

## Bafra Ovası Sağ Sahil Sulama Alanındaki Tuzluluk Dağılımının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak Belirlenmesi

**Bilal CEMEK**

Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Tokat ([bcemek@gop.edu.tr](mailto:bcemek@gop.edu.tr))

**Mustafa GÜLER**

Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Samsun

**Hakan ARSLAN**

Devlet Su İşleri VII. Bölge Müdürlüğü

**Geliş Tarihi : 06.05.2005**

**Özet:** Bu araştırmada, Bafra Ovası sağ sahil sulama alanında bulunan tarım arazilerinin tuzluluk durumu ve bunların mevsimsel olarak değişimlerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma alanında, tuzluluk dağılımının belirlenmesi için 60 farklı noktadan ve 0-30, 30-60, 60-90 ve 90-120 cm derinliklerden Ağustos 2003 ve Mart 2004 tarihlerinde toprak örnekleri alınmış ve laboratuvar analizleri yapılmıştır. Araştırma sonucunda Ağustos 2003 tarihinde çalışma alanının % 17 sine karşılık gelen 1 404 ha alanda tuzluluğun 4 dS/m'den fazla olduğu, Mart 2004 tarihinde ise aynı tuzluluk değerine sahip alanın % 1'e düştüğü belirlenmiştir. Sonbahar ve kış yağışları ile yıkanmanın fazla olmasına rağmen denize yakın bölgelerde drenaj sisteminin tamamlanmamış olması nedeniyle tuzluluk probleminin devam ettiği tespit edilmiştir. Toprak profilleri göz önünde alındığında yüzeyden aşağıya doğru gidildikçe tuzluluğun arttığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Taban Suyu, Tuzluluk, Coğrafi Bilgi Sistemleri

### Determination of Salinity Distribution Using GIS in Bafra Plain Right Land Irrigated Area

**Abstract:** In this study, it was aimed to determine salinity properties and seasonal variation using Geographical Information Systems (GIS) in Bafra Plain right land irrigated area. To achieve the purpose, soil samples were taken 60 different points and 0-30, 30-60, 60-90 and 90-120 cm depth of soil profiles in August 2003 – March 2004 and analyzed in the laboratory. Result of study, electrical conductivity values were found above 4 dS/m in the part 14% of total area (1404 ha) in August 2003. But this area decreased to %1 in March 2004. Although leaching has increased by autumn and winter precipitation, it was determined that salinity problem has continued as drainage system has not been completed yet in the coastal region. In addition, soil salinity increased from surface to the lower depth.

**Key words:** Ground Water, Salinity, Geographical Information Systems

### GİRİŞ

Tuzluluk, tarımsal üretimde dünya genelinde en önemli sorunların başında gelmektedir. Bir çok alanda, tuzluluk nedeniyle tarımsal üretim azalmakta ve daha da önemlisi tarımsal faaliyetlere son verilmektedir. Büyük oranda sulama yapılan ülkelerde sulama yapılan alanların yaklaşık üçte biri tuzluluktan büyük oranda etkilenmiş ve yakın gelecekte etkilenmesi beklenmektedir. Bu oran Pakistan'da %14, Çin'de %15, Hindistan'da %27, Mısır'da %30 ve Irak'ta ise %50'lere ulaşmaktadır (Özkaldı ve ark.2004).

Sulama ve drenaj hangi iklim kuşağında olursa olsun üretimde devamlılığı sağlayan, diğer gelişim etmenlerinin değerlendirilmesine olanak veren temel Kültürteknik uygulamalarıdır. Bitki kök bölgesindeki nem kontrolü, iyi planlanmış sulama ve drenaj sistemleri ile mümkün olmaktadır. Sulama ve drenaj ilişkileri çözümlenememiş alanlarda sulamalar sonrasında toprakta su-hava dengesinin hava aleyhine bozulması nedeniyle yüksek taban suyu, tuzluluk ve sodyumluluk sorunları ortaya çıkmakta, bunun sonucunda da verim hızla azalmaktadır.

Kurak ve yarı kurak bölgelerde topraktaki fazla su çoğunlukla çoraklık sorunu yaratmaktadır. Belirli mevsimlerde buharlaşma yoluyla bitki kök bölgesinden uzaklaşan su, erimiş tuzları toprakta bırakmakta ve bunun sonucu olarak kültür bitkileri için uygun olmayan bir ortam olmaktadır. Büyük bir çoğunlukta yüksek taban suyu seviyesinin mevcut olduğu çorak topraklarda ıslah çalışmasının yapılabilmesi, öncelikle bitkiler için zararlı miktarda erimiş tuz içeren taban suyu düzeyinin kök bölgesinden uzaklaştırılmasına bağlıdır (Apan,1992).

Kültür bitkileri çimlenmeden hasada kadar gelişmelerinin değişik dönemlerinde tuzluluğa karşı farklı direnç gösterirler. Genellikle üst toprak tuzluluğu 4 dS/m den yüksekse çimlenme ve erken ekimde gelişme durur veya geriler (Kanber ve ark.1992).

Tuz birikimi toprağın hidrolik iletkenliği ile yakından ilişkilidir. Killi, ağır bünyeli bir toprağın tuzlulaşma tehlikesi, kumlu hafif bünyeli bir topraktan daha fazladır. Yüksek düzeyde sodyum içeren (SAR>10) sulama suyunun düşük hidrolik

iletkenlikteki bir toprakta uygulanması geçirgenlikte ileri düzeyde bir azalmaya neden olabilir (Henderson,1958).

Ülkemizin denizlerle çevrili olması nedeniyle, kıyı bölgelerde yer alan tarım alanlarında drenaj sularının araziden uzaklaştırılması için denizler çok uygun noktalar. Deniz yüzeyine olan yükseklik farkı nedeniyle toprak yüzeyinin hemen altında ve yüzeye yakın olan taban suyu ile deniz suyu bir denge halindedir. Aralarındaki tuz konsantrasyonu nedeniyle deniz suyunun karalara ilerlemesi sınırlanmaktadır. Bu bölgede sulama suyu olarak taban suyunun ya da yer altı suyunun kullanılması büyük sorunları da beraberinde getirmektedir. Toprakta suyun alınması ile yukarıda sözü edilen dengeler bozulmuş olacaktır. Toprak içerisinde nem düzeyinin düşmesi sonucunda da deniz suyu tarım arazilerine doğru akışa geçecektir. Taban suyu ile karışan deniz suyu toprak içerisindeki tuz dengesini artış yönünde bozacak ve arazinin tarım alanı olarak kullanımını ortadan kaldıracaktır (Willardson,1998, Kara ve Apan 2000).

Tuzluluk haritalarının hazırlanmasında Coğrafi bilgi sistemlerinin (CBS) kullanılması, drenaj çalışmalarında hızlı ve etkin karar vermeyi sağlamaktadır. CBS, bilgisayarlar yardımıyla haritaların hazırlanması, elle oluşturulan haritaların üzerinde değerlendirmelerin yapılması, yüzeysel dağılım gösteren verilerinin elde edilmesi ve depolanmasına yardımcı olmaktadır (Çetin ve Diker, 2003).

Coğrafi Bilgi Sistemleri ile birlikte, veri toplama aşamasında zaman kaybı olmadan büyük alanlardan elde edilen verilerin değişkenlikleri hakkında hızlı ve etkili bir şekilde sonuç alınabilmektedir. Bunun dışında, değişken parametrelerin yüzeysel dağılımlarının belirlenmesi ve bunlarla ilgili daha iyi karar verilebilmesi için CBS ve jeoistatistik yöntemleri birlikte kullanılabilir. Özellikle son yıllarda geliştirilen CBS yazılımlarına jeoistatistik yöntemlerinin entegre edilmesi sayesinde taban suyu tuzluluğu, derinliği ve toprak tuzluluğunun değişimi gibi birçok çalışmada CBS ve jeoistatistik yöntemlerinin birlikte kullanılması mümkün olmuştur (Halliday and Wolfe, 1990; Wylie ve ark., 1994; Diker ve ark., 1999; Çetin ve Diker, 2003).

Bu çalışma ile ülkemizde Fırat'tan sonra ikinci büyük havzaya sahip olan Kızılıрмаğın denize döküldüğü bölgede yer alan Bafra Ovasında, sağ sahil sulama alanında topraktaki tuzluluk durumu ve yıllık periyottaki değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kapsamında belirlenmesi ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve METOT

### Materyal

#### Çalışma Alanının Konumu, Toprak ve İklim Özellikleri

Çalışma alanı Orta Karadeniz Bölgesinde 41°10' - 41°45' kuzey enlemleri ve 35°30' - 36°15' doğu boylamları arasında Kızılıрмаğ ile yan derelerin oluşturduğu delta ovasında yer almaktadır. Proje alanının toplam yüzölçümü 2400 km<sup>2</sup> dir. Doğu – batı yönünde en uzun yer 60 km, kuzey – güney yönünde ise 32 km dir.

Çalışma alanına ait bazı toprak özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Araştırma alanında toprak derinliği 1.5 m den fazladır. Topraklar ağır bünyeli olup geçirgenlikleri normaldir. Çalışma alanında toprak pH sı ortalama 8.20 dir. Toprakların büyük bir kısmı taşınma topraklardır. Biriktikleri yerlerde drenaj, havalanma ve kök işleme durumlarına bağlı olarak genellikle granüle ve blok yapılar oluşturmuşlardır. 2 m kotu altındaki toprakların bir bölümü mineral, bir bölümü de organik. Alt katmanları yapısızdır. Genel olarak 20 m derinliğe kadar bir akifer mevcut olup bariyer tabakası bunun altında yer almıştır (Anonymous 2003).

Proje alanında Karadeniz Bölgesinin ılıman iklim özellikleri görülmektedir. Çalışma alanına ait bazı iklim parametrelerinin uzun yıllar ortalamaları Tablo 2 de verilmiştir. Uzun yıllar ortalama gözlem sonuçlarına göre en yağışlı ay Aralık, en kurak ay ise Temmuz ayıdır. Yıllık yağış toplamı 722.5 mm dir. En sıcak ay Temmuz ve en soğuk ay ise Ocak ayıdır. Çalışmanın yapıldığı Ağustos 2003 ile Mart 2004 tarihleri arasında ovaya düşen yağış miktarı ise 632.2 mm dir (Anonymous 2004).

#### Su Kaynakları, Sulama ve Drenaj Şebekesi

Bafra Ovasında başlıca su kaynağı Kızılıрмаğ nehridir. Kanaletle sulamanın yapılamadığı yerlerde drenaj kanalından ve pompajla alınan su ile sulama yapılmaktadır. Her üç sulama kaynağına ait su analiz sonuçları Tablo 3 de verilmiştir.

Sulama sistemi kanalet ağırlıklı klasik sulamadır. Sulama yöntemi olarak ekim yapılan ürüne göre değişik yöntemler kullanılmakla birlikte çoğunlukla karık sulama veya tava sulama yöntemi kullanılmaktadır. Az da olsa bazı bölgelerde yağmurlama sulama yöntemi uygulanmaktadır. Damla sulama yöntemi ise ovada kullanılmamaktadır.

Toplam sulama alanı 47 727 ha olan Bafra Ovası Sulama Projesinin yapımına 1993 yılında başlanmıştır. Projenin su kaynağı Kızılıрмаğ Nehri üzerinde yapılmış olan Derbent Barajı ve Altınkaya Hidroelektrik Santralidir. Proje Bafra Ovası Sağ Sahil ve Sol Sahil Sulamaları olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Sağ Sahil Sulaması inşasına

**Tablo 1. Çalışma alanına ait toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri**

Derinlik (cm)	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	pH	EC (dS/m)	ESP (%)	KDK (me/100 g)	As (g/cm <sup>3</sup> )	TK (%)	SN (%)
0-30	27	31	42	8.10	1.8	7.7	38.2	1.52	27	13
30-60	35	31	34	8.20	2.4	8.5	33.3	1.38	31	17
60-90	38	29	33	8.30	2.7	9.5	26.8	1.44	18	8
90-120	38	28	34	8.40	2.6	10.5	27.4	1.45	20	12

EC: Elektriksel İletkenlik, ESP:Değişebilir sodyum yüzdesi, As:Birim Hacim ağırlığı, KDK: Katyon Değişim Kapasitesi TK:Tarla kapasitesi(Pw), SN: Solma noktası(Pw)

**Tablo 2. Çalışma alanına ait bazı iklim parametrelerinin uzun yıllar ortalama değerleri**

	Aylar												Yıllık
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
	Ortalama İklim Değerleri												
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

**Tablo 3. Çalışma alanında sulama amaçlı kullanılan su kaynaklarına ait analiz sonuçları**

Su kaynağı	EC (mmhos/cm)	pH	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Cl (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	HCO <sub>3</sub> (mg/l)	% Na	Sınıfı
Kızılırmak	1631	7.6	178.2	4.68	113	40.74	22.43	0.014	---	---	C3S1
Drenaj Kanalı	2616	7.9	14.35	0.34	4.15	9.10	12.20	4.49	11.25	51.4	C4S2
Pompaj	5214	7.0	26.10	3.59	9.00	22.50	32	12.69	16.50	42.7	C4S3

1993 yılında başlanmıştır. 2003 yılı sonu itibarı ile proje kapsamında sulamaya açılan alan miktarı 6500 ha olup geri kalan alanlarda ise sulama ve drenaj çalışmaları devam etmektedir. Henüz sulama kanallarının yapımının tamamlanmadığı alanlarda ise çiftçi imkanları ile derinliği 8-10 m arasında değişen kuyulardan sulama yapılmaktadır.

Bafra Ovasında sulama projesi ile birlikte drenaj çalışmaları da başlatılmıştır. Bafra Ovasının drenaj yönünden en büyük sıkıntısı doğal bir çıkışı ağzının bulunmamasıdır. Drenaj probleminin asıl yaşandığı alan ise 2 m kotu altı diye tabir edilen ve suların doğal yollar ile uzaklaştırılmadığı toplam 4410 ha lık alandır. Açılmış olan drenaj kanalları balık göllerine mansaplanmaktadır. Yağışların fazla olduğu dönemlerde göllerin şişmesiyle çevrede yer alan tarım arazileri su altında kalmaktadır. Ovanın ana drenaj kanalı 52.279 m<sup>3</sup>/s'lik kapasitesi ve 14.382 m uzunluğu olan Boytar Drenaj Kanalıdır. Proje kapsamında ovada 2 m kotu üzerinde bulunan tüm drenaj kanalları Boytar Drenaj kanalına cazibe ile bağlanmaktadır. 2 m kotu altında bulunan drenaj kanalları ise kotları kurtarmadığından BDT kanalı olarak adlandırılan ve denize paralel olarak inşaa edilen kuşaklama kanalına mansaplanacak ve buradan ise kurulacak olan pompa istasyonları

sayesinde uzaklaştırılacaktır. Çalışma alanında bu kapsamda 2 adet pompa istasyonu kurulacaktır.

### Tarımsal Yapı ve Üretim

Araştırma alanında bitki deseni çok farklılık göstermekle birlikte sebze tarımı ağırlıklıdır. Sebzelere ise yoğun olarak yaz mevsiminde domates, biber, kavun, karpuz, kış mevsiminde ise buğdayın yerine pırasa, lahan, turp yetiştiriciliği yapılmaktadır. Bunların yanı sıra I. ve II. ürün mısır yetiştiriciliği de yapılmaktadır. Son yıllarda sulamanın faaliyete geçmesi ile birlikte çeltik üretiminde bir artma görülmektedir.

### Yöntem

#### Toprak Örneklerinin Alınması

Çalışma alanında toprak tuzluluğunun mevcut durumunu ve yıllık değişimini belirlemek amacıyla 60 noktadan iki farklı dönemde (Ağustos 2003 ve Mart 2004) 0-30, 30-60, 60-90 ve 90-120 cm derinliklerden toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örneklerinin alınmasında gözlem noktalarının çalışma alanını kapsamı ve çevre arazileri temsil etmesi göz önünde bulundurulmuştur. Numune alınan noktaların koordinatları GPS ile tespit edilmiştir. Sulama sezonu sonunda topraktaki tuz

konsantrasyonunu belirlemek ve tuzluluk açısından problemlili olan sahaları tespit etmek amacıyla ilk toprak örnekleri Ağustos 2003 tarihinde alınmıştır. Sonbahar ve kış yağışlarından sonra ovada tuzluluğun durumunun ne olduğunu, hangi bölgelerde değişiklik olduğunu ve bunun sebeplerini belirlemek amacıyla Mart 2004 tarihinde aynı noktalardan tekrar toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örneklerinin alınmasında Anonymous (1993) ün belirttiği yöntem kullanılmıştır. Toprağın elektriksel iletkenlik değeri, Rhoades (1982)'in belirttiği esaslara uyularak iletkenlik aletiyle saturasyon ekstraktının elektriksel iletkenliğinin ölçülmesiyle belirlenmiştir. Çalışma alanının genel durumu ve toprak örneklerinin alındığı noktalar Şekil 1'de görülmektedir.

#### **Toprak Tuzluluk Haritalarının Hazırlanması**

Farklı dönemlere ve toprak derinliklerine ait tuzluluk haritalarının oluşturulmasında aşağıda belirtilen uygulamalar yapılmıştır;

1. Öncelikle çalışma alanına ait analog veriler (çalışma alanının sınırları, yükseklik verileri, drenaj kanalı ve numune alınan noktalarına ait paftalar) taranarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır.
2. Tarama işlemi yapılan haritalar referans noktalar kullanılmak suretiyle UTM koordinat sistemine referanslandırılmış ve gerekli düzeltmeler yapılmıştır.
3. Koordinatlandırma işlemi tamamlanan paftalar ekranda sayısallaştırma yöntemi kullanılarak sayısallaştırılmış ve çalışma alanının sınırları, eş yükseklik eğrileri, drenaj kanalları ve numune alınan noktalara ait veri katmanları üretilmiştir.
4. Ağustos 2003 ile Mart 2004 aylarında çalışma alanından alınan toprak örneklerine ait laboratuvar analiz sonuçları Excel programında girilmiş ve DBF formatında

kaydedilmiştir. Her noktaya ait veri değerlerini içeren bu dosya ArcView de hazırlanan veri katmanları ile ilişkilendirilmiştir. Böylece tablosal değerlerin veri tabanına aktarılması sağlanmıştır.

5. Öznitelik tablosunda bulunan tuzluluk değerleri her ay için ayrı ayrı ele alınmış ve CBS' nin analiz fonksiyonlarından yararlanılmak suretiyle değerlendirilmiştir. Noktasal özellikte olan tuzluluk gözlem değerleri Inverse Distance Weight (IDW) enterpolasyon yöntemi kullanılarak enterpole edilmiş ve sonuçta 20 m hücre boyutunda ve her iki dönem için bütün derinlik sınıflarına ait veri katmanları üretilmiştir.
6. Hazırlanan bu veri katmanları CBS kapsamında birlikte veya ayrı ayrı değerlendirilmiş ve amaçlar doğrultusunda sorgulama ve sınıflandırma işlemlerine tabi tutulmuştur. Bu işlem numune alınan her toprak katmanı için gerçekleştirilmiştir.

Çalışma alanına ait tuzluluk haritalarının hazırlanmasında kullanılan sınıflar Van Hoorn and Van Alpen (1990) belirttiği şekilde 4 grup altında değerlendirilmiştir. Birinci grubu oluşturan ve tuzluluk değeri 2 dS/m nin altında olan alanlarda tuzluluk problemi bulunmamaktadır. İkinci grup ise tuzluluğun 2-4 dS/m arasında değere sahip olduğu alanlardır. Bu alanlar sınıflandırma açısından hafif tuzlu olarak nitelendirilmektedir. Haritalarda kullanılan diğer bir grup ise tuzluluğun 4-8 dS/m arasında değere sahip olduğu alanlardır. Bu sınıf aralığında bulunan tarım alanları tuzlu olarak nitelendirilmektedir. Haritalamada kullanılan son sınıf ise tuzluluk değerinin 8 dS/m den büyük olduğu alanları göstermekte kullanılmıştır. Bu değere sahip alanlar çok tuzlu olarak nitelendirilmektedir.



Şekil 1. Çalışma alanının genel durumu ve toprak örneklerinin alındığı noktalar

## BULGULAR ve TARTIŞMA

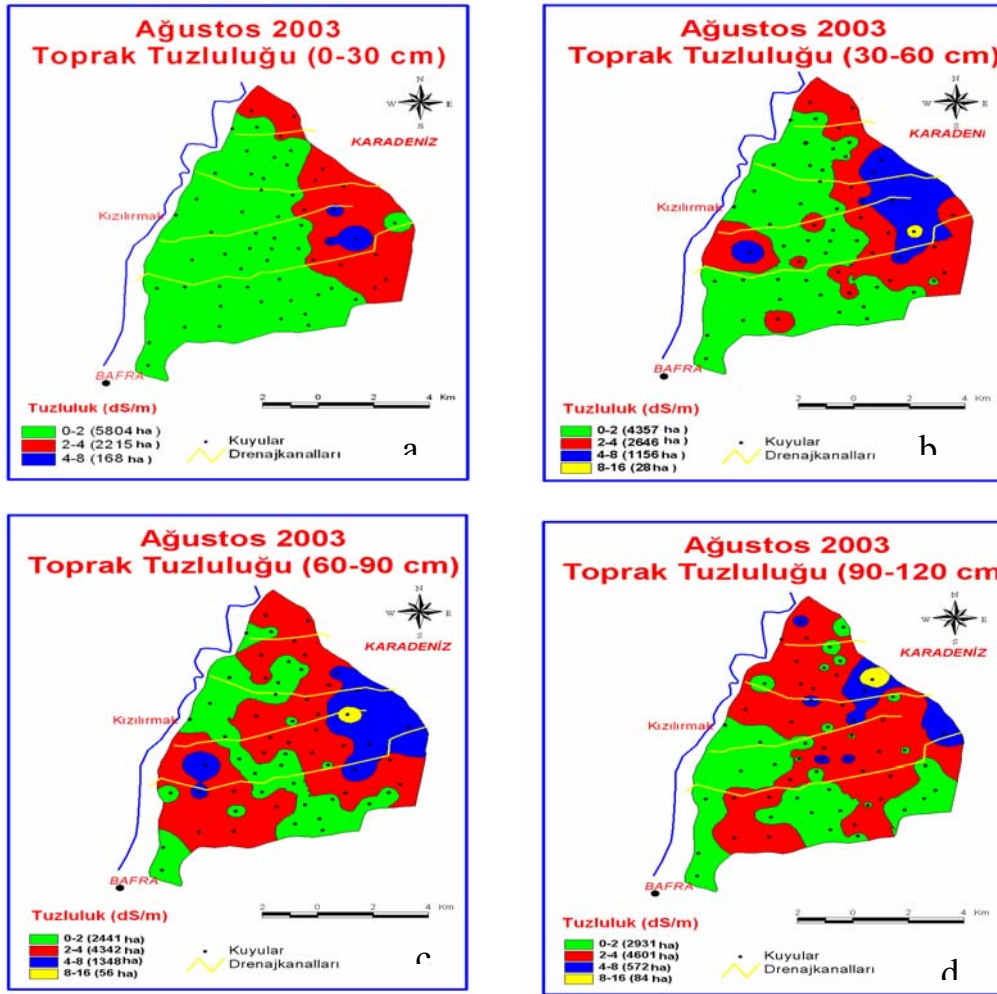
### Sulama sezonu sonuna ait (Ağustos 2003) toprak tuzluluk haritalarının değerlendirilmesi

Ağustos 2003 dönemine ait toprak tuzluluk haritaları Şekil 2’de verilmiştir. 0-30 cm toprak derinliğindeki tuz dağılımı incelendiğinde 5804 ha lık alanda tuzluluğun 0-2 dS/m arasında olduğu, 2-4 dS/m arasında değere sahip alanların 2215 ha ve 4-8 dS/m arasında değere sahip alanların ise 168 ha olduğu tespit edilmiştir (Şekil 2a).

30-60 cm toprak derinliğindeki tuz dağılımını gösteren haritanın incelenmesinden de görüleceği gibi, 0-2 dS/m arasında değere sahip alanların toplamı 4357 ha, 2-4 dS/m arasında değere sahip alanların toplamı 2646 ha, 4-8 dS/m arasında değere sahip alanların toplamı 1156 ha ve 8-16 dS/m arasında değere sahip alanların toplamının ise 28 ha’dır (Şekil 2b).

60-90 cm toprak derinliğindeki tuz dağılımı incelendiğinde, 0-2 dS/m arasında değere sahip alanların toplamı 2441 ha, 2-4 dS/m arası değere sahip alanların toplamı 4342 ha, 4-8 dS/m arası değere sahip alanların toplamı 1348 ha ve 8-16 dS/m arası değere sahip alanların toplamının ise 56 ha olduğu görülmektedir (Şekil 2c).

En son katman olan 90-120 cm toprak derinliğinden alınan veriler ile oluşturulan tuzluluk haritası Şekil 2d de görülmektedir. Şekilden de anlaşılacağı üzere bu profilde tuzluluğun 0-2 dS/m arası değere sahip olduğu alanların toplamı 2931 ha, 2-4 dS/m arası değere sahip alanların toplamı 4601 ha, 4-8 dS/m arası değere sahip alanların toplamı 572 ha ve 8-16 dS/m arası değere sahip alanların toplamının ise 84 ha olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 2. Ağustos 2003 dönemine ait toprak tuzluluk haritaları; (a) 0-30 cm toprak profilindeki tuz dağılımı, (b) 30-60 cm toprak profilindeki tuz dağılımı, (c) 60- 90 cm toprak profilindeki tuz dağılımı, (d) 90-120 cm toprak profilindeki tuz dağılımı.

Genel olarak Ağustos 2003 dönemine ait toprak tuzluluk haritaları incelendiğinde toprağın 0-30 cm lik bölümünde diğer katmanlara kıyasla tuz birikiminin daha az olduğu anlaşılmaktadır. Tuz birikiminin genelde 30-90 cm derinlikler arasında olduğu gözlemlenmektedir. Taban suyunun sığ olduğu alanlarda, taban suyundan buharlaşma ile su kaybı toprak profilinde tuz birikimine sebep olmaktadır. Sığ taban suyunun olduğu alanlarda tuz birikimi difüzyon olayının sonucudur. Düşük hidrolik iletkenliğe ve yüksek kapilariteye sahip killi topraklarda tuzluluk ve drenaj büyük bir problemdir. Killi topraklarda tuz birikimi yüzeyden 30 cm derinlikte en fazla olmaktadır (Smedema ve Rycroft, 1984). Haritalar bir bütün olarak incelendiğinde tuzluluk probleminin daha çok 2 m kotu altında ve drenajın doğal yollar ile sağlamadığı alanlarda olduğu görülmektedir. Tuzluluğun 4 dS/m den büyük olduğu alanlarda ovanın genelinde yetiştiriciliği yapılan domates, kavun, karpuz gibi bitkilerin yerine genellikle yetiştirme periyodu kış dönemine rastlayan pırasa ve lahanaya tercih edilmektedir. Ayrıca tuzluluğun sorun olduğu bu bölümlerde son yıllarda ovada yaygın olarak yetiştirilen bitkilere göre tuza dayanımı daha yüksek olan çeltik yetiştiriciliğinin artış gösterdiği gözlemlenmektedir. Bu durum ise ovada bir ürün planlamasına gidilememesine ve yetiştirilen ürünlerin bol miktarda olması nedeniyle de üretilen ürünlerde pazarlama zorlukları ortaya çıkmasına sebep olmaktadır.

#### **Sulama sezonu başlangıç dönemine (Mart 2004) ait toprak tuzluluk haritalarının değerlendirilmesi**

Mart 2004 dönemine ait toprak tuzluluk haritaları Şekil 3'de verilmiştir. Şekil 3a da verilen 0-

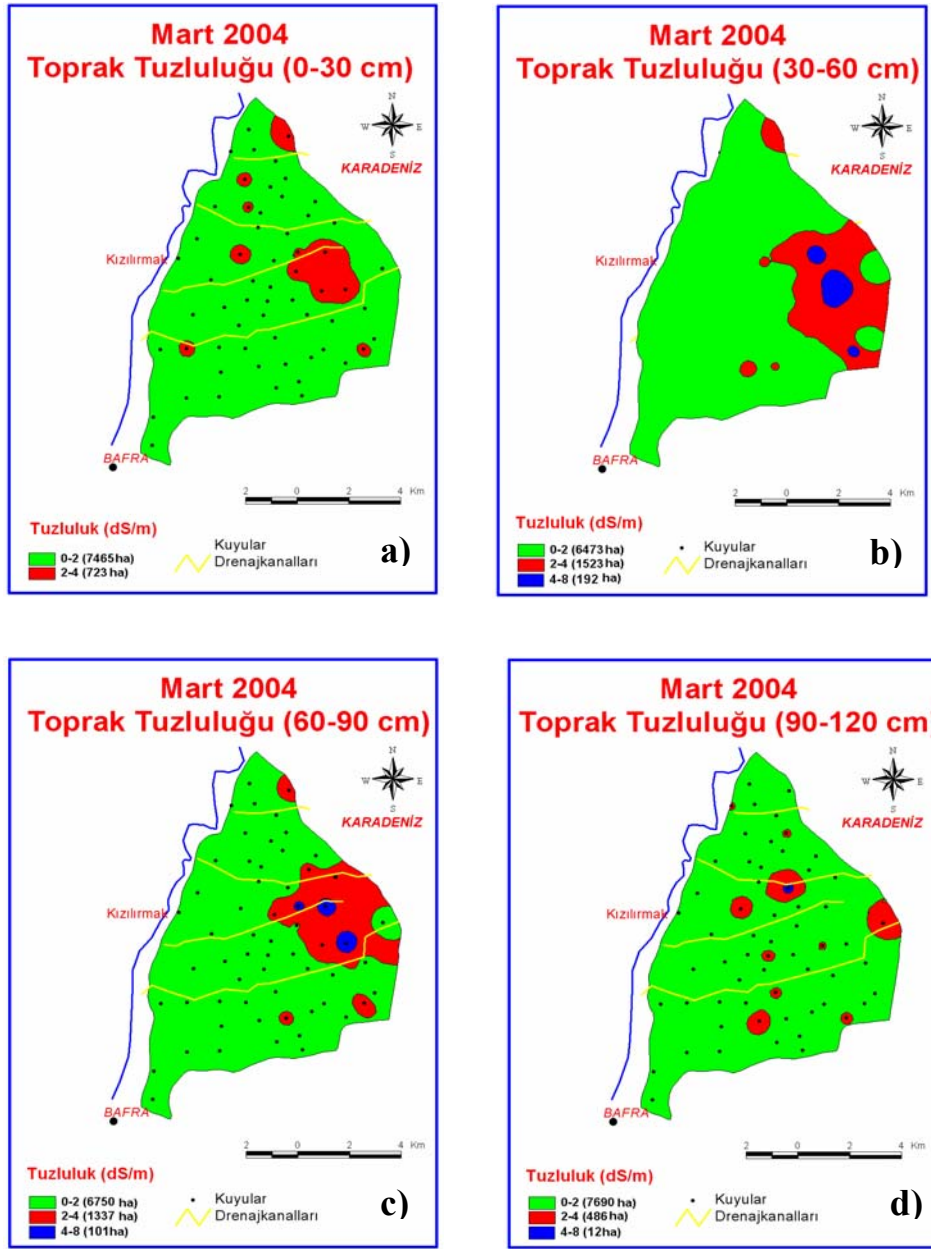
30 cm toprak derinliğindeki tuz dağılım haritası incelendiğinde 0-2 dS/m arası tuzluluk değerine sahip alanların 7465 ha ve 2-4 dS/m tuzluluk değerine sahip alanların ise 723 ha lık bir alan kapladığı görülmektedir.

30-60 cm toprak derinliği için toprak tuzluluğu 0-2 dS/m değere sahip alanlar 6473 ha, 2-4 dS/m arası değere sahip alanlar 1523 ha ve 4-8 dS/m arası değere sahip alanlar 192 ha olarak tespit edilmiştir (Şekil 3b).

Toprağın 60-90 cm derinliğindeki tuz dağılımını gösteren harita Şekil 3c de görülmektedir. Haritanın incelenmesinden de anlaşılacağı gibi 0-2 dS/m arası tuzluluk değerine sahip alanların toplamının 6750 ha, 2-4 dS/m arası değere sahip alanların toplamının 1337 ha ve 4-8 dS/m arası tuzluluk değerine sahip alanların toplamının ise 101 ha olduğu görülmektedir.

Son katman olan 90-120 cm toprak profilindeki tuz dağılımı incelendiğinde tuzluluğun 0-2 dS/m arasında olduğu alanların toplamı 7690 ha, 2-4 dS/m arası değere sahip alanların toplamı 486 ha ve 4-8 dS/m arası değere sahip alanların toplamının 12 ha olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3d).

Mart 2004 döneminde ait tuzluluk haritalarının bir bütün olarak incelenecek olursa ovada tuzluluk probleminin azaldığı görülmektedir. Toprağın 0-30 cm lik bölümünde tuzluluk probleminin hiç olmadığı bu katmanın tamamına yakınının tuzsuz topraklardan oluştuğu görülmektedir. Toprağın 30-90 cm lik katmanında azda olsa tuzluluk sorunun olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Mart 2004 dönemine ait toprak tuzluluk haritaları; (a) 0-30 cm toprak profilindeki tuz dağılımı, (b) 30-60 cm toprak profilindeki tuz dağılımı, (c) 60-90 cm toprak profilindeki tuz dağılımı, (d) 90-120 cm toprak profilindeki tuz dağılımı

### SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmanın temel amacı Bafra Ovasındaki toprakların tuzluluk durumunun ve yıl içerisindeki değişiminin belirlenmesidir. Çalışma sonucunda elde edilen veriler değerlendirildiğinde sulama mevsiminin sonunda topraklarda aşırı bir şekilde tuz birikimi olduğu görülmüştür. Genel anlamda topraklarda tuz birikimine 3 faktörün etkili olduğu

söylenbilir. Bunlar sulama suyu kalitesi, fazla su kullanımı ve drenaj yetersizliğidir (Kanber ve ark,1992). Ovada sulama suyu olarak 3 farklı su kaynağı kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi Kızılırmak'tır. Ülkemizde tuz konsantrasyonu en yüksek su kaynağı olan Kızılırmak suyunun elektriksel iletkenlik değeri mevsimlere göre değişiklik göstermekle birlikte yaklaşık 2 dS/m dir.



Ovada sulama şebekesi henüz tamamlanamadığından sulama suyu olarak kullanılan diğer bir kaynak ise yer altı sularıdır. Özellikle sahile yakın alanlarda yaygın olarak sulama amacıyla yer altı suyu kullanılmaktadır. Kullanılan yer altı sularının elektriksel iletkenlik değerleri ortalama 3-4 dS/m arasında olup 5 dS/m den daha fazla elektriksel iletkenlik değerine sahip olan bazı noktalarda mevcuttur. Sulama amacıyla kullanılan diğer bir su kaynağı ise drenaj kanallarıdır. Bu kanallardaki suların elektriksel iletkenlik değerleri ise 2,3 – 3,0 dS/m arasında değişmektedir.

Tuzluluğa sebep olan diğer bir faktör ise fazla su kullanımınıdır. Ovada son yıllarda çeltik tarımının artmasıyla birlikte aşırı bir su kullanımı söz konusu olmuştur. Zaten tuzlu olan su kaynaklarının bir de yoğun olarak sulama da kullanılmasıyla ova topraklarındaki tuzluluk daha da artmaktadır.

Tuzlanmanın oluşmasında etkili olan diğer bir faktör ise drenaj yetersizliğidir. Ovada drenaj sistemi henüz tamamlanamamıştır. Bölgede tuzluluk probleminin görüldüğü alanlar daha ziyade 2 m kotu ve altındaki alanlardır. Bu alanlarda ortaya çıkan drenaj yetersizliği özellikle sulama sezonunda kullanılan tuzlu suların bölgeden uzaklaşmasını engellemektedir. Taban suyunun yüksek olması ve drenajın sağlanamamış olması nedeniyle bu bölgede biriken sular buharlaşarak uzaklaşmaktadır. Tuzlu suların buharlaşması nedeniyle su kaybolmakta ve tuzlar toprakta kalmaktadır. Bu durum ise tuzluluk oluşmasına ve tuzluluğun artmasına neden olmaktadır.

Yapılan çalışma sonucunda sulama sezonu sonu olan Ağustos 2003 dönemi için toprakların %30'unun tuzsuz, % 53 ünün hafif tuzlu, %16 sinin tuzlu ve % 1 inin de aşırı tuzlu olduğu tespit edilmiştir. Hafif tuzlu ve tuzlu alanların fazla olması ovada yetiştirilen bitki çeşitliliğini ve bitki verimini etkilemektedir.

Mart 2004 döneminde alınan veriler incelendiğinde sonbahar ve kış döneminde meydana gelen yağışlar ile ova topraklarında bulunan tuzun büyük ölçüde yıkıldığı görülmektedir. Özellikle toprak tuzluluğunun yüksek olduğu 2 m kotu ve altındaki alanlarda tuzluluk düzeyinin normale inmiş hatta tuzsuz toprak sınıfına girmiş olduğu gözlemlenmiştir. Mart 2004 dönemine ait toprakların %82 si tuzsuz, % 16 sı hafif tuzlu ve % 2 sinin ise tuzlu olduğu tespit edilmiştir.

Bölgede sulama şebekesi tamamlanmaya kadar; sondaj ve drenaj kanallarından sulama yapan çiftçilerin ürün yetiştirmesi sağlanmalıdır. Bunun için su kaynağı değiştirilemeyeceğine göre mevcut suyla en az kayıp sağlayacak bitki çeşidi veya sulama yöntemi kullanılmalıdır. Yörede özellikle tuzlanmanın fazla olduğu bölgelerde zorunlu olarak bitki paterninde değişiklikler ortaya çıkmıştır.

Tuzluluğun azaldığı dönem olan kış mevsimine uygun karnabahar, lahanaya, pırasa ve turp gibi ürünlerin ekim alanları artmıştır.

Tuzluluğun olduğu alanlarda sulama şebekesi tamamlanmaya kadar tuza dayanıklı bitkiler yetiştirilerek verim kayıpları en aza indirilmelidir. Bu alanlarda tuza dayanıksız olan domates, mısır, biber, kavun ve karpuz gibi bitkilerin yerine tuza dayanıklı olan şekerpancarı, buğday gibi bitkilerin yetiştirilmesine ağırlık verilmelidir.

Tuzlu suların kullanılmasının zorunlu olduğu alanlarda alınacak önlemlerden biriside su kullanımını azaltacak sulama yöntemleridir. Bu alanlarda genellikle karık sulama yapılmaktadır. Bunu yerine su tasarrufu sağlayan yağmurlama hatta damla sulama yöntemlerine geçilmelidir. Böylece toprağa uygulanan su miktarı azalacak dolayısıyla da toprağa verilecek tuz miktarında da azalma görülecektir.

Araştırma sahasında özellikle sondaj sularının kullanıldığı bölümlerde zorunlu olarak bitki paterninde değişikliğe gidilmiştir. Bu bölümlerde tuza hassas olan fasulye yetiştiriciliği tamamen ortadan kalkmıştır. Benzer şekilde mısır üretiminde de azalmalar olmuştur. Bu alanlarda daha çok toprak tuzluluğunun az olduğu kış mevsimine yönelik yetiştiriciliğe geçilmiştir.

Sonuç olarak genel bir değerlendirme yapıldığında sulamanın başlamasıyla tuzluluğun artmaya başladığı ve sulama mevsiminin sonunda en yüksek düzeye ulaştığı söylenebilir. Bölgede sulama amaçlı kullanılan su kaynaklarının tuzluluğunun yüksek olması ve bu amaçla kullanılabilir su alternatif su kaynaklarının olmayışı nedeniyle ova topraklarında meydana gelen tuzluluğun önlenmesi için tuzluluk oluşumunda etkili olan diğer parametreler göz önünde bulundurularak gerekli önlemler alınmalıdır. Bu anlamda yapılacak olan en acil ve önemli uygulama drenaj kanallarının bir an önce tamamlanması ve bölgede düzenli bir drenajın sağlanmasıdır.

## KAYNAKLAR

- Anonymous 1984. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Bafra Ovası Planlama Raporu. Samsun.
- Anonymous 1993. Taban Suyu İzleme Rehberi, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonymous 2003. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Bafra Şube Müdürlüğü 2003 yılı değerlendirme raporu, Samsun.
- Anonymous 2004. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Bafra Meteoroloji İstasyonu
- Apan, M., 1992. Bafra ve Çarşamba Ovalarının Sulama ve Drenaj Yönünden Genel Sorunları ve İyileştirilmesiyle İlgili Çalışmalar, IV. Kültürteknik Kongresi, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Erzurum.
- Çetin M, Diker K., 2003. Assessing drainage problem areas by GIS: A case study in the eastern mediterranean region of Turkey. Irrig. and Drain. 52: 343-353.

- Diker K, Çetin M, Özcan H., 1999. Determining the effects of takeover activity of irrigation systems to water-user associations on groundwater depth and salinity by using geographic information systems (GIS). Proceedings of the 7 th irrigation Conference, November 11-14, Cappadocia, Turkey; 206-214 (in Turkish with English abstract).
- Halliday S.L, Wolfe M.L., 1990. Assessing groundwater pollution potential from agricultural chemicals using a GIS. Paper presented at the 1990 ASAE Summer Meeting, Columbus-Ohio, June 24-27.
- Henderson, D.W.,1958. Influence on Soil Permeability of Total Concentration and Sodium in Irrigation Water. Water Resoueces Center Univ.Calif.14:153-157.
- Kanber, R., Kırda, C., Tekinel, O.,1992. Sulama Suyu Kalitesi ve Sulamada Tuzluluk Sorunları, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, Yayın No:21, Ders Kitabı Yayın No:6, Adana.
- Kara,T., ve Apan, M., 2000. Tuzlu Taban Suyunun Sulamada Tekrar Kullanımı İçin Bir Hesaplama Yöntemi, OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 200,15(3) 62-67, Samsun.
- Özkaldı, A., Boz, B. ve Yazıcı, V., 2004. GAP'ta Drenaj Sorunları ve Çözüm Önerileri. Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu, DSI Genel Müdürlüğü, Ankara
- Rhoades, J.D., 1982. Soluble salts. In Methods of Soil Analyses, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, 167-179 U.S.
- Smedema,K. Rycroft, D. 1984. "Land Drainage". Garnell University Press. Newyork.
- Van Hoorn, J. W. ve J. G. Van Alpen., "Salinity Control, Salt Balance and Leaching Requirement of Irrigation Soils. Écarnas" Istituto Agronomico Mediterraneo di Bari, 1990, Italy.
- Willardson, L. S., 1998. Drainage Principles, Class notes. Utah State University, dept. of BIE, Logan UTAH, USA
- Wylie B.K, Shaffer M.J, Brodahl M.K, Dubois D, Wagner D.G., 1994. Predicting spatial distributions of nitrate leaching in Northeastern Clorado. Journal of Soil and Water Conservation 49:288-293.