacaktır.



**Şekil 12.1:** Ward metodu ile yağış korelasyonlarının 16 küme sonucuna göre belirlenen Türkiye yağış rejimi bölgelerinin coğrafi dağılışları

Şekil 12.1'de Ward metodu ile bulunan Türkiye yağış rejimi bölgeleri, 1974-2002 yılları arasında ölçülmüş 174 adet istasyonun aylık toplam yağış verilerin kendi aralarındaki korelasyonları ile bulunmuştur.

## **12.1 Türkiye’de Görülen Yağış Rejimlerinin Genel Özellikleri ve Yağışa Neden Olan Etmenler**

Ülkemizin fiziki coğrafya özellikleri ve etrafının ılık denizlerle çevrili olması nedeniyle yağış dağılışı çeşitlilik göstermektedir. Türkiye’yi etkileyen yağışlar siklonik, orografik ve konvektif karakterlidir. Karadeniz ve Akdeniz’in denize bakan dik yamaçlarında orografik yağışlar, etrafı dağlarla çevrili olan iç kesimlerde ise konvektif yağışlar görülmektedir. Siklonik yağışa neden olan sistemlerin kuvvetli ve zayıf durumları yağış miktarları üzerinde etkileri çok büyüktür (Tümak Projesi, 1989).

Türkiye’deki yağış oluşumu koşulları esas olarak Kuzey Atlantik’ten taşınan nemli hava akımlarıyla bağlantılı İzlanda ve Akdeniz kökenli cephesel depresyonlarıyla kontrol edilmektedir (Türkeş, 1998b; Türkeş ve diğ. 2002). Türkiye’nin kıyı kesimlerinde görülen yağış rejimi genel olarak geniş ölçekli basınç sistemleri ve üst atmosfer sirkülasyonu ile kontrol edilmektedir (Tatlı ve diğ. 2004). NAO ve SO gibi atmosferik salınım indislerinin uzun dönem ve yıldan yıla değişimlerinin yağış değişikliği ve değişkenliği üzerinde önemli etkileri vardır (Kutiel ve diğ. 2002; Türkeş ve Erlat, 2003, 2005, 2006; Kutiel ve Türkeş, 2005; Tatlı, 2006).

Yağış değişimleri ile bölgesel deniz seviyesi basıncı (DSB) değişimleri arasındaki ilişkiye dayanarak, Türkiye yağışlarının kışın bölgesel atmosferik dolaşım koşullarına ve basınç merkezlerine büyük bir bağımlılık gösterirken, yazın, yağış oluşum koşullarının yerelleştiği ve yağışın esas olarak sinoptik ya da bölgesel ölçekten daha küçük atmosferik sistemlerce ve yerel konvektif etkinlikler ve orografik katkıyı da içeren fiziki coğrafya koşullarınca oluşturulduğu biçiminde yorumlanabilir (Türkeş ve diğ. 2003). İlkbaharda yağış oluşumu açısından yerel atmosferik süreçler de etkili olmaya başlamasına karşın, bu mevsimde yüksek atmosfer düzeyi koşullarında egemen olan ve kısa süreli dönemsellikte nitelenen düşük sıklıklı salınımlar, ilkbahar yağışlarına düşük sıklıklı salınımlar biçiminde yansımıştır. Bu, günlük yaşamdan ve sinoptik hava tiplerinden bildiğimiz gibi, ilkbaharda hava oldukça değişken olduğu için, Türkiye’deki hava koşulları açısından da doğrudur (Türkeş ve Erlat, 2007). Sonbahar yağış toplamaları da, kışın olduğu gibi, kıyılardan içerilere doğru azalır (Türkeş 1998c). İlkbahar ve sonbaharda, yerel

koşulların ve özellikle ilkbahar sonundaki konvektif etkinliklerin katkısıyla, kış-yaz dönemine göre ara ya da geçiş koşulları egemendir. Çok benzer sonuçlar İsrail için de bulunmuş (Kutiel, 1982; Sharon ve Kutiel, 1986; Kutiel, 1990) ve sonuçlar kış mevsimiyle karşılaştırılarak, bu durum konvektif etkinliklerin geçiş mevsimlerindeki artışına bağlanmıştır (Türkeş ve diğ. 2003)

Yıllık yağış değişkenliği Akdeniz yağış rejimi ile karakterize edilen Türkiye'nin güney kesimlerinden uniform yağış rejiminin hakim olduğu Karadeniz kıyılarına doğru azalmaktadır (Türkeş,1999). Çizelge 12.1'de Ward metodu ile bulunan alt iklim bölgelerinin 1974-2002 yılları arasındaki 29 yıllık ortalamalar alınarak hesaplanan mevsimsel dağılım yüzdesi, yıllık toplam yağış ortalamaları ve ortalama yükseklikleri görülmektedir.

**Çizelge 12.1:** Bölgelerin 1974-2002 yılları arasındaki ortalamalara göre mevsimsel yağış dağılımı, toplam yağış ve yükseklik değerleri

| Ana Küme Adı                         | Alt K. No | Mevsimlere göre yağışların yüzde dağılımı(%) |          |       |         | Ort. yıllık toplam yağış (mm) | Ort. yüks. (m) |
|--------------------------------------|-----------|----------------------------------------------|----------|-------|---------|-------------------------------|----------------|
|                                      |           | Kış                                          | İlkbahar | Yaz   | S.bahar |                               |                |
| Marmara Y. Bölgesi (Geçiş)           | 1         | 33.00                                        | 23.00    | 15.17 | 28.83   | 719.94                        | 67.31          |
| Güneydoğu Anadolu Y. Bölgesi (Geçiş) | 2         | 48.79                                        | 32.33    | 1.37  | 17.51   | 589.71                        | 628.11         |
|                                      | 12        | 33.46                                        | 39.91    | 5.05  | 21.57   | 654.51                        | 1344.831       |
|                                      | 13        | 39.63                                        | 35.45    | 3.76  | 21.15   | 666.98                        | 1159.27        |
| Karadeniz Y. Bölgesi                 | 3         | 30.78                                        | 18.87    | 18.52 | 31.83   | 956.26                        | 112.36         |
|                                      | 4         | 26.53                                        | 13.58    | 22.38 | 37.51   | 2098.06                       | 55.78          |
| İç Anadolu Y. Bölgesi                | 5         | 27.77                                        | 34.31    | 17.72 | 20.18   | 406.71                        | 887.88         |
|                                      | 6         | 28.14                                        | 38.50    | 11.60 | 21.75   | 430.37                        | 1154.48        |
|                                      | 8         | 21.45                                        | 32.98    | 25.12 | 20.45   | 463.35                        | 1088           |
|                                      | 10        | 31.83                                        | 34.95    | 11.79 | 21.41   | 399.23                        | 1083           |
| Doğu Anadolu Y. Bölgesi              | 7         | 26.40                                        | 40.25    | 11.25 | 22.09   | 463.45                        | 1855           |
|                                      | 8         | 19.19                                        | 36.21    | 23.07 | 21.52   | 410.71                        | 1388.5         |
|                                      | 16        | 13.22                                        | 33.55    | 34.71 | 18.53   | 451.87                        | 1613           |
| Ege Y. Bölgesi                       | 9         | 37.08                                        | 29.39    | 10.94 | 22.58   | 585.37                        | 705.51         |
|                                      | 11        | 47.30                                        | 24.97    | 3.10  | 24.64   | 596.01                        | 33.93          |
| Akdeniz Y. Bölgesi                   | 14        | 55.83                                        | 19.01    | 1.43  | 23.73   | 906.78                        | 134.84         |
|                                      | 15        | 45.07                                        | 26.24    | 5.53  | 23.17   | 830.16                        | 349.33         |

Çizelge 12.1'de Alt K. No alt küme numarasını Ort. ise ortalamayı ifade etmektedir. Çizelge 12.1'deki değerler ortalama değerler olduğundan bulunan bölgeler arasında kesin bir farklılığı göstermez ancak genel bir karşılaştırma için yararlıdır.

Yağış Türkiye'nin batı ve güney bölgelerinde daha mevsimseldir (Türkeş,1999). Çizelge 12.1'de görüldüğü gibi Türkiye'nin batı ve güney bölgelerindeki 14,15 ve 11 numaralı istasyonların kış yağışları yüzdelerinin çok yüksek (%45.07 - % 53.85 arası), yaz yağış yüzdelerinin ise çok düşük olması (%5.53 - %2.68 arası) belirgin bir mevsimsel karakteri doğrulamaktadır.

Yağışların dönemsellğinde bölgeler arası farklılıklar bulunmaktadır (Türkeş ve diğ. 2002). Örneğin, kış yağış dizileri için MARG ve AKD ve EGE yağış bölgelerinde uzun dönemli dalgalanmalar, KARD'de ise kısa süreli döngüler bulunmuştur. Ayrıca, yağış dizilerinin ısrar ve dönemsellik özelliklerinde mevsimler arası zıtlıklar vardır. Örneğin, kış ve ilkbahar yağış dizilerinin yıldan yıla değişebilirlik bileşenleri, birçok istasyonda önemli ölçüde farklıdır: kışın düşük sıklıklı dalgalanmalar belirgin iken, ilkbaharda, yüksek sıklıklı salınımlar egemendir (Türkeş ve diğ. 2002). Türkiye istasyonlarının çoğunda, yıllık yağışlar ve kış yağışları, 1960'lı yılların sonuna kadar genel bir artış eğilimiyle birlikte düşük sıklıklı bir dalgalanma gösterirken, 1970'li yıllardan başlayarak ortalamanın altındaki yağışların birbirini daha fazla izlediği, daha az değişken bir gidiş sergilemiştir (Türkeş ve Tatlı, 2009).

#### **12.1.1 Bulunan 7 adet ana yağış rejimi ve 16 adet alt yağış rejimi bölgelerinin farklılıklarının ortaya konması**

Yağış rejimlerinin bulunması için korelasyonlardan oluşan matrisin kullanıldığı küme analizi sonuçları herhangi bir mevsimsel indeks kullanmamasına rağmen mevsimsellik unsurlarını barındırmaktadır. Çizelge 12.1'de gösterildiği üzere bulunan ana yağış rejimi bölgelerinin yağış yüzdesi dağılımlarına göre mevsimsel karakteristiklerinin farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Bu yüzden bulunan alt ve ana yağış rejimi bölgelerinin farklılıkları açıklanırken mevsimsel yağış yüzdelerinin hesaplandığı çizelgelerden faydalanılacaktır.

Yıllık yağışlar ile 500 hPa jeopotansiyel yükseklikleri arasındaki negatif ilişki katsayıları, iyi tanımlanan ama kuvvetli olmayan bir alansal (coğrafi) ilişki gösterir (Türkeş ve diğ. 2002) Anlamlı negatif ilişki katsayıları, esas olarak atmosferik karışıklıkların (örneğin, cephesel alçak basınçlar, yüksek seviye alçakları ve oluklar, vb.) etkisinde bulunan yağış oluşum alanlarının iyi bir göstergesi olarak düşünülebilir. Pozitif ve zayıf negatif ilişkiler ise, fiziki coğrafya etmenlerinin (örneğin, topografya, bakı, karasallık, vb.) atmosferik koşullardan daha etkili, ya da

en az onlar kadar etkin, olduğu alanlardaki yağış oluşumu koşullarının bir göstergesi olarak değerlendirilebilir (Türkeş, 1998). Bu yüzden, bulunan alt ve ana yağış rejimi bölgelerinin farklılıkları açıklanırken İstanbul'un 500 hPa jeopotansiyel yükseklik dizileri ile Türkiye'deki 91 istasyonun yağış dizileri arasındaki ilişki katsayılarının alansal dağılışı desenleri ve çizelgeleri kullanılacaktır.

Yağış zaman serilerinde gözlenen ısrar; bir gözlem dizisindeki ardışık değerlerin kendilerinden önceki değerleri 'hatırlama' ve onlardan etkilenme eğilimi ve dönemsellik ise bir gözlem dizisinde görülen periyodiklik olarak tanımlanabilir. Anlamlı negatif dizisel ilişki katsayıları (GA-1D), büyük bir olasılıkla, yüksek sıklıklı salınımların göstergesi iken, pozitif GA-1D katsayıları, büyük bir olasılıkla, iklimsel dizilerdeki ısrarın ve düşük sıklıklı dalgalanmaların göstergesidir (Türkeş ve diğ. 2002). Sonbahar yağışlarında çoğunlukla görülen dizisel bağımlılığa karşı rastgele olma durumu, yaz yağışlarındaki değişebilirliğin bir bölümünün pozitif, bir bölümünün negatif dizisel ilişki katsayıları ile açıklanması ve ilkbahar yağışlarında genel olarak görülen negatif ısrar (Türkeş ve diğ. 2002) yüzünden yağış rejimi bölgeleri arasındaki farklar vurgulanırken özellikle kış yağışları için hesaplanan dönemsellik ve ısrar sonuçları kullanılacaktır. Zaten, kış yağışlarında Karadeniz yağış rejimi hariç diğer tüm yağış rejimi bölgelerinde görülen pozitif ilişki görülmüştür (Türkeş ve diğ. 2002). Bu benzerlik, Türkiye'nin birçok istasyonunda kış yağışlarının yıllık yağış içindeki payının oldukça büyük oluşuyla açıklanabilir (Türkeş, 1998).

Türkeş (1998c, 1999) meteoroloji istasyonuna göre genel olarak mevsimsel indeksi 0.55'den yüksek olan alanlar Akdeniz tipi (kışın yağışlı) yağış rejimindedir. Bu bölgeler Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgeleridir. Mevsimsel indeks bu yağış toplamalarının Türkiye'nin farklı bölgelerindeki mevsimlere göre karşıtlığını vurgulamaktadır (Türkeş, 1998c, 1999). İlkbahar yağışının mevsimselliğine göre Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Ege bölgesi ve kısmen de Akdeniz bölgesinden ayrılmaktadır. Güneydoğu Anadolu bölgesindeki istasyonların ilkbahar yağış yüzdeleri %30-35 arasında değişmektedir. Bu yüzde Akdeniz ve Ege bölgesinden çok İç Anadolu yağış rejimindeki ilkbahar yağış yüzdesine benzemektedir. Diğer bir taraftan MI değeri genel olarak 0.35 'den küçük olan değerler Karadeniz ve Kuzey Marmara bölgelerinde hesaplanmıştır. Sonuç olarak, Türkeş (1998c, 1999) çalışmasında hesaplanan mevsimsel indekslere (Mİ) göre hazırlanan harita bu

çalışmada belirlenen yağış rejimi bölgelerine ana hatları ile çok benzemektedir bu yüzden mevsimsel indekslere (Mİ) göre hazırlanan harita (Türkeş, 1998c, 1999) yardımıyla alt ve ana yağış rejimi bölgeleri arasındaki farklar açıklanmaya çalışılacaktır.

Temel bileşen analizi (TBA) ile istasyonların yağış zaman serileri arasındaki alansal ilişkiler (coğrafi otokorelasyon) gösterilerek yağış rejimini etkileyen lokal ve bölgesel faktörler belirlenebilir (Türkeş ve diğ. 2008). TBA analizine göre ilk temel bileşen genel olarak geniş ya da sinoptik ölçekli iklim tipleri ilişkilidir, diğer temel bileşenler ise çoğunlukla yerel bilgileri içermektedir (Tatlı ve diğ. 2005). Türkeş ve diğ. (2008) çalışmasına göre ilk 6 bileşenin mevsimsel yağışın değişkesini %65-%70 arasında açıkladığından bu bileşeni temel bileşen olarak kabul edilip Türkiye toplam yağış serilerinin alansal-zamansal değişkenliği açıklanmıştır. İlk temel bileşen genel olarak geniş ölçekli ve/veya sinoptik ölçekli atmosfer özellikleri (yüzey ve üst atmosfer hava basıncı rüzgâr sistemleri) ile yakından ilişkilidir. Kış aylarında Türkiye'nin batı ve güneybatı kesimlerinde hesaplanan yüksek yüklemeler, geniş ölçekli atmosferik sirkülasyonların ve hava biçimlerinin etkisini gösteren Akdeniz yağış rejimi bölgeleri ile karakterize edilir. Türkiye'nin Doğu ve Kuzeydoğu ve kesimlerinde hesaplanan küçük yükleme değerleri ise kuzey orta enlem siklonların ve etkisini ve kuzeyli ve doğulu hava dolaşımlarıyla bağlantılı Doğu Avrupa ve Sibirya kaynaklı yüksek basınçların kış yağış değişimi üzerindeki etkisi ile ilgilidir (Türkeş ve diğ. 2008). Genel olarak bu tez çalışmasında, yağış rejimini etkileyen faktörlerin daha belirgin olarak görüldüğü kış ve sonbahar mevsimi için hesaplanan TBA sonuçları ile ilgili desenler kullanılacaktır.

Yıllık ve mevsimsel yağış değerlerinin konumsal değişkenliği değişim katsayısı (DK) ile gösterilebilir (Türkeş, 1998c, 1999). Doğu Anadolu, Marmara, Ege ve Akdeniz'in birçok bölgesinde kış yağış DK değerleri %35 değerinin üzerindedir. Yaz yağış değişkenliği ise Ege, Akdeniz ve Güney Doğu Anadolu bölgesinde %80'nin üzerinde ve Doğu Karadeniz kıyısında % 35'den düşüktür. Yıllık yağış değişkenliği Akdeniz yağış rejimi ile karakterize edilen Türkiye'nin güney kesimlerinden uniform yağış rejiminin hakim olduğu Karadeniz kıyılarına doğru azalmaktadır. Sonuç olarak DK değerleri ile hazırlanan harita (Türkeş, 1998c, 1999) yağış rejimi bölgelerinin karakteristik özellikleri hakkında önemli bilgiler taşıdığından, bu tez çalışmasında bulunan yağış rejimi bölgelerinin yorumlanmasında kullanılacaktır.

Yağış rejiminin alansal ve zamansal özelliklerindeki değişimlerin, bölgesel deniz seviyesi basıncındaki (DSB) değişikliklerle ilişkisi kurulabilir (Türkeş ve diğ. 2003; Kutiel ve diğ. 2001). Özellikle Türkiye'deki uzun süreli yağış değişimleri ile bölgesel DSB değişimleri arasındaki ilişkinin en kuvvetli olduğu dönem kış mevsimidir; yazın ilişki çok zayıftır ya da yoktur (Türkeş ve diğ. 2003; Kutiel ve diğ. 2001). Bu yüzden kış mevsimi ile ilgili yağış rejimi alansal ve zamansal özelliklerinin DSB ile değişimi sonuçları üzerinde durulacaktır.

Kuzey Atlantik Salınımı (NAO), sinoptik ve yarımküresel ölçekli hava olaylarını ve bölgesel iklim aykırılıklarını kontrol eden geniş ölçekli atmosferik uzak bağlantı desenlerinin oldukça iyi bilinen örneklerinden biridir. Türkiye yağışları ile NAO indisleri arasında yapılan ilişki çözümlemesine göre, yıllık ve yaz dışında mevsimlik yağış dizilerinin çoğu ile NAO indisleri arasında negatif bir ilişki bulunduğunu ve yağışların yıl içinde NAO' ya verdiği tepkinin önemli mevsimlik farklar gösterdiğini ortaya koymuştur. Özellikle kış ve kısmen de sonbahar mevsimlerinde kuvvetlenen doğrusal negatif ilişki, ilkbahar mevsiminde zayıflamakta ve yaz mevsiminde neredeyse yok olmaktadır (Türkeş ve Erlat, 2003). Bu yüzden yıllık ve kış NAO indeksinin NY ile olan korelasyon katsayıları ile hazırlanan desenler yağış rejimlerinin farklılıklarının açıklamakta kullanılacaktır.

## **12.2 Karasal İç Anadolu Yağış Rejimi (KİAN)**

Bu bölgede görülen yağış rejimi Türkeş (1996,1998b) çalışmasında olduğu gibi Karasal İç Anadolu yağış rejimi olarak adlandırılmıştır. Bu yağış rejimi bölgesinde 5,6,8 ve 10 numaralı alt yağış rejimi kümeleri bulunmaktadır. Karasal İç Anadolu (KİAN) yağış rejimi orta yağışlı soğuk bir ilkbahar/kış ve az yağışlı sıcak bir yaz mevsimi ile birlikte, yarıkurak ve kurak-yarınemli bozkır olarak tanımlanmıştır (Türkeş, 1996, 1998b). Karadeniz ve Akdeniz yağış rejimi arasında kalan İç Anadolu yağış rejimi tamamen ayrı özellikler göstermektedir. En çok yağış ilkbahar ve kış mevsiminde en az yağış ise yaz mevsiminde görülmektedir (8 numaralı alt yağış rejimi bölgesi hariç). İç Anadolu'nun coğrafik durumu, kuzey ve güney kesimleri yüksek dağlarla çevrilmiş olması nemli hava hareketlerini kesmekte ve bol yağış almasını engellemektedir.

Kışın bu bölge karasal polar (cP), maritm polar (mP) ve maritm tropikal (mT) hava kütleleri ve batı yönlü siklonların etkisinde kalır (Erinç, 1996). İlkbaharın gelmesi,

hava sıcaklığının artmaya başlaması ile İç Anadolu'da toprağın Doğu Anadolu'ya göre daha erken ısınması sonucunda yüksek basınç merkezi de doğuya doğru çekilir. Dolayısıyla ilkbaharda batı yönlü siklonların faaliyeti İç Anadolu'da artar ve yağışlar daha çok yağmur şeklini alır. Mayıs ayı başından itibaren hava ve toprak karasallığının etkisiyle hızla ısınmaya başlar. Bu yüzden konvektif yağış şartları da kendini gösterir. Bu günlerde toprak yüzeyinin sıcaklığı yeterli dereceye ulaştığı, buharlaşma arttığı ve atmosferin üst kısımları soğuk olduğu için konvektif yağışlar genellikle öğleden sonra (kırkikindi yağışları) görülür. Ayrıca ilkbahar ayında gezici siklonlar aktivitelerinin arttırdığından genel olarak ilkbahar ayında kış ayına göre biraz daha fazla yağış görülür. Bu durum bu bölgedeki tüm alt yağış rejimi bölgelerinde görülmektedir. Yaz mevsiminde mP ve Cp hava kütleleri ile Polar cephe kuzeye çekilir. Buna karşılık Türkiye tropikal hava kütlelerinin etkisine girer. Çok kuru haldeki cT hava kütleleri kendilerini gösterirler.

Yarıkurak ve kurak-yarınemli iklim koşulları, Anadolu'nun karasal iç bölgelerinde egemendir (Türkeş, 1998c, 1999). Karasal İç Anadolu (KİAN) bölgesi yağışları, genellikle 3-3.2 yıllık kısa ve 6, 7, 8.4 yıllık orta süreli salınımlar gösterir (Türkeş ve diğ. 2002). GA-1D sınamasına göre, normalleştirilmiş yıllık ve mevsimlik yağış dizileri 0.05 düzeyinde anlamlı bir dizisel ilişki tespit edilen istasyon sayısı bu bölgedeki toplam istasyon sayısına göre azdır (mevsimlere göre 7 istasyonda pozitif anlamlı ilişki ve 6 istasyonda negatif ilişki) (Türkeş ve diğ. 2002). Bu katsayı daha çok AKD ve KAKD bölgelerinde anlamlıdır (Türkeş ve diğ. 2002). Bu sonuca göre esas olarak atmosferik karışıklıkların (örneğin, cephesel alçak basınçlar, yüksek seviye alçakları ve oluklar, vb.) etkisinde bulunan yağış oluşum alanlarının bu bölgelerde etkili olduğunu göstermektedir.

### **12.2.1 10 numaralı bölgenin yağış durumunun incelenmesi**

İlk önce bir karşılaştırma yapmak açısından 10 numaralı kümede bulunan 14 adet istasyonunu mevsimsel yağış dağılımları incelenecektir. 10 numaralı alt kümeye ait istasyonlar Konya ovası ve kuzeyindeki birkaç istasyondan oluşmuştur. Çizelge 12.2 incelendiğinde 227 numaralı Kozan/Adana istasyonu hariç diğer istasyonların çok benzer özellikler gösterdiği görülmektedir. Bu istasyonun ait olduğu kümeye göre yağış miktarı çok fazla yüksekliği ise çok azdır. Zaten Şekil 12.1'de bu istasyon Akdeniz Bölgesinde gösterilmiştir. 227 numaralı istasyon bu bölgeden çıkarılıp

Akdeniz Bölgesine dâhil edilmiştir. Toplam yağış miktarlarına bakıldığında, toplam yağışların 324.75-551.176 mm, yüksekliğin ise 1002-1453 metre arasında değiştiği görülmektedir. Mevsimsel yağışlarda ise bütün istasyonlar benzer davranış göstererek kış ve İlkbahar aylarında yaz ve sonbahar aylarına göre daha fazla yağış dağılımı göstermiştir.

Bu bölgenin yazları sıcak ve kurak, kışların ise soğuk ve kar yağışlı olması Akdeniz ikliminden etkilendiğini gösterir. İlkbahar mevsimi serin ve yağışlı; sonbaharda ise Eylül ayından sonra yağışların kendini gösterdiği mevsimdir.

**Çizelge 12.2:** 10 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların mevsimlere göre dağılımı

| İstasyon No | Mevsimlere göre yağışların yüzde dağılımı(%) |          |        |          | Ortalama toplam yağış (mm) | Yükseklik (m) |
|-------------|----------------------------------------------|----------|--------|----------|----------------------------|---------------|
|             | Kış                                          | İlkbahar | Yaz    | Sonbahar |                            |               |
| 49          | 31.794                                       | 35.186   | 11.236 | 21.783   | 387.993                    | 1,007.17      |
| 73          | 30.475                                       | 34.362   | 10.749 | 24.415   | 324.75                     | 1,030.61      |
| 152         | 29.713                                       | 37.733   | 11.673 | 20.882   | 423.471                    | 1,140.00      |
| 162         | 32.825                                       | 34.793   | 12.274 | 20.108   | 396.36                     | 1,010.00      |
| 163         | 32.946                                       | 35.383   | 10.801 | 20.87    | 465.223                    | 1,075.00      |
| 180         | 29.421                                       | 34.888   | 14.955 | 20.736   | 449.802                    | 1,140.00      |
| 193         | 33.728                                       | 31.515   | 13.001 | 21.755   | 551.176                    | 1,002.00      |
| 194         | 29.123                                       | 34.847   | 13.571 | 22.458   | 431.648                    | 1,034.00      |
| 222         | 38.561                                       | 28.903   | 8.521  | 24.015   | 486.341                    | 1,148.00      |
| 224         | 33.203                                       | 35.585   | 8.675  | 22.538   | 325.158                    | 1,013.00      |
| 225         | 31.501                                       | 36.128   | 12.189 | 20.182   | 290.224                    | 1,004.00      |
| 226         | 25.388                                       | 43.123   | 12.931 | 18.558   | 322.983                    | 1,453.00      |
| 227         | 35.127                                       | 31.967   | 12.804 | 20.102   | 856.221                    | 109           |
| 233         | 35.484                                       | 34.824   | 9.892  | 19.8     | 334.866                    | 1,023.05      |

Çizelge 12.2’de görüldüğü gibi kış ve ilkbahar mevsimlerine ait yağış oranları birbirine oldukça yakındır. Kış mevsimindeki gibi bu bölgede sonbahar ayında siklonik aktiviteler fazla olmaz bu yüzden kış mevsimine göre sonbahar ayında biraz daha az yağış görülür. Bu durum bize bu bölgede ‘Gecikmiş Akdeniz’ yağış rejiminin etkili olduğunu göstermektedir.

Türkiye’nin alan olarak en büyük ve en kurak yöresi Konya ovası bu bölgede bulunmaktadır (Türkeş, 1998c, 1999). Yıllık NAO indeksi ve normalleştirilmiş yağış (NY) arasındaki korelasyon katsayıları bu bölgeden Akdeniz kıyılarına doğru azalmaktadır (Türkeş ve Erilat, 2003). Bu durum Toros dağlarının engelleyici özelliğinin bir göstergesidir. Ayrıca Ege bölgesinden bu bölgeye doğru NOAI ve NY

arasındaki korelasyon katsayıları azalmaktadır. Bu durum da bu bölgenin batı yönlü depresyonlardan etkilendiğini göstermektedir. İç Anadolu bölgesinde NOAİ ve NY arasındaki korelasyon katsayılarının en yüksek olduğu bölge bu bölgedir (Türkeş ve Erlat, 2003). Kuzey, güney ve doğuya doğru gidildikçe bu katsayı azalmaktadır. Bu sonuca göre bu bölgede yağış oluşumları genel olarak geniş ölçekli basınç sistemleri ve üst atmosfer sirkülasyonundan KİAN yağış rejimi bölgesindeki diğer alt yağış rejimi bölgelerinden daha fazla etkilendiği yorumu yapılabilir.

Kış mevsimi TBA1 sonuçları genel olarak geniş ölçekli atmosferik sirkülasyon ve hava sistemleri ile ilişkilidir (Türkeş ve diğ. 2008). Dolayısı ile makro Akdeniz iklimi ve Akdeniz ikliminden karasal Anadolu'ya geçiş, TBA1 yüklemelerinin coğrafik dağılım haritasında (Türkeş ve diğ. 2008) belirgin bir biçimde görülmektedir. 10 numaralı kümenin olduğu bölgede bu geçiş açıkça görülmektedir. Yıllık, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsiminde İstanbul'un 500 hPa jeopotansiyel yükseklik dizileri ile 10 numaralı bölgedeki istasyonların yağış dizileri arasındaki ilişki katsayılarının alansal dağılışı desenleri (Türkeş vd, 2002) incelendiğinde 0.05 ve 0.01 anlam düzeyinde her hangi bir önemli ilişki tespit edilmemiştir. Ancak sonbahar mevsimi için bu bölgeden KİAN bölgesinin iç kısımlarına doğru (kuzey ve kuzeydoğu) gidildikçe yağış dizileri arasındaki ilişki katsayıları hem 0.05 hem de 0.01 düzeyinde anlamlıdır (Türkeş vd, 2002). Bu durum ise sonbahar yağışlarında atmosferik koşulların etkin olduğunu fiziki coğrafya denetçilerinin ise etkisini fazla göstermediğini göstermektedir.

Mevsimsellik indeksi (Mİ) ve yıllık toplam yağış için hesaplanan değişim katsayıları (DK) Türkiye'nin güneyinden kuzeyine doğru azalmaktadır (Türkeş, 1998c, 1999). DK değerlerinde görülen azalma hızı güneyden KİAN bölgesindeki 10 numaralı alt yağış rejimi bölgesinde bulunan Tuz gölüne kadar olan kısımlarda daha fazladır. DK değerleri bu bölgede 20-23 arasında değişmektedir (Türkeş, 1998c, 1999). Tuz gölü civarından kuzeye doğru gidildikçe DK değerlerinde görülen azalma hızı çok azdır hatta 17 değerinde sabitlenmektedir. 10 numaralı alt yağış rejimi bölgesinde Mİ değerleri ise 0.35 civarındadır. Bu bölgeden kuzeye ve kuzeybatıya doğru Mİ değerlerinde azalma görülmektedir (Türkeş, 1998c, 1999).

### 12.2.2 5 numaralı bölgenin yağış durumunun incelenmesi

Göller yöresinin yaklaşık olarak kuzeyinde ve Ankara'ya kadar uzanan bir bölgede bulunan 5 numaralı kümede 13 adet istasyon vardır. Çizelge 12.3'de de görüldüğü üzere istasyonların hem ortalama yıllık hem de mevsimsel yağış dağılımı çok benzerlik göstermektedir. Ortalama yıllık toplam yağışın 363.941-476.55 mm ve yüksekliğin ise 755-1033 m arasında değiştiği görülmektedir. Bu değerler birbirine yakın değerlerdir. İlkbahar ayında görülen yağışların fazlalığı, karasallığın etkisiyle hava ve toprağın ısınmaya başlaması ve konvektif yağışlara neden olması ile açıklanabilir.

**Çizelge 12.3:** 5 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların mevsimlere göre dağılımı

| İstasyon<br>No | Mevsimlere göre yağışların yüzde dağılımı(%) |          |        |          | Ortalama<br>toplam yağış<br>(mm) | Yükseklik<br>(m) |
|----------------|----------------------------------------------|----------|--------|----------|----------------------------------|------------------|
|                | Kış                                          | İlkbahar | Yaz    | Sonbahar |                                  |                  |
| 24             | 26.9                                         | 35.005   | 19.655 | 18.44    | 403.91                           | 751.00           |
| 25             | 24.171                                       | 35.059   | 20.05  | 20.719   | 425.155                          | 755.00           |
| 26             | 24.92                                        | 34.826   | 20.884 | 19.37    | 449.576                          | 775.91           |
| 43             | 31.318                                       | 33.322   | 14.994 | 20.367   | 408.445                          | 959.33           |
| 44             | 30.056                                       | 33.224   | 16.95  | 19.77    | 363.941                          | 799.00           |
| 45             | 28.621                                       | 34.749   | 16.278 | 20.351   | 406.11                           | 890.52           |
| 46             | 29.304                                       | 36.684   | 15.144 | 18.868   | 383.916                          | 750.89           |
| 57             | 28.878                                       | 33.818   | 16.893 | 20.411   | 413.955                          | 1,033.7          |
| 119            | 26.194                                       | 33.013   | 21.678 | 19.116   | 476.555                          | 870.00           |
| 150            | 28.526                                       | 33.974   | 16.082 | 21.418   | 403.376                          | 1,070.0          |
| 151            | 27.863                                       | 35.068   | 16.521 | 20.547   | 358.886                          | 886.00           |
| 161            | 26.555                                       | 33.161   | 18.898 | 21.386   | 403.3                            | 983.00           |
| 179            | 27.708                                       | 34.246   | 16.346 | 21.7     | 390.214                          | 1,018.0          |

Kış TBA2 sonuçları direk olarak batıdan gelen yarı-nemli ve yerine göre kararsız Akdeniz hava sistemlerinin etkisini göstermekle kalmayıp ayrıca batıdan yüksek dağların bulunduğu Doğu Anadolu bölgesine doğru artan karasallığı da göstermektedir (Türkeş ve diğ. 2008). Başka ifadeye göre, Doğu Karadeniz'deki bazı bölgeler hariç Türkiye'nin batısından doğusuna doğru karasallığın arttığı yorumu yapılabilir. TBA2 kış yağışları haritasından da görülebileceği üzere 5 numaralı bu bölge KİAN ana yağış rejimi bölgesinde en az karasallık gösteren yağış rejimi bölgesidir.

Kış NAO indeksi ve NY arasındaki korelasyon katsayıları ile hazırlanan haritaya göre genel olarak bu bölgede olduğu gibi KİAN yağış rejimi bölgesinde benzer korelasyonlar görülmektedir (Türkeş ve Erlat, 2003). Ancak yıllık NAOİ ve NY ile hazırlanan harita incelendiğinde 5 numaralı yağış rejiminde hesaplanan korelasyon katsayılarında biraz düşme görülmektedir. Bu durumun yerel faktörler ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

Mİ haritasına göre bu bölgenin Mİ değerleri yaklaşık olarak 0.25-0.35 arasında değişmektedir. Karadeniz bölgesinin birçok yöresinde de benzer Mİ değerleri hesaplanmıştır (Türkeş, 1998c, 1999). KİAN yağış rejimi bölgesinde doğuya doğru gidildikçe Mİ değerleri artış göstererek 0.35-0.45 arasında değerler almaktadır. Bu sonuçlara göre genel olarak 5 numaralı bu alt yağış rejimi bölgesi, KİAN ana yağış rejimi bölgesi içinde en az mevsimsellik gösteren bölgedir.

### **12.2.3 6 numaralı bölgenin yağış durumunun incelenmesi**

Çizelge 12.4’de 6 numaralı kümeye ait mevsimlere göre yağışların yüzde dağılımı, ortalama toplam yağış ve istasyonların yükseklikleri görülmektedir. 6 numaralı küme de toplam 18 küme bulunmaktadır.

Bu kümede de 5 ve 10 numaralı istasyonlarda görülen kış ve sonbahar aylarında daha çok yağış düşmesi ve yaz aylarında en düşük yağış oranının gerçekleşmesi durumu görülmektedir. Ancak 6 numaralı küme de ilkbahar yağışları 5 ve 10 numaralı kümelere göre daha yüksek bir orana sahiptir ve ortalama toplam yağışı da daha yüksektir. Bu bölgenin biraz daha fazla yağış almasının nedeni İç Anadolu Bölgesindeki istasyonlarda sıkça karşılaşılan yükseklikle yağışın artması olarak düşünülmektedir. Bu bölge KİAN yağış rejimi bölgesindeki ortalama yüksekliği en fazla olan alt yağış rejimi bölgesidir.

Kış TBA2 sonuçlarının alansal ilişkilerin varlığını açık bir şekilde ortaya koymasına dayanarak (Türkeş ve diğ. 2008) 6 numaralı alt yağış rejimi bölgesi KİAN ana yağış rejim bölgesi içinde 8 numaralı bölge ile birlikte en karasal yağış rejimi bölgesi olduğu yorumu yapılabilir.

Yıllık NAO indeksi ve NY arasındaki korelasyon katsayıları ile hazırlanan haritaya göre, 6 numaralı yağış rejiminin olduğu bölgede düşük korelasyonlar hesaplanmıştır. Zayıf NAOİ evresinde genellikle uzun süreli ortalamadan daha yağışlı koşullarla tanımlanır (Türkeş ve Erlat, 2003). Ayrıca bu katsayının düşüklüğü kuzey Atlantik

kaynaklı basınç dalgalanmalarının etkisinin az olduğunu ve yağış oluşumunda yerel faktörlerin daha önemli hale geldiği yorumu yapılabilir.

**Çizelge 12.4:** 6 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların mevsimlere göre dağılımı

| İstasyon No | Mevsimlere göre yağışların yüzde dağılımı(%) |          |        |          | Ortalama toplam yağış (mm) | Yükseklik (m) |
|-------------|----------------------------------------------|----------|--------|----------|----------------------------|---------------|
|             | Kış                                          | İlkbahar | Yaz    | Sonbahar |                            |               |
| 27          | 28.77                                        | 34.442   | 14.216 | 22.572   | 441                        | 411.690       |
| 28          | 26.781                                       | 36.557   | 12.651 | 24.011   | 438.441                    | 607.600       |
| 29          | 23.93                                        | 36.983   | 15.749 | 23.339   | 453.221                    | 1,219.00      |
| 30          | 28.534                                       | 39.342   | 10.836 | 21.288   | 444.479                    | 1,285.00      |
| 50          | 29.79                                        | 37.076   | 11.565 | 21.569   | 395.124                    | 1,173.00      |
| 75          | 30.323                                       | 39.5     | 10.433 | 19.744   | 330.52                     | 1,210.50      |
| 132         | 28.705                                       | 36.838   | 13.218 | 21.239   | 454.01                     | 700.000       |
| 133         | 27.334                                       | 38.245   | 10.844 | 23.577   | 591.641                    | 1,364.00      |
| 134         | 26.703                                       | 37.322   | 12.918 | 23.057   | 414.336                    | 1,163.00      |
| 145         | 26.533                                       | 40.726   | 10.926 | 21.815   | 536.218                    | 1,347.00      |
| 146         | 22.552                                       | 40.655   | 12.752 | 24.041   | 439.245                    | 1,425.00      |
| 154         | 27.873                                       | 41.635   | 9.949  | 20.543   | 390.997                    | 1,225.00      |
| 164         | 28.323                                       | 39.389   | 10.55  | 21.738   | 372.256                    | 1,067.00      |
| 165         | 27.56                                        | 40.316   | 11.606 | 20.518   | 408.838                    | 1,545.00      |
| 195         | 32.871                                       | 38.578   | 9.804  | 18.747   | 349.707                    | 960.770       |
| 197         | 32.545                                       | 41.201   | 7.329  | 18.925   | 365.303                    | 1,180.00      |
| 198         | 26.801                                       | 38.196   | 12.922 | 22.081   | 397.31                     | 1,397.00      |
| 199         | 30.62                                        | 35.985   | 10.619 | 22.775   | 524.024                    | 1,500.00      |

Mİ ve DK haritalarına göre (Türkeş, 1998c, 1999) bu alt yağış rejimi bölgesinde KİAN yağış rejimi bölgesindeki diğer alt yağış rejimi bölgelerine göre belirgin bir fark bulunmamaktadır.

#### 12.2.4 8 numaralı bölgenin yağış durumunun incelenmesi

KİAN ana yağış rejimi bölgesindeki 8 numaralı kümede 2 istasyon vardır. Bunlar 106 numaralı Devrekani/Kütahya ve 117 numaralı Çerkeş/Çankırı istasyonlarıdır. Devrekani ilçesi Kastamonu'nun kuzeyinde İsfendiyar Dağlarının güneyinde bir ova görünümündedir. İsfendiyar dağlarının engelleyici etkisinden dolayı Karadeniz'e yakın olmasına rağmen Karadeniz yağış rejiminden farklı özellikler göstermektedir. Çerkeş, Devrekani yöresine benzer şekilde Batı Karadeniz bölgesinin güneyi ile İç Anadolu bölgesinin kuzeyinde yer alması nedeni ile her iki bölgenin yağış rejimi özelliklerini taşımaktadır.

Çizelge 12.5’de yağış dağılım yüzdelere bakıldığında Karadeniz yağış rejiminden çok İç Anadolu yağış rejimine benzemektedir. Çünkü ilkbahar yağış yüzdesi İç Anadolu yağış rejiminde olduğu gibi yüksektir. Karadeniz yağış rejiminde ise tam tersi kış yağış yüzdeleri daha yüksek olup ilkbahar yağış yüzdesi çok düşüktür. Bu yüzden 8 numaralı bu küme İç Anadolu yağış rejimine daha çok benzemekle beraber Karadeniz ve İç Anadolu yağış rejimleri arasında bir geçiş bölgesi olarak adlandırılabilir.

**Çizelge 12.5:** 8 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların mevsimlere göre dağılımı

| İstasyon No | Mevsimlere göre yağışların yüzde dağılımı(%) |          |        |          | Ortalama toplam yağış (mm) | Yükseklik (m) |
|-------------|----------------------------------------------|----------|--------|----------|----------------------------|---------------|
|             | Kış                                          | İlkbahar | Yaz    | Sonbahar |                            |               |
| 106         | 21.805                                       | 31.565   | 24.695 | 21.935   | 533.402                    | 1050          |
| 117         | 21.102                                       | 34.391   | 25.547 | 18.96    | 393.287                    | 1126          |

Kış TBA2 sonuçlarına göre hazırlanan haritaya göre (Türkeş ve diğ. 2008) bu bölgede karasal yağış rejimi özellikleri görüldüğü yorumu yapılabilir. Türkiye’nin yağış rejimi bölgelerinin belirlendiği Tümak projesine göre de (1989) bu bölgede karasal yağış rejimi görüldüğü sonucuna varılmıştır. Ayrıca Tümak projesine göre (1989), 8 numaralı alt yağış rejimi bölgesinin doğusunda bulunan ve kısmen bu bölgenin sınırları içinde olan küçük bir bölgede geçiş bölgesi olarak adlandırılmıştır.

Mİ haritasına göre (Türkeş, 1999) bu bölgede görülen yağış rejimi KİAN ana yağış rejimindeki birçok bölgeye göre daha az mevsimsellik göstermektedir. Yıllık NAO indeksi ve NY arasındaki korelasyon katsayıları ile hazırlanan haritaya göre, 8 numaralı yağış rejiminin olduğu bölgede düşük korelasyonların görülmesi kıyı kesimlerine çok yakın olan bu bölgenin, kıyı kesimlerine görülen yağış rejiminin genel olarak geniş ölçekli basınç sistemleri ve üst atmosfer sirkülasyonu ile kontrol edilmektedir (Tatlı ve diğ. 2004) sonucunu desteklememektedir.

### 12.3 Akdeniz Yağış Rejimi (AKD)

Akdeniz yağış rejimi (AKD) çok yağışlı ılık bir kış ve sıcak kurak bir yaz mevsimi ile birlikte, gerçek mevsimsel; nemli ve yarınemli subtropikal özellik göstermektedir. (Türkeş, 1996). Kış mevsimi bol yağışlı, yaz mevsimi sıcak ve kurak geçmesi AKD’nin karakteristik özelliğidir. Sonbahar mevsimi genelde kısa veya genellikle

kış rejimi ile karışmış haldedir (Tümak Projesi, 1989). Torosların engelleyici özelliği, Akdeniz'in iç kesimlerinde kıyı şeridinde nispetle yağış azlığı ile göze çarpar. Mart ile Mayıs ayları arasında sıcak mevsim hüküm sürer. Yaz mevsiminde ise, Azor yüksek basınç merkezinden ve Basra alçak basınç alanından kaynaklanan sıcak ve kurak hava tipleri egemen olduğundan (Türkeş, 1997) yaz mevsimi kurak geçmektedir. Türkeş (1998c, 1999) meteoroloji istasyonuna göre genel olarak mevsimsel indeksi 0.55'den yüksek olan alanlar Akdeniz tipi (kışın yağışlı) yağış rejimindedir. Bu yağış rejiminin görüldüğü alt yağış rejimi bölgeleri 14 ve 15 numaralı kümeler ve 11 numaralı alt yağış rejimi bölgeleridir. Ancak ileri küme çözümlerinde Ege bölgesinin denize yakın kesimlerinde bulunan 11 numaralı alt yağış rejimi bölgesi farklı ana yağış rejimi kümesinde görülmektedir.

Akdeniz (AKD) yağış bölgesinde kış yağışları için genellikle 8.4, 12-12.7, 14, 18 ve 21 yıllık uzun dönemli dalgalanmalar egemendir (Türkeş ve diğ. 2002). Doğu Akdeniz'deki Mersin ve Adana istasyonlarında ise, 2.8 ve 3-3.2 yıllık kısa döngüler gözlenir.(Türkeş ve diğ. 2002). GA-1D sınamasına göre, normalleştirilmiş yıllık ve mevsimlik yağış dizileri 0.05 düzeyinde anlamlı pozitif bir dizisel ilişki tespit edilen istasyon sayısı en çok bu yağış rejimindedir. (kış mevsiminde 8 istasyonda pozitif anlamlı dizisel ilişki) (Türkeş ve diğ. 2002).

NAO Atlantik hava oluşumlarını ve özellikle Avrupa ve Akdeniz Havzasında kendisiyle ilişkili yerel iklim aykırılıklarını önemli derecede etkiler. Güneyli salınım (SO)'de Akdeniz havzası ve çevresindeki ülkelerin iklim değişkenliğini ve aykırılıklarını etkilemektedir (örn, Rado ve diğ. 1997, Türkeş, 1998b), 1930 ve 2000 yılları arasında toplam yağış pozitif NAO evresinde azalma eğilimi gösterirken, negatif NAO devresinde artma eğilimi göstermektedir. Kuru ve antisiklonik şartların genellikle NAO'nun pozitif (kuvvetli ya da yüksek denebilir) indis yıllarında hakim olmasına rağmen nemli ve siklonik durumların Akdeniz havzasında genelde negatif (zayıf ya da düşük denebilir) NAO indisi yıllarında görülür (Türkeş ve Erlat, 2003). Akdeniz yağış rejimi görülen bölgelerde yaz ve ilkbahar NAO indeksi ve NY arasındaki korelasyon katsayılarının çok düşük olması (Türkeş ve Erlat, 2003) bu mevsimlerdeki siklonik aktivitelerin azlığını ve dolayısı ile yaz ve ilkbahar yağışlarının düşüklüğünü açıklamaktadır. Sonbahar TBA1 sonuçları ise orta-enlem ve Akdeniz siklonlarının etkileşimlerini açıklamaktadır ancak kış mevsimi kadar etkili olmadıklarını göstermektedir (Türkeş ve diğ. 2008). Kış TBA3 sonuçlarına

göre Akdeniz'in bölgedeki orta-enlem siklonlarına olası deniz-sıcaklık etkileri görülmektedir (Türkeş ve diğ. 2008)

### 12.3.1 14 numaralı bölgenin yağış durumun incelenmesi

14 numaralı kümede 14 adet istasyon bulunmaktadır. Bu bölgede Mersin, Antalya ve Muğla iline bağlı istasyonlar bulunmaktadır. Çizelge 12.6'da görüldüğü üzere Akdeniz yağış rejiminin karakteristik özellikleri en fazla 14 numaralı kümede bulunan istasyonlarda görülmektedir. Yaz yağış yüzdesi, kış yağış yüzdesi ve ortalama yıllık toplam yağış değerlerine göre 'gerçek' Akdeniz yağış rejimi bu bölgede görülmektedir.

**Çizelge 12.6:** 14 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların mevsimlere göre dağılımı

| İstasyon No | Mevsimlere göre yağışların yüzde dağılımı(%) |               |               |               | Ortalama toplam yağış (mm) | Yükseklik (m) |
|-------------|----------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|----------------------------|---------------|
|             | Kış                                          | İlkbahar      | Yaz           | Sonbahar      |                            |               |
| 85          | 53.871                                       | 22.434        | 3.532         | 20.163        | 1,139.44                   | 646.07        |
| 230         | 53.958                                       | 19.348        | 1.826         | 24.868        | 1,065.70                   | 24            |
| <b>231</b>  | <b>38.654</b>                                | <b>31.491</b> | <b>10.518</b> | <b>19.337</b> | <b>373.659</b>             | <b>1017</b>   |
| <b>237</b>  | <b>45.253</b>                                | <b>24.769</b> | <b>9.798</b>  | <b>20.18</b>  | <b>469.7</b>               | <b>1095</b>   |
| 240         | 55.618                                       | 19.989        | 2.447         | 21.945        | 596.404                    | 9             |
| 245         | 54.134                                       | 19.913        | 0.521         | 25.432        | 851.031                    | 21            |
| 84          | 56.081                                       | 20.778        | 0.889         | 22.252        | 661.286                    | 800           |
| 87          | 56.204                                       | 19.106        | 0.598         | 24.092        | 805.614                    | 3             |
| 89          | 55.535                                       | 17.494        | 1.079         | 25.891        | 1,086.75                   | 50.17         |
| 90          | 53.609                                       | 18.51         | 1.612         | 26.269        | 1,148.76                   | 5.88          |
| 91          | 58.637                                       | 18.294        | 0.626         | 22.443        | 931.60                     | 3.94          |
| 92          | 56.029                                       | 19.152        | 1.68          | 23.139        | 571.817                    | 15.01         |
| 96          | 59.249                                       | 17.261        | 1.309         | 22.181        | 903.369                    | 2.02          |
| 238         | 57.015                                       | 15.84         | 1.059         | 26.086        | 1,119.53                   | 38            |

Antalya'nın iç kesimlerindeki 231 ve 237 numaralı istasyonlar Antalya iklimi kitabına göre (D.M.İ. Yayın No 2002/2) soğuk yarı-karasal iklim sınıfındadır. Antalya'da iç kesimlere doğru gidildikçe klimagram yöntemine göre soğuk yarı-karasal iklim görülmektedir. Bu istasyonlar da Çizelge 12.6'da görüldüğü üzere mevsimsel yağış dağılımı en çok Akdeniz yağış rejimine benzemektedir. Bu yüzden, topografya ve yağışa neden olan etmenlerin benzerliğinden dolayı, bu istasyonların olduğu bölgelerde iklim sertleşse de Akdeniz yağış rejimi özellikleri göstermektedir. Ancak 14 numaralı küme ile ilgili ortalama istatistikleri etkilediğinden Çizelge 12.1'deki hesaplanan ortalama istatistik değerlere bu istasyonlar dahil edilmemiştir.

Kış TBA2 sonuçlarına göre yükleme değerleri batıdan doğuya doğru azalarak yaklaşık olarak 14 numaralı alt yağış rejiminden 15 numaralı alt yağış rejimine geçişin olduğu noktada 0 değerini almakta ve doğuya doğru pozitif değerler olarak artmaktadır (Türkeş ve diğ. 2008). Bu sonuca dayanarak, direk olarak batıdan gelen yarı-nemli ve yerine göre kararsız Akdeniz hava sistemlerinin doğuya doğru etkisinin azalarak 14 ve 15 numaralı alt yağış rejimi geçiş noktasında etkisini kaybetmektedir yorumu yapılabilir. TBA2 sonuçları genelde yerel bilgileri içerdiğinden (Tatlı ve diğ. 2005) geniş yada sinoptik ölçekli hava tiplerinin değil yerel etkilerin azaldığı söylenebilir. 15 numaralı alt yağış rejiminden başlayarak kış TBA2 değerlerinin pozitif değerler alması bu iki alt yağış rejimlerini farklı yerel etkilere maruz kaldığını gösterir. Pozitif değerlerin artan karasallıkla da ilgisi vardır (Türkeş ve diğ. 2008).

Mİ ve DK haritalarına göre (Türkeş, 1998,1999) 14 ve 15 numaralı alt yağış rejimi arasında önemli bir fark görülmemektedir. Sonbahar mevsimi için hesaplanan NAO indeksi ve NY arasındaki korelasyon katsayıları hariç (Türkeş ve Erhat, 2003) diğer mevsimler için Akdeniz ana yağış rejiminde görülen 2 alt yağış rejiminde hemen hemen bir fark yoktur. Sonbahar mevsiminde ise durum oldukça karışıktır. NAO indeksi ve NY arasındaki korelasyon katsayıları kısa mesafede büyük değişiklikler göstererek Silifke'den Mersin'e doğru sıfır değerini almaktadır ve tekrar Adana'ya doğru artmaktadır (Türkeş ve Erhat, 2003). Bu durum Mersin ve civarının bu bölgedeki diğer yörelere göre az yağış almasının nedeni olabilir.

### **12.3.2 15 numaralı bölgenin yağış durumunun incelenmesi**

15 numaralı kümede 10 adet istasyon bulunmaktadır. Çizelge 12.7'de görüldüğü üzere bu alt yağış rejimi bölgesi 14 numaralı alt yağış rejimi kadar karakteristik olmasa da Akdeniz yağış rejiminin tüm özelliklerini sağlamaktadır.

223 ve 232 numaralı Hadım ve Seydişehir istasyonlarının yüksekliği sırayla 1140 m ve 1552 m'dir ve bu iki istasyon bu kümede bulunan diğer istasyonlardan çok daha yüksektir. Ancak bu istasyonlarda hem mevsimsel yağış dağılımı hem de ortalama toplam yağış yüksekliği göz önüne alındığında bu kümedeki diğer istasyonlarla çok benzerlik göstermektedir. Hadım ve Seydişehir istasyonları Konya'nın en çok yağış alan istasyonlarıdır ve aynı zamanda Konya'nın Akdeniz'e de en yakın istasyonlardan ikisidir. Bu yüzden yüksekliğine rağmen daha çok Akdeniz yağış rejimi özelliği göstermektedir. Bu çalışmada 14 numaralı alt yağış rejimi bölgesine

yakınlığından dolayı bu istasyonlar 14 numaralı alt yağış rejimi bölgesine kabul edilecektir.

**Çizelge 12.7:** 15 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların mevsimlere göre dağılımı

| İstasyon<br>No | Mevsimlere göre yağışların yüzde dağılımı(%) |          |       |          | Ortalama<br>toplam yağış<br>(mm) | Yükseklik<br>(m) |
|----------------|----------------------------------------------|----------|-------|----------|----------------------------------|------------------|
|                | Kış                                          | İlkbahar | Yaz   | Sonbahar |                                  |                  |
| 94             | 48.082                                       | 24.515   | 5.478 | 21.925   | 679.362                          | 27               |
| 223            | 46.864                                       | 24.258   | 6.328 | 22.55    | 756.49                           | 1140             |
| 232            | 47.126                                       | 25.479   | 6.359 | 21.036   | 648.721                          | 1552             |
| 234            | 44.496                                       | 29.481   | 8.101 | 17.922   | 928.124                          | 241              |
| 241            | 44.461                                       | 29.334   | 5.662 | 20.543   | 719.375                          | 30               |
| 242            | 34.257                                       | 29.245   | 9.346 | 27.153   | 937.003                          | 28               |
| 247            | 43.147                                       | 25.892   | 4.834 | 26.127   | 826.579                          | 27               |
| 248            | 51.464                                       | 18.327   | 2.82  | 27.389   | 792.45                           | 22               |
| 249            | 46.096                                       | 30.977   | 2.993 | 19.934   | 1,118.07                         | 100              |
| 250            | 44.66                                        | 24.846   | 3.338 | 27.155   | 895.426                          | 4                |

Akdeniz (AKD) yağış bölgelerinde genellikle 8.4, 12-12.7, 14, 18 ve 21 yıllık uzun dönemli dalgalanmalar egemendir. Doğu Akdeniz’de ise Mersin ve Adana istasyonlarında ise, 2.8 ve 3-3.2 yıllık kısa döngüler gözlenir (Türkeş ve diğ. 2002). Bu ifadelere dayanarak 15 numaralı alt yağış rejimi bölgesindeki istasyonların çoğu Mersin ve Adana illerinde olduğundan bu alt yağış rejimi bölgesindeki yağışlarda genel olarak daha kısa döngüler gözlenmektedir yorumu yapılabilir.

Bölüm 13.3.1’de anlatıldığı gibi Kış TBA2 sonuçlarının 14 ve 15 numaralı alt yağış rejimine geçişin olduğu noktada 0 değerini almakta ve doğruya doğru pozitif değerler olarak artmaktadır. Bu durumun sebebi yerel etkilerde görülen değişimler olabilir. İlkbahar TBA2 sonuçlarına göre ise Doğu Akdeniz alt bölgesi geçiş bölgesi olarak görülmektedir (Türkeş ve diğ. 2008). Ayrıca, Karadeniz ve kıtasal Doğu Anadolu bölgeleri yanında Türkiye’nin Doğu Akdeniz alt bölgelerinden Silifke-Adana-Mersin’de NAO indeksi korelasyon etkileşimleri daha zayıftır (Türkeş ve Erlat, 2003). İstanbul’un 500 hPa jeopotansiyel yükseklik dizileri ile 15 numaralı bölgedeki istasyonların ilkbahar yağış dizileri arasındaki ilişki katsayılarının alansal dağılış desenleri (Türkeş vd, 2002) incelendiğinde 0.05 ve 0.01 anlam düzeyinde önemli ilişki tespit edilmiştir. Bu durum, bu bölgede atmosferik karışıklıkların (örneğin, cephesel alçak basınçlar, yüksek seviye alçakları ve oluklar, vb.) etkisinde bulunan

yağış oluşum alanlarının etkisini göstermektedir. Benzer iliş 14 numaralı alt yağış rejiminde görülmemektedir.

#### **12.4 Karadeniz Yağış Rejimi (KARD)**

Türkiye yağış klimatolojisine, uzun süreli yağış değişikliklerine ve değişebilirliğine, deniz yüzeyi basıncı ve yüksek atmosfer koşullarıyla olan ilişkiler ve atmosferik salınım indisleriyle bağlantılar konularındaki çeşitli çalışmalara göre (Kutiel ve diğ. 2001; Türkes, 1996, 1998b, 2000; Türkes ve diğ. 2002, etc.); Karadeniz yağış bölgesi, yağış toplamalarının yüksek, her mevsimin yağışlı ve yıllar arası yağış değişkenliğinin düşük oluşu, orografik yağış oluşumu ve yağış getiren sinoptik hava tiplerinden yıl boyunca etkilenmesi vb. gibi kendine özgü yağış koşulları ile, Türkiye'nin öteki bölgelerine göre önemli ayrılıklar gösterir. Bu durum, yıl boyunca kuzeyli hava akımlarına açık yüksek dağ sıralarının Karadeniz yağışları üzerindeki olumlu etkisinin yanı sıra, Karadeniz Bölgesi üzerindeki yağış değişimlerinin, yüksek atmosfer koşullarındaki yıllar arası değişimler ile görece olarak daha zayıf bir ilişki göstermesi ile de bağlantılı olabilir (Türkeş ve Erlat, 2003).

Bu rejimin en büyük özelliği, yağışların oldukça düzenli olarak hemen hemen tüm aylara dağılmış olmasıdır. Bu rejim konum ve topografya ile ilgili koşullara bağlı olarak Karadeniz Bölgesinin kıyı şeritlerinde görülmektedir. En düşük Mİ ve DK değerleri Karadeniz kıyısı boyunca görülmesi (Türkeş, 1998c, 1999) bu durumu doğrulamaktadır. Özellikle kıyı şeridinin doğusu bu rejimin karakteristik özelliğini taşımaktadır. Mevsimsel dağılımda en çok yağış cephesel faaliyetin kuvvetli olduğu sonbahar ve kış mevsiminde meydana gelir. Kara ve deniz sıcaklık ortalamalarının farklı olması yaz aylarının düşük yağış vermesine sebep olur. Mayıs ayında hava sıcaklığı deniz sıcaklığı ortalamasından biraz daha yüksek olduğundan denizden sahile doğru gelen hava hareketleri, kara üzerinde yoğunlaşma şartları bulamazlar. Sonbahar aylarında yağış yüzdesinin yüksek olmasının nedeni ise deniz üzerinden sahile doğru esen rüzgârların denizin ılık ve nemli havasını kara üzerine sürerek burada müsait şartları bulması ve yoğunlaşmasıdır (Tümak Projesi, 1989).

KARD yağış bölgesinde kış yağışları için genellikle 2, 2.1, 3 ve 3.2 yıllık kısa süreli döngüler egemendir (Türkeş ve diğ. 2002). Sonbahar TBA2 sonuçlarına göre açık olarak Karadeniz yağış rejiminin kuzeyli sirkülasyon ve orografya ile etkilendiğini göstermektedir (Türkeş ve diğ. 2008).

### 12.4.1 3 numaralı bölgenin yağış durumun incelenmesi

Çizelge 12.8 incelendiğinde 6 numaralı Samsun ve 12 numaralı Artvin istasyonlarının özellikleri diğer istasyonlardan biraz olsun ayrılmaktadır. Samsun istasyonunda en yüksek ilkbahar yağış yüzdesi görülmekle beraber en düşük kış yağış yüzdesi de bu istasyonda görülür. 3 numaralı kümenin yıllık toplam yağış ortalaması 926.26 mm iken Samsun'da 665.535 mm dir. Bunun nedeni Sinop'tan Samsun'a kadar uzanan kıyı şeridinin Kuzey-Batı, Güneydoğu doğrultusunda olması dolayısıyla nemli deniz rüzgârlarının nispeten gölgesinde kalması yani yağış getiren depresyonik hava hareketlerinin az çok paralel düşmesiyle izah edilebilir. 12 numaralı Artvin istasyonu ise kıyı kesiminden uzak yüksek bir yerdedir. Dolayısıyla hem daha az yağış alır hem de mevsimsel yağış dağılımı farklılık gösterir. Örneğin, en yüksek kış yağışı dağılım yüzde değeri en yüksek bu istasyondur. Bu istasyonun bulunduğu bölgenin özelliklerini yeterince göstermediği düşünülmektedir.

**Çizelge 12.8:** 3 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların mevsimlere göre dağılımı

| İstasyon No | Mevsimlere göre yağışların yüzde dağılımı(%) |          |        |          | Ortalama toplam yağış (mm) | Yükseklik (m) |
|-------------|----------------------------------------------|----------|--------|----------|----------------------------|---------------|
|             | Kış                                          | İlkbahar | Yaz    | Sonbahar |                            |               |
| 3           | 29.41                                        | 16.103   | 20.824 | 33.662   | 1,227.77                   | 135.35        |
| 4           | 32.824                                       | 16.391   | 16.268 | 34.518   | 1,013.42                   | 63.82         |
| 6           | 26.756                                       | 24.073   | 17.476 | 31.696   | 665.535                    | 4             |
| 12          | 37.555                                       | 23.955   | 15.145 | 23.345   | 699.548                    | 628.35        |
| 99          | 29.496                                       | 16.266   | 21.19  | 33.047   | 983.4                      | 66            |
| 100         | 33.065                                       | 16.414   | 15.712 | 34.808   | 1,227.18                   | 167           |
| 103         | 29.317                                       | 17.233   | 22.058 | 31.392   | 1,047.67                   | 10            |
| 104         | 29.795                                       | 17.291   | 22.942 | 29.973   | 1,016.68                   | 32.52         |
| 107         | 31.154                                       | 21.167   | 15.561 | 32.118   | 779.438                    | 103           |
| 108         | 27.966                                       | 19.377   | 21.238 | 31.419   | 1,140.56                   | 20            |
| 109         | 31.25                                        | 19.329   | 15.269 | 34.152   | 717.697                    | 6             |

Yaz yağışları TBA2 sonuçlarına göre, Batı Karadeniz alt bölgesinde kıyının genellikle kuzeyli sirkülasyonlara müsait doğrultuda olmasından dolayı pozitif yüklemelerin görüldüğü bir merkez oluşmuştur. Bu durum bu bölgedeki kuzey-batılı hava akımlarının taşıdığı Atlantik kaynaklı nemli ve soğuk hava akımlarının (denizsel polar) yol açtığı orografik yağışları çok iyi açıklamaktadır (Türkeş ve diğ. 2008).

NAO indeksi ve kış mevsimi NY değerleri arasındaki korelasyon katsayısı en düşük değerlerini Karadeniz kıyısı boyunca almaktadır. Bu durum kışın kuzeyli hava akımlarının etkisini gösterirken ve geniş ölçekli basınç sistemleri ve üst atmosfer sirkülasyonlarının kış yağışlarına etkisinin Türkiye'nin batı ve güney sahillerine göre çok daha az olduğunun göstergesidir.

#### 12.4.2 4 numaralı bölgenin yağış durumunun incelenmesi

Çizelge 12.9'da görüldüğü üzere 11 numaralı Hopa/Artvin ve 110 numaralı Pazar/Rize istasyonlarının yağış yüksekliği 2205.06 mm ve 1991.05 mm'dir . Bu kadar yüksek yağış almasının nedeni özellikle sonbahar aylarında yağan orografik yağışlardır. Çizelge 12.8'deki sonbahar yağış yüzdelerinin çok yüksek oluşundan bu durum belirgin bir şekilde görülmektedir. Ayrıca sonbahar yağış yüzdesi en yüksek olan istasyonlar bu iki istasyondur.

**Çizelge 12.9:** 4 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların mevsimlere göre dağılımı

| İstasyon No | Mevsimlere göre yağışların yüzde dağılımı(%) |          |        |          | Ortalama toplam yağış (mm) | Yükseklik (m) |
|-------------|----------------------------------------------|----------|--------|----------|----------------------------|---------------|
|             | Kış                                          | İlkbahar | Yaz    | Sonbahar |                            |               |
| 11          | 26.728                                       | 14.252   | 21.788 | 37.232   | 2,205.06                   | 32.56         |
| 110         | 26.33                                        | 12.916   | 22.976 | 37.779   | 1,991.05                   | 79            |

4 numaralı kümedeki bu iki istasyonun bu kadar yağış almasının sebebi dağların denize paralel olarak sıralanması ve bunun sonucunda denizden gelen nemli havanın dağlarla karşılaşarak orografik yağışlar oluşturmasıdır.

Özetle hem 4 numaralı hem de 3 numaralı kümeler Karadeniz yağış rejiminin belirgin özelliklerini göstermektedir. Ward metodu sonuçlarına göre bu iki kümenin farklı alt kümelerde çıkmasının nedeni 4 numaralı kümedeki istasyonların 3 numaralı kümedeki istasyonlara göre neredeyse ortalama olarak 2 katı fazla yağış almasıdır.

#### 12.5 Güneydoğu Anadolu Yağış Rejimi (Karasal Akdeniz Yağış Rejimi)

Güneydoğu Anadolu Bölgesi kış yağışlarının yüksek olması ve yaz yağışlarının düşük olması nedeniyle Akdeniz yağış rejimi özelliklerini andırır. Bu bize bölgenin Akdeniz ılık ve nemli hava kütlelerinin tesiri altında kaldığını gösterir. Bu yüzden bu bölgedeki yağış rejimine 'hafıflemiş Akdeniz' yağış rejimi denmektedir. İlkbahar aylarında görülen konvektif yağışlar ve bu mevsimin yağış yüzdesinin yüksekliği

karasal iklim özelliklerini andırmaktadır. Bu sebeplerden ötürü bu çalışmada da Türkes (1996) çalışmasında olduğu gibi Güneydoğu Anadolu yağış rejimine Karasal Akdeniz yağış rejimi (KAKD) denmiştir. Kışın Akdeniz kıyılarında batı yönlü depresyonlar hakimdir. Akdeniz kıyılarını tesir sahasına aldıktan sonra İskenderun Körfezi çevrelerinde sahasını genişleten ve ekseri doğuya doğru yayılan alçak basınç sistemi, bölgede bol yağışların düşmesine neden olmaktadır.

Mİ ve DK haritalarına göre (Türkes, 1998c, 1999) AKD yağış rejimi bölgesine göre önemli bir fark yoktur ancak bu bölgede kuzeye doğru gidildikçe hem Mİ hem de DK katsayılarında azalma görülmektedir.

İstanbul'un 500 hPa jeopotansiyel yükseklik dizileri ile KAKD'deki istasyonların yağış dizileri arasındaki 0.05 ve 0.01 düzeyinde kış mevsimi hariç anlamlı ilişki tespit edilememiştir (Türkes ve diğ. 2002). Bu durum genel olarak Akdeniz yağış rejiminin görüldüğü Türkiye'nin güney ve batı bölgelerinde de görülmektedir. Bu sonuç Akdeniz yağış rejiminin karakteristik özelliklerinden olan kış yağış yüzdesinin yüksekliği ile ilgilidir. Kış yağış yüzdesinin yüksekliği ise kısaca siklonik aktivitelerin bu mevsimde çok fazla görülmesi olarak söylenebilir.

#### **12.5.1 2 numaralı bölgenin yağış durumunun incelenmesi**

Bu bölgede 14 adet istasyon bulunmaktadır. 2 numaralı istasyonun yağış yüzdeleri Çizelge 12.10'da görülmektedir. Aynı Akdeniz yağış rejiminde olduğu gibi kış aylarında yüksek yağış ve yaz aylarında sıcak ve kurak bir mevsim yaşanmaktadır. Yaz başlarında yağışların azalmasına hatta hiç olmamasına sebep, Akdeniz'den gelen nemli hava kitlelerinin, nihai şartlarını bulmuş 2 numaralı küme düzlüklerinde yoğunlaşma imkânı bulamamalarıdır.

İlkbahar mevsiminin başında ve ortalarında bölgede yağışın fazla olduğu görülür. Bunun sebebi, Mart ve Nisan aylarında ısınmaya başlayan kara parçası üzerindeki yüksek basınç hâkimiyetinin bozulması ve bunun sonucunda depresyonik hava hareketlerinin daha serin olan iç kısımlara gitmesi ve yoğunlaşma imkânı bulmasıdır.

İlkbahar yağış değişkenliği TBA2 sonuçlarına göre Türkiye'nin batı ve kuzeybatı kesimleri ile temelde Güneydoğu Anadolu bölgesi ve kısmen Doğu Anadolu bölgesi olmak üzere 2 tip alansal ilişki ile açıklanmaktadır (Türkes ve diğ. 2008). Ayrıca, Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Doğu Akdeniz alt bölgesi geçiş bölgesi olarak görülmektedir (Türkes ve diğ. 2008).

**Çizelge 12.10:** 2 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların mevsimlere göre dağılımı

| İstasyon No | Mevsimlere göre yağışların yüzde dağılımı(%) |          |       |          | Ortalama toplam yağış (mm) | Yükseklik (m) |
|-------------|----------------------------------------------|----------|-------|----------|----------------------------|---------------|
|             | Kış                                          | İlkbahar | Yaz   | Sonbahar |                            |               |
| 2           | 46.906                                       | 36.537   | 0.785 | 15.772   | 310.497                    | 572.13        |
| 76          | 49.588                                       | 29.452   | 1.2   | 19.761   | 725.334                    | 672           |
| 78          | 52.476                                       | 29.023   | 1.472 | 17.028   | 697.762                    | 549.35        |
| 79          | 50.332                                       | 32.117   | 1.027 | 16.525   | 452.969                    | 1050.         |
| 80          | 49.828                                       | 33.447   | 1.093 | 15.633   | 673.788                    | 674           |
| 81          | 42.663                                       | 37.432   | 1.546 | 18.359   | 482.645                    | 1000          |
| 203         | 47.177                                       | 32.956   | 1.833 | 18.034   | 769.352                    | 700           |
| 215         | 47.875                                       | 31.434   | 1.708 | 18.982   | 771.413                    | 801           |
| 228         | 44.326                                       | 34.489   | 2.525 | 18.659   | 565.968                    | 500           |
| 235         | 51.586                                       | 33.821   | 0.802 | 13.79    | 452.573                    | 400           |
| 236         | 52.235                                       | 32.811   | 0.846 | 14.108   | 676.70                     | 518           |
| 243         | 51.561                                       | 27.915   | 1.133 | 19.39    | 822.941                    | 347           |
| 244         | 47.426                                       | 32.469   | 1.297 | 18.808   | 360.322                    | 650           |
| 246         | 49.088                                       | 28.755   | 1.899 | 20.258   | 493.614                    | 572.13        |

Akdeniz Geçiş (AKDG) bölgesindeki 2 numaralı alt yağış rejimi bölgesinin olduğu istasyonlarda, çok tutarlı olarak yağış dizilerinde 14 ve 21 yıllık uzun dönemli dalgalanmalar dikkat çekmektedir (Türkeş ve diğ. 2002).

#### 12.5.2 12 numaralı bölgenin yağış durumun incelenmesi

Bu bölgede 12 adet istasyon bulunmaktadır. Çizelge 12.11’den görüldüğü üzere ortalama olarak bu bölgenin yükseltisi 2 numaralı bölgenin yükseltisinden yaklaşık olarak 2 kat fazladır.

12 numaralı küme yağış bakımından İç Anadolu ve Doğu Anadolu’nun Erzurum, Erzincan ve Kars çevrelerinde uzanan karasal yağış rejimi ile Güneydoğu Anadolu bölgesinin 2 numaralı bölgesinde görülen ‘hafiflemiş Akdeniz’ yağış rejimi arasında bir geçiş noktasıdır. Bu bölge çok dağlıktır ve yükseklik ortalaması 1344.831 metredir. Yağışların mevsimlere göre dağılışında kış ve ilkbahar yağışlarının birbirine yakın değerlerde oldukları göze çarpmaktadır. İlkbahar yağışlarının fazlalığı ve İç Anadolu ve Doğu Anadolu karasal yağış rejiminin etkisinde olduğunu gösterir. Ayrıca yaz yağışlarının çok az olması bu bölgenin Akdeniz yağış rejiminin etkisinde olduğunu gösterir.

**Çizelge 12.11:** 12 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların mevsimlere göre dağılımı

| İstasyon No | Mevsimlere göre yağışların yüzde dağılımı(%) |          |       |          | Ortalama toplam yağış (mm) | Yükseklik (m) |
|-------------|----------------------------------------------|----------|-------|----------|----------------------------|---------------|
|             | Kış                                          | İlkbahar | Yaz   | Sonbahar |                            |               |
| 60          | 29.513                                       | 42.247   | 6.344 | 21.897   | 382.141                    | 947.87        |
| 61          | 30.617                                       | 42.588   | 3.612 | 23.183   | 404.01                     | 989.75        |
| 63          | 35.468                                       | 37.245   | 5.332 | 21.955   | 765.28                     | 1,322.76      |
| 64          | 30.268                                       | 41.959   | 4.531 | 23.243   | 807.703                    | 1,664.65      |
| 65          | 39.008                                       | 40.425   | 1.751 | 18.815   | 696.52                     | 895.54        |
| 157         | 28.882                                       | 40.024   | 9.951 | 21.143   | 588.286                    | 1715          |
| 172         | 31.896                                       | 38.908   | 5.796 | 23.399   | 681.521                    | 1366          |
| 173         | 29.794                                       | 40.766   | 6.965 | 22.474   | 635.27                     | 1650          |
| 184         | 35.399                                       | 39.67    | 3.666 | 21.265   | 530.072                    | 1000          |
| 204         | 39.595                                       | 36.333   | 2.885 | 21.187   | 1,226.92                   | 1573          |
| 213         | 31.587                                       | 40.281   | 6.269 | 21.863   | 394.084                    | 1137          |
| 229         | 39.509                                       | 38.527   | 3.523 | 18.441   | 742.353                    | 1877          |

Mİ haritasına göre (Türkeş, 1998c, 1999) 2 numaralı yağış rejimi bölgesinde görülen 75-65 arasındaki değerler bu bölgede 55'e kadar düşmektedir. Benzer şekilde DK değeri de 26'dan 23'e düşmektedir. Bu değerler karasal yağış rejiminin görüldüğü bölgelerle kıyaslanacak olursa AKD yağış rejiminde görülen değerlere daha yakındır. Bu nedenlerden ötürü bu çalışmada burada görülen yağış rejimi, karasal Akdeniz yağış rejimi ile Doğu Anadolu karasal yağış rejimi arasında bir geçiş bölgesi olarak adlandırılmıştır.

12 ve 13 numaralı alt yağış rejimi kümelerinin birbirine çok yakın olmasından dolayı bu iki küme arasındaki farkları geniş ölçekli basınç sistemleri ve üst atmosfer sirkülasyonları ile açıklanamadığından arazinin topografyası ve bakışı gibi jeomorfolojik özellikler, fiziki coğrafya denetçileri, karasallık derecesi ve orografya gibi yerel faktörlerle açıklanmaktadır.

### 12.5.3 13 numaralı bölgenin yağış durumunun incelenmesi

Bu bölgede 7 adet istasyon bulunmaktadır. Çizelge 12.12'de istasyonların mevsimlere göre yağış yüzdeleri, ortalama toplam yağış ve yükseklik değerleri görülmektedir. Bu bölgenin kuzeyde 3500 metreye yükseltili dağlık alanlardan güneyde 700 metreye kadar alçalan çok engebeli arazi yapısı, sıcaklık, yağış, rüzgâr ve güneşlenme gibi iklim verileri açısından da önemli farklılıklar yaratmaktadır.

Güneyde Keban Baraj Gölüne açılan vadi boylarında ve çöküntü alanlarında, iklim görece yumuşak olup, bahar mevsimi daha belirgindir.

**Çizelge 12.12:** 13 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların mevsimlere göre dağılımı

| İstasyon No | Mevsimlere göre yağışların yüzde dağılımı(%) |          |       |          | Ortalama toplam yağış (mm) | Yükseklik (m) |
|-------------|----------------------------------------------|----------|-------|----------|----------------------------|---------------|
|             | Kış                                          | İlkbahar | Yaz   | Sonbahar |                            |               |
| 62          | 41.965                                       | 35.845   | 3.291 | 18.898   | 945.00                     | 1177          |
| 166         | 42.06                                        | 34.22    | 3.436 | 20.283   | 748.01                     | 1200          |
| 168         | 36.467                                       | 37.295   | 3.405 | 22.833   | 570.666                    | 953           |
| 170         | 40.683                                       | 33.898   | 3.145 | 22.274   | 804.766                    | 980.9         |
| 211         | 40.043                                       | 33.505   | 4.722 | 21.73    | 612.126                    | 1344          |
| 212         | 37.342                                       | 37.024   | 4.894 | 20.74    | 429.998                    | 1180          |
| 214         | 38.882                                       | 36.391   | 3.43  | 21.296   | 558.308                    | 1280          |

Karasal yağış rejiminde görülen kış yağışlarının azlığı dikkate alınarak, 12 numaralı alt yağış rejimi ile karşılaştırıldığında 13 numaralı alt yağış rejimi bölgesinin kış yağış yüzdesinin biraz daha düşük oluşu ve yukarıda anlatılan nedenlerden dolayı 12 numaralı kümenin biraz daha fazla karasal özellik gösterdiği düşünülmektedir. Mİ ve DK haritalarına haritasına göre (Türkeş, 1998,1999) 12 ve 13 numaralı yağış rejimi bölgelerinin mevsimselliği ve yağış değişikliği hemen hemen aynıdır.

## 12.6 Ege Bölgesi Yağış Rejimi (Akdeniz yağış rejiminin devamı)

Atlantik kaynaklı orta enlem ve Akdeniz siklonları ile Azorlar bölgesinden kaynaklanan dinamik oluşumlu subtropikal antisiklonları gibi geniş ölçekli basınç sistemleri ve üst atmosfer sirkülasyonlarının etkisinin Akdeniz ve Ege bölgelerinde aynı olduğu söylenebilir. Bu duruma kanıt olarak sinoptik ve yarımküresel ölçekli hava olaylarını ve bölgesel iklim aykırılıklarını kontrol eden geniş ölçekli atmosferik uzak bağlantı desenlerinin oldukça iyi bilinen örneği NAO'nun Türkeş ve Erlat (2003) tarafından hesaplanan yıllık ve mevsimsel indekslerinin NY değerleri ile olan korelasyonlarının, Ege ve Akdeniz de benzer dağılım göstermesi örnek verilebilir. Bu duruma başka örnek olarak, Türkeş ve diğ. (2008) tarafından hesaplanan ve ilk temel bileşeni genel olarak geniş ölçekli ve/veya sinoptik ölçekli atmosfer özellikleri (yüzey ve üst atmosfer hava basıncı rüzgâr sistemleri) ile yakından ilişkili olduğu gösterilen çalışması sonucunda, 4 mevsim için ayrı ayrı çizilen TBA1 yükleme haritaları sonuçlarına göre de, Ege ve Akdeniz bölgesinde önemli farklı dağılımlar

gözlenmemiştir. Ayrıca, İstanbul'un 500 hPa jeopotansiyel yükseklik dizileri ile Akdeniz ve Ege istasyonların yağış dizileri arasındaki 0.05 ve 0.01 düzeyinde ilişkilere göre de önemli farklılıklar tespit edilmemiştir (Türkeş ve diğ. 2002). Sonuç olarak Akdeniz yağış rejiminin devamı olarak nitelendirilen Ege bölgesi yağış rejimiyle Akdeniz yağış rejimi arasındaki farklar ancak yerel faktörlerle belirlenebilir. Bölüm 13.6.1 ve Bölüm 13.6.2'de bu faktörler üzerinde durulacaktır.

#### 12.6.1 11 numaralı bölgenin yağış durumunun incelenmesi

Çizelge 12.13'de 11 numaralı kümenin mevsimsel yağış dağılımları, ortalama yıllık toplam yağışların ve istasyonların yükseklikleri verilmiştir. 11 numaralı kümedeki 10 adet istasyonun yükseltileri 92.85-3.4 metre arasında değişmektedir.

**Çizelge 12.13:** 11 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların mevsimlere göre dağılımı

| İstasyon No | Mevsimlere göre yağışların yüzde dağılımı(%) |          |       |          | Ortalama toplam yağış (mm) | Yükseklik (m) |
|-------------|----------------------------------------------|----------|-------|----------|----------------------------|---------------|
|             | Kış                                          | İlkbahar | Yaz   | Sonbahar |                            |               |
| 52          | 46.859                                       | 22.523   | 2.04  | 28.578   | 640.62                     | 3.55          |
| 53          | 48.657                                       | 23.996   | 2.414 | 24.933   | 582.79                     | 3.4           |
| 55          | 48.916                                       | 25.384   | 2.977 | 22.723   | 708.376                    | 71            |
| 177         | 47.993                                       | 25.695   | 2.168 | 24.144   | 602.286                    | 27            |
| 208         | 47.157                                       | 26.526   | 4.591 | 21.726   | 580.038                    | 84            |
| 37          | 44.335                                       | 26.056   | 5.012 | 24.597   | 457.23                     | 30            |
| 38          | 41.124                                       | 25.208   | 6.808 | 26.86    | 604.718                    | 5.5           |
| 54          | 44.699                                       | 27.708   | 3.087 | 24.506   | 564.28                     | 92.85         |
| 67          | 53.449                                       | 22.241   | 0.885 | 23.425   | 551.43                     | 5             |
| 207         | 49.816                                       | 24.337   | 0.981 | 24.866   | 668.326                    | 17            |

11 numaralı kümede yağış miktarlarındaki fazlalaşma, Eylül ve Ekim aylarına rastlamakta olup, Aralık ve Ocak aylarında en yüksek seviyeye ulaşmaktadır. Mart ayından itibaren ani bir şekilde azalmakta olan yağışlar Mayıs ayı sonlarına doğru iyice azalmakta ve Temmuz ve Ağustos ayları kurak denecek şekilde geçmektedir. Bu bölgede görülen yağış rejimi mevsimsel yağış dağılımına göre tipik bir Akdeniz yağış rejimi özelliği göstermektedir.

Kış TBA2 sonuçlarına (Türkeş ve diğ. 2008) göre direk olarak batıdan gelen yerine göre kararsız nemli ve ılık hava sistemlerinin doğuya doğru etkisini azaldığını ve Akdeniz bölgesinde ise etkisinin tamamen kaybolduğu görülmektedir. İlkbahar yağışları TBA2 sonuçlarına göre yüksek pozitif değerli yüklemeler; Türkiye'nin batısında (özellikle Ege bölgesi) denize yakın hava kütlelerinin ve orta enlem

siklonlarının alansal ilişkilerinin ilkbahar yağış değişkenliği üzerindeki etkilerini göstermektedir (Türkeş ve diğ. 2008). Bu etki Ege bölgesinde en yüksek olmakla beraber Akdeniz bölgesine doğru hızla azalmaktadır.

Yıllık yağışın DK haritasına göre (Türkeş, 1999) ise Akdeniz kıyılarında görülen 26-29 arası DK değerleri Ege kıyılarında 23'e düşmektedir. DK değeri her iki bölgede de karasal iç kısımlara doğru azalmaktadır ancak bu azalma EGE bölgesinde daha yavaştır. Bu durum dağların kıyıya paralel olmasının iç kesimlerde görülen yağışlara etkisini açık bir şekilde vurgulamaktadır.

### 12.6.2 9 numaralı bölgenin yağış durumunun incelenmesi

Ege bölgesi ile İç Anadolu bölgesi arasında bir geçiş bölgesi olan bu kümede 22 adet istasyon vardır.

**Çizelge 12.14:** 9 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların mevsimlere göre dağılımı

| İstasyon No | Mevsimlere göre yağışların yüzde dağılımı(%) |          |        |          | Ortalama toplam yağış (mm) | Yükseklik (m) |
|-------------|----------------------------------------------|----------|--------|----------|----------------------------|---------------|
|             | Kış                                          | İlkbahar | Yaz    | Sonbahar |                            |               |
| 41          | 31.326                                       | 29.836   | 15.377 | 23.461   | 448.307                    | 12.637        |
| 71          | 34.09                                        | 32.648   | 12.23  | 21.032   | 415.963                    | 957           |
| 123         | 35.564                                       | 24.36    | 16.525 | 23.551   | 642.331                    | 100           |
| 124         | 34.088                                       | 31.391   | 15.892 | 18.629   | 563.766                    | 1033          |
| 128         | 37.079                                       | 28.617   | 10.977 | 23.327   | 1,441.81                   | 1877          |
| 131         | 33.232                                       | 31.827   | 14.877 | 20.064   | 401.269                    | 682           |
| 139         | 37.63                                        | 29.629   | 10.239 | 22.503   | 725.697                    | 1063          |
| 141         | 37.747                                       | 28.718   | 9.114  | 24.422   | 550.941                    | 637           |
| 142         | 32.18                                        | 30.421   | 14.477 | 22.922   | 477.583                    | 754           |
| 149         | 36.786                                       | 29.19    | 12.122 | 21.902   | 550.403                    | 969.28        |
| 160         | 39.796                                       | 28.415   | 8.604  | 23.185   | 567.29                     | 736           |
| 191         | 38.565                                       | 31.085   | 9.791  | 20.559   | 647.073                    | 959           |
| 192         | 35.078                                       | 31.413   | 10.924 | 22.584   | 515.997                    | 1096          |
| 209         | 29.502                                       | 35.492   | 13.533 | 21.473   | 430.71                     | 864           |
| 210         | 37.11                                        | 31.783   | 11.261 | 19.845   | 603.434                    | 1025          |
| 221         | 40.987                                       | 27.827   | 11.049 | 20.137   | 452.273                    | 1142          |
| 39          | 40.499                                       | 23.427   | 8.129  | 27.945   | 698.769                    | 63            |
| 48          | 39.679                                       | 27.065   | 6.136  | 27.119   | 540.791                    | 153           |
| 70          | 41.336                                       | 30.066   | 8.897  | 19.701   | 548.134                    | 425.29        |
| 127         | 40.051                                       | 24.862   | 7.591  | 27.495   | 652.576                    | 37            |
| 178         | 42.782                                       | 28.764   | 5.447  | 23.007   | 490.028                    | 111           |
| 190         | 40.729                                       | 29.75    | 7.532  | 21.988   | 513.09                     | 825           |

Yüzölçümü olarak en büyük alt yağış rejimlerinden biridir. Bu kümede depresyonik, orografik ve konvektif yağışların hepsi görülmektedir. Ege bölgesinde dağların denize paralel olmasından dolayı nemli hava kütleleri iç kısımlara kadar sokulmaktadır ve bu yerlerde görülen yağış miktarı sahil kesimlerinden farklı olmamaktadır.

Bu bölge kış yağışının yüksekliği ile Akdeniz yağış rejiminin özelliklerinden birisini göstermektedir. Ancak Akdeniz yağış rejimi görülen yerlerde yaz aylarında hava kararlı olması yağışın az ya da hiç düşmemesine sebebiyet verir. Çizelge 12.14’de bu bölgenin kış yağışları yüzdesinin diğer mevsim yağışlarından belirgin bir şekilde yüksek olması Akdeniz yağış rejiminin bir özelliğidir. Kendisine yakın olan Marmara ve İç Anadolu yağış rejimin 6 numaralı kümesi ile farkı, ilkbahar ve sonbahar yağış dağılım yüzdeleri ile ortalama yıllık toplam yağış değerlerinin bu iki yağış bölgesinin arasında bir değer almasıdır.

Bu bölgede 9 numaralı alt iklim bölgesinde görülen mevsimsellik, yağışın yıldan yıla değişebilirliği, direk olarak batıdan gelen yerine göre kararsız nemli ve ılık Akdeniz hava sistemlerinin etkisi, az da olsa yıllık toplam yağış miktarları farkı gibi etmenlerin 9 numaralı kümede azalarak kendini göstermesi tipik bir geçiş bölgesi olduğunu göstermektedir.

## **12.7 Marmara Yağış Rejimi**

Akdeniz ve Karadeniz yağış rejimleri arasında bir geçiş tipini meydana getirmekle birlikte ayrı bir özellik de gösterir. Kışın soğumuş olan Balkan yarımadası üzerinden gelen rüzgârların etkisi ile soğuk hava hareketleri sık görülür. Kışlar sert geçer ve sıcaklık da düşüktür. En yağışlı mevsim kış olmasına karşılık yazın görülen kuraklık Akdeniz rejimindeki kadar kuvvetli değildir. Yağışların mevsimlere göre dağılışında büyük farklar yoktur. Marmara bölgesinin önemli bir bölümünde bu rejim hakimdir.

Istıranca (Yıldız) dağları, Karadeniz’in nemli havasını iç kısımlara sokmaz. Basınç koşulları nedeniyle hakim rüzgâr kuzey-kuzeydoğu yönündedir. Balkanlar üzerinden gelen nemli hava kütleleri nemini Balkan dağlarına bıraktığından, nemden yoksun kuru özellik taşıyarak buralara ulaşır. Balkanlardan gelen hava kütleleri Marmara Denizi üzerinden nem alır. Bu nemi Güney Marmara kıyılarına taşır, dolayısıyla denizsel iklime neden olur.

### 12.7.1 1 numaralı bölgenin yağış durumunun incelenmesi

1 numaralı istasyonda 12 adet istasyon vardır. Bu istasyonların yükseklikleri 145.67 metreden 3.37 metreye kadar değişmektedir. Çizelge 12.15’de istasyonların mevsimlere göre yağış yüzdeleri, ortalama toplam yağış ve yükseklik değerleri görülmektedir.

Mevsimsel yağış dağılımı hem Akdeniz hem de Karadeniz yağış rejiminin özelliklerini taşımaktadır. Marmara yağış rejimini Akdeniz yağış rejiminden ayıran özellik yaz aylarında aldığı yağışlardır. Karadeniz yağış rejiminden ayıran en önemli özellik ise ortalama yıllık toplam yağış yüksekliğidir. Marmara Geçiş (MARG) yağış bölgesinde kış yağışları için genellikle 8.4, 12-12.7, 14, 18 ve 21 yıllık uzun dönemli dalgalanmalar egemendir (Türkeş ve diğ. 2002).

**Çizelge 12.15:** 1 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların mevsimlere göre dağılımı

| İstasyon No | Mevsimlere göre yağışların yüzde dağılımı(%) |          |        |          | Ortalama toplam yağış (mm) | Yükseklik (m) |
|-------------|----------------------------------------------|----------|--------|----------|----------------------------|---------------|
|             | Kış                                          | İlkbahar | Yaz    | Sonbahar |                            |               |
| 1           | 38.397                                       | 18.536   | 14.271 | 28.795   | 1,104.82                   | 129           |
| 13          | 27.123                                       | 27.649   | 16.546 | 28.681   | 564.397                    | 51.19         |
| 17          | 35.575                                       | 19.776   | 14.887 | 29.762   | 828.586                    | 30            |
| 20          | 32.208                                       | 21.283   | 18.929 | 27.579   | 801.872                    | 76            |
| 101         | 31.857                                       | 24.386   | 13.955 | 29.801   | 652.269                    | 52            |
| 102         | 33.302                                       | 17.878   | 16.524 | 32.296   | 894.648                    | 83            |
| 116         | 31.108                                       | 23.321   | 20.069 | 25.502   | 840.269                    | 145.67        |
| 16          | 32.552                                       | 24.967   | 13.801 | 28.680   | 579.501                    | 3.37          |
| 98          | 30.807                                       | 25.603   | 15.135 | 28.456   | 572.041                    | 26.47         |
| 112         | 34.600                                       | 24.685   | 11.195 | 29.52    | 594.38                     | 10            |
| 15          | 31.757                                       | 25.658   | 14.229 | 28.356   | 565.71                     | 183           |
| 114         | 36.762                                       | 22.205   | 12.471 | 28.563   | 640.845                    | 18            |

Bu bölge her ne kadar kışları ılık ve yağışlı yazları sıcak ve kurak Akdeniz iklim tipinin etkisi altındaysa da, yıl boyunca bütün aylarda yağış görülür. Bu özellik de Karadeniz yağış rejiminin bir özelliğidir. Bu yüzden bu bölge Akdeniz ve Karadeniz yağış rejimleri arasında bir geçiş bölgesi olarak kabul edilir.

Marmara bölgesinde sadece 1 farklı küme bulunduğundan karşılaştırma yapılmamıştır.

## 12.8 Doğu Anadolu Yağış Rejimi (Karasal yağış rejimi)

Karasal yağış rejiminin tipik özelliği kışlar uzun ve karlı, yazlar ise kısa sürer. Her iki mevsim arasında geçiş çok kısa sürdüğünden ilkbahar ve sonbahar ayları yok gibidir. Karasal yağış rejimi ülkemizin en yüksek bölgesi olan Doğu Anadolu bölgesinde görülür. Her mevsim yağışlı olmakla beraber geciken cephesel faaliyetlerden dolayı ilkbahar mevsiminde veya yazın başlarında yağışların fazlalığı dikkati çekmektedir. Buna karşılık en az yağış kış mevsiminde görülür. Yükseltinin çok olması ve kış aylarında soğuk ve kararlı hava kütlesiyle bağlantılı yüksek basınç koşullarının kuvvetlenmesi bölgenin fazla yağış almasını engeller. Kış aylarının çok soğuk geçmesine rağmen az yağış görülmesinin sebebi budur. Bölgede cephesel yağışlar kışın bu yüzden çok etkili değildir. Konvektif yağışlar ilkbahar ve yaz aylarında görülür. Yüksek dağlara daha fazla yağış düşmektedir.

Bu tanımlar doğrultusunda Çizelge 12.15, Çizelge 12.16 ve Çizelge 12.17 incelendiğinde gerçek anlamda karasal yağış rejiminin sadece 16 numaralı kümede olduğu görülür. 7 ve 8 numaralı kümeler karasal yağış rejimi özellikleri gösterdikleri gibi bulundukları bölge itibarıyla diğer yağış rejimlerinin de etkisi altındadırlar. Aşağıda bu bölgelerin yağış durumu incelenip karasal yağış rejimiyle olan benzerlikleri ve farklılıkları ortaya konacaktır.

İstanbul'un 500 hPa jeopotansiyel yükseklik dizileri ile Doğu Anadolu karasal yağış rejimi bölgesine bulunan istasyonların yağış dizileri arasındaki ilişki katsayılarının alansal dağılışı desenleri mevsimlere göre oldukça farklılıklar göstermektedir. Kış mevsiminde 16 numaralı alt yağış rejimi bölgesinde ve bu bölgenin batısında 8 numaralı alt yağış rejimi bölgesinin bir kısmını içine alan bölümde 0.05 ve 0.01 düzeyinde hiçbir anlamlı ilişki tespit edilmemiştir. Bu durum sadece bu bölgede görülmektedir ve Türkiye'nin diğer bölgelerinin tamamında kış mevsiminde 0.05 ve 0.01 anlam seviyesinde ilişki tespit edilmiştir. Bu duruma göre kış mevsiminde bu bölgede hakim olan yüksek basınç merkezinin etkileri doğrultusunda karasallık, baki ve topografya gibi fiziki coğrafya etmenlerin atmosferik koşullardan daha etkili olduğu yorumu yapılabilir. Sonbahar mevsiminde ise tam tersine bu bölgede ise 0.05 ve 0.01 anlam seviyesinde negatif kuvvetli ilişkiler tespit edilmiştir. Bu durum ise sonbahar yağışlarında atmosferik koşulların etkin olduğunu fiziki coğrafya denetçilerinin ise etkisini kış mevsimindeki gibi göstermediği yorumu yapılabilir.

Kış TBA 1 sonuçlarına göre de bu bölgede kış aylarında faaliyetlerin, özellikle geniş ölçekli Akdeniz cephesel siklonik faaliyetlerinin hemen hemen hiç olmadığı ve yağışlarda yerel faktörlerin öne çıktığı yorumu yapılabilir. Yağış karasallığının bu bölgedeki dağılımı ise Kış TBA2 sonuçlarından görülebilmektedir.

Yıllık NAO indeksi ve NY arasındaki korelasyon katsayılarının düşüklüğü TBA1 sonuçlarına benzer biçimde bu bölgede genel olarak kuzey Atlantik kaynaklı geniş ölçekli basınç dalgalanmalarından (NAO) çok az etkilendiği yorumu yapılabilir.

### 12.8.1 16 numaralı bölgenin yağış durumunun incelenmesi

Çizelge 12.16'da görüldüğü üzere bu bölge de sadece 3 istasyon vardır. Gerçek karasal yağış rejimi bu bölgede görülür. Bu bölgenin yükseklik ortalaması 1613 metredir.

**Çizelge 12.16:** 16 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların mevsimlere göre dağılımı

| İstasyon No | Mevsimlere göre yağışların yüzde dağılımı(%) |          |        |          | Ortalama toplam yağış (mm) | Yükseklik (m) |
|-------------|----------------------------------------------|----------|--------|----------|----------------------------|---------------|
|             | Kış                                          | İlkbahar | Yaz    | Sonbahar |                            |               |
| 111         | 11.693                                       | 31.023   | 39.641 | 17.643   | 515.955                    | 1829          |
| 120         | 11.28                                        | 35.417   | 35.242 | 18.061   | 469.683                    | 1688          |
| 126         | 16.675                                       | 34.208   | 29.245 | 19.872   | 369.978                    | 1322          |

Bu bölge tipik karasal yağış rejimi özelliklerini belirgin bir biçimde taşımaktadır. Bu bölgede de yüksek dağlara daha fazla yağış düşmektedir. Bölgede orografik ve konvektif yağışlar görülmektedir. Kışın basınç yüksekliğinden dolayı bu bölge batı bölgesinden gelen depresyonlardan etkilenmez. Yazın bu yüksek basınç kalktığından ve konvektif yağışlarda görüldüğünden bu bölgenin yaz yağış yüzdesi yüksektir.

16 numaralı bu alt yağış rejimi bölgesi Mİ haritasına göre (Türkeş, 1999) haritasına göre 7 ve 8 numaralı alt yağış rejimi bölgelerinden daha mevsimseldir. Bu durumun nedeni kış aylarında bu bölgenin yağış yüzdesinin düşüklüğü olarak gösterilebilir.

İstanbul'un 500 hPa jeopotansiyel yükseklik dizileri ile 0.05 ve 0.01 anlam düzeyinde en düşük ilişki katsayıları 16 numaralı yağış rejimi bölgesine bulunan istasyonların yağış dizileri arasında görülmektedir. Bu durum bu yağış oluşum alanında atmosferik karışıklıkların (örneğin, cephesel alçak basınçlar, yüksek seviye alçakları ve oluklar, vb.) varlığının çok az olduğunu göstermektedir.

### 12.8.2 7 numaralı bölgenin yağış durumun incelenmesi

7 numaralı küme de 5 adet istasyon vardır. Bu bölge Türkiye yağış rejimi bölgelerinin içerisinde yükseklik ortalaması 1855 metre ile en yüksek bölgedir. Bu kadar yüksek ortalama sahip olmasına rağmen karasal yağış rejiminin tipik özellikleri bu bölgede fazla görülmez. Bunun sebebi küçük bir deniz karakteri gösteren Van gölü bu bölgede iklimin daha yumuşak ve yağışın biraz daha fazla olmasına sebebiyet verir (Van iklimi DMİ yayınları). Bu bölge 463.47 mm'lik ortalama yıllık toplam yağış yüksekliği ile Doğu Anadolu yağış rejiminde bulunan 8 ve 16 numaralı kümeler göre daha fazla yağış alır. Atmosferin ve göl sularının farklı derecede ısınmaları ile ilgili olarak, kışın hava, göl yüzündeki suya göre daha soğuk, yazın ise daha sıcak olduğundan göl yüzeyinden hava kışın sıcaklık karışır. Yazın ise göl serinletici bir rol oynar. Bunun sonucu olarak yaz aylarında bölgenin iklimi biraz olsun serinler.

**Çizelge 12.17:** 7 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların mevsimlere göre dağılımı

| İstasyon No | Mevsimlere göre yağışların yüzde dağılımı(%) |          |        |          | Ortalama toplam yağış (mm) | Yükseklik (m) |
|-------------|----------------------------------------------|----------|--------|----------|----------------------------|---------------|
|             | Kış                                          | İlkbahar | Yaz    | Sonbahar |                            |               |
| 34          | 25.927                                       | 38.012   | 14.363 | 21.698   | 540.703                    | 1632          |
| 174         | 23.112                                       | 43.504   | 9.901  | 23.483   | 435.638                    | 1565          |
| 175         | 25.417                                       | 39.267   | 8.764  | 26.552   | 410.303                    | 1678          |
| 187         | 30.451                                       | 37.926   | 12.336 | 19.287   | 499.59                     | 2000          |
| 216         | 27.104                                       | 42.559   | 10.906 | 19.431   | 430.991                    | 2400          |

Göl ve yakın çevresini içine alan yükseltisi düşük yörelerde yağış daha az, yüksek dağlarda ise yağış daha fazladır. İlk bahar yağışlarının hakimiyeti bölgeyi karasal yağış rejimine sokmakla beraber kış yağışlarının da %30'a kadar çıkması Akdeniz yağış rejimi andırır. Bölgenin kuzeyindeki 8 numaralı kümeye nazaran yağışların mevsimler üzerindeki bu farklı dağılışı bu bölgenin kış ve ilkbahar mevsimlerinde az da olsa Akdeniz kaynaklı siklonlardan etkilendiğini gösterir. Bu bölge Mİ haritasına göre (Türkeş, 1999) bu yağış rejimi bölgesinde görülen yağışlar 16 ve 78 numaralı alt yağış rejimi bölgelerine göre daha mevsimseldir.

Kış TBA1 sonuçlarına göre (Türkeş ve diğ. 2008) Akdeniz orijinli geniş ölçekli cephesel siklonlar etkisini en çok bu bölgede gösterir ve etkisi bu bölgenin ait olduğu

ana yağış rejimi bölgesindeki diğer alt iklim bölgelerinde azalır. Ortalama yıllık toplam yağışın bu bölgede daha fazla olması bu sonucu desteklemektedir.

### 12.8.3 8 numaralı bölgenin yağış durumunun incelenmesi

Çizelge 12.18’de 8 numaralı kümede bulunan 6 adet istasyona ait mevsimsel yağış dağılımı ortalama yıllık toplam yağış yüksekliği ve istasyonların yükseklik değerleri görülmektedir. 8 numaralı kümede yüzde olarak kış yağışlarının düşük ve yaz yağışların yüksek olması Akdeniz ikliminin tesirlerinin görülmediğini gösterir. Bölge 1388.5 metrelik yükseklik ortalamasıyla en yüksek bölgelerden biri olsa da 7 ve 16 numaralı alt yağış rejimi bölgelerine göre çukurda kalır.

**Çizelge 12.18:** 8 numaralı alt kümede bulunan istasyonlar ve yağışların mevsimlere göre dağılımı

| İstasyon No | Mevsimlere göre yağışların yüzde dağılımı(%) |          |        |          | Ortalama toplam yağış (mm) | Yükseklik (m) |
|-------------|----------------------------------------------|----------|--------|----------|----------------------------|---------------|
|             | Kış                                          | İlkbahar | Yaz    | Sonbahar |                            |               |
| 35          | 16.284                                       | 40.992   | 21.238 | 21.486   | 249.671                    | 858           |
| 106         | 21.805                                       | 31.565   | 24.695 | 21.935   | 533.402                    | 1050          |
| 117         | 21.102                                       | 34.391   | 25.547 | 18.96    | 393.287                    | 1126          |
| 135         | 19.32                                        | 38.741   | 19.236 | 22.703   | 432.024                    | 1584          |
| 136         | 19.101                                       | 34.094   | 24.842 | 21.963   | 456.241                    | 1572          |
| 137         | 17.538                                       | 37.502   | 22.882 | 22.079   | 399.607                    | 1540          |

İlkbahar aylarında konvektif yağışlar görülür. İlkbahar mevsimindeki yağış yüzdesinin yüksekliği bu durumu doğrulamaktadır. Ancak bu bölgede görülen ortalama yıllık yağış toplamaları düşüktür. Kış yağış yüzdesin düşüklüğü ve yaz yağış yüzdesinin yüksekliği karasal yağış rejimini daha çok andırmaktadır.

Sonbahar TBA2 sonuçlarına göre (Türkeş ve diğ. 2008) kuzeyli sirkülasyonların etkisinin bu yağış rejimi bölgesine doğru azaldığı topografya ve karasallık gibi etmenlerin ön plana çıktığı görülmektedir.

## 12.9 Bulunan Türkiye Yağış Rejimi Bölgelerinin Türkeş (1996) Çalışması ile Karşılaştırılması

Şekil 12.1 coğrafi dağılımları verilen Türkiye yağış rejimi bölgeleri kullanılan istasyonların korelasyon katsayıları kullanılarak Ward metodu 16 küme çözümü ile elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre Türkiye 7 ana yağış rejimi bölgesi ve 16 alt yağış rejimi bölgesinden oluşmaktadır.

Bu sonuçlar Türkeş (1996) çalışmasındaki sonuçlarla kıyaslanacak olursa ana hatlarıyla birbirine çok benzemektedir. Ancak bu çalışmada ana yağış rejimlerinin yanında alt yağış rejimleri de bulunmuştur. Bu çalışmada 174, Türkeş (1996) çalışmasında ise 92 istasyon kullanıldığından bu çalışmada elde edilen yağış bölgelerinin ana hatları daha detaylıdır. Şekil 1.1’de Türkeş (1996)’ya göre Türkiye yağış rejimi haritası görülmektedir. Bu iki çalışma arasındaki ana hatlar itibarıyla belirgin tek fark 9 numaralı geçiş bölgesiyle 1 numaralı Marmara bölgesinde görülmektedir.

Türkeş (1996) çalışmasına göre 9 numaralı geçiş bölgesi daha küçük bir alan kaplamaktayken, Marmara bölgesi bu bölgeye doğru kaymıştır. Bu çalışmada ise Marmara bölgesi biraz daha kuzeyde ve daha küçük bulunmuştur. 9 numaralı geçiş bölgesi ise İç Anadolu hem de Ege kıyılarına doğru geniş bir alan kaplamaktadır. Önemli bir husus ise bu çalışmada bulunan 9 numaralı geçiş bölgesi Ege kıyılarına paralel olmakla beraber kıyıya daha yakındır. Buradan tipik Akdeniz yağış rejiminin iç kısımlara doğru ilerlerken etkisini daha erken kaybettiği sonucu çıkarılır.

Bu bölgenin yapılan yağış durumunun incelenmesinde gerek mevsimsel dağılım gerekse yıllık toplam yağış bakımından hem Marmara hem de İç Anadolu yağış rejimlerinden farklı olduğu gösterilmiştir. 9 numaralı bu bölge Akdeniz yağış rejimi özelliklerine daha çok uymaktadır.

### **13 TÜRKİYE İKLİM BÖLGELERİNİN FARKLI VE ORTAK YÖNLERİNİN FİZİKİ COĞRAFYA DENETÇİLERİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

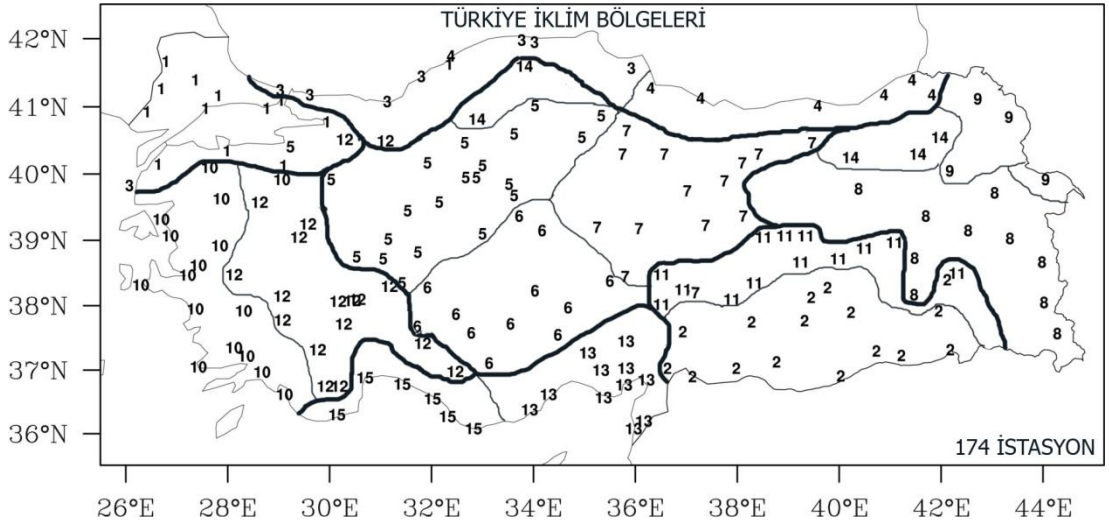
Herhangi bir yerin ya da bölgenin iklimi büyük değişkenliğe sahip elemanların bileşkesi olduğu için tümüyle benzeşen bir iklime sahip olan iki yer bulmak hemen hemen imkânsızdır. Bu da, yeryüzünde neredeyse sınırsız sayıda ayrı iklim görünümü demektir. Sonuçta iklim bölgelerini belirlemek için benzer iklim koşullarını bir araya getirmek amaçlanmalıdır. Bu çalışmada da benzer iklim koşullarını ‘biraraya getirmek’ için çeşitli küme analizi metotları ve bu metotlara girdi olarak sunmak için çeşitli yollar izlenmiştir.

Tez çalışması boyunca Türkiye iklim bölgelerinin belirlenmesi için farklı yollar izlenmiş ve farklı metotlar kullanılmıştır. Kullanılan metotlar; Ward metodu, Kohonen-YSA metodu ve Bulanık-YSA metodudur. Bu metotların küme analizi için kullandığı verilerin girdi olarak hazırlanması için farklı yollar denenmiştir. Bu yollar şöyle özetlenebilir.

- Aylık ortalama sıcaklık, aylık toplam yağış ve aylık bağıl nem verilerinin normalleştirilmesi.
- Temel bileşen analizi sonucu elde edilen sonuçlarının kullanılması.
- Tüm istasyonların normalleştirilmiş korelasyonlardan oluşan matrisi kullanılması.
- Homojenlik testini geçemeyen maksimum ve minimum sıcaklık verileri de küme analizinde kullanılıp sonuçları gösterilmiştir

Ortalama sıcaklık ve yağış verileri yukarıda anlatılan yollarla kümelendikten sonra bu verilere bağıl nem, maksimum ve minimum sıcaklık verileri ayrı ayrı yada hep birlikte eklenerek iklim bölgeleri belirlenmeye çalışılmıştır. Tüm bu denemeler sonucunda ortalama sıcaklık, bağıl nem ve yağış verilerinin korelasyon katsayıları kullanılarak yapılan Bulanık-YSA 15 küme çözümünün en iyi sonucu verdiği kararına varılmıştır. Ward metodunun aynı veriler kullanılarak yapılan çözümünde ana hatlarıyla benzer sonuçlar vermiştir. Ancak, Ege ve Güneydoğu Anadolu bölgesindeki geçiş bölgelerinin varlığı, bölgedeki genel hava dolaşımı ve hava

k t leleri, arazinin topografyası ve bakısı gibi jeomorfolojik özellikler, coğrafik özellikler, karasallık derecesi ve orografik etmenler ve yükselti de göz önüne alındığında Bulanık-YSA metodu sonuçları daha tutarlıdır. Bu yüzden Türkiye iklim bölgelerinin belirlenmesinde Bulanık-YSA metodu sonuçları kullanılacaktır. Şekil 13.1’de bulunan iklim bölgeleri 1974-2002 yılları arasında ölçülmüş aylık ortalama sıcaklık, aylık toplam yağış ve aylık bağıl nem zaman serilerinden elde edilen korelasyonlardan oluşan matrisin bulanık-YSA metoduna girdi olarak verilmesi sonucu bulunmuştur.



**Şekil 13.1:** Bulanık-YSA metodu ile belirlenen Türkiye iklim bölgelerinin coğrafi dağılı ları

Sonuçların ayrıntılı incelenmesi sonucu 41 numaralı Yalova, 213 numaralı Elbistan, 139 numaralı Keleş/Bursa, 123 numaralı Geyve/Sakarya ve 204 numaralı Bitlis istasyonların bulundukları küme de uç ölçüm değerlerine sahip olduklarından, özellikleri daha çok benzeyen yakın kümeye ait oldukları kabul edilmiştir. 35 numaralı Iğdır istasyonun olduğu bölge ise bulunduğu 9 numaralı alt iklim kümesine hiç benzemediğinden ayrı bir alt iklim bölgesi olarak kabul edilmiştir. Zaten Iğdır yöresi mikroklimatik özelliği iyi bilinen bir bölgedir.

### 13.1 Türkiye İ limi ile İlgili Genel Bilgiler

Genel olarak subtropikal kuşak anakaralarının batısında egemen olan Akdeniz büyük iklim bölgesine dâhil edilen Türkiye iklimi, Kuzeydoğu Atlantik ve Akdeniz kaynaklı cephesel siklonların (alçak basınçların), subtropikal antisiklonların (yüksek basınçların) ve muson alçak basıncının Orta Doğu’ya doğru uzantısını oluşturan

Basra alçak basınç alanının mevsimsel yer değiştirmelerinin bir ürünüdür. Atlantik kaynaklı nemli hava akımlarıyla taşınan cephesel orta enlem ve Akdeniz siklonları, yaz mevsimi dışında yılın önemli bir bölümünde Türkiye'ye kolaylıkla ulaşmaktadır. Bu uygun koşullar, yazın polar jet akımının yaklaşık 60 °K enlemlerindeki polar cephe kuşağına ve ötesine göçü nedeni ile ortadan kalkar. Böylece, Türkiye ve bölgesi üzerinde, özellikle yaz boyunca Kuzey Afrika ve Orta Doğu/Arabistan bölgelerinden kaynaklanan karasal tropikal hava akımları egemen olur. Genel dolaşımdaki bu değişiklik, Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi ve Kuzeydoğu Anadolu Bölümü dışında kalan yerlerinde, yaz boyunca genellikle uzun süreli kuru ve sıcak iklim koşullarının oluşmasına neden olur (Türkeş, 1998a, 1999, 2003a). Kışın, kuzeydoğu Atlantik kaynaklı orta enlem ve Akdeniz siklonları ile Azorlar bölgesinden kaynaklanan dinamik oluşumlu subtropikal antisiklonların iyi bilinen birleşimi, Türkiye'de hava ve iklim olaylarını belirleyen başlıca atmosferik düzenektir. Bazı kış mevsimlerinde, termik oluşumlu Sibiry antisiklonu ile ilişkili çok soğuk, kararlı ve kuru yüksek basınç koşulları da, Türkiye ve bölgesindeki bu geniş alanlı ortalama atmosfer dolaşımına katılır. Türkiye yağışları, yaz dışında, yıl boyunca ülkenin büyük bir bölümünde, genel olarak atmosferik aksiyon merkezlerinin yerine, etkinlik düzeyine ve değişimine bağlıdır (Türkeş, 1998a; Kutiel ve diğ. 2001; Türkeş ve diğ. 2002b)

Topografya, bakı ve karasallık vb. yerel ya da bölgesel fiziki coğrafya etmenleri ve bunlar ile bağlantılı meteorolojik olaylar (örneğin, yerel konvektif sağanaklar ve gök gürültülü fırtınalar, orografik yağışlar, vb.) da, yazın Türkiye üzerindeki bölgesel atmosferik kontrol düzeneklerinin gerçek etkilerini bastırır (Türkeş ve diğ. 2002). Yılın soğuk döneminde Avrasya antisiklonları olarak tanımlanan ve kontinental polar (cP) hava kütlelerine kaynak bölgesi oluşturan termik antisiklonlar, Asya kıtasının batısından başlayarak Kafkas Dağları ve Doğu Anadolu'ya kadar uzanır (Katsoulis ve diğ. 2000).

#### **13.1.1 Bulunan 7 adet iklim bölgesi ve 15 adet alt iklim bölgesinin farklılıklarının ortaya konması**

Kuraklık “yağışın, normal düzeyinin oldukça altına düştüğünde ortaya çıkan ve arazi kaynakları üretim sistemlerini olumsuz biçimde etkileyerek ciddi hidrolojik dengesizliklere yol açan, doğal oluşumlu bir olaydır.” Kuraklık, iklimsel

değişimlerin neden olduğu geçici bir özelliktir; orta enlemlerin nemli denizsel iklimlerinde de oluşabilir. Ancak uzun dönem klimatolojik zaman serileri ile yapılan kuraklık analizleri o bölgenin iklimi hakkında önemli bilgiler verebilir. Bu yüzden Türkiye’de uzun dönem klimatolojik zaman serileri ile yapılan kuraklık ile ilgili çalışmalar iklim bölgelerinin farklılıklarının açıklanmasında kullanılacaktır.

Türkeş (1998c,1999) yıllık kuraklık indisi haritası P/PE oranına göre hazırlanmıştır. (Yağış/Potansiyel buharlaşma indisi). Potansiyel buharlaşma hava sıcaklığı, net radyasyon, rüzgâr hızı ve nem gibi iklimsel değişkenler kullanılarak hesaplanabildiğinden (Dingman, 2002) Türkiye’deki iklim bölgeleri hakkında önemli bilgiler veren Türkeş (1998c, 1999) kuraklık haritası iklim bölgelerinin farklılıklarının açıklanmasında kullanılacaktır.

Minimum ve maksimum yağış değerlerinin ortalamasına göre SPI metodu (Türkeş ve Tatlı, 2009) ile hesaplanan kuraklığın görülme olasılığı haritaları özellikle aşırı kuru olma olasılığı için yapılan hesaplamalarda klasik SPI metoduna göre daha belirleyici olmaktadır. Bu yüzden aşırı kuru olma durumu için düşünüldüğünde, iklim bölgelerinin özelliklerini gösterme konusunda daha anlamlı bilgiler veren modifiye edilmiş SPI metoduna göre hazırlanmış harita (Türkeş ve Tatlı, 2009) iklim bölgelerinin farklılıklarının açıklanmasında kullanılacaktır. Bu harita mevsimsellik ve yağış değerlerinin yıldan yıla değişebilirliği hakkında da bilgiler içermektedir.

Her ana iklim bölgesinden bir istasyon seçilerek, bu istasyonun iklim bölgelerinin belirlenmesinde kullanılan verilerinin diğer istasyonlarla olan korelasyon katsayılarının kontur haritası çizilecektir. Bu kontur haritaları ile ana ve alt iklim bölgeleri arasındaki farklar vurgulanmaya çalışılacaktır. Ayrıca bulunan alt iklim bölgesinin istatistik değerlerinden oluşan Çizelgeler ile de farklılıklar gösterilmeye çalışılacaktır. Her ne kadar hesaplanan istatistikler ortalama değerler kullanılarak hesaplanırsa da genel bir karşılaştırma için faydalıdır.

Azorlar bölgesi üzerinde yerleşik dinamik subtropikal antisisiklon (yüksek basınç) ile Grönland ve İzlanda üzerinde egemen orta enlem depresyonu (siklonu ya da alçak basıncı) arasındaki geniş ölçekli atmosferik basınç dalgalanması olarak tanımlanan Kuzey Atlantik Salınımı (NAO)’nun davranışları ve ekstrem evreleri sinoptik ve yarımküresel ölçekli hava olaylarını ve bölgesel iklim anomalilerini kontrol etmektedir. Örneğin, Negatif NAOI evresinde, 500 hPa jeopotansiyel yükseklik

düzeyinde Kuzeydoğu Atlantik-Avrupa bölgeleri ve Akdeniz havzası üzerinde basıncın düşük olması (siklonik anomali dolaşımı), Atlantik kaynaklı nemli ve ılık hava kütlelerinin Akdeniz havzası ve Türkiye'ye ulaşmasını kolaylaştır, Tersine, pozitif AOI evresinde, kuzeydoğu Atlantik-Avrupa bölgeleri ve Akdeniz havzası üzerindeki antisiklonik anomali dolaşımı, kuzeyli ve kuzeydoğulu hava akımlarının Türkiye ulaşmasını kolaylaştırmaktadır (Türkeş ve Erhat, 2007). Bu yüzden normalleştirilmiş deniz seviyesi basınçları arasındaki farka dayanarak geliştirilen NAO indeksinin, normalleştirilmiş yıllık ve mevsimsel yağışlarla olan korelasyon değerleriyle hazırlanan desenler hem geniş ölçekli hem de yerel iklim olaylarını yorumlamada kullanılacaktır.

Arktik Salınım (AO), kuzey yarımkürede Arktik bölge ile orta enlemler arasında basınç değerlerinde ve buna bağlı olarak sinoptik ölçekli dolaşım koşullarında oluşan birbirine zıt değişimlerdir. Arktik Salınım'ın tanımlanmasında, Arktik bölge ve 37-45°N enlemleri arasındaki deniz seviyesi basıncı farklarına dayanan Arktik Salınım indisi (AOI) kullanılmaktadır (Thompson ve Wallace, 1998). Arktik Salınım'ın tüm Kuzey Yarımkürede etkili olduğu (Wang, 2005) dolayısı ile Türkiye'ye de etkileri olduğundan iklim bölgelerinin açıklanmasında kullanılacaktır. Türkeş ve Erhat, (2008b) çalışmasına göre (negatif ve pozitif AOI devrelerine karşılık gelen birleşik sapmalara ya da anomalilere göre) negatif AOI evresi birleşik kış sıcaklıklarının uzun süreli ortalamasına göre daha sıcaktır. Tersine, sonuçlar daha kuvvetli olmak üzere pozitif AOI evresi için geçerlidir.

Bir başka geniş ölçekli atmosferik uzak bağlantı deseni olan NAO'da Anadolu'nun iç kısımlarında benzer bir durum görülse de hem alansal dağılım olarak hem de kuvvetli-zayıf olma durumuna göre özellikle Marmara bölgesi ve Karadeniz kıyılarında AO ile oldukça farklılık göstermektedir. Bu sonuçlara göre AO'nun Türkiye'de farklı iklim tiplerinin ve bunun sonucunda farklı iklim bölgelerinin oluşmasına etkisinin temel olarak sıcaklık değişimleri ve rejimi üzerinde belirgin olduğu, genel olarak Türkiye'nin iç ve batısı, kuzeyi ve doğusunda sıcaklık koşulları (buharlaşma koşullarını da etkiler) açısından farklı etkilediği yorumu yapılabilir. (Türkeş ve Erhat, 2008b).

Kış sıcaklıklarının alansal dağılım biçimi DK yerine standart sapma (ST) ile araştırılması klimatolojik serilerin ortalamalarının bir birinden çok farklı ve negatif değerlerin de olduğu durumlarda daha faydalıdır (Türkeş ve Erhat, 2008b). Kış

ortalama sıcaklıklarının yıldan yıla değişkenliği yarı-kurak ve kurak iklim koşullarının hakim olduğu ülkenin doğu ve iç kesimlerinden (Türkeş, 1999) kıyı ve güney kesimlerine doğru azalmaktadır (Türkeş ve Erlat, 2008b). Türkiye’de sıcaklık değerlerinin alansal biçimi ya da ST değerinin coğrafik otokorelasyonu, yüksekliğin artması ve kıyıdan uzaklaşılması ile kış sıcaklık değişkenlik olasılığının arttığını açık bir şekilde göstermektedir (Türkeş ve Erlat, 2008b). Türkiye’deki 70 adet istasyonun ortalama kış sıcaklıklarının ST değerleri ile hazırlanan haritaya göre (Türkeş ve Erlat, 2008b) en yüksek ST değeri Iğdır ve yakın çevresinde hesaplanmıştır. Bu değer Iğdır civarından kuzeyde Karadeniz kıyılarına ve güneyde Güney Doğu Anadolu bölgesine (GAN) doğru hızla azalmaktadır. Ancak bu azalış Anadolu’nun iç bölgelerinden Ege bölgesindeki 12 numaralı alt iklim bölgesine (geçiş bölgesi) doğru yavaş bir şekilde ilerlemektedir. Sonuç olarak kış ortalama sıcaklık ST değerleri haritası ana iklim bölgelerinin özelliklerini yansıttığından ve hatta geçiş bölgelerinin varlığını gösterdiğinden ana ve alt iklim bölgelerinin farklılıklarının açıklanmasında kullanılacaktır.

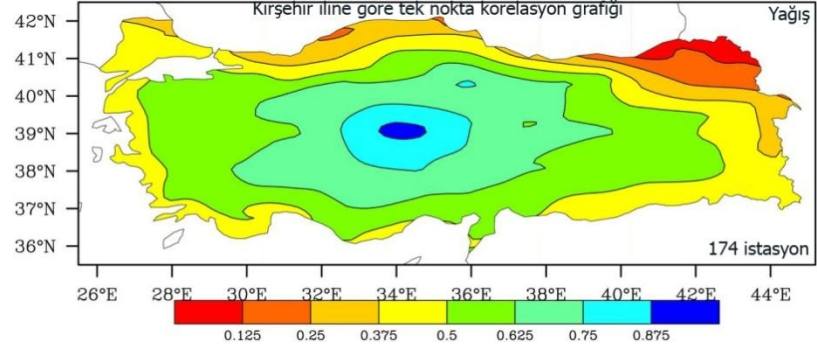
Türkiye’de kışın don olaylı gün sayılarının alansal dağılışı, karasallık, denizden uzaklık, yükselti ve topografyaya bağlı olarak kısa mesafeler içinde önemli değişimler gösterir (Türkeş ve Erlat, 2008b). Don olayının düşük sıklıkla görüldüğü alanlar, İskenderun kıyılarından Ege Bölgesi’nde İzmir’e kadar uzanır. Benzer biçimde Karadeniz kıyılarında da düşük sayıda don olayı görülür. Artan karasallığa uygun olarak Anadolu’nun iç kısımlar ve Doğu Anadolu’da don olaylı gün sayısı yüksektir. Sonuç olarak donlu olayların görülme sıklığı bir iklim karakteri olduğundan iklim bölgelerinin arasındaki farkların açıklanmasında kullanılacaktır.

Sıcaklık değişimleri söz konusu olduğunda, yağış rejimi bölgeleri yerine dağılışıları açıklayabilmek için Türkiye’nin geleneksel coğrafi bölgelerini kullanılmıştır.

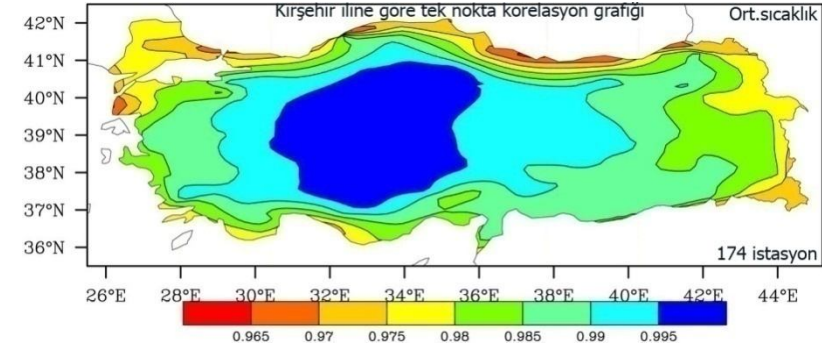
### **13.2 İç Anadolu Bölgesinin ve Alt İklim Bölgelerinin İklim Özelliklerin Açıklanması ve Farklılıkların Ortaya Konması**

İç Anadolu Bölgesinde yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve kar yağışlı olan karasal iklim görülür. Bu durum, etrafının dağlarla çevrili olması nedeniyle, nemli hava kütlelerinin iç kısımlara girememesinin sonucudur. Güneyde Toros dağları kuzeyde İsfendiyar dağlarının bulunduğu bölge içeri nemli havanın girmesini engeller. Bu bölge Türkiye’nin en az yağış alan bölgesidir. Yarıkurak ve kurak-yarınemli iklim

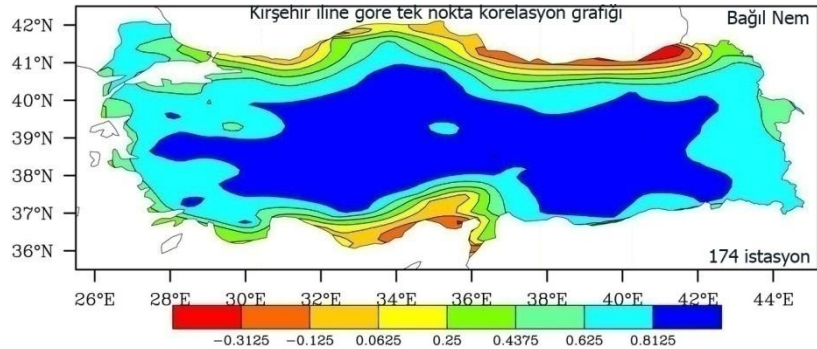
koşulları, Anadolu'nun karasal iç bölgelerinde egemendir (Türkeş, 1998). Türkiye'nin en kurak yöresi Konya ovası bu bölgede bulunmaktadır. Bulanık-YSA sonuçlarına göre bu bölge 4 alt iklim bölgesinden oluşmuştur. Bu alt iklim bölgelerinin hepsi karasal iklim özelliği gösterse de güneyde Akdeniz, kuzeyde ise Karadeniz ikliminden etkilenmiştir. Bu yüzden İç Anadolu bölgesinde alt iklim bölge sayısı fazladır.



**Şekil 13.2:** Kırşehir meteoroloji istasyonuna göre yağış tek nokta korelasyon grafiği



**Şekil 13.3:** Kırşehir meteoroloji istasyonuna göre ort. sıcaklık tek nokta korelasyon grafiği



**Şekil 13.4:** Kırşehir meteoroloji istasyonuna göre bağıl nem tek nokta korelasyon grafiği

Şekil 13.2, Şekil 13.3 ve Şekil 13.4'de yağış, bağıl nem ve yağış verilerinin Kırşehir meteoroloji istasyonuna göre tek nokta korelasyon grafikleri görülmektedir.

Şekillerin ortak özelliği, hepsinde kuzey ve güneyde dağların etkisi ile korelasyonlarda hızlı düşüş ve kıyı kesimleriyle düşük korelasyon göstermesidir.

Kış ortalama sıcaklık ST haritasına göre (Türkeş ve Erhat, 2008b), İAN bölgesinde çok geniş alanlarda özellikle 5, 14 ve kısmen 6 numaralı alt iklim bölgesinde kış sıcaklık değişkenliği çok azdır. 7 numaralı alt iklim bölgesinde topografya ve karasallığında etkisiyle bu değişim hem daha fazla hem de alansal olarak daha hızlıdır.

İç Anadolu’da ortalama yaklaşık don olaylı gün sayısı 60’dır. Bu sayı, 14 numaralı alt iklim bölgesinin bulunduğu Kastamonu çevrelerinde 70 güne yükselir. Kısmen 7 numaralı alt iklim bölgesinde bulunan Kayseri ve Sivas yöresi, ortalama yaklaşık 75 gün ile İAN iklim bölgesinde don olayının en yüksek olduğu alanlardan biridir (Türkeş ve Erhat, 2008b). Sonuç olarak karasallık ile uygun olarak 7 numaralı alt iklim bölgesinde en fazla don olayı görülmektedir. Benzer biçimde sonbahar ve kış TBA2 sonuçlarına göre (Türkeş ve diğ. 2008b) 5 ve 6 numaralı alt iklim bölgelerinden daha karasal olduğu gösterilen 14 numaralı iklim bölgesinde de don olaylı gün sayısı yüksektir.

En yüksek negatif AOI ve sıcaklık verileri arasındaki KK değeri klimatolojik olarak en kurak bölgelerden biri olan Konya ovası (Türkeş, 1999) civarlarında hesaplanmıştır (Türkeş ve diğ. 2008b). Ancak, bu değerin Konya ovası gibi Türkiye’nin en kurak yöresi Iğdır’da yüksek hesaplanmaması (hatta en düşük) hesaplanması ve Doğu Anadolu’nun diğer bölgelerinde de düşük olmasına dayanarak geniş ölçekli atmosferik uzak bağlantı desenlerinden AO’nun etkisini genel olarak Anadolu’nun iç kesimlerinde gösterdiği yorumu yapılabilir. AO’nun yanı sıra NCPI’nın da (Kutiel ve diğ. 2002); Kutiel ve Türkeş, 2006) etkisinin karasal İç Anadolu Bölgesi’nin Kapadokya ve Konya bölümlerinde olduğu daha önce saptanmıştı. Tüm bunlar, Türkiye’nin karasal iç bölgelerindeki ve genel olarak batı bölgelerindeki sıcaklık değişimlerinin özellikle yılın soğuk döneminde AOI ve NCPI gibi daha kuzeyli ve karaları daha fazla temsil eden atmosferik salınım indislerince yakından denetlendiğini gösterir (Türkeş ve diğ. 2008b).

### **13.2.1 5 numaralı kümenin ikliminin incelenmesi**

5 numaralı bu kümede toplam 22 adet istasyon vardır. Çizelge 13.1’de bu bölgedeki 22 adet istasyonun ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri verilmiştir. Çizelge

13.1 dikkatlice incelenirse 219 numaralı Yalova istasyonunun ortalama sıcaklık ve yağış değerlerinde küme içindeki diğer istasyonlara göre belirgin olarak farklıdır. Kümenin ortalama sıcaklık verisinin ortalaması 11.135 °C iken Yalova istasyonunun ortalama sıcaklık değeri 16.14 °C ve ortalama yıllık yağış değeri 629.32 mm. iken kümenin ortalaması 428.529 mm'dir.

Sonuç olarak Yalova istasyonu bu kümenin en uç değerlere sahip istasyonudur ve özellikleri daha çok Marmara bölgesi iklimini andırmaktadır. Bu yüzden bu istasyon Marmara bölgesine dahil edilip 5 numaralı kümenin istatistik verileri hesaplanırken bu istasyon çıkarılacaktır.

**Çizelge 13.1:** 5 numaralı kümedeki tüm istasyonların 1974-2002 yılları arasındaki ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri

| İst. No | $P_t$ (mm) | $T_m$ (°C) | $R_h$ (%) | Yükseklik (m) |
|---------|------------|------------|-----------|---------------|
| 24      | 403.91     | 11.08      | 67.98     | 751.          |
| 26      | 449.58     | 10.43      | 68.18     | 775.91        |
| 41      | 448.31     | 12.35      | 69.63     | 12.64         |
| 43      | 408.44     | 9.81       | 65.28     | 959.33        |
| 44      | 363.94     | 11.16      | 66.30     | 799           |
| 45      | 406.11     | 11.76      | 61.51     | 890.52        |
| 46      | 383.92     | 12.44      | 63.90     | 750.89        |
| 57      | 413.96     | 11.11      | 64.85     | 1033.74       |
| 119     | 476.56     | 11.18      | 62.20     | 870           |
| 124     | 563.77     | 9.83       | 66.86     | 1033          |
| 131     | 401.27     | 12.95      | 62.24     | 682           |
| 142     | 477.58     | 10.43      | 71.23     | 754           |
| 150     | 403.38     | 11.20      | 61.46     | 1070          |
| 151     | 358.89     | 11.37      | 63.08     | 886           |
| 152     | 423.47     | 10.45      | 64.58     | 1140          |
| 161     | 403.30     | 11.25      | 59.13     | 983           |
| 162     | 396.36     | 10.08      | 63.69     | 1010          |
| 179     | 390.21     | 10.88      | 61.86     | 1018          |
| 180     | 449.80     | 10.87      | 60.38     | 1140          |
| 193     | 551.18     | 11.86      | 60.83     | 1002          |
| 219     | 629.32     | 16.14      | 60.60     | 365           |
| 25      | 425.16     | 11.34      | 69.12     | 755           |

Çizelge 13.2'de ise 5 numaralı kümedeki 21 istasyonun (219 no'lu küme çıkarılmıştır) istatistik bazı bilgileri verilmiştir. Bu bölge İç Anadolu'daki diğer alt iklim bölgelerine göre yükseklik ortalaması en düşük olan bölgedir. Bu yüzden sıcaklık ve yağış değerleri yakındaki alt iklim bölgelerine göre farklılık görülmektedir.

**Çizelge 13.2:** 5 numaralı kümedeki istasyonların ortalama istatistik bilgileri

| <b>5 numaralı istasyon</b> | $P_t$ (mm) | $T_m$ ( $^{\circ}\text{C}$ ) | $R_h$ (%) | Yükseklik (m) |
|----------------------------|------------|------------------------------|-----------|---------------|
| Minimum                    | 358.89     | 9.81                         | 59.13     | 12.64         |
| Maksimum                   | 563.77     | 12.95                        | 71.23     | 1140          |
| Aritmetik ortalama         | 428.529    | 11.135                       | 64.49     | 872.192       |
| Standart sapma             | 53.208     | 0.827                        | 3.362     | 240.704       |
| Çarpıklık katsayısı        | 1.357      | 0.378                        | 0.41      | -2.32         |

Türkeş (1998c, 1999) kuraklık indisi haritasına göre 5 numaralı alt iklim bölgesi genel olarak kurak-yarınemli bir bölge olarak gösterilmiştir. Kış NAO indisi ve NY arasındaki korelasyon haritasına göre (Türkeş ve Erlat, 2003) en yüksek korelasyonlar (-0.45) bu bölgede ölçülmüştür. Bu da kurak sinyallerin bu bölgelerde daha kuvvetli olduğunun bir göstergesidir. Bu bölgenin kuzeyi ve güneyine doğru bu korelasyon değerleri azalmaktadır. Bu sonuçlara dayanarak 5 numaralı alt iklim kümesinin, kuzeyindeki 14 numaralı ve güneyindeki 6 numaralı alt iklim bölgelerine göre geniş ölçekli basınç sistemleri ve üst atmosfer sirkülasyonlarından kış aylarında daha fazla etkilendiği yorumu yapılabilir. Bu sonuca göre 14 ve 6 numaralı alt iklim bölgeleri kışın daha çok topografya, yükseklik ve fiziki coğrafya etmenleri gibi yerel faktörlerden 5 numaralı kümeye göre daha fazla etkilendiği yorumu yapılabilir.

Kış TBA1 sonuçlarına göre (Türkeş vd, 2008), 5 numaralı alt iklim bölgesini yaklaşık olarak İç Anadolu'nun diğer alt iklim bölgelerinden ayıracak şekilde yüksek yükleme değerleri hesaplanmıştır. Yüksek yükleme değerleri kontur çizgileri bu bölgeyi, Ege ve Akdeniz bölgesinin büyük bir kısmını içine almaktadır. Bu sonuç negatif kış NAO indeksinin de gösterdiği gibi bu bölgedeki geniş ölçekli atmosferik sirkülasyon ve bununla ilişkili hava sistemlerinin etkisini vurgulamaktadır. Bu etki esas olarak kısmen kuzeydoğu Atlantik ve Akdeniz orijinli geniş ölçekli cephesel siklonlar ve Azor yükseklerinden kaynaklanmaktadır (Türkeş vd, 2008).

Aşırı kuru olma olasılığı haritasına göre (Türkeş ve Tatlı, 2009) neredeyse 5 numaralı alt iklim bölgesinin güneydoğu sınırından geçecek şekilde çizilen olasılık değerleri kontur çizgileri bu bölgenin kuzeyine doğru azalmaktadır. Bu sonuçlara göre bu alt iklim bölgesinin güneyindeki 10 numaralı alt iklim bölgesine göre aşırı kuraklık görülme olasılığı daha azdır.

### 13.2.2 6 numaralı kümenin ikliminin incelenmesi

5 numaralı küme aşağı yukarı Konya ovasının bulunduğu yere denk gelmektedir ve yaklaşık 1000 metre civarında bir yükseltisi olan bir çanağın tabanı durumundadır. Bu bölgede Toros dağlarının tropikal havanın iç kesimlere sokulmasını engelleyici etkisi vardır. Benzer biçimde de Toros dağları iç kısımlara yayılan polar havanın Akdeniz’e geçmesini güçleştirir. Çizelge 13.3’de 6 numaralı kümede bulunan tüm istasyonların küme analizinde kullanılan verilerinin ortalaması görülmektedir. Bu bölge en az yağış alan bölgelerden biridir. Klimatolojik kuraklık anlamında da Konya ovası Türkiye’nin en kurak yörelerindendir (Türkeş, 1998, 1999).

**Çizelge 13.3:** 6 numaralı kümedeki tüm istasyonların 1974-2002 yılları arasındaki ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri

| İst. No | $P_t$ (mm) | $T_m$ ( $^{\circ}\text{C}$ ) | $R_h$ (%) | Yükseklik (m) |
|---------|------------|------------------------------|-----------|---------------|
| 222     | 486.34     | 10.74                        | 64.23     | 1148.         |
| 49      | 387.99     | 11.19                        | 64.40     | 1007.17       |
| 73      | 324.75     | 11.41                        | 59.41     | 1030.61       |
| 75      | 330.52     | 10.93                        | 59.80     | 1210.50       |
| 163     | 465.22     | 10.10                        | 60.99     | 1075          |
| 194     | 431.65     | 10.84                        | 64.27     | 1034          |
| 195     | 349.71     | 11.83                        | 58.50     | 960.77        |
| 197     | 365.30     | 10.85                        | 59.06     | 1180          |
| 224     | 325.16     | 11.20                        | 64.52     | 1013          |
| 225     | 290.22     | 10.96                        | 62.33     | 1004          |
| 226     | 322.98     | 9.57                         | 64.26     | 1453          |
| 233     | 334.87     | 11.75                        | 61.29     | 1023          |

Çizelge 13.4’de 6 numaralı kümenin istatistik bilgileri görülmektedir. Bu bölge iç Anadolu’nun kuzey bölgelerine göre biraz daha sıcak olup iklimi karasal karakterler göstermektedir. Sıcaklığı düşüren basınç sistemlerinin etkilerinin az oluşu ve enlem faktörü bu sıcaklık farkının nedenleri olarak gösterilebilir.

**Çizelge 13.4:** 6 numaralı kümedeki istasyonların istatistik bilgileri

| 6 numaralı istasyon | $P_t$ (mm) | $T_m$ ( $^{\circ}\text{C}$ ) | $R_h$ (%) | Yükseklik (m) |
|---------------------|------------|------------------------------|-----------|---------------|
| Minimum             | 290.22     | 9.57                         | 58.5      | 960.77        |
| Maksimum            | 486.34     | 11.83                        | 64.52     | 1,453.00      |
| Aritmetik ortalama  | 367.892    | 10.947                       | 61.922    | 1,094.93      |
| Standart sapma      | 62.183     | 0.635                        | 2.362     | 136.754       |
| Çarpıklık katsayısı | 0.925      | -0.808                       | -0.158    | 1.832         |

Çizelge 13.4’de görüldüğü gibi maksimum ve minimum yağışlar arasındaki fark oldukça azdır. Dolayısı ile minimum ve maksimum yağış değerlerinin ortalamasına göre önerilen SPI metodu (Türkeş ve Tatlı, 2009) ile hesaplanan aşırı olasılık değerleri düşük olmaktadır. Klasik SPI metodunda da bu durum görülmektedir. Bu yüzden bu bölgede aşırı kuraklığın görülme olasılığı Türkiye’nin güney ve batı bölgelerine göre düşüktür. Ancak bu bölgede aşırı kuraklık görülme olasılığı Türkeş ve Tatlı (2009) SPI haritasına göre İç Anadolu bölgesinin daha iç kısımlarına göre yüksektir. Kış NAO indisi ve NY arasındaki korelasyon haritasına göre ise (Türkeş ve Erlat, 2003) kuvvetli negatif sinyaller bu bölgeye doğru düşmektedir. Bu sonuca göre bu bölgede yerel faktörlerin biraz daha baskın hale geldiği yorumu yapılabilir.

### 13.2.3 7 numaralı kümenin ikliminin incelenmesi

Çizelge 13.5’de 7 numaralı kümedeki 14 adet istasyonun ortalama ölçüm değerleri görülmektedir. Bu bölgede doğuya gidildikçe yükseklik artarken güneye doğru yükseklik azalmaktadır. İç Anadolu bölgesinde bulunan 4 alt iklim bölgesi içinde yüksekliği en çok farklılık gösteren bölge burasıdır. Bu yüzden ortalama sıcaklık değerleri çok değişkenlik gösterir. Çizelge 13.6’de hesaplanan yağış ve yükseklik standart sapma değerlerinden de bu durum fark edilebilir. Bu kadar yükseklik farkına rağmen fazla değişiklik göstermeyen tek parametre yağış değerleridir.

**Çizelge 13.5:** 7 numaralı kümedeki tüm istasyonların 1974-2002 yılları arasındaki ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri

| İst. No | $P_t$ (mm) | $T_m$ ( $^{\circ}$ C) | $R_h$ (%) | Yükseklik (m) |
|---------|------------|-----------------------|-----------|---------------|
| 27      | 441.00     | 13.52                 | 58.47     | 411.69        |
| 28      | 438.44     | 12.34                 | 62.44     | 607.60        |
| 29      | 453.22     | 9.44                  | 63.81     | 1219          |
| 30      | 444.48     | 8.92                  | 64.79     | 1285          |
| 50      | 395.12     | 9.51                  | 65.99     | 1173          |
| 132     | 454.01     | 11.62                 | 71.46     | 700           |
| 133     | 591.64     | 8.90                  | 60.67     | 1364          |
| 134     | 414.34     | 10.16                 | 59.86     | 1163          |
| 145     | 536.22     | 8.48                  | 63.26     | 1347          |
| 154     | 391.00     | 11.27                 | 58.07     | 1225          |
| 164     | 372.26     | 9.16                  | 63.81     | 1067          |
| 165     | 408.84     | 6.53                  | 65.88     | 1545          |
| 198     | 397.31     | 8.05                  | 65.91     | 1397          |
| 213     | 394.08     | 10.66                 | 62.99     | 1137          |

Bütün bu farklılıklara rağmen ortak özellikler şöyle sıralanabilir: yağışlar daha çok ilkbaharda görülür. Yaz aylarında yağış azdır. Ortalama rüzgâr hızı azdır. Bu bölgede yer yer sıcaklıklar artsa da ortalama sıcaklık olarak 5 ve 6 numaralı istasyonlardan düşüktür. Ortalama sıcaklık değeri aynı ana iklim bölgesindeki 14 numaralı kümeden ise yüksektir.

**Çizelge 13.6:** 7 numaralı kümedeki istasyonların istatistik bilgileri

| <b>7 numaralı istasyon</b> | $P_t$ (mm) | $T_m$ ( $^{\circ}\text{C}$ ) | $R_h$ (%) | Yükseklik (m) |
|----------------------------|------------|------------------------------|-----------|---------------|
| Minimum                    | 372.26     | 6.53                         | 58.07     | 411.69        |
| Maksimum                   | 591.64     | 13.52                        | 71.46     | 1,545         |
| Aritmetik ortalama         | 437.997    | 9.897                        | 63.386    | 1,117.24      |
| Standart sapma             | 60.228     | 1.844                        | 3.51      | 324.01        |
| Çarpıklık katsayısı        | 1.613      | 0.293                        | 0.507     | -1.113        |

Çizelge 13.6'deki yükseklik ile ilgili standart sapma değerlerinden bölgenin topografyasının ne kadar değişkenlik gösterdiği anlaşılabılır. Bu bölge İç Anadolu Bölgesindeki diğer alt iklim bölgelerine göre kendine has coğrafik özellikleri ve topografyası ile farklılık göstermektedir.

Kış TBA2 sonuçlarına göre bu bölgede batıdan doğuya doğru karasallık hızla artmaktadır (Türkeş ve diğ. 2008). Bu alt iklim bölgesinde yüksekliğinin batıdan doğuya doğru belirgin bir biçimde artması yükseklik ve karasallık arasındaki ilişkiyi belirgin bir biçimde göstermektedir. Kış TBA2 sonuçlarına ve yükseltinin fazla olmasına dayanarak 6 numaralı bu alt iklim bölgesinin İç Anadolu bölgesinin en karasal bölgesi olduğu yorumu yapılabilir.

Sonbahar TBA2 sonuçlarına göre İç Anadolu'nun kuzeyindeki topografyanın ve karasallığın etkileri açık bir şekilde görülmektedir (Türkeş ve Erat, 2008). Bu haritaya göre 7 numaralı alt iklim bölgesinden Doğu Anadolu bölgesine doğru eş kontur çizgileri görülmesi bu bölgenin karasallığını ortaya koymaktadır.

Önerilen SPI metoduna ile (Türkeş ve Tatlı, 2009) aşırı kuru olma durumu için hazırlanan haritaya göre bu bölgede kuraklık görülme olasılığı 5 ve 14 numaralı alt iklim bölgeleriyle hemen hemen aynıdır. Bu sonuç mevsimsellik ve yağışın yıldan yıla değişebilirliği ile ilgili haritalarla uyumaktadır (Türkeş, 1998c ,1999). Kİ haritasına göre (Türkeş, 1998c ,1999) bu bölgenin büyük bir kısmı özellikle kuzey kesimleri İç Anadolu'nun güney ve iç kesimlerinden farklı olarak yarınemli iklim koşulları görülür.

#### 13.2.4 14 numaralı kümenin ikliminin incelenmesi

Çizelge 13.7’de 14 numaralı kümenin ortalama değerleri ve yükseklikleri görülmektedir. 14 numaralı küme de 2 adet istasyon vardır. 106 numaralı Devrekani ve 117 Çerkeş istasyonları İç Anadolu ana iklim bölgesinde Karadeniz’e en yakın 2 istasyondur. Devrekani ilçesi Kastamonu’nun kuzeyinde İsfendiyar Dağlarının güneyinde bir ova görünümündedir.

**Çizelge 13.7:** 14 numaralı kümedeki tüm istasyonların 1974-2002 yılları arasındaki ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri

| İst. No | $P_t$ (mm) | $T_m$ ( $^{\circ}$ C) | $R_h$ (%) | Yükseklik (m) |
|---------|------------|-----------------------|-----------|---------------|
| 106     | 533.40     | 7.61                  | 71.78     | 1050          |
| 117     | 393.29     | 7.88                  | 69.83     | 1126          |

Bu istasyonların iklim özellikleri 7 numaralı alt iklim bölgesine daha çok benzemektedir. Kİ haritasına göre (Türkeş, 1998,1999) bu bölgenin tamamında yarınemli iklim koşulları görülür. Sıcaklık değerleri 5 ve 6 numaralı kümelerden 3-4  $^{\circ}$ C daha azdır. Bu bölge Karadeniz’den esen kuzeydoğu rüzgârlarının etkisi altındadır. Ancak İsfendiyar dağlarının engelleyici etkisi yüzünden nemli hava kütlelerinin bu bölgeye girişi çok azdır.

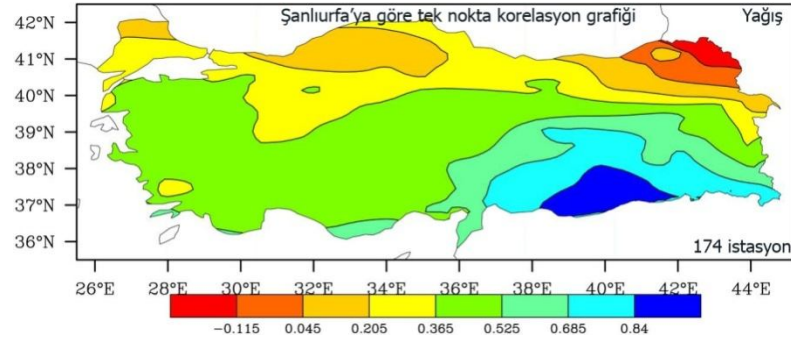
İsfendiyar dağlarının etkisinden dolayı Karadeniz’e yakın olmasına rağmen karasal iklim özellikleri göstermektedir. Çerkeş, Batı Karadeniz bölgesinin güneyi ile İç Anadolu bölgesinin kuzeyinde yer alması nedeni ile her iki bölgenin iklim özelliklerini taşımaktadır. Bu iki bölge iklimi arasında bir geçiş özelliği göstermekte ve bu nedenle devamlı hava akımına maruz kalmaktadır. Yükseltisinin fazla olması nedeni ile karasal iklim hüküm sürmektedir. Bu bölge Karadeniz ve İç Anadolu karasal iklimi arasında bir geçiş bölgesi özelliği gösterdiğinden İç Anadolu ana iklim bölgesinde farklı bir alt ana iklim bölgesinde yer almıştır.

Sonbahar TBA2 sonuçlarına ile hazırlanan harita bu bölge için alansal olarak tutarlılıklar göstermektedir (Türkeş vd, 2008). Karadeniz bölgesindeki kuzeyli sirkülasyon ve orografi etkileri ile dağlık bir bölge olan 14 numaralı alt iklim bölgesindeki sonbahar yağışlarının alansal değişikliğine topografya (yükselti, yüksek dağ ve platolar) ve karasallığın etkileri açık bir şekilde görülmektedir. Bu yüzden topografya ve karasallık gibi etmenler bu bölgenin farklılığının nedenlerini açıklamaktadır.

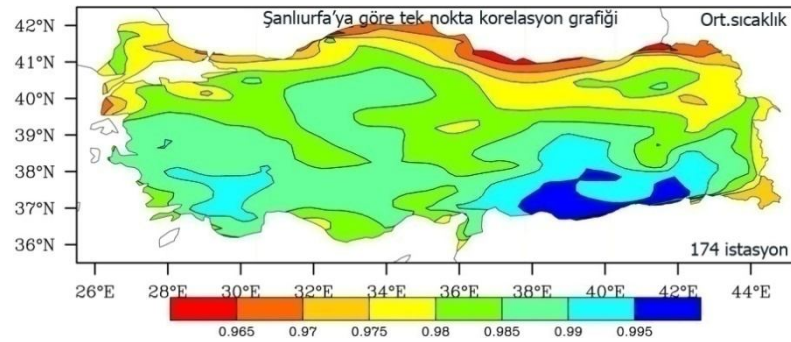
### 13.3 Güneydoğu Anadolu Bölgesinin ve Alt İklim Bölgelerinin İklim Özelliklerin Açıklanması ve Farklılıkların Ortaya Konması

Yarıkurak ve kurak-yarınemli iklim koşulları (yazlar kurak ve çok sıcak, kışlar yağışlı ve soğuk), Güneydoğu Anadolu üzerinde egemendir (Türkeş, 1998c, 1999). Yaz mevsiminde, Kuzey Afrika ve Orta Doğu-Arabistan üzerindeki karasal ve çok sıcak hava kütlelerinin doğrudan etkisi altına giren Türkiye'nin güney yarısı, kuzey yarısına göre daha sıcak ve kuraktır (Türkeş, 1997). Bu bölge, İç Anadolu'dan fazla yağış almasına karşın daha kuraktır. Kuraklığın daha etkili olmasında, yaz sıcaklığının fazlalığı yüzünden buharlaşmasının şiddetli olması etkilidir. Bu bölgede mevsimsellik kuzeye doğru azalmaktadır (Türkeş, 1998c, 1999).

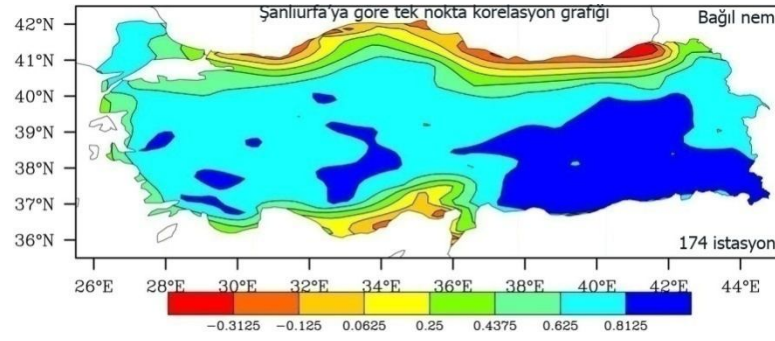
Yurdumuzda temmuz ayında ölçülen en yüksek sıcaklık değerleri bu bölge aittir. Yazın sıcaklığın 35°; 40°'ye kadar ulaşabilmesinde, enlem, karasallık ve Suriye çöllerinden gelen sıcak rüzgârlar etkindir. Bölgede kuzeye doğru gidildikçe yükseltinin de artmasıyla beraber dağ ve yayla iklim koşulları görülmeye başlanır. Kahramanmaraş ve Diyarbakır illeri bu duruma örnektir.



Şekil 13.5: Şanlıurfa meteoroloji istasyonuna göre yağış tek nokta korelasyon grafiği



Şekil 13.6: Şanlıurfa meteoroloji istasyonuna göre ortalama sıcaklık tek nokta korelasyon grafiği



**Şekil 13.7:** Şanlıurfa meteoroloji istasyonuna göre bağıl nem tek nokta korelasyon grafiği

Şekil 13.5’de Ceylanpınar/Şanlıurfa istasyonunun yağış verilerinin korelasyon katsayılarının kontur haritası görülmektedir. Yağış korelasyonlarının dağılımı bölgenin topografyası ile çok uyumludur. Şekil 13.6’da Ceylanpınar/Şanlıurfa istasyonunun ortalama sıcaklık verilerinin korelasyon katsayılarının kontur haritası görülmektedir. Şekil 13.7’de olduğu gibi ortalama sıcaklık korelasyonları Güneydoğu Anadolu topografyası ile uyum içerisindedir. Ancak kuzeye ve doğuya doğru gidildikçe artan yükseklik ve topografyanın değişkenlik göstermesi nedeniyle korelasyon katsayılarında hızlı bir değişim yaşanmaktadır. Şekil 13.7’de Ceylanpınar/Şanlıurfa istasyonunun bağıl nem verilerinin korelasyon katsayılarının kontur haritası görülmektedir. Akdeniz ve Karadeniz kıyıları ile olan düşük korelasyonlar dikkati çekmektedir. Diğer istasyonlar için çizilen bağıl nem korelasyonu kontur haritaları ile benzer bir biçimde karasal bölgelerle yüksek korelasyon göstermektedir.

Kış NAO indisi ve NY arasındaki korelasyon değerleri ile hazırlanan haritaya göre (Türkeş ve Erat, 2003) Türkiye’nin batı, kuzeybatı ve İç Anadolu bölgesinde görülen kuvvetli ilişkiler Güneydoğu Anadolu bölgesine doğru azalmaktadır. Bu durum Atlantik kaynaklı hava kütlelerin aktivitesinin kış aylarında Güneydoğu Anadolu bölgesine doğru azalmakta olduğunu göstermektedir. Sonbahar NAO indisi için hazırlanan haritaya göre ise benzer davranış görülürken NAOI ve NY arasındaki korelasyon katsayıları çok azalmaktadır hatta Güneydoğu Anadolu bölgesinde sıfıra kadar düşmektedir. Bu durumda sonbahar mevsimine Atlantik kaynaklı aktivitelerin çok azaldığını hatta hiç olmadığını göstermektedir.

Sonbahar TBA3 sonuçlarına göre, Güneydoğu Anadolu bölgesinde görülen pozitif sinyalli yüklemeler Muson alçağının etkisini göstermektedir (Türkeş ve diğ. 2008) (Asya yaz Muson alçağının sirkülasyon tabanlı etkisi). Bu dağılım belirgin bir

biçimde Güneydoğu Anadolu bölgesinin sınırlarına benzemekte ve en yüksek yükleme değerini bu bölgede almaktadır ve karasal iç kısımlara doğru gidildikçe azalmaktadır.

Kış ortalama sıcaklık ST haritasına göre (Türkeş ve Erlat, 2008b) GAN bölgesinde kıydan uzaklaşılması ve yüksekliğin artması sonucu AKD bölgesinde bulunan komşu 13 numaralı alt iklim bölgesine göre daha yüksek kış sıcaklık değışkenliği hesaplanmaktadır ve bu değeri kuzeye doğru gidildikçe hızla azalmaktadır. Kış ST değeri lerinin dağılımına göre 2 numaralı alt iklim bölgesinde kış sıcaklık değışkenliği alansal olarak fazla değışmezken kuzeye doğru Güneydoğu Toroslarının da etkisiyle bu değeri hızla azaldığından GAN bölgesindeki 11 numaralı geçiş bölgesinin varlığı görülebilmektedir.

Güneydoğu Anadolu'nun batısında kış mevsiminde yaşanan don olaylı günler, 20-50 gün arasında değışir. Don olaylı gün sayıları, yükseltinin 1000 m.nin üzerine çıktığı İç ve Doğu Anadolu'da belirgin bir artış gösterir (Türkeş ve Erlat, 2008b) sonucuna göre ve artan karasallığında etkisiyle yükselti ortalaması 1198 metre olan 11 numaralı alt iklim bölgesinde don olaylı gün sayısı 2 numaralı alt iklim bölgesine göre fazla olduğu söylenebilir.

### **13.3.1 2 numaralı kümenin ikliminin incelenmesi**

Çizelge 13.8'de 2 numaralı kümede yer alan 16 adet istasyonun küme analizinde kullanılan verilerin ortalama değeri ve yükseklikleri görülmektedir. Çizelge 13.8 incelendiğinde 204 numaralı Bitlis istasyonunun ortalama değeri lerinin farklı olduğu görülür. Bu istasyonun yüksekliği 1573 metre iken bulunduğu kümenin ortalama yüksekliği 645.935 metredir. Ortalama toplam yağış değeri lerine baktığımızda da 2 numaralı küme ortalaması 596.825 mm iken Bitlis'in ortalaması 1226.92 mm'dir. Bu istasyon bu kümede uç değeri ler olan bir istasyondur ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde bulunan diğeri bir alt iklim bölgesi olan 11 numaralı küme ile daha benzer özellikler göstermektedir.

Sonuç olarak, 11 numaralı bölgede dağlık bir bölgedir ve yağış miktarları yer yer yüksektir. Ayrıca bitki örtüsü olarak da bakıldığında Bitlis 11 numaralı bölge ile daha benzer bir özellik göstermektedir. Bu yüzden Bitlis istasyonu 11 numaralı kümeye dahil edilmiştir.

**Çizelge 13.8:** 2 numaralı kümedeki tüm istasyonların 1974-2002 yılları arasındaki ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri

| İst. No | $P_t$ (mm) | $T_m$ ( $^{\circ}$ C) | $R_h$ (%) | Yükseklik (m) |
|---------|------------|-----------------------|-----------|---------------|
| 2       | 310.50     | 17.90                 | 54.80     | 360.00        |
| 65      | 696.52     | 16.00                 | 50.36     | 895.54        |
| 76      | 725.33     | 16.65                 | 58.70     | 572.13        |
| 78      | 697.76     | 17.14                 | 50.52     | 672.00        |
| 79      | 452.97     | 18.27                 | 52.73     | 549.35        |
| 80      | 673.79     | 16.08                 | 49.01     | 1050.00       |
| 81      | 482.64     | 15.68                 | 55.51     | 674.01        |
| 203     | 769.35     | 15.78                 | 49.75     | 1000.00       |
| 204     | 1226.92    | 9.47                  | 64.67     | 1573.00       |
| 215     | 771.41     | 16.16                 | 51.78     | 700.00        |
| 228     | 565.97     | 16.42                 | 55.02     | 801.00        |
| 235     | 452.57     | 18.87                 | 53.67     | 500.00        |
| 236     | 676.70     | 19.76                 | 49.97     | 400.00        |
| 243     | 822.94     | 16.67                 | 60.55     | 518.00        |
| 244     | 360.32     | 17.75                 | 58.40     | 347.00        |
| 246     | 493.61     | 17.02                 | 55.45     | 650.00        |

Çizelge 13.9’da 204 numaralı istasyon verileri çıkarıldıktan sonra 2 numaralı kümenin istatistik bilgileri hesaplanmıştır. Bu bölgenin kuzeyinde bulunan Güneydoğu Torosları Doğu Anadolu’dan gelen polar hava kütlelerinin geçmesini engeller. Enlem, karasallık ve Suriye çöllerinden gelen sıcak rüzgârlarında etkisiyle 2 numaralı bu alt iklim kümesi Türkiye’nin en sıcak bölgesidir.

**Çizelge 13.9:** 2 numaralı kümedeki istasyonların istatistik bilgileri

| 2 numaralı istasyon | $P_t$ (mm) | $T_m$ ( $^{\circ}$ C) | $R_h$ (%) | Yükseklik (m) |
|---------------------|------------|-----------------------|-----------|---------------|
| Minimum             | 310.5      | 15.68                 | 49.01     | 347           |
| Maksimum            | 822.94     | 19.76                 | 60.55     | 1,050.00      |
| Aritmetik ortalama  | 596.825    | 17.077                | 53.748    | 645.935       |
| Standart sapma      | 161.329    | 1.207                 | 3.592     | 217.688       |
| Çarpıklık katsayısı | -0.357     | 0.906                 | 0.436     | 0.466         |

Türkiye'nin aşırı kuru olma olasılığı haritasına göre ise aşırı kuraklığın görülme olasılığının en yüksek olduğu bölge Güneydoğu Anadolu bölgesidir (Türkeş ve Tatlı, 2009). Özellikle en kurak ve çöl benzeri ortamın görüldüğü Harran ve Akçakale ovalarında kuraklığın görülme olasılığı en yüksek değerine ulaşmaktadır. Aşırı kuru olma hali için hesaplanan olasılık değerleri kuzeye doğru gidildikçe azalmaktadır. Mİ değerlerinde de benzer bir durum görülmektedir. Kİ değerlerine bakıldığında özellikle Harran ovasının bulunduğu bölgede en yüksek Kİ değerleri hesaplanmıştır

(Türkeş, 1998c ,1999). Yağış yıldan yıla ne kadar çok değişirse kuraklık ihtimali o kadar artacağından bu bölgede yüksek Kİ değerleri beklenen sonuçtur.

Muson alçağının etkisini gösteren Sonbahar TBA3 sonuçlarına göre (Türkeş ve diğ. 2008) en yüksek pozitif sinyalli yükleme değeri, 2 numaralı alt iklim bölgesinin sınırlarına benzer bir yüzey dağılımı göstermektedir. Bu sonuç açık bir şekilde Muson alçağının sonbahar ayında en fazla etkisinin bu bölgede olduğunu gösterir. Kuzeye doğru gidildikçe bu etkinin azaldığı ve yaklaşık olarak 11 numaralı alt iklim bölgesinin kuzey sınırında tamamen kaybolduğu görülmektedir.

### 13.3.2 11 numaralı kümenin ikliminin incelenmesi

Çizelge 13.10’da 11 numaralı kümede bulunan istasyonların hesaplanan istatistik değerleri görülmektedir. Çizelge 13.11’de hesaplanan istatistik değerlere bakılırsa bu bölge hem daha yüksek ortalamaya sahip hem de ortalama sıcaklığı 2 numaralı kümeye göre çok düşük bir değerdedir. Bu durumun nedeni, Güneydoğu Torosların Doğu Anadolu’dan gelen polar hava kütlelerinin geçmesini engellemesidir. 11 numaralı bu alt iklim bölgesinde yükseltiden dolayı yer yer dağ ve yayla iklim şartları görülmektedir.

**Çizelge 13.10:** 11 numaralı kümedeki istasyonların istatistik bilgileri

| <b>11 numaralı istasyon</b> | <i>P<sub>t</sub></i> (mm) | <i>T<sub>m</sub></i> (°C) | <i>R<sub>h</sub></i> (%) | Yükseklik (m) |
|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------|
| Minimum                     | 382.14                    | 7.34                      | 51.89                    | 947.87        |
| Maksimum                    | 945                       | 13.63                     | 68.39                    | 1,664.65      |
| Aritmetik ortalama          | 615.258                   | 11.181                    | 58.485                   | 1,198.71      |
| Standart sapma              | 172.676                   | 2.088                     | 5.036                    | 226.988       |
| Çarpıklık katsayısı         | 0.427                     | -0.421                    | 0.726                    | 0.664         |

Çizelge 13.11’de 11 numaralı kümede bulunan 12 adet istasyonun ölçülmüş verilerinin ortalama değerleri ve yükseklikleri görülmektedir. Çizelge 13.11’de görüldüğü gibi bu bölge 2 numaralı kümeye göre daha yüksekte ve çok daha düşük sıcaklıklar görülmektedir. Bu bölgede, 2 numaralı bölgede görülen mevsimsellik, kuraklık, yıldan yıla yağış değişkenliği, Muson alçağının etkisi gibi faktörler kuzeye doğru azalarak etkisini zayıf bir biçimde göstermektedir.

**Çizelge 13.11:** 11 numaralı kümedeki tüm istasyonların 1974-2002 yılları arasındaki ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri

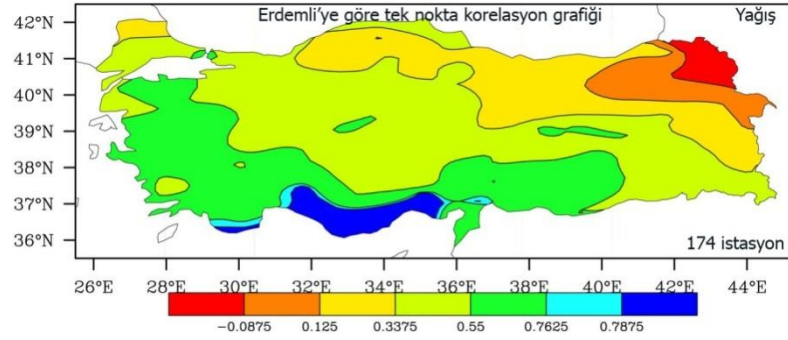
| İst. No | $P_t$ (mm) | $T_m$ ( $^{\circ}\text{C}$ ) | $R_h$ (%) | Yükseklik (m) |
|---------|------------|------------------------------|-----------|---------------|
| 60      | 382.14     | 13.58                        | 54.62     | 947.87        |
| 61      | 404.01     | 12.90                        | 55.55     | 989.75        |
| 62      | 945.00     | 11.99                        | 57.45     | 1177          |
| 64      | 807.70     | 8.80                         | 66.77     | 1664.65       |
| 166     | 748.01     | 11.80                        | 52.89     | 1200          |
| 168     | 570.67     | 13.36                        | 51.89     | 953           |
| 170     | 804.77     | 12.73                        | 59.02     | 980.91        |
| 172     | 681.52     | 10.29                        | 58.57     | 1366          |
| 184     | 530.07     | 13.63                        | 53.83     | 1000          |
| 199     | 524.02     | 7.34                         | 58.82     | 1500          |
| 211     | 612.13     | 8.79                         | 68.39     | 1344          |
| 212     | 430.00     | 10.20                        | 60.66     | 1180          |
| 214     | 558.31     | 9.94                         | 61.85     | 1280          |

Daha kuzeye gidildiğinde bu etkiler yaklaşık olarak sabitlenmektedir (değişim çok azalmaktadır) ya da farklı dağılımlar ve özellikler kazanmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı 11 numaralı alt iklim bölgesi Doğu Anadolu karasal iklimi ve Güneydoğu Anadolu’da görülen ‘karasal Akdeniz’ iklimi arasında açık bir şekilde geçiş bölgesi olduğu görülmektedir.

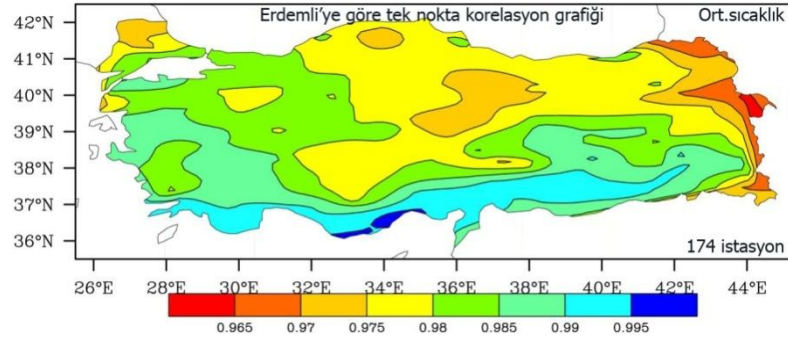
#### 13.4 Akdeniz Bölgesinin ve Alt İklim Bölgelerinin İklim Özelliklerin Açıklanması ve Farklılıkların Ortaya Konması

Akdeniz iklimi çok yağışlı ılık bir kış ve sıcak kurak bir yaz mevsimi ile birlikte, gerçek mevsimsel; nemli ve yarınemli subtropikal iklim özellikleri göstermektedir (Türkeş, 1996,1999). Akdeniz İklim bölgesi, hava koşulları açısından hem polar (soğuk) ve ılıman kuşağın, hem de tropikal (sıcak) kuşağın özelliklerini taşımaktadır. Kışın, ılıman kuşağa özgü, yağışlı, soğuk, rüzgârlı ve zaman zaman cephesel orta enlem alçak basınçlarının oluşturduğu fırtınalı hava koşulları egemendir. Yaz mevsiminde ise, sıcak kuşağa özgü, sıcak, kurak ve sakin hava koşulları egemendir. Bahar mevsimlerinde, her iki büyük iklim kuşağına özgü hava koşulları da etkili olabilmektedir. Hava tipleri, bahar mevsimlerinde, özellikle ilkbaharda çok çeşitli ve değişkendir. Gezici orta enlem alçak basınçlarının etkili olduğu kısa süreli hava devrelerinde, bazen aynı gün içerisinde, kar yağışlı, soğuk ve rüzgârlı, sonra ılık ve güneşli ve daha sonra sağanak yağışlı, hatta gök gürültülü sağanak yağışlı ve fırtınalı hava durumları yaşanabilir. Yaz mevsiminde ise, daha uzun süreli ve kararlı hava

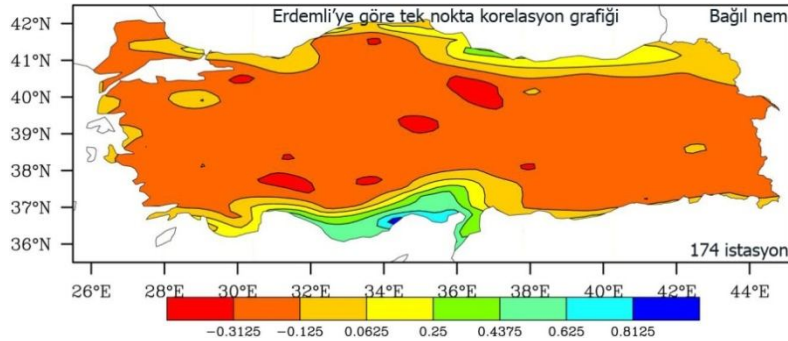
tipleri egemendir. Hava ve rüzgâr koşullarında genel hava dolaşımına bağlı olmayan değişiklikler de olmaktadır.



**Şekil 13.8:** Erdemli istasyonuna göre yağış tek nokta korelasyon grafiği



**Şekil 13.9:** Erdemli meteoroloji istasyonuna göre ortalama sıcaklık tek nokta korelasyon grafiği



**Şekil 13.10:** Erdemli meteoroloji istasyonuna göre bağıl nem tek nokta korelasyon grafiği

Şekil 13.8, Şekil 13.9 ve Şekil 13.10'de Erdemli/Mersin istasyonu için sırasıyla yağış, ortalama sıcaklık ve bağıl nem verilerine göre hesaplanan tek nokta korelasyon grafikleri görülmektedir. Yağış kontur haritasına göre Akdeniz yağış rejimi ve etkisindeki bölgeler açık bir şekilde görülmektedir. Ortalama sıcaklık kontur haritasında ise kısmen enlem ve topografyanın etkileri görülmektedir. Bağıl nem kontur haritası ise Akdeniz bölgesi hariç diğer bölgelerle düşük korelasyonlar

göstermektedir. Bu durum hemen hemen bağıl nem korelasyonları ile hazırlanana tek nokta korelasyon grafiklerinin hepsinde görülmektedir.

Sonbahar TBA2 sonuçları ülkenin batı ve güney kesimlerinin Akdeniz'den Türkiye'ye direk olarak gelen Akdeniz cephesel siklonlarının etkilerini göstermektedir (Türkeş ve diğ. 2008). TBA2 sonuçlarına göre hazırlanan haritaya göre Hatay'dan Muğla'ya kadar Akdeniz siklonlarının benzer etkiler gösterdiğini ve Torosların da etkisiyle kuzeye doğru azaldığı görülmektedir.

Bu bölgede GDA bölgesinden sonra en yüksek aşırı kuraklık görülme olasılıkları hesaplanmıştır (Türkeş, 2009). Ege bölgesine doğru kıyı şeridi boyunca ve bölgenin kuzeyine doğru aşırı kuraklık görülme olasılığı azalmaktadır. Benzer biçimde en yüksek Mİ ve DK değerleri de bu bölgede görülmektedir (Türkeş, 1999).

Akdeniz bölgesinin batı kesimi 'nemli' bölgelerdir. Akdeniz bölgesinin doğusuna doğru gidildikçe Mersin yöresine kadar yarıkurak, kurak-yarınemli ve yarınemli iklim koşulları, Mersin yöresi ve civarında yarıkurak ve kurak-yarınemli iklim koşulları ve bölgenin en doğusunda tekrardan yarıkurak, kurak-yarınemli ve yarınemli iklim koşulları görülmektedir (Türkeş, 1998). Diğer bir değişle, Türkeş (1998) yıllık kuraklık haritasında bölgenin batısından doğusuna doğru nemli iklim koşullarından yarıkurak ve kurak-yarınemli iklim koşullarına doğru bir geçiş vardır. Kış ortalama sıcaklık ST haritasına göre (Türkeş ve Erlat, 2007) kıyıya yakınlık ve ılıman Akdeniz iklimi nedeniyle AKD bölgesinde en düşük ST değerleri hesaplanmıştır. Bu sonuç, Akdeniz iklimin en belirgin biçimde bu bölgede görüldüğü şeklinde yorumlanabilir. Kış ortalama sıcaklık ST değerleri güneye doğru hızla artması Toros dağlarının etkisini ve Akdeniz ikliminden karasal İç Anadolu iklimine geçişi net bir şekilde göstermektedir. Bu ana iklim bölgesindeki 13 ve 15 numaralı alt iklim bölgeleri için hesaplanan kış ortalama sıcaklık ST değerlerinde bir fark görülmemektedir.

Kış mevsiminde, Akdeniz kıyısı boyunca don olaylı gün sayısı ortalamaları 10 günün altındadır. Akdeniz bölgesindeki Alanya ve Anamur gibi hemen deniz kıyısında kurulu istasyonlarda, bu sayı 1 günün altına iner (Türkeş ve Erlat, 2008b). Akdeniz kıyılarında kış aylarında oluşan don olayları, genellikle kuzeydoğu Atlantik kaynaklı derin gezici alçak basınç sistemlerine bağlı soğuk cephelerin geçişinden sonra etkili olmaktadır. Orta enlem siklonunun doğuya hareketi sonucunda, kuzeybatıdan

sokularak onun yerini alan yüksek basınç sisteminin antisiklonik dolaşımının etkisiyle kuzey sektörüne dönen rüzgârlar, kuzeybatı Avrupa'da ve Rusya ovalarında yerleşmiş olan polar hava kütlelerinin Türkiye'ye ulaşmasına olanak tanımakta ve hava sıcaklıkları hızla düşmektedir (Türkeş ve Erlat, 2008b).

#### 13.4.1 15 numaralı kümenin ikliminin incelenmesi

Akdeniz bölgesinin batı kesiminde bulunan 15 numaralı alt iklim bölgesi Türkeş (1998c, 1999) kuraklık indeksi haritasına göre 'nemli' bölgedir. Bu alt iklim bölgesi kendisi ile aynı ana iklim bölgesinde bulunan 13 numaralı alt iklim bölgesi ile sınırı Türkeş (1998c, 1999) kuraklık haritasında yarıkurak, kurak-yarınemli ve yarınemli iklim koşullarına geçişin olduğu sınırla çakışması dikkat çekicidir. Açık bir şekilde Türkeş (1998c, 1999) kuraklık indisi haritasına göre 15 numaralı bölgede nemli iklim koşulları görülürken 13 numaralı kümede yarıkurak, kurak-yarınemli ,yarınemli ve nemli iklim koşullarının tümü görülmektedir.

Çizelge 13.12'de 15 numaralı kümede bulunan 7 adet istasyonun ölçülmüş verilerinin ortalamaları ve yükseklik değerleri görülmektedir.

**Çizelge 13.12:** 15 numaralı kümedeki tüm istasyonların 1974-2002 yılları arasındaki ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri

| İst. No | $P_t$ (mm) | $T_m$ ( $^{\circ}$ C) | $R_h$ (%) | Yükseklik (m) |
|---------|------------|-----------------------|-----------|---------------|
| 87      | 805.61     | 17.97                 | 65.51     | 3.00          |
| 89      | 1086.75    | 18.12                 | 63.97     | 50.17         |
| 90      | 1148.76    | 19.15                 | 65.91     | 5.88          |
| 91      | 931.60     | 18.96                 | 71.53     | 3.94          |
| 96      | 903.37     | 18.70                 | 68.44     | 2.02          |
| 238     | 1119.53    | 18.61                 | 62.16     | 38.00         |
| 245     | 851.03     | 18.19                 | 67.43     | 21.00         |

Çizelge 13.12'de görüldüğü gibi istasyonların ortalama değerleri birbirine yakındır ve Çizelge 13.13'de hesaplanan standart sapmaların düşüklüğü bu durumun göstergesidir. Çizelge 13.13'deki ortalama istatistiki bilgiler bu istasyonlarla aynı ana iklim bölgesinde olan 13 numaralı kümenin istatistiki bilgileriyle karşılaştırılıp farklılıklar araştırılacaktır.

**Çizelge 13.13:** 15 numaralı kümedeki istasyonların istatistik bilgileri

| <b>15 numaralı istasyon</b> | $P_t$ (mm) | $T_m$ ( $^{\circ}\text{C}$ ) | $R_h$ (%) | Yükseklik (m) |
|-----------------------------|------------|------------------------------|-----------|---------------|
| Minimum                     | 805.61     | 17.97                        | 62.16     | 2.02          |
| Maksimum                    | 1,148.76   | 19.15                        | 71.53     | 50.17         |
| Aritmetik ortalama          | 978.093    | 18.529                       | 66.421    | 17.716        |
| Standart sapma              | 138.19     | 0.448                        | 3.067     | 19.443        |
| Çarpıklık katsayısı         | 0.122      | 0.116                        | 0.401     | 0.992         |

Bölüm 13.3.1’de gösterildiği gibi gerçek Akdeniz yağış rejimi yaklaşık olarak bu bölgede görülmektedir. En yüksek Mİ ve DK değerlerinin de bu bölgede görülmesi (Türkeş, 1998c, 1999) bu sonucu desteklemektedir.

Kış TBA3 sonuçlarına göre, Antalya merkezli güçlü pozitif sinyaller, Akdeniz’in bölge üzerinde orta enlem siklonlarının kış yağışlarına olan etkilerini güçlendiren olası deniz-sıcaklık etkilerini açıklamaktadır (Türkeş ve diğ. 2008). Bu sonuca göre deniz-sıcaklık etkilerinin kış yağışlarına etkisinin özellikle Antalya yöresinde daha önemli olduğunu ve 13 numaralı bölgede bu etkinin azaldığı yorumu yapılabilir.

#### 13.4.2 13 numaralı kümenin ikliminin incelenmesi

Akdeniz bölgesinin batı kesiminde bulunan 15 numaralı alt iklim bölgesi Türkeş (1998) kuraklık indeksi haritasına göre yarıkurak, kurak-yarınemli ,yarınemli ve nemli iklim koşullarının tümü görülmektedir.

Çizelge 13.14’de 13 numaralı kümede bulunan 11 adet istasyonun ölçülmüş verilerinin ortalamaları ve yükseklik değerleri görülmektedir.

**Çizelge 13.14:** 13 numaralı kümedeki tüm istasyonların 1974-2002 yılları arasındaki ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri

| İst. No | $P_t$ (mm) | $T_m$ ( $^{\circ}\text{C}$ ) | $R_h$ (%) | Yükseklik (m) |
|---------|------------|------------------------------|-----------|---------------|
| 92      | 571.82     | 19.05                        | 61.66     | 15.01         |
| 94      | 679.36     | 19.07                        | 66.26     | 27.00         |
| 227     | 856.22     | 19.18                        | 58.86     | 109.00        |
| 234     | 928.12     | 18.28                        | 58.36     | 241.00        |
| 240     | 596.40     | 18.24                        | 68.99     | 9.00          |
| 241     | 719.38     | 17.75                        | 67.01     | 30.00         |
| 242     | 937.00     | 18.69                        | 66.73     | 28.00         |
| 247     | 826.58     | 18.82                        | 69.60     | 27.00         |
| 248     | 792.45     | 18.88                        | 71.21     | 22.00         |
| 250     | 895.43     | 18.95                        | 75.60     | 4.00          |
| 249     | 1118.07    | 18.19                        | 70.48     | 100.00        |

Çizelge 13.15’ de görüldüğü üzere 13 numaralı kümedeki istasyon verileri birbirine yakın değerlerdir. Yalnızca birbirine yakın iki istasyon olan Silifke ve Erdemli istasyonları yağış ortalamasını düşürmektedir. Bu bölge 15 numaralı kümeden daha az yağış almaktadır. Bağıl nem verileri ise 15 numaralı kümeye göre yer yer daha düşük değerler almaktadır. Ortalama sıcaklık değerleri ise hemen hemen aynıdır. Bu iki kümenin ortalama sıcaklık değerlerinin aynı olmasında aynı enlem ve çok yakın yüksekliklerde olmasının etkisi büyüktür.

**Çizelge 13.15:** 13 numaralı kümedeki istasyonların istatistik bilgileri

| <b>13 numaralı istasyon</b> | $P_t$ (mm) | $T_m$ ( $^{\circ}$ C) | $R_h$ (%) | Yükseklik (m) |
|-----------------------------|------------|-----------------------|-----------|---------------|
| Minimum                     | 571.82     | 17.75                 | 58.36     | 4             |
| Maximum                     | 1,118.07   | 19.18                 | 75.6      | 241           |
| Aritmetik ortalama          | 810.985    | 18.645                | 66.796    | 55.637        |
| Standart sapma              | 162.058    | 0.46                  | 5.33      | 70.611        |
| Çarpıklık katsayısı         | 0.191      | -0.735                | -0.311    | 2.145         |

Türkiye’nin Doğu Akdeniz alt bölgelerinden Silifke-Adana-Mersin’de yıllık NAO indeksi korelasyon etkileşimleri batı Akdeniz bölgesine göre daha zayıftır (Türkeş ve Erlat, 2003). Sonbahar NAO indeksi ve normalleştirilmiş yağış arasındaki korelasyon değerleri de benzer ve daha zayıf bir dağılım göstermektedir.

Kış TBA2 sonuçlarına (Türkeş ve diğ. 2008) göre ise direk olarak batıdan gelen yerine göre kararsız nemli ve ılık Akdeniz hava sistemlerinin doğuya doğru etkisini azaldığını ve 13 numaralı alt iklim bölgesinde ise etkisinin tamamen kaybolduğu görülmektedir.

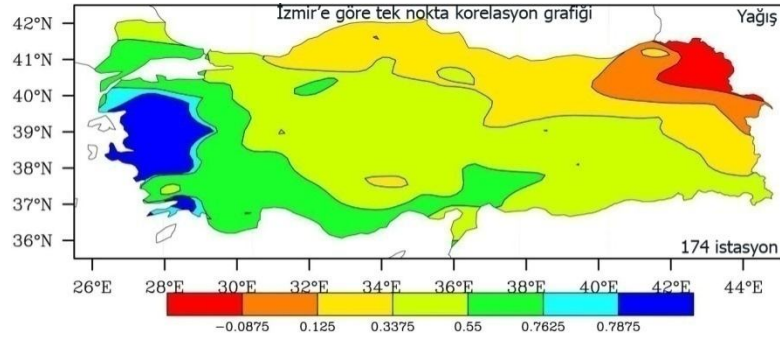
AOI gibi daha kuzeyli ve karaları daha fazla temsil eden atmosferik salınım indisinin bu bölgedeki etkisi genel olarak batı bölgelerindeki özellikle yılın soğuk döneminde Ege bölgesi ve 15 numaralı alt iklim bölgesine göre etkisinin daha az olduğu söylenebilir (Türkeş ve diğ. 2008b).

### **13.5 Ege Bölgesinin ve Alt iklim Bölgelerinin İklim Özelliklerin Açıklanması ve Farklılıkların Ortaya Konması**

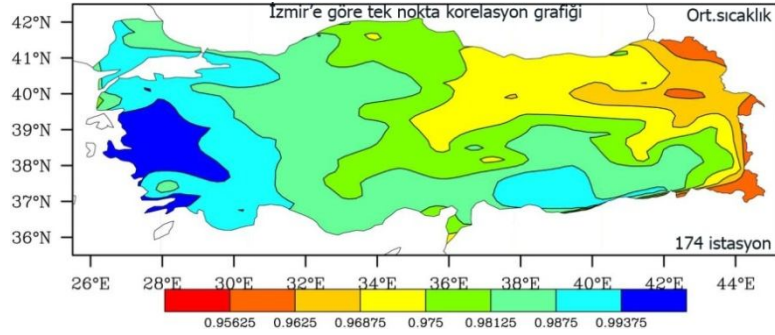
Ege Denizi Akdeniz ikliminin etkisi altında bulunmaktadır. Dağların denize dik uzanması nedeniyle bölge ikliminin yayılma alanı genişler. Dağların arasındaki vadi ve oluklar yoluyla deniz iklimi iç kısımlara kadar sokulabilmektedir. Akdeniz

ikliminin etkilerinin görüldüğü kıyı ve çevresinde kışlar ılık ve yağışlı, yazlar sıcak ve kurak geçer. Kıyıdan iç kısımlara doğru gidildikçe sıcaklık ortalaması düşer; iklim karasallaşır; kışlar soğuk ve kar yağışlı, yazlar sıcak ve kuraktır.

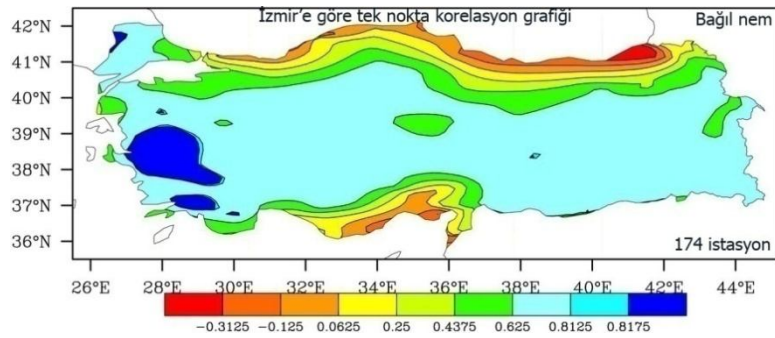
Ege bölgesinde özellikle İzmir ve Aydın'da en çok esen yerel ölçekli rüzgâr batıdan gelen (İmbat-Günbat) ismi verilen rüzgârdır. Bu meltem öğleden sonra günün en sıcak saatlerinde esmeğe başlayarak gecenin geç vakitlerine kadar hafifçe devam eder. İmbat rüzgarı serin ve nemli olduğundan yaz aylarında serinletici etkisinin yanında nemli ve ılık hava kütlelerinin iç kesimlere taşınmasını sağlar.



**Şekil 13.11:** İzmir meteoroloji istasyonuna göre yağış tek nokta korelasyon grafiği



**Şekil 13.12:** İzmir meteoroloji istasyonuna göre ortalama sıcaklık tek nokta korelasyon grafiği



**Şekil 13.13:** İzmir meteoroloji istasyonuna göre bağıl nem tek nokta korelasyon grafiği

Şekil 13.11, Şekil 13.12 ve Şekil 13.13’de İzmir meteoroloji istasyonuna göre çizilen tek nokta kontur haritaları görülmektedir. Şekil 13.7’de yağış korelasyonu kontur haritasında Akdeniz yağış rejiminin dağılımına benzer bir durum oluşmuştur.

Şekil 13.12’de ortalama sıcaklık korelasyonları kontur haritasında batıdan doğuya doğru gidildikçe korelasyonlar düşmektedir. İzmir istasyonunun Ege bölgesinin iç kesimlerine kadar kıyıya paralel bir biçimde yüksek korelasyon göstermesi, dağların kıyıya dik olmasının etkilerini göstermektedir.

Şekil 13.13’da bağıl nem grafiğinde ise İzmir istasyonu Akdeniz ve Karadeniz kıyıları ile düşük korelasyon gösterirken Anadolu’nun iç kesimlerine doğru yüksek korelasyon göstermektedir. Bu durum hemen hemen çizilen tüm bağıl nem kontur haritalarında görülmektedir.

İlkbahar yağışları TBA2 sonuçlarına göre yüksek pozitif değerli yüklemeler; Türkiye’nin batısında (özellikle Ege bölgesi) denize yakın hava kütlelerinin ve orta enlem siklonlarının alansal ilişkilerinin ilkbahar yağış değişkenliği üzerindeki etkilerini göstermektedir (Türkeş ve diğ. 2008). Bu sonuçlara göre orta enlem siklonları ilkbahar mevsiminde Ege ve Marmara bölgelerinde etkinken Akdeniz bölgesine doğru etkisi azalmaktadır.

Kış NAO indisi ve NY serileri arasındaki korelasyon değerleri haritasına göre, kuvvetli kış NAOI sinyalleri Ege bölgesinde Akdeniz bölgesine göre daha güçlüdür (Türkeş ve Erlat, 2003). Bu sonuca göre Atlantik kaynaklı ılık ve nemli hava kütlelerinin etkisinin Akdeniz bölgesine göre daha güçlü olduğu yorumu yapılabilir.

Yağışın yıldan yıla değişkenliğini gösteren DK haritasına göre (Türkeş, 1998c, 1999) özellikle EGE kıyılarında Akdeniz kıyılarına göre daha düşük DK değerleri hesaplanmıştır. DK değeri her iki bölgede de karasal iç kısımlara doğru azalmaktadır ancak bu azalma EGE bölgesinde daha yavaştır. Bu durum dağların kıyıya paralel olmasının iç kesimlerde görülen yağışlara etkisini açık bir şekilde vurgulamaktadır.

Kış ortalama sıcaklık ST haritasına göre (Türkeş ve Erlat, 2008b) Ege bölgesinde AKD bölgesinde hesaplanan ST değerlerine çok yakın değerler hesaplanmıştır. Kış ortalama sıcaklık ST değerleri dağılımları bu bölgede kıyıya paralel uzanan dağların etkisini belirgin bir biçimde göstermektedir. Kış ortalama sıcaklık ST değerlerinin alansal dağılımına göre, doğuya doğru ST değerlerinde görülen artış hızı çok yavaştır ve iç kısımlara doğru bu durum devam etmektedir. 10 numaralı alt iklim bölgesi ve

İAN bölgesi arasındaki 12 numaralı alt iklim bölgesine gelindiğinde ST değerlerindeki bu artış kısa mesafede hızlanmakta ve İAN bölgesinde tekrar yavaşlamaktadır. Bu sonuç 12 numaralı alt iklim bölgesinin geçiş özelliğini göstermektedir.

Kış mevsiminde, Ege kıyısı boyunca don olaylı gün sayısı ortalamaları 10 günün altındadır (Türkeş ve Erilat, 2008b). Ancak 12 numaralı alt iklim bölgesinde artan karasallık ve yükselti nedeniyle don olaylı gün sayısı artmaktadır. Ege bölgesinin kuzeyi ve İç-batı Anadolu’da don olaylı gün sayısının 20-25 gün arasında değişmesi bu durumun göstergesidir.

AOI atmosferik salınım indisinin bu bölgedeki etkisi genel olarak Akdeniz bölgesindeki 13 numaralı alt iklim bölgesi hariç özellikle yılın soğuk döneminde Akdeniz bölgesi ve 15 numaralı alt iklim bölgesine göre etkisinin benzer olduğu söylenebilir (Türkeş ve diğ. 2008b).

### 13.5.1 10 numaralı kümenin ikliminin incelenmesi

Ege bölgesinin kıyı kesimlerindeki 10 numaralı bölgede 14 adet istasyon vardır. Dağların kıyıya dik olması ve doğuya doğru gidildikçe iklimin sertleşmesi durumları 10 ve 12 numaralı kümelerin farklılığının temel nedenidir.

**Çizelge 13.16:** 10 numaralı kümedeki tüm istasyonların 1974-2002 yılları arasındaki ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri

| İst. No | $P_t$ (mm) | $T_m$ ( $^{\circ}\text{C}$ ) | $R_h$ (%) | Yükseklik (m) |
|---------|------------|------------------------------|-----------|---------------|
| 67      | 551.43     | 17.10                        | 71.92     | 5             |
| 48      | 540.79     | 14.65                        | 71.06     | 153           |
| 52      | 640.62     | 16.64                        | 70.17     | 3.55          |
| 53      | 582.79     | 16.36                        | 73.59     | 3.40          |
| 54      | 564.28     | 16.06                        | 64.19     | 92.85         |
| 55      | 708.38     | 16.91                        | 60.81     | 71            |
| 85      | 1139.44    | 14.91                        | 63.99     | 646.07        |
| 127     | 652.58     | 13.86                        | 73.46     | 37            |
| 139     | 725.70     | 9.50                         | 62.33     | 1063          |
| 177     | 602.29     | 17.25                        | 59.32     | 27            |
| 207     | 668.33     | 16.39                        | 60.97     | 17            |
| 208     | 580.04     | 17.37                        | 59.06     | 84            |
| 230     | 1065.70    | 18.25                        | 61.91     | 24            |
| 84      | 661.29     | 18.87                        | 60.38     | 26.47         |

Çizelge 13.16’da 10 numaralı alt iklim bölgesindeki 14 adet istasyonun ortalama değerleri görülmektedir. Ölçüm değerlerinin istatistikleri incelendiğinde 139 numaralı Keleş/Bursa istasyonunun bulunduğu bölgeden farklı olduğu görülür. Bu istasyonun ortalama sıcaklığı 9.5 °C iken bulunduğu bölgenin ortalaması 16.509 °C’dur. Bu önemli farka 139 numaralı istasyonun 1063 metrelik yükseltisi neden olmaktadır. Halbuki 10 numaralı istasyonun yükseklik ortalaması Çizelge 13.17’de görüldüğü üzere 91.6 metredir. 139 numaralı istasyon bu kümedeki en uç değerlere sahip istasyondur. Bu yüzden özelliklerinin daha fazla benzediği 12 numaralı kümeye dâhil edilmiştir.

**Çizelge 13.17:** 10 numaralı kümedeki istasyonların istatistik bilgileri

| <b>10 numaralı istasyon</b> | <i>P<sub>t</sub></i> (mm) | <i>T<sub>m</sub></i> (°C) | <i>R<sub>h</sub></i> (%) | Yükseklik (m) |
|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------|
| Minimum                     | 540.79                    | 13.86                     | 59.06                    | 3.4           |
| Maksimum                    | 1,139.44                  | 18.87                     | 73.59                    | 646.07        |
| Aritmetik ortalama          | 689.074                   | 16.509                    | 65.448                   | 91.6          |
| Standart sapma              | 190.865                   | 1.405                     | 5.686                    | 172.301       |
| Çarpıklık katsayısı         | 1.893                     | -0.336                    | 0.4                      | 3.221         |

Çizelge 13.17’de 10 numaralı kümenin istatistik değerleri görülmektedir. Bu bölgenin istatistik değerler olarak Akdeniz bölgesine göre en önemli farkı yıllık toplam yağış miktarının 200-250 mm daha düşük oluşudur.

Türkiye’nin aşırı kuru olma olasılığı haritasına göre (Türkeş ve Tatlı, 2009) aşırı kuraklığın görülme olasılığının en yüksek olduğu bölge Güney Doğu Anadolu bölgesidir. Bu bölgeye en yakın aşırı kuru olma olasılığı gösteren bölgeler, kendisiyle benzer yağış rejimi özellikleri gösteren Akdeniz bölgesi ve Ege bölgesinin kıyı kesimleridir. Bu haritaya göre Türkiye’nin güney kesimlerinde, doğudan (Güneyden) batıya (Kuzeye) doğru görülen aşır kuru olma olasılıklarındaki azalma dikkat çekicidir. Bu gibi durumlar yıllık yağış değişimi (DK) ve yıllık toplam yağışlar ve sıcaklık ile açıklanabilir. Örneğin yıllık kuraklık indisine göre çizilen haritaya göre (Türkeş, 1998,1999) Türkiye’nin en kurak yerleri (Klimatolojik kuraklık anlamında) Konya ovası ve Iğdır yöresidir. Ancak DK haritasına göre (Türkeş, 1998, 1999) bu bölgelerde aşırı kuraklığın görülme olasılığı Türkiye’nin güney ve batı bölgelerine göre düşüktür. Bu bölgeler Konya ovasına göre daha sıcak ve daha çok yağış almaktadır. Dolayısı ile maksimum ve minimum yıllık toplam yağış değerlerinde görülen farklılıklar daha yüksek olmaktadır. Böylece minimum ve

maksimum yağış değerlerinin ortalamasına göre SPI metodu (Türkeş ve Tatlı, 2009) ile hesaplanan olasılık değerleri daha belirleyici olmaktadır. Bu sonuç ise aşırı kuru olma durumu için düşünüldüğünde, yağış klimatolojisi ve iklim bölgelerinin özelliklerini gösterme konusunda daha anlamlı bilgiler vermektedir. Bu sonuçlara göre, Akdeniz bölgesine göre biraz daha az aşırı kuraklık olasılığı gösteren Ege bölgesi, bu tez çalışmasında Şekil'14.1'de görüldüğü gibi yüksek küme çözümlerinde farklı kümede çıkmasını desteklemektedir.

Türkeş (1998,1999) kuraklık haritasına göre (P/PE oranı kullanılmıştır) 10 numaralı alt iklim bölgesinde yarınemli 12 numaralı alt iklim bölgesinde ise nemli iklim şartları hakimdir. Bu iki bölge arasında önemli yağış farkı olmadığından bu yarınemli iklim koşullarından nemli iklim koşullarına geçiş nedeni bu iki bölgede görülen buharlaşma farklılıkları olarak düşünülmektedir.

### 13.5.2 12 numaralı kümenin ikliminin incelenmesi

Çizelge 13.18'de 18 adet istasyonun ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri görülmektedir.

**Çizelge 13.18:** 12 numaralı kümedeki tüm istasyonların 1974-2002 yılları arasındaki ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri

| İst. No | $P_t$ (mm) | $T_m$ ( $^{\circ}$ C) | $R_h$ (%) | Yükseklik (m) |
|---------|------------|-----------------------|-----------|---------------|
| 70      | 548.13     | 16.04                 | 61.91     | 425.29        |
| 71      | 415.96     | 13.00                 | 59.28     | 957.00        |
| 116     | 840.27     | 13.02                 | 75.09     | 145.67        |
| 123     | 642.33     | 13.64                 | 73.30     | 100.00        |
| 141     | 550.94     | 12.10                 | 66.11     | 637.00        |
| 149     | 550.40     | 10.55                 | 64.82     | 969.28        |
| 160     | 567.29     | 12.39                 | 64.05     | 736.00        |
| 178     | 490.03     | 16.32                 | 63.52     | 111.00        |
| 190     | 513.09     | 13.60                 | 57.76     | 825.00        |
| 191     | 647.07     | 12.40                 | 55.55     | 959.00        |
| 192     | 516.00     | 10.97                 | 60.96     | 1096.00       |
| 209     | 430.71     | 12.67                 | 59.11     | 864.00        |
| 210     | 603.43     | 11.65                 | 57.33     | 1025.00       |
| 221     | 452.27     | 11.72                 | 60.42     | 1142.00       |
| 223     | 756.49     | 11.71                 | 64.26     | 1140.00       |
| 231     | 373.66     | 12.50                 | 58.56     | 1017.00       |
| 232     | 648.72     | 9.67                  | 58.58     | 1552.00       |
| 237     | 469.70     | 12.78                 | 56.23     | 1095.00       |

116 numaralı Düzce istasyonunun ortalama toplam yağış ve bağıl nem oranı ait olduğu kümedeki diğer istasyonlara göre oldukça yüksektir. Bu istatistiklere göre Karadeniz’de bulunan istasyonlara benzerlik gösterir. Zaten genel özellikleri itibari ile Düzce’de Karadeniz ikliminin etkileri görülür. Düzce 12 numaralı kümede en uç değerlere sahip istasyondur ve iklim özellikleri Karadeniz iklimine benzediğinden bu istasyon Karadeniz bölgesine dahil edilecektir. Çizelge 13.18’deki değerlere göre bu alt iklim bölgesi batısındaki 10 numaralı kümeye Akdeniz iklimi ve karasal iklim arasında bir geçiş özelliği gösterir. Çizelge 13.19’daki değerler 116 numaralı Düzce istasyonu çıkarıldıktan sonra hesaplanmıştır. Ege bölgesinin topografya farklılıkları yüzünden maksimum ve minimum istatistikler arasındaki fark yüksektir. Standart sapma değerlerinin yüksekliğinden de topografyanın etkisi görülebilir.

**Çizelge 13.19:** 12 numaralı kümedeki istasyonların istatistik bilgileri

| <b>12 numaralı istasyon</b> | <i>P<sub>t</sub></i> (mm) | <i>T<sub>m</sub></i> (°C) | <i>R<sub>h</sub></i> (%) | Yükseklik (m) |
|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------|
| Minimum                     | 373.66                    | 9.67                      | 55.55                    | 100           |
| Maximum                     | 756.49                    | 16.32                     | 73.3                     | 1,552.00      |
| Aritmetik ortalama          | 539.778                   | 12.571                    | 61.279                   | 861.798       |
| Standart sapma              | 99.096                    | 1.699                     | 4.422                    | 372.877       |
| Çarpıklık katsayısı         | 0.372                     | 0.836                     | 1.206                    | -0.755        |

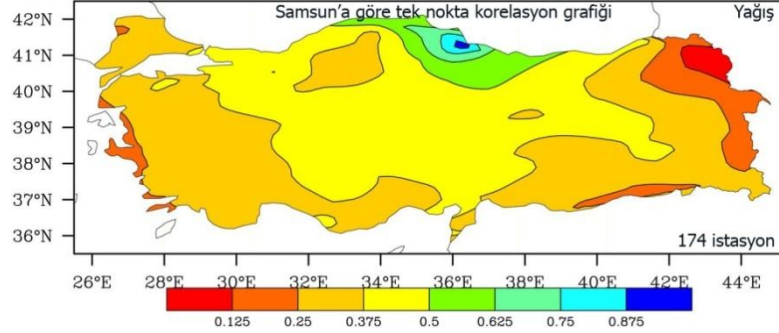
NAO sonbahar indisi ve NY değerleri arasındaki korelasyon katsayılarının alansal olarak dağılışında tutarlılık görülen bölgelerden birisi de 12 numaralı alt iklim bölgesidir (Türkeş ve Erlat, 2003). Bu sonuçlara göre sonbahar ayında bu bölgede NAO indisinin yağışlara etkisi 10 numaralı bölgeye göre daha önemlidir.

Bu bölgede 10 numaralı alt iklim bölgesinde görülen mevsimsellik, yağışın yıldan yıla değişebilirliği, direk olarak batıdan gelen yerine göre kararsız nemli ve ılık Akdeniz hava sistemlerinin etkisi, az da olsa yıllık toplam yağış miktarları farkı gibi etmenlerin 12 numaralı kümede azalarak kendini göstermesi tipik bir geçiş bölgesi olduğunu göstermektedir.

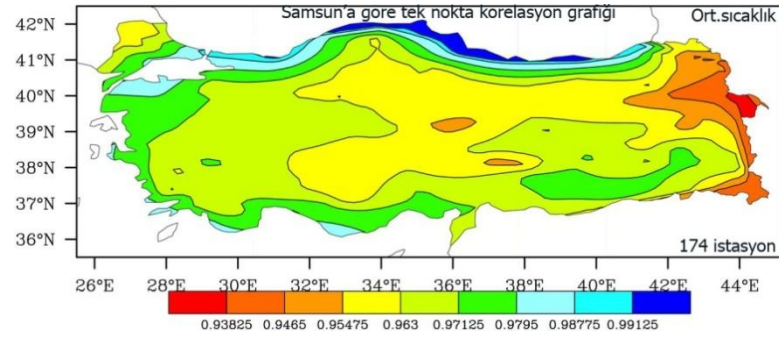
### **13.6 Karadeniz Bölgesinin ve Alt İklim Bölgelerinin İklim Özelliklerin Açıklanması ve Farklılıkların Ortaya Konması**

Bölge, Anadolu’nun kuzeyinde ve adını aldığı deniz boyunca uzanan bir şerit biçimindedir. Karadeniz iklimi her mevsimi yağışlı, yazları serin, kışlar ılık özellik gösteren bir iklim tipidir. Bu iklim birçok yönüyle ılıman okyanus iklimini andırır.

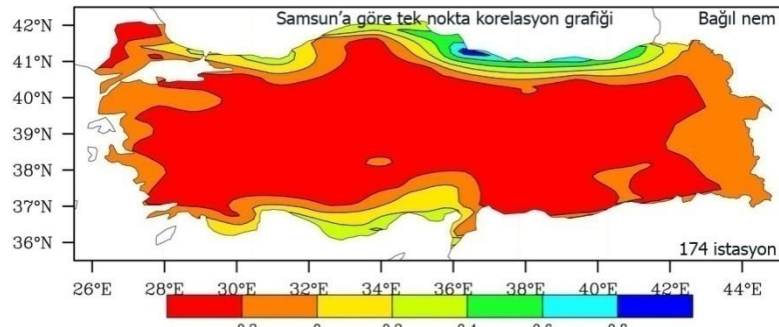
Cephesel yağışlara ek olarak, her mevsim görülen yamaç yağışlarına kuzeyli dolaşım koşulları ve dağların kıyıya paralel olması yol açar. Deniz etkisi nedeniyle yazlar serin, kışlar ılık geçer. Yağış rejimi düzenli, maksimum yağış sonbaharda, minimum yağış ilkbaharda görülür.



**Şekil 13.14:** Samsun meteoroloji istasyonuna göre yağış tek nokta korelasyon grafiği



**Şekil 13.15:** Samsun meteoroloji istasyonuna göre ortalama sıcaklık tek nokta korelasyon grafiği



**Şekil 13.16:** Samsun meteoroloji istasyonuna göre bağıl nem tek nokta korelasyon grafiği

Şekil 13.14'de Samsun istasyona göre hesaplanan yağış korelasyon katsayılarının dağılımı görülmektedir. Samsun civarında orografik yapının deniz ikliminin biraz daha iç kesimlere sokulmasına sebebiyet verecek biçimde olması, yağış tek nokta korelasyon grafiğinde net bir şekilde görülmektedir.

Şekil 13.15 ve Şekil 13.16’da Samsun istasyonunun ortalama sıcaklık ve bağıl nem verileri kullanılarak çizilen kontur haritaları görülmektedir. Şekil 13.15 meteoroloji istasyonuna göre ortalama sıcaklık korelasyonları Karadeniz kıyısı boyunca çok yüksektir ve kıyıdan uzaklaştıkça azaldığı görülmektedir. Karadeniz Bölgesinin orta kesimlerinde iç kesimlere doğru azalmakta olan korelasyon katsayılarının azalma hızı Doğu ve Batı Karadeniz meteoroloji istasyonuna göre daha yavaştır. Bu durum daha önce anlatıldığı gibi bu yöredeki orografik yapının deniz etkisini iç kesimlere geçmesine imkân vermesinden kaynaklanır.

Şekil 13.12’deki bağıl nem kontur haritasına göre ise Doğu Karadeniz ve Batı Karadeniz bölgesi arasındaki farklılık göze çarpmaktadır. Bu durum Karadeniz bölgesinde esen rüzgârların yönüyle alakalı olabilir. Sinop civarında hakim rüzgar yönü neredeyse kıyıya paralel bir yönde esmekteyken Doğu Karadeniz bölgesinde ise açık denizde oluşan alçak basınç bölgesi nedeniyle kıyıya doğru şiddetli rüzgarlar esmektedir. Zaten orografik etkinin yanında bu bölgenin çok yağış almasının nedenlerinden biri de bu esen rüzgârlardır.

Sonbahar TBA2 sonuçlarına göre açık olarak kuzeyli sirkülasyon ve orografyanın Karadeniz yağış rejimine etkileri görülmektedir (Türkeş ve diğ. 2008). Bu etkiler Karadeniz’in doğu ve batı bölgelerine göre farklılık arz etmektedir. TBA2 yükleme değerlerinin Doğu Karadeniz bölgesinde daha yüksek olması bu bölgedeki orografyanın yağışlara olan etkisinin daha fazla olduğunu göstermektedir. Batı Karadeniz de ise özellikle İsfendiyar dağlarının bulunduğu yörede yükleme değerlerinin karasal iç kesimlere ve doğuya doğru Samsun kıyıları boyunca azalması, orografik etkilerin Doğu Karadeniz kıyılarındaki kadar güçlü ve sürekli olmadığını sonucuna vardırı.

Kış NAO indeksi ve NY değerleri arasındaki korelasyon değerleri Karadeniz bölgesinde düşüktür ve doğuya doğru giderek azalmaktadır (Türkeş ve Erat, 2003). Benzer durum sonbahar mevsiminde de görülmektedir. Bu sonuç bu bölge de kış ve sonbahar aylarında kuzeydoğu Atlantik kaynaklı geniş ölçekli atmosferik sirkülasyonların ülkenin batı, kuzeybatı ve Anadolu’nun iç kısımlarındaki kadar etkili olmadığını, orografya ve topografya gibi yerel faktörlerin daha önemli olduğunu göstermektedir.

Türkeş (1998c,1999) çalışmalarına göre, mevsimselliğin (MK) en az olduğu ve yağışın yıldan yıla değişiminin (DK) en az görüldüğü bölge Karadeniz bölgesidir. Bu katsayılarla ilişkili olan aşırı kuru olma durumu olasılığı da bu bölgede en düşüktür (Türkeş ve Tatlı, 2009).

Kış ortalama sıcaklık ST haritasına göre (Türkeş ve Erlat, 2008b) Karadeniz bölgesinde kıyı boyunca benzer ST değerleri hesaplanmıştır ancak ST değerlerinin alansal dağılımına göre 3 ve 4 numaralı alt iklim bölgelerindeki orografik yapı farklılıkları açıkça görülebilmektedir. 4 numaralı Doğu Karadeniz alt iklim bölgesinde orografik yapının etkisiyle iç kesimlere doğru ST değerlerinde çok hızlı bir artış vardır.

Kış mevsiminde, Karadeniz kıyıları boyunca don olaylı gün sayısı ortalamaları 10 günün altındadır. Doğu Karadeniz bölümünde Ordu'nun doğusunda kalan Karadeniz kıyılarında kış mevsiminde don olayı ender görülür (Türkeş ve Erlat, 2008b). Bu duruma göre 3 numaralı alt iklim bölgesinde doğusundaki 4 numaralı alt iklim bölgesine daha fazla don olaylı gün yaşandığı sonucu çıkarılabilir.

### **13.6.1 3 numaralı kümenin ikliminin incelenmesi**

Bölüm 14.6.1'de 3 ve 4 numaralı alt iklim bölgeleri arasındaki farklar açıklanmıştır bu bölümde bu farklar kısaca özetlenecektir. Bu alt iklim bölgesi konum olarak Karadeniz'in batısında yer almaktadır. Bölüm 14.6'da yapılan değerlendirmeler ışığı altında, bu bölge ile Doğu Karadeniz'deki 4 numaralı alt iklim bölgesi arasındaki farklar esasen sonbahar ve kış mevsimlerinde görülmektedir. Bu farkların nedeni ise geniş ölçekli basınç sistemleri ve üst atmosfer sirkülasyonlarından ziyade arazinin topografyası ve bakışı gibi jeomorfolojik özellikler ve orografya gibi yerel faktörlerin etkilerinden ileri gelmektedir.

Çizelge 13.20'de 3 numaralı kümede bulunan 8 adet istasyonun ortalama ölçüm değerleri görülmektedir.

**Çizelge 13.20:** 3 numaralı kümedeki tüm istasyonların 1974-2002 yılları arasındaki ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri

| İst. No | $P_t$ (mm) | $T_m$ ( $^{\circ}\text{C}$ ) | $R_h$ (%) | Yükseklik (m) |
|---------|------------|------------------------------|-----------|---------------|
| 3       | 1227.77    | 13.46                        | 68.36     | 135.35        |
| 4       | 1013.42    | 13.00                        | 75.29     | 63.82         |
| 17      | 828.59     | 13.74                        | 77.60     | 30.00         |
| 37      | 457.23     | 15.39                        | 75.81     | 30.00         |
| 100     | 1227.18    | 12.89                        | 80.62     | 167.00        |
| 102     | 894.65     | 13.27                        | 79.96     | 83.00         |
| 103     | 1047.67    | 12.63                        | 81.51     | 10.00         |
| 107     | 779.44     | 13.53                        | 74.93     | 103.00        |

Çizelge 13.20 incelendiğinde 37 numaralı Bozcaada'nın farklı ortalama değerlere sahip olduğu görülür. Çizelge 13.21'de 3 numaralı kümenin ölçülmüş verilerinin değerleri görülmektedir.

**Çizelge 13.21:** 3 numaralı kümedeki istasyonların istatistik bilgileri

| <b>3 numaralı istasyon</b> | $P_t$ (mm) | $T_m$ ( $^{\circ}\text{C}$ ) | $R_h$ (%) | Yükseklik (m) |
|----------------------------|------------|------------------------------|-----------|---------------|
| Minimum                    | 779.44     | 12.63                        | 68.36     | 10            |
| Maksimum                   | 1,227.77   | 13.74                        | 81.51     | 167           |
| Aritmetik ortalama         | 1,002.67   | 13.217                       | 76.896    | 84.596        |
| Standart sapma             | 180.286    | 0.394                        | 4.552     | 55.804        |
| Çarpıklık katsayısı        | 0.205      | -0.227                       | -1.124    | 0.147         |

Çizelge 13.21'de 37 numaralı Bozcaada istasyonu 3 numaralı kümenin istatistiklerini önemli derecede etkilediğinden istatistik bilgiler bu istasyon çıkarıldıktan sonra hesaplanmıştır.

Bu bölge Şekil 13.1'de görüldüğü gibi 4 numaralı alt iklim bölgesine göre daha iç kesimlere doğru ilerlemiştir. Bu durumda orografya yapısının Karadeniz'den gelen nemli hava kütlelerinin hareketine izin verecek şekilde olduğunu göstermektedir.

#### 13.6.2 4 numaralı kümenin ikliminin incelenmesi

Türkeş (1998c, 1999) sonuçlarına göre kuraklık indisi değeri 2 den büyük olan ve 'çok nemli' olarak tanımlanan Rize ve Hopa yöresi bu bölgede bulunmaktadır. Bu bölgedeki istasyonların yıllık toplam yağış değerlerinde Batı Karadeniz bölgesine göre daha fazla değişiklik görülmektedir. Çizelge 13.21 ve Çizelge 13.23'de standart sapma değerlerindeki büyük fark bu durumu vurgulamaktadır. Özellikle Samsun ve Samsun'un biraz doğusunda görülen yağışların Karadeniz bölgesinin yağış

ortalamasının çok altında oluşu bu durumu açıklamaktadır. Samsun'un az yağış almasının nedeni topografyanın görece alçak ve geçişi kolaylaştırması nemli-serin havasını iç bölgelere geçmesini sağlaması denizin etkisini zayıflatmaktadır. Çizelge 13.22'de 4 numaralı kümeye ait 7 istasyonun ortalama ölçüm değerleri görülmektedir. Türkiye'nin en çok yağış alan 2 bölgesi Artvin ve Rize bu kümede bulunmaktadır.

**Çizelge 13.22:** 4 numaralı kümedeki tüm istasyonların 1974-2002 yılları arasındaki ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri

| İst. No | $P_t$ (mm) | $T_m$ ( $^{\circ}$ C) | $R_h$ (%) | Yükseklik (m) |
|---------|------------|-----------------------|-----------|---------------|
| 6       | 665.54     | 14.21                 | 73.80     | 4.00          |
| 11      | 2205.06    | 14.24                 | 71.98     | 32.56         |
| 12      | 699.55     | 11.90                 | 64.92     | 628.35        |
| 99      | 983.40     | 13.51                 | 72.10     | 66.00         |
| 108     | 1140.56    | 14.08                 | 76.02     | 20.00         |
| 109     | 717.70     | 14.09                 | 74.34     | 6.00          |
| 110     | 1991.05    | 13.34                 | 72.56     | 79.00         |

12 numaralı Artvin istasyonu 11 numaralı Hopa istasyonuna çok yakın olmasına rağmen ortalama toplam yağış yükseklikleri arasında yaklaşık 3 kat fark vardır. Yükseklik olarak da Artvin istasyonu 628.35 metre ile bu bölgenin en yüksek istasyonudur ve 11 numaralı Hopa istasyonundan 595.79 metre yüksektir. Bu istasyonun istatistikleri bu kadar farklı olmasına rağmen Hopa istasyonuna yakın ve aynı zamanda kıyıya da yakın olması nedeniyle bölgedeki istasyonlarla iyi korelasyon göstermektedir. Artvin istasyonu bölgenin istatistiksel değerlerini çok etkilediğinden Çizelge 13.23'de hesaplanan istatistik değerlerine katılmamıştır

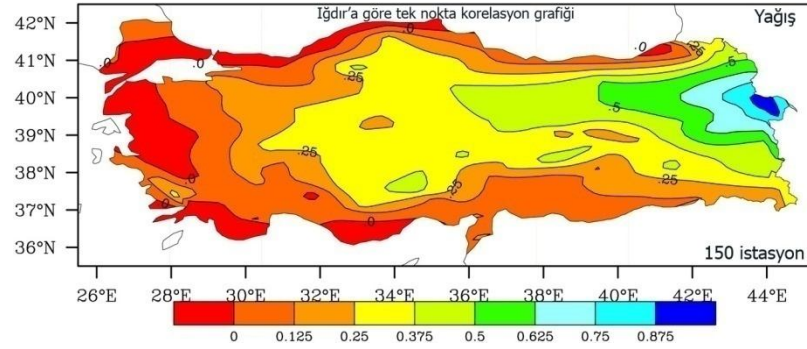
**Çizelge 13.23:** 4 numaralı kümedeki istasyonların istatistik bilgileri

| 4 numaralı istasyon | $P_t$ (mm) | $T_m$ ( $^{\circ}$ C) | $R_h$ (%) | Yükseklik (m) |
|---------------------|------------|-----------------------|-----------|---------------|
| Minimum             | 665.54     | 13.34                 | 71.98     | 4             |
| Maximum             | 2,205.06   | 14.24                 | 76.02     | 79            |
| Aritmetik ortalama  | 1,283.89   | 13.912                | 73.467    | 34.593        |
| Standart sapma      | 657.631    | 0.386                 | 1.568     | 31.397        |
| Çarpıklık katsayısı | 0.725      | -0.935                | 0.838     | 0.615         |

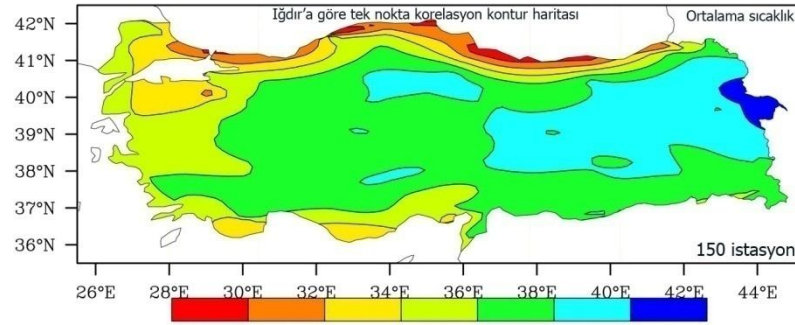
Çizelge 13.23'de 3 numaralı kümedeki istasyonların istatistikî bilgileri yer almaktadır. Yağış verilerinin standart sapmasının yüksekliği Hopa/Artvin ve Pazar/Rize istasyonlarından ileri gelmektedir. Ortalama sıcaklık ve nispi nem verilerinin standart sapması oldukça düşüktür.

### 13.7 Doğu Anadolu Bölgesinin ve Alt İklim Bölgelerinin İklim Özelliklerin Açıklanması ve Farklılıkların Ortaya Konması

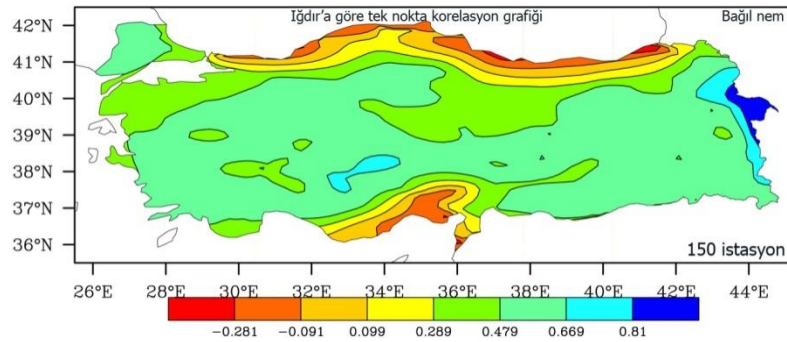
Bölgede karasal iklim görülmektedir. Karasallığa yol açan etmenler, yükseltinin fazla olması ve denize kapalıdır. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise soğuk ve kar yağışlıdır. Ocak ayı ortalaması bütün bölgede 0 °C'nin altındadır. Kış mevsiminde sıcaklıklar -30°C, -40° C'ye düşebilmektedir. Yıllık sıcaklık farkları fazladır. Kar örtüsü uzun süre yerde kalır.



Şekil 13.17: Iğdır meteoroloji istasyonuna göre yağış tek nokta korelasyon grafiği



Şekil 13.18: Iğdır meteoroloji istasyonuna göre ortalama sıcaklık tek nokta korelasyon grafiği



Şekil 13.19: Iğdır meteoroloji istasyonuna göre bağıl nem tek nokta korelasyon grafiği

Bölgede ısınnın en düşük değerlerine ulaştığı yer Erzurum – Kars bölümüdür. Bölgede güneye gidildikçe ısı artar. Bölge, yükselti fazlalığı nedeniyle İç Anadolu'dan daha fazla yağış alır.

Şekil 13.17, Şekil 13.18 ve Şekil 13.19'da Iğdır istasyonuna göre küme analizinde kullanılan verilerle çizilen tek nokta korelasyon kontur haritaları görülmektedir. Diğer bölgelerdeki istasyonlar kullanılarak çizilen kontur haritalarının temel karakterleri (deniz kıyısı ile yüksek/düşük korelasyon ve karasal iç bölgelerle yüksek/düşük korelasyon) bu kontur haritalarında da görülmektedir.

Kış TBA1 sonuçlarına göre kısmen kuzeydoğu Atlantik ve Akdeniz orijinli geniş ölçekli cephesel siklonlar ve bununla ilişkili hava sistemlerinin etkisinin kuzeydoğu Anadolu bölgesine doğru etkisinin kaybettiği görülür (Türkeş ve diğ. 2008). Bu durum kuzeydoğu Anadolu bölgesinin kış yağışlarının düşüklüğünü çok iyi açıklamaktadır.

Yaz TBA3 sonuçları kıyusal orografik ve iç karasal lokal konvektif yağışları açıklamaktadır. Bu iki durum, kuzeyli sektör yüzeyi ve üst hava akımları ve üst hava merkezleri ve alçakları gibi atmosferik karışıklıkları ile yakından ilişkilidir ve doğu Anadolu dağlarının ve yüksek kuzeydoğu Anadolu platolarının bölgesel yüzey ısınması bu mekanizmaya katkı sağlayarak güçlendirmektedir (Türkeş ve diğ. 2008). TBA3 yükleme değerleri ile hazırlanan haritaya göre sözü edilen mekanizma yaklaşık olarak Rize yöresinden batıya ve güneye doğru azalmaktadır ve Batı Karadeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgesine ulaşmadan etkisini tamamen kaybetmektedir. Bu haritaya göre yaz aylarında lokal konvektif yağışlar en çok Kuzeydoğu Anadolu bölgesinde görülmektedir. Yaz mevsiminde Rize yöresinde görülen yağışlar kıyusal orografik yağışlarla ilgilidir.

Yıllık NAO indeksi ve NY değerleri arasındaki korelasyon katsayıları ile hazırlanan haritaya göre (Türkeş ve Erhat, 2003) Doğu Anadolu bölgesinde zayıf sinyaller görülmektedir. Bu sonuca göre bu bölgede genel olarak siklonik aktivitelerin azlığını ve yerel faktörlerin daha baskın olduğu yorumu yapılabilir. Özellikle yaz ve ilkbahar mevsimi NAO indeksi sinyallerine göre bu bölgede doğrudan Kuzey Atlantik kökenli siklonik etkinlik zayıftır.

Kış ortalama sıcaklık ST haritasına göre (Türkeş ve Erhat, 2008b) DAN bölgesinde karasallığın ve topografyanın etkileri görülmektedir. Özellikle genel olarak 8

numaralı alt iklim bölgesinde hesaplanan kış ortalama sıcaklık ST değerleri değişimi 14 ve 9 numaralı alt iklim bölgelerine göre çok azdır ve belirgin bir biçimde ST haritasında görülmektedir.

Don olaylı gün sayıları, Doğu ve Kuzeydoğu Anadolu’da 85-90 gün arasında değişir. Yılın soğuk döneminde Avrasya antisiklonları olarak tanımlanan ve kontinental polar (cP) hava kütlelerine kaynak bölgesi oluşturan termik antisiklonlar, Asya kıtasının batısından başlayarak Kafkas Dağları ve Doğu Anadolu’ya kadar uzanır (Katsoulis ve diğ. 2000). Yüksek basıncın oluşturduğu bulutsuz geceler, hafif rüzgârlar ve kuvvetlenen uzun dalgalı yer radyasyonu (bulutsuz gecelerde artan uzun dalga ısımayla enerji kaybı), don olaylarının artmasında ve şiddetlenmesinde etkili olmaktadır (Türkeş ve Erhat, 2008b).

### 13.7.1 8 numaralı kümenin ikliminin incelenmesi

Bu bölgenin çok büyük bir kısmı sıcaklık karasallığına göre değerlendirildiğinde Doğu Anadolu alt iklim bölgeleri içinde en karasal bölgedir (D.M.İ Yayın no:2000/07, kod:A02). Ayrıca bu bölgenin yükseklik ortalaması 1726 m ile Türkiye’deki en yüksek alt iklim bölgesidir. Çizelge 13.24’de 8 numaralı kümede bulunan 10 adet istasyonun ölçülmüş verilerinin ortalamaları ve yükseklik değerleri görülmektedir.

**Çizelge 13.24:** 8 numaralı kümedeki tüm istasyonların 1974-2002 yılları arasındaki ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri

| İst. No | Pt (mm) | T <sub>m</sub> (°C) | R <sub>h</sub> (%) | Yükseklik (m) |
|---------|---------|---------------------|--------------------|---------------|
| 34      | 540.70  | 6.14                | 70.33              | 1632.00       |
| 63      | 765.28  | 9.63                | 62.99              | 1322.76       |
| 146     | 439.24  | 8.32                | 63.70              | 1425.00       |
| 157     | 588.29  | 6.15                | 65.57              | 1715.00       |
| 173     | 635.27  | 7.49                | 62.60              | 1650.00       |
| 174     | 435.64  | 7.07                | 60.14              | 1565.00       |
| 175     | 410.30  | 7.73                | 65.21              | 1678.00       |
| 187     | 499.59  | 5.92                | 62.86              | 2000.00       |
| 216     | 430.99  | 6.06                | 56.82              | 2400.00       |
| 229     | 742.35  | 6.32                | 60.58              | 1877.00       |

Çizelge 13.24’de görüldüğü gibi 8 numaralı kümede bulunan istasyonların hepsi çok yüksektir ve bu bölgenin yükseklik ortalaması 1726 metredir. Dolayısı ile bu bölgenin sıcaklık ortalaması 7.083 °C gibi çok düşük bir değerdir.

**Çizelge 13.25:** 8 numaralı kümedeki istasyonların istatistik bilgileri

| 8 numaralı istasyon | $P_t$ (mm) | $T_m$ ( $^0\text{C}$ ) | $R_h$ (%) | Yükseklik (m) |
|---------------------|------------|------------------------|-----------|---------------|
| Minimum             | 410.3      | 5.92                   | 56.82     | 1,322.76      |
| Maksimum            | 765.28     | 9.63                   | 70.33     | 2400          |
| Aritmetik ortalama  | 548.765    | 7.083                  | 63.08     | 1726          |
| Standart sapma      | 130.69     | 1.218                  | 3.622     | 307.013       |
| Çarpıklık katsayısı | 0.681      | 1.078                  | 0.351     | 1.107         |

Çizelge 13.25’de 8 numaralı bölgenin istatistik bilgileri görülmektedir. Bölgenin yükseltisine bağlı olarak sıcaklık düşüktür.

Yaz TBA3 sonuçlarına göre kuzeyli sektör yüzeyi ve üst hava akımları ve üst hava merkezleri ve alçakları gibi atmosferik karışıklıkların etkisi Doğu Anadolu’da en az bu bölgede etkisini göstermektedir. Hatta batıya ve güneye gidildikçe bu ‘üst hava mekanizması’ bu bölgede hiç görülmemektedir. Kış TBA1 sonuçlarına göre (Türkeş ve diğ. 2008) Akdeniz orijinli geniş ölçekli cephesel siklonlar etkisini en çok bu bölgede gösterir ve etkisi bu bölgenin ait olduğu ana iklim bölgesindeki diğer alt iklim bölgelerinde azalır. Ortalama yıllık toplam yağışın bu bölgede daha fazla olması bu sonucu desteklemektedir.

#### 13.7.2 14 numaralı kümenin ikliminin incelenmesi

Çizelge 13.26’da 14 numaralı kümede bulunan 3 adet istasyonun ölçülmüş verilerinin ortalamaları ve yükseklik değerleri görülmektedir. Bu bölgede sadece 3 adet istasyon olduğundan istatistiki bilgilerinin hesaplanmasına gerek duyulmamıştır.

**Çizelge 13.26:** 14 numaralı kümedeki tüm istasyonların 1974-2002 yılları arasındaki ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri

| İst. No | $P_t$ (mm) | $T_m$ ( $^0\text{C}$ ) | $R_h$ (%) | Yükseklik (m) |
|---------|------------|------------------------|-----------|---------------|
| 126     | 369.98     | 9.76                   | 61.24     | 1322          |
| 135     | 432.02     | 6.78                   | 63.08     | 1584          |
| 136     | 456.24     | 8.17                   | 61.24     | 1572          |

Çizelge 13.26’da görüldüğü üzere bu küme 8 numaralı kümeye göre yükseltisi daha az ve ortalama sıcaklığı daha yüksektir. Yıllık toplam yağış miktarı da 8 numaralı bölgeye göre düşüktür.

Sonbahar NAO indeksi ve NY değerleri arasında korelasyonlara göre bu bölgede negatif ve zayıf sinyaller görülmektedir. Negatif ve zayıf NAO indeksleri genelde uzun süreli ortalamadan daha yağışlı evreleri tarif eder (Türkeş, 1998)

### 13.7.3 9 numaralı kümenin ikliminin incelenmesi

Gerçek karasal yağış rejimi bu bölgede görülmektedir (Tümak Projesi, 1989). Kafkas dağlarının engelleyici özelliği, kışın basınç yüksekliğinden dolayı batı bölgesinden gelen depresyonlardan etkilenmemesi ve Akdeniz kaynaklı siklonların etkisinin görülmemesi bu bölgenin oldukça az yağış almasına neden olmaktadır. Ancak yazın bu yüksek basınç kalktığından ve konvektif yağışlarda görüldüğünden bu bölgenin yaz yağış yüzdesi yüksektir.

Çizelge 13.27’de 14 numaralı kümede bulunan 4 adet istasyonun ölçülmüş verilerinin ortalamaları ve yükseklik değerleri görülmektedir. Bu kümede de az istasyon olduğu için istatistik değerlerini hesaplamaya gerek duyulmamıştır.

**Çizelge 13.27:** 9 numaralı kümedeki tüm istasyonların 1974-2002 yılları arasındaki ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri

| İst. No | $P_t$ (mm) | $T_m$ ( $^{\circ}$ C) | $R_h$ (%) | Yükseklik (m) |
|---------|------------|-----------------------|-----------|---------------|
| 35      | 249.67     | 11.98                 | 56.25     | 858           |
| 111     | 515.96     | 3.61                  | 72.95     | 1829          |
| 120     | 469.68     | 5.35                  | 65.00     | 1688          |
| 137     | 399.61     | 6.39                  | 62.28     | 1540          |

Çizelge 13.27’de 35 numaralı istasyon Iğdır istasyonudur. Görüldüğü gibi Iğdır istasyonunun hiçbir ölçüm değeri ve yüksekliği diğer istasyonlara benzememektedir. Bu istasyonun bu kümede olmasının nedeni korelasyon olarak bu kümeye biraz daha uymaktadır. Ancak gene de Çizelge 13.29’da görüldüğü gibi bu istasyonun değerleri çok farklıdır ve özellikleri Doğu Anadolu’daki hiçbir kümeye uymamaktadır. Bu yüzden bu küme ayrı bir küme olarak gösterilmiştir. Zaten Iğdır mikroklima özelliği çok iyi bilinen bir bölgedir.

## 13.8 Marmara Bölgesinin ve Alt İklim Bölgelerinin İklim Özelliklerin Açıklanması ve Farklılıkların Ortaya Konması

Coğrafi konumu gereği Marmara bölgesi Akdeniz ve Karadeniz iklimi arasında geçiş iklimi özelliği gösterir. Ancak bu bölge genel olarak Akdeniz ikliminin etkisi

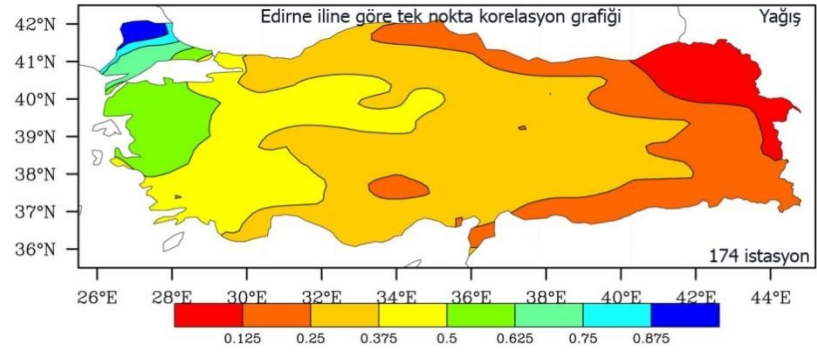
altındadır. Şekil 13.1, Şekil 13.2 ve Şekil 13.3’de bağıl nem, ortalama sıcaklık ve toplam yağış verilerinin Edirne istasyonu baz alınarak çizilen korelasyon grafiklerinde görüldüğü gibi, Marmara bölgesi Karadeniz değil Akdeniz’e doğru daha iyi korelasyon göstermektedir.

Bu iklimin genel karakterini tropikal ve polar hava kütlelerinin mevsimlik frekansları tayin eder. Bu bölge sirkülasyon bakımından çok hareketlidir. Istranca (Yıldız) dağları, Karadeniz’in nemli havasını iç kısımlara sokmaz. Basınç koşulları nedeniyle hâkim rüzgâr, yönü kuzey olduğundan, Balkanlar üzerinden gelen nemli hava kütleleri nemini Balkan dağlarına bıraktığından, nemden yoksun kuru özellik taşıyarak buralara ulaşır. Bu yüzden Trakya’da karasal iklimin etkileri görülür. Balkanlardan gelen hava kütleleri Marmara Denizi üzerinden nem alır. Bu nemi güney Marmara kıyılarına taşır, dolayısıyla denizsel iklime neden olur.

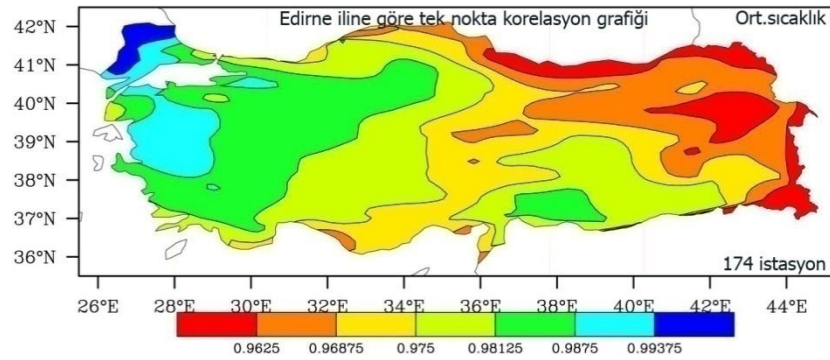
Marmara bölgesinde doğuya doğru gidildikçe Kocaeli platosunda, bozulmuş Karadeniz iklimi görülür. Yazlar Karadeniz iklimine göre daha sıcak, kışlar daha soğuktur. Yazlar yağışlı olmakla beraber, maksimum yağış kış mevsimine rastlar.

Marmara kıyıları, kış mevsiminde yaşanan don olaylı günler, 20-50 gün arasında değişir. Kışın kaydedilen don olaylı gün sayıları, Trakya’da Edirne ve Kırklareli çevresinde artan karasallığa uygun olarak, 60 güne yaklaşır.

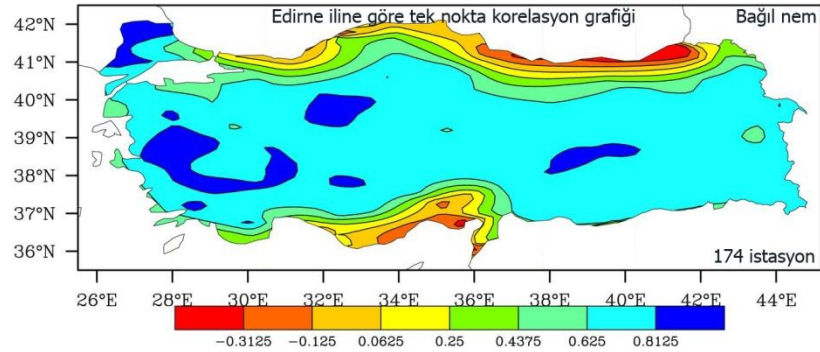
Marmara gölgesi ortak bir bölgesel iklim tipinin hâkimiyeti altında olmakla beraber gerçekte topografya, yükselti, nispi konum, bakı ve vejetasyon gibi faktörlerin karakterlerindeki değişikliklerden dolayı bazı önemli farklarla birbirinden ayrılan belirgin bir iklim tipi arz eder. Marmara ikliminin özelliklerinin daha iyi anlaşılması için Edirne bölgesinin Türkiye’deki diğer istasyonlarla olan bağıl nem, yağış ve ortalama sıcaklık korelasyonlarının kontur haritaları çizilerek bölgenin özelliklerinin daha iyi anlaşılması hedeflenmiştir. Her bölgeyi temsilen seçilen bir istasyonunun diğer istasyonlarla olan korelasyonları bölgenin durumu hakkında genel bir fikir vermektedir.



**Şekil 13.20:** Edirne meteoroloji istasyonuna göre yağış tek nokta korelasyon grafiği



**Şekil 13.21:** Edirne meteoroloji istasyonuna göre ortalama sıcaklık tek nokta korelasyon grafiği



**Şekil 13.22:** Edirne meteoroloji istasyonuna göre bağıl nem tek nokta korelasyon grafiği

Şekil 13.20, Şekil 13.21 ve Şekil 13.22'de görüldüğü gibi Marmara bölgesi Ege bölgesi ile Karadeniz bölgesine kıyasla daha iyi korelasyon göstermektedir. Karadeniz bölgesi kıyı bölgesi olmasına rağmen kontur haritası çizilen tüm verilerde de görüldüğü gibi Marmara bölgesinin bu bölgeyle olan korelasyonları çok düşüktür. Bu grafiklerden Marmara bölgesinin Akdeniz ikliminden etkilendiği yorumu yapılabilir. Ward metodu veya bulanık-YSA metodu 6 küme çözümüne göre (bkz. Şekil 12.2) Marmara bölgesinin Ege Bölgesiyle aynı kümede yer alması bu sonucu desteklemektedir.

Çizelge 13.28’de hem yükselti hem de ortalama sıcaklık verilerinin çok farklı olmasından dolayı Marmara bölgesinin ortalama istatistiklerine Uludağ istasyonu dahil edilmemiştir.

**Çizelge 13.28:** 1 numaralı kümedeki tüm istasyonların 1974-2002 yılları arasındaki ortalama ölçüm değerleri ve yükseklikleri

| İst. No | $P_t$ (mm) | $T_m$ ( $^{\circ}$ C) | $R_h$ (%) | Yükseklik (m) |
|---------|------------|-----------------------|-----------|---------------|
| 1       | 1,104.82   | 12.777                | 79.138    | 129           |
| 13      | 564.397    | 13.52                 | 69.171    | 51.19         |
| 15      | 565.71     | 12.699                | 78.7      | 183           |
| 16      | 579.501    | 13.811                | 77.579    | 3.37          |
| 20      | 801.872    | 14.569                | 72.475    | 76            |
| 38      | 604.718    | 14.921                | 77.153    | 5.5           |
| 39      | 698.769    | 14.053                | 71.303    | 63            |
| 98      | 572.041    | 12.931                | 71.018    | 46            |
| 101     | 652.269    | 13.382                | 71.482    | 52            |
| 104     | 1,016.68   | 12.526                | 78.996    | 32.52         |
| 112     | 594.383    | 13.94                 | 73.505    | 10            |
| 114     | 640.845    | 14.147                | 73.1      | 18            |
| 128     | 1,441.81   | 4.815                 | 64.622    | 1877          |

Çizelge 13.29’da Marmara bölgesindeki istasyonların ortalaması görülmektedir. Marmara bölgesinin yağış ortalaması Karadeniz bölgesine göre düşük, ortalama sıcaklığı ise biraz fazladır. Ege bölgesinde bulunan 10 numaralı kümeye göre benzer miktarda ortalama yağış olsa da 10 numaralı bölgede Marmara bölgesinden daha yüksek sıcaklıklar görülmektedir. Ege bölgesindeki diğer bir küme olan 12 numaralı kümeye göre ise daha fazla yağış almanın yanı sıra yükselti farkları çok belirgindir. Sonuç olarak Marmara bölgesindeki istasyonlar Uludağ hariç belli bir karakteri temsil etmektedir. Bu bölgede sadece 1 numaralı iklim bölgesi bulunduğundan karşılaştırma yapmak için bu bölgenin iklimi ayrıntılı olarak incelenmemiştir.

**Çizelge 13.29:** 1 numaralı kümedeki istasyonların ortalama istatistik bilgileri

| 1 numaralı istasyon | $P_t$ (mm) | $T_m$ ( $^{\circ}$ C) | $R_h$ (%) | Yükseklik (m) |
|---------------------|------------|-----------------------|-----------|---------------|
| Minimum             | 564.397    | 12.526                | 69.171    | 3.37          |
| Maksimum            | 1,104.82   | 14.921                | 79.138    | 183           |
| Aritmetik ortalama  | 699.667    | 13.606                | 74.468    | 55.798        |
| Standart sapma      | 182.873    | 0.768                 | 3.603     | 53.494        |
| Çarpıklık katsayısı | 1.577      | 0.135                 | 0.141     | 1.442         |

## 14. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma süresince elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde toplanmıştır.

- Eksik veri analizi için Lineer Regresyon (LR) ve Beklentilerin Maksimumlaştırılması (BM) yöntemleri kullanılarak sonuçları karşılaştırılmıştır. BM yönteminin sonuçları referans istasyon verileriyle biraz daha iyi korelasyon göstermesi ve literatür taraması sonucu edinilen bilgiler ışığı doğrultusunda bu yöntemin daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır.
- Bağıl homojenlik analizi yapılırken kullanılan korelasyon katsayısı sınırı yüzünden bazı istasyonlara bağıl homojenlik testi uygulanamamaktadır. Bu durumu engellemek için referans serileri oluşturulurken, korelasyon katsayıları yerine yakın istasyonların test istasyonuna olan uzaklıkları alınarak ağırlıkların hesaplanma yoluna gidilmiştir. Bu yüzden ağırlık katsayısı olarak korelasyon katsayısını kullanmayan çift değişkenli test kullanılmıştır ve sonuçları test edildiğinde başarılı bulunmuştur.
- Homojenlik analizi sonucu küme analizinde aylık ortalama sıcaklık, aylık bağıl nem ve aylık yağış verilerini içeren 150 adet istasyonun kullanılabileceğine karar verilmiştir. Test ve referans serileri arasındaki korelasyon katsayıları 0.7'den düşük olduğu zaman mutlak homojenlik testi uygulanmış ve böylece tüm istasyonlara homojenlik analizi uygulanmıştır.
- Hem mutlak homojenlik testleri hemde bağıl homojenlik testine göre Ege Bölgesindeki istasyonların sıcaklık verilerinin önemli bir kısmının homojen olmadığı görülmüştür. Bu bölgedeki sıcaklık verilerinde görülen trendlerin bu duruma neden olduğu düşünülmektedir. İstasyon geçmişleri ile ilgili çok az bilgi olduğundan homojenlikteki bozulmaların nedenleri tam ve etkili bir biçimde belirlenememiştir.
- Temel bileşen analizi sonucunda istasyon basıncı ve ortalama rüzgâr verilerinin kullanılmaya uygun olmadığı gösterilmiştir. Maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık verilerinin temel bileşen analizi sonuçlarına göre benzer eğilimler

gösterdiği ve bu değişkenlerden ortalama sıcaklığın, hem diğer sıcaklık verileriyle daha iyi korelasyon göstermesi hem de 1. temel bileşende daha yüksek yükleme değerine sahip olması nedeniyle sıcaklık verilerini temsilen ortalama sıcaklık verisinin kullanılmasına karar verilmiştir.

- Temel bileşen skorları ile yapılan küme analizlerinin, verileri normalize ederek yapılan küme analizlerine göre daha iyi sonuç verdiği gösterilmiştir.
- Bağıl nem verilerinin yapılan temel bileşen analizi sonucunda 1. temel bileşende iklim elemanlarının bir yansıması olan ve ‘iklim bileşeni’ olarak adlandırılan 1. temel bileşende önem arz etmiştir. Bu yüzden bu verilerin iklim bölgelerinin belirlenmesinde kullanılabileceğine karar verilmiştir.
- Danışmansız öğrenme yerine danışmanlı öğrenme algoritması kullanan bulanık tabanlı bir yapay sinir ağıları kümeleme algoritması oluşturulmuş ve iklim verilerinin kümelenmesi için kullanılmıştır. İklim verilerine uygulanmadan önce kümeleme algoritmalarının performansını ölçmek için literatürde sıkça kullanılan Iris verisi üzerinde denemiş ve %94’lük bir başarı yakalanarak küme analizi problemlerinde uygulanabileceği ispatlanmıştır. Ward metodunun Iris verisinin kümelenmesinde gösterdiği performans % 88.67, KYSA’nın %89.33 ve bulanık KYSA %91.33 ve bulanık c-ortalamar metodunun gösterdiği performans %90’dır. Bulanık-YSA metodu bulanık mantık ve yapay sinir ağıları tabanlı olduğundan Iris verisinin kümelenmesinde hem bulanık c-ortalamar metodu hemde KYSA’dan daha iyi performans göstermesi önemli bir sonuçtur.
- Küme analizine bağıl nem verileri de eklendiğinde bulunan kümelerdeki bütünlük bozulmamaktadır ve geçiş bölgelerindeki sonuçlar sıcaklık ve yağışın bir arada kullanıldığı sonuçlara göre değişiklik göstermektedir. Temel bileşenler analizinde de gösterildiği gibi nem verisi iklim özelliklerini yansıtan 1.temel bileşende de önemli bir değişken olarak bulunmuştur.
- 100 istasyon kullanılarak yapılan stabilite testinde 150 istasyonun kullanıldığı çözümlere göre, Ward metodunun %4, KYSA metodunun % 2 ve bulanık-YSA metodunun sonuçları % 5 gibi çok düşük yüzdelerle sonuçları değişmiştir. 75 istasyonun kullanıldığı testlerde ise Ward metodunun %8, KYSA metodunun %4

ve Bulanık-YSA metodunun ise sonuçları %9 oranında değişmiştir. Bu sonuçlara göre her 3 metodunda oldukça stabil olduğu görülmüştür.

- Literatürde benzer örneğine rastlanmayan bir biçimde tüm istasyonların korelasyonlarından oluşan matris küme analizinde kullanılmış ve iklim bölgelerinin kümelenmesinde iyi sonuç verdiği gösterilmiştir. Korelasyonlardan oluşan matrisi küme analizinde kullanmanın en büyük avantajı iklim bölgelerinin ana hatları bozulmadan yüksek küme çözümleri elde ederek iklim geçiş bölgelerinin ortaya çıkarılmasıdır.
- Korelasyonlardan oluşan küme analizi sonuçlarının kullanılan istasyon sayısının azaltılmasından olumsuz etkilendiği görülmüştür. Bu yüzden 150 istasyondan daha az istasyonun kullanıldığı küme analizlerinde kullanılırken stabilitesi iyi araştırılmalıdır.
- Ward metoduna göre Türkiye 7 ana yağış rejimi bölgesi ve 16 alt yağış rejimi bölgesinden oluşmaktadır. Bulanık-YSA metodunda aynı sonucu bulmuştur ancak bulunan yağış rejimi bölgeleri alt yağış rejimi bölgelerinde farklılıklar göstermiştir. Genel hava dolaşımı ve hava kütleleri, arazinin topografyası ve bakışı gibi jeomorfolojik özellikler, fiziki coğrafya denetçileri, karasallık derecesi ve orografik etmenler de göz önüne alındığında, Ward metodu sonuçları korelasyon katsayıları kullanılarak bulunan Türkiye'nin yağış rejimi bölgelerini belirlemede daha başarılı olduğu kanısına varılmıştır. Bu yüzden Ward metodu sonuçları ile Türkiye yağış rejimi bölgeleri belirlenmiştir.
- Türkiye iklim bölgelerinin belirlenmesi için Bulanık-YSA metodu sonuçları tercih edilmiştir. Ward metodu da ana iklim bölgeleri açısından aynı sonucu verse de Ward metodunun özellikle Ege alt iklim bölgelerindeki tutarsızlıklarından dolayı bulanık-YSA metodu tercih edilmiştir. Bulanık-YSA metodu sonuçlarına göre Türkiye 7 ana iklim bölgesi ve 15 alt iklim bölgesinden oluşmaktadır. Ward metodu da bu sayıda iklim bölgesi bulmuştur.
- Korelasyon analizi ile bulunan yağış rejimi bölgeleri, Türkeş (1996)'nın mevsimselliğe dayanarak bulduğu yağış rejimi bölgelerine benzemektedir. Dolayısı ile korelasyon analizi ile bulunan iklim bölgeleri mevsimsel unsurları da içermektedir. Zeten Bölüm 12'de bulunan bölgelerin mevsimsel yağış istatistiklerinin çok benzemesi bu durumu doğrulamaktadır.

#### 14.1 Önerilen Bazı Hususlar

Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar doğrultusunda önerilen hususlar şu şekildedir; öncelikle küme analizi yapılırken uygulama kolaylığı nedeniyle Ward metodu tercih edilmelidir. Ward metodu sonuçlarına göre uygun küme çözümü belirlenip daha sonra yapay sinir ağları ile küme analizi yapmak daha kolay ve daha hızlı çalışma imkanı sağlar. Bir diğer husus ise küme analizinde mümkün olduğu kadar çok istasyon kullanılmalıdır böylece veri uzayında daha belirgin kümelerin oluşacağı ve sonuçların daha güvenilir olacağı açıktır. Ayrıca istasyon sayısı çok olursa çizilen haritalar daha detaylı olacaktır. Son olarak korelasyon katsayılarından oluşan matrisin kullanıldığı küme analizlerinde mutlaka istasyonların birbirine yakın olması gerekir. Çünkü istasyonlar uzaklaştıkça aralarındaki korelasyonlar genel olarak hızla düşmektedir ve böylece hesaplanan korelasyon değerleri ayırt edici olmamaktadır. Çünkü uzak iki istasyon arasında hesaplanan düşük korelasyon benzer şekilde Türkiye'nin herhangi bir yöresinde de hesaplanabilmektedir.

#### 14.2 Doktora Tezinin Mühendislik ve Bilimsel Uygulamalara Getireceği Katkılar

- İnşaat Mühendisliği yapıları genelde, özelde ise Su Kaynakları Mühendisliği Yapıları son derece pahalı ve inşaatları oldukça uzun süren yapılardır. Su yapılarının projelendirilmesi büyük ölçüde hidrometeorolojik zaman serilerindeki değişime göre yapılmakta ve işletilmektedir. Bu değişkenlere göre kümeleme yapıldığında, aynı kümenin bulunduğu bölgedeki su yapılarının projelendirilmesinde ve işletilmesinde benzer kriterlere dikkat edilmesi ve bu sayede inşaat maliyetlerinde tasarruf sağlanabileceği gibi su yapısının işletilmesi sırasında da performans arttırımının sağlanması söz konusudur. Kümeleme analizi sonuçlarının önem taşıdığı su kaynakları projeleri arasında barajları ve sulama yapılarını dikkate alabiliriz.
- Klimatolojik temel bilgilerin ve araştırmaların, ülkelerin kalkınmaları ve refahı açısından pek çok ekonomik ve sosyal yararları bulunmaktadır. Klimatolojik bilgilerin değerlendirilmesi, arazi kullanımının, turizmin, çiftlik hayvanlarının, sulama sistemlerinin, tarım ilaçlarının, binalarda ısınmanın ve aydınlanmanın en uygun tasarımını ve seçimini sağlar.
- İklim bilgilerinin yaygın kullanımı, kentleşme, çalışma koşulları, yerel sağlık ve konfor ile meteorolojik afetlere karşı korunma için genel tasarım olanaklarının

gelişmesine katkıda bulunur. Güncel iklim bilgilerinin kullanımıyla da, çeşitli insan etkinliklerinde ve uygulamalarında, insan emeğinin ve paranın boşa harcanması önlenir.

## KAYNAKLAR

- Abraham, Ninan., ve Sajeeth Philip., ve P.K. Mahanti.,** 2001. *Soft Computing Models for Weather Forecasting*, Ajith, Department of Computer Science, Oklahoma State University, USA, of Physics, Cochin University of Science and Technology, India, University of New Brunswick, New Brunswick, Canada.
- Adam, Garson.,** 2004. *Classifying the Fisher Iris Data Set using a Backpropagation Neural Network and Cluster Analysis Algorithms;an Implementation, Evaluation and Comparison*. BSc Computing Final Year, AI
- Alexanderson, H. A.,** 1986. A homogeneity test applied to precipitation data. *Journal of Climatology.*, **6**, 661–675.
- Alexandrov, V., Schneider, M., Koleva1, E., ve Moisselin, J.M.,** 2004. Climate variability and change in Bulgaria during the 20th century *Theoretical and Applied Climatology.* **79**, 133–149 (2004) DOI 10.1007/s00704-004-0073-4.
- Ambroise, C., Seze, G., Badran, F., Thiria, S.,** 2000. Hierarchical clustering of self-organizing maps for cloud classification. *Neurocomputing*, **40**,
- Andrade, E.M.,** 1997. *Regionalization of average annula runoff models for ungaged watersheds in arid and semiarid regions*. Ph.D. Thesis, University of Arizona, Arizona.
- Annas, S., Kanai, T., Koyama, S.,** 2006. Neuro-Fuzzy Approaches for Modelling the Wet Season Tropical Rainfall. *Agricultural Information Research.* **15**(3), 331-342.
- Annas, S., Kanai, T., Koyama, S.,** 2007. Assessing daily tropical rainfall variations using a neuro-fuzzy classification model. *Ecological informatics.* **2**, (159 – 166).
- Basalirwa, C.P.K.,** 1995. Delineation of Uganda into climatological rainfall zones using the method of principal component analysis. *International Journal of Climatology.* **15**, 1161–1177.

- Beaulieu, C., O. Seidou., Taha, B., M. J. Ouarda., X. Zhang., G. Boulet., and A.Yagouti.,** 2008. Intercomparison of homogenization techniques for precipitation data. *Water Resources Research*, VOL. **44**, W02425, doi: 10.1029/2006WR005615.
- Blackmore, S.,** 1994. *Intelligent sensing and self organizing Fuzzy-Logic techniques used in agricultural automation*, Asae/Csae Meeting Presentation, Paper no. 931048, Silsoe College, Cranfield University.
- Buck, S.F.,** 1960. A method of estimation of missing values in multivariate data suitable for use with an electronic computer. *Royal Statistics Society. B*, **22**, 302–306.
- Buishand, T. A.,** 1982. Some methods for testing of rainfall records. *Journal of Hydraulics.*, **58**, 11–27.
- Bunkers, M. J., J. R. Miller, and A. T. DeGaetano.,** 1996. Definition of climate regions in the Northern Plains using an objective cluster modification technique. *Journal of Climate*, **9**, 130–146.
- Burrows, W.R., and Pudykiewicz, J.** 1997. “CANFIS: A Non-Linear Regression Procedure to Produce Statistical Air-Quality Forecast Models”, to be presented at the *Air & Waste Management Association’s 90th Annual Meeting & Exhibition*, June 8-13, , Toronto, Canada, (manuscript via personal communication).
- Cavazos.T.,** 1999. *Using Self-Organizing Maps to Investigate Extreme Climate Events: An Application to Wintertime Precipitation in the Balkans* Center for Integrated Regional Assessments, the Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania, and Department of Environmental and Geographical Science, University of Cape Town, Rondebosch, South Africa.
- Chen L, Gasteiger J** 1997. Knowledge discovery in reaction databases: landscaping organic reactions by a selforganizing map. *Journal of American Chemistry Society*. **119**, 4033–4042.
- Chiu, S.L.,** 1994. Fuzzy Model Identification based on cluster estimation, *Journal of intelligent and Fuzzy systems*, **2**, pp. 267-278.
- Civelek, Ö.,** 1997. “The Analysis of time Dependent Deformation In R.C Members by Artificial Neural Networks”, *Journal of Pamukkale University Engineering sciences*. **3**, No.2 PP.331-335.

- Civelek, Ö., Çatal J. H., “Geri Yayılma Yapay Sinir Ağı Kullanılarak Elastik Kirişlerin Statik ve Dinamik Analizi”, *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi* **6**, (1), 1-16, 2004.
- Conrad, V., Pollak, C., 1950. *Methods in climatology*. Cambridge: Harvard University Press, **459**, pp.
- Coronato, F., ve Bisigato, A. , 1998. A Temperature Pattern Classification in Patagonia. *International Journal of Climatology*. **18**, 765–773.
- Çetik, A.R., 1985. İç Anadolu’nun Vejetasyonu ve Ekolojisi. *Selçuk Üniversitesi Yayınları*. No:7, Konya.
- DeGaetano, A. T., 1996. Delineation of mesoscale climate zones in the northeastern United States using a novel approach to cluster analysis. *Journal of Climate*, **9**, 1765–1782.
- Dingman, S.L., 2002. *Physical Hydrology, Second Edition*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 07458.
- Dinpashoh, Y., A. Fakheri, Fard., M. Moghaddam., S. Jahanbakhsh., M. Mirnia., 2004. Selection of variables for the purpose of regionalization of Iran’s precipitation climate using multivariate methods. *Journal of Hydrology*, **297**, 109–123.
- Ehrendorfer, M., 1987. A regionalizaion of Austria’s precipitation climate using principal component analysis. *Journal of Climatology*. **7**, 71–89.
- Eklundh, L., Pilesjö, P., 1990. Regionalization and spatial estimation of Ethiopian mean annual rainfall. *International Journal of Climatology*. **10**, 473–494.
- Erinç, S., 1996. *Klimatoloji ve metotları*. Alfa Basım Yayım Dağıtım. **4**, Basım Ağustos 1996. İstanbul.
- Erinç, S., 1969. *Klimatoloji ve Metotları*. İstanbul Üniversitesi Yayınları No: 994.
- Erol, O., 1999. Genel Klimatoloji. *Çantay Kitapevi* 1999. İstanbul.
- Esteban-Parra, M.J., Rodrigo, F.S., Castro-Diez, Y., 1998. Spatial and temporal patterns of precipitation in Spain for the period 1880–1992. *International Journal of Climatology*. **18**, 1557–1574.
- Everitt, B. S., 1980: *Cluster Analysis*. Halsted, 136 pp.
- Evrendilek, F., Berberoğlu, S., 2008. Quantifying spatial patterns of bioclimatic zones and controls in Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*., **91**, 35-50.

- Fovell, M.C.**, 1993. Climate zones of the conterminous United States defined using cluster analysis. *Journal of Climate*, **6**, 2103–2135.
- Fovell, R.G.**, 1997 Consensus clustering of U.S. temperature precipitation data. *Journal of Climate*, **10**, 1405–1427.
- Gadgil, S., Yadumani, and N. V. Joshi**, 1993. Coherent rainfall zones of the Indian region. *International Journal of Climatology*, **13**, 547–566.
- Gaffen, S. and Joshi, R.J.**, 1999. Climatology of US surface humidity and temperature. *Journal of Climate*, **8**, 897–932.
- Gautam, D. K., ve Holz, K. P.**, 2001. Rainfall-runoff modelling using adaptive neuro-fuzzy systems. *IWA Publishing* **03**, 1.
- Gerstengarbe, F. W., P. C. Werner., ve K. Fraedrich.**, 1999. Applying non-hierarchical cluster analysis to climate classification: Some problems and their solutions. *Theoretical and Applied Climatology*, **64**, 143–150.
- Ghaboussi, J., Garret, Jr., Wu, X.**, 1991. “Knowledge – Based Modelling of Material Behavior with Neural Networks”, *Journal of Structural Engineering, ASCE*, **117**, 1, 132-153, 1991.
- Gill, A.E.**, 1982. *Atmosphere-Ocean Dynamics*. Academic Press, New York, 662 pp.
- Guttman, N.B.**, 1993. The use of L-Moments in the determination of regional precipitation climates. *Journal of Climatology*. **6**, 2309–2325.
- Guttman, N.B., Hosking, J.R.M., Wallis, J.R.**, 1993. Regional precipitation quantile values for the continental United States computed from L-Moments. *Journal of Climatology*. **6**, 2326–2340.
- Hani, KB., Ghaboussi, J.**, 1998. “Neural Networks for Structural Control of a Benchmark Problem”, Active Tendon System, *Earthquake Engineerin. & Structural Dynamics*, **27**, 1225-1245, 1998.
- Hanssen-Bauer, I., and J. Førland.**, 1994. Homogenizing long Norwegian precipitation series. *Journal of Climate*, **7**, 1001–1013.
- Hawkins, P. M.**, 1977. Testing a sequence of observations for a shift in location. *Journa of American. Statistics. Assocation*, **72**, 180–186.
- Hewitson BC, Crane R.G.**, 1994. *Neural computing: applications in geography*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Hewitson, and Crane.**, 1994. Self-organizing maps: applications to synoptic climatology. *Climate research*. **22**, 13–26.

- Holawe, F., Dutter, R.,** 1999. Geostatistical study of precipitation series in Austria: time and space. *Journal of Hydraulics*. **219**, 70–82.
- Houghton, J., B. A. Callendar, and S. K. Varney, Eds.,** 1992. *Climate Change: The Supplemntary Report to the IPCC Scientific Assesment*. Cambridge University Press, **205**, pp.
- Hudson, DA.,** 1998. *Antarctic Sea ice extent, southern hemisphere circulation and South African rainfall*. PhD thesis, University of Cape Town.
- Huntsberger., T. and Ajjimarangsee., P.,** 1989. Parallel Self-organizing Feature Maps for Unsupervised Pattern Recognition, *International, Journal of General Systems*, **16**, pp. 357-372, 1989.
- Ignacio, J. Turias,, Francisco, J. Gonzalez, M. Luz Martin, Pedro L. Galindo.,** 2006. A competitive neural network approach for meteorological situation clustering. *Atmospheric Environment*, **40**, 532–541.
- Jackson, I. J., ve H.Weinand.,** 1995. Classification of tropical rainfall stations: A comparison of clustering techniques. *International Journal of Climatology*, **15**, 985–994.
- Gonzalez-Rouco, JF., Jimenez, JL., Quesada, V., Valero, F.,** 2001. Quality Control and Homogeneity of Precipitation Data in the Southwest of Europe. *Journal of Climate*, **14**, 964-977.
- James, C. Bezdek, Eric, Chen-Kuo Tsao., ve Nikhil, R. Pal.,** 1992. *Fuzzy Kohonen Clustering Networks*. 0-7803-0236-2, **192**, IEEE.
- Jones, PD., Groisman, P.Y., Coughlan, M., Plummer, N., Wang W.C., Karl,T.R.,** 1990. Assessment of urbanisation effects in time series of surface air temperature over land. *Nature*, **347**, 169–172.
- Joutsiniemi, SL., Kaski, S., Larsen, TA.,** 1995. Self-organizing ap in recognition of topographic patterns of EEG spectra. *IEEE Transformation Biomedical Engineering*, **42**, 1062–1068.
- Karl, T.R., ve Williams, C.N.,** 1987. An approach to adjusting climatological time series for discontinuous inhomogeneities, *Journal of Climate and Applied Meteorology*, **26**, 1744–1763.
- Kang, H.T., Yoon, C.J.,** 1994. Neural Network Approaches to Simple Truess Desing Problems, *Microcomputes in Civil Engineering*, **9**, 211-218.

- Katsoulis, B.D., Makrogiannis, T.J., Goutsidou, Y.A.,** 1998. Monthly anticyclonicity in Southern Europe and the Mediterranean region. *Theoretical and Applied Climatology*. **59**, 51-59.
- Keleşoğlu, Ö., Fırat, A.,** 2006. Tuğla Duvardaki ve Tesisattaki Isı Kaybının Yapay Sinir Ağları İle Belirlenmesi, *Science and Engineering Journal of Fırat University*, **18**, (1). 133-141.
- Kirono, Dewi G.C., Jones, R.N.,** 2007. A bivariate test for detecting inhomogeneities in pan evaporation time series. *Australian Meteorological Magazine*. **56**, Issue:2 Pages: 93-103.
- Kohonen, T.,** 1989. *Self-organization and associative memory*, 3rd edn. Springer-Verlag, Berlin.
- Kohonen, T.,** 1990. *The self-organizing map*. Proceedings IEEE 78(9):1464–1480.
- Kohonen, T.,** 1991. *Self-organizing maps: optimization approaches*. In: Proceedings of the International Conference on Artificial Neural Networks, Espoo, Finland, June 1991, pp 981–990.
- Kohonen, T.,** 1995. *Self-organizing maps*. Springer-Verlag, Heidelberg.
- Krariyannis, N. B.,** 1997. *A Methodology for Constructing Fuzzy Algorithms for Learning Vector Quantization*, IEEE Transactions on Neural Networks, **8**, No. 3, pp. 505-518, May 1997.
- Kruse, R.,** 1999. *Design and implementation of a neuro-fuzzy data analysis tool in Java*. Diplomarbeit, Technische Universität Braunschweig.
- Kutiel, H.,** 1982. Spatial coherence of monthly rainfall in Israel. *Arch Met Geoph Biokl*. **31B**, 353-367.
- Kutiel, H.,** 1990. Variability of factors and their possible application to climatic studies. *Theoretical and Applied Climatology* **44**, 151-166.
- Kutiel, H., Hirsch-Eshkol, T.R., Türkeş, M.,** 2001. Sea level pressure patterns associated with dry or wet monthly rainfall conditions in Turkey. *Theoretical and Applied Climatology* **69**, 39-67.
- Kutiel, H., Maheras, P., Türkeş, M., Paz, S.,** 2002. North Sea – Caspian Pattern (NCP) – an upper level atmospheric teleconnection affecting the eastern Mediterranean – implications on the regional climate. *Theoretical and Applied Climatology* **72**, 173–192.
- Kutiel, H., Türkeş, M.,** 2005. New evidence for the role of the North Sea – Caspian Pattern on the temperature and precipitation regimes in continental

central Turkey. *Geografiska Annaler Series A-Physical Geography* **87**, 501–513.

- Liu, H., Chandrasekar, V.,** 2000. Classification of hydrometeors based on polarimetric radar measurements: development of fuzzy logic and neuro-fuzzy systems, and in situ verification. *Atmospheric and Oceanic Technology* **17**, 140–164.
- Malmgren, BA., Winter, A.,** 1999. Climate zonation in Puerto Rico based on principal components analysis and an artificial neural network. *Journal of Climatology*, **12**, 977–985.
- Metelka A.,** 2003. *3D Classification of winter North Atlantic Geopotential variability with the help of kohonen maps (SOM)*. Fifth Conference on Artificial Intelligence Applications to Environmental Science.
- Maheras, P., Kolyva-Machera, F.,** 1990. Temporal and spatial characteristics of annual precipitation over the Balkans in the twentieth century. *International Journal of Climatology*. **10**, (5), 493–504.
- Mallants, D., Feyen, J.,** 1990. Defining homogeneous precipitation regions by means of principal component analysis. *Journal of Applied Meteorology*. **29**, 892–901.
- Martin, S., Christine P., Mustapha, L.,** 2006. Biophysical regions identification using an artificial neuronal network: A case study in the South Western Atlantic. *Advances in Space Research*, **37**, 793–805.
- Matulla C., K. Penlap., P. Haas., H. Formayer.,** 2003. Comparative nalysis of spatial and seasonal variability: Austrian precipitation during the 20th century. *International Journal of Climatology*. **23**, 1577–1588 (2003) DOI: 10.1002/joc.960.
- Michaelides, SC., Pattichis CS., Kleovoulou G.,** 2001. Classification of rainfall variability by using artificial neural networks, Int. Journal of Climatology. *International Journal of Climatology*. **21**, 1401–1414 (2001) DOI: 10.1002/joc.702.
- Morata, A., Martin ML., Luna MY., Valero F.,** 2006. Self-similarity patterns of precipitation in the Iberian Peninsula, *Theoretical and Applied Climatology*, **85**, pp. 41-59.
- Nauck, D., Kruse, R.,** 1998. *A neuro-fuzzy approach to obtain interpretable fuzzy systems for function approximation*. Proc. IEEE International

- Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE'98), Anchorage, AK, pp. 1106–1111.
- Nordli, PØ.,** 1997. *Adjustments of Norwegian monthly means of daily minimum temperature*. DNMI-klima, Report No. 6:97.
- Nurnberger, A.,** 2004. Approximation of dynamic systems using recurrent neuro-fuzzy techniques. *Journal of Soft Computing*, **8**, 428-442.
- Obasi, G.O.P.,** 2003. *Statement at the International Symposium on Climate Change: Beijing China March–April 2003*. Geneva: WMO, **4**, pp.
- Özkarhan, A.,** 1964. *Analitik Klimatolojiye Giriş*. İ.T.Ü yayınları kitap no:6582.
- Öztemel, E.,** 2006. *Yapay Sinir Ağları*. Papatya Yayıncılık. ISBN 975-67-97-39-8
- Panagoulia, D.,** 2006. Artificial neural networks and high and low flows in various climate regimes. *Hydrological Sciences–Journal–des Sciences Hydrologiques*, **51**(4), August 2006.
- Parker, DE.,** 2004. Large-scale warming is not urban. *Nature*, **432**, 290; doi: 10.1038/432290a.
- Peterson, TC., Easterling, DR.,** 1998. Homogeneity adjustments of in situ atmospheric climate data: a review. *International Journal of Climatology*, **18**, 1493–1517.
- Pettitt, AN.,** 1979. A non-parametric approach to the change-point detection. *Applied Statistics*, **28**, 126–135.
- Portman, DA.,** 1993. Identifying and correcting urban bias in regional time series: surface temperature in China's northern plains. *Journal of Climate*, **6**, 2298–2308.
- Rodo, X., Baert. E., Comin, FA.,** 1997. Variations in seasonal rainfall in southern Europe during the present century: relationships with the North Atlantic Oscillation and the El Nino Southern Oscillation. *Climate Dynamics* **13**, 275–284.
- Regenmortel, G.V.,** 1995. Regionalization of Botswana rainfall during the 1980s using principal component analysis. *International Journal of Climatology*. **15**, 313–323.
- Reimer, E., Sodoudi, S.,** 2004. Climate model for the catchment area of the elbe river with neuro-fuzzy methode. *EMS Annual Meeting Abstracts*, Vol. **1**, 00374.

- Rodriguez, R., Llasat, M.C. and Martin Vide, J.,** 1996. 'Revision de los criterios de homogeneidad aplicados a variables meteorologicas in *Modelos Sistemas de Informacion Geografica*, pp. 98–107.
- Roy, N.S., Kaur, S.,** 2000. Climatology of monsoon rains of Myanmar (Burma). *International Journal of Climatology*. **20**, 913–928.
- Yager, R., Filev, D.,** 1994. Generation of Fuzzy rules by Mountain-Clustering, *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, **2**, no. 3, pp. 209-219.
- Rubin, D. B.,** 1976. Inference and missing data. *Biometrika*, **63**, 581–592.
- Sahal, N.,** 2006. Proposed approach for defining climate regions based on annual driving rain index and heating for building envelope design. *Building and Environment*, **41**, 520–526. Elsevier.
- Scholefield, P.,** 1997. *The importance of the homogenization of climate data time series in the context of the world climate data and monitoring programme*. Proceedings of the first seminar for homogenization of surface climatological Data. Budapest: Hungarian Meteorological Service, pp 1–3.
- Serra, C., Burguen, A., ve X. Lana.,** 2001. Analysis of maximum and minimum daily recorded at fabra observatory (Barcelona, in the period 1917–1998 *International Journal of Climatology*. **21**, 617–636 (2001) DOI: 10.1002/joc.633.
- Sharon, D., Kutiel, H.,** 1986. The distribution of rainfall intensity in Israel, its regional and seasonal variations and its climatological evaluation. *Journal of Climatology*, **6**, 277-291.
- Shaw, A.B.,** 1987. An analysis of the rainfall regimes on the coastal region of Guyana. *International Journal of Climatology*. **7**, 291–302.
- Singh, V.P.,** 1992. *Elementary Hydrology*, Prentice-Hall, New Jersey, 973 pp.
- Sneyers, R.,** 1999. *Homogenizing time series of climatological observations: the search and adjustment for inhomogeneities principles of methodology and example of results*. Proceedings of the second seminar for homogenization of surface climatological data, 962. Geneva: wmo, pp 5–14.
- Sneyers, R.,** 1990. *On the Statistical Analysis of Series of Observations*, WMO Technical Note 143, World Meteorological Organization, Geneva, 192 pp.

- Song, Feng., Qi, Hu., ve Weihong, Qian.,** 2004. Quality control of daily meteorological 1951–2000: a new dataset. *International Journal of Climatology*. **24**. 853–870.
- Sushmita, Mitra., ve Sankar, K.,** 1994. Self-organizing Neural Network As A Fuzzy Classifier. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, **24**, No. 3, march 1994.
- Szalai, S.,** 1997. *Proceedings of the First Seminar for Homogenization of Surface Climatological Data*. HMS Publication. Budapest, Hungary.
- Szalai, S., Szentimrey, T, Szinell, C.,** 1999. *Proceedings of the Second Seminar for Homogenization of Surface Climatological Data*. Wmo-td **962**. Geneva, Switzerland.
- Tambouratzis, T.,** 2006. SOM-Based Estimation of Climatic Profiles. *Department international journal of intelligent systems, Wiley Periodicals Inc*, **21**, 503–522. Published online in Wiley InterScience •DOI 10.1002/int.20146.
- Tath, H.,** 2006. *Analysis Mediterranean precipitation associated with the North Atlantic Oscillation Index (NAOI) via Hilbert-Huang Transformation*. In Proceedings of the Conference on Water Observation and Information System for Decision Support (BALWOIS-2006). Ohrid, Republic of Macedonia, Paper No. **A-329**, 11.
- Tath, H., Dalfes, N., Montes, S.,** 2004. A statistical downscaling method for monthly total precipitation over Turkey. *International Journal of Climatology*, **54**, 161-188.
- Tath, H., Dalfes, N., Montes, S.,** 2005. Surface air temperature variability over Turkey and its connection to large-scale upper air circulation via multivariate techniques. *International Journal of Climatology*. **25**, 331–350.
- Tayanc, M., Dalfes N, Karaca, M., Yenigun, O.,** 1998. A comparative assessment of different methods for detecting inhomogeneties in Turkish temperature data set. *International Journal of Climatology* **18**, 561–578.
- Thompson, DWJ., Wallace, JM.,** 1998. The Artic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields. *Geophysics Research Letter*, **25**, 1297–1300.
- Trewartha, G.T.** 1954. *An introduction to climate*. McGraw-Hill Book Company, Inc.

- Tuomenvirat, H.,** 2000. Homogeneity adjustments of temperature and precipitation series—Finnish and nordic data international journal of climatology *International Journal of Climatology*. **21**, 495–506 (2001) DOI: 10.1002:joc.616.
- Tümak hidrometeoroloji çalışma grubu.,** 1989. *Türkiye'nin yağış rejimi. Tümak projesi*, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Türkeş, M.,** 1996. Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey. *International Journal of Climatology*, **16**, 1057–1076.
- Türkes, M.,** 1997. Hava ve iklim kavramları üzerine. *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, **355**, 36-37, Ankara.
- Türkeş, M.,** 1998a. Karadeniz yağışları [The Black Sea rainfalls]. *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi* **364**, 58–59 (in Turkish).
- Türkeş, M.,** 1998b. Influence of geopotential heights, cyclone frequency and Southern Oscillation on rainfall variations in Turkey. *International Journal of Climatology* **18**, 649–680.
- Türkeş, M.,** 1998c. *İklimsel değişebilirlik açısından Türkiye’de çölleşmeye eğilimli alanlar*. DİM/İTÜ II. Hidrometeoroloji Sempozyumu Bildiri Kitabı, 45-57, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Türkeş, M.,** 1999. Vulnerability of Turkey to desertification with respect to precipitation and aridity conditions. *Turkish Journal of the Engineering and Environmental Sciences*, **23**, 363–380.
- Türkes, M.,** 2000. Extremes of the El Nino–southern oscillation and their connections with rainfall anomalies in Turkey. *Çevre Bilim ve Teknoloji Teknik Dergi* **1**, 1–13 (in Turkish).
- Türkes, M.,** 2001. *Hava, iklim, siddetli hava olayları ve küresel ısınma*. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 2000 Yılı Seminerleri, Teknik Sunumlar, Seminerler Dizisi, **1**, 187-205, Ankara.
- Türkeş, M., Sümer, U. M., ve Çetiner, G.,** 2000. *Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri*, Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları, 7-24, ÇKÖK Gn. Md., Ankara.
- Türkeş, M.,** 2002. Spatial and temporal variations in precipitation and aridity index series of Turkey. In *Mediterranean Climate – Variability and Trends, Regional Climate Studies*, Bolle HJ (ed.). Springer Verlag: Heidelberg; 181–213.

- Türkeş, M., Erlat E., 2003.** Precipitation changes and variability in Turkey linked to the North Atlantic Oscillation during the period 1930–2000. *International Journal of Climatology* **23**, 1771–1796.
- Türkeş, M., Erlat E., 2005.** Climatological responses of winter precipitation in Turkey to variability of the North Atlantic Oscillation during the period 1930–2001. *Theoretical and Applied Climatology* **81**, 45–69.
- Türkeş, M., Erlat E., 2006.** Influences of the North Atlantic Oscillation on precipitation variability and changes in Turkey. *Nuovo Cimento Della Societa Italiana Di Fisica C-Geophysics and Space Physics* **29**, 117–135.
- Türkeş, M., Koç, T., Sarış, F., 2008a.** Spatiotemporal variability of precipitation total series over Turkey. *International Journal of Climatology* DOI: 10.1002/joc.1768. (in press).
- Türkes, M., Erlat, E., 2008b.** Influence of the Arctic Oscillation on variability of winter mean temperatures in Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, **92**, 75-85.
- Türkes, M., Kutiel, H., ve Hirsch-Eshkol, T. R., 2003.** *Türkiye’de aylık kurak ve yağışlı koşullarla ilişkili deniz seviyesi basıncı desenleri*. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Bilimsel ve Teknik Sunumlar 2002, Seminerler Dizisi **3**, 59-78, Ankara.
- Türkes, M., Sümer, U.M., Kılıç, G., 2002.** Persistence and periodicity in the precipitation series of Turkey and associations with 500 hPa geopotential heights. *Climate Research*, **21**, 59-81.
- Türkes, M., Sümer, U.M., Yıldırım, Y.E., 2005.** *GAP Bölgesi’nde gözlenen uzun süreli iklimsel değişimlerin ve eğilimlerin zaman dizisi çözümlemeleri. Ulusal Coğrafya Kongresi* (Prof. Dr. İsmail Yalçınlar Anısına), 29-30 Eylül 2005, Bildiriler Kitabı, 373-384. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi, Beyazıt, İstanbul.
- Türkes, M., Tath, H., 2009.** Use of the standardized precipitation index (SPI) and a modified SPI for shaping the drought probabilities over Turkey. *International Journal of Climatology*. DOI: 10.1002/joc. Published online on Wiley InterScience.
- Unal, Y., Kindap, T., Karaca, M., 2003.** Redefining the climate zones of Turkey using cluster analysis. *International Journal of Climatology*. **23**, 1045–1055.

- Von Neumann, J.**, 1941. Distribution of the ratio of the mean square successive difference to the variance. *Annals of Mathematical Statistics*, **13**, 367–395.
- Wang., Lei, Qi., Feihui.**, 1999. *Adaptive Fuzzy Kohonen Clustering Network for Image Segmentation*. (0-7803-5529-6/99/\$10.00 01999 IEEE) Department of Computer Science and Engineering, Shanghai Jiaotong University Shanghai, 200030, P.R.China.
- Wang, D., Wang, C., Yang, X., Lu, J.**, 2005. Winter Northern Hemisphere surface air temperature variability associated with the Arctic Oscillation and North Atlantic Oscillation. *Geophysics Research Letter*. **32**, L16706, doi: 10.1029=2005GL022952.
- Wang, Y., Tian-You Yu., M. Yeary., A. M. Shapiro., S. Nemati., M. Foster., ve D. L. Andra.**, 2006. *Tornado Identification Using a Neuro-fuzzy Approach to Integrate Shear and Spectral Signatures*. American Meteorological Society Severe Local Storms Conference, November, 2006.
- Wolter, K.**, 1987. The Southern Oscillation in surface circulation and climate over the Atlantic, Eastern Pasific and Indioan Oceans as captured by cluster analysis *Journal of Applied Meteorology*, **26**, 540-558.
- Wolting, G., Bouvier, C.H., Danloux, J., Fritsch, J.M.**, 2000. Regionalization of extreme precipitation distribution using the principal components of the topographical environment. *Journal of Hydraulics*, **233**, 86–101.
- Wulfmeyer, V., ve İ. H. Muller.**, 2005. the climate station of the university of hohenheim: analyses of air temperature and precipitation time series since 1878 international journal of climatology *International Journal of Climatology*. **26**, 113–138. Published online in wiley interscience doi: 10.1002/joc.1240.
- Yong, Soo, Kim.**, 1999. *An Unsupervised Neural Network Using a Fuzzy Learning Rule*, IEEE International Fuzzy Systems Conference Proceedings August 22-25, Seoul, Korea.
- Zurada, J.M.**, 1992. *Introduction to Artificial Neural Networks*, St. Paul, MN: West Publishing Company; 1992. p. 163-250.

## EKLER

### EK A1: Kullanılan istasyon bilgileri

| İSTKODU | İST ADI      | İSTNO | BOLGE İL   | ENLEM  | BOYLAM | YÜKS(m) |
|---------|--------------|-------|------------|--------|--------|---------|
| 1       | BAHCEKOY OR. | 620   | ISTANBUL   | 4110   | 2903   | 129     |
| 2       | CEYLANPINAR  | 968   | SANLIURFA  | 365029 | 400151 | 360     |
| 3       | ZONGULDAK BO | 17022 | ZONGULDAK  | 4127   | 3148   | 135.35  |
| 4       | INEBOLU      | 17024 | KASTAMONU  | 4159   | 3347   | 63.82   |
| 5       | SINOP        | 17026 | SINOP      | 4202   | 3510   | 32      |
| 6       | SAMSUN BOLGE | 17030 | SAMSUN     | 4121   | 3615   | 4       |
| 7       | ORDU         | 17033 | ORDU       | 4059   | 3754   | 4.13    |
| 8       | GİRESUN      | 17034 | GİRESUN    | 405522 | 382317 | 38      |
| 9       | TRABZON BOLG | 17037 | TRABZON    | 405955 | 394540 | 30      |
| 10      | RİZE         | 17040 | RİZE       | 410222 | 403004 | 8.6     |
| 11      | HOPA         | 17042 | ARTVIN     | 412424 | 412558 | 32.56   |
| 12      | ARTVIN       | 17045 | ARTVIN     | 4111   | 4149   | 628.35  |
| 13      | EDİRNE       | 17050 | EDİRNE     | 4140   | 2634   | 51.19   |
| 14      | KIRKLARELİ   | 17052 | KIRKLARELİ | 4144   | 2714   | 231.9   |
| 15      | CORLU        | 17054 | TEKIRDAG   | 4110   | 2749   | 183     |
| 16      | TEKIRDAG     | 17056 | TEKIRDAG   | 4059   | 2729   | 3.37    |
| 17      | KUMKOY-KILYO | 17059 | ISTANBUL   | 4115   | 2902   | 30      |
| 18      | SARIYER-KİRE | 17061 | ISTANBUL   | 4109   | 2903   | 57.77   |
| 19      | ISTANBUL BOL | 17062 | ISTANBUL   | 4058   | 2905   | 32.98   |
| 20      | KOCAELİ-İZMİ | 17066 | KOCAELİ    | 4046   | 2956   | 76      |
| 21      | SAKARYA-ADAP | 17069 | SAKARYA    | 4041   | 3025   | 30.43   |
| 22      | BOLU         | 17070 | BOLU       | 4044   | 3136   | 742.92  |
| 23      | KASTAMONU    | 17074 | KASTAMONU  | 4122   | 3347   | 799.91  |
| 24      | CANKIRI      | 17080 | CANKIRI    | 4037   | 3337   | 751     |
| 25      | MERZİFON     | 17083 | AMASYA     | 4050   | 3527   | 755     |
| 26      | CORUM        | 17084 | CORUM      | 4033   | 3458   | 775.91  |
| 27      | AMASYA       | 17085 | AMASYA     | 4039   | 3551   | 411.69  |
| 28      | TOKAT BOLGE  | 17086 | TOKAT      | 4018   | 3634   | 607.6   |
| 29      | GUMUSHANE    | 17088 | GUMUSHANE  | 4028   | 3928   | 1219    |
| 30      | SIVAS        | 17090 | SIVAS      | 3945   | 3701   | 1285    |
| 31      | ERZİNCAN MEY | 17092 | ERZİNCAN   | 3942   | 3931   | 1154.4  |
| 32      | ERZURUM MEYD | 17096 | ERZURUM    | 3957   | 4110   | 1758.18 |
| 33      | KARS MEYDAN  | 17098 | KARS       | 4034   | 4306   | 1795.34 |
| 34      | AGRI         | 17099 | AGRI       | 3943   | 4303   | 1632    |
| 35      | IGDIR        | 17100 | IGDIR      | 3955   | 4403   | 858     |
| 36      | GOKCEADA     | 17110 | CANAKKALE  | 4011   | 2554   | 79      |
| 37      | BOZCAADA     | 17111 | CANAKKALE  | 3950   | 2604   | 30      |
| 38      | CANAKKALE    | 17112 | CANAKKALE  | 4008   | 2624   | 5.5     |
| 39      | BANDIRMA     | 17114 | BALIKESİR  | 4019   | 2759   | 63      |
| 40      | BURSA        | 17116 | BURSA      | 4013   | 2900   | 100.32  |

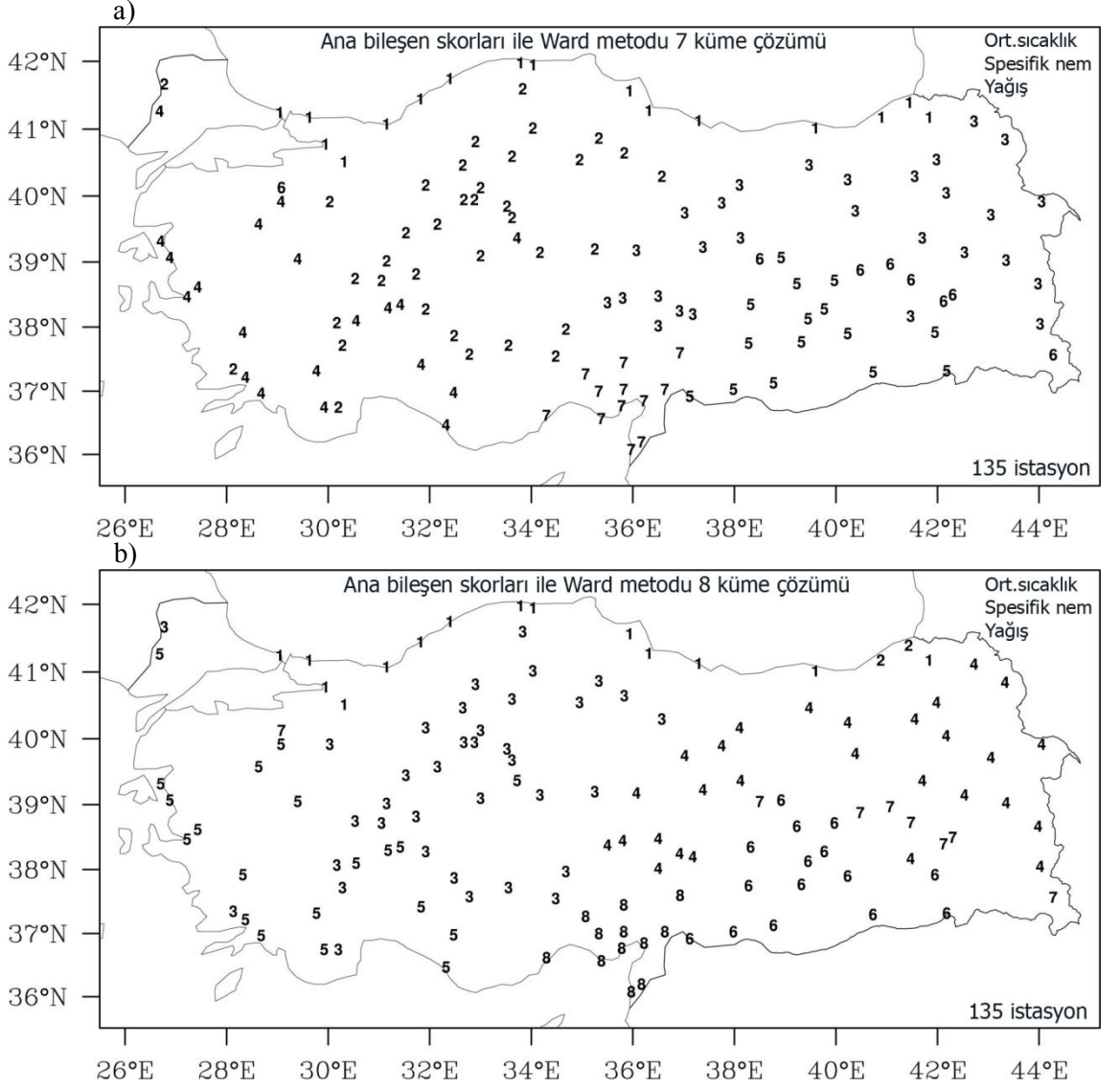
|    |              |       |              |        |        |         |
|----|--------------|-------|--------------|--------|--------|---------|
| 41 | YALOVA MEYDA | 17122 | YALOVA       | 4041   | 2923   | 12.637  |
| 43 | ESENBGA      | 17128 | ANKARA       | 4007   | 3300   | 959.33  |
| 44 | ETIMESGUT ME | 17129 | ANKARA       | 3957   | 3241   | 799     |
| 45 | ANKARA BOLGE | 17130 | ANKARA       | 3957   | 3253   | 890.52  |
| 46 | KIRIKKALE    | 17135 | KIRIKKALE    | 3951   | 3331   | 750.889 |
| 47 | YOZGAT       | 17140 | YOZGAT       | 3949   | 3448   | 1298.43 |
| 48 | BALIKESIR BO | 17152 | BALIKESIR    | 3939   | 2752   | 153     |
| 49 | KIRSEHIR BOL | 17160 | KIRSEHIR     | 3909   | 3410   | 1007.17 |
| 50 | GEMEREK      | 17162 | SIVAS        | 3911   | 3604   | 1173    |
| 51 | VAN BOLGE    | 17172 | VAN          | 3828   | 4321   | 1670.52 |
| 52 | AYVALIK      | 17175 | BALIKESIR    | 3919   | 2642   | 3.55    |
| 53 | DIKILI       | 17180 | IZMIR        | 3904   | 2653   | 3.4     |
| 54 | AKHISAR      | 17184 | MANISA       | 3854   | 2749   | 92.85   |
| 55 | MANISA       | 17186 | MANISA       | 3837   | 2726   | 71      |
| 56 | USAK         | 17188 | USAK         | 3841   | 2924   | 919.22  |
| 57 | AFYONKARAHIS | 17190 | AFYON        | 3845   | 3032   | 1033.74 |
| 58 | NEVSEHIR     | 17193 | NEVSEHIR     | 3835   | 3440   | 1259.54 |
| 59 | KAYSERİ BOLG | 17196 | KAYSERİ      | 3842   | 3529   | 1092    |
| 60 | MALATYA BOLG | 17199 | MALATYA      | 3821   | 3813   | 947.87  |
| 61 | ELAZIG BOLGE | 17201 | ELAZIG       | 3839   | 3915   | 989.75  |
| 62 | BINGOL       | 17203 | BINGOL       | 3852   | 4030   | 1177    |
| 63 | MUS          | 17204 | MUS          | 3841   | 4129   | 1322.76 |
| 64 | TATVAN       | 17205 | BITLİS       | 3829   | 4218   | 1664.65 |
| 65 | SIIRT        | 17210 | SIIRT        | 3755   | 4200   | 895.54  |
| 66 | IZMIR BOLGE  | 17220 | IZMIR        | 3823   | 2704   | 28.55   |
| 67 | CESME        | 17221 | IZMIR        | 3818   | 2618   | 5       |
| 68 | KUSADASI     | 17232 | AYDIN        | 3752   | 2715   | 25      |
| 69 | AYDIN        | 17234 | AYDIN        | 3751   | 2751   | 56.3    |
| 70 | DENİZLİ      | 17237 | DENİZLİ      | 3747   | 2905   | 425.29  |
| 71 | BURDUR       | 17238 | BURDUR       | 3743   | 3018   | 957     |
| 72 | ISPARTA BOLG | 17240 | ISPARTA      | 3745   | 3033   | 996.88  |
| 73 | KONYA MEYDAN | 17244 | KONYA        | 3758   | 3233   | 1030.61 |
| 74 | EREGLİ-KONYA | 17248 | KONYA        | 3730   | 3403   | 1042    |
| 75 | NİĞDE        | 17250 | NİĞDE        | 3758   | 3441   | 1210.5  |
| 76 | KAHRAMANMARA | 17255 | KAHRAMANMARA | 3736   | 3656   | 572.13  |
| 77 | GAZİANTEP    | 17261 | GAZİANTEP    | 3703   | 3724   | 854     |
| 78 | ADİYAMAN     | 17265 | ADİYAMAN     | 3745   | 3817   | 672     |
| 79 | SANLIURFA BO | 17270 | SANLIURFA    | 3710   | 3847   | 549.35  |
| 80 | MARDİN       | 17275 | MARDİN       | 3718   | 4044   | 1050    |
| 81 | DIYARBAKIR M | 17280 | DIYARBAKIR   | 3754   | 4012   | 674.007 |
| 82 | BATMAN       | 17282 | BATMAN       | 3735   | 4107   | 610     |
| 83 | HAKKARI      | 17285 | HAKKARI      | 373430 | 434430 | 1744    |
| 84 | BODRUM       | 17290 | MUGLA        | 3703   | 2726   | 26.47   |
| 85 | MUGLA        | 17292 | MUGLA        | 3713   | 2822   | 646.07  |
| 86 | DALAMAN      | 17294 | MUGLA        | 3645   | 2847   | 13      |
| 87 | FETHİYE      | 17296 | MUGLA        | 3637   | 2907   | 3       |
| 88 | MARMARIS     | 17298 | MUGLA        | 3651   | 2815   | 16.19   |
| 89 | ANTALYA MEYD | 17300 | ANTALYA      | 3642   | 3044   | 50.17   |
| 90 | ALANYA       | 17310 | ANTALYA      | 3633   | 3200   | 5.88    |
| 91 | ANAMUR       | 17320 | MERSİN       | 3605   | 3250   | 3.94    |
| 92 | SİLİFKE      | 17330 | MERSİN       | 3623   | 3356   | 15.01   |
| 93 | MERSİN       | 17340 | MERSİN       | 3648   | 3438   | 3.4     |
| 94 | ADANA BOLGE  | 17351 | ADANA        | 3703   | 3521   | 27      |

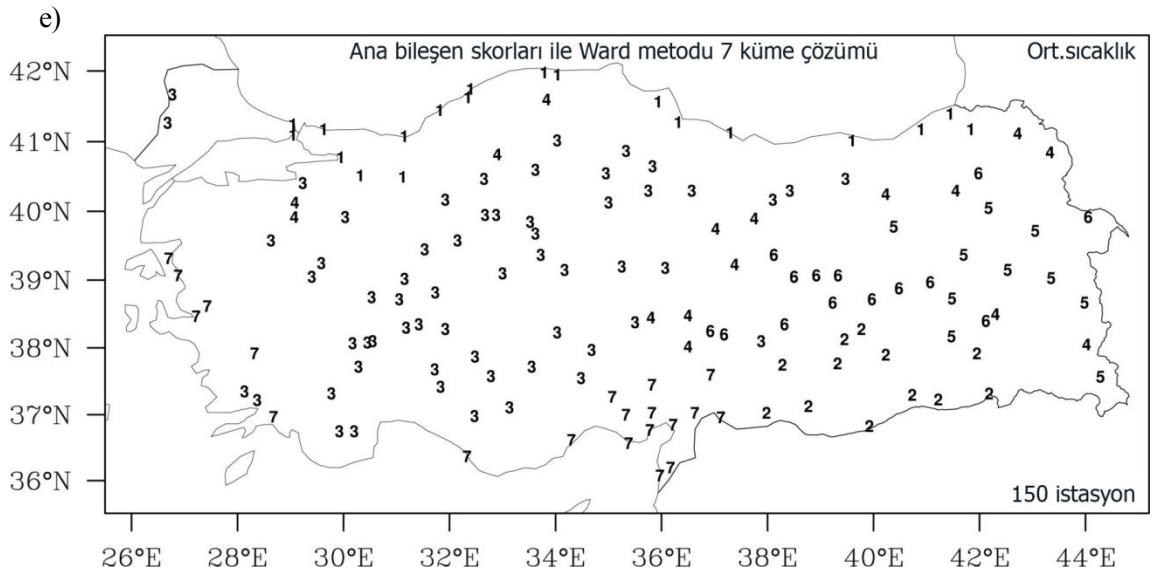
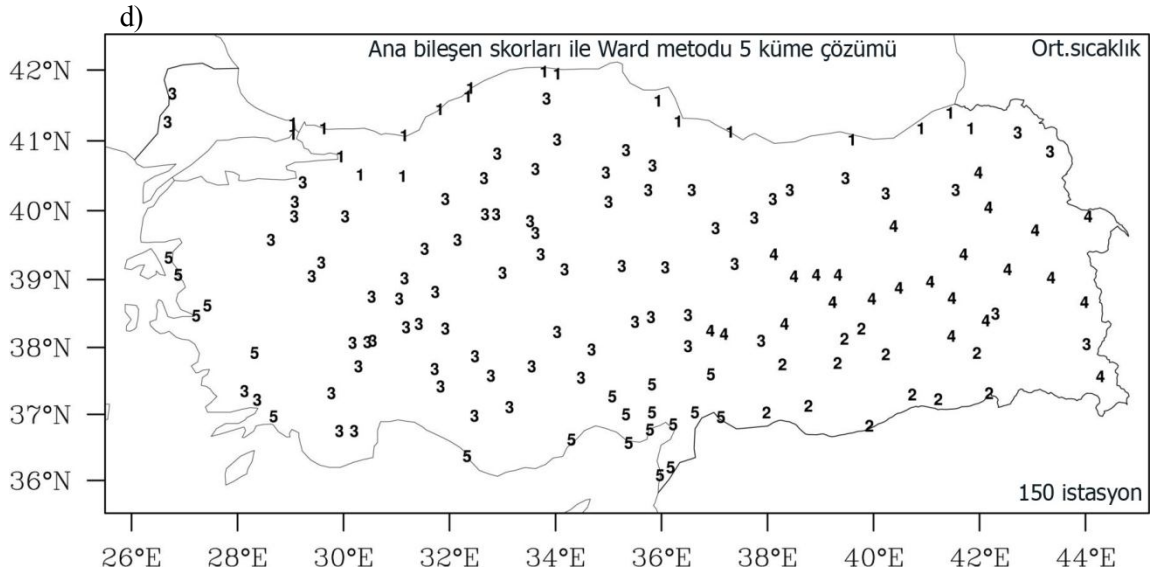
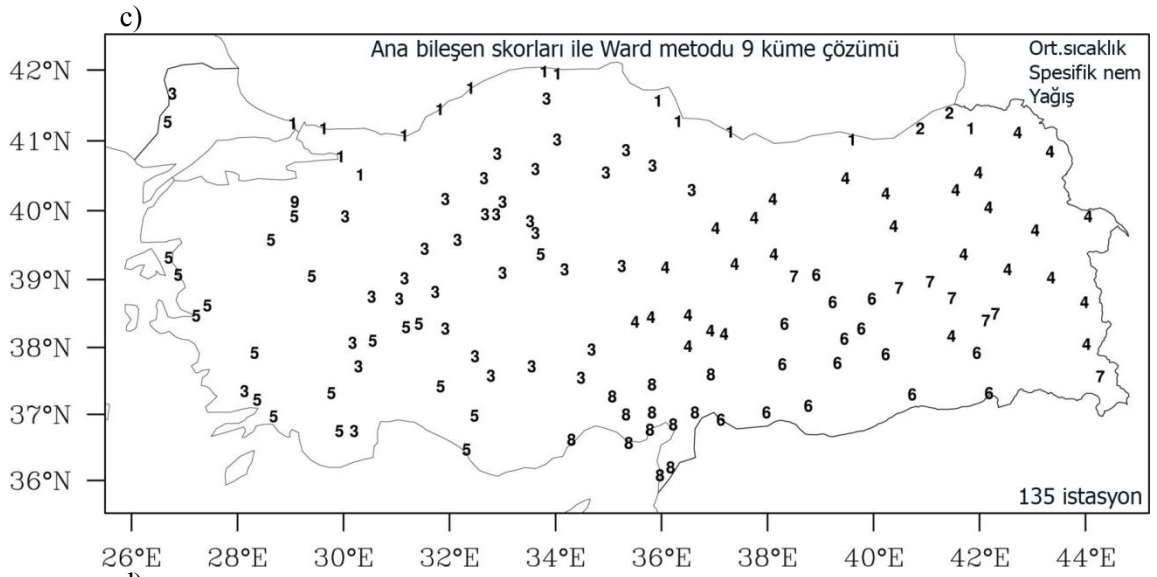
|     |              |       |            |        |        |        |
|-----|--------------|-------|------------|--------|--------|--------|
| 95  | ISKENDERUN   | 17370 | HATAY      | 3635   | 3610   | 3.59   |
| 96  | FINIKE       | 17375 | ANTALYA    | 3618   | 3009   | 2.02   |
| 98  | LULEBURGAZ T | 17600 | KIRKLARELI | 4124   | 2721   | 46     |
| 99  | AMASRA       | 17602 | BARTIN     | 4145   | 3223   | 66     |
| 100 | BOZKURT      | 17606 | KASTAMONU  | 4157   | 3401   | 167    |
| 101 | UZUNKOPRU    | 17608 | EDIRNE     | 4115   | 2641   | 52     |
| 102 | SILE         | 17610 | ISTANBUL   | 4111   | 2937   | 83     |
| 103 | AKCAKOCA     | 17612 | DUZCE      | 4105   | 3110   | 10     |
| 104 | BARTIN       | 17614 | BARTIN     | 4138   | 3220   | 32.52  |
| 106 | DEVREKANI    | 17618 | KASTAMONU  | 4135   | 3350   | 1050   |
| 107 | BAFRA        | 17622 | SAMSUN     | 4133   | 3555   | 103    |
| 108 | UNYE         | 17624 | ORDU       | 4108   | 3717   | 20     |
| 109 | AKCAABAT     | 17626 | TRABZON    | 410156 | 393340 | 6      |
| 110 | PAZAR-RIZE   | 17628 | RIZE       | 411038 | 405357 | 79     |
| 111 | ARDAHAN      | 17630 | ARDAHAN    | 4107   | 4243   | 1829   |
| 112 | IPSALA       | 17632 | EDIRNE     | 4056   | 2624   | 10     |
| 114 | FLORYA       | 17636 | ISTANBUL   | 4059   | 2847   | 18     |
| 115 | KARTAL       | 17638 | ISTANBUL   | 4054   | 2906   | 27     |
| 116 | DUZCE        | 17640 | DUZCE      | 4050   | 3110   | 145.67 |
| 117 | CERKES       | 17646 | CANKIRI    | 4049   | 3254   | 1126   |
| 118 | ILGAZ        | 17648 | CANKIRI    | 4055   | 3338   | 885    |
| 119 | TOSYA        | 17650 | KASTAMONU  | 4101   | 3402   | 870    |
| 120 | ARPACAY      | 17656 | KARS       | 4051   | 4320   | 1688   |
| 122 | YALOVA       | 17660 | YALOVA     | 4040   | 2917   | 3.54   |
| 123 | GEYVE[A.F.P. | 17662 | SAKARYA    | 4031   | 3018   | 100    |
| 124 | KIZILCAHAMAM | 17664 | ANKARA     | 4028   | 3239   | 1033   |
| 125 | ISPIR        | 17666 | ERZURUM    | 4029   | 4100   | 1222   |
| 126 | OLTU         | 17668 | ERZURUM    | 4033   | 4159   | 1322   |
| 127 | GONEN        | 17674 | BALIKESIR  | 4006   | 2739   | 37     |
| 128 | ULUDAG-ZIRVE | 17676 | BURSA      | 4007   | 2907   | 1877   |
| 130 | NALLIHAN     | 17679 | ANKARA     | 4011   | 3122   | 650    |
| 131 | BEYPAZARI    | 17680 | ANKARA     | 4010   | 3156   | 682    |
| 132 | ZILE         | 17681 | TOKAT      | 4018   | 3553   | 700    |
| 133 | SEBINKARAHIS | 17682 | GIRESUN    | 4017   | 3825   | 1364   |
| 134 | SUSEHRI      | 17684 | SIVAS      | 4009   | 3804   | 1163   |
| 135 | BAYBURT      | 17686 | BAYBURT    | 4015   | 4014   | 1584   |
| 136 | TORTUM       | 17688 | ERZURUM    | 4018   | 4133   | 1572   |
| 137 | HORASAN      | 17690 | ERZURUM    | 4003   | 4210   | 1540   |
| 138 | SARIKAMIS    | 17692 | KARS       | 4020   | 4234   | 2102   |
| 139 | KELES        | 17695 | BURSA      | 3955   | 2904   | 1063   |
| 140 | EDREMIT      | 17696 | BALIKESIR  | 3936   | 2701   | 20.66  |
| 141 | DURSUNBEY    | 17700 | BALIKESIR  | 3935   | 2837   | 637    |
| 142 | BOZUYUK      | 17702 | BILECIK    | 3955   | 3002   | 754    |
| 143 | TAVSANLI     | 17704 | KUTAHYA    | 3933   | 2930   | 833    |
| 145 | ZARA         | 17716 | SIVAS      | 3954   | 3745   | 1347   |
| 146 | TERCAN       | 17718 | ERZINCAN   | 3947   | 4023   | 1425   |
| 147 | DOGUBEYAZIT  | 17720 | AGRI       | 3933   | 4405   | 1725   |
| 148 | BURHANIYE    | 17722 | BALIKESIR  | 3930   | 2658   | 20     |
| 149 | KUTAHYA      | 17725 | KUTAHYA    | 3925   | 2958   | 969.28 |
| 150 | SIVRIHISAR   | 17726 | ESKISEHIR  | 3927   | 3132   | 1070   |
| 151 | POLATLI      | 17728 | ANKARA     | 3935   | 3209   | 886    |
| 152 | KESKIN       | 17730 | KIRIKKALE  | 3941   | 3335   | 1140   |
| 153 | CICEKDAGI    | 17732 | KIRSEHIR   | 3937   | 3425   | 900    |

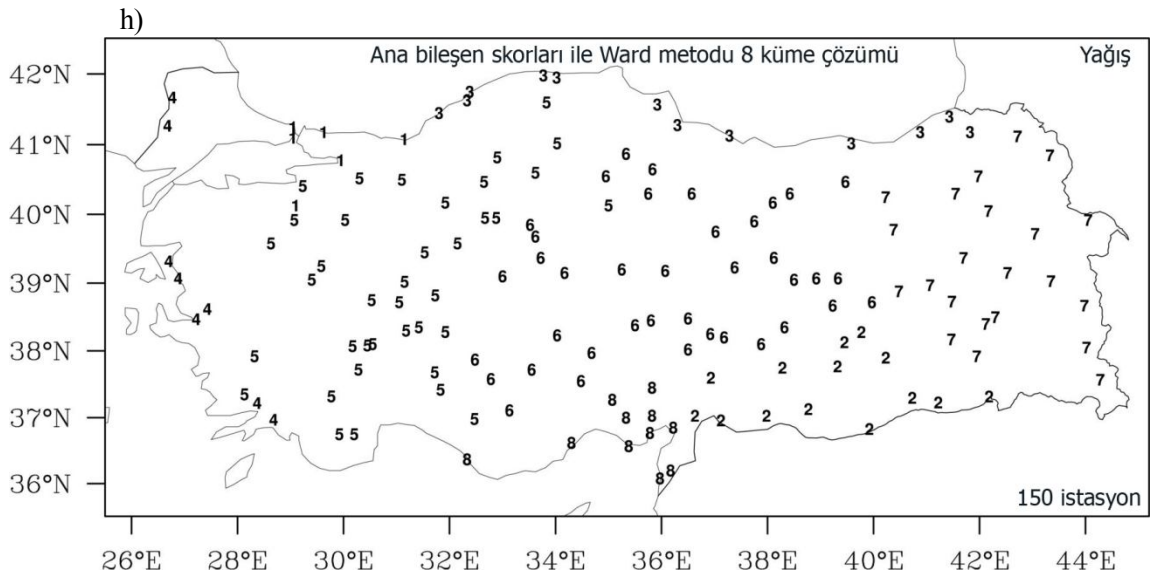
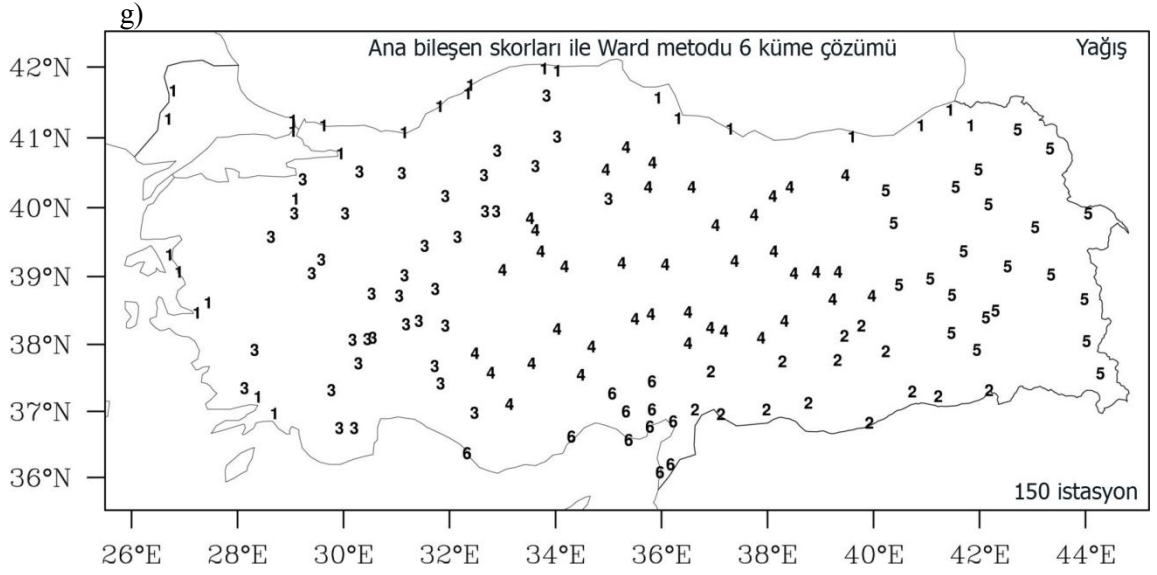
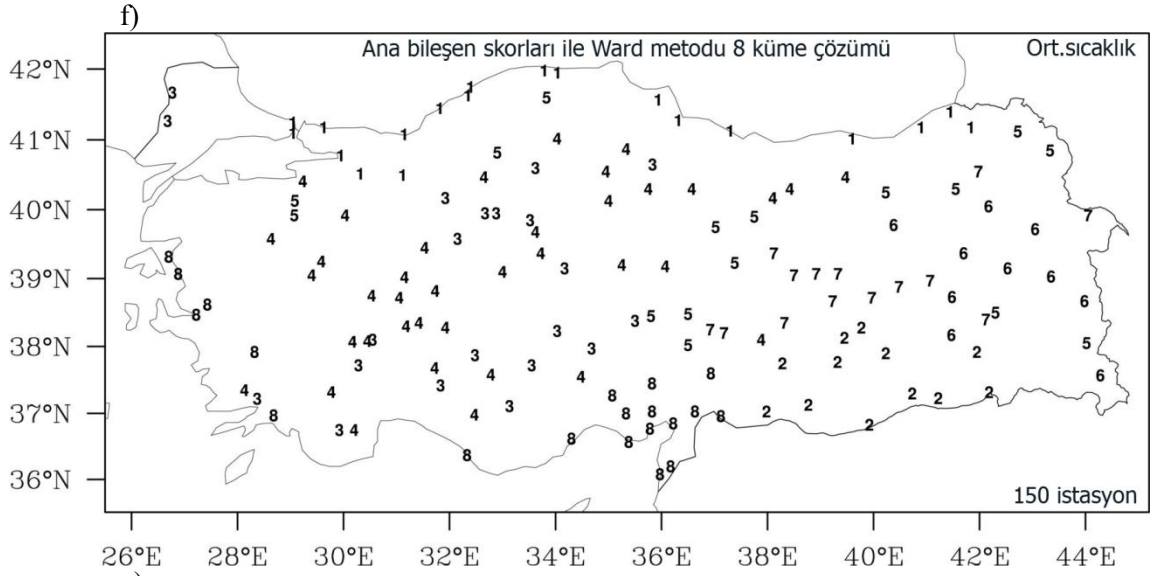
|     |              |       |              |      |      |         |
|-----|--------------|-------|--------------|------|------|---------|
| 154 | DIVRIGI      | 17734 | SIVAS        | 3922 | 3807 | 1225    |
| 157 | HINIS        | 17740 | ERZURUM      | 3922 | 4142 | 1715    |
| 158 | BERGAMA      | 17742 | IZMIR        | 3908 | 2711 | 53      |
| 159 | SIMAV        | 17748 | KUTAHYA      | 3905 | 2859 | 809     |
| 160 | GEDIZ        | 17750 | KUTAHYA      | 3903 | 2925 | 736     |
| 161 | EMIRDAG      | 17752 | AFYON        | 3901 | 3109 | 983     |
| 162 | KULU         | 17754 | KONYA        | 3905 | 3305 | 1010    |
| 163 | KAMAN        | 17756 | KIRSEHIR     | 3922 | 3343 | 1075    |
| 164 | BOGAZLIYAN   | 17760 | YOZGAT       | 3912 | 3515 | 1067    |
| 165 | KANGAL       | 17762 | SIVAS        | 3914 | 3723 | 1545    |
| 166 | ARAPKIR      | 17764 | MALATYA      | 3903 | 3830 | 1200    |
| 168 | CEMISGEZEK   | 17768 | TUNCELI      | 3904 | 3855 | 953     |
| 170 | TUNCELI      | 17772 | TUNCELI      | 3907 | 3933 | 980.914 |
| 172 | SOLHAN       | 17776 | BINGOL       | 3858 | 4104 | 1366    |
| 173 | VARTO        | 17778 | MUS          | 3810 | 4128 | 1650    |
| 174 | MALAZGIRT    | 17780 | MUS          | 3909 | 4232 | 1565    |
| 175 | ERCIS        | 17784 | VAN          | 3920 | 4321 | 1678    |
| 176 | MURADIYE-VAN | 17786 | VAN          | 3859 | 4346 | 1706    |
| 177 | BORNOVA(EGE  | 17790 | IZMIR        | 3828 | 2713 | 27      |
| 178 | SALIHILI     | 17792 | MANISA       | 3829 | 2808 | 111     |
| 179 | BOLVADIN     | 17796 | AFYON        | 3844 | 3103 | 1018    |
| 180 | YUNAK        | 17798 | KONYA        | 3849 | 3144 | 1140    |
| 181 | CIHANBEYLI   | 17800 | KONYA        | 3839 | 3257 | 968.73  |
| 182 | PINARBASI-KA | 17802 | KAYSERI      | 3843 | 3624 | 1500    |
| 183 | KEBAN        | 17804 | ELAZIG       | 3848 | 3845 | 808     |
| 184 | PALU         | 17806 | ELAZIG       | 3843 | 3958 | 1000    |
| 186 | AHLAT        | 17810 | BITLIS       | 3846 | 4230 | 1750    |
| 187 | OZALP        | 17812 | VAN          | 3840 | 4359 | 2000    |
| 188 | SEFERIHISAR  | 17820 | IZMIR        | 3812 | 2651 | 22.85   |
| 189 | ODEMIS       | 17822 | IZMIR        | 3814 | 2758 | 111     |
| 190 | GUNEY        | 17824 | DENIZLI      | 3809 | 2904 | 825     |
| 191 | SENIRKENT    | 17826 | ISPARTA      | 3806 | 3033 | 959     |
| 192 | YALVAC       | 17828 | ISPARTA      | 3818 | 3111 | 1096    |
| 193 | AKSEHIR      | 17830 | KONYA        | 3821 | 3125 | 1002    |
| 194 | ILGIN        | 17832 | KONYA        | 3817 | 3154 | 1034    |
| 195 | AKSARAY      | 17834 | AKSARAY      | 3823 | 3403 | 960.77  |
| 196 | URGUP        | 17835 | NEVSEHIR     | 3838 | 3455 | 1060    |
| 197 | DEVELI       | 17836 | KAYSERI      | 3823 | 3530 | 1180    |
| 198 | TOMARZA      | 17837 | KAYSERI      | 3827 | 3548 | 1397    |
| 199 | SARIZ        | 17840 | KAYSERI      | 3829 | 3630 | 1500    |
| 203 | ERGANI       | 17847 | DIYARBAKIR   | 3817 | 3946 | 1000    |
| 204 | BITLIS       | 17848 | BITLIS       | 3822 | 4206 | 1573    |
| 205 | SULTANHISAR  | 17850 | AYDIN        | 3753 | 2809 | 73      |
| 207 | SELCUK       | 17854 | IZMIR        | 3757 | 2722 | 17      |
| 208 | NAZILLI      | 17860 | AYDIN        | 3755 | 2820 | 84      |
| 209 | DINAR        | 17862 | AFYON        | 3804 | 3010 | 864     |
| 210 | ULUBORLU     | 17864 | ISPARTA      | 3805 | 3027 | 1025    |
| 211 | GOKSUN       | 17866 | KAHRAMANMARA | 3801 | 3629 | 1344    |
| 212 | AFSIN        | 17868 | KAHRAMANMARA | 3815 | 3655 | 1180    |
| 213 | ELBISTAN     | 17870 | KAHRAMANMARA | 3812 | 3712 | 1137    |
| 214 | DOGANSEHIR   | 17872 | MALATYA      | 3806 | 3753 | 1280    |
| 215 | CERMIK       | 17874 | DIYARBAKIR   | 3807 | 3927 | 700     |
| 216 | BASKALE      | 17880 | VAN          | 3803 | 4401 | 2400    |

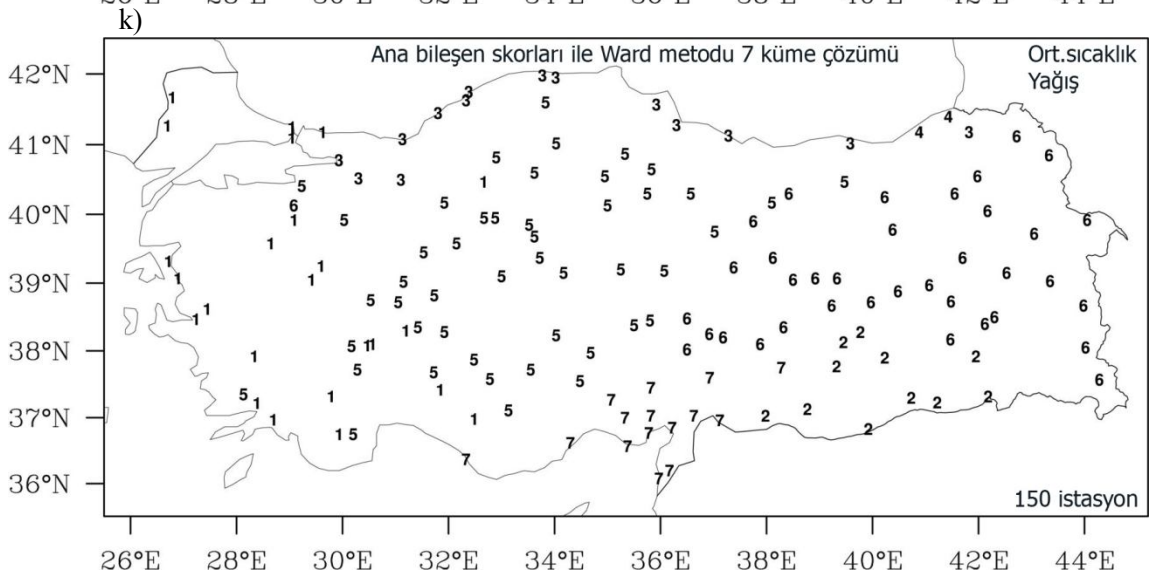
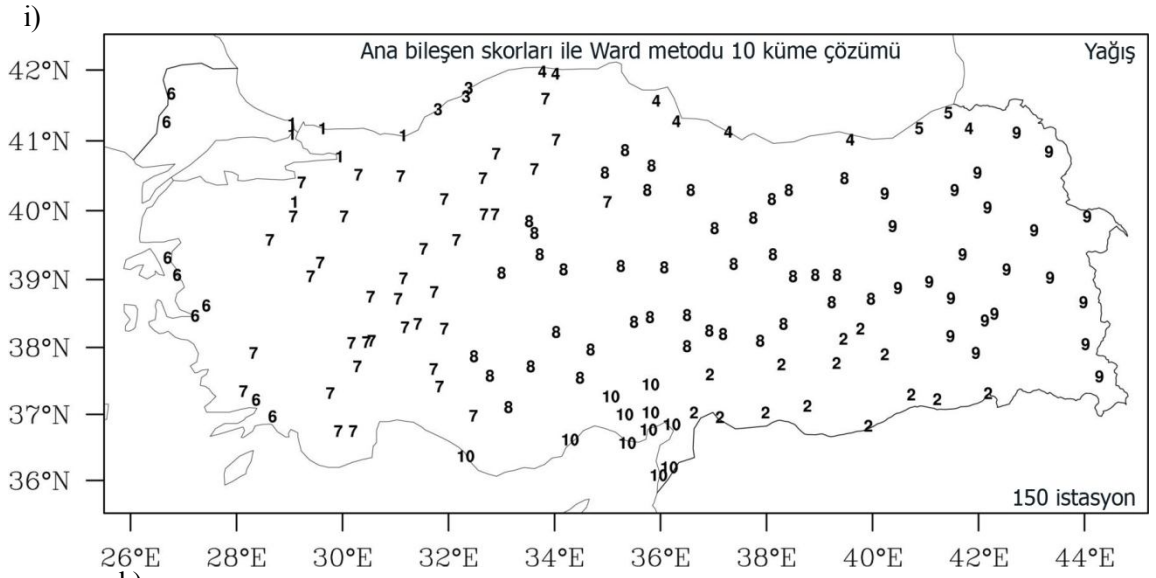
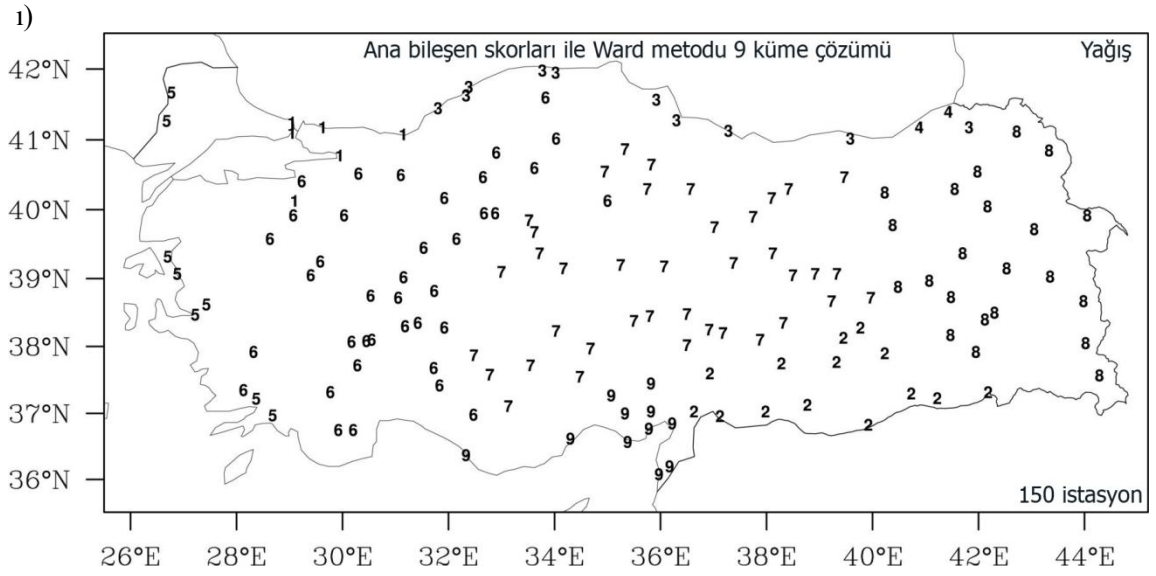
|     |              |       |           |      |      |         |
|-----|--------------|-------|-----------|------|------|---------|
| 217 | EGIRDİR      | 17882 | ISPARTA   | 3752 | 3050 | 920     |
| 218 | MILAS        | 17884 | MUGLA     | 3719 | 2747 | 52      |
| 219 | YATAGAN      | 17886 | MUGLA     | 3721 | 2808 | 365     |
| 220 | ACIPAYAM     | 17890 | DENİZLİ   | 3725 | 2920 | 941     |
| 221 | TEFENNİ      | 17892 | BURDUR    | 3719 | 2946 | 1142    |
| 222 | BEYSEHİR     | 17896 | KONYA     | 3741 | 3144 | 1148    |
| 223 | SEYDİSEHİR   | 17898 | KONYA     | 3725 | 3150 | 1140    |
| 224 | CUMRA        | 17900 | KONYA     | 3734 | 3247 | 1013    |
| 225 | KARAPINAR    | 17902 | KONYA     | 3743 | 3332 | 1004    |
| 226 | ULUKISLA     | 17906 | NİĞDE     | 3732 | 3429 | 1453    |
| 227 | KOZAN        | 17908 | ADANA     | 3727 | 3549 | 109     |
| 228 | SİVEREK      | 17912 | SANLIURFA | 3746 | 3919 | 801     |
| 229 | YUKSEKOVA    | 17920 | HAKKARI   | 3734 | 4417 | 1877    |
| 230 | KOYCEGİZ     | 17924 | MUGLA     | 3658 | 2841 | 24      |
| 231 | KORKUTELİ    | 17926 | ANTALYA   | 3703 | 3011 | 1017    |
| 232 | HADİM        | 17928 | KONYA     | 3659 | 3228 | 1552    |
| 233 | KARAMAN      | 17932 | KARAMAN   | 3712 | 3313 | 1023.05 |
| 234 | KARAIŞALI    | 17936 | ADANA     | 3716 | 3504 | 241     |
| 235 | NUSAYBİN     | 17948 | MARDİN    | 3704 | 4113 | 500     |
| 236 | CİZRE        | 17950 | SİRNAK    | 3719 | 4211 | 400     |
| 237 | ELMALI       | 17952 | ANTALYA   | 3645 | 2955 | 1095    |
| 238 | MANAVGAT     | 17954 | ANTALYA   | 3647 | 3126 | 38      |
| 240 | ERDEMLİ-ALAT | 17958 | MERSİN    | 3637 | 3418 | 9       |
| 241 | CEYHAN       | 17960 | ADANA     | 3702 | 3549 | 30      |
| 242 | DORTYOL      | 17962 | HATAY     | 3651 | 3613 | 28      |
| 243 | İSLAHİYE     | 17964 | GAZİANTEP | 3702 | 3638 | 518     |
| 244 | BİRECİK      | 17966 | SANLIURFA | 3702 | 3759 | 347     |
| 245 | GAZİPASA     | 17974 | ANTALYA   | 3616 | 3219 | 21      |
| 246 | KİLİS        | 17978 | KİLİS     | 3643 | 3705 | 650     |
| 247 | YUMURTALIK   | 17979 | ADANA     | 3646 | 3547 | 27      |
| 248 | KARATAS      | 17981 | ADANA     | 3634 | 3523 | 22      |
| 249 | HATAY-ANTAKY | 17984 | HATAY     | 3612 | 3610 | 100     |
| 250 | SAMANDAG     | 17986 | HATAY     | 3605 | 3558 | 4       |

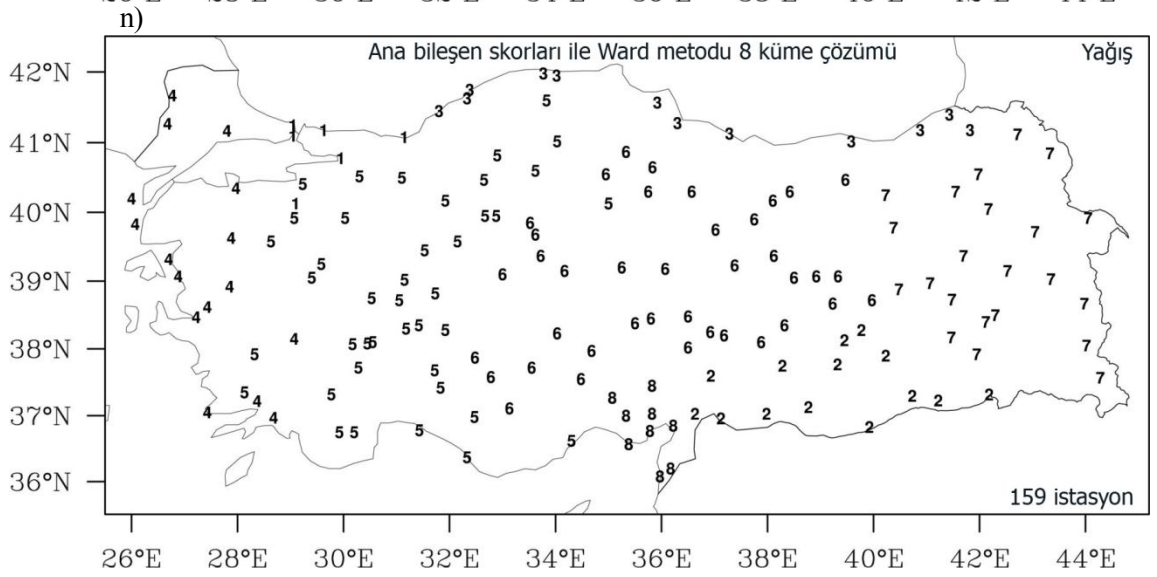
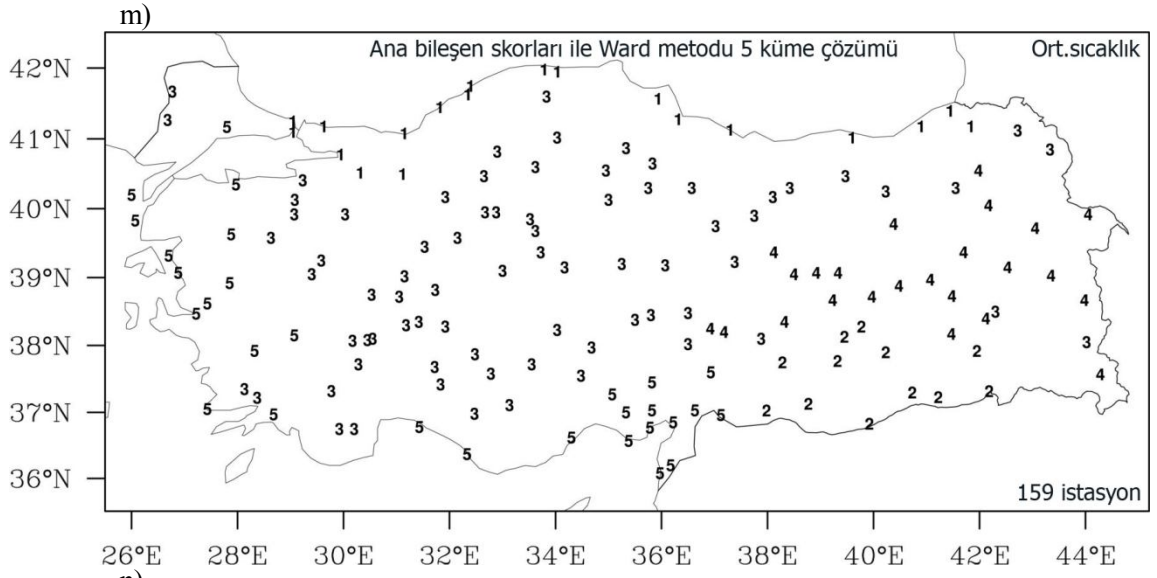
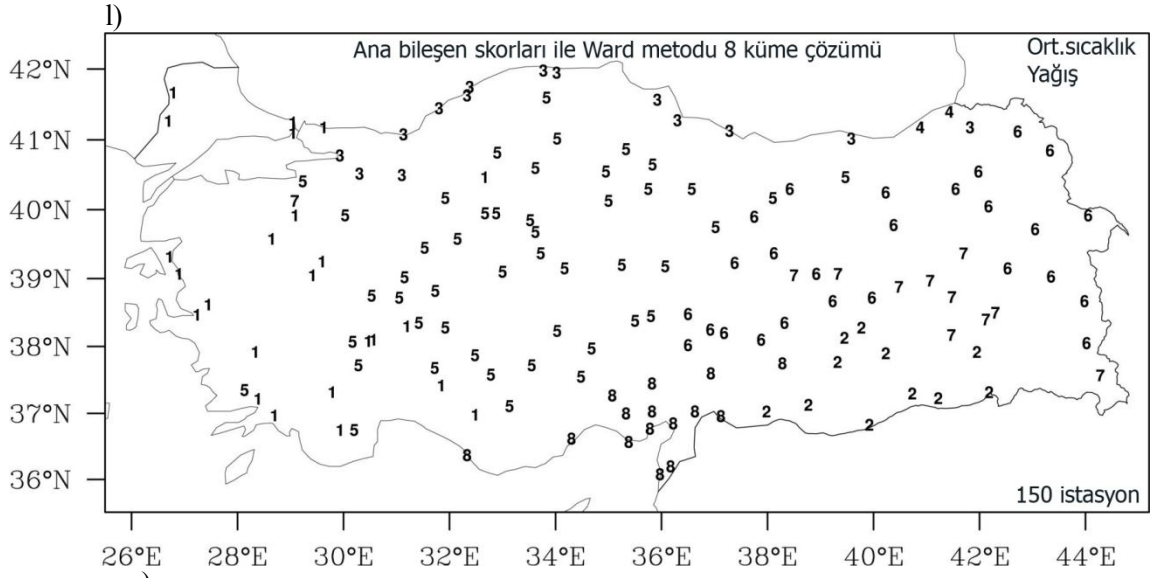
**EK A2: Temel bileşen skorlarına uygulanan küme analizi metotlarının yüksek küme çözümleri**

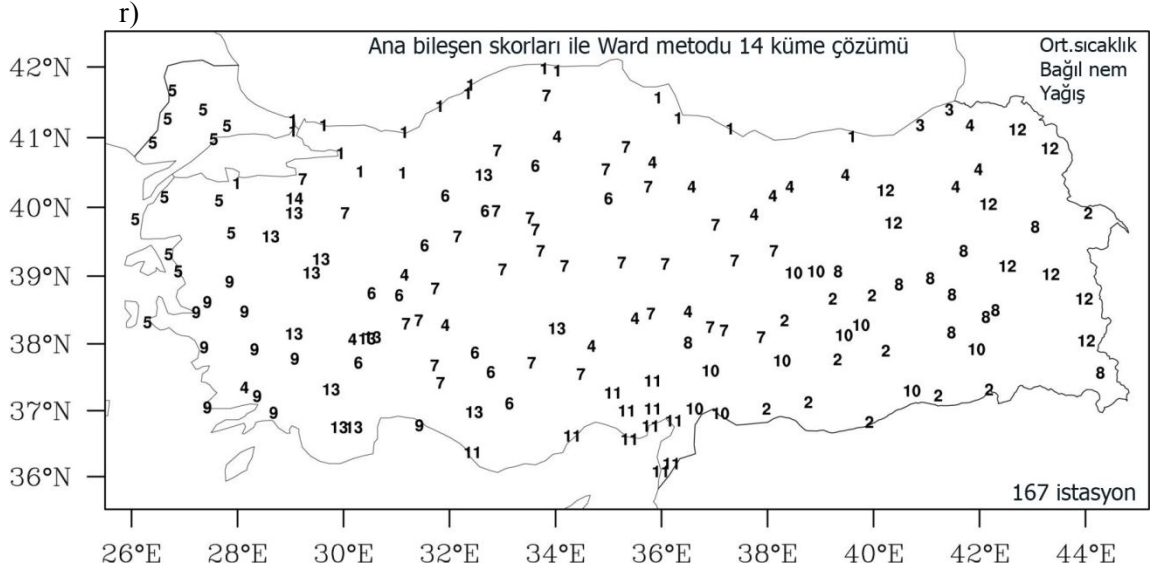
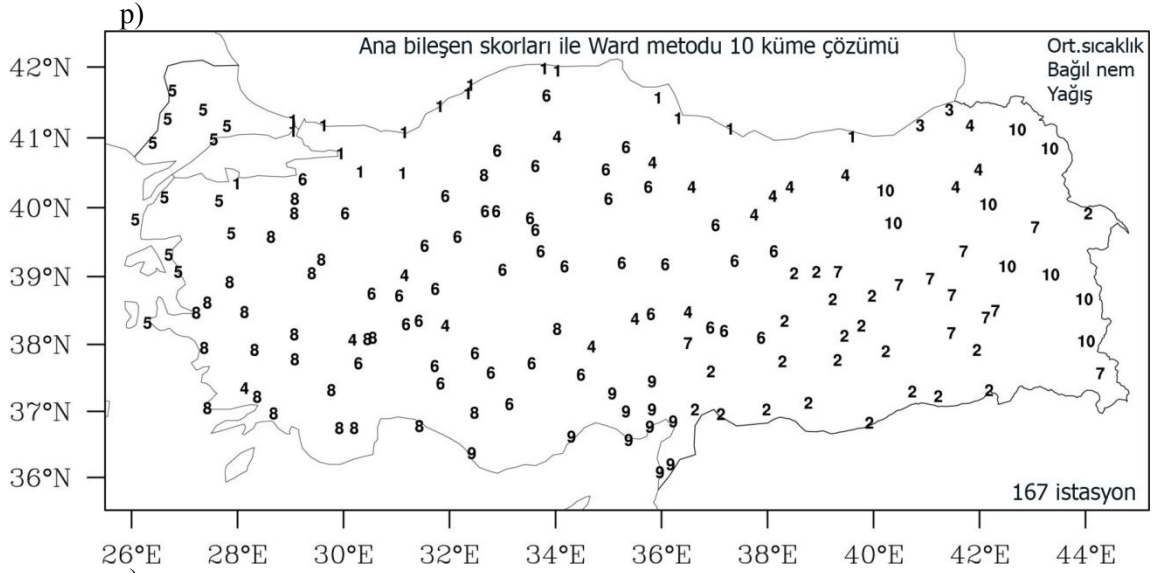
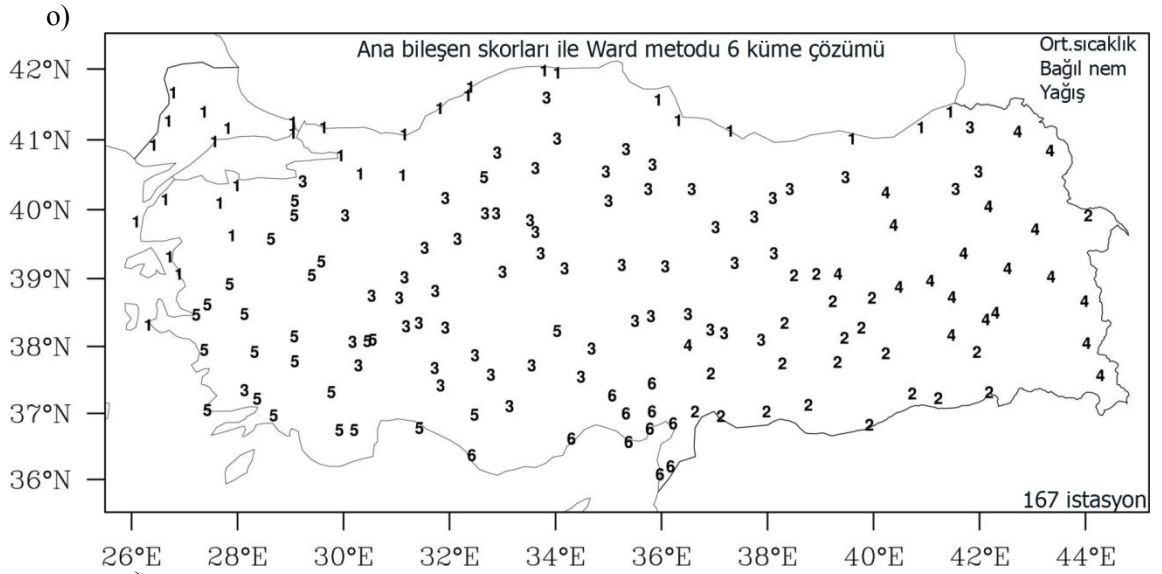




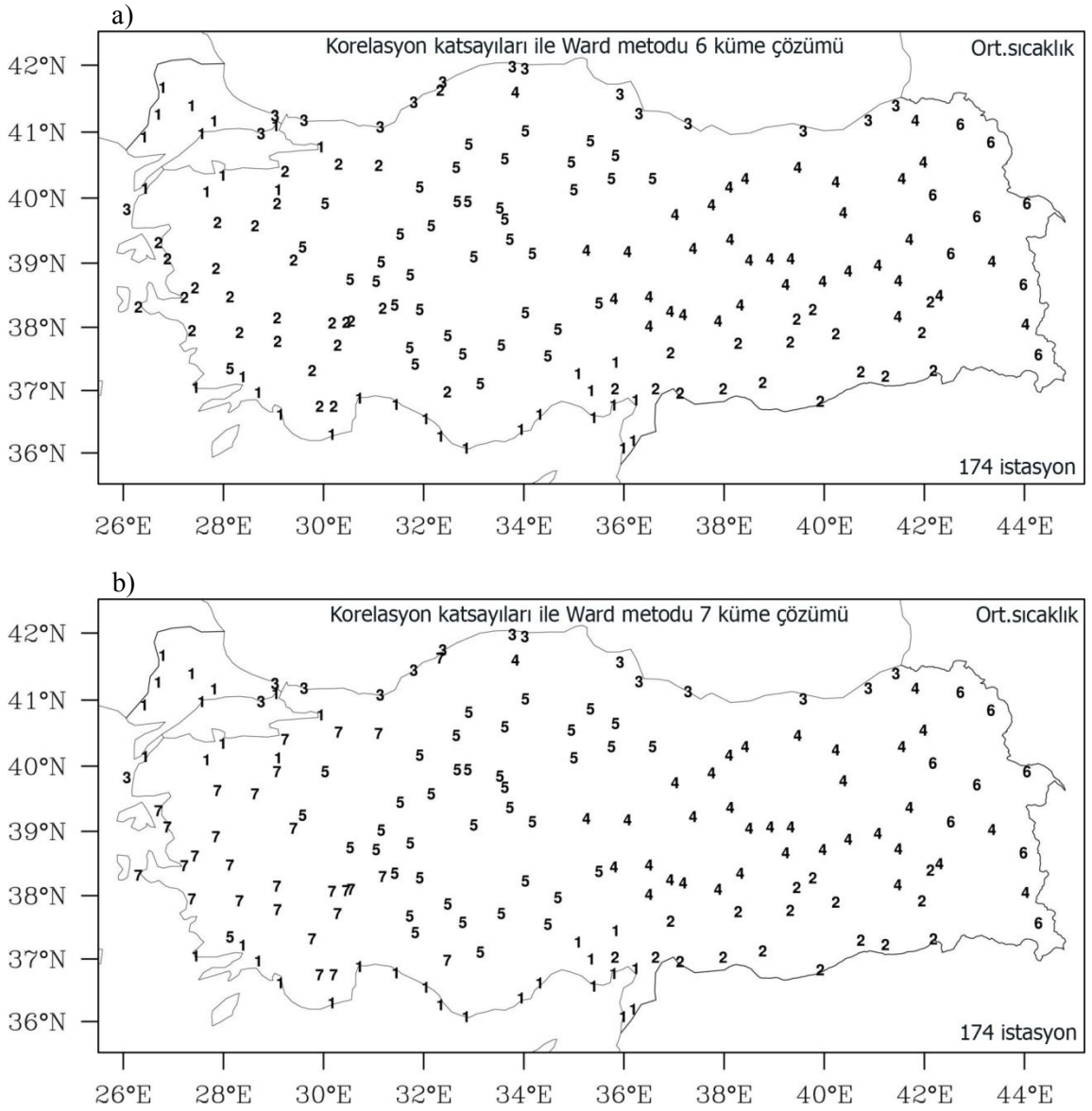


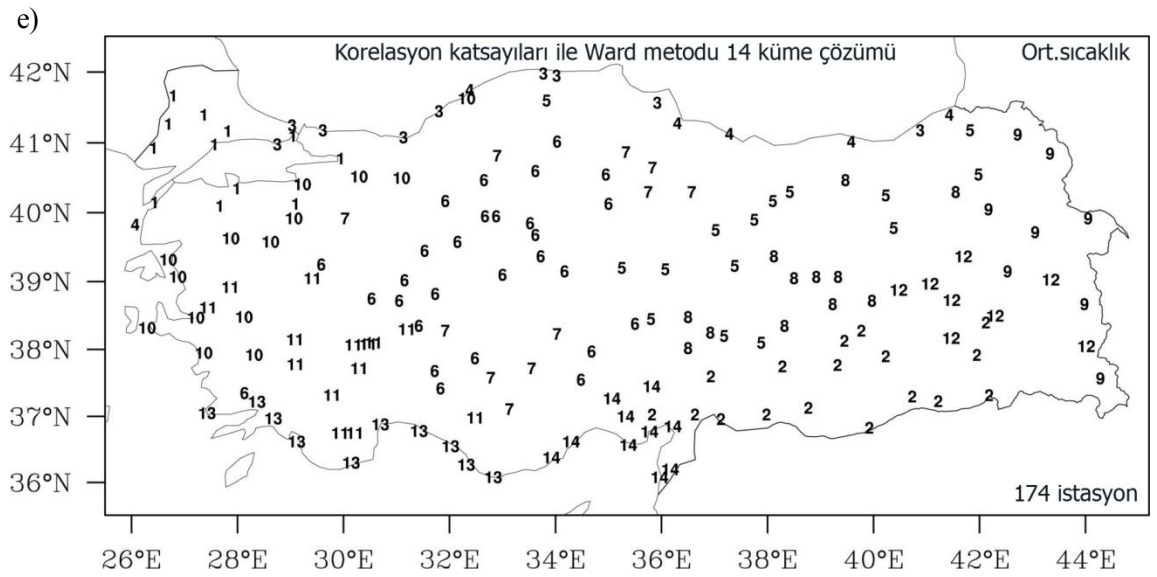
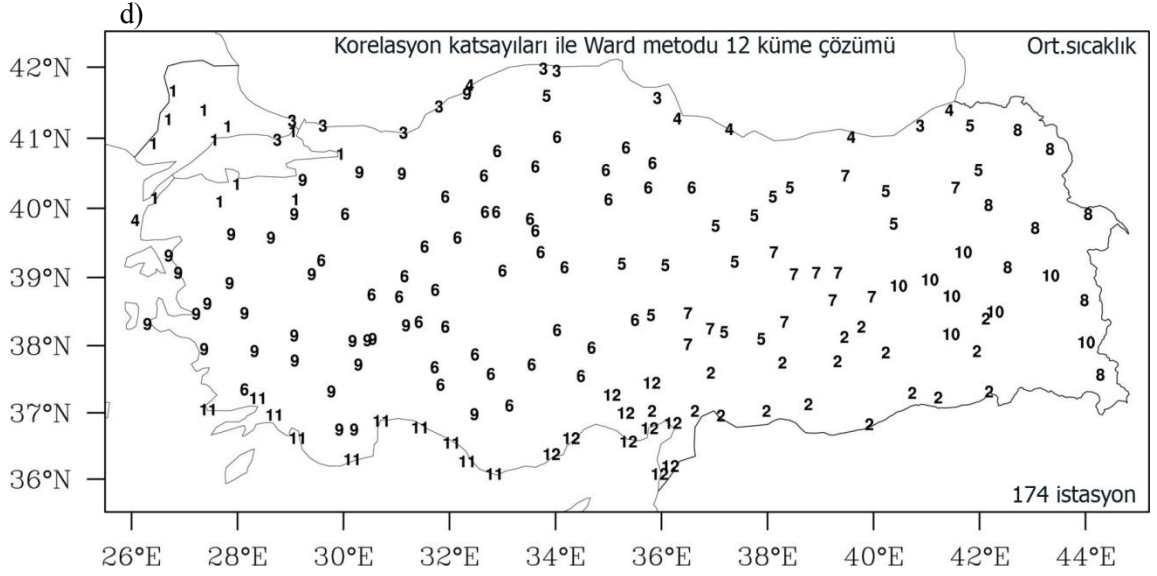
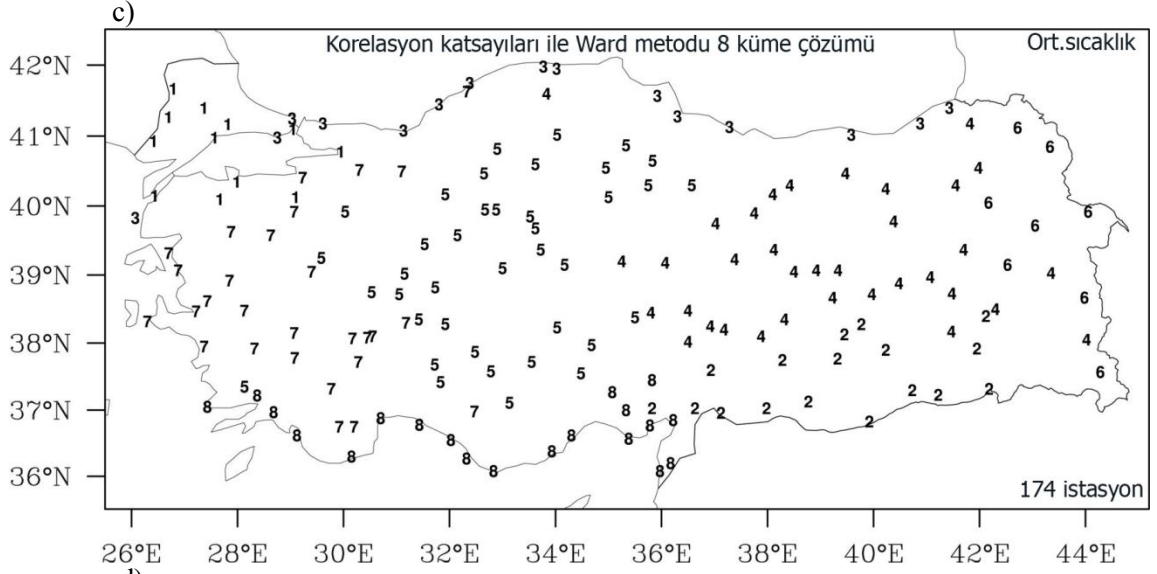


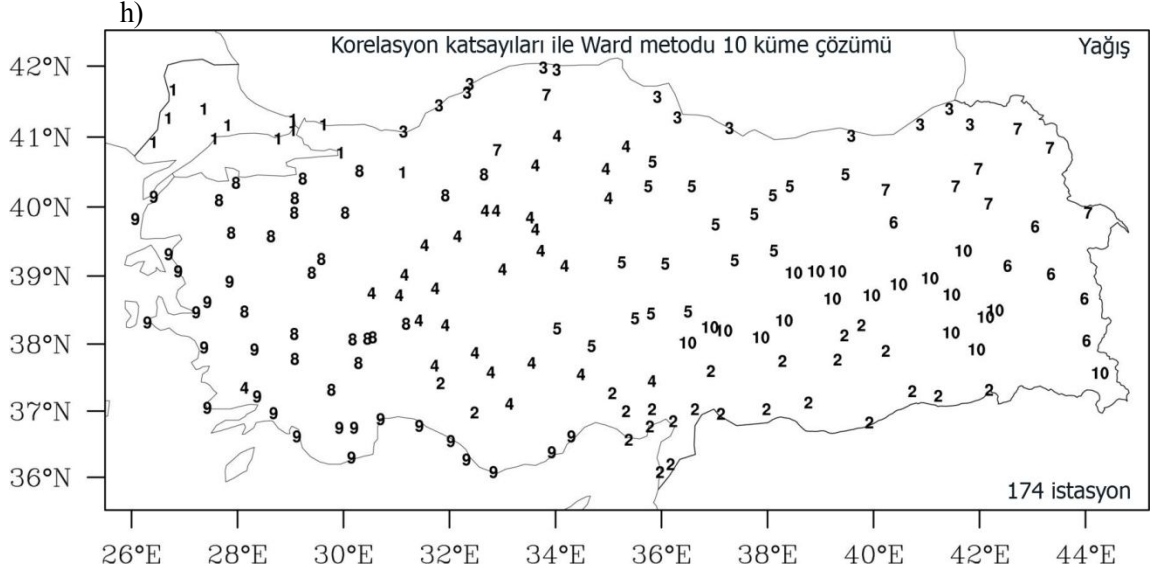
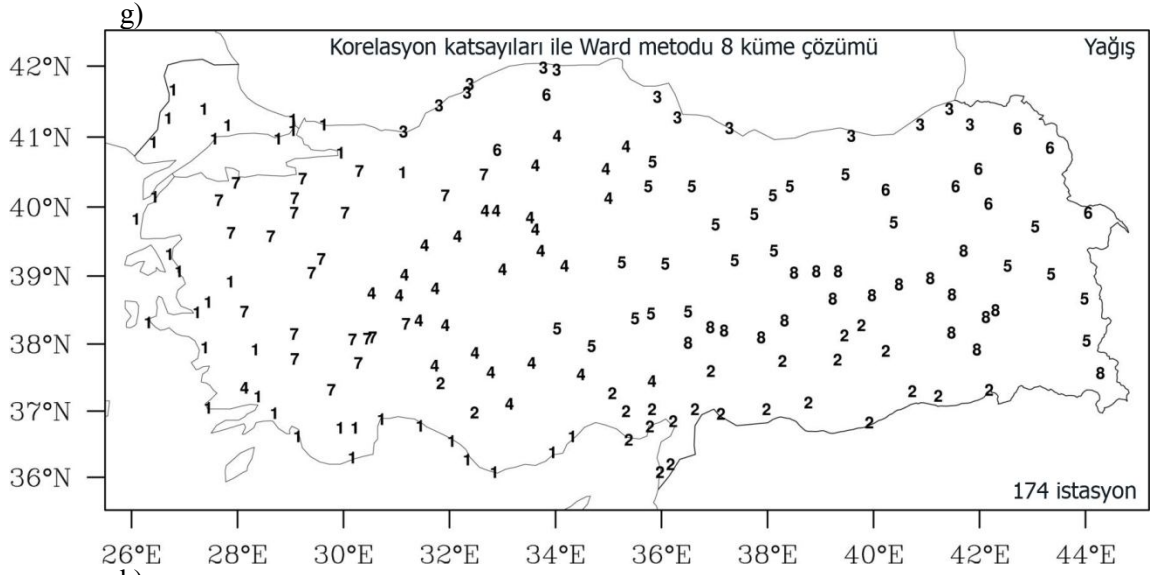
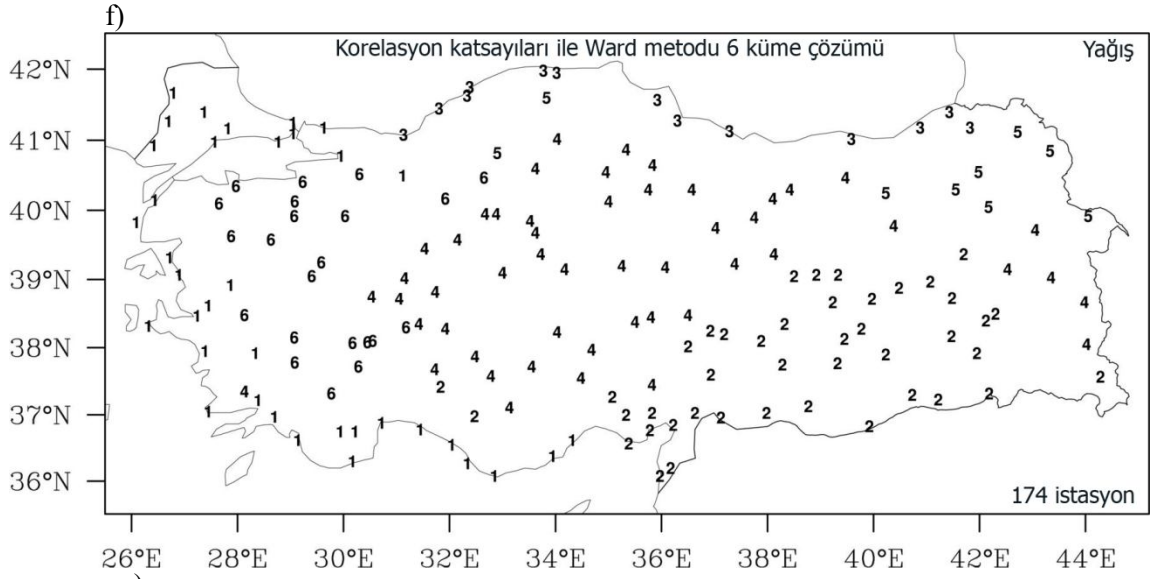


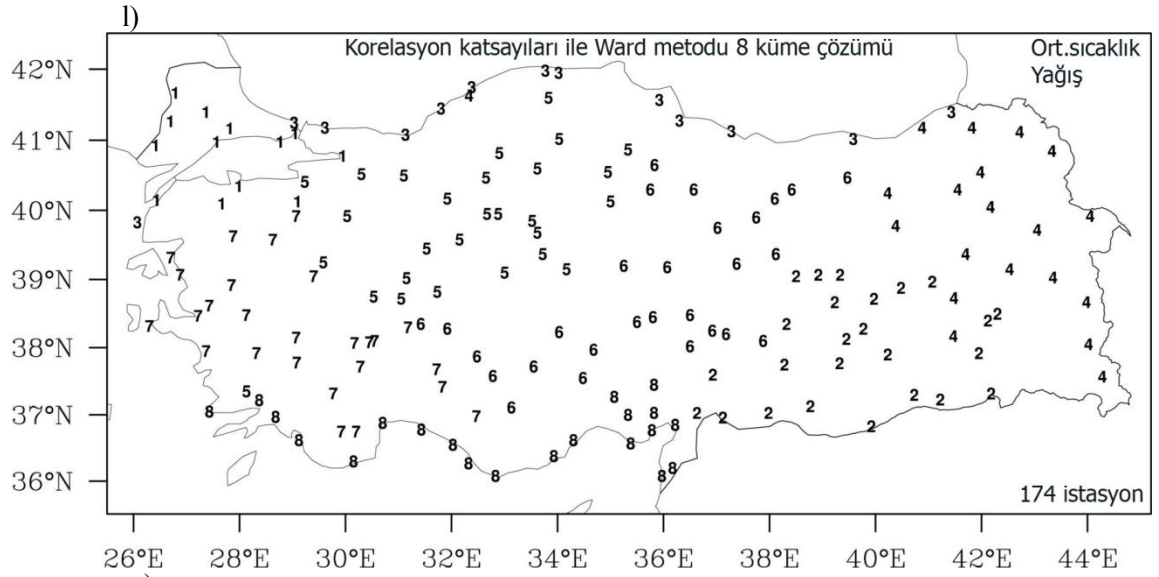
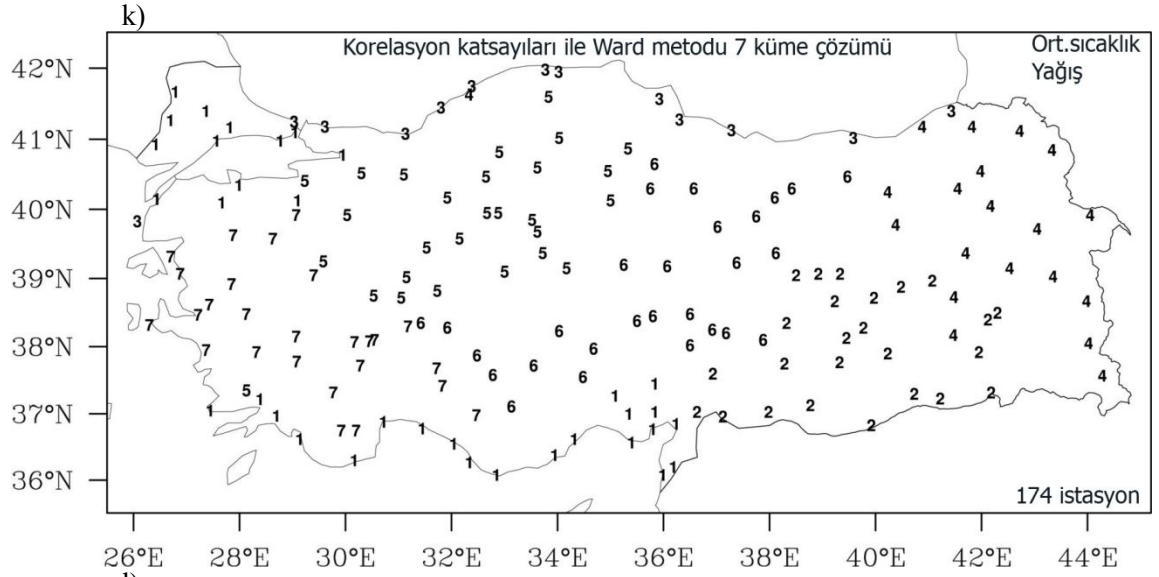
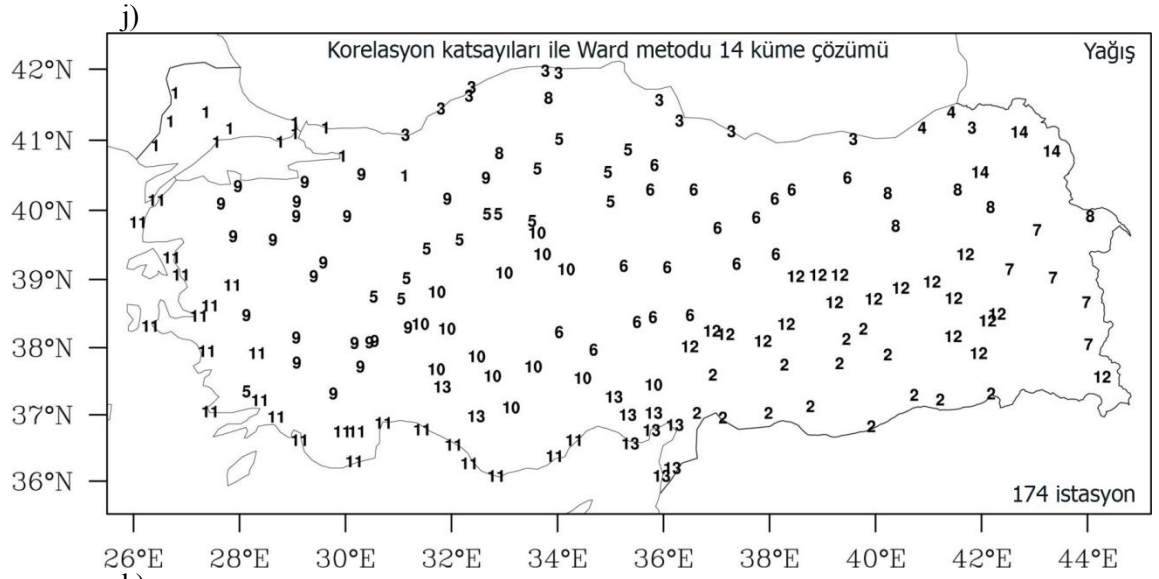


**EK A3: Korelasyonlardan oluşan matrislere uygulanan küme analizi metotlarının yüksek küme çözümleri**

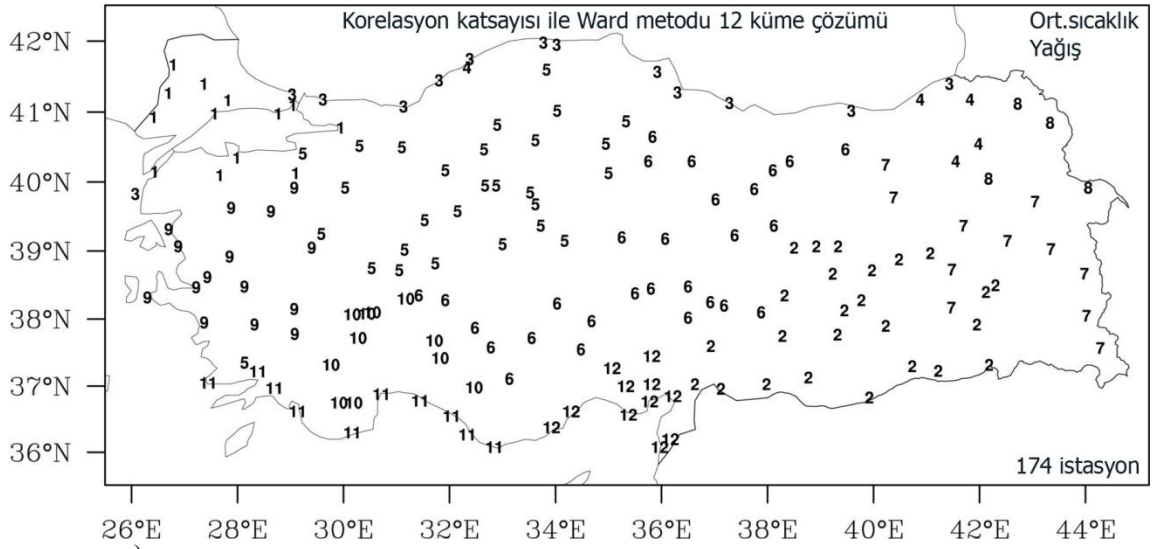




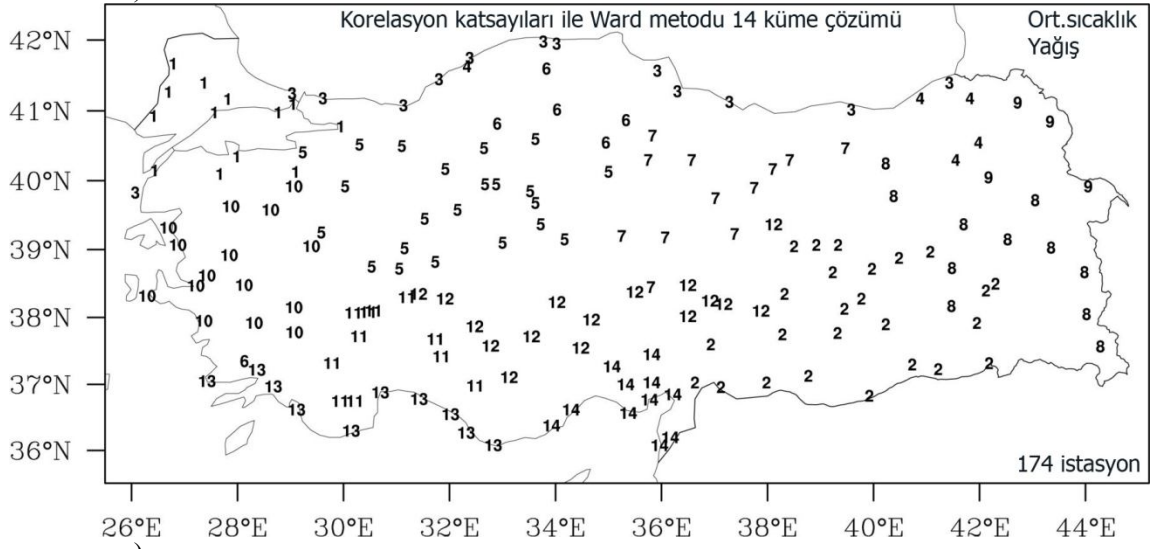




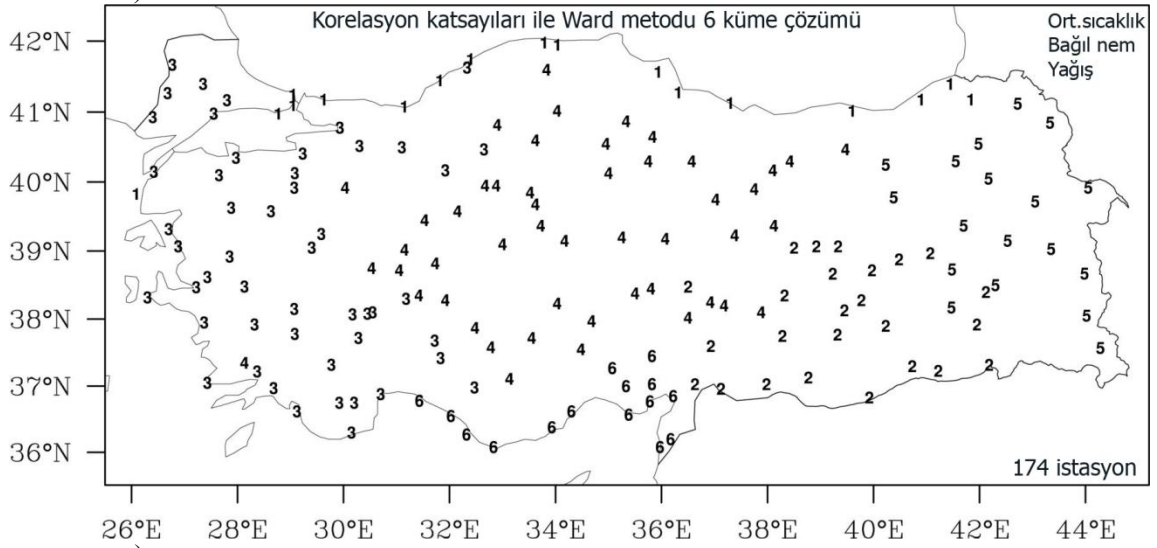
m)



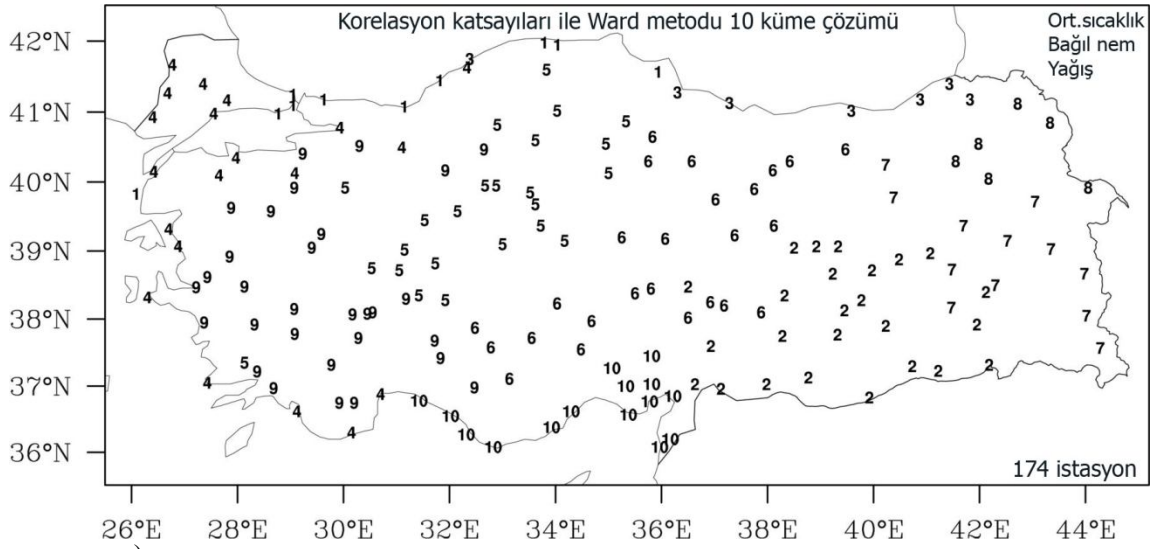
n)



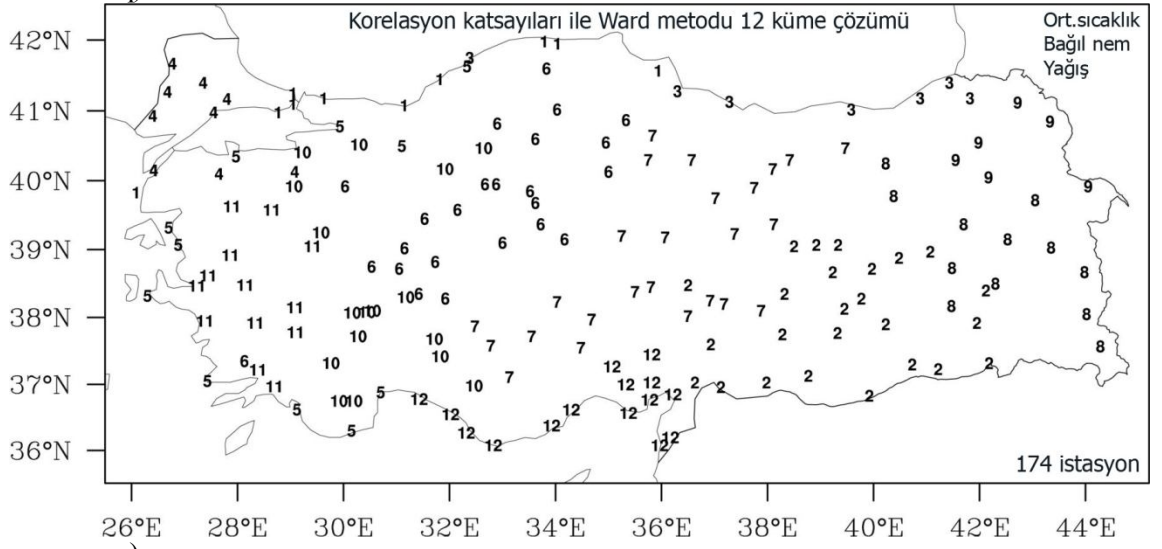
o)



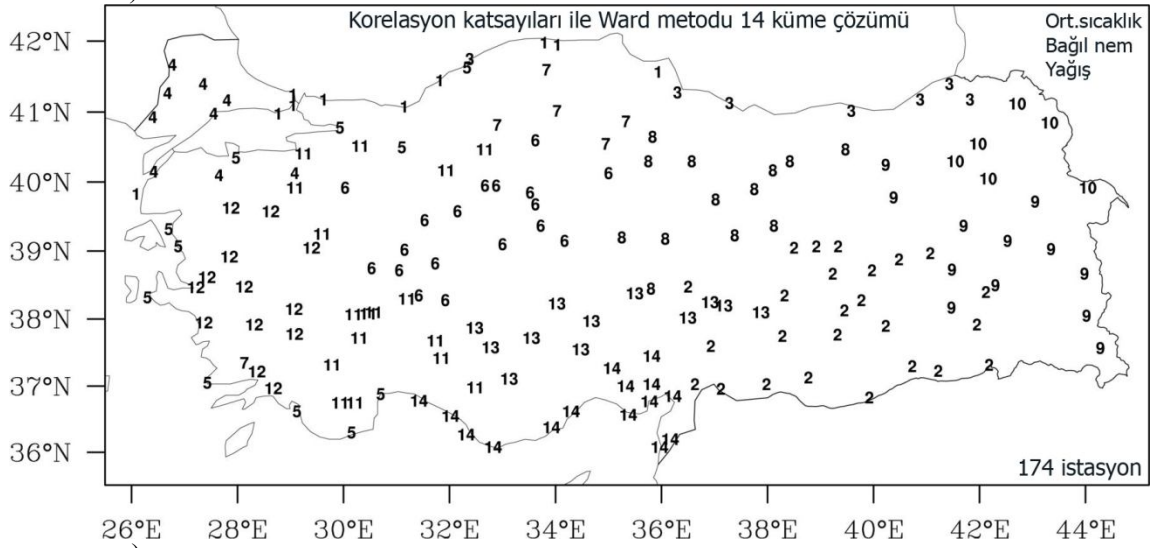
p)



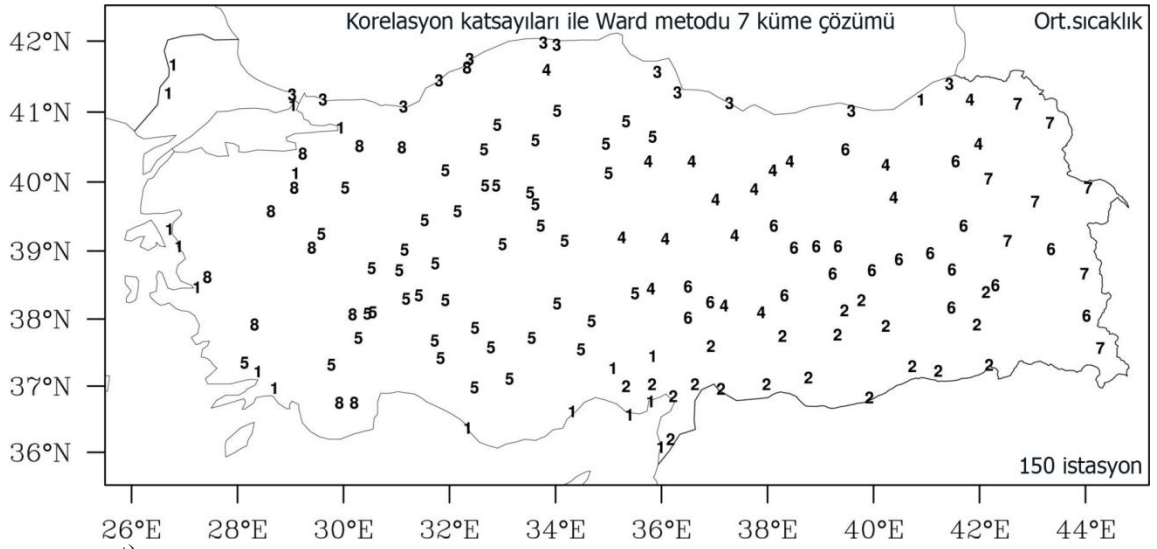
q)



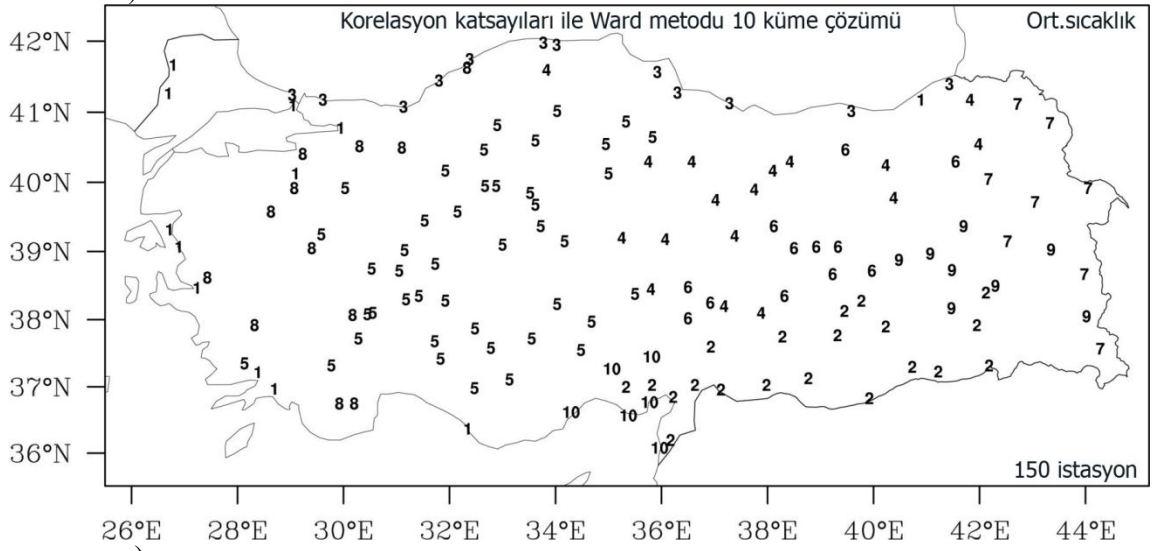
r)



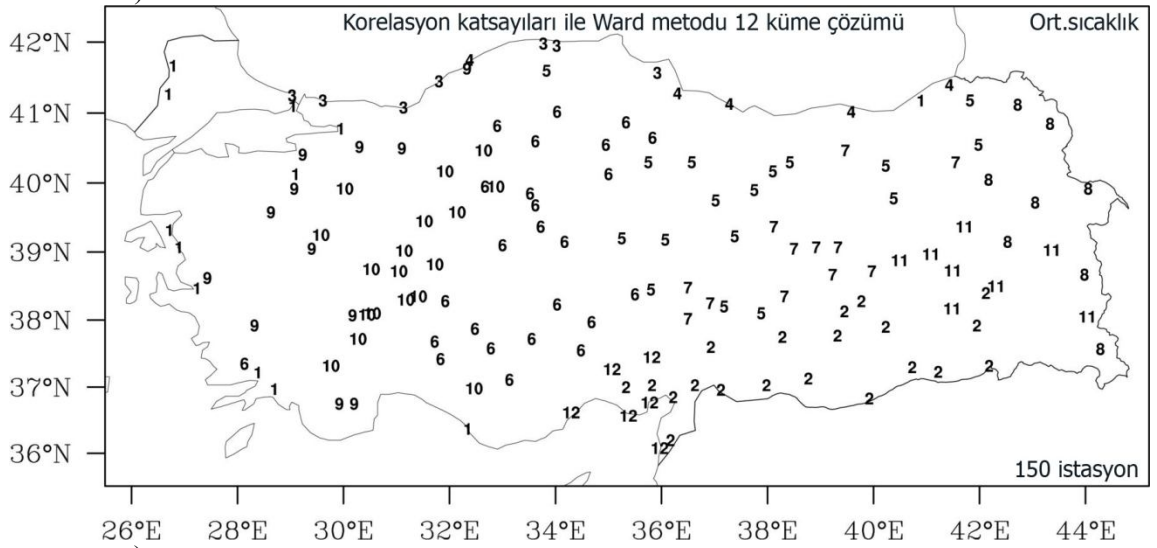
s)



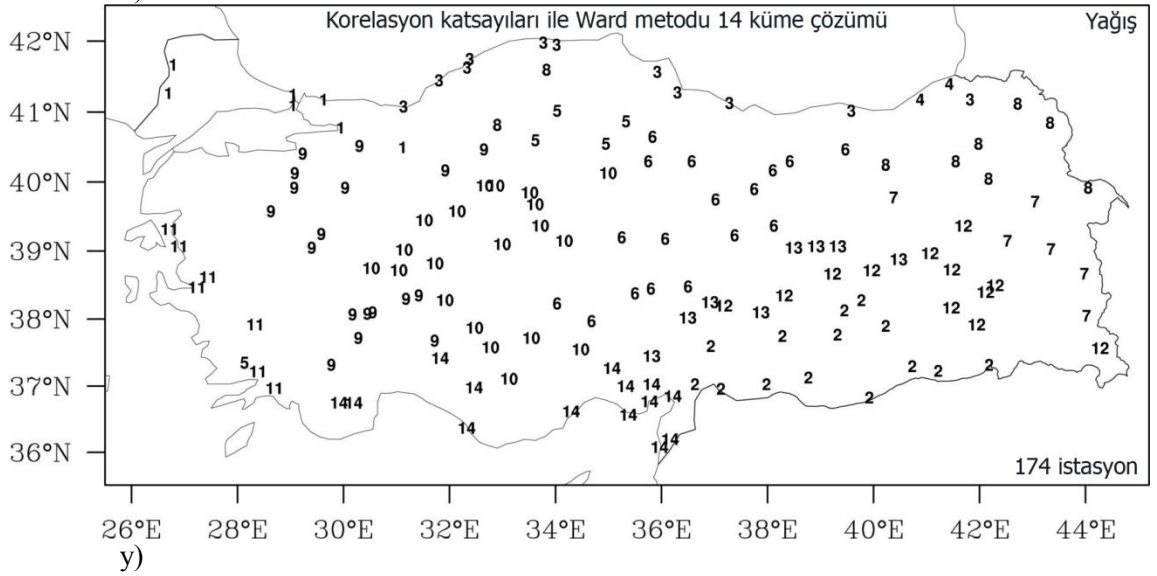
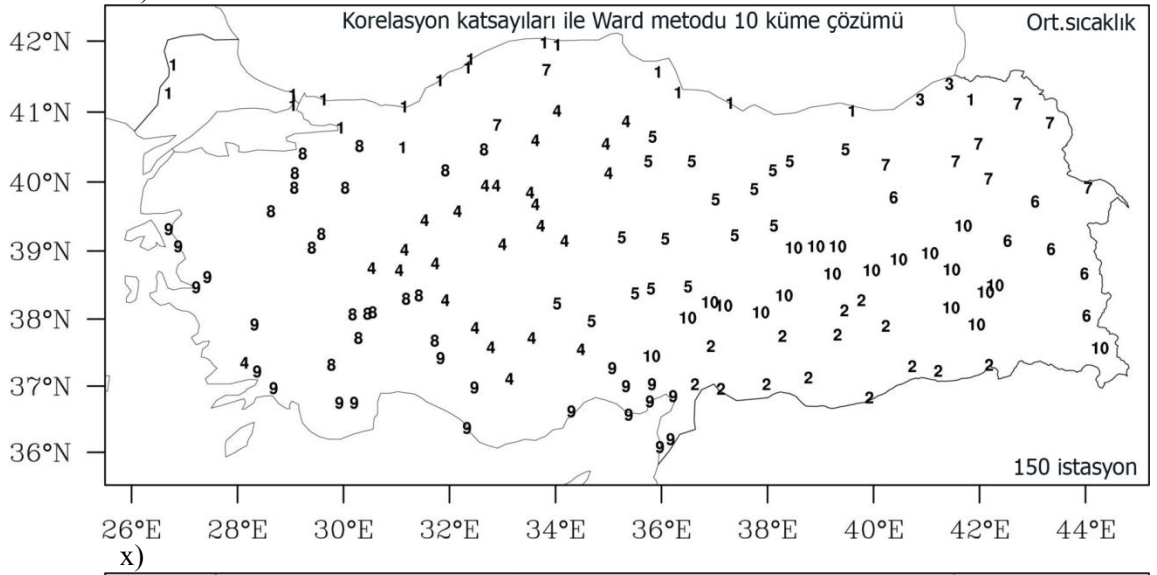
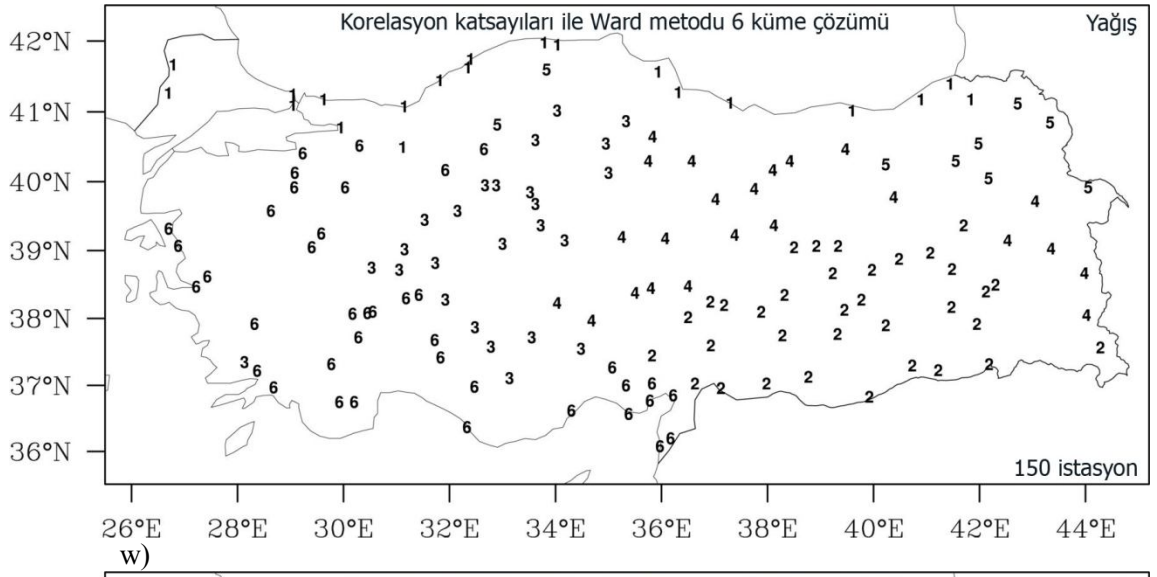
t)

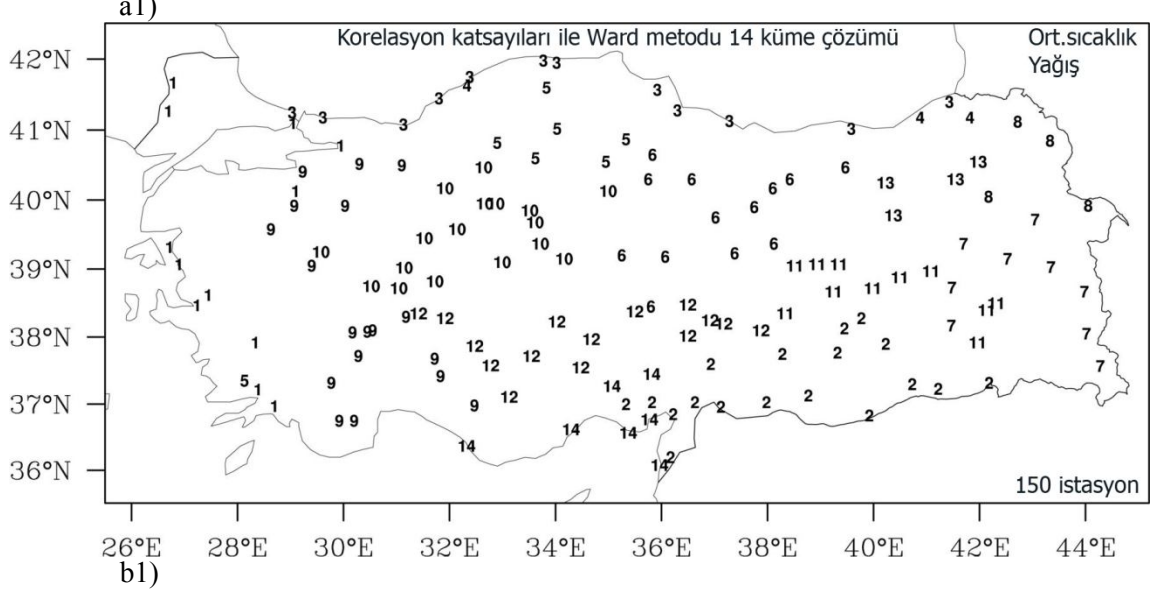
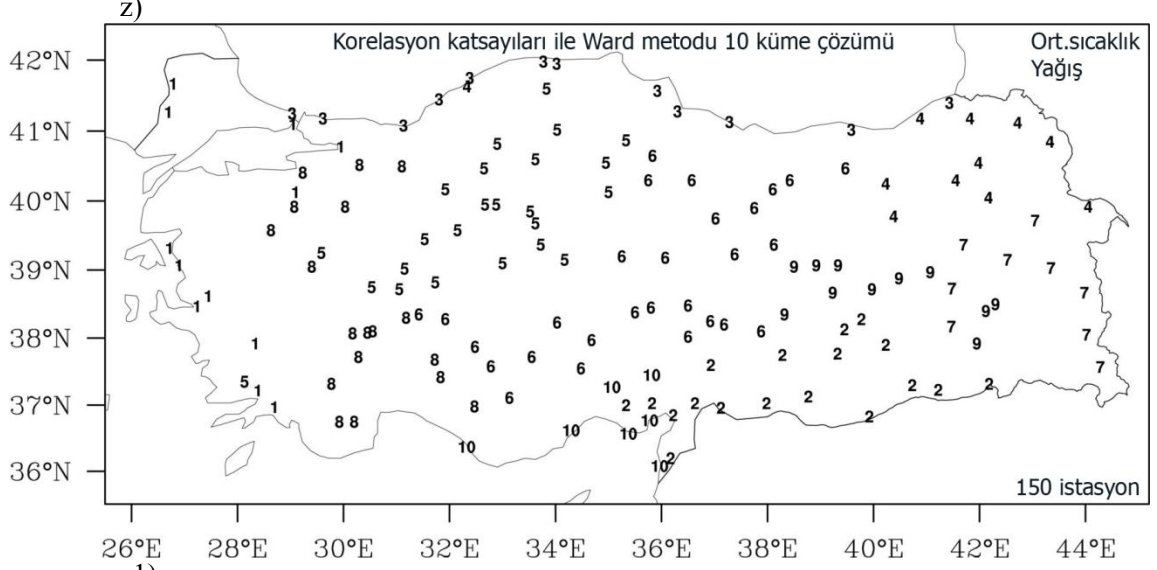
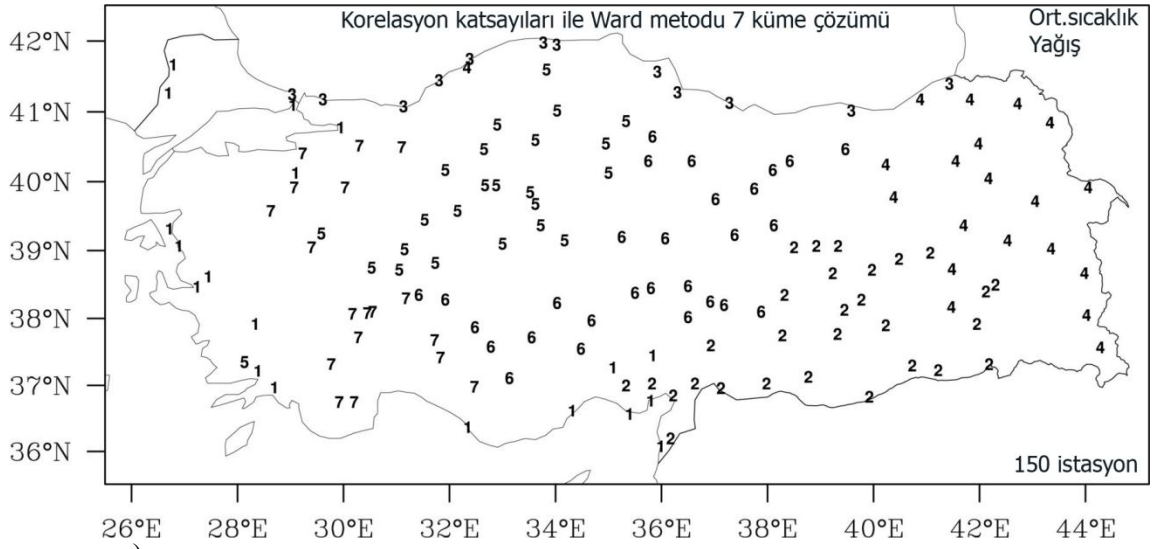


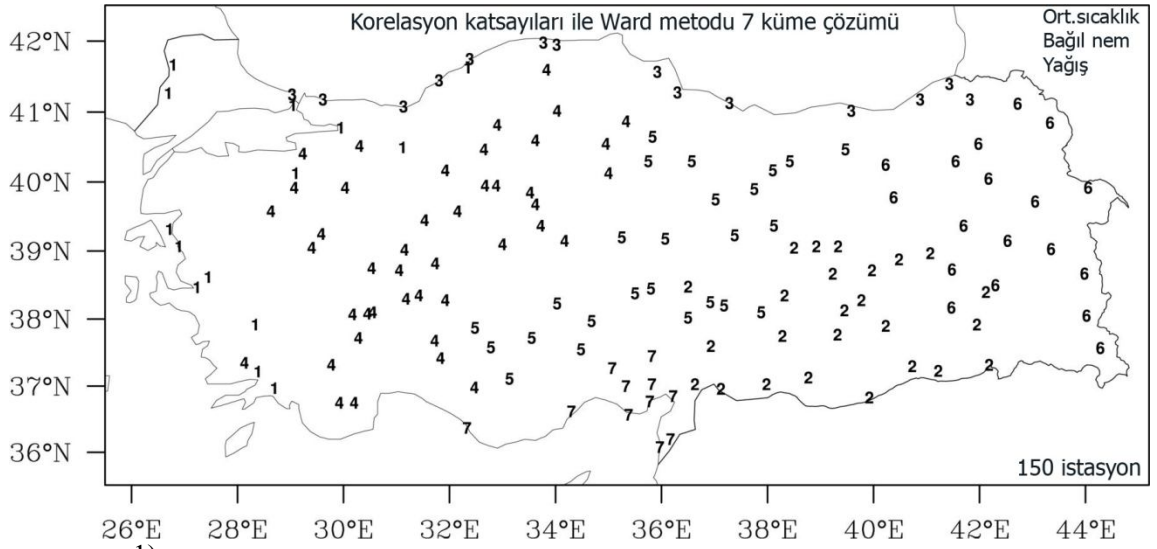
u)



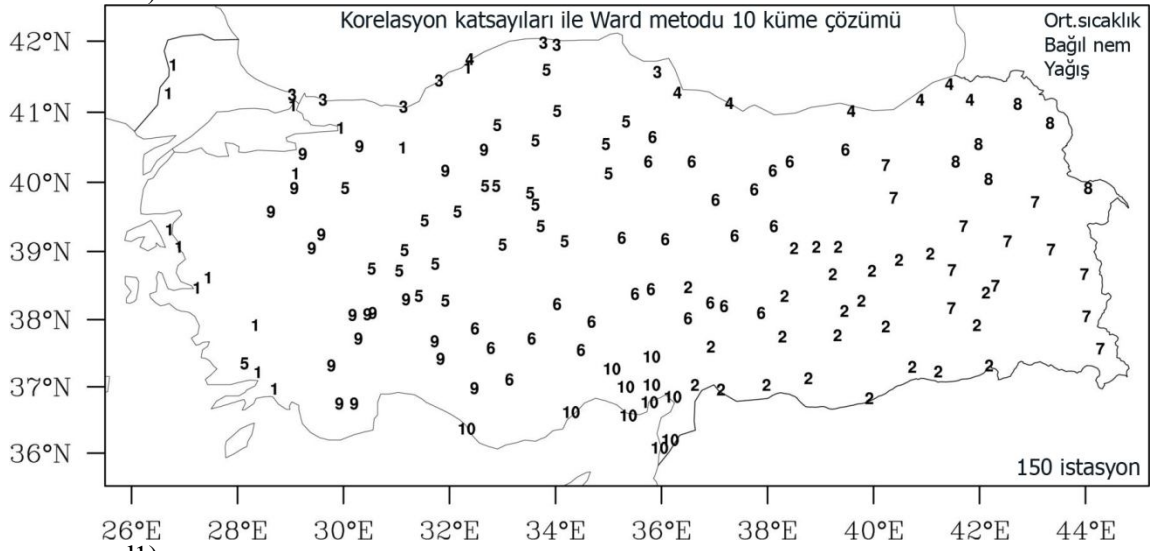
v)



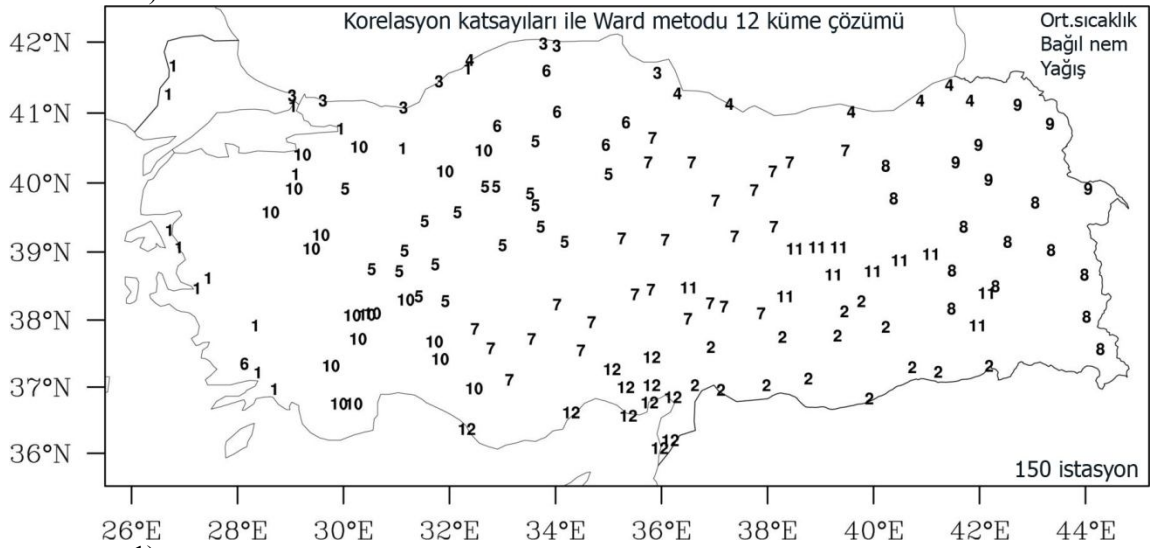




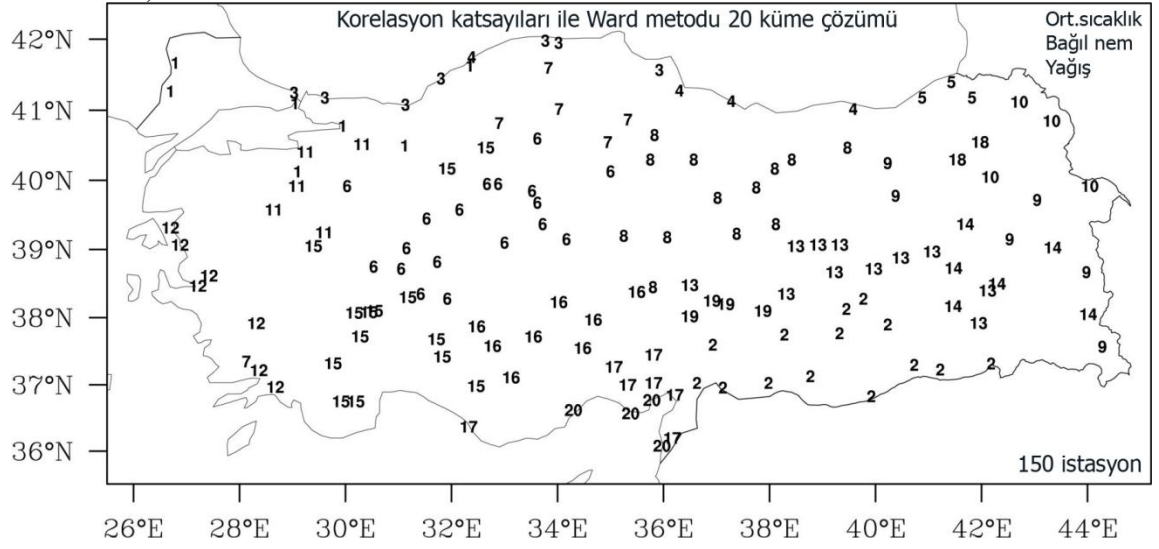
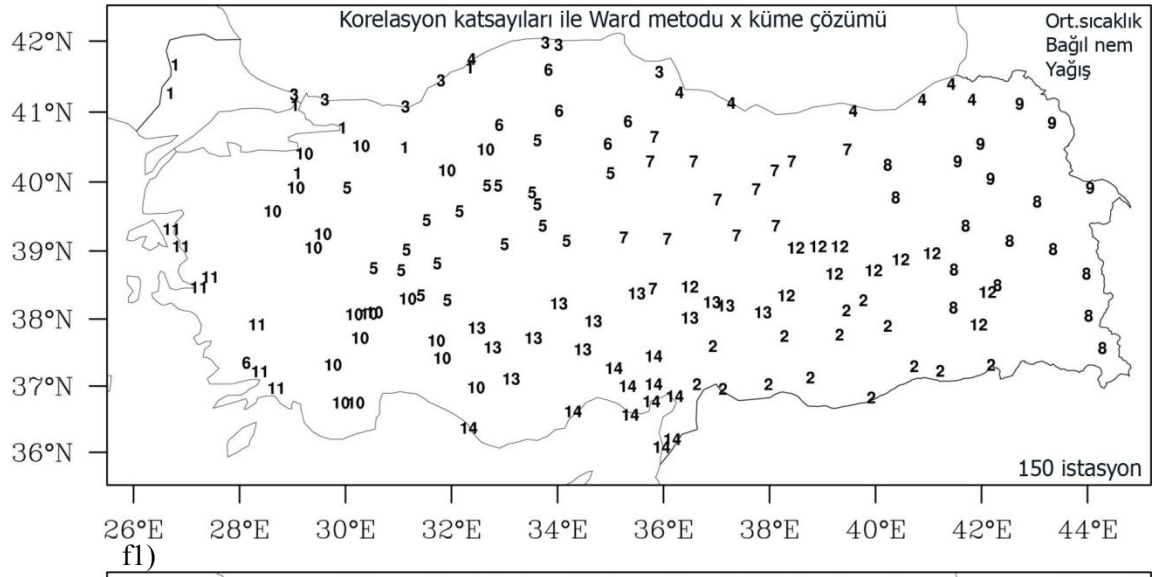
c1)



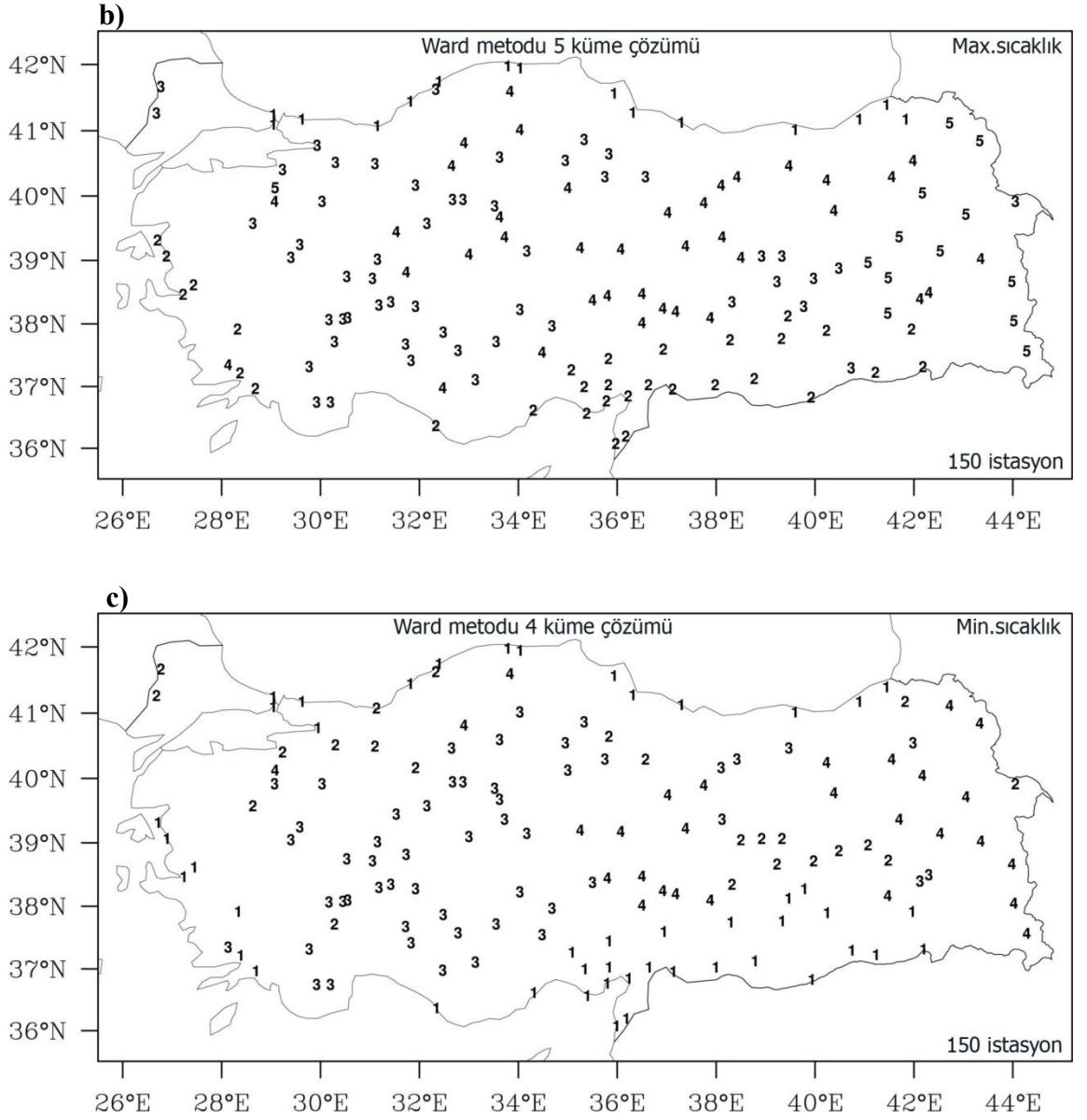
d1)



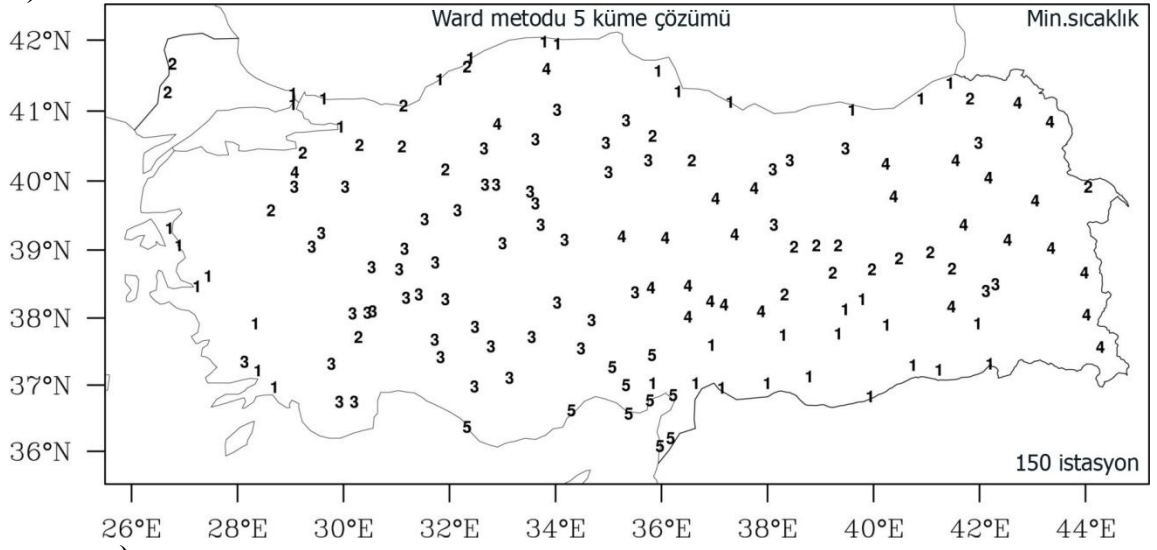
e1)



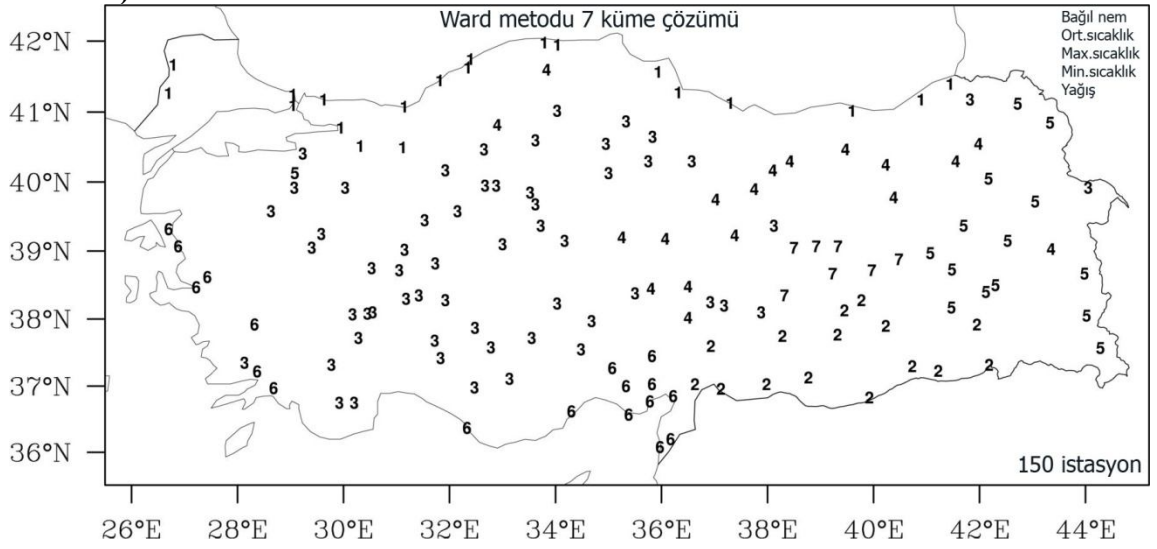
**Ek A4: Homojen olmayan verilerinde kullanıldığı verilerin küme analizi çözümleri**



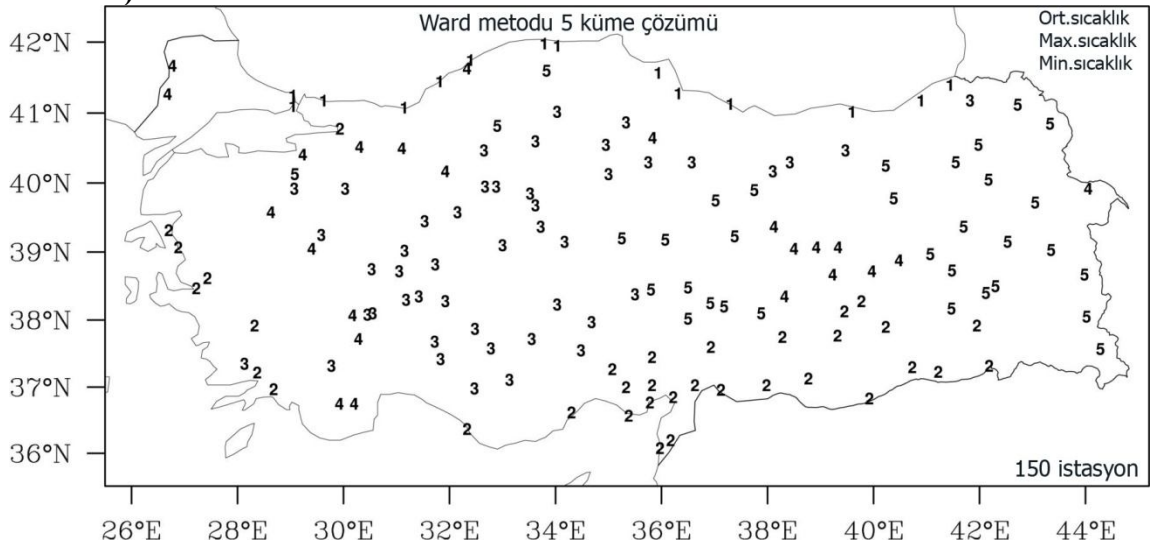
d)

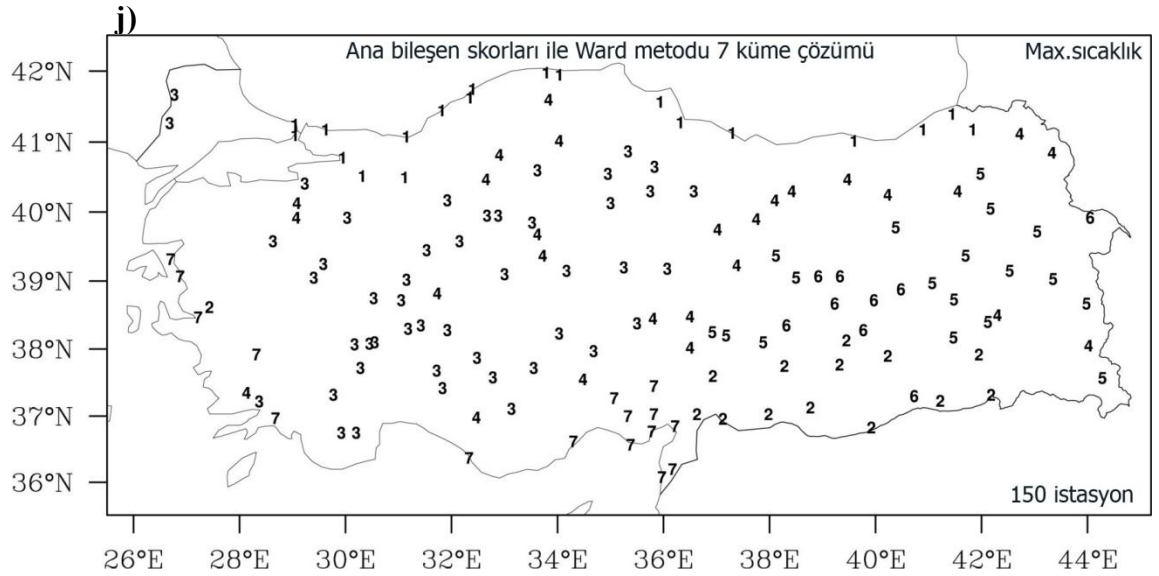
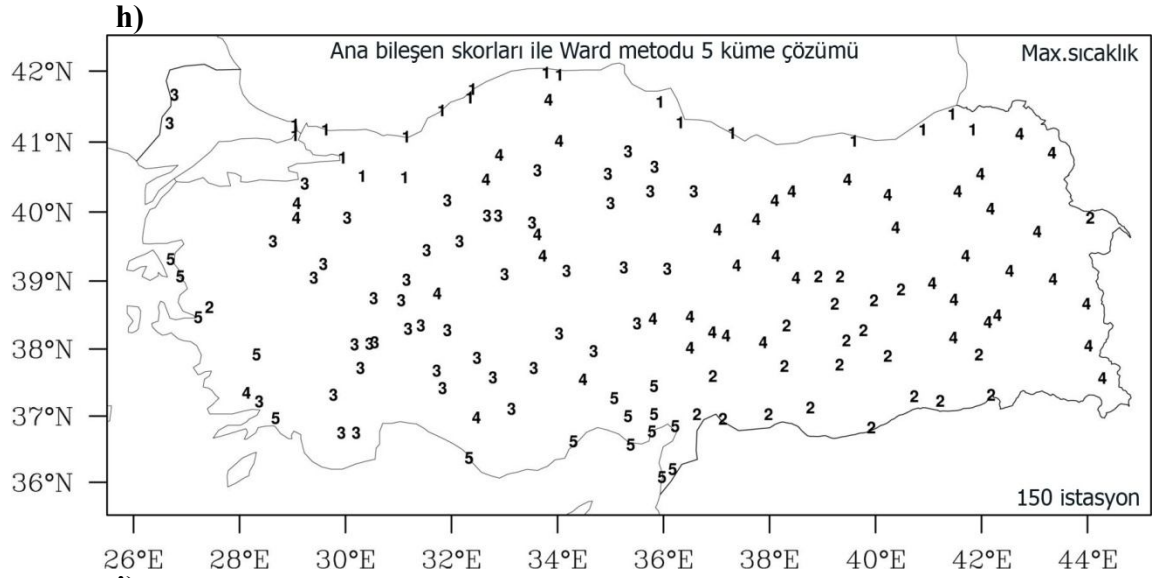
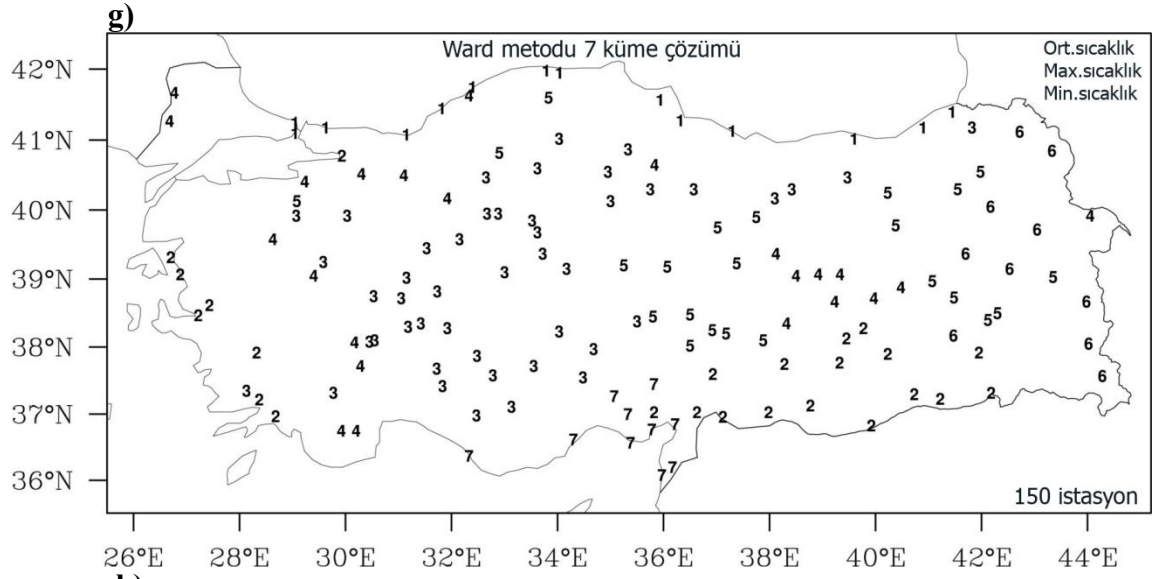


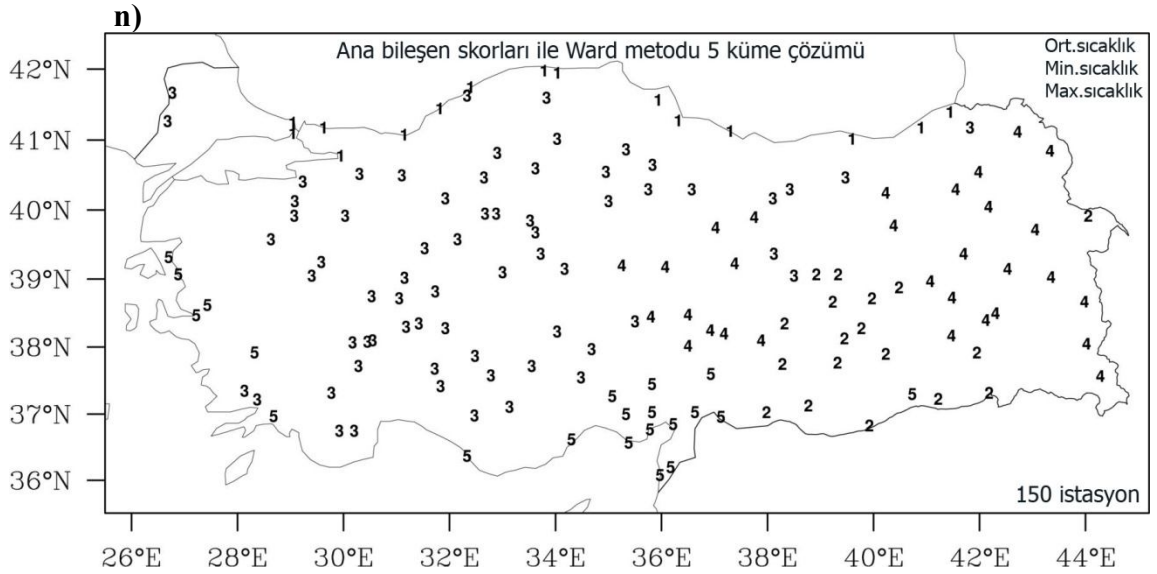
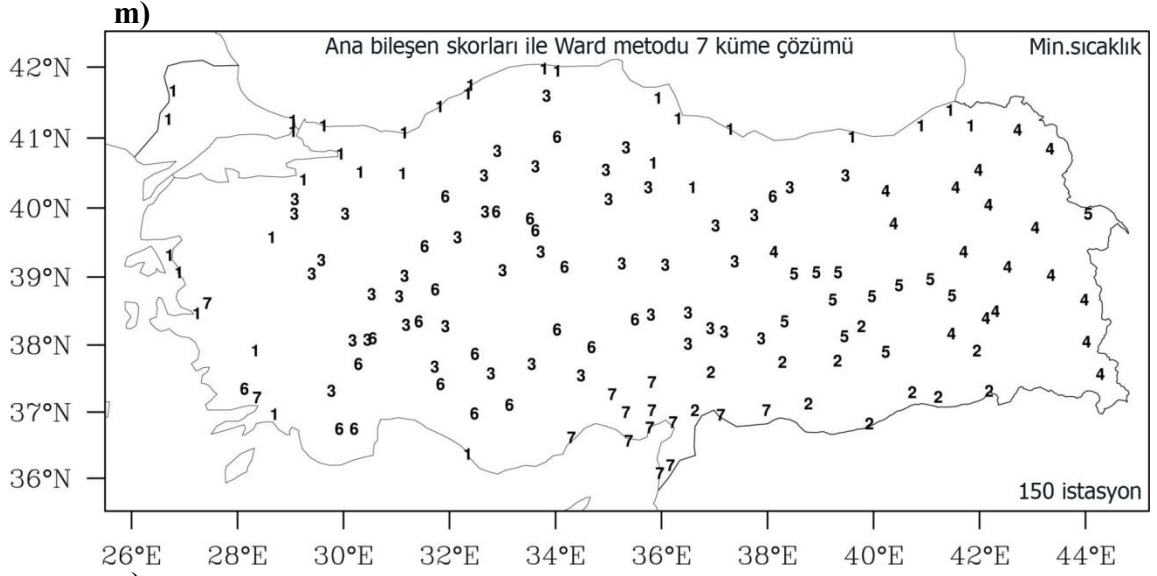
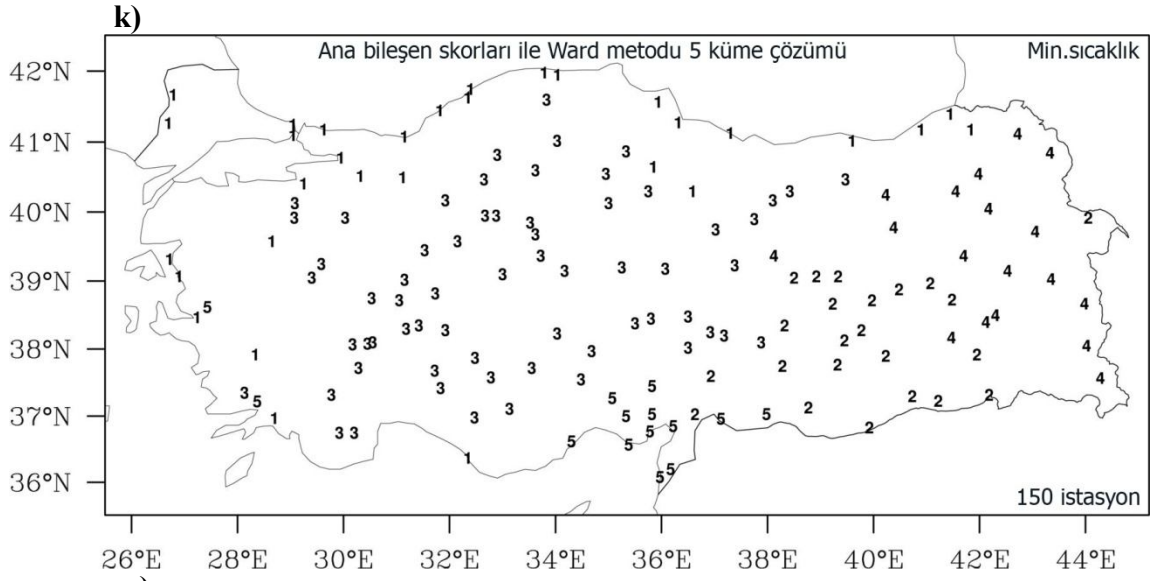
e)

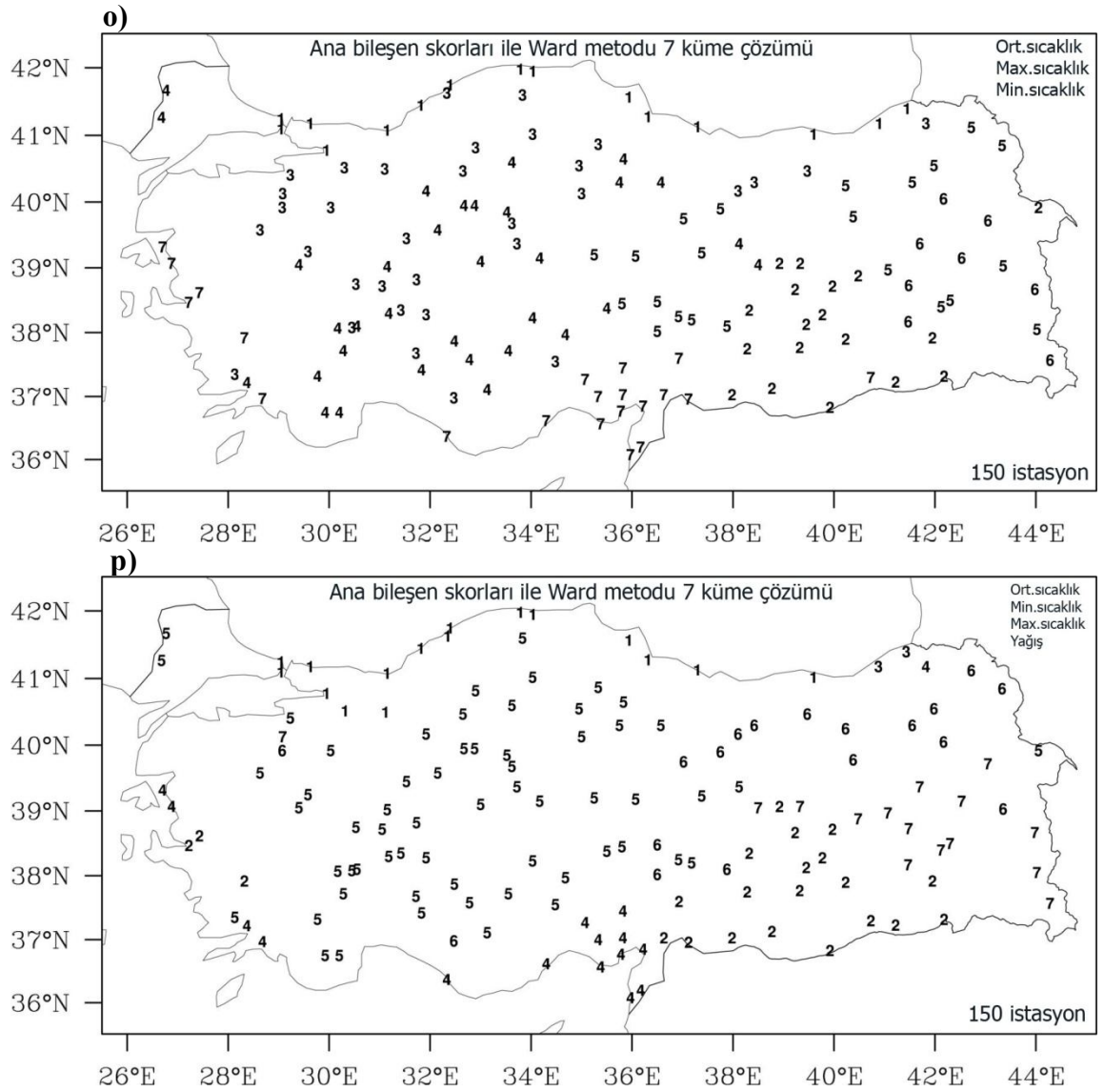


f)









### **Ek B1: Beklentilerin maksimumlaştırılması (BM) yönteminin algoritması**

Eksik bir veri setinde ortalama değerleri ve kovaryans matrisini hesaplama birbiriyle yakın ilişkili problemlerdir. Veri setinin ortalama değeri ve pozitif bir kovaryans matrisi verilmişse eksik veriler veri setindeki değerlere göre beklendiği gibi tahmin edilebilir (Buck, 1960).

Eksik veri setinin ortalamasını ve kovaryans matrisini tahmin etmek ve bu eksik verileri tahmin edilen veri setine uyarlamak genellikle nonlinear bir problemdir ve iteratif yolla çözümlenir. BM algoritması diğer eksik veri metodları gibi veri setindeki boşluklardan meydana gelen işleyişi (mekanizmayı) yok sayar, veri setindeki eksik veriler rastgele dağılmıştır ve bir verinin eksik olma olasılığı eksik verilerin değerlerine bağlı değildir (Rubin, 1976). Çok değişkenli bir verinin olasılık dağılımı ortalama ve kovaryans matrisi ile parametrize edilebilir. Bm yönteminin iterasyonu sırasında ortalama ve kovaryans matrisi 3 adımda düzeltilir.

İkinci olarak eksik verili kayıttaki değerler verilen mevcut veriler ve ortalama ve kovaryans matrisi yardımıyla doldurulur. Son olarak ortalama ve kovaryans matrisleri tekrar hesaplanır. Bm algoritması ortalama ve kovaryans matrislerinin ilk tahminleriyle başlar ve yukarıdaki adımlar doğrultusunda tahmin edilen eksik veriler, ortalama ve kovaryans matrisi bir dahaki iterasyonda sabit kalana kadar çevrimler devam eder.

Bm algoritmasının muntazam olarak anlatılması için ilk önce  $X \in \mathcal{R}^{n \times p}$  olarak tanımlayalım. Burada  $\mathcal{R}$  n yıl süreli ve p değişken içeren ve bazı değerleri eksik olan bir veri matrisi olsun. Geleneksel BM algoritmasında n yıl sayısı p değişken sayısından çok büyüktür. Bu yüzden veri kümesinin tipik kovaryans matrisi kesinlikle pozitifdir. Eksik veri setinden, ortalama  $\mu \in \mathcal{R}^{1 \times p}$  ve kovaryans matrisi  $\Sigma \in \mathcal{R}^{p \times p}$  tahmin edilecektir. Verilen bir eksik verili  $x = X_i$  kaydı için,  $x_a \in \mathcal{R}^{n \times p_a}$  kayıttaki mevcut  $p_a$  değerleri için ve  $x_m \in \mathcal{R}^{n \times p_m}$   $p_m$  de eksik veriler için tanımlanmış olsun. Ortalama  $\mu$  değerini verilen değerler için  $\mu_a \in \mathcal{R}^{1 \times p_a}$  ve eksik

veriler için  $\mu_m \in \mathfrak{R}^{1 \times p_m}$  tanımlayarak iki kısma bölelim. Eksik verili  $x = X_i (i=1, \dots, n)$  kaydı için mevcut değerler ve eksik veriler arasındaki ilişki aşağıdaki bir regresyon modeliyle verilebilir.

$$\mathbf{x}_m = \mu_m + (\mathbf{x}_a - \mu_a)\mathbf{B} + \mathbf{e}.$$

$B \in \mathfrak{R}^{p_a \times p_m}$  matrisi regresyon katsayılarının olduğu bir matristir. Geriye kalan  $e \in \mathfrak{R}^{1 \times p_m}$  ortalaması 0 olan rastgele bir vektördür ve bilinmeyen kovaryans matrisi C de  $C \in \mathfrak{R}^{p_m \times p_m}$  şeklindedir. Her iterasyonda  $\mu$  ortalama değeri ve  $\sum$  kovaryans matrisi tahmin edilir ve bu maksimum olasılık tahminlerinden regresyon katsayıları B ve kovaryans matrisi C hesap edilir. Her kaydın eksik verileri regresyon modeliyle tamamlanır ve  $\mu$  ortalama ve  $\sum$  kovaryans matrisinin yeni değerleri tamamlanmış veri setinden tahmin edilir.

$\tilde{\mu}^{(t)}$  ve  $\tilde{\sum}^{(t)}$  ifadeleri t.ci iterasyondaki ortalama ve kovaryans matrislerini gösterebilir. Verilen bir eksik verili  $x = X_i$  kaydı için  $\tilde{\sum}^{(t)}$  matrisi mevcut verilere ve eksik verilere göre iki kısımda incelenebilir. Alt matris  $\tilde{\sum}_{aa}$ ,  $\tilde{\sum}^{(t)}$  matrisinin mevcut verileri içeren kovaryans matrisi ve  $\tilde{\sum}_{mm}$  ise eksik bilgilere ait kovaryans alt matrisi olsun. Ayrıca  $\tilde{\sum}_{am}$  ve  $\tilde{\sum}_{ma}$  alt matrisleri ile  $\tilde{\sum}_{am} = \tilde{\sum}_{ma}^T$  verilere göre tahmin edilen eksik veriler ve mevcut verilere göre çapraz kovaryans matrisi olarak tanımlansın. Yukarıdaki verilenler ışığı altında maksimum olasılık regresyon katsayıları aşağıdaki şekilde tanımlanabilir;

$$\tilde{B} = \tilde{\sum}_{aa}^{-1} \tilde{\sum}_{am}$$

Regresyon modelinin yapısından faydalananak verilen regresyon katsayılarının tahmini  $\tilde{B}$  ve kısımlara ayrılmış kovaryans matrisi  $\tilde{\Sigma}^{(t)}$  ile geriye kalan kovaryans matrisi aşağıdaki genel hali alır.

$$\hat{C} = \hat{\Sigma}_{mm} + \hat{B}^T \hat{\Sigma}_{aa} \hat{B} - \hat{B}^T \hat{\Sigma}_{am} - \hat{\Sigma}_{ma} \hat{B}.$$

$\tilde{B}$  regresyon katsayıları da denklemde yerine konursa ;

$$\hat{C} = \hat{\Sigma}_{mm} - \hat{\Sigma}_{ma} \hat{\Sigma}_{aa}^{-1} \hat{\Sigma}_{am}$$

elde edilir.

Verilen bir veri setinde  $\tilde{x}_m$  regresyon katsayıları  $\tilde{B}$  yardımıyla hesaplanmış tahmini eksik veri değerleri ve  $\tilde{x}_a$  mevcut veriler olmak üzere;

$$\hat{x}_m = \hat{\mu}_m + (\mathbf{x}_a - \hat{\mu}_a) \hat{B},$$

Bütün verilerdeki eksik verileri  $\tilde{x}_m$  kullanılarak tamamladıktan sonra  $x = X_i (i=1, \dots, n)$  veri setinin tipik ortalaması aşağıdaki gibi alınır.

$$\hat{\mu}^{(t+1)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \mathbf{X}_i.$$

Burada hesaplanan veri setinin yeni ortalamasıdır ve yeni kovaryans matrisi de çapraz kovaryans matrisleri kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\hat{\mathbf{S}}_i^{(t)} \equiv E[\mathbf{X}_i^T \mathbf{X}_i | \mathbf{x}_a; \hat{\mu}^{(t)}, \hat{\Sigma}^{(t)}]$$

$$\hat{\Sigma}^{(t+1)} = \frac{1}{\tilde{n}} \sum_{i=1}^n \{\hat{\mathbf{S}}_i^{(t)} - [\hat{\mu}^{(t+1)}]^T \hat{\mu}^{(t+1)}\},$$

Çapraz kovaryans matrislerinin genel beklentisi  $\tilde{S}_i^{(t)}$  üç kısımdan meydana gelmektedir. İlk iki kısım mevcut verileri içerir.

$$E(\mathbf{x}_a^T \mathbf{x}_a | \mathbf{x}_a; \hat{\mu}^{(t)}, \hat{\Sigma}^{(t)}) = \mathbf{x}_a^T \mathbf{x}_a$$

$$E(\mathbf{x}_a^T \mathbf{x}_m | \mathbf{x}_a; \hat{\mu}^{(t)}, \hat{\Sigma}^{(t)}) = \mathbf{x}_a^T \hat{\mathbf{x}}_m,$$

3. kısım ise verisetinin eksik verilerinin eklenen yeni değerleriyle ilgilidir.

$$E(\mathbf{x}_m^T \mathbf{x}_m | \mathbf{x}_a; \hat{\boldsymbol{\mu}}^{(t)}, \hat{\boldsymbol{\Sigma}}^{(t)}) = \hat{\mathbf{x}}_m^T \hat{\mathbf{x}}_m + \hat{\mathbf{C}},$$

Beklentilerin maksimumlaştırılması algoritmasının bir sonraki adımını  $\tilde{\boldsymbol{\mu}}^{(t+1)}$  ve  $\tilde{\boldsymbol{\Sigma}}^{(t+1)}$  ortalama ve kovaryans matrislerinin güncellenmiş iterasyonudur. İterasyonlar algoritma yakınsadığında durur, tahmin edilen,  $\tilde{\boldsymbol{\mu}}^{(t)}$ ,  $\tilde{\boldsymbol{\Sigma}}^{(t)}$  değerleri ve eksik veri olarak girilen  $\tilde{x}_m$  değerleri artık iterasyon sayısı artışıyla etkilenmez. Böylece eksik verilerin nihai değerleri elde edilmiş olur.

## EK B2: Linear Regresyon Yöntemi

Lineer regresyon modelinde bir bağımlı ve birde bağımsız değişken yer alır. Örneğin bir bağımlı değişkeni etkileyen 3 bağımsız değişken söz konusu olduğunda tahminlerde kullanılacak regresyon denklemi;

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$$

şeklinde ifade edilmektedir. Burada  $\varepsilon$  hata terimidir.

Modelde  $\beta$  değerleri bilinmeyen parametrelerdir

Regresyon varsayımları;

- $\varepsilon_i$  'nin ortalaması sıfıra eşittir
- $\varepsilon_i$  'nin dağılımı normaldir.
- Hata terimleri arasında ilişki yoktur.  $\text{Kov}(\varepsilon_i \varepsilon_j) = 0$
- Hata terimi eşit varyanslıdır.  $\text{Var}(\varepsilon_i) = \sigma^2$
- Bağımsız değişkenler arasında ilişki yoktur.

Doğrusal Regresyon Modelinin Matrislerle Çözümü;

$$Y = X\beta + \varepsilon$$

Y: n x 1 yanıt vektörü

X: n x (k+1) boyutlu bağımsız değişken vektörü

$\beta$  : (k+1) x 1 boyutlu bilinmeyen katsayılar vektörü

e: n x 1 boyutlu hata vektörü

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}_{(n \times 1)}, X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & \cdots & x_{1k} \\ 1 & x_{21} & \cdots & x_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & \cdots & x_{nk} \end{bmatrix}_{(n \times k)}$$

$$\vec{\beta} = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ \vdots \\ b_k \end{bmatrix}_{(k+1) \times 1}, e = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_n \end{bmatrix}_{(n \times 1)}$$

$\beta$  vektöründe ise  $b_0$  regresyon sabitidir. X matrisinde de 1 ler bu terime karşılık gelir.

$\beta_j$  ise  $\vec{\beta}$  vektöründe yer alan kısmi regresyon katsayılarıdır.

## EK B3: Kullanılan Homojenlik Testleri

### Standart Normal Homojenlik Testi (SNHT)

Bu teste göre verilerin normal dağıldığı kabulü yapılır. Testin  $H_0$  hipotezine göre, veriler birbirinden bağımsız ve rastgele dağılmıştır. Test veri serisinin başı ve sonundaki kırılma ya da bozulmaları belirlemede hassastır.  $Y_i$  herhangi bir andaki değer  $\bar{Y}$ , ortalama ve  $s$ , standart sapma olmak üzere, Alexanderson (1986) ilk  $k$  yılları ile son  $n-k$  yıllarının ortalamasını kıyaslayan bir  $T(k)$  istatistiğini şöyle tanımlar;

$$T(k) = k\bar{z}_1^2 + (n-k)\bar{z}_2^2 \quad k = 1, \dots, n \quad (1)$$

burada;

$$\bar{z}_1 = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y}) / s \quad (2)$$

$$\bar{z}_2 = \frac{1}{n-k} \sum_{i=k+1}^n (Y_i - \bar{Y}) / s \quad (3)$$

Eğer  $K$  yılda bir kırılma varsa ve  $k=K$  yılı yakınlarında  $T(k)$  maksimuma yaklaşır.  $T(k)$  bu testin sonucunu grafik olarak gösterir. Test istatistiği şöyle açıklanır:

$$T_0 = \max_{1 \leq k \leq n} T(k) \quad (4)$$

Bu test için kritik değerler Çizelge 1’de verilmiştir. Eğer  $T_0$  kritik değeri aşmazsa  $H_0$  hipotezi kabul edilir. Çizelge 1’de kritik değerler verilmiştir.

**Çizelge 1:** SNHT testinde %1 anlam seviyesinde kritik değerler

| n  | 20   | 30    | 40    | 50    | 70    | 100   |
|----|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| %1 | 9,56 | 10,45 | 11,01 | 11,38 | 11,89 | 12,32 |

## 1. Buishand Sıra Testi

Verilerin normal dağıldığı kabulünü yapan bu testte,  $H_0$  hipotezine göre, veriler birbirinden bağımsız ve rasgele dağılmıştır. Bu test zaman serisinin ortalarındaki bozulma üzerine hassastır (Wijngaard, 2003).

$$S_0^* = 0 \text{ ve } S_k^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y}) \quad k=1, \dots, n \quad (5)$$

Seri homojen olduğunda  $S_k^*$  sıfır civarında dalgalanır zira  $Y_i$  değerlerinin sistematik sapmaları ortalama etrafında görünmezler. Eğer herhangi bir  $K$  yılında bir kırılma görülürse  $S_k^*$ ,  $k=K$  yılı yakınında maksimum veya minimuma ulaşır.  $(S_k^*/s)$  bu test sonucunda grafik olarak gösterilir. Anlamlı değişme,  $R$  ile test edilebilir.

$$R = (\max_{0 \leq k \leq n} S_k^* - \min_{0 \leq k \leq n} S_k^*)/s \quad (6)$$

Buishand kritik  $R/\sqrt{n}$  değerleri Çizelge 2’de verilmiştir. Eğer  $R/\sqrt{n}$  değeri kritik değeri aşmazsa ise  $H_0$  hipotezi kabul edilir yani veri homojendir. Çizelge 2’de kritik değerler verilmiştir.

**Çizelge 2:** Buishand sıra testinde %1 anlam seviyesinde kritik değerler

| n  | 20   | 30   | 40   | 50   | 70   | 100  |
|----|------|------|------|------|------|------|
| %1 | 1,60 | 1,70 | 1,74 | 1,78 | 1,81 | 1,86 |

### 1.1 Pettitt Testi

Parametrik olmayan bu test, verilerin sırası üzerine yapılır.  $H_0$  hipotezine göre, veriler birbirinden bağımsız ve rastgele dağılmıştır. Bu test aykırı değerlerden en az etkilenir.  $Y_1, \dots, Y_n$  serisinin sıraları  $r_1, \dots, r_n$  olmak üzere test istatistiği şöyle hesaplanırlar;

$$X_k = 2 \sum_{i=1}^k r_i - k(n+1) \quad k=1, \dots, n \quad (7)$$

Bu testin sonucu  $X_k$  grafik olarak gösterilir. E yılında bir kırılma olursa istatistik  $k=E$  yılı yakınında maksimum veya minimumdur.

$$X_E = \max_{1 \leq k \leq n} |X_k| \quad (8)$$

Anlamalı seviye Pettitt tarafından verilmiş olan kritik  $X_E$  değerlerine bakılarak karar verilir (Wijngaard, 2003). Çizelge 3’de kritik değerler verilmiştir.

**Çizelge 3:** Pettitt testinde %1 anlam seviyesinde kritik değerler

| n  | 20 | 30  | 40  | 50  | 70  | 100 |
|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| %1 | 71 | 133 | 208 | 293 | 488 | 841 |

### 1.2 Von Neumann Oran testi

Diğer testlerden farklı olarak,  $H_0$  hipotezine göre, veriler rasgele dağılmıştır. Karşıt hipoteze göre ise ele alınan zaman serisi rasgele dağılmıştır. Bu test bize homojenliğin bozulduğu spesifik bir yer tespit etmez ve homojenliğin bozulduğu zaman hakkında bilgi vermez (Wijngaard, 2003).

Von Neumann Oran testinde N, ard arda yıldan yıla varyansın değişiminin ortalama karesel oranını açıklamak üzere;

$$N = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (Y_i - Y_{i+1})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (9)$$

verilir. Kritik değerler Çizelge’da verilmiştir. Hesap edilen N değeri, kritik N değerini aşarsa  $H_0$  hipotezi kabul edilir (Wijngaard, 2003). Çizelge 3’de kritik değerler verilmiştir.

**Çizelge 4:** Von Neumann Oran testinde %1 anlam seviyesinde kritik değerler

| n  | 20   | 30   | 40   | 50   | 70   | 100  |
|----|------|------|------|------|------|------|
| %1 | 1,04 | 1,20 | 1,29 | 1,36 | 1,45 | 1,54 |

### 1.3 Bağlı Standart Homojenlik Testi

Bu test Alexandersson (1986) Standart normal homojenlik testini esas alarak uygulanmıştır. Bu test verileri ölçülmüş istasyonun (test istasyonu) ve bazı yerel ortalama ölçüm değerlerinin birbirlerine orantılı olduklarını kabul eder. Bu ilişki test istasyonunun normalleştirilmiş değerleri ve bazı yakın referans istasyonlarının ölçümlerinin ağırlıklı ortalamalarının oranı olan  $q$  terimi ile ifade edilir. Belirli bir yıldaki  $q$  oranı aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$q_i = \frac{F_i}{G_i}, \quad i = 1, \dots, n \quad (10)$$

Burada  $n$  zaman aralığı sayısı,  $F_i$  ve  $G_i$  ise test ve referans istasyonun bir fonksiyonu olup denklem 4.11'deki gibi kabul edilir.

$$F_i = \frac{P_i}{\bar{P}}, \quad G_i = \frac{\sum_{j=1}^{k_i} v_j \frac{Q_{ij}}{\bar{Q}_j}}{\sum_{j=1}^{k_i} v_j} \quad (11)$$

$P_i$  test istasyonundaki ölçüm,  $Q_{ij}$   $j$  referans serisindeki ölçüm ve  $v_j$ ,  $j$  referans serisindeki ağırlık katsayısı,  $k_i$ ,  $i$  zaman aralığında, eksik verilerin varlığına ve farklı uzunluktaki referans verilerine göre değişmektedir. Üst çizgiler gözlem sırasındaki ortalamaları ifade etmektedir. Bu testi uygulayabilmek için  $q_i$  değerleri ortalamaları  $\bar{q}_i$  ve standart sapmaları  $S_q$  kullanılarak standardize edilir.

$$z_i = \frac{(q_i - \bar{q})}{S_q} \quad (12)$$

Bu seriler 0 ortalama ve 1 standart sapmaya sahiptir ve normal dağıldığı kabul edilir. Serideki homojensizlik oranları ve dolayısıyla  $z_i$  yi etkiler. Homojenlik testi aşağıdaki hipotezi esas alır.

Sıfır Hipotezi ( $H_0$ ) : Test serileri homojendir.

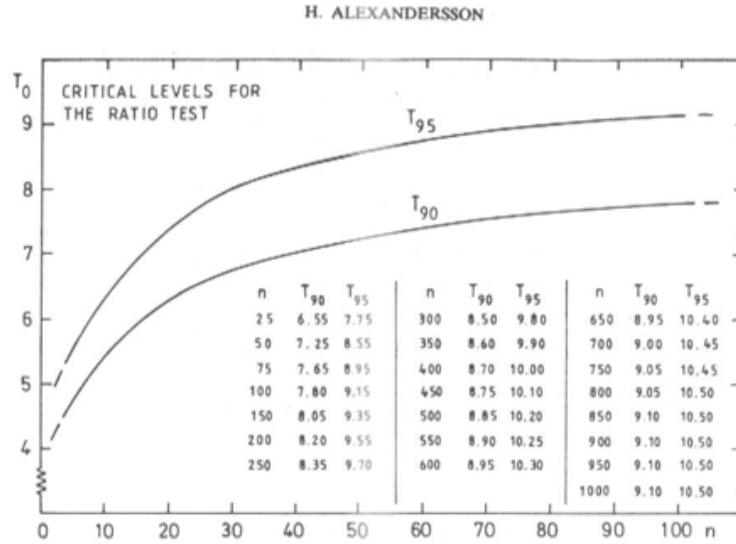
Alternatif Hipotez ( $H_1$ ) : Test serisi homojen değildir. Yani  $m$  yılında bir homojensizlik vardır ve ilk  $m$  yılda  $z_i$ ,  $u_1$  ortalamasına sahiptir ve son  $(n-m)$  yılda  $u_2$  ortalamasına sahiptir. Her iki zaman bölümünde de serinin standart sapması 1 dir.

Bu tanımlar orijinal test serisi üzerindeki homojensizliği bulmaya ve ayarlamalar yapmaya imkân tanımaktadır.  $T_m$  test istatistiği mümkün olan  $(n-1)$  değişim noktası için aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$T_m = m\bar{z}_1^2 + (n-m)\bar{z}_2^2, \quad m = 1, \dots, n-1, \quad (13)$$

Burada  $\bar{z}_1$  ve  $\bar{z}_2$ ,  $\bar{z}_i$  değerlerinin  $m$  ve  $(n-m)$  yılları esnasındaki ortalamalarını ifade etmektedir. Yüksek  $T$  değeri  $u_1$  ve  $u_2$  ortalamalarının sıfırdan önemli derecede

saptığını ve serinin homojen olmadığını gösterir. Zaman serisindeki maksimum  $T_m$  değeri  $T_x$  ile gösterilir. %1 anlam seviyesindeki kritik  $T$  değerleri Alexsanderson (1986) tarafından verilmiştir.



**Şekil 1:** Bağıl SNHT testinde kritik değerler

İstasyon bilgileri ile kıyaslandığında %1 anlam seviyesi homojen serilerin reddedilmesi olasılığını azaltır ve bu da testin gücünü artırır. Test serisinin sonlarına doğru açıklanamayan homojensizliğin nedeni yüksek  $T$  değerlerinin oluşma olasılığının serinin sonlarına doğru artmasıdır (Hawkins 1977)

### 1.1.1 Çift değişkenli Test

Maronna ve Yohai (1978) çift değişkenli testi zaman serilerinin ortalamasındaki sistematik değişikliği ortaya çıkarmak için ikincil bir değişmeyen seriyi (referans serisi) kullanarak geliştirmiştir. Bu test sadece zaman serisindeki değişimleri değil, değişimin zamanını ve önemini de ortaya çıkarır.

Klimatolojide çift değişkenli testin en sık kullanılan uygulaması komşu istasyonların referans serileri yada bölgesel temsili serilere göre test istasyon verilerinin ortalamalarındaki sapmaları ortaya çıkarmak ve böylece istasyon ölçümlerinin yapay yada insan eliyle yazılmış ölçümlerini kanıtlamada kullanılmaktadır.

Bu test birbirinden bağımsız olarak sıralanmış ve her biri normal dağılım gösteren  $n$  adet 2 boyutlu vektörün  $(x_i, y_i)$  serilerine uygulanır. Ayrıca istasyon yerlerinin ortalama  $y_i$  değerinde anlamlı bir değişiklik olmadığı sürece sabit olduğu varsayılır.

Sıfır Hipotezi ( $H_0$ ):  $(x_i, y_i)$  değerleri aynı çift değişkenli normal dağılımı gösterir.

Alternatif Hipotez ( $H_1$ ):  $0 < i_0 < n$  ve  $d \neq 0$  için  $(x_i, y_i)$  dağılımları çift değişkenli normal dağılıma uymaz.

Serilerin standardize edilmesi:  $x'_j$  n yıl uzunluğunda referans seriler  $y'_j$  ise n yıl uzunluğunda test serileri olduğunu kabul edelim.  $x'_j$  ve  $y'_j$  değerlerini sıfır hipotezi altında  $T_0$  istatistiğini kullanabilmek için standardize edilmesi gerekir.

$\bar{X}$  ve  $\bar{Y}$  aşağıdaki gibi tanımlansın ;

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x'_j, \bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y'_j \quad (14)$$

$$S_x = \left[ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (x'_j - \bar{X})^2 \right]^{1/2} \quad \text{ve} \quad S_y = \left[ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (y'_j - \bar{Y})^2 \right]^{1/2} \quad (15)$$

$$x_j = \frac{(x'_j - \bar{X})}{S_x}, \quad y_j = \frac{(y'_j - \bar{Y})}{S_y} \quad \text{bütün } i < n \text{ için} \quad (16)$$

Bütün j değerleri için  $x_j$  ve  $y_j$  değerleri hesaplanır.

Test istatistiğinin hesaplanması:

$i < n$  için  $X_i$  ve  $Y_i$  değerleri ve diğer değerler aşağıdaki gibi hesaplanır

$$X_i = \frac{1}{i} \sum_{j=1}^i x_j \quad \text{ve} \quad Y_i = \frac{1}{i} \sum_{j=1}^i y_j \quad \text{bütün } i < n \text{ için} \quad (17)$$

$$S_{xy} = \sum_{j=1}^n x_j y_j \quad (18)$$

$$F_i = n - \frac{[X_i^2 n i]}{(n - i)} \quad \text{bütün } i < n \text{ için} \quad (19)$$

$$D_i = \frac{(S_{xy} X_i - n Y_i) n}{(n - i) F_i} \quad \text{bütün } i < n \text{ için} \quad (20)$$

$$T_i = \frac{i(n-i)D_i^2 F_i}{(n^2 - S_{xy})} \quad \text{bütün } i < n \text{ için} \quad (21)$$

$T_0 = \max_{i < n} [T_i]$  ve  $i_0$  ise  $T_i$  değerinin maksimum olduğu  $i$  değeridir.

Kritik değerler Maronna ve Yohai (1978) tarafından  $n=10, 15, 20, 30$  ve  $70$  için vermiştir ve Potter (1981) bu değerleri  $n=100$ 'e kadar uzatmıştır. Çizelge 5'de  $T_0$  kritik değerleri görülmektedir.

**Çizelge 5:** Çift değişkenli testte %1 anlam seviyesinde kritik değerler

| n(yıl) | Anlam seviyesi |     |      |      |
|--------|----------------|-----|------|------|
|        | 0.25           | 0.1 | 0.05 | 0.01 |
| 10     | 4.7            | 6.0 | 6.8  | 7.9  |
| 15     | 4.9            | 6.5 | 7.4  | 9.3  |
| 20     | 5.0            | 6.7 | 7.8  | 9.8  |
| 30     | 5.3            | 7.0 | 8.2  | 10.7 |
| 40     | 5.4            | 7.3 | 8.7  | 11.6 |
| 70     | 5.9            | 7.9 | 9.3  | 12.2 |
| 100    | 6.0            | 7.9 | 9.3  | 12.5 |

$T_0$  değerleri  $n$  yılındaki kritik değere göre karşılaştırılmalıdır. Eğer  $T_0$  değeri kritik değeri aşarsa  $H_0$  hipotezi reddedilir. Buradan  $i_0$  yılından sonra serinin ortalama değeri değişmiştir sonucu çıkarılır.

## EK B4: TEMEL BİLEŞEN ANALİZİ

Temel bileşen analizi veri kümesinin biçimini ve oluşumları farklılık veya benzerlikleri açıklayarak göstermeye çalışır (Haan, 1977). Çok boyutlu verinin biçimini belirlemek için ve grafik olarak verinin gösterilemeyeceği durumlarda temel bileşenler analizi güçlü bir araçtır. Temel bileşenler analizinin diğer bir önemli avantajı ise verinin biçimini belirledikten sonra fazla bilgi kaybı olmadan verinin boyutunu azaltarak veriyi özetleyebilmesidir. Bu çalışmada özvektörlerin dönüşümü uygulanmayacaktır çünkü dönüşüm uygulamak bileşenlerin değişimlerini maksimize eder ancak ortogonallığı etkiler ve yüklemeleri değiştirir (Davis, 1996) Aşağıda temel bileşenler analizinin nasıl yapıldığı adım adım anlatılmıştır.

*Adım 1.* Daha uygun bir şekilde çalışmak için her bir veriyi o verinin boyutunun ortalamasından çıkarmak gerekir.

$$x = x' - \bar{x} \quad (1)$$

$x'$ : Ham veri  $\bar{x}$ : Verinin ortalaması  $x$ : Ham veri ve verinin ortalaması arasındaki fark. Böylece ortalaması 0 olan yeni bir veri seti elde edilmiş olur.

*Adım 2.* Kovaryans matrisinin hesaplanması. Temel bileşen analizi yapılırken kovaryans matrisi yerine korelasyon matrisi de kullanılabilir. N boyutlu bir veri seti için kovaryans matrisi aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$C^{n \times n} = (c_{i,j}, c_{i,j} = \text{cov}(\text{Dim}_i, \text{Dim}_j)) \quad (2)$$

$C^{n \times n}$ : n adet satır ve n adet sütunu olan kovaryans matrisi  $\text{Dim}_i$ : i.nci boyut.

*Adım 3.* Özdeğerlerin ve özvektörlerin hesaplanması. Özdeğerler ve özvektörler veri hakkında önemli bilgiler içerir. Burada hesaplanan özvektörler birim özvektörlerdir ve uzunlukları 1'e eşittir. Özdeğerler kovaryans matrisi kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanır.

$T: V \rightarrow V$  Lineer dönüşümünün,  $V$ 'nin  $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  tabanına göre matrisi  $A$  olsun.  $I_n$ , birim matris ve  $\lambda$  bilinmeyen bir sayı olmak üzere,  $A - \lambda I_n$  matrisine karakteristik matris ve

$$T(\lambda) = |A - \lambda I_n| = 0 \quad (3)$$

denkleminde de karakteristik denklem denir. Bir lineer dönüşüm verildiğinde özdeğerlerini bulmak için, herhangi bir tabana göre yazılan dönüşüm matrisinin karakteristik polinomunun kökleri bulunur. Başka bir deyişle  $A$ 'nın özdeğerleri denklem (3)'ün kökleri bulunarak hesaplanır.  $\lambda$  özdeğerine karşı gelen  $x$  özvektörü;

$$x = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \quad (4)$$

ise

$$(A - \lambda I_n)x = 0 \quad (5)$$

olur. Denklem (3) yardımıyla bulunan  $\lambda$  özdeğerleri denklem (5)'de yerine konularak  $x$  özvektörleri bulunur. Böylece kovaryans matrisinden özvektörleri elde etmiş oluruz. Bundan sonraki adım veriyi dönüştürerek veriyi karakterize eden satırları ortaya çıkarmaktır.

*Adım 4.* Bileşenlerin seçilmesi. Bu adımda boyut azaltılarak temel bileşenler seçilir. Bunu yapmak için bulunan özdeğerler büyükten küçüğe doğru sıralanır. Bu sıraya önem sırası da denebilir. En büyük özdeğere sahip bileşen en önemli bileşendir ve 1. temel bileşen olarak adlandırılır. Fazla bilgi kaybı olmaması için önem sırası yüksek diğer bileşenlerde temel bileşen olarak seçilir. Özdeğerleri düşük diğer bileşenler önem arz etmediğinden ihmal edilebilir ve böylece verinin boyutu azaltılmış olur.

*Adım 5.* Yeni veri seti oluşturulması. Bu son adımda bir önceki adımda seçtiğimiz temel bileşenlerin değerleri hesaplanır. Bunu yapabilmek için önce seçilen özvektörleri sütun biçiminde yazmak gerekir. Bu vektöre özellik vektörü denir. Aşağıdaki gibi,

$$\text{Özellikvektörü} = (e_1 g_1, e_2 g_2, e_3 g_3, \dots, e_n g_n) \quad (6)$$

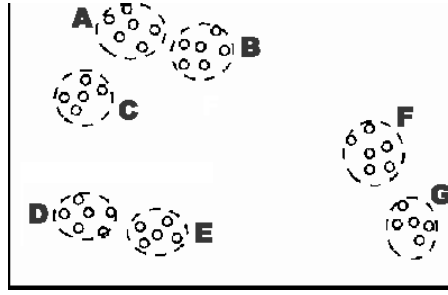
oluşturulur. Denklem(6) yardımıyla verinin son hali hesaplanır.

$$\text{Sonveri} = \text{Hamözellikvektörü} \times \text{Data} \quad (7)$$

Burada ham özellik vektörü transpoze edilmiş matristir, böylece en önemli özdeğer en yukarıya alınmış olur. Data ifadesi transpozese alınmış 1. adımda hesaplanan ortalaması 0 olan veriyi ifade etmektedir. Son veri seçtiğimiz özvektörlerle oluşturulan ve veri setinin içerdiği bilginin büyük bir kısmını içeren veridir. Aşağıdaki bölümde yapılan temel bileşen analizi sonuçları gösterilmiştir.

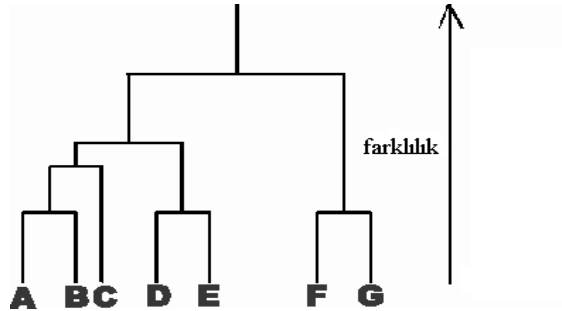
## EK B4: KÜME ANALİZİ

Kümeleme yöntemleri bölen ve toplayan olarak ikiye ayrılabilir. Bölen metodu bütün verilerin bir küme olduğunu kabul ederek başlar. Daha sonra bu küme daha küçük birbirine benzer kümelere ayrılır. Diğer bir yöntem olan Şekil 5.1’de görülen toplama metodu her veriyi başlangıçta bir küme olarak alır ve bunları toplayarak daha büyük kümeler elde etmeye çalışır. Ward yöntemi toplayan metot olduğu için aşağıda toplayan metotlar anlatılmıştır.



Şekil 1: Kümelerin belirlenmesi

Şekil 1’de görüldüğü üzere (AB), (FG), (DE) açık bir şekilde küme oluşturmaktadırlar. Bu grafikten yola çıkarak AB’nin C’ye ve DE’nin FG’ye göre birbirine daha çok benzediği yorumunu yapabiliriz. Şekil 2’deki gibi hiyerarşik olarak dendrogram oluşturabiliriz.

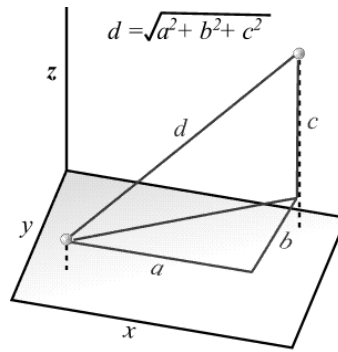


Şekil 2: Örnek Kümelerin Dendrogramı

Dikkat edilecek olursa yukarı doğru çıkıldıkça kümeler arasındaki farklılıklarda artmaktadır. Farklılığı hesaplamakta kullanılan yöntemler kullanılan metoda göre değişir. Bu yöntemler mesafe veya benzerlik ölçülmesi olabilir. Noktalar arasındaki mesafeler öklit mesafesi yardımıyla hesaplanabilir. Aşağıda ayrıntılı bir biçimde bu mesafelerin nasıl hesaplandığı anlatılmıştır.

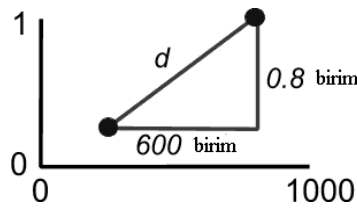
### Mesafe Ölçülmesi

**a) Öklit mesafesi:** Bu mesafe bildiğimiz cetvelle ölçülen mesafedir. Aşağıda 3 boyutlu düzlemde 2 nokta arasındaki öklit mesafesi hesaplanmaktadır.



**Şekil 3: Öklit Mesafesi**

Öklit mesafesinin temel problemi büyüklükleri çok farklı iki değişkenin kümelenmesi esnasında ortaya çıkmaktadır.



**Şekil 4: Öklit Mesafesi Örneği**

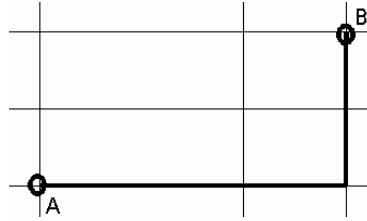
Şekil 4’de görüldüğü gibi 600 birimlik mesafe 0.8 birimlik mesafeyi domine etmektedir. Bu problemin çözümü için değişkenleri standardize etmek gerekmektedir. Yani ortalamaları 0 ve standart sapmaları 1 olacak duruma getirilirse bu iki değerde d mesafesi üzerinde etkili olabilecektir.

**b) Chebychev mesafesi:** İki nokta arasındaki maksimum mesafenin mutlak değeri alınarak ölçülür.

$$d = \max|a - b|$$

**c) Manhattan mesafesi:** Bir çok Amerikan karayolunda, bir şehirden diğerine direk ulaşmak mümkün değildir. Bu yüzden düzenli bir grid rotası uydurularak bu rota takip edilir. Manhattan mesafesi Amerikalılar tarafından ortaya atılmıştır.

$$d = \sum (a - b)$$



**Şekil 5:** Manhattan Mesafesi

## 6.1. Kümeleme Algoritmaları

### 6.1.1. Ortalama bağlantı kümelemesi

Kümeler arası farklılıklar kümelerin ortalama değerleri alınarak bulunur. En çok kullanılan ve aksi gerekmedikçe kullanılması önerilen yöntem eş grupların ağırlıksız ortalamalarını alarak yapılan bağlantı metodudur. Diğer ortalama bağlantı metotları centroid ve medyandır (ağırlık merkezi ve medyan veya ortanca). Centroid bir veri bulutunun merkezi olarak düşünülebilir.

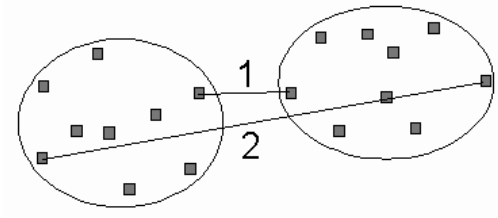
### 6.1.2. Tam bağlantı kümelemesi (En uzak komşu metodu)

İki grup arasındaki farklılık iki kümenin en uzak üyeleri arasındaki farka bakılarak yapılır. Bu yöntem çok sıkı kümeler oluşturmaya eğilimlidir.

### 6.1.3. Tek bağlantı kümelemesi (En yakın komşu metodu)

Bu yöntemde de iki kümenin en yakın üyeleri arasındaki farka bakılarak yapılır. Kümeleme sonucunda dağınık ve uzun zincirler gibi dizilmiş kümeler oluşturur. Bu yöntem daha çok nümerik taksonomide kullanılır.

**6.1.4. Ward kümelemesi** Bu metot diğer kümeleme yöntemlerinden farklı olarak kümeler arasındaki bağlantıyı bulmak için varyans analizi yapar. Özetle bu metot iki küme arasındaki standart sapmanın karekökünü alarak (varyans) bunları minimize etmeye çalışır.



**Şekil 6:** Bağlantı metodu örnekleri

Özetleyecek olursak kümeleme aşağıdaki şekilde yapılır.

1. Bütün verileri bir küme kabul ederek bu kümeler arasındaki mesafeler hesaplanır.
2. Birbirine en çok benzeyen kümeler kaynaştırılır.
3. Bütün veriler bir kümede oluncaya kadar 2. adım tekrar edilir.

Homojenlik analizi sonucunda kullanılması uygun görülen 150 adet istasyonun yıllık ve aylık verileri küme analizinde kullanılacaktır. 150 adet istasyonun yağış, maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık, bağıl nem, rüzgâr ve basınç verilerinin temel bileşenler analizi sonucunda, bu istasyonların ortalama sıcaklık, yağış ve bağıl nem değerleri küme analizinde kullanılacaktır. Yapılan çalışmalar sonucunda diğer hiyerarşik kümeleme metotlarıyla kıyaslanarak ve literatür taramasının da etkisiyle Ward yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir ve sonuçları KYSA kümeleme yöntemi ve oluşturulan yeni bir modelle sonuçları karşılaştırılacaktır.

### **KOHONEN YAPAY SİNİR AĞLARI (Öz Örgütlemeli Harita Ağı)**

Öz örgütlemeli harita ağı girdi uzayında gruplanma biçimlerine göre giriş vektörlerinin sınıflandırılmasını öğrenirler. Yarışmacı katmanlı ağlardan farklı olarak öz örgütlemeli harita ağındaki nöronlar girdi uzayındaki komşu bölümleri tanıyabilirler. Aynı zamanda öz örgütlemeli harita ağı kendisine öğretildiği doğrultuda giriş vektörlerinin dağılımını ve topolojisini de öğrenirler. Öz örgütlemeli

harita ağı katmanındaki bir nöron topoloji fonksiyonuna göre fiziksel olarak pozisyonunu ayarlar. Nöronlar arasındaki uzaklık pozisyonlarına göre ölçülür.

### **KYSA (Öz örgütlemeli harita) algoritması**

Maddeler halinde KYSA algoritması aşağıdaki gibidir.

**Adım 1:** Giriş sinir matrisi Giriş\_x ve Giriş\_y ile buradan sinirlerin toplam sayısı

$I = \text{Giriş\_x}^* \text{ ve Giriş\_y}$

olur. Burada bu katmandaki sinirlerin sayısı  $i=0$  dan  $I-1$  e kadar seçilir.

**Adım 2:**

Yarışmacı katman matrisi Çıkış\_x\* ve Çıkış\_y ile gösterilirse

$J = \text{Çıkış\_x}^* \text{ ve Çıkış\_y}$

olur.

**Adım 3:** Giriş katmanındaki sinirlerle yarışmacı katmanlar arasındaki bağlantıların ağırlıkları  $w_{ij}$  nin ilk değerleri rastgele seçilir. Topolojik değişken genellikle  $d_0 = \text{Çıkış\_x}/2$  olarak alınır. Öğrenme oranı katsayısı  $\alpha_0$  (genellikle 0,2 ve 0,5 arasında ) seçildikten sonra işlem  $T = 0$  da başlatılır.

**Adım 4:** Yarışmacı katmandaki kazanan  $J_c$  hesaplanır. İlk önce sayısı  $j=0$  dan  $j-1$  e kadar Öklid mesafeleri hesaplanır.

**Adım 5:** Bütün  $j$  ve  $i$  ler için ağırlıklar güncellenir.

$W_{ij}(\text{yeni}) = W_{ij}(\text{eski}) + \Delta w_{ij}$

**Adım 6:** Öğrenme katsayısı  $\alpha_t$  güncellenir.

$\alpha_t = \alpha_0(1-1/T)$

**Adım 7:** Belirtilen zamandaki topolojik çap azaltılır.

$d_t = d_0(1-t/T)$

**Adım 8:** İşlem zamanı 1 arttırılır  $t=t+1$

**Adım 9:** Sonraki örnek için adım 2'den 9'a kadar tekrar edilir.

## **ÖZGEÇMİŞ**

**Ad Soyad: Sinan ŞAHİN**

**Doğum Yeri ve Tarihi: Malatya 21/03/1977**

**Adres: Çorlu/Tekirdağ**

**Lisans Üniversite: İstanbul Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü**

**Yüksek Lisans Üniversite: İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği  
Bölümü, Su mühendisliği programı**