

Bafra Ovasındaki Drenaj Kanallarının Su Kalitelerinin Çok Değişkenli İstatistiksel Analizler ile Değerlendirilmesi

Hakan ARSLAN¹ Demet YILDIRIM²

¹Ondokuzmayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Samsun

²Ondokuzmayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı Başkanlığı, Samsun

Özet: Bu çalışmada Bafra ovasındaki 7 drenaj kanalından alınan su örneklerine çok değişkenli istatistiksel analiz yöntemlerinden; hiyerarşik kümeleme analizi (HKA), faktör analizi (FA) ve temel bileşenler analizi (TBA) uygulanmıştır. Aylık ortalama verilerden yararlanılarak yapılan HKA göre 2 farklı dönem oluşmuştur. Bunlardan birincisi sulama yapılan ayları diğeri de sulama yapılmayan ayları kapsamıştır. 7 adet drenaj kanalına ait 14 parametreye göre yapılan HKA' da drenaj kanalları tuzluluk seviyelerine göre 2 farklı gruba ayrılmıştır. FA ve TBA su kalitesine ait toplam varyansın % 90'ından fazlasını 3 ana bileşenle açıklamıştır. Bu çalışma ile çok değişkenli istatistik yöntemlerin drenaj kanallarındaki su kalitelerine ait değişimlerin izlenmesinde ve sulanan tarım alanlarındaki tuzlanmanın incelenmesinde kullanılabileceği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Drenaj kanalı, Tuzluluk, Çok Değişkenli istatistik teknikleri, Hiyerarşik kümeleme analizi, Faktör analizi

Water Quality Assessment of the Drainage Canals in Bafra Plain Using Multivariate Statistical Analysis

Abstract: In this study, Multivariate statistical techniques such as hierarchical cluster analysis (HCA), factor analysis (FA) and principle component analysis (PCA) are applied to surface water quality data sets obtained from drainage canals in Bafra Plain. The results of cluster analysis demonstrated that the months of year were divided into 2 seasons. The first period included irrigation season and second period included non-irrigation season. Cluster analysis classifies 7 drainage canals with 14 variables into two clusters reflecting different salinity levels. FA/PCA yielded three factors which are responsible for water quality variations explaining more than 90% of total variance of the data and allowed to group the selected water quality. The study have demonstrated the capability of multivariate statistical techniques for drainage water quality assessment and investigation of salinity in irrigated agricultural areas.

Key words: Drainage canal, Salinity, Multivariate analysis, Hierarchical cluster analysis, Factor analysis.

1.Giriş

Drenaj, tabansuyunu bitki gelişimini engellemeyecek düzeye düşürmek ve kök bölgesinde tuz birikimini önlemek için yapılan çalışmalardır. Çağdaş sulu tarım uygulamalarında tarımsal drenaj, sulamanın ayrılmaz bir parçası olarak kabul edilmektedir (Oğuzer 1990). Drenaj suyunun kimyasal bileşimi, drenaj sistemi, tarımsal faaliyetler, toprağın yapısı, toprağın infiltrasyon hızı, başlangıçtaki toprak tuzluluğu, sulama yöntemleri ve iklim gibi çok sayıda faktöre bağlı olarak değişmekle birlikte drenaj suyunun bileşimi üzerine asıl etkili olan faktör topraktaki tuzluluk düzeyidir. Oğuzer (1978), Seyhan Ovasında yapılan bir çalışmada, drenaj kanalları sularındaki tuzluluğun, ekim ayından itibaren mayıs ayına kadar gittikçe azaldığını ve sulamanın başlangıcı olan haziran ayında, drenaj kanal sularının ovadaki normal sulama

suları kalitesinde olduğunu belirtmiştir. Yılmaz ve ark., (1981) Konya ovasının ana drenaj kanallarında yapmış oldukları bir araştırmada, kanaldaki suların tuzluluk değerlerinin kış aylarında yaz aylarına göre daha iyi olduğunu belirlemiştir.

Çevre kirliliğinden etkilenen en geniş alan su kaynaklarıdır. Su kaynaklarının özelliklerinin, alansal ve zamansal değişiminin anlaşılabilmesi için, su kalitesini gösteren verilerin olması, bu verilerin de sürekli olarak toplanması gerekmektedir. Böylelikle su kaynaklarının durumları tespit edilecek ve ortaya çıkacak sorunlara karşı çözümlerin geliştirilmesi daha kolay olacaktır.

Çok değişkenli istatistiksel analizlerden olan, kümeleme analizi, temel bileşenler analizi ve faktör analizi, son yıllarda yer altı sularının ve yüzey sularının kalite değişimlerini ve kirlenme nedenlerinin belirlenmesi için yapılan

bir çok çalışmada başarı ile kullanılmışlardır (Altın ve ark., 2009; Kim ve ark., 2005; Zhao ve Cui, 2009; Yılmaz ve Büyükyılmaz, 2009; Byuiyan ve ark., 2011).

Bu çalışmada Bafra Ovası Sağ Sahilinde bulunan 7 adet ana drenaj kanalından Mayıs 2005 ile Nisan 2006 tarihleri arasında aylık periyotlar halinde su örnekleri alınmış ve bu örneklere ait 14 özellik belirlenmiştir.

Çalışmada çok değişkenli istatistik analizlerinden hiyerarşik kümeleme analizi, faktör analizi ve temel bileşenler analizleri kullanılmış ve drenaj kanallarının sularına uygulanmıştır. Çalışmadan hedeflenen amaçlar şu şekilde sıralanmıştır; 1. Drenaj kanallarındaki suları aylık değerlerine göre kümeleme analizi yaparak yıl içerisindeki değişimlerini incelemek, 2. Drenaj kanallarının yıllık ortalama değerlerine göre kümeleme analizi yaparak kanalları kendi içerisinde gruplandırmak ve böylece alanda tuzluluğun daha fazla olduğu bölgeleri bulmak ve 3. Drenaj kanallarındaki sular üzerinde etkili olan ana faktörleri, faktör analizi ve temel bileşenler analizler yaparak belirlemek.

2. Materyal ve Yöntem

2. 1. Materyal

2. 1. 1. Coğrafi Konum

Çalışma alanı ülkemizin kuzeyinde Orta Karadeniz Bölgesinde 41° 10' - 41° 45' Kuzey enlemleri ve 35° 30' - 36° 15' Doğu Boylamları arasında Kızılırmak ile yan derelerin oluşturduğu delta ovasında yer almaktadır. Doğu – batı yönünde en uzun yer 60 km, Kuzey – Güney yönünde ise 32 km dir. Güneyi Orta Karadeniz bölümünün esas dağ sıralarını teşkil eden Canik sıra dağlarının uzantıları ile sınırlanmıştır. Araştırma sahasının yeri ve su numunesi alınan drenaj kanalların yerleri Şekil 1'de verilmiştir.

2. 1. 2. İklim Özellikleri

Çalışma alanında Karadeniz Bölgesinin ılıman iklim özellikleri görülmektedir. Bafra Meteoroloji Müdürlüğünden alınan uzun yıllar ortalama gözlem sonuçlarına göre en yağışlı ay Aralık, en kurak ay Temmuz ve yıllık yağış toplamı ise 722.5 mm dir. En sıcak ay Temmuz ayı ve en soğuk ay ise Ocak ayıdır (Anonim,

2009). Araştırma alanına ait ortalama iklim verileri Çizelge 1. de verilmiştir.

2. 1. 3. Toprak Özellikleri ve Su Kaynakları

Araştırma alanının toprakları Kızılırmak'ın getirdiği genç alüvyonlar tarafından oluşmuştur. Çalışma alanı Bafra İlçesinin altında 10 m kotunda başlayıp sahil kumullarına kadar olan bölümleri içermektedir. Göl ve deniz sedimentleri 2 m kotu altındaki Balık, Cernek ve Liman gölleri civarındaki alanlarda yer almıştır. Bafra Ovasının başlıca su kaynağı Kızılırmak Nehridir. Kızılırmak Nehri Derbent köyü mevkiinden ovaya girmekte ve ovayı iki parçaya ayırarak denize dökülmektedir.

2. 1. 4. Sulama ve Drenaj Tesisleri

Çalışma alanındaki sulama tesisleri suyunu 1991 yılında hizmete giren Derbent Barajı ve HES 'in kuyruk suyundan alan ve inşaatı 1991 yılından itibaren devam eden 14.279 ha lık alanı kapsayan sulama ve drenaj şebekesi oluşturmaktadır. Alanda 10 000 ha'lık alan sulamaya açılmış durumda ve çalışmalara devam edilmektedir

Çalışma sahasında henüz sulama şebekesinin tamamlanmadığı veya şebekenin tamamlanarak sulamaya açılan alanlarında farklı neden ile şebekeden sulama yapamayan çiftçiler yeraltı sularından veya drenaj kanallarından sulama yapmaktadır. Bafra Ovasında yeraltı suyu kalitesi denize yakın olan alanlarda C₄S₄ sınıfında bulunmaktadır (Arslan ve ark., 2007).

Bafra Ovası Sağ Sahil Sulama Şebekesinde proje kapsamında Koşuköy, Hacılar, Çorak, Badut, Boytar, Kuşaklama ve Bakırpınar ana drenaj kanalları açılmıştır. Ayrıca bu kanallara bağlı 300 km uzunluğunda tersiyer ve sekonder drenaj kanalları bulunmaktadır. Ovada bulunan 7 adet drenaj kanalı 10 000 ha lık sulama alanının drenajını sağlamaktadır.

2. 2. Yöntem

2. 2. 1. Drenaj Kanallarından Su Numunesi Alınması ve Analizler

Çalışma alanında önceki yıllarda açılmış olan Koşuköyü, Hacılar, Çorak, Badut, Boytar, Kuşaklama ve Bakırpınar drenaj



Şekil 1. Araştırma sahasının yeri ve su numunesi alına drenaj kanalları

Çizelge 1. Çalışma alanına ait bazı iklim parametrelerinin uzun yıllar ortalama değerleri

İklim Parametresi	AYLAR												Ort.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Yağış (mm)	91.2	48.9	54.9	55.6	38.1	33.4	26.3	52.5	71.8	79.6	79.9	100.4	722.5
Sıcaklık (°C)	5.7	6.9	7.8	11.2	15.6	20.2	22.7	22.3	19.0	15.1	12.0	8.4	13.9
Oransal Nem (%)	70	71	77	77	78	72	70	73	77	77	70	69	73

kanallarından Mayıs 2005 ile Nisan 2006 tarihleri arasındaki dönemde aylık olarak su numuneleri alınmıştır. Su örneklerinin alınmasında Ayyıldız (1990)' da verilen kriterler kullanılmıştır. Örnekler ikişer litrelik lastik tıpalı şişelere alınmış ve kanal isimleri etiketlenmiştir. Çalışma alanına ait suların özelliklerinin belirlenmesi amacıyla örnekler üzerinde EC, pH, Na⁺, Ca²⁺, K⁺, Mg²⁺, CO₃²⁻, HCO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻ ve toplam sertlik analizleri yapılmış, %Na, RSC (kalıcı sodyum karbonat) ve SAR (Sodyum Adsorbsiyon Oranı) hesaplanmıştır. Sulama suyu örneklerinin elektriksel iletkenliği EC metre aleti ile, pH ise cam elektrotlu pH metre ile belirlenmiştir.

Kalsiyum (Ca²⁺), Magnezyum (Mg²⁺) ve toplam sertlik: EDTA ile titrimetrik olarak belirlenmiştir. Sodyum (Na⁺) ve Potasyum (K⁺) fleymfotometrik yöntemle belirlenmiştir. Karbonat (CO₃²⁻) ve Bikarbonat (HCO₃⁻): karbonat için fenol fitaleyn, bikarbonat için metiloranj indikatörleri kullanılarak sülfirik asitle titrimetrik olarak belirlenmiştir. Klor (Cl⁻) potasyum kromat indikatörü kullanılarak gümüş nitrat ile titrimetrik olarak belirlenmiştir. Sülfat (SO₄²⁻) baryumsülfat biçiminde çökeltme yöntemine göre saptanmıştır (Ayyıldız, 1990).

SAR değerlerinin belirlenmesinde Birleşik Amerika Tuzluluk laboratuvarınca geliştirilmiş olan 1 nolu eşitlik kullanılmıştır (USSL 1954).

Bu eşitlik de Na^+ , Ca^{2+} ve Mg^{2+} değerleri me/l olarak ifade edilmiştir.

$$(1) \quad SAR = \frac{Na}{\sqrt{(Ca + Mg)/2}}$$

RSC değerinin hesaplanmasında Eaton (1950) tarafından geliştirilen 2 nolu eşitlik kullanılmıştır. Bu eşitlikde kullanılan bütün iyonlar me/l olarak ifade edilmiştir. RSC değerinin eksi olduğu kuyular RSC açısından herhangi bir sorun oluşturmadığı için eksi değerde olan kuyuların RSC değeri sıfır olarak kabul edilmiştir.

$$(2) \quad RSC = (CO_3 + HCO_3) - (Ca + Mg)$$

%Na değerinin hesaplanmasında 3 nolu eşitlik kullanılmıştır. Bu eşitlik de kullanılan bütün iyonlar me/l olarak ifade edilmiştir.

$$(3) \quad \%Na = \frac{100xNa}{Na + Ca + K + Mg}$$

2. 2. 2. Çok Değişkenli Analizler

Bilimsel araştırmalarda, araştırmaya konu olan olaylar veya nesnelere her birey için aynı anda ölçülebilen bir veya birden çok değişken tarafından etkilenebilirler. Birden çok değişkenin ayrı ayrı ele alınarak analiz edilmesi, gerçek durumu açıklamayabilir. Çünkü değişkenlerin ayrı ayrı analiz edilmesi, değişkenler arasındaki ilişkileri dikkate almamak demektir. Ancak gözlemlenen bu çok sayıda değişken arasında az veya çok bir ilişkinin olması beklenmektedir. Bu amaçla "Çok Değişkenli Analiz Yöntemleri" geliştirilmiştir. Çok değişkenli istatistiksel analiz, çok sayıda değişken arasındaki ilişkileri ölçme ve açıklamada kullanılan yöntemler topluluğunu ifade etmekte olup en çok kullanılanları kümeleme analizi, temel bileşenler analizi ve faktör analizidir (Çakır, 1994).

Kümeleme analizi verilen bir örnek setindeki örnekleri ve o örnekleri tanımlayan değişkenleri sahip oldukları benzerliklere göre sınıflayan bir metottur. Kümeleme analizinin en büyük problemi uygun küme sayısının belirlenmesidir. Uygun küme sayısının belirlenmesini sağlayan kesin bir ifade bulunmamasıyla birlikte bir takım yardımcı

testler mevcuttur. Bunlardan en önemlisi ağaç yapısı şeklindeki Dendogram adı verilen geometridir. Dendogramda görsel olarak da uygun küme sayısının belirlenmesi sağlanabilmektedir (Yılmaz ve Büyükyılmaz, 2009).

Değişkenler çoğaldıkça, değişkenlerin ölçüldüğü ölçekler de birbirinden farklılık gösterebilmektedir. Bu nedenle, verilerin analizi yapılmadan önce standartlaştırılması gerekir. Farklı değişkenlerin birlikte analiz yapılması yanlıştır ve sonuçların hatalı çıkmasına neden olacaktır. Bundan dolayı analizdeki tüm değişkenleri aynı değerler ile ifade etmek gerekir. En yaygın standartlaştırma biçimi, değişkenlerin Z-Puanları olarak da bilinen standart değerlere dönüştürmektir. Böylece bütün veriler, aritmetik ortalaması "0" ve standart sapması "1" olan bir dağılım haline dönüştürülür; böylece farklı ölçekteki veriler aynı esasa getirilerek standartlaştırılmış olur (Uçar, 2007). Verilerin standartlaştırılması aşağıdaki bağıntı ile yapılır;

$$(4) \quad Z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{S}$$

Z_i : i.değişkene ait Z-puanlarına dönüştürülmüş değer,

X_i : X değişkene ait i. gözlem değerini,

\bar{x} : X değişkenin ortalaması,

S : Örnek değerine ait standart sapmayı ifade etmektedir (Özdamar, 2004).

Bu çalışmada hiyerarşik kümeleme analizi (HKA) uygulanmış ve öklit uzaklığı ve ward kümeleme algoritması seçilmiş ve drenaj kanallarına ait veriler z puanlarına dönüştürülerek standartlaştırılmıştır.

Faktör analizi p değişkenli bir olayda birbiri ile ilişkili değişkenleri bir araya getirerek, az sayıda yeni ilişkisiz değişken bulmayı amaçlayan, bir başka ifade ile temel amacı boyut indirgeme ve bağımlılık yapısını yok etme olan çok değişkenli analiz tekniklerinden biridir.

Temel bileşenler analizi ve faktör analizi veri yığınlarıyla ilgilenen araştırmacılar için ellerindeki parametre sayısının mümkün olduğunca verinin büyük kısmını açıklayacak şekilde azaltılmasına imkan sağlayan çok

değişkenli istatistiki yöntemlerden bir tanesidir. Burada en önemli faktör ana bileşen sayısının belirlenmesidir. Ana bileşen sayısının belirlenmesinde özdeğeri 1 den büyük olanlar seçilir ve böylece ana bileşen sayısı belirlenir. Bir çok çalışmada bu yöntem uygulanmıştır (Adams ve ark. 2011, Kim ve ark. 2005, Liu ve ark. 2008, Akbal ve ark., 2011). Faktör analizi sonucunda elde edilen faktörler, $f > 0.75$ güçlü, $0.50 < f < 0.75$ orta ve $0.30 < f < 0.50$ ise zayıf olarak değerlendirilir (Liu ve ark. 2003). Çalışmada faktörlere ait yüklerin varyanslarını maksimize ederek faktör sayısını azaltmayı amaçlayan varimax rotasyonu temel bileşenler analizinde uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan tüm istatistik hesaplamaları için SPSS paket programı kullanılmıştır.

4.Bulgular

Çalışma alanındaki drenaj kanallarındaki su kalitelerine ait istatistiki bilgiler Çizelge 2 de verilmiştir.

4.1. Kümeleme analizi (HKA)

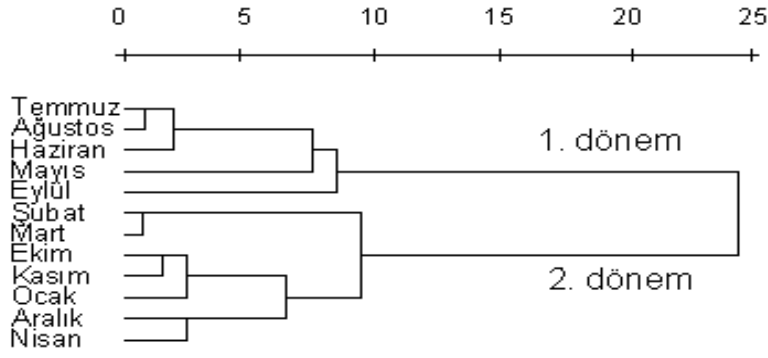
Drenaj kanallarının su özelliklerinin yıl içerisindeki değişimlerini belirlemek amacıyla 7 adet drenaj kanalından alınan suların aylık ortalama değerleri hesaplanmış ve bu değerlere HKA uygulanmıştır. Şekil 2. de örnekleme dönemine ait dendogram verilmiştir. Drenaj kanallarının su kalitelerine bağlı olarak 2 farklı dönem oluşmuştur. Bunlardan birinci dönem Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarından, ikinci dönem ise Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart ve Nisan aylarından oluşmuştur. Dönemler arasındaki su kalitelerinin değişiminin daha net ortaya konulabilmesi amacıyla, Şekil 3 de dönemlerdeki, en küçük, en büyük ve ortalama değerleri ifade eden grafik verilmiştir. Dönemler arasında suların EC , Na^+ , HCO_3^- , Cl^- , Mg^{2+} , değerleri arasında farklılık oluşmuştur. Bununla birlikte dönemler arasındaki pH , K^+ , Ca^{2+} , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} ve sertlik değerleri arasında ise çok fazla bir farklılık olmadığı belirlenmiştir. Birinci dönemin ortalama EC değeri 1,81 dS/m, Na^+ değeri 9,36 me/l, HCO_3^- değeri 4,44 me/l, Cl^- değeri 9,14 me/l ve Mg^{2+} değeri 5,31 me/l olmuştur. İkinci dönemin EC değeri 2,36 dS/m, Na^+ değeri 12,56 me/l, HCO_3^- değeri 10,22 me/l, Cl^- değeri 10,43 me/l ve Mg^{2+} değeri 8,70 me/l olmuştur. Birinci

dönemdeki EC , Na^+ , HCO_3^- , Cl^- ve Mg^{2+} değerleri ikinci dönemden daha düşüktür. Genel anlamda bu değerler suların tuzluluğu ile ilişkilidir. Suların tuzluluk değerlerinin ikinci dönemde daha fazla olduğu görülmektedir. İkinci dönemin içerisinde bulunan aylar, sulama mevsiminin olmadığı ve alan üzerinde yağışların etkili olduğu aylardan oluşmuştur. Bu durumda drenaj kanallarındaki suların tuz değerlerinin çok düşük seviyelerde olması beklenmektedir. Ancak sulamanın olmadığı ikinci dönemdeki kanallarda yüksek tuzluluk seviyesinin, sulama mevsimi boyunca toprakta biriken tuzların drenaj kanalları vasıtasıyla yıkanması sonucu olduğu düşünülmektedir. Cemek ve ark. (2006) Bafra ovasında yapmış oldukları çalışmada toprak tuzluluk değerlerinin sulama mevsiminin sonunda çok yüksek değerlere ulaştığı ve kış yağışları ile bunların yıkanarak sulama mevsimi başlangıcında toprakların tuz değerlerinin tekrar azaldığını belirlemişlerdir.

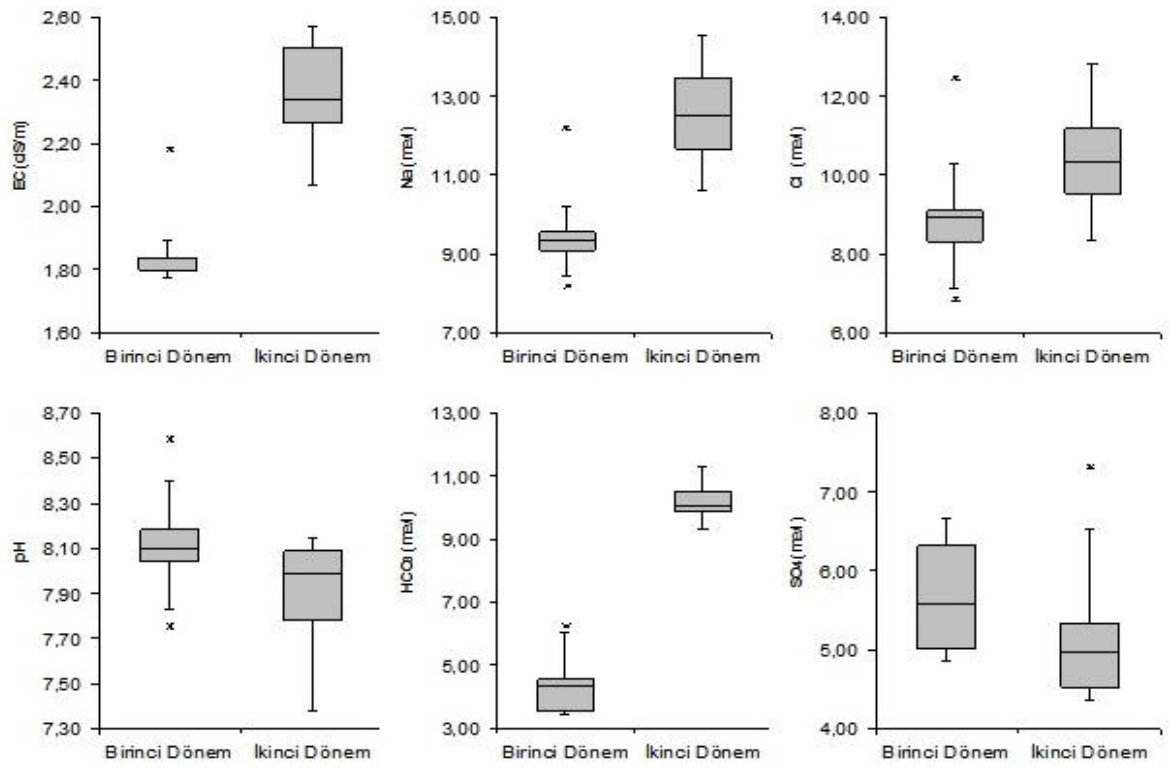
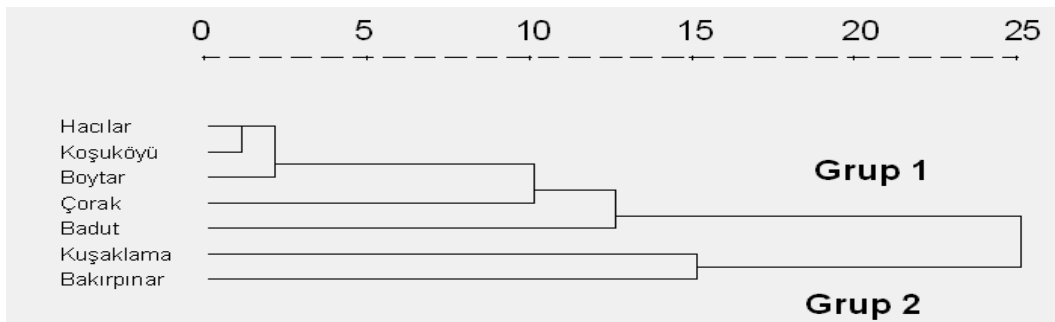
Bafra ovasında mevsim şartlarına bağlı olmakla birlikte genelde sulama mevsimi Nisan ayının son haftası ile Eylül ayının son haftası arasındaki tarihlere dir. HKA na göre birinci dönemin içerisinde olduğu aylar ovada sulamanın olduğu aylar ile aynıdır. İkinci dönem ise sulamanın olmadığı aylardan oluşmuştur. Su kalitelerine göre drenaj kanallarının birbirlerine yakın özellikler içerisinde olduğunu ve hangi bölgelerdeki topraklarda tuzluluğun daha fazla olduğunu belirlemek amacıyla kanallardaki suların özelliklerinin yıllık ortalama değerleri kullanılarak HKA yapılmıştır. Kümeleme analizine ait dendogram Şekil 4 de verilmiştir. Buradan 2 farklı grup oluştuğu açıkça görülmektedir. Koşuköyü, Hacılar, Çorak, Badut ve Boytar drenaj kanalları birinci grubu, Kuşaklama ve Bakırpınar Drenaj kanalları ise ikinci grubu oluşturmaktadır. Şekil 5 de dönemlerdeki, en küçük, en büyük ve ortalama değerleri ifade eden grafik verilmiştir. Birinci grupta bulunan drenaj kanallarındaki suların EC , Na^+ , Cl^- , %Na, ve SAR değerlerinin ikinci gruptaki drenaj kanallarından daha düşük olduğu SO_4^{2-} değerinin ise daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Diğer özellikler bakımından ise gruplar arasında çok farklılık bulunmamaktadır. Birinci grubun ortalama EC değeri 2,00 dS/m,

Çizelge 2. Su kalitelerine ait istatistiki bilgiler

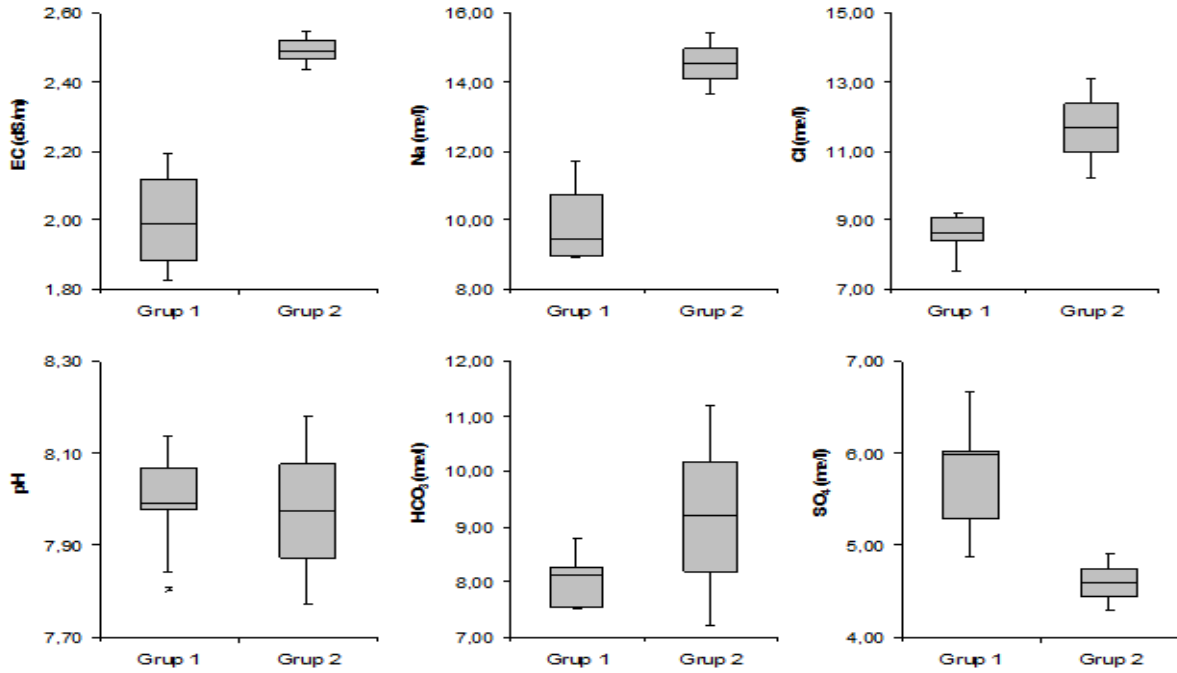
Drenaj kanalları		RSC	pH	EC (dS/m)	Na ⁺ (me/l)	K ⁺ (me/l)	Ca ²⁺ (me/l)	Mg ²⁺ (me/l)	CO ₃ ²⁻ (me/l)	HCO ₃ ⁻ (me/l)	Cl ⁻ (me/l)	SO ₄ ²⁻ (me/l)	Na (%)	SAR	Sertlik
Bakırpınar	Ortalama	1,49	7,77	2,44	13,66	0,23	3,89	7,99	0,06	11,18	10,23	4,30	51,02	5,48	59,40
	Minimum	0,00	7,10	1,12	4,70	0,09	2,25	4,00	0,00	3,80	4,60	1,86	36,43	2,35	40,00
	Maksimum	3,95	8,60	3,51	19,57	0,63	5,60	11,90	0,50	17,50	14,00	7,31	61,12	7,91	75,75
	S. Sapma	1,59	0,39	0,79	5,61	0,15	1,15	3,04	0,16	5,88	2,85	1,68	7,59	1,92	10,84
Badut	Ortalama	0,00	7,81	1,82	8,97	0,13	4,98	6,48	0,00	8,12	7,52	4,88	43,64	3,74	57,28
	Minimum	0,00	7,47	1,07	4,44	0,09	3,05	3,40	0,00	4,25	3,20	1,91	38,89	2,47	32,30
	Maksimum	0,00	8,40	2,30	10,78	0,18	6,50	8,75	0,00	12,50	9,00	10,65	47,00	4,31	71,25
	S. Sapma	0,00	0,27	0,30	1,63	0,03	0,97	1,86	0,00	3,40	1,72	2,31	3,07	0,49	11,15
Boytar	Ortalama	0,00	8,14	1,88	9,43	0,25	4,02	7,58	0,09	7,53	8,39	5,28	44,42	3,94	58,05
	Minimum	0,00	7,50	1,51	7,00	0,10	2,25	4,40	0,00	3,00	7,60	4,18	38,30	3,25	41,00
	Maksimum	0,00	8,70	2,38	11,48	0,41	5,40	10,60	0,35	11,10	9,50	7,43	50,60	4,79	80,00
	S. Sapma	0,00	0,37	0,22	1,41	0,11	1,02	2,13	0,14	2,74	0,56	0,89	4,02	0,51	10,61
Çorak	Ortalama	0,00	7,99	1,99	8,92	0,20	6,52	7,91	0,00	8,26	8,62	6,67	38,68	3,39	72,20
	Minimum	0,00	7,40	1,63	6,96	0,12	4,00	4,25	0,00	3,85	6,70	1,63	30,80	2,58	45,00
	Maksimum	0,00	8,80	2,41	11,30	0,32	14,80	10,30	0,00	11,30	14,80	16,99	49,20	4,34	125,50
	S. Sapma	0,00	0,34	0,26	1,52	0,07	2,98	2,30	0,00	2,87	2,20	3,79	6,54	0,58	22,25
Hacılar	Ortalama	0,00	8,07	2,19	11,70	0,27	4,54	7,47	0,00	8,78	9,21	5,99	48,70	4,78	60,05
	Minimum	0,00	7,30	1,64	8,69	0,13	3,00	3,80	0,00	3,90	7,20	4,40	43,56	3,91	43,00
	Maksimum	0,00	8,80	2,62	15,65	0,54	6,15	10,70	0,00	12,40	11,00	7,92	55,20	6,11	80,00
	S. Sapma	0,00	0,39	0,33	2,37	0,14	0,90	2,24	0,00	3,10	1,09	1,22	3,83	0,77	10,40
Koşuköyü	Ortalama	0,00	7,98	2,12	10,73	0,22	4,67	7,12	0,11	7,55	9,05	6,02	47,44	4,44	58,97
	Minimum	0,00	7,40	1,60	7,83	0,12	3,50	3,65	0,00	2,50	7,80	4,68	40,47	3,29	39,00
	Maksimum	0,00	8,70	2,68	16,35	0,35	7,75	11,00	0,40	12,15	10,00	8,02	54,20	6,29	78,80
	S. Sapma	0,00	0,39	0,45	2,41	0,08	1,14	2,37	0,16	3,56	0,73	1,16	4,68	0,73	14,62
Kuşaklama	Ortalama	0,00	8,18	2,55	15,42	0,21	2,74	7,15	0,33	7,20	13,09	4,90	58,37	6,86	49,47
	Minimum	0,00	7,20	1,50	7,30	0,14	1,25	4,40	0,00	1,35	7,20	0,36	39,98	3,15	36,25
	Maksimum	0,00	8,70	4,20	28,70	0,26	4,60	10,25	2,40	7,00	32,00	8,41	72,70	12,53	68,80
	S. Sapma	0,00	0,42	0,90	6,86	0,04	0,82	1,84	0,73	1,66	8,07	1,96	8,91	2,70	9,09



Şekil 2. Örnekleme dönemine ait dendrogram

Şekil 3. Dönemlere ait su kalite parametrelerinden bazıları (EC, Na, Cl, pH, HCO₃⁻ ve SO₄²⁻)

Şekil 4. Drenaj kanallarına ait dendrogramı



Şekil 5. Gruplara ait su kalite parametrelerinden bazıları (EC, Na, pH, HCO₃⁻, Cl⁻ ve SO₄²⁻)

Na⁺ değeri 9,95 me/l, Cl⁻ değeri 8,56 me/l, %Na değeri 44,58 ve SAR değeri 4,06 olmuştur. İkinci grubun EC değeri 2,49 dS/m, Na⁺ değeri 14,54 me/l, Cl⁻ değeri 11,56 me/l, %Na değeri 54,69 ve SAR değeri 6,17 olmuştur. Bu değerler Kuşaklama ve Bakırpınar drenaj kanallarının sularının birinci grup da bulunan drenaj kanallarındaki sulardan daha tuzlu olduğunu göstermiştir. Bu durumun kanalların geçmiş oldukları bölgelerdeki topraklar ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Bunun ikinci grupta bulunan drenaj kanallarının geçmiş oldukları alanların topraklarındaki tuzluluk değerlerinin, birinci gruptaki drenaj kanallarının geçmiş olduğu tarım alanlarına göre daha tuzlu olduğunun bir göstergesi olabileceği düşünülmektedir.

4.2. Faktör Analizi (FA) ve Temel Bileşenler Analizi (TBA)

7 drenaj kanalına ait 14 parametre ile yapılan faktör analizi ve temel bileşenler analizi sonuçları Çizelge 3 de verilmiştir. Özdeğeri 1 den büyük olan 3 faktör oluşmuştur. Bu 3 faktör toplam varyansın %91,05'ini açıklamaktadır. 1.faktör toplam varyansın %52,13'ünü açıklamakta olup, bu faktörde %Na, SAR, Na⁺,

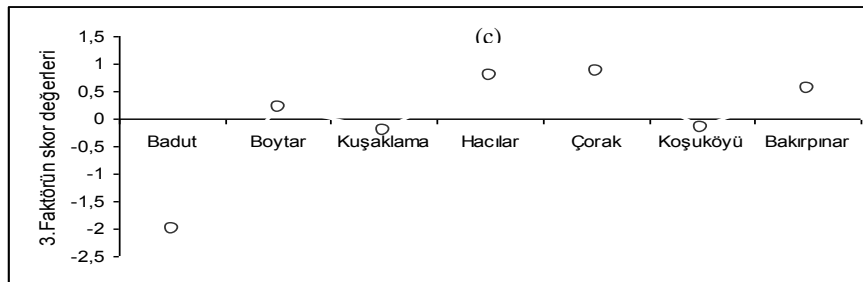
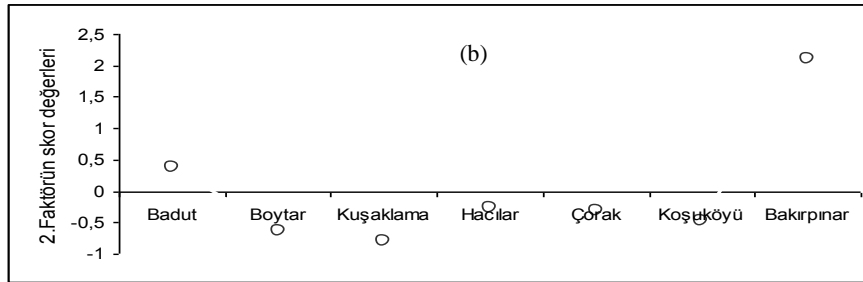
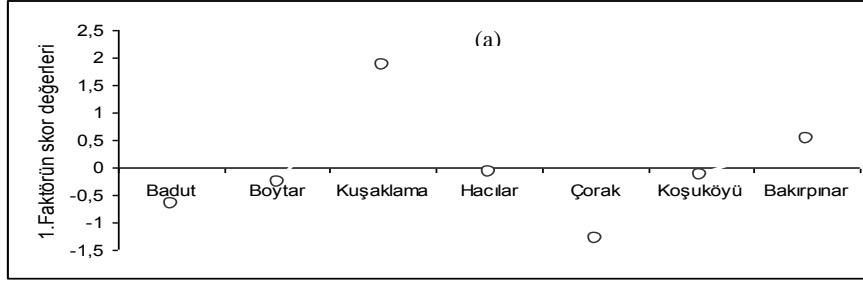
Ca²⁺, Cl⁻, CO₃²⁻, EC pozitif yönde güçlü, sertlik negatif yönde güçlü ve SO₄²⁻ ise negatif yönde orta derecede temsil edilmektedir. Su kalitesine ait parametrelerin çoğunu bünyesinde toplayan 1. faktörün toplam varyansın açıklama payına da bakıldığında bu faktörün su kalitesini tek başına temsil edebilecek bir karakter taşıyabileceği görülmektedir. Bu faktör tuzluluk faktörü olup, bu faktördeki suların tuzlu sular olduğu ve daha çok geçmiş oldukları alanlardaki toprak yapısına bağlı oldukları düşünülmektedir. Faktörlerin hangi drenaj kanallarında etkili olduğunu belirlemek için Şekil 6 da drenaj kanallarına ait faktör skor sonuçları verilmiştir. Şekil 6a incelendiğinde 1. faktörün skor sonuç değerleri görülmektedir. Buna göre bu faktörün en çok etkili olduğu drenaj kanalları Kuşaklama ve Bakırpınar' dır.

2. faktör toplam varyansın % 23,20'sini açıklamaktadır. Bu faktörde RSC ve HCO₃²⁻ pozitif yönde güçlü ve pH ise negatif yönde güçlü olarak temsil edilmektedir. RSC nin hesaplanmasında HCO₃²⁻ kullanıldığı için RSC değeri ile HCO₃²⁻ aynı faktör içerisinde olması beklenen bir durumdur. HCO₃²⁻ tatlı suyun bir göstergesi olması, bu faktörün tatlı su faktörü olduğunu düşündürmektedir. Şekil 6b

Çizelge 2. Döndürülmüş faktör yapısı matrisi

Değişkenler	Faktörler		
	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3
%Na	0,986**	0,047	0,007
SAR	0,981**	0,072	0,103
Na ⁺	0,941**	0,191	0,208
Ca ²⁺	-0,928**	-0,006	0,115
Cl ⁻	0,916**	-0,074	0,236
CO ₃ ²⁻	0,873**	-0,342	-0,053
EC	0,850**	0,239	0,359
Sertlik	-0,830**	0,105	0,456
SO ₄ ⁻	-0,593*	-0,580*	0,405
RSC	-0,016	0,938**	0,311
HCO ₃ ⁻	0,233	0,926**	0,240
pH	0,334	-0,849**	0,331
Mg ²⁺	-0,072	0,292	0,911**
K ⁺	0,202	-0,077	0,805**
Öz değerler	7,30	3,25	2,20
Açıklama payı (%)	52,13	23,20	15,72
Birikimli açıklama payı	52,13	75,33	91,05

(** güçlü (p > 0.75)); (* orta (0.50 – 0.75))



Şekil 6. Drenaj kanallarına ait faktör skorları (a) 1. faktör, (b) 2.faktör ve (c) 3.faktör

incelendiğinde bu faktörün en çok Bakırpınar ve Badut drenaj kanallarında etkili olduğu görülmektedir. 3. faktör toplam varyansın %15.72'sini açıklamakta olup, Mg^{2+} ve K^+ pozitif yönde güçlü olarak temsil ediliyor olması bu faktörün mineral karakterli bir faktör olduğunun göstergesidir. Şekil 6c incelendiğinde bu faktörün Çorak, Hacılar ve Bakırpınar drenaj kanallarında etkili olduğu görülmektedir

5. Sonuç

Çalışmada ülkemizin en büyük ovalarından bir tanesi olan Bafra Ovasındaki 7 adet ana drenaj kanalından bir yıl süreyle su numunesi alınmış ve 14 parametreye göre kümeleme analizi, faktör analizi ve temel bileşenler analizleri yapılmıştır. Drenaj kanallarından alınan suların özelliklerinin aylık ortalama değerlerine göre kümeleme analizi yapılmış ve sonuç olarak alanda suların özellikleri açısından 2 farklı dönem olduğu belirlenmiştir. Bunlardan birinci dönem içerisinde Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları bulunmaktadır. İkinci dönemde ise Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart ve Nisan ayları bulunmaktadır. Bu drenaj kanallarındaki suların özelliklerinin mevsimsel olarak değiştiğini göstermiştir.

Birinci dönemde suların tuzluluk değerlerinin, ikinci dönemden daha küçük olduğu belirlenmiştir. Birinci dönemde alanda sulama mevsiminin olması nedeniyle sulama ile birlikte toprakta tuz birikmesi olduğu ve bu nedenle de drenaj kanallarının tuzluluk seviyelerinin az olduğu düşünülmektedir. İkinci dönemde ise drenaj kanallarındaki suların tuzluluklarının fazla olmasının nedeninin, bu dönemin yağışlı geçmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu yağışlar yoluyla alanda sulama mevsimi boyunca biriken tuzlar yıkanarak drenaj kanalları vasıtasıyla uzaklaştırılmaktadır

Ayrıca drenaj kanalları su özelliklerine göre kendi aralarında gruplandırılmış ve su özelliklerine göre 2 farklı grup oluşmuştur. İkinci grup da olan Kuşaklama ve Bakırpınar drenaj kanallarının sularının daha tuzlu olduğu belirlenmiştir.

Temel bileşenler analizi sonucunda özdeğeri 1 den büyük olan 3 bileşen seçilmiş ve

ana bileşen sayısı 3 olarak belirlenmiştir. Seçilen ilk 3 ana bileşenin toplam varyansın %91,05 ini açıklamaktadır. Sonuç olarak toplam verinin tamamını ifade eden 14 bileşenin Temel Bileşenler Analizi sonucunda toplam verinin büyük bir kısmını açıkladığı görülmüştür. Temel bileşenler analizi ile kümeleme analizi sonuçları birbiriyle çok yakın benzerlik göstermiştir. Her iki analiz sonucuna göre de alandaki en tuzlu suların Kuşaklama ve Bakırpınar drenaj kanallarında olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmada çok değişkenli analizlerin drenaj kanallarındaki su kalitesinin izlenmesinde yararlı olduğu görülmüştür. Tarım alanlarında tuzlanmanın sorun olduğu alanların bu yöntem sayesinde kolay bir şekilde belirlenebileceği ve izlenebileceği tahmin edilmektedir. Ayrıca özellikle tarımda yanlış uygulamalardan dolayı oluşan ve drenaj kanalları ile alandan uzaklaşarak tatlı su kaynaklarının kirlenmesine neden olan, tarımsal kirlenmenin hangi bölgelerde daha fazla olduğunun belirlenmesi yönünden bu tür çalışmaların yapılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Adams, S., Titus, R., Pietersen, K., Tredoux, G., Haris, C., 2011. Hydrochemical characteristics of aquifers near Sutherland in the Western Karoo, South Africa, *Journal of Hydrology* 241 (2001) 91–103.
- Akbal, F., Gürel, L., Bahadır, T., Güler, I., Bakan., G. Büyükgüngör., 2011. Multivariate Statistical Techniques for the Assessment of Surface Water Quality at the Mid-Black Sea Coast of Turkey, *Water Air Soil Pollut* (2011) 216:21–37.
- Altın, A., Filiz, Z., Iscen, F.C., 2009. Assessment of seasonal variations of surface water quality characteristics for Porsuk Stream. *Environ Monit Assess* 158:51-65.
- Anonim 2009. Bafra Meteoroloji İstasyonu İklim Verileri. Samsun.
- Arslan, H., Güler, M., Cemek, B., Demir, Y., 2007. Bafra Ovası Yeraltı Suyu Kalitesinin Sulama Açısından Değerlendirilmesi. *Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 4(2): 219-226.
- Ayyıldız, A., 1990. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ders Kitabı 344, Ankara.
- Byuiyan, MAH., Rakip, M.A., Dampare, S.B., Ganyaglo, S., Suziki, S., 2011. Surface Water Quality Assessment in the Central Park of Bangladesh Using Multivariate Analysis. *KSCE Journal of Civil Engineering* 15(6):995-1003.
- Çakır, F., 1994. Karşılıklı Bağımlılığın Ölçüsünde Kümeleme Analizi ve Bir Uygulama. Marmara

- Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Cemek, B., Güler, M., Arslan, H., 2006. Bafra Ovası Sağ Sahil Sulama Alanındaki Tuzluluk Dağılımının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)Kullanılarak Belirlenmesi, Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg. 37 (1), 63-72.
- Eaton, F.M., 1950. Significance Of Carbonates İn Irrigation Waters Soil. Sci. 69: 123-133.
- Kim, J.H., Kim, R.H., Lee, J., Cheong, T.J., Yum, B.W., Chang, H.W., 2005 Multivariate statistical analysis to identify the major factors governing groundwater quality in the coastal area of Kimje, South Korea. Hydrological Processes 19, 1261-1276.
- Liu, C.W., Lin, K.H., Kuo, Y.M., 2003. Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a blackfoot disease area in Taiwan. The Science of the Total Environment, 313, 77-89.
- Liu, C.W., Jang, S.C., Chen, C.P., Lin, C.N., Lou, K.L., 2008 Characterization of groundwater quality in Kinmen Island using multivariate analysis and geochemical modelling. Hydrol Processes 22:376-383.
- Oğuzer, V., 1978. Aşağı Seyhan Ovası Drenaj kanallarından alınan örneklerden tuz değişiminin yağışlar ile karşılaştırılması.TÜBİTAK VI. Bilimsel Toplantısı 17- 21.10.1977,Ankara.
- Oğuzer,V., 1990. Drenaj ve Arazi Islahı Ders Kitabı Ç.Ü.Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Özdamar, K., 2004. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi (Çok Değişkenli Analizler), Kaan Kitapevi, 502s. Eskişehir.
- Uçar, N., 2007. SPSS Uygulamalı Çok değişkenli İstatistik Teknikleri, (Kalaycı, Ş. editör) 1.Baskı, BRC Matbacılık, Ankara, 17: 349-376.
- U.S.S.L 1954. U.S.Salinity Lab. Staff. Diagnosis and Improvement Saline and Alkali Soils. Agriculture Handbook 60, USA.
- Yılmaz, T., Bahçeci, İ., Tarus, C., 1981. Konya Ovası Ana Tahliye Kanalının Su Kalitesi. Topraksu Araş. Enst. Müd. Yayınları. Genel Yayın No:77, Rapor No:63, Konya.
- Yılmaz, V., Büyükyılmaz, M., 2009. Batı Karadeniz Suları Havzasındaki Yüzey Suyu Kalitesi Parametrelerindeki Değişimin İncelenmesi ve Cluster Analizi ile İstasyonların Sınıflandırılması, 5.Uluslararası İleri teknolojiler Sempozyumu (IATS'09) 13-15 Mayıs 2009, Karabük.
- Zhao, Z., Cui, F., 2009. Multivariate statistical analysis fort the surface water quality of the Luan River, China. Journa of Zheijang Universty Science A 10(1):142-148.