

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

ERZİNCAN OVASINDA DRENAJ SİSTEMLERİNİN İŞLETİLMESİNDE
KARŞILAŞILAN SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

121350

Aynur FAYRAP

121350

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANA BİLİM DALI

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

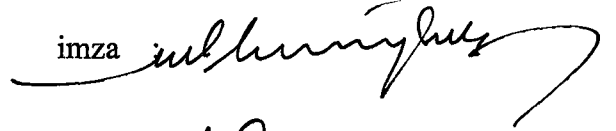
ERZURUM
2002

Her hakkı saklıdır

Doç.Dr.Abdurrahman **HANAY** danışmanlığında, Aynur **FAYRAP** tarafından hazırlanan bu çalışma **30.10.2002** tarihinde aşağıdaki jüri tarafından, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı'nda Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

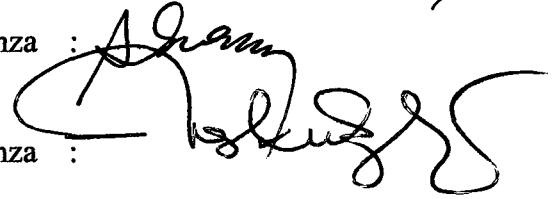
Başkan : Prof.Dr.Mustafa **OKUROĞLU**

imza



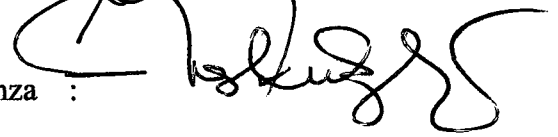
Üye : Prof.Dr.Ali Osman **DEMİR**

imza



Üye : Doç.Dr.Taşkın **ÖZTAŞ**

imza



Üye : Doç.Dr.Üstün **ŞAHİN**

imza



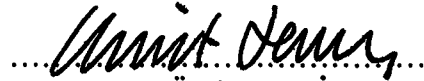
Üye : Doç.Dr.Abdurrahman **HANAY**

imza



Yukarıdaki sonucu onaylarım

İmza



Doç.Dr.Ümit **DEMİR**

Enstitü Müdürü

ÖZET

Doktora tezi

ERZİNCAN OVASINDA DRENAJ SİSTEMLERİNİN İŞLETİLMESİNDE KARŞILAŞILAN SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Aynur FAYRAP

Atatürk Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Abdurrahman HANAY

Bu çalışmada, Erzincan ovasında yüzey ve yüzeyaltı drenaj tesislerinin bulunduğu toplam 6120 ha'lık bir drenaj alanında 59 adet tabansuyu gözlem kuyusunda 3 yıllık tabansuyu düzeyi ölçümleri yapılmıştır. Tabansuyu düzeyi zaman zaman ve yer yer çok yüksek bulunmuştur. Gözlem kuyuları ile sulama ve drenaj kanallarından alınan su örneklerinde önemli katyon ve anyonlar ile pH ve EC analizleri yapılarak SAR ve RSC değerleri saptanmıştır. Ayrıca, düzeltilmiş sodyum adsorpsiyon oranı (Adj.SAR), düzeltilen düzeltilmiş sodyum adsorpsiyon oranı (Adj. R_{Na}), potansiyel tuzluluk (PT), geçirgenlik göstergesi (GG), Langelier saturasyon indeksi (LSI) ve Fransız sertlik derecesi değerleri belirlenmiştir. Tabansuyunun konumunu ve tuzluluk sınıfını belirleyebilmek için bilgisayar ortamında jeostatistiksel yöntemler kullanılarak tabansuyu haritaları çıkarılmıştır. Sulamanın en yoğun olduğu ay eşderinlik haritalarından çıkarılan sonuçlara göre 1999 yılında araştırma alanının %87'sinde, 2000 yılında %44'ünde, 2001 yılında %91'inde tabansuyu düzeyi 150 cm'nin üzerinde bulunmuştur. Tabansuyu eştuzluluk haritaları sonuçlarına göre 1999 yılında araştırma alanının %82'sinde, 2000 yılında %76'sında, 2001 yılında %90'ında 750 μ S/cm'den yüksek tuzluluk değerleri belirlenmiştir. Tabansuyu düzeyinin yıl boyunca bitki kök bölgesinde bulunduğu alanların araştırma alanının, önemli bir bölümünü kapladığı ve araştırma alanında tuza karşı oldukça duyarlı olan fasulye bitkisinin yoğun olarak yetiştirildiği dikkate alınırsa tuzluluk boyutunun bitkisel üretimi sınırladığı sonucu çıkmaktadır.

Biri yüzey diğeri yüzeyaltı drenaj şebekesini içerecek şekilde seçilen iki pilot alandan toprak örnekleri alınarak tekstür analizleri ile pH, EC, KDK ve ESP değerlerine ilişkin kimyasal analizler yapılmıştır. Drenaj yönünden limitleri aşan ekstrem değerlere rastlanmamış ise de yüzey drenaj şebekesinin bulunduğu alanın ESP değerleri, yüzeyaltı drenaj şebekesinin bulunduğu alana oranla önemli düzeyde yüksek çıkmıştır ($P<0,05$). Araştırma alanında özellikle yüzey drenaj sorunu olan yerlerdeki şebekelerde bakım onarım ve yenileme gereksinimleri belirlenmiştir. Drenaj şebekelerinde eğimin düşük olduğu kısımlarda oluşan sediment birikiminin sistemi çalışamaz duruma getirdiği gözlenmiştir.

Çiftçilerin sulamada kullandığı drenaj sularının genellikle orta tuzlu C_2S_1 sınıfında olmasına karşın yüksek tuzlu C_3S_1 sınıfındaki sulara da rastlanmıştır. Drenaj sularının sulamada kullanılmaması, zorunlu olduğu durumlarda tuza dayanıklı bitkiler ile rotasyon uygulaması yapılması gerekmektedir. Araştırma kapsamında çiftçilerle drenaj konusunda anket çalışması yapılmıştır. Anket çalışmalarının sonuçlarına göre çiftçilerin yaklaşık %60'ı drenaj sorunun olduğunu belirtmişlerdir.

2002, 153 sayfa

Anahtar kelimeler: Sulama, drenaj, tabansuyu, tuzluluk, tabansuyu haritası

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

OPERATIONAL PROBLEMS OF THE DRAINAGE SYSTEMS IN ERZINCAN PLAIN AND SOME SUGGESTIONS

Ataturk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Agricultural Buildings and Irrigation

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Abdurrahman HANAY

A part of the drainage area in Erzincan plain was taken as the research area for this study. It covers a total of 6120 hectare of land in which surface and subsurface drainage systems exist. Water table level has been measured for three years on 59 observation wells found in the research area and occasionally it was found to be very high as this happen from one well to another. Analysis of main cations and anions along with pH and EC were performed on the samples from observation wells, irrigation and drainage canals, and SAR and RSC values were determined. In addition, adjusted sodium adsorption ratio (adj SAR), adjusted sodium adsorption ratio (adj R_{Na}), potential salinity, permeability index, Langelier saturation index and French water hardness degrees were also determined. Water table maps were drawn through geo-statistical methods with computer aid to identify the position and salinity class of the ground water. According to the isobath maps of the period with heavy irrigation, water table level was found to be above 150 cm in 87%, 44% and 91% of the irrigated area in 1999, 2000 and 2001 respectively. Also, salinity values more than 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ were detected in 82%, 76% and 90% of the study area in 1991, 2000 and 2001 respectively. The area in where water table level is on the plant root zone throughout the whole vegetation period makes an important part of the study area where dry bean crop, highly sensitive to salinity, is widely grown. So, it can be assumed that the extent of the salinity limits the plant production in the study area.

Texture and chemical analysis regarding pH, EC, CEC and ESP were performed on the samples from the two pilot areas chosen to represent one surface and other subsurface drainage systems. Although extreme values in terms of drainage limits were not observed, ESP values from the area of surface drainage system were found to be significantly different from those of subsurface drainage area ($p < 0,05$). Especially in places with drainage problems, the need for maintenance and renovation was detected. Moreover, it was also observed that sediment accumulation caused system failure in places with lower slopes.

Farmers in the study area usually use drainage water of medium salinity class, C_2S_1 for irrigation. Yet, it was determined that drainage water of higher salinity class, C_3S_1 was used for that purpose as well. Drainage water should not be used for irrigation and, if not possible, crops resistant to salinity should be included into the rotation programs. Accordingly, analysis of the data from the questionnaires completed with face to face farmer interviews revealed that 60% of the farmers had drainage problems.

2002, 153 pages

Key words: Irrigation, drainage, water table, salinity, water table map

TEŞEKKÜR

Doktora tezi olarak sunduğum bu çalışma Atatürk Üniversitesi Fon Saymanlığı tarafından desteklenmiş olup Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünde yapılmıştır.

Doktora çalışmalarımda yardım ve desteğini esirgemeyen çok değerli hocam Sayın Doç. Dr. Abdurrahman HANAY'a ve başta Sayın Prof. Dr. Mustafa OKUROĞLU olmak üzere bütün Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü öğretim üyelerine,

Ayrıca araştırmanın özellikle tabansuyu düzeyi ve tuzluluk durumunun değerlendirilmesi bölümünde son yıllarda dünyada yaygın bir şekilde kullanılmakta olan bilgisayar ortamında jeostatistiksel yöntemlerin kullanımı konusunda yönlendiriciliği ve yardımlarından dolayı çok değerli hocam Sayın Doç. Dr. Taşkın ÖZTAŞ'a,

Su analizlerinin yapımına olanak sağlayan DSİ 8. Bölge Müdürlüğü elemanlarına, toprak analizlerinin yapımına olanak sağlayan ve bu konuda her türlü yardımı esirgemeyen Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü elemanlarına,

Çalışmalarım süresince desteğini ve teşviklerini esirgemeyen sevgili ailem ve dostlarıma da sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Aynur FAYRAP

Ekim 2002

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Araştırma alanının Türkiye'deki ve Bölgedeki yeri ve konumu.....	36
Şekil 3.2. Araştırma alanı durum planı.....	38
Şekil 3.3. Araştırma alanında bulunan açık drenaj kanallarının arazideki konumu.....	44
Şekil 3.4. Araştırma alanında bulunan tabansuyu gözlem kuyularının dağılımı.....	50
Şekil 3.5. Elektronik tabansuyu düzey ölçeri.....	51
Şekil 3.6. Tabansuyu gözlem kuyusunda ölçüm parametreleri.....	51
Şekil 3.7. Su örneklerinin alınmasında kullanılan düzenek.....	53
Şekil 4.1. Ana boşaltım kanalı üzerinde yapılan köprü (Soğukoluk köyü)	66
Şekil 4.2. Açık drenaj kanalı üzerine yapılmış bızlı geçit (Yamaçlı köyü).....	67
Şekil 4.3. Boşaltım görevi yapamayan açık tersiyer drenaj kanalı ve kapalı drenlerden biri (Yalınca Köyü arazilerinden geçen sol sahil ana boşaltım kanalının yedek kanalına bağlı drenlerden biri).....	68
Şekil 4.4. Yabancı otlarla kaplanmış bir drenaj kanalı (Küçük Kadoğan Köyü arazilerinde bulunan Sarısu Boşaltım Kanalına bağlı tersiyer drenaj kanalı).....	69
Şekil 4.5. Otlarla tıkanmış sulama kanalı (Mollaköy beldesi).....	71
Şekil 4.6. Yüzeysel drenaj sorununun bulunduğu alanlar (Binkoç köyü arazileri).....	72
Şekil 4.7. 1999-2000 yılı tabansuyu kritik en yüksek eşderinlik haritası.....	101
Şekil 4.8. 2000-2001 yılı tabansuyu kritik en yüksek eşderinlik haritası.....	102
Şekil 4.9. 2001-2002 yılı tabansuyu kritik en yüksek eşderinlik haritası.....	103
Şekil 4.10.1999-2000 yılı tabansuyu kritik en düşük eşderinlik haritası.....	105
Şekil 4.11.2000-2001 yılı tabansuyu kritik en düşük eşderinlik haritası.....	106
Şekil 4.12.2001-2002 yılı tabansuyu kritik en düşük eşderinlik haritası.....	107
Şekil 4.13.1999 yılı Ağustos ayı tabansuyu eşderinlik haritası.....	109
Şekil 4.14.2000 yılı Ağustos ayı tabansuyu eşderinlik haritası.....	110
Şekil 4.15.2001 yılı Ağustos ayı tabansuyu eşderinlik haritası.....	111
Şekil 4.16.1999 yılı Ağustos ayı tabansuyu eştuzluluk haritası.....	120
Şekil 4.17.2000 yılı Ağustos ayı tabansuyu eştuzluluk haritası.....	121
Şekil 4.18.2001 yılı Ağustos ayı tabansuyu eştuzluluk haritası.....	122

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Araştırma alanına ilişkin bazı meteorolojik veriler (Ortalama değerler son 21yıla ilişkin *).	39
Çizelge 3.2. Araştırma alanında bulunan toplayıcı ve tersiyer açık drenaj kanallarına ilişkin bilgiler.	43
Çizelge 3.3. Araştırma alanında bulunan yerleşim birimlerinin 1997 yılı nüfusları	46
Çizelge 3.4. Araştırma alanında ekilen bitki çeşitleri ve ekiliş oranları.....	47
Çizelge 3.5. Araştırma alanında yerleşim birimlerinin tarım alanlarına ilişkin yıllara göre sulama alanları	48
Çizelge 3.6. Araştırma alanında bulunan yerleşim birimlerindeki işletme sayıları ve anket yapılan örnek işletme sayıları.....	56
Çizelge 4.1. Araştırma alanında bulunan toplayıcı ve tersiyer açık drenaj kanallarının memba, mansap kotları ve kanal eğimleri.....	65
Çizelge 4.2. Sulama ve açık drenaj kanalları ile kapalı drenlerden alınan su örneklerinin analiz sonuçları.....	74
Çizelge 4.3. Sulama ve açık drenaj kanalları ile kapalı drenlerden alınan su örneklerinin Adj.SAR, Adj.R _{Na} , PT, GG, LSI ve FS değerleri.....	86
Çizelge 4.4. Tabansuyu düzey ölçümleri (cm, toprak yüzeyinden).....	94
Çizelge 4.5. En yüksek derinlik ölçümlerine ilişkin istatistiksel parametreler (cm).....	100
Çizelge 4.6. En düşük derinlik ölçümlerine ilişkin istatistiksel parametreler (cm).....	104
Çizelge 4.7. Ağustos ayı tabansuyu derinlik ölçümlerine ilişkin istatistiksel parametreler (cm).....	108
Çizelge 4.8. Ağustos ayı tabansuyu analiz sonuçları (1999, 2000, 2001).....	113
Çizelge 4.9. Tabansuyu elektriksel iletkenlik değerlerine ilişkin istatistiksel parametreler (μS/cm).....	119
Çizelge 4.10. Toprak örneklerinin tekstür analiz sonuçları.....	124
Çizelge 4.11. Toprak örneklerinin KDK, ESP, EC ve pH analiz sonuçları.....	126
Çizelge 4.12. Toprak örneklerinin ESP, EC ve pH değerlerine ilişkin t testi sonuçları....	127
Çizelge 4.13. Toprak örneklerinin EC değerlerine ilişkin istatistiksel parametreler (μS/cm) (derinlikler arası).....	127

Çizelge 4.14.Toprak örneklerinin EC değerlerine ilişkin istatistiksel parametreler ($\mu\text{S/cm}$) (gruplar arası).....	127
Çizelge 4.15.Toprak örneklerinin ESP değerlerine ilişkin istatistiksel parametreler (%) (derinlikler arası).....	128
Çizelge 4.16.Toprak örneklerinin ESP değerlerine ilişkin istatistiksel parametreler (%) (gruplar arası).....	128
Çizelge 4.17.Toprak örneklerinin pH değerlerine ilişkin istatistiksel parametreler (derinlikler arası).....	129
Çizelge 4.18.Toprak örneklerinin pH değerlerine ilişkin istatistiksel parametreler (gruplar arası).....	129



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	v
1.GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	8
3. MATERYAL ve YÖNTEM	34
3.1.Materyal.....	34
3.1.1. Araştırma Alanının Belirlenmesi ve Arazi Ön İncelemesinin Yapılması.....	34
3.1.2. Araştırma Alanı Hakkında Genel Bilgiler.....	35
3.1.2.1. Coğrafi Konum.....	35
3. 1.2.2. Jeolojik Durum.....	37
3.1.2.3. İklim Özellikleri.....	37
3.1.3. Toprak ve Su Kaynakları.....	40
3.1.3.1. Toprak Özellikleri.....	40
3.1.3.2. Su Kaynakları.....	40
3.1.4. Sulama Tesisleri.....	41
3.1.6. Sosyal ve Tarımsal Yapı.....	45
3.2.Yöntem.....	49
3.2.1. Arazi Çalışmaları ve Uygulanan Yöntemler.....	49
3.2.1.1. Tabansuyu Gözlem Kuyularından Su Düzeyi Ölçümlerinin Yapılması.....	49
3.2.1.2. Su Örneklerinin Alınması.....	52
3.2.1.3. Toprak Örneklerinin Alınması.....	53
3.2.1.4. Anket Çalışmaları.....	54
3.2.2. Laboratuar Çalışmalarında Uygulanan Yöntemler.....	57
3.2.2.1. Su Analizlerinin Yapılması.....	57
3.2.2.2. Toprak Analizlerinin Yapılması.....	60
3.3. Büro Çalışmaları.....	61
3.3.1. Tabansuyu Haritalarının Çizimi.....	61

3.3.2. Anketlerin Değerlendirilmesi.....	62
3.3.3. Toprak Örneklerinin Karşılaştırılması.....	63
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	64
4.1. Arazi Gözlemlerinin Değerlendirilmesi.....	64
4.2. Sulama ve Drenaj Şebekelerinden Alınan Su Örneklerinin Değerlendirilmesi....	73
4.3. Tabansuyu Düzey Ölçümlerinin ve Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	93
4. 4. Toprak Örneklerinin Değerlendirilmesi.....	123
4.5. Anket Çalışması Sonuçları ve Değerlendirilmesi.....	130
5. SONUÇLAR.....	135
KAYNAKLAR.....	143
EKLER.....	151
Ek-1.Anket Formu.....	151
ÖZGEÇMİŞ.....	153

1.GİRİŞ

Beslenme, insanların yaşamlarını sürdürebilmeleri için karşılanması gereken temel gereksinimlerinden biridir. Bir çok temel besin maddesinin üretiminde gereksinim duyulan en önemli doğal kaynaklardan olan toprak ve su kaynaklarının kısıtlı olması, buna karşın nüfusun giderek artması, tarımsal üretimi artırıcı önlemler alınmasını zorunlu kılmaktadır.

Ülkemizde tarım arazilerinin alansal artışı 1960'lı yıllara kadar sürmüş, izleyen yıllarda tarıma açılan arazilerin giderek azalışına bağlı olarak durmuştur. Günümüzde artık tarıma açılacak arazilerin son sınırına gelinmesi nedeni ile arazilerde alansal gelişim yerine, birim alandan alınacak verimin artırılmasıyla ilgili çalışmalara öncelik verilmektedir. Tarımsal verimin artışını sağlayan en önemli girdilerden biri de sulamadır. Ülkemizin büyük bölümünde kurak ve yarı kurak iklimin egemen olması, toprak kaynaklarından daha iyi bir şekilde yararlanılabilmesi için entansif tarıma geçilmesini zorunlu kılmıştır. Bu nedenle girdilerin en iyi biçimde değerlendirilmesinde sulamanın önemi büyüktür.

Modern sulama projelerinin planlanması, yapımı ve işletilmesi büyük girdi ve çaba gerektirmektedir. Buna karşın, sulamaya açılan tarım alanlarında aşırı su kullanımı ve sulama yöntemlerinin yanlış uygulanması, bu dengenin bozulmasına, toprakta tabansuyunun yükselmesine neden olmaktadır. Bütün bunların sonucu olarak, sulama yatırımdan beklenen yarar sağlanamamaktadır. Verimin azalmasına yol açan yüksek tabansuyu tarım alanlarında tuzluluk ve sodyumluluk sorunları yaratarak, bu alanların giderek tarım yapılamaz duruma gelmesine neden olmaktadır.

Yeryüzünde sulama yapılan tarımsal alanların 1/3'ünde tuzluluk sorununun ortaya çıktığı saptanmıştır. Yakın gelecekte bu durumun sürekliliğini koruyacağı beklenmektedir (Droogers *et al.* 2001).

Ülkemiz genelinde Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğünce yapılan ‘İl Toprak Kaynakları Envanteri’ çalışmasında; ülkemizdeki tuzlu ve sodyumlu toprakların kapladıkları alan 1 518 720 ha olarak verilmiştir. Bu değer ülkemiz yüzölçümünün (77,9 milyon ha) %1,95’ini kaplamaktadır. Türkiye genelinde işlemeli tarım arazilerinin 1 968 814 ha’ında drenaj sorunu bulunmaktadır (Anonymous 1997). Sulamaya açılan tarım alanlarının artışına bağlı olarak drenaj sorunlarının bulunduğu alanlar da her geçen gün artmakta drenaj çalışmalarının yapılması zorunlu bir duruma gelmektedir.

Geleneksel tarım teknolojilerinin uygulanması, yetersiz girdi ve yanlış toprak kullanımına karşı gerekli önlemler alınamazsa daha büyük boyutlarda tuzluluk ve çoraklık sorunu ile karşı karşıya kalınacaktır. Bu nedenle toprak ve su kaynaklarından en verimli ve ekonomik biçimde yararlanmayı amaçlayan ‘Kültürteknik Önlemleri’ (Meliorasyon) içinde drenaj önemli bir yer tutmaktadır (Güngör ve Erözel 1994).

Genel anlamıyla drenaj terimi, arazinin insanlar için kullanılabilirliğini artırmak amacıyla fazla suyun topraktan ve arazi yüzeyinden yapay yöntemlerle uzaklaştırılmasını belirtmektedir. Tarımsal açıdan ise amaç, maksimum bitki gelişimine uygun bir kök bölgesi oluşturmaktır; diğer bir anlatımla toprakta uygun bir su-hava dengesi sağlamaktır. Nemli bölgelerde ise yapılan drenajın amacı zararlı tuzların yüksek düzeyde bulunması durumunda bu tuzların uzaklaştırılarak toprakta uygun bir tuz dengesinin oluşturulmasına çalışmaktır (Gemalmaz 1993).

Sulu tarım alanlarının bilinçsizce sulanması sonucunda toprağın çoraklaşması ve verim düşüklüğü ilk çağlardan beri toplumları etkilemiştir. Arkeolojik verilere göre drenler ve drenaj mühendisliği insanlığın yazılı tarihinden öncesine kadar uzanmaktadır. Ancak ilk drenaj yapılarının hemen hemen hiçbiri günümüze kadar ulaşmamıştır. Çinlilerin M.Ö. 2300 yıllarında drenaj sistemleri geliştirdiğine ilişkin bulgular vardır. Bundan 4000 yıl önce sulu koşullarda yaptıkları buğday tarımından dolayı devrinin en üst gelişmişlik ve uygarlık düzeyine ulaşan Mezopotamya’daki topluluklar, toprakta oluşan tuzlulaşmanın buğday tarımına olanak sağlamaması nedeniyle tuza daha dayanıklı arpa tarımına yönelmişlerdir. Gıda maddesi yetersizliğinden dolayı o devirdeki şehir devletlerinin

nüfusları azalarak tarih sahnesinden çekilmişlerdir. Bu dönemlerde varlığı bilinen sulama kanallarının yanında drenaj yapılarına rastlanmamıştır. Mezopotamya tarihine damgalarını vurmuş bu toplumların yok olmalarının nedenlerinden birinin de drenaj sorununa çözüm bulunamamasıdır. Aynı şekilde Kuzey ve Güney Amerika'da birçok yerleşim birimlerinin yaşanılmaz duruma gelmesinde drenaj sorunu etkili olmuştur (Gemalmaz 1993).

Eski Mısırda M.Ö. 400 yıllarında drenajla ilgili çalışmalarda çalı, dal, saman ve taş gibi malzemelerden yararlanılmıştır. III. Yüzyılda Romalıların Po, Arno ve Tiber ovalarını drene etmeye uğraştıkları bilinmektedir. Hollanda'da 1544 yılından sonra hazırlanan projelerle sahillerde bulunan büyük bataklık alanlar kurutularak tarıma uygun duruma getirilmiştir. St. Petersburg'un (Leningrad) yerleşime uygun duruma gelmesi için yapılan drenaj çalışmalarına 1710 yılında başlanılmıştır. İngiltere'de Joseph Eklington adlı bilgin, topraktaki fazla suları atmak için geçirimli tabakaya kadar kuyular açılmasını ve suların bu kuyulara akıtılmasını önermiştir (Işıkhani 1999).

Drenajda teorik yönde büyük ilerlemeler 1940 yıllarından sonra olmuş ve uygulamada karşılaşılan birçok değişik sorun için yaklaşık çözümler bulunmuştur.

Sulama ve drenaj uygulamalarının tarihsel süreci içerisindeki gelişmeler, sulamaya açılmış tarım alanlarında, verimin azalmasına neden olan fazla suyun topraktan uzaklaştırılarak bitki, toprak ve su arasındaki ilişkilerin düzenlenmesini sağlayan drenaj tesislerinin sulamaya yönelik tesisler kadar önemli olduğunu göstermektedir. Çünkü yaşanan deneyimler sulamaya açılan tarımsal alanlarda sulama uygulamaları ile birlikte veya bu uygulamaların başlamasından bir süre sonra tabansuyu, tuzluluk ve sodyumluluk gibi drenaj sorunlarının ortaya çıktığını ve sulamadan beklenen yararların sağlanamadığını açıkça göstermiştir.

Drenajın tarım alanlarının iyileştirilmesine hizmet eden bir teknik önlem olmasının yanı sıra, insanların yaşadıkları ortamın ve çevrenin düzenlenerek uygun duruma getirilmesini sağlayan teknik önlem olması özelliği de göz ardı edilmemelidir. Bir

yörenin ekolojik düzeni içinde toprağın su durumu, yapısı, sıcaklığı, besin maddeleri, bitki örtüsü ve üretim konuları kadar drenaj ve arazi iyileştirme çalışmaları da önem taşımaktadır.

Sulamaya yeni açılan arazilerde sulama tesislerine paralel olarak, onunla birlikte, kesinlikle drenaj tesisleri de aktif duruma getirilmelidir. Uygun drenaj tesisi bulunmayan koşullarda drenaj sorunlarının önlenmesi olası değildir. Çünkü sulamalar nedeniyle topraklara eklenen tuzların dışarı atılması ancak drenaj tesisleriyle sağlanabilmektedir. Sulama sonucunda bitki kök bölgesinde birikmekte olan tuzlar, uzaklaştırılmaz ise bir süre sonra toprakta tuzluluk sorunu kesinlikle ortaya çıkacaktır. Bu nedenle uygun tuz dengesinin kurulması ve sürekliliğinin sağlanması drenaj tesisleriyle olasıdır (Ayyıldız 1990).

Sulu tarım alanlarında sulama sonucunda bitki kök bölgesinde tuz birikmesinin engellenmesi için gerçekleştirilen yıkama işlemleri sonucunda toprağa bitki su gereksinimlerinden fazla olarak bir miktar daha su verilmektedir. Fazla olarak verilen su, sonuçta tabansuyuna eklenirse de doğal drenaj koşulları iyi olduğu sürece tabansuyu düzeyinde bir yükselme söz konusu olmamaktadır. Ancak çoğu kez tarım alanlarının doğal drenajı yeterli değildir ve dolayısıyla sulu tarım, drenaj ile düşünülmelidir. Bu nedenle ülkemiz gibi kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde kurulan drenaj sistemlerinin iyi bir su ve iyi bir tuz dengesi sağlamak gibi iki işlevi vardır (Kanber vd 1992).

Arazi yüzeyinde veya toprak profili içerisinde bulunan fazla suların dışarıya atılması ve tabansuyu düzeyinin belirli bir derinliğe düşürülmesi için değişik sistemler kullanılmaktadır. Bu sistemler, toprak yüzeyinde göllenmiş olarak bulunan veya toprak profiline zamanla tabansuyu düzeyini yükseltebilecek olan suların drenajı için kullanılan "Yüzey Drenaj Sistemleri" ve toprak profiline bulunan ve kök bölgesine zarar veren tabansuyu düzeyini düşürmek için kullanılan 'Derin (Yüzeyaltı) Drenaj Sistemleri' dir.

Drenaj sorunları yüzey ve yüzeyaltı drenaj sorunları olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Gerçekte ıslak alanlarda bu iki sınıf soruna birlikte de rastlanabilmektedir. Bu gibi durumlarda drenaj projelmesi her iki sınıf sorunun karşılıklı ilişkileri de göz önünde bulundurularak yapılmalıdır (Gemalmaz 1993).

Drenaj sorunları açık (yüzey) veya kapalı (borulu, toprak altı) sistemlerle giderilmeye çalışılmaktadır. Sorunun tipinin belirlenebilmesi için istenmeyen zamanlarda, istenmeyen yerlerde ve zararlı düzeyde bulunan suyun kaynağının saptanması gereklidir. Drenaj sisteminin kapalı olarak planlanabilmesi için, arazide sulu tarım uygulamasının bulunması veya ileride uygulanacak olması gerekir (Anonymous 1983).

Açık drenaj tesislerinin yapımında öncelikle gerek yukarı havza, gerekse taban arazide doğal su yollarının iyileştirilmesi yolu ile (yataklarına düzgün, geometrik kesit verilerek) yeterli duruma getirilebilme olanakları araştırılmalıdır. Havzada birinci derecedeki doğal su yollarının yataklarına düzgün geometrik kesit verildikten sonra varsa ikinci derecede su yollarının geliştirilmesi ele alınmalıdır. Gerekiyorsa yardımcı, destekleyici ana kaynağın yükünü azaltıcı kanallar planlanır. Yüksek yoğunluklu, kısa süreli sağnak yağışlar nedeniyle yukarı havzada toplanan suyun taban arazide fiziksel zarara yol açacak şekilde seyri ve toprak yüzeyinde uzun süreli beklemesinden oluşan yüzey drenaj sorunlarının giderilebilmesi için kesinlikle açık sistem planlanmalıdır.

Kapalı drenaj sistemlerine ise özellikle sulama uygulamaları sonucunda ortaya çıkan drenaj sorunlarının çözümünde baş vurulmaktadır. Sulamada randıman düşüklüğü dolayısıyla drenaj sorunu doğmuş ise veya doğması olası ise, kapalı drenaj sistemi bir alternatif olarak ele alınabilir. Yapılan ilk drenaj uygulaması, bozuk hidrolojik dengeye yapılan ilk girişim niteliğinde olup ilerde çok büyük bir olasılıkla aynı alana geri dönülerek sisteme son şekli verilecektir. Drenaj sorunun kaynağı olan suyun toprak yüzeyinde görülmeyip, profilde yerleşmiş olması durumunda kapalı drenaj ya da derin drenaj gerekli olmaktadır.

Yüzey drenaj ile yüzeyaltı drenaj arasında temel farklılıklar bulunmaktadır. Yüzey drenaj sorunu fazla su toprak yüzeyinde bulunur, profil kuru olabilir. Yüzeyaltı drenajında ise profil doygundur veya sulama mevsiminde sulama suyu fazlası ile beslenerek tabansuyunun yukarı yönde hareketiyle profil doygun duruma geçer, toprak yüzeyi çoğunlukla kuru olabilir. Kapalı drenaj sistemini oluşturan borulu hatlara boyut verilirken, yağışlar ve yüzey akışlarla beslenmeler sıfır kabul edilmelidir. Borulu şebekelerle boşaltılması beklenen su artığı sulama uygulaması sırasında oluşan kayıplardır (Toprakoğlu, 1974). Bu kayıplar sulama ile verilen suyun bitkiler tarafından tüketilmeyerek aşağıya doğru sızmasından oluşmaktadır.

Gerek açık gerekse kapalı drenaj sistemlerinden en iyi şekilde yararlanmanın ve bu sistemlerin ömrünü en üst sınıra çıkarabilmenin sağlanabilmesi için iyi bir bakımın yapılması, yenileme ve gelişmelerin sistematik olarak kullanım süresi içerisinde şebekeye uygulanması gerekir (Robertson *et al.* 1991). Bakım ve yenileme çalışmalarının yapılmaması zamanla tesisin tamamen elden çıkmasına yol açabilir.

Drenaj sisteminin işleyişini denetleyebilmenin en güvenilir yollarından biri de tabansuyu düzeyinin yıl içerisindeki düzey değişiminin ve yıllara göre tabansuyu niteliğindeki değişikliklerin sürekli ve düzenli olarak izlenmesidir. Tabansuyunun yıl içindeki dalgalanmasını, akım yönünü, hızını ve eğimini, drenaj sorununun boyutlarını ve derecesini, kuşaklama kanallarının geçtiği yerleri, sulama ve yağışların tabansuyuna etkilerini, göl, deniz, pınar ve akarsulardan sızmaları saptamak amacıyla tabansuyu gözlem kuyuları açılarak tabansuyu izleme çalışmaları başlatılır (Anonymous 1988a).

Ülkemizde drenaj çalışmalarına Cumhuriyetin ilk yıllarında başlanmıştır. İlk yıllarda genel olarak bataklıkların kurutulması ile sınırlı kalmış, 1953 yılında Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün kurulmasıyla geniş kapsamlı drenaj sistemlerinin yapımına başlanmıştır. 'Toprak Muhafaza ve Zirai Sulama İşleri Umum Müdürlüğü' kanunu ile 1960 yılında Tarım Bakanlığı içerisinde kurulan ve 1964 yılında Köy İşleri Kooperatifler Bakanlığı'na alınan TOPRAKSU Genel Müdürlüğü'nce 1984 yılına kadar daha küçük boyuttaki sulama ve drenaj şebekelerinin yapımı gerçekleştirilmiştir.

Günümüzde drenaj çalışmaları Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü ile Devlet Bakanlığına bağlı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü ve kısmen de Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmektedir (Güngör ve Erözel, 1994).

Bu araştırmada Türkiye'nin drenaj alanları bakımından havzalara göre en yüksek ortalama yıllık akışa sahip olan Fırat havzası içerisinde Erzincan ovası drenaj alanının bir bölümü araştırma alanı olarak seçilmiştir. Araştırma alanı belirlenirken yöre çiftçisi ve bölgeye hizmet götüren tarımsal kuruluşların yetkilileriyle ön görüşmeler yapılarak drenaj yetersizliğinden kaynaklanan sorunların var olduğu alanların seçilmesine özen gösterilmiştir. 1967 yılında sulamaya açılan alanda sulama tesisleri açık drenaj şebekesi ile birlikte yapılmıştır. Kapalı drenaj şebekesi 1980'li yıllarda yapılmaya başlanmasına karşın günümüze kadar tamamlanamamıştır. Sulama alanında arazisi bulunan deneyimli çiftçiler ve sulama tesisini yaparak işletmeye açan kuruluş yetkilileriyle yapılan görüşmelere göre, araştırma alanında sulamaya açıldıktan birkaç yıl sonra yer yer tabansuyu, tuzluluk ve sodyumlulaşma gibi drenaj yetersizliğinden kaynaklanan sorunlar baş göstermiştir.

Bu araştırma ile yüzey ve yüzeyaltı drenaj şebekelerinin bulunmasına karşın drenaj sorunlarının tam olarak giderilemediği araştırma alanında 3 yıllık bir izleme ve değerlendirme çalışması yapılarak drenaj sistemlerinin işlerliliğinin saptanması ve sistemler arasında bir karşılaştırma yapılması amaçlanmıştır. Drenaj sistemlerinin işlevlerini tam olarak yapıp yapmadığını ve var olan drenaj tesislerine ek tesisler ile kapalı drenaj tesisi olmayan alanlara yeni tesislerin yapılmasına gereksinme olup olmadığını belirleyebilmek için belirli bir süreyi kapsayan sistematik bir veri toplama çalışması yapılmıştır. Toplanan verilerin değerlendirme sonuçlarının konuyla ilgili kişi ve kuruluşlara yararlı olacağı umulmaktadır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Drenaj, herhangi bir alandan fazla yüzey veya aşırı toprak suyunun boşaltılması olarak tanımlanmaktadır. Yüzey sularının akarsulara veya ırmaklara doğru iletilmesini sağlayan yapay veya doğal drenaj sistemleri; alt toprak veya yüzeysel taşıma tesisleri aracılığıyla gereksinim fazlası yüzey veya toprak suyunun boşaltılması ve böyle bir su taşıma tesisine alt yapı oluşturacak bir sistem veya arasından sağnak suyunun kurtulup ırmaklara veya derelere aktığı doğal çöküntü hatları şeklinde olabilmektedir (Anonymous 1972).

Yağışların bitki su gereksiniminin çok üstünde olduğu veya yüzeyaltı suyunun bitki kök bölgesine kadar ulaştığı veya sulamanın ardından toprak taneleri arasındaki bütün boşlukların suyla doymuş şekle geldiği durumlarda, hava toprak taneleri arasına girememektedir. Bitkilerin büyüebilmeleri için kök bölgelerinde havaya da gereksinimleri vardır. Bu gibi durumlarda fazla suyun bitkiye zarar vermeden kök bölgesinden uzaklaştırılması gerekmektedir. Bitkiye zararlı olan fazla suların kök bölgesinden uzaklaştırılması drenaj ile gerçekleştirilmektedir (Kızılkaya 1988).

Çoğunlukla sulanan bölgelerde bitkisel üretimin sürekliliğinin sağlanması yeterli drenaja bağlıdır. Nemli bölgelerde, bitki kök bölgesinde uygun bir toprak-su-hava dengesi sağlamayı öngören drenaj uygulamalarının sulama yapılan kurak ve yarı kurak alanlardaki amacı ise toprakta uygun bir tuz dengesi sağlayarak tarım arazilerinin giderek çoraklaşmasını engellemektedir (Çiftçi 1991).

Drenaj sorunları yüzey ve yüzeyaltı drenaj sorunları diye iki grup altında incelenmekteyse de, gerçekte drenaj çalışması yapılan alanlarda bu iki sınıf soruna birlikte rastlanabilmektedir. Böyle durumlarda her iki sınıf sorunun karşılıklı ilişkileri göz önünde bulundurularak drenaj sistemleri projelenir (Gemalmaz 1993).

Özer (1984) ve Gemalmaz (1993) drenaj önlemlerinin alındığı amaçlara göre drenajı aşağıdaki gibi gruplandırmaktadırlar: Asıl yetiştirme devresi dışında toprakların suyla boğulmalarının önlenmesi toprak drenajı veya mevsim dışı drenaj diye nitelendirilir. Toprak drenajının bitki gelişimi üzerine etkisi dolaylı olmaktadır. Asıl yetiştirme devresi içerisinde toprakların suya doymuş duruma gelmelerinin önlenmesi bitki devresi drenajı diye adlandırılır. Bitki devresi drenajı doğrudan doğruya bitki gelişimini etkilemektedir. Toprakta sulama suyundan veya tabansuyundan kaynaklanan kılcal yükselme ile oluşan tuzlulaşmanın önlenmesi; tuz drenajı diye adlandırılmaktadır.

Drenajdan beklenen başlıca yararlar; tarımsal işlemlerin zamanında ve tam olarak yapılabilmesi için toprağın tava getirilmesi, taşkınların ve oluşturdukları zararların önlenmesi ve olumsuz etkilerinin azaltılması, bataklık ve göl alanlarının kurutulmasını sağlayarak yeni tarım alanlarının kazanılması ve sağlığa zararlı etkilerinin engellenmesi, toprağın fiziksel özelliklerinin düzeltilmesi ve bitkilerin kuvvetli bir kök sistemi geliştirmesinin sağlanması, fazla suyun uzaklaştırılması nedeniyle toprağın havalanma durumunun düzeltilmesi ve toprak ilkbaharda çabuk ısınıp sonbaharda da sıcak kalacağından ilk ve son donların getireceği zararın büyük ölçüde giderilmesi, topraktaki tuzluluk ve sodyumluluğun giderilmesine olanak sağlanması, organik maddelerin çürümmesine ve nitrifikasyonun artmasına neden olan bakteriyel işlemlerin kuvvetlendirilmesi ve hızlandırılması, tarımsal işlemlerin kolaylaştırılması ve işletme giderlerinin azaltılması şeklinde sıralanabilmektedir (Aliyazıcıoğlu 1999).

Tarımsal alanlarda gerekli olan drenaj için, ana gerekçe olarak tuzluluk kontrolü, havalandırma ve su iletimin sağlanması gösterilmektedir (Ayars *et al.* 1997).

Drenajın sorun olmadığı bölgelerde, oransal olarak tuzsuz sayılabilecek sularla yapılan sulama uygulamalarında başlangıçta bitki kök bölgesi ve bu bölgenin aşağısında, su tablasına doğru üniform ve eşit bir tuzlulaşma olmaktadır. Ancak zamanla sulama ve evapotranspirasyonun birlikte etkisi sonucu, daha sık ve ekonomik olmayan sulama uygulamalarının ardından kabul edilemeyecek düzeyde aşırı suya doymuşluk ortaya

çıkmakta ve aşamalı olarak yüzeye daha yakın tabakalar daha fazla tuzlulaşmaktadır (Manguerra ve Garcia 1997a).

Sulama uygulamalarının yanı sıra kanallardan sızmalar da, sulanan alanların büyük bir bölümünde su ile doygunluk ve tuzluluk sorununu ortaya çıkarmaktadır (Guitjens *et al.* 1997).

Fazla su içeren topraklar drenaj durumu iyi olan topraklara göre daha soğuktur. Güneşten gelen enerjinin büyük bir kısmı topraktaki suyun buharlaşmasında kullanıldığı için enerjinin toprak yüzeyinden derinlere inerek toprak katlarını ısıtması zorlaşır ve uzun süreye gereksinim gösterir. Islak veya fazla su içeren toprakların işlenmesi daha güçtür. Bu gibi araziler kuru ve fazla su içermeyen topraklara göre %25-30 arasında daha fazla bir çeki gücüne gereksinim gösterirler (Balcı 1973).

Sulama suyu tuzluluğunun denetlenebildiği, toprak içerisinde fazla suyun aşağıya doğru akışa geçtiği durumlarda, yüzey toprağı tuzluluğu daha derinlerdeki toprak tuzluluğuna oranla daha düşük olmaktadır. Sulama ve drenaj sistemlerinin ve bu sistemlerin işletme yöntemlerinin uygunluğu ve yeterliliğinin belirlenebilmesi için, toprak tuzluluğu belirleme teknolojilerinin kullanımı günümüzde çok yaygındır (Rhoades *et al* 1999).

Güngör ve Erözel (1994)'e göre, arazilerde tuzluluk ve sodyumluluk durumları; toprakların morfolojik görünümleri, bitki örtüsü ve diğer etmenlere göre incelenir. Özellikle tuzluluk durumu; arazinin topoğrafyası, doğal bitki örtüsü, verim durumu, sulama ve drenaj koşulları, toprağın nemliliği gibi özelliklere göre belirlenebilir. Toprak üzerindeki beyaz tuz kabukları tuzlu toprakların en belirgin özelliğidir. Tuz kabuklarının en önemli bileşikleri sodyum klorür, sodyum sülfat ve magnezyum sülfattır. Ayrıca magnezyum klorür gibi higroskopik tuzların egemen olduğu bazı tuzlu toprakların yüzeyleri koyu renkli, kaygan bir çamurla kaplanmaktadır. Değişebilir sodyum daha çok üst toprakta sert kabuklu çamurlu tabakaların görülmesi ile belirlenebilir. Toprak yüzeyindeki küçük su birikintileri de değişebilir sodyumun bir göstergesidir.

Anapalı vd (1998)'e göre bir bölgede toprakların tuzluluk ve sodyumluluk sorununun varlığını ve boyutunu ortaya koyabilmek için toprakların eriyebilir toplam tuz miktarını tanımlayan elektriksel iletkenlik değeri (EC), toprak yapısının bozulma durumunun tanımı olarak değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) ve toprak reaksiyonu (pH) gibi parametrelerin belirlenmesi gerekir.

Toprak pH'sının 9,0 veya daha yüksek olması durumlarında, toprak yapısı bozulmakta, verim düşmekte, toprak işlemesi zorlaşmakta ve yetersiz drenaj koşulları oluşmaktadır (Gedikoğlu 1999).

EC'nin 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'den büyük, ESP'nin 15'den büyük ve pH'nın 8,5 veya daha düşük olduğu tuzlu sodik topraklar ile EC'nin 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'den küçük, ESP'nin 15'den büyük ve pH'nın 8,5-10 arasında olduğu sodik topraklarda, değişebilir sodyumun artması, toprakta geçirgenliğin azalmasına ve havalanmanın kısıtlanmasına neden olmaktadır (Kayael 1999).

Sodyumlu topraklar genellikle balçıklaşır ve geç tava gelirler. Islak durumda yağlı bir görünüşte olup plastik ve yapışkan olmalarına karşılık kurudukları zaman çok sert bir görünüm alarak çatlaklar, büyük kesekler ve kalın kabuklar oluştururlar. Tuzlu sodyumlu alanlar içerisinde yer alan sodyumlu topraklar genellikle düzenli olmayan biçimlerde arazinin farklı kısımlarına yayılmış durumda bulunurlar (Verhoeven 1974).

Sodyumlulaşma hiçbir zaman arazinin tamamında aynı anda ortaya çıkmaz. Başlangıçta küçük lokal benekler şeklinde belirir. Drenaj işlemleri yalnız sodyumlulaşmış alanlarda değil bütün arazide uygulanmalıdır (Anonymous 1983).

Yüzeyde tuz birikmesi şeklinde ortaya çıkan yüzey drenaj sorununa ilişkin yapmış oldukları çalışmalarında Mudgway *et al.* (1997); sığ yüzeyaltı suyu ile yüzey drenajı arasında tuzun taşınma durumu belirlenmeden yüzeyde birikecek tuz miktarının kestirilmesinin yanlış olacağını bildirmişlerdir.

Kurak bölgelerin aşırı sulama yapılan kısımları için yaptıkları model çalışmasında Manguerra ve Garcia (1997b); geleneksel sorunlar olarak değerlendirdikleri aşırı suya doygunluk ve tuzluluk sorunlarının yalnız ürün korunması yönünün değil, bunun yanı sıra çevre üzerindeki zararlı potansiyel etkisinin de söz konusu olduğunu ve bu durumun daha güncel bir durum aldığını belirtmişlerdir. Bitkisel üretim için genişleyen bir çevrenin oluşturulması bakımından drenaj önemli bir gereksinimdir.

Sulama uygulamalarından artakalan drenaj suyu, bitki kök bölgesine kadar ulaşan yüksek su tablası oluşturması ve gerek yüzeyaltı gerek yüzeyüstü su niteliğini giderek düşürmesi şeklinde çevresel zararlara neden olmaktadır. Kötü ve çok kötü koşullardaki yüksek tabansuyunun kontrolü için bir drenaj sistemi kurulabilir, böylece ortaya çıkan drenaj akışının tarım yapılan alanın dışına verilmesi olasıdır (Knap *et al.* 1990, Knapp 1992).

Sulama ve drenaj kanallarından olan sızmalar, sulamalardan dönen boşaltım suları ve aşırı sulama uygulamalarının katkısı sonucu tabansuyu dalgalanmaları ortaya çıkmaktadır. Tabansuyu dalgalanmalarının olduğu sulu tarım alanlarında, tabansuyu niteliği önemli ölçüde sorun olabilmektedir. Tabansuyu niteliğinden kaynaklanan sorunlar hem önemli verim kayıplarına, hem de gözardı edilemeyecek toprak bozulmalarına neden olmaktadır (Çetin *et al.* 2000).

Gerek doğal olarak ve gerekse sulama alanlarındaki düz topoğrafyalı ve drenaj yetersizlikleri bulunan topraklarda tuz içeren tabansuyu, mevsimlere göre düşey doğrultuda hareket etmekte, toprak yüzeyine yaklaştığı zaman su kapillarite ile toprak yüzeyine kadar iletilerek toprak yüzeyinden buharlaşmaktadır. Tabansuyunun taşıdığı tuzlar toprağın yüzeyinde veya içinde bu şekilde birikmektedir (Ergene 1993).

Tuzlulaşma, diğer bir anlatımla kök bölgesi tuzluluk düzeyinin verim ve kaliteyi olumsuz etkileyecek kadar artması, toprağın verimlilik potansiyelini doğrudan yönlendirici bir unsur olmaktadır. Kök bölgesine çeşitli nedenlerle iletilen tuzlar, burada biriktirilirlse zaman boyutunda bitki verimi ve niteliği gittikçe artan oranlarda

etkilenecektir. Bu etkinin düzeyi ise iklim ögeleri, sulama suyu niteliği, toprak özellikleri, bitki çeşidi, tarım şekli, sulama yöntemi, drenaj yeterliliği, sulama ve drenaj yönetimi gibi etmenlere bağlıdır (Yurtseven 1999).

Sulama suyu olarak toprağa uygulanan su, buharlaşma veya bitkiler tarafından tüketilerek içerdiği tuzları gerekli önlemler alınmadığında profil boyunca biriktirmeyi sürdürmektedir. Sulama sularındaki belirli iyonların birikmesi sonucu toprakta ve bitkilerde çeşitli zararlar ortaya çıkmaktadır. Bu iyonların en önemlileri sodyum, kalsiyum ve magnezyum gibi katyonlar ile bikarbonat, klor ve sülfat gibi anyonlardır (Tabaei ve Guitjens 1991).

Rhoades (1972), Tekinel ve Kırdı (1978) ve Hoffman *et al.* (1983)'e göre sulama sularında bulunan iyonlardan bazıları bitkilere toksik etki yapmaktadır. Bu iyonların en önemlileri bor ve klordur . Yüksek düzeyde sodyum iyonu da bitkilere toksik etki yapabilmektedir. Sülfat iyonunun sulama suyunda bulunması bitkiler için yararlı olabilmektedir (Erözel 1986). Ancak, yüksek miktarda bulunan sülfat iyonu , kalsiyum iyonunun çökmesine neden olduğundan bitkilere toksik etki yapabilmektedir .

Suların tuzluluk ve sodyumluluk durumunu ortaya koyabilmek için toplam eriyebilir tuz miktarını tanımlayan elektriksel iletkenlik değeri (EC), sodyumluluk durumu ve sodyumun zararlılık düzeyinin saptanması için sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) ve artık sodyum karbonat (RSC) ile asitlik ve bazlık ölçüsünün bir fonksiyonu olarak pH gibi parametrelerin belirlenmesi gerekir (Ayyıldız 1990). Bazı araştırmacılar SAR değerini eleştirerek düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı (Adj.SAR) parametresini kullanmaktadır. Ayrıca sulamadan hemen sonra, sulama suyunun kalsiyum konsantrasyonundan farklı olarak toprak suyu konsantrasyonundaki değişim nedeniyle çözülme ve çökme olabileceği göz önüne alınarak düzeltilen düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı (Adj.R_{Na}) parametresi hesaplanmaktadır. SAR ve R_{Na} anlamdaştırılır. Klasik SAR denkleminde toprak suyundaki kalsiyum miktarında oluşan değişimler dikkate alınmaz. Oysa sulama anında veya hemen sonra ortaya çıkan çözülme veya çökme olayları, kalsiyumun eriyebilirliğini önemli ölçüde değiştirir. Ancak yine de

SAR denklemi ve hesaplama işlemi, sulu tarımda sulama suyu değerlendirilmesi için kabul edilebilir bir değerlendirme yöntemi sayılmaktadır (Kanber vd 1992).

Sulama suları toprak özelliklerine göre de sınıflandırılmaktadır. Bu kapsamda potansiyel tuzluluğa göre sınıflandırma yapılmaktadır. Su içerisinde bulunan her çeşit iyonun toprak tuzluluğuna katkısı eşit değildir. Toprak suyu tarla kapasitesinin altındaki değerlere ulaşınca CaCO_3 ve MgCO_3 çökmektedir. Bu durumda sulama suyunun toprakta oluşturacağı potansiyel tuzluluk, eriyebilirlikleri oldukça fazla olan Cl ve SO_4 iyonlarının konsantrasyonundan ileri gelmektedir. Killi topraklar için potansiyel tuzluluğu 3'den küçük olan sulama suları 1. sınıf, 3-5 arasında olan sulama suları 2. sınıf ve 5'den büyük olan sulama suları 3. sınıftır. Tınlı topraklar için potansiyel tuzluluğu 5'den küçük olan sulama suları 1. sınıf, 5-10 arasında olan sulama suları 2. sınıf ve 10'dan büyük olan sulama suları 3.sınıftır. Kumlu topraklar için potansiyel tuzluluğu 7'den küçük olan sulama suları 1. sınıf, 7-15 arasında olan sulama suları 2. sınıf ve 15'den büyük olan sulama suları 3. sınıftır (Kanber vd 1992).

Sularda bulunan kalsiyum ve magnezyum tuzları sertliğin kaynağını oluştururlar. Ülkemizde yaygın olarak kullanılan sertlik derecesi Fransız sertlik derecesidir. Fransız sertliği sınıflamasına göre; sertlik derecesi 0,0-7,20 arasında olan sular çok yumuşak su, 7,20-14,50 arasında olan sular yumuşak su, 14,50-21,50 arasında olan sular hafif su, 21,50-32,50 arasında olan sular orta su, 32,50-54,00 arasında olan sular sert su ve 54,00'dan büyük sular çok sert su sınıfına girmektedir (Aydın ve Sezen 1995). Sulamada yumuşak sular kullanılmamalıdır (Ayyıldız 1990).

Sulama sularının niteliklerinin sınıflandırılması için geliştirilen sistemlerden dünyada ve ülkemizde en çok kullanılan 'ABD Tuzluluk Laboratuvarı Sistemi' sınıflandırmasında tuz konsantrasyonu ve sodyum adsorbsiyon oranı göz önüne alınarak 16 kategori geliştirilmiştir. Elektriksel iletkenlik ve sodyum durumu göz önüne alınarak yapılan sınıflandırmaya göre; elektriksel iletkenlik değeri (EC)<250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'den az olan sular az tuzlu (C_1), EC'si 250-750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında olan sular orta tuzlu (C_2), EC'si 750-2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında olan sular yüksek tuzlu (C_3), EC'si 2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'den

fazla olan sular çok yüksek tuzlu (C_4); sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) 10'dan düşük olan sular düşük sodyumlu (S_1), SAR'ı 10-18 arasında olan sular orta sodyumlu (S_2), SAR'ı 18-26 arasında olan sular yüksek sodyumlu (S_3) ve SAR'ı 26'dan fazla olan sular çok yüksek sodyumlu (S_4) sular sınıfına girmektedir (Ayyıldız 1990).

Tuzluluk ve SAR değerleri infiltrasyon hızlarının belirlenmesinde de göz önünde tutulmalıdır. Hidrolik iletkenliğin toprağın su alma hızını (infiltrasyonu) etkilemesinin yanı sıra, infiltrasyon hızının tuzluluk ile azaldığı yada başka bir deyişle artan sodyum, kalsiyum ve magnezyumla ilişkili olduğu bilinmektedir (Taş ve Zaimoğlu 2001).

Sulama alanlarında, tabansuyu niteliklerini saptamak amacıyla tabansuyu gözlem kuyularından, sulama suyunun tabansuyu tuzluluğuna etkisinin belirlenebilmesi için sulama kanallarından ve topraktan uzaklaştırılan tuz miktarının saptanabilmesi için de drenaj kanallarından su örneklerinin alınarak niteliklerinin belirlenmesi gerekmektedir (Anonymous 1993).

Bir sulama suyunun uzun süre sulamada kullanılması ile toprak geçirgenliğinde ortaya çıkabilecek değişikliğe neden olduğu belirlenen etkenlerden sulama suyu toplam tuz konsantrasyonu, sulama suyu sodyum iyonu konsantrasyonu ve sulama suyu bikarbonat iyonu göz önüne alınarak geçirgenlik göstergesi adında bir kavram geliştirilmiştir. Bu kavram sulama sularının sınıflandırılmasında kullanılmaktadır. Geçirgenlik göstergesi kavramı, sulanan topraklarda uzun sürede ortaya çıkabilecek fiziksel özelliklerdeki değişmelerin değerlendirildiği ampirik bir ilişkidir. Bu sınıflandırma için topraklar düşük, orta ve yüksek geçirgenlikli olmak üzere 3 grup altında toplanmaktadır. Nitelikleri belirli bir suyun uzun süre kullanılması durumunda, toprak geçirgenliğinde oluşacak değişimin saptanması için geliştirilmiş grafikler bulunmaktadır (Kanber vd 1992).

Sulama sularının toprakta oluşturacağı sodyumlulaşma tehlikesinin belirlenmesinde kullanılan yöntemlerden biri de Langelier saturasyon indeksi (LSI)'nin saptanmasıdır. LSI çözünmüş haldeki kirecin çöküp çökelme durumuna dayanmaktadır. Gerçek pH

değeri ile suyun kireç ile dengeye ulaştığı anda ki pH değeri arasındaki farkı gösteren Langelier saturasyon indeksi, pozitif ise suyun kireci çökelteceğini, negatif ise kireci çözümlük olarak koruyacağını göstermektedir (Kanber vd 1992).

Sulama suyu niteliğı ve tabansuyu derinliğinin bitki verimlerine etkisini irdeledikleri çalışmalarında, Öztürk ve Erözel (1994), tabansuyunun sulama amacıyla kullanılması durumunda suların önemli miktarda tuz içerebilmesi nedeniyle toprak ve bitkide önemli sorunlar ortaya çıktığını vurgulamaktadırlar. Bu durum, özellikle az yağışlı ve yüksek evapotranspirasyona sahip olan, tabansuyunun beslenerek tazelenemediğı ve tuz konsantrasyonunun giderek arttığı kurak iklimlerde görölmektedir.

Güvenilir derinlik olarak kabul edilen 2,0 m'nin üzerindeki tuzlu tabansuyunun kapillarite ile etkili kök bölgesine yükselmesi sonucu, bu suyun bitkiler tarafından kullanımı ve toprak yüzeyinden evapotranspirasyonu ile etkili kök bölgesinde ve toprak yüzeyinde tuz birikimi oluşmaktadır. Bu şekilde tuzlulaşma, uzun süreli periyotlarda, arazilerin bir kısmının ekilmeden bırakıldığı sıcak iklime sahip bölgelerin sulanan alanlarında çok hızlı gerçekleşmektedir (Ayers ve Westcot 1985).

Tabansuyu kullanımının yanı sıra özellikle sulama suyu yetersizliğinin olduğu bölgelerde sulama amaçlı olarak drenaj suyunun kullanımı da gözlemlenmektedir.

Drenaj suları sediment, organik madde, bitki besin maddesi, eriyen ve erimeyen tuzlar (klorür, sülfat, bikarbonat ve nitrat), tarımsal ilaçlar (herbisitler ve pestisitler) ve diğer toksik elementleri (selenyum, bor vb) içerebilirler (Çakmak ve Öztürk 1995).

Sulama suyu olarak kullanılan atık sularda yüksek konsantrasyonlardaki organik maddelerin varlığı, bitki kök bölgesindeki var olan oksijeni tüketebileceğinden bitki gelişimini olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Bouwer ve Idelovitch 1987).

Tuzlu drenaj sularının sulamada kullanılabilmesi için önerilen stratejilerden biri karıştırma stratejisidir. Bu uygulamada farklı niteliklerde sular karıştırılarak sulamada

kullanılmaktadır. Tuzlu drenaj sularına temiz suların karıştırılması stratejisi önerilmemesine karşın sık sık bu yola baş vurulmaktadır. Tuzlu drenaj sularının kullanım uygulamalarından bir diğeri ise dönüşüm stratejisidir. Bu uygulamada tuzlu sularla yüksek nitelikli sular karıştırılmadan dönüşümlü olarak kullanılmaktadır. Bu uygulama tuza orta derecede duyarlı bitkiler ile tuza dayanıklı bitkilerin bir ürün rotasyonunu gerektirir. Düşük tuz içeren sular, tuza dayanıklı bitkilerin çimlenme devresinde ve tuza orta derecede dayanıklı bitkilerin ise tüm gelişim sürecinde kullanılabilirler (Tanji 1997).

Tarsus ovasında yaptığı çalışmasında Yarpuzlu (1999); sulama mevsimi olan yaz aylarında, tuz düzeyi düşük sularla beslenen drenaj kanallarında tuzluluğun düşük olduğunu buna karşın, sulama suyu tuzluluğunun arttığı dönemlerde bazı drenaj kanallarındaki suların tuzluluk düzeyinin sulama kanallarında belirlenen yüksek tuzluluk düzeyine ulaştığını saptamıştır. Bu bakımdan drenaj kanal sularının, sulamaların yoğun olduğu aylarda sulamada kullanılmalarının önemli bir sorun oluşturduğunu belirtmiştir.

Konya Yüreğir ovası topraklarında yaptıkları çalışmalarında Özcan ve Çetin (1996), tuzluluk ve alkalilikte oluşan artışın nedenlerini; sulama alanlarında tarla sulama ve su kullanım etkinliğinin düşük olması, inceleme alanındaki drenaj sistemlerinin yetersiz ve bazı bölgelerde hiç yapılmamış olması, tuzluluk düzeyi yüksek olan drenaj kanal suları ile çevrede yer alan durgun sular ve nehirlerden olan sızmalar, drenaj kanallarından tuzluluk düzeyi yüksek olan sularla yapılan sulamalar ve tuzlu tabansuyundan kapillar yükselmeler olarak belirlemişlerdir.

Konya ovasında yaptıkları çalışmalarında, Çiftçi vd (1995), ovanın drenaj suları ile sulanan arazilerinde toprakların %35' inde tuzluluk, %50'sinde tuzluluk-sodyumluluk özelliği saptarken, %12'sinde ise tuzlulaşma olmadığını saptamışlardır.

Sulamada kullanılan suyun kaynağı ne olursa olsun az veya çok miktarda tuz içerirler ve bu yolla sulanan arazilere önemli oranda tuz eklenir.

Sulama ve toprak yönünden gerekli önlemler alındığı ve drenaj olanakları sağlandığında çok iyi nitelikte olmayan suların da toprağa ve bitkiye zarar vermeden kullanılabilme olasılığının var olduğu ileri sürülmektedir (Konukçu ve Yüksel 1992).

Drenaj suyu olarak herhangi bir alandan uzaklaştırılmak istenen suyun genellikle niteliği düşüktür. Düşük kaliteli suyun herhangi bir su kaynağına yeniden kullanılmak üzere geri iletilmesi, kaynağın özelliklerini de kötüleştirecektir. Özellikle bir çıkış tahliyesi bulunmayan alanlarda ortaya çıkacak drenaj suyu hacmi önemli bir sorundur (Yurtseven ve Orta 1992).

Konya ovası ana boşaltım kanalı suyunun niteliği üzerine yapmış oldukları çalışmalarında Bahçeci vd (1981), kış aylarında kanal sularının niteliğinin sulamanın yapıldığı yaz aylarından daha iyi nitelikte olduğunu saptamışlardır.

Drenaj suyu niteliğinin belirlenmesi ve uygun yıkama suyu gereksiniminin sağlanabilmesi koşulu ile drenaj sularının sulama amaçlı olarak kullanılabilmesi olasıdır. Böyle durumlarda tuzluluk ve toksik izelementleri bitki tolerans düzeyinde olmalıdır (Ayers ve Wescot 1985).

Sulamada kullanılan suyun fazlaca tuz bulundurması durumunda toprakta tuz birikmesini önlemek için bitki su tüketiminden daha fazla su verilmeli ve toprak yıkanarak istenilen tuz konsantrasyon değeri sağlanmalıdır. Herhangi bir tarım arazisine sulama suyu ile getirilmiş tuz miktarı ile araziden drenaj suyu ile dışarı atılan erimiş tuz miktarı arasındaki ilişki dengeli olmalıdır. Tuz dengesinin göz önüne alınmaması sonucu en iyi nitelikli sulama sularının kullanılması durumunda bile arazilerde tuz birikimi oluşmaktadır. Kurak ve yarı kurak iklim koşullarında gerek bitkilerden olan terleme gerekse toprak yüzeyinden oluşan buharlaşma miktarının yüksek oluşu toprak nemindeki tuz konsantrasyonunun artmasına ve dolayısıyla da toprakların hızla tuzlulaşmasına neden olmaktadır (Ayyıldız 1990).

Jipsi yüksek olan sular, siltli topraklarda kullanılabilir. Eklenecek jipsin miktarı, su içindeki sodyum ve kalıcı karbonata bağlıdır. Kumlu topraklarda ise tuzların ve sodyumun birikme olasılığı daha azdır. Bu tür topraklarda sodyum ve tuzlar kolaylıkla yıkanabildiğinden düşük nitelikli suların kullanılması söz konusu olabilir. Düşük nitelikli su kullanılacaksa yüzeyaltı su düzeyinin yüzeyden yaklaşık 300 cm derinde olması gereklidir. Bu durum yıkama gerekli ise suyun kök bölgesinin altına inmesine olanak sağlar ve yüzeyaltı su düzeyinden toprak yüzeyine tuzların hareketini önler (Özgüler 1999).

Bitkinin su alması ve yüzeyden buharlaşması ile oluşan akım sonucu özellikle su tablasının toprak yüzeyine yakın olduğu yerlerde topraklar tuzlulaşmaktadır (Shainberg ve Oster 1977).

Konya Çumra ovasında yapmış olduğu çalışmasında Çiftçi (1990), toprakların sodyumlulaşmasının ve tuzlulaşmasının nedeninin yüksek tabansuyu düzeyi ve tabansuyu tuz konsantrasyonunun olduğunu belirterek, ovada bu yolla tuzlu ve yer yer sodyumlu alanlar oluştuğunu bildirmektedir.

Yüzeye yakın tuzlu bir su tablasının varlığı bitki kök bölgesindeki tuzluluğun en önemli nedeni olabilmektedir. Elektriksel iletkenliği 6000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olan su tablasında derinliğin toprak elektriksel iletkenliği üzerinde etkisi, elektriksel iletkenliği 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olan su tablasındaki derinliğin etkisinden daha büyüktür (Ali *et al.* 2000).

Drenaj sorununu ortaya çıkaran tabansuyunun kaynağı yağışlar, aşırı sulamalar, sızıntılar ve basınçla toprak katmanları arasına gelerek üst katmanlara kadar yükselen artezyenik su ve aynı şekilde toprak katmanları arasından gelen sulardır. Tabansuyunun yükselmesine neden olan etkenler ise yağışlar, fazla sulama suyu uygulamaları ile sızma ve birikmeler olabilir. Tabansuyunda yağışlardan sonra bir hareket ve dalgalanma gözleniyorsa, drenaj sorununun nedeninin yağışlar olduğuna karar verilir. Sulama mevsimi sırasında tabansuyunda yükselmeler olduğunda sorunun nedeni fazla sulama

suyuna bağlanır. Bu iki neden dışında tabansuyunda olan dalgalanmaların kaynağı sızmalar ve birikmeler olabilir (Güngör 1998).

Su tablası düzeyinden daha düşük bir taban düzeyine sahip hendeklerin açık drenaj kanal şebekesi içerisinde açılması ile yüzeyaltı akışının serbest düzeye çıkan kısmı yüzeysel akışa geçerek bir perkolasyon ortamı oluşturacağından tabansuyu düzeyinin düşürülmesini sağlar (Dunn ve Mackay 1996).

Su kaynağının tuzluluğu azaltılarak uygunluğu sağlanır ve sulama ile verilen su miktarları kontrol edilebilirse, drenaj yapılmaksızın oransal olarak yüksek tuzlu su tablalarına toleransın artacağını belirtilmektedir (Letey 1993). Diğer bir anlatımla, tuzluluk düzeyinin yüksek olduğu yüksek düzeyli tabansuyunun bulunduğu ortamlarda ortaya çıkacak olan tuzluluk sorunun boyutu, iyi nitelikli sulama suyu ile kontrollü bir sulama yapılarak azaltılabilir.

Genel olarak tarlaya verilen sulama suyunun yaklaşık %20-40'ı sızma ile kaybolmakta ve sulama randımanı %60-80'lere kadar düşmektedir. Sulama suyunun bu şekilde kaçınılmaz sızma kayıpları tabansuyu düzeyinde yükselmelere neden olmakta, drenaj koşullarının sağlanamaması durumunda da arazinin suya doygun duruma gelmesine yol açmaktadır. Böyle durumlarda tuzluluğu az olan sulama suyunun kullanımı sağlanabilse bile, yalnız perkolasyon kayıplarıyla arazilerin suya doygun duruma geçmelerinin önlenmesi için belli bir drenaja gereksinim duyulmaktadır (Dieleman 1963).

Yaz aylarında, aşırı sulama ile yüzeyaltı su düzeyi yükselmekte ve bitki kök bölgesinde buharlaşmanın bu aylarda en yüksek düzeyde olması nedeniyle tuzluluk sorunları ortaya çıkmaktadır. Özellikle drenaj şebekesi kurulmamış yörelerde topraktaki tuz birikimi sonucu ortaya çıkan tuzluluk sorunu verimin yıllara göre azalmasına neden olmaktadır (Dinç 1978).

Anapalı *et al.* (2000)'e göre, drenaj sistemi kurulmuş alanlarda da drenler arası orta bölge ile drenlerin üzerindeki bölgede farklı miktarlarda tuzlulaşma oluşmaktadır. Bu durum drenler arası orta bölge ile drenler üzeri bölgeye farklı yıkama suyu uygulanmasının önemine işaret etmektedir.

Dieleman (1963), topraktan tuzların uzaklaştırılmasının alışlagelen yöntemi olarak iyi nitelikli suyun yüzeyden akışı ve tuzların yüzeyaltı drenlerine doğru sızdırılması yönteminin, farklı bölgelerde drenlerin üstünde ve ortasında farklı tuzlulaşma sağlayacağını belirterek, üniform bir tuzsuzlaşmanın sağlanması için ileri akış yöntemini önermiştir. Bu yöneme göre verilen bir derinlikte üniform bir tuzsuzluğun sağlanabilmesi için, akış olduğu sırada uygulamanın başlangıcındaki akış derinliği belirlenerek ileri akış zamanları hesaplanmakta, toprakta daha üniform bir sızmanın sağlanması için akış programı belirlenmektedir (Youngs ve Leeds-Harrison 2000).

Oğuzer ve Yarpuzlu (1992), buğday bitkisinin gelişim devrelerinde tabansuyunun farklı düzeylerindeki verimliliklerini araştırdıkları çalışmalarında, yüksek tabansuyu düzeylerinde tuza karşı duyarlı olmadığı için tuzlu tabansuyunda da yüksek verim alındığını belirterek, drenaj kavramının tabansuyunun boşaltılabildiği kadar düşürülmesi olarak değerlendirmenin yanlış olduğunu vurgulamaktadırlar.

Oğuzer ve Kanber (1989), tuz içeriği sulama mevsimi boyunca değişen, toprak yüzeyinden 45 cm ve 75 cm'lik iki farklı tabansuyu düzeyini ele alarak yapmış oldukları çalışmada, buğdayda tabansuyu düzeyi 75 cm'ye düşürüldüğünde %19'luk verim azalışı, buna karşın arpa ve yerfıstığında tabansuyu düzeyi 45 cm'ye yükseltilmesinde sırasıyla %9 ve %19 oranında verim azalışı gözlemişlerdir. Diğer bir anlatımla tabansuyu düzeyi ile bitki verimleri arasındaki ilişki farklı bitkiler için farklı olmaktadır. Aynı çalışmada arpadan sonra ekilen bitkilerden daha yüksek verim elde edilirken buğdaydan sonra ekilen bitkilerde sararmalar, yaprak dökme ve gelişme gerilikleri saptanmıştır. Sonuç olarak, verimler tabansuyu ile birlikte söz konusu alanda daha önce ekilmiş olan bitkiye göre de değişiklik göstermektedir.

Çiftçi (1990), killi topraklarda kışlık buğday ve patatesin tabansuyu düzeyinin 150 cm' de tutulmasına oranla 40, 50, 60, 90 ve 120 cm'de tutulmasında elde edilen kışlık buğday veriminin arttığını, patates için bu derinliğin 125 cm olmasının uygun olacağını belirtmiştir .

Güngör ve Erözel (1994); ülkemiz koşullarında şekerpancarı için optimum tabansuyu düzeyini 80 cm, fasulye için 120 cm, buğday için 140 cm, arpa ve patates için se 100 cm olarak vermektedir.

Genel olarak tabansuyu düzeylerinin durumlarına göre; tabansuyu düzeyi 210 cm'nin altında ve yılın 30 gününde 180 cm'ye kadar yükseliyorsa drenaj iyi, bütün yıl 180 cm dolayında fakat yılın 30 günü 120 cm'ye kadar ulaşıyorsa orta, 120-180 cm arasında ve yılda 30 gün süreyle 90 cm' ye kadar yükseliyorsa kötü ve 120 cm'den az, yapay veya doğal drenajı sağlanamıyorsa çok kötü drenaj koşulları olarak nitelendirilir (Hansen *et al.* 1979).

Bitkilerin drenaj isteklerini karşılamada uygun bir drenaj derinliğinin belirlenebilmesi için; bitki kök derinliklerinin, bitkinin tuza toleransının, toprak özellikleri ve geçirgenliğinin, yüzeyaltı suyu akış doğrultusu ve basınç dağılımının, suyun tuz düzeyi ve karakteristiklerinin bilinmesi gerekmektedir (Kara vd 1992).

Taban arazilerin, eğimli arazilerin yukarısında kalan kısımlara göre daha fazla suya doygunluk gösterdiğini belirten Cox ve MacFarlane (1995), yapmış oldukları bir drenaj çalışmasında, Güney Avustralya'da Mount Baker ve Narrogin'de yağışlı yıllarda drenlerle suya doygunluğun, eğimli arazilerin aşağıda kalan kısımlarında %68 oranında azaltıldığını bildirmektedirler.

Genel olarak yüzeysel drenaj sorunlarının çözümünde; şev oranı 1/1-1/1,5, ortalama derinliği 1,80 m olan açık kanallar, yastıklama sistemi, paralel tarla drenleri sistemi, rastgele hendek sistemi ve önleyici sistemler yapılmaktadır. Yüzeyaltı drenaj sorunlarının çözümünde ise şev oranı 1/1,5-1/2, ortalama derinliği 2,50 m olan açık

kanallı (hendekli) derin drenaj sistemi, mol (köstebek) drenaj sistemleri, kuyulu drenaj (pompaj kuyuları) sistemleri ve kapalı yüzeyaltı (borulu) drenaj sistemleri kurulmaktadır (Işıkhani 1999).

Uygulanmakta olan drenaj sistemleri açık, kapalı, kuyu ve pompalı drenaj sistemleri olarak gruplandırılmaktadır (Koçak 1996). Açık drenaj ya da yüzeyaltı borulu drenaj sistemi, tabansuyunun güvenli derinlik olarak kabul edilen 2 m derinliğe düşürülmesi için; derin drenaj kuyuları, tuzlu taban suyunu araziden uzaklaştırmak ve bu suyun alt katlara hareketini sağlamak için gerekli olmaktadır (Yurtseven 1995).

Yüzey sularının denetimi, arazi eğimlendirilmesi, yastık ve hendeklerle suyun araziden doğrudan uzaklaştırılması ile yapılır. Kuşaklama (çevirme) hendekleri, seddeler ve boşaltım ayaklarının yapılması ile su daha araziye yayılmadan toplanarak uzaklaştırılabilir. Yüzeyaltı drenajında tabansuyu, toprak profili içerisinde yer alan hendekler veya dren boruları ile toplanarak bir boşaltım sistemine iletilir. Koşulların elverdiği durumlarda altta bulunan su yatakları içerisine açılacak kuyulardan yapılacak pompajla da su tablası denetim altına alınabilir. Yine su tablasının denetiminde düşey drenlerin kullanımı söz konusudur (Demir 1989, Koral 1999).

Yüzeysel ve derin drenaj; eğim, engebe ve konum etkisine açıktır. Eğim arttıkça su hareketi de artar. Dalgalı bir arazi yüzü, düzenli şekilde drenaj yapılmasına ve sulama suyunun dağıtımına olumsuz etkide bulunur. Arazinin; vadi tabanındaki bir konumda bulunuşu boşaltımı güçleştirir, eğimli bir alanın alt kısmında olması veya eğim altında daha az geçirgen yerlere rastlanması, yüzeyaltı suyunun yatay hareketinin birdenbire değişmesi yüzünden toprağın doymun duruma gelmesine neden olur ve kanalların hemen yanında bulunan araziler kanalların kaplamasız kısımlarından olan sızıntıdan dolayı zarar görür (Toprakoğlu 1974).

Kapalı drenaj sisteminin yapımı, drenaj sorununun ortaya çıktığı veya çıkma olasılığının yüksek olduğu taban arazide gereksiz ve zararlı tabansuyunun oluşması sonucu boşaltımın gerekli olduğu durumlarda öngörülmektedir. Buna karşın yüzey

drenajda ana hedef, sorunun ortaya çıkmasına engel olunabilmesi için gerekli önlemlerin alınmasıdır. Diğer bir anlatımla, açık drenaj sistemlerinde sorunun yinelenme olasılığı tamamen ortadan kaldırılırken kapalı drenaj sistemlerinde sorunun ortaya çıkmasına neden olan faktörlerin yinelenme olasılığı bulunmaktadır (Anonymous 1983).

Gerek yüzeysel akışı gerekse yüzeyaltı suyunu uzaklaştıran ve hendek drenler olarak da adlandırılan açık drenlerin kontrol edilmeleri kolaydır. Boru drenlere göre daha düşük eğime gereksinim gösterirler. Suyun iletimi için hendek drenlerde %0,01 eğim yeterli olurken boru drenlerde %0,1 eğime gereksinim vardır. Açık drenlerde arazi kaybı söz konusudur ve toprak stabilitesi iyi değilse hendek şevlerine dolgu yapmak gerekebilir. Hendek drenler içerisinde yabancı bitkiler gelişir ve erozyon sonucu siltasyon oluşur. Bu durumlarda sık sık ve pahalı bakım gerekir. Hendek drenler araziye parçalar ve hendekler arası uzaklık yeterli değilse tarım yapmak güçleşir (Cavelaars 1974).

Yüzeyaltı drenaj sistemlerinin ekonomik olup olmayacağı ve yüzey drenaj sistemlerinde ise şevlere verilecek eğimin seçiminde toprak tekstürü de göz önünde bulundurulmalıdır (Güngör 1998).

Kara vd (1992)'ye göre toprağın hidrolik iletkenliği ile gözenek büyüklük dağılım oranı arasında sıkı bir ilişki vardır. Küçük gözenek oranı düşük olan topraktaki suyun hareketi ve buna bağlı olarak tabansuyu düşüşü yavaş olur. Bunun sonucu olarak killi toprakların drene olması zor, kumlu toprakların ise daha kolaydır.

Bütün profillerinde fazla miktarda ağır kil içeren toprakların yüzeyaltı drenaj yöntemleri ile drene edilmeleri ekonomik olmayabilir. Ağır kil içeren bu sınıf toprakların drenajının yüzeyden sağlanması daha uygundur. Ancak Gemalmaz (1993) tarafından belirtildiğine göre, yüzeyaltı drenaj sistemlerinden mol drenajı genellikle killi tınlı ve killi topraklarda başarı ile uygulanmakta ve kaba tekstürlü topraklar için önerilmemektedir.

Açık drenlerde şevlere verilecek eğimin seçiminde de toprak tekstürü etkilidir. İşlevleri açısından çok yönlü, eğim verebilme vb nitelikleri olan gelişmiş geniş hendek açma makineleri ile kanal açıldıktan sonra gerekli görülen kısımlarda yapılabilen dolgu işlemleri çok masraflı olabilmektedir. Bununla birlikte yapılan masraf uzun yıllar içerisinde sağlanan yarar ele alındığında drenlerin drenaj görevleri bakımından önemsiz sayılabilmektedir. Bazı makineler açtıkları hendeklerin yan duvarlarını kuvvetle sıyrarak, bazıları da incecik yapraklar durumunda kazırmaktadır. Ortaya çıkan kazı malzemesi, dayanıklılığı olmayan balçık maddesi şeklinde dağılmakta; dağılmayan diğer bir kısmı hendek tabanına doğru bir yük oluşturmakta ve balçık maddesinin hendek tabanına kolayca karışmasına neden olmaktadır. Bu sorunlar toprak mekaniği ile ilgili olup bu açıdan çözüm aranmalıdır (Dieleman ve Trafford 1976).

Drenaj teriminin içeriği ne olursa olsun, günümüzde açık kanallarla yapılan drenajın yerini giderek toprak altına döşenen borulu drenaj almaktadır. Yüzey drenaj sistemlerindeki kör karıkların yerini emiciler, toplayıcı hendeklerin yerini toplayıcı borular ve boşaltma hendeğinin yerini borulu boşaltma tesisleri almıştır (Özden 1985).

Yüzeyaltı borulu drenaj sisteminin planlama ve projelendirme sorunları farklı yaklaşımların kullanıldığı araştırmalara konu olmuştur. Boruların boşaltım, uzaklık ve derinlikleri için çeşitli planlama ve projelendirme eşitlikleri başarıyla kullanılmaktadır (Youngs 1985).

Yüzeyaltı borulu drenaj sistemlerinin planlanmasında ve projelendirilmesinde kullanılan dren aralık eşitlikleri kararlı ve kararsız akış koşulları için ayrı ayrı geliştirilmiştir. Her iki grup altında toplanan dren aralıklarını hesaplayan eşitliklerde hidrolik iletkenlik, bariyer derinliği ve hidrolik yükseklik ortak parametrelerdir. Ancak kararlı akış eşitliklerinde drenaj katsayısı, kararsız akış eşitliklerinde ise drene edilebilir porozite ile karşılaşılmaktadır. Ülkemiz koşulları göz önüne alındığında kararsız akış koşullarına ilişkin dren aralık eşitliklerinin kullanılması daha uygun görülmektedir. Ancak drenaj süresince boşaltılan suyun hacmi ile drene edilen toprak hacmi arasındaki oran olarak tanımlanan drene edilebilir porozitenin, arazi ve laboratuvar koşullarında saptanmasına yönelik güvenilir, kesin, kolay ve uygulanabilir bir yöntem bulunamadığından,

ülkemizde drenaj planlama ve projelemesi yapan teknik elemanlar kararsız akış koşullarına ilişkin eşitlikleri kullanmaktan kaçınmaktadırlar (Mavi vd 1998).

Düşük hidrolik iletkenliğe sahip ağır killi topraklarda drenler arası uzaklık ve dren derinlikleriyle ilgili olarak kullanılan eşitlikler, planlama ve projelirmede drenler arası uzaklıkları kısa olarak vermekte, böylece ekonomik ve kullanışlı olmayan bir durum ortaya çıkmaktadır. Uygulamada sorunun çözümü için boru drenler arasındaki uzaklıkları artırmak amacıyla yer yer boru drenlerle birlikte yapılan yüzeye daha yakın ve daha ucuz mol drenler kullanılmaktadır. Boru ve mol drenlerin birlikte işlev gördüğü sistemler daha ekonomik olmaktadır (Hathoot 1998).

Ardahanlıoğlu vd (1996)'ye göre; bir drenaj sisteminin planlanmasında kullanılan verilerin ilki toprağın fiziksel ve hidrolojik özelliklerini belirleyen veriler, ikincisi ise 'Drenaj Kriteri' olarak adlandırılan ve tabansuyunun zaman içerisindeki konumunu belirleyen veriler olmak üzere iki ana grupta toplanabilmektedir.

Yılmaz ve Mavi (1982) tarafından, kapalı drenaj sistemlerinde projelendirme kriterlerini deneysel olarak saptamak amacı ile Çarşamba ovasında yapılan bir çalışmada; araştırmalar sonucu saptanan deneysel verilerin doğruya en yakın olduğu ve bu nedenle güvenceli ve ekonomik bir drenaj sistemi kurulmasında araştırmalarla saptanan projelendirme kriterlerine ilişkin verilerin öneminin büyük olacağı belirtilmiştir.

Tarım alanlarında drenaj durumunun saptanması, en uygun biçimde planlanması ve projelendirilebilmesi için; su ve toprak kaynaklarının planlama ve projelendirilme kapsamında ele alınarak arazi sınıflandırma ve drenaj incelemeleri yapılmalıdır (Gülsün 1984).

Drenaj çalışmalarında projelendirme kadar inceleme çalışmaları da önemli bir aşama olarak karşımıza çıkmaktadır. Başarılı bir drenaj projesi, ancak iyi yapılmış drenaj inceleme sonuçlarından çıkarılabilir. Noksan ve yanlış bir inceleme üzerine kurulan drenaj

projesinin başarıya ulaşması ancak şansa kalmıştır. Böyle bir projenin uygulanması giderilmesi güç hatalara yol açabilir (Şimşek 1993).

Arazi inceleme çalışmaları kapsamında: boşaltım ağızı olarak kullanılacak yerler; bölgedeki doğal su yollarının yerleri; drenaj kanallarının yerleri ve çalışma durumları; sulama kanalları, kuyular, rezervuarlar, göller ve diğer sulama döşemlerinin yerleri ve durumları; bağlantısız çukurluk, yükseklik ve eksibelerin yerleri, kullanılan sulama yöntemleri ve tesviye durumu; arazi kullanma şekli; bitki örtüsü dağılışı ve yararlılık durumu; tabansuyunun durumu belirlenmektedir (Şimşek 1993).

Bu çalışmalar ne kadar özenle yapılırsa yapılsın, projelerde belirli kabullere dayanma zorunluluğu bulunmakta, uygulanan projenin arazide incelenmesini ve etkinliğinin belirlenmesini zorunlu kılmaktadır.

Drenaj sistemleri; topoğrafik ve toprak koşulları ile arazi kullanım durumu çok geniş kapsamlı ve detaylı bir şekilde değerlendirilerek kurulabilir (Thomas *et al.* 1991).

Yüzeyaltı drenaj sistemlerinin planlaması genellikle toprakların homojen ve izotropik oldukları kabul edilerek yapılmaktadır. İdeal ortam olarak kabul edilen bu duruma doğada rastlamak olanak dışıdır. Doğal bir toprak profilinin, fiziksel ve morfolojik özelliklerinin ayırımı yapılarak tanımlanan horizonları ve katmanları genellikle karışıktır. Sharma *et al.* (2000), çift tabakalı topraklarda hendek drenaj sistemlerinin geçirilmesi ile ilgili bir çalışma yaparak elde edilen teorik bir modelle bir drenaj sistemi planlamışlardır. Yaptıkları çalışmanın sonucunda; daha derin tabakanın hidrolik iletkenliğinin drenler arası uzaklığın saptanmasında belirgin olarak etken olduğunu göstermişlerdir. Sonuç olarak çok küçük bir kalınlığa sahip olsa bile, alttaki tabakanın hidrolik iletkenlik değerinin planlamayı etkilediği ortaya çıkarılmıştır.

Barua ve Tiwari (1996) ise, homojen ve anizotropik toprak ortamlarının içerisinde depolanan yağış ve sulama sularının sızma sorununun, kalıcı olmayan ancak zaman

zaman ortaya çıkan bariyer üzerine yerleştirilecek dren hendekleri veya çakıl tabakanın altına yerleştirilecek dren hendekleri ile yapılarak giderilebileceğini bildirmektedir.

Proje yürütücülerinin karşılaştıkları en önemli sorunlardan biri de yüzeyaltı drenaj sisteminin gerekli olduğu bölgelerin önceliğinin belirlenmesidir. Böyle bir sistemin ne zaman ve nerede uygulanacağına karar verilmesi çok yönlü çalışmalar yapılmasını gerektirir. Yüzeyaltı drenajının gerekli olduğu bölgelerin seçilmesi ve optimum drenaj planlarının yapılması arazi ölçümlerinin doğruluğuna bağlıdır. Kurulduktan sonra bir drenaj sisteminde yapılmış bir yanlışlığı düzeltmek oldukça zordur. Çok fazla işgücü ve ekonomik kaynak gerektirecek bu düzeltme çalışmalarına gerek duyulmasının önüne geçmek için karar verici durumundaki tasarımcılar çok özenli davranmalıdır (Moustafa ve Yomota 1998). Yapılan arazi ölçümleri ile; toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri, doğal koşullarda hidrolik geçirgenlik, tabansuyu niteliği ve düzeyi, çıkış ağzı koşulları, sulama ve drenaja ilişkin sistem ve sanat yapılarının yeterliliği, artezyenik beslenmenin varlığı, nedenleri ve etki dereceleri ile kanal, göl, akarsu gibi kaynaklardan sızmalar belirlenmektedir.

Yüzeyaltı drenaj sistemlerinde tabansuyu toprak içerisine yerleştirilmiş delikli borular veya kuyulardan, derin hendekler aracılığıyla bir kanal veya borular sistemine iletilerek ortamdan uzaklaştırılacak şekilde tasarlanmaktadır (Withers ve Vipond 1980).

Drenaj sistemin etkin bir biçimde çalışabilmesi için hendek, kanal ve boru sisteminin yeterli kapasitede olacak şekilde planlanmış olması gerekir. Kapasitenin gereğinden fazla tutulması projenin ekonomisini olumsuz yönde etkiler. Bu nedenle seçilecek dren boruları ister düzgün çeperli, ister kıvrık çeperli olsun yeterli çaplarda olmalıdır. Gereğinden büyük çaplı borularda akış yarı dolu olurken pahalı bir seçim yapılmış demektir, gereğinden küçük çaplı borularda ise basınç fazla oluşur. Diğer bir anlatımla yeterli drenaj sağlanamayacak, ek drenaja gereksinim duyulacaktır (Gemalmaz 1997).

Bafra ve Çarşamba ovalarının sulama ve drenaj yönünden genel sorunları ve iyileştirilmesiyle ilgili çalışmaların değerlendirmesinde; büyük bir çoğunluğunda

yüksek tabansuyu düzeyinin var olduğu çorak topraklarda, iyileştirme çalışmasının yapılabilmesi için bitkiler için zararlı düzeyde erimiş tuz içeren tabansuyu düzeyinin öncelikle bitki kök bölgesinden uzaklaştırılması gerektiği vurgulanmaktadır (Apan 1992).

Genellikle yağış sırasında sulama yapılmasına gereksinim olmayacağından, drenaj kanallarının kapasiteleri, belirli frekanslı yineleme süreli yağışın yüzey akışa geçen miktarına göre belirlenir. Böylece yağış sularına göre kapasitelendirilen drenaj kanalları, sulama uygulamalarından kaynaklanan fazla suları da taşımada yeterli olur. Genel olarak tersiyer drenaj kanalları 2,33 yıllık, yedek drenaj kanalları 5 yıllık, ana drenaj kanalları ve bir yan derenin ayağı olan yedek drenaj kanalları 10 yıllık frekanslı yineleme süreli yağışlar göz önüne alınarak kapasitelendirilir. Genellikle yerleşim yerlerinden geçen drenaj kanalları da 10 yıllık frekanslı debiye göre kapasitelendirilirler (Kızılkaya 1983).

Ağca ve Ergezer (1995), Harran ovasında drenaj, tuzluluk ve alkalilik sorunlarını ortaya koymak ve gelecekte ortaya çıkabilecek olası sorunları belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmalarında; bir sorunun ortaya çıkmaması için önlem alınmasının, herhangi bir sorunu çözmekten daha kolay olduğunu vurgulayarak drenaj sularının ovadan boşaltımı konusunda yaşanan sorunlara; kuyularla yüzeyaltına enjeksiyon sistemi, sızdırma sistemleri, bekletme bentleri, sulamadan dönen suların yeniden kullanımı, şerit orman tesisi ve drenaj sularının Fırat nehrine ulaştırılması şeklinde çözüm önerileri getirmektedirler.

Becer (1987) yapmış olduğu bir araştırmada, drenajda karşılaşılan sorunlardan birisi olan sistemin etkinliği konusu üzerinde durmuştur. 'Sistemde etkinlik' projelendirme aşamasında beklenen sonuçların, uygulama sonrası gerçekleşmiş olması anlamına gelmektedir. Drenlerin döşeme tekniği, projelendirmede tabansuyu derinliği ve drenler arası uzaklık gibi etkinliği belirleyen etmenlerin göz önüne alınmadığı araştırmasında dren borusu ve çevresinde kullanılan materyalin hidrolik yönden özelliklerini laboratuvar ortamında belirlemeye çalışmıştır. Sonuç olarak, dren borusunun filtresiz kullanımında filtreli

koşullara oranla daha fazla yük kaybı dolayısıyla toprak içerisinde drenlere doğru su akımı sırasında daha fazla direnç olacağını belirlemiştir. Bu durumda drenler tabansuyu düzeyini yeterince düşüremeyecektir.

Amlan (2000), aşırı suya doyan toprakların drenajında kullanılan boru drenlerin derinlik ve aralıkları için uygulama tasarım kriteri olarak doygun akışı ve su tablası derinliğini göz önüne alarak, boru drenajının uygun tasarımını sağlamak amacıyla aşırı suya doygunluktan kaynaklanan nemin kontrolünün gerekli olduğu yerlerin durumuna göre özel uygulamalar geliştirilmesi gerektiğini bildirmektedir. Toprak neminin kontrol edilmesi gereken yerlerde, en uygun borulu drenaj şebekesi planlanması için optimizasyon yöntemi geliştirilmiştir.

Belirli fonksiyonları olan ve asıl amaca hizmet etmek üzere yapılmış bulunan drenaj tesislerinin sürekli olarak en uygun işletme düzeyinde tutulması amacıyla tesiste herhangi bir arızanın ortaya çıkması durumunda sorunun önemli boyutlara ulaşması beklenmeksizin bakım çalışmaları yapılmalıdır. Bunun yanı sıra tesislerde çeşitli etkenlere bağlı olarak ortaya çıkan hasar ve bozulmaların, uygulama projelerine uygun olarak giderilmesi amacıyla da onarım çalışmaları yerine getirilmelidir (Anonymous 2000a).

Bir sulama ve drenaj sisteminin iyi koşullarda işlerliğini sürdürülebilmesi için bakım çalışmaları temel faktörlerin kapsamındadır. Bakım çalışmaları depolama, dağıtım veya suyun iletimi ile ilgili olabileceği gibi bunların tümüyle de ilgili olabilir. Amaç tesisin işler olduğu zaman sürecinde sistemin en iyi işletme koşullarında bulundurulmasını sağlamaktır. Bu amaca yönelik çalışmalar en düşük masraflarla gerçekleştirilmeli ve özellikle ürüne zararlı olabilecek zamanlarda su dağıtımında kesintilere yol açılmamalıdır (Robertson *et al.* 1991).

Drenaj kanallarının bakımında mekanik, kimyasal ve biyolojik yöntemler uygulanmaktadır. Mekanik bakım biçme ve temizleme, kimyasal bakım ilaç uygulamaları ve biyolojik bakım ise ot yiyerek kanallar içerisindeki otların azaltan

balık türlerinin yetiştirilmesi çalışmaları olarak tanımlanmaktadır. Drenaj kanallarının kimyasal bakımı, bir çok literatürde mekanik kanal bakımının alternatifi olarak görülmektedir. Mekanik bakımın seçiminde kanal hidrolik özellikleri ve maliyet göz önüne alınırken, kimyasal bakımın seçiminde ekonomik, ekolojik ve kanal özellikleri göz önüne alınmaktadır. Kimyasal bakımın toplam eko-sisteme olan etkilerinden dolayı, ilaçlama koşulları ve ortaya çıkacak etkiler ayrıntılı biçimde bilinmek zorundadır (Değirmenci ve Demir 2000).

Kapalı drenaj sistemlerinin temizlenmesi açık drenaj sistemlerine göre daha zor olabilmektedir. Drenler basınçlı suyla 350 m'ye kadar temizlenebilmektedir (Cavalaars 1974).

Drenaj sistemleri, iyileştirme sahasında birlikte bulunduğu diğer tesislerle uyum içinde çalıştığı, doğal ana boşaltım veya pompajla boşaltımının yeterli ve sürekli olduğu koşullar altında kalıcı ve sürekli bir başarı sağlayabilir (Eggelsman 1987).

Tabansuyunu etkileyen nedenler arasında; sulama sisteminin yetersiz oluşu nedeniyle drenaj kanalları üzerinde bentler kurulması, drenaj sisteminin yetersizliği, tarla içi drenaj sisteminin kurulmamış olması ve aşırı su kullanma eğiliminin yanı sıra sediment temizliklerinin ve yabancı ot savaşının gerektiği gibi yapılmaması şeklinde genel bir sıralama yapılmıştır. İşletmelerdeki drenaj sorununun çözümü için yapılan yoğun sediment temizlikleri ve sınırlı yabancı ot kontrolünün uygulamalarına karşın birçok işletmede bu sorunlar önemini korumaktadır. Drenaj sorunlarının, bakım-onarım çalışmalarının yerine getirilmesine karşın önemini korumasının, bu çalışmaların talimatlarına uygun olarak yapılmamasından veya yetersiz ve hatalı drenaj sistemi uygulamalarından kaynaklandığı düşünülebilir (Anonymous 1988b).

Drenaj kanallarda sediment birikimini etkileyen ana etkenler; eğimin az oluşu, proje kotundan yüksekte yapılmış sanat yapılarının varlığı, su akış koşullarının yetersiz oluşu ve sediment temizlik aralıklarının çok uzun oluşudur (Bekişoğlu vd 1990).

Ülkemizde drenaj şebekelerinin yapımının ve işletilmesinin önemli bir kısmını Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü kurumu üstlenmektedir. Temizlik aralıklarının süresi açısından özel bir çalışma yapılmamış olmakla birlikte, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü kendi işlettiği drenaj şebekelerinin kanal temizlik aralıklarını; ana kanallarda 4-5 yıl, yedek kanallarda 2-3 yıl ve tersiyer kanallarda 1-2 yıl olarak belirlemiştir (Bekişoğlu 1985).

Anonymous (1969)'a göre, 'Devlet Sulama Şebekeleri' içerisinde şimdiki adıyla Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından yapılan drenaj tesislerinin bakım ve işletilmesi (borulu tarla drenleri dışında) ana drenaj şebekesini işleten idare tarafından, açık ve kapalı tarla içi drenlerinin bakım ve işletilmesi de arazi sahipleri tarafından yapılmaktadır. Kurumlar arasında çalışma programlarındaki uyumsuzluklardan dolayı, yapılan bakım ve işletme çalışmaları zaman zaman beklenen yararları sağlayamamaktadır.

Alışıl gelmiş bir uygulama olarak sulama ve drenaj sistemleri ayrı ayrı planlanmakta ve yönetim sorumluluğu farklı birimler ve kurumlar tarafından üstlenilmektedir. Sulama ve drenaj sistemlerinin birbirini bütünleyecek şekilde birlikte planlaması, yapımı ve yönetimi tarımsal alanlarda verimliliği artırmaktadır. Birleşik bir sistemin yönetimi zor olmakla birlikte, son zamanlarda bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler kapsamında üretilen etkin modelleme araçlarının yardımıyla sulama ve drenaj sistemlerinin birlikte planlaması ve yönetimi daha kolaylaşmaktadır (Garcia *et al.* 1995).

Tabansuyu düzeyi ve niteliğindeki değişikliklerin izlenmesi için tabansuyu haritaları çizilmektedir. Tabansuyu haritaları; Anonymous (1993) ve Işıkhani (1999)'da belirtildiğine göre tabansuyu eşdüzey haritası (Kontur haritası), derinlik bölgeleri haritaları (İsobath haritaları) ve tabansuyu nitelik haritası şeklinde çizilmektedir.

Tabansuyu gözlem kuyularında ölçülen aylık tabansuyu derinliği ile tabansuyu tuzluluk değerlerinden yararlanılarak çizilen tabansuyu en yüksek eşderinlik, en düşük eşderinlik, sulamanın en yoğun olduğu aya ilişkin eşderinlik ve eş tuzluluk haritaları ile

tabansuyu derinliği ve tuzluluğunun sorun olduğu alanlar belirlenmektedir (Yıldırım 1994).

Tabansuyu düzeyi ve niteliği ile ilgili olarak yapılan değerlendirme çalışmalarında birçok araştırmacı jeoistatistiksel yöntemleri kullanmıştır. Hajrasuliha *et al.* (1980) su tablası yüksekliği ile ilgili toprak tuzluluğu arasındaki ilişkinin değerlendirilmesinde, Hoeksama *et al.* (1989) su tablasının çok yönlü dağılımının belirlenmesinde 'Kriging' olarak bilinen ileri bir interpolasyon tekniği kullanmışlardır. Hidrolik iletkenlik, toprak tuzluluğu, tabansuyu derinliği gibi toprak-su özelliklerinin yersel değerşkenliğinin yapısının gösterimi için Yost *et al.* (1982), Vauclin *et al.* (1983), Knighton ve James (1985), Davidoff *et al.* (1986), Yates ve Warrick (1987), Marks *et al.* (1988), Laslett ve McBratney (1990), Zhang *et al.* (1992) ve Moustafa ve Yomota (1998) tarafından jeoistatistiksel yöntemlerle çalışmalar yapılmıştır.

Proje alanlarında bulunan drenaj sistemlerinin işlevlerini tam olarak yapıp yapmadığını ve var olan drenaj sistemlerine ek tesisler ile drenaj tesisi olmayan alanlara yeni tesislerin yapılmasına gereksinme olup olmadığını belirleyebilmek ve bakım-onarım programlarında önceliklerin saptanmasında yardımcı olmak amacıyla tabansuyu düzeyi ve niteliğindeki değerşikliklerin sürekli ve düzenli olarak izlenmesi gerekmektedir (Anonymous1993).

3. MATERİYAL ve YÖNTEM

3. 1. Materyal

3.1.1. Araştırma Alanının Belirlenmesi ve Arazi Ön İncelemesinin Yapılması

Çalışma alanı olarak, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından 1964 yılından başlanarak kademeli olarak işletmeye açılan Erzincan sulamasının, Fırat nehrinin akış doğrultusuna göre sol tarafta kaldığı için sol sahil adı ile anılan ve bazı kısımlarda açık bazı kısımlarda ise kapalı drenaj tesislerinin birlikte işlev yaptığı 6120 ha'lık bölümü seçilmiştir.

Araştırma alanında bulunan drenaj sorunlarının belirlenebilmesi amacıyla 1999 yılı Mayıs ayından başlanarak arazide periyodik olarak gözlemler yapılmıştır. Çalışmanın başlangıcında arazi ön incelemesi yapılmıştır. Arazi yüzeyinde su birikintileri, az da olsa sodyumlulaşma ve tuzlulaşma belirtisi olarak değerlendirilen farklı renkli lokal toprak yüzeyleri gibi drenaj yetersizliğinden kaynaklanan durumlar saptanmıştır. Erzincan sol sahil sulamasının işletme, bakım ve onarım sorumluluğunu üstlenen sulama birliğinden ve Devlet Su İşleri VIII. Bölge Müdürlüğü kayıtlarından sağlanan bilgilere göre sulama alanının 1999 yılında 390 ha'ında, 2000 yılında 860 ha' ında, 2001 yılında ise 880 ha'ında yer yer ve zaman zaman drenaj sorunları görülmüştür.

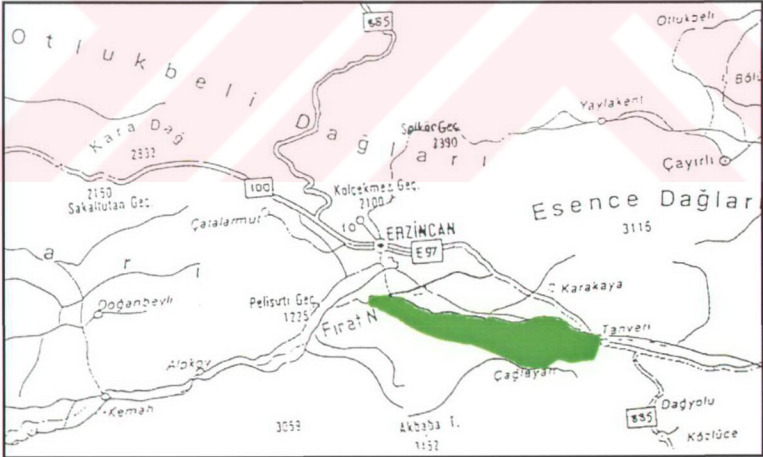
Sulama ve drenaj sistemlerinin işletme, bakım ve onarım sorumluluğu 1995 yılından sonra Erzincan Sol Sahil Sulama Birliğine devredilen çalışma alanında, 1999 yılında gerçekleşen sulama alanının toplam sulama alanına oranı %77,8, 2000 yılında %77,9, 2001 yılında ise %78,5 dir.

3. 1. 2. Araştırma Alanı Hakkında Genel Bilgiler

3. 1. 2. 1. Coğrafi Konum

Türkiye'nin su toplama alanları bakımından havzalara göre yıllık ortalama su potansiyeli incelendiğinde 26 havza içerisinde en yüksek ortalama yıllık akışın ($31,61 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{yıl}$) Fırat havzasında olduğu gözlenmektedir. Fırat havzasının ortalama yıllık akışının Türkiye genelinde potansiyel katılım oranı %17,0 olup ortalama yıllık verimi $8,3 \text{ L/s/km}^2$ dir. Ortalama yıllık verim değeri havzanın su akış doğrultusuna göre çıkışındaki baz istasyon akışlarından elde edilmiştir (Anonymous 2001a).

Fırat nehri ovaya Tanyeri bucağından girmekte ve Kemah boğazından çıkmaktadır. Erzincan ovası, Erzincan ilinin yaklaşık 30 km doğusunda Gökburun yöresinde başlamakta, batıda Çardaklı çayında sona ermektedir. Araştırma alanı $39^\circ 30' - 40^\circ 00'$ enlemleri ile $39^\circ 25' - 39^\circ 44'$ boylamları arasında yer almaktadır. Araştırma alanının Türkiye'deki yeri ve konumu şekil 3.1. de gösterilmiştir. Erzincan ovası kuzeyden Esence (Keşiş) ve Göze (Spikör), güneyden Munzur dağ silsilesinden olan Tayran, Mercan ve Bakış, batıdan Çimen, Kara ve Andibuz, doğudan ise Hirşet dağları ile çevrilmiştir. Dört tarafı dik eğimli çıplak dağlar ve tepelerle çevrili olan ovada dağlar ancak Fırat nehrinin ovaya giriş ve çıkış kısımlarda geçit vermektedir. Topoğrafik eğim, taban arazilerde %0-2, yamaç arazilerde %2-8 arasında değişmektedir. Ova 47 km uzunluğunda ve 3-17 km arasında değişen genişliktedir (Anonymous 1984).



Şekil 3.1. Araştırma alanının Türkiye'deki ve Bölgedeki yeri ve konumu

Araştırma alanı Erzincan ovasında Gökburuntepe yakınında Fırat nehrinden suyunu alan ve batıda Bademler yöresinde sona eren sol sahil ana sulama kanalı ile Fırat nehri arasında kalan, 20 yerleşim biriminin bulunduğu toplam 6120 ha alanı kapsamaktadır. Sol sahil sulama kanalı başlangıcındaki rakım 1180 m ve ovanın sona erdiği Kemah boğazında rakım 1130 m'dir. Araştırma alanı durum planı şekil 3.2.'de verilmiştir.

3. 1. 2. 2. Jeolojik Durum

Erzincan ovasının kuzeyinde yükselen sırtlar metamorfik bir seri ile kaplıdır. Yer yer andezitler görüldüğü gibi metamorfik kayalardan serpantinler de bulunmaktadır. Metamorfik kayaların ortasından bir fay hattı geçmektedir. Kuzey ve batıdan ovaya inen Cimin, Vagirt ve Çardaklı dereleri büyük birikinti kolonileri oluşturmuşlardır. Kuzeydeki dağ silsileleri sırasıyla kalkerler, volkanikler ve yığıntı kolonilerinden oluşmuştur. Yamaçlarda yer yer pınarlar vardır. Ovada artezyenik su kaynakları bulunmaktadır. Derelerde sediment birikmesi sorunu yaşanmaktadır. Güney derelerinin sediment birikmesi sorunu kuzeydekiler kadar önemli değildir. Ovanın sediment birikmesinin bulunduğu kısımlar giderek tarımsal niteliğini yitirdiği için terkedilmiştir. Erzincan ovası Kuzey Anadolu kırık fay hattının ucunda bulunmaktadır (Anonymous 1984). Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından hazırlanan Türkiye Deprem Haritasına göre Erzincan 1. derecede deprem kuşağında yer almakta olup, araştırma alanının yakınında Kuzey Anadolu fay hattının geçmesi ve bu fayın aktif olmasından dolayı yörede sık sık küçük magnitudlü depremler gözlenmektedir (Anonymous 1990).

3. 1. 2. 3. İklim Özellikleri

Araştırma alanında karasal iklim egemendir. Kışlar sert ve soğuk, yazlar sıcak geçmektedir. İlkbahar yağışlı yazlar kuraktır. Kış aylarında yağışlar kar şeklindedir.

Erzincan Meteoroloji İstasyonundan alınan uzun yıllar ortalama gözlem sonuçlarına göre, en yağışlı aylar nisan ve mayıs, en kurak aylar ise temmuz ve ağustos aylarıdır. Yıllık yağış toplamı, uzun yıllar ortalamasına göre 380,7 mm'dir. Bu değer 2000 yılı Türkiye ortalaması olan 642,6 mm'den oldukça düşüktür. Araştırma alanı yurdumuzun az yağış alan bölgeleri arasında yer alır. En sıcak ay ağustos ayı, en soğuk ay ise ocak ayıdır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden alınan bazı meteorolojik değerler çizelge 3. 1. de verilmiştir (Anonymous 2001b).

Çizelge 3. 1. Araştırma alanına ilişkin bazı meteorolojik veriler (Ortalama değerler son 21 yıla ilişkin*)

Yıl		Oca.	Şub.	Mar.	Nis.	May.	Haz.	Tem	Ağu.	Eyl.	Eki.	Kas.	Ara.	Yıllık
1999	Ort. sic. (°C)	2,2	2,2	5,9	11,4	15,6	20,9	24,5	25,5	19,3	12,6	5,4	2,2	12,31
	Yağış (mm)	5,3	30,6	40,7	77,9	60,4	10,3	34,9	3,0	16,6	69,0	5,2	18,9	382,8
	Buharlaşma(mm)	-	-	-	47,3	94,5	127,3	148,3	150,9	98,3	56,2	4,0	-	726,8
	Yağ.-buh.(mm)	5,3	30,6	40,7	30,7	-34,1	-117,0	-113,4	-147,9	-81,7	12,8	11,2	18,9	-344,0
2000	Ort. sic. (°C)	-2,6	-3,0	0,9	12,7	15,7	20,6	27,8	24,4	19,9	11,5	6,1	1,1	11,26
	Yağış (mm)	41,8	42,2	35,0	39,5	26,1	14,1	0	7,9	33,7	51,7	0,3	22,2	314,5
	Buharlaşma(mm)	-	-	-	53,0	101,8	152,0	197,5	156,3	110,2	48,3	-	-	819,1
	Yağ.-buh.(mm)	4,8	42,2	35,0	-13,5	-75,7	-137,9	-197,5	-148,4	-76,5	3,4	0,3	22,2	-504,6
2001	Ort. sic. (°C)	-0,5	2,7	10,3	12,6	14,4	21,9	26,0	25,4	20,8	12,5	5,2	2,2	12,79
	Yağış (mm)	5,8	21,2	32,1	55,2	80,0	8,7	1,9	7,4	3,2	24,4	10,5	33,6	284,0
	Buharlaşma(mm)	-	-	-	63,8	81,1	149,7	180,8	170,7	123,7	57,9	-	-	827,7
	Yağ.-buh..(mm)	5,8	21,2	32,1	-8,6	-1,1	-141,0	-178,9	-163,3	-120,5	-33,5	2,2	33,6	-543,7
Ortalama	Sıcaklık (°C)	-2,6	-1,8	3,7	10,9	15,4	19,8	24,0	23,5	18,7	11,9	4,9	0,1	10,7
	Yağış (mm)	22,8	28,8	36,3	52,2	58,9	29,0	9,3	7,6	15,5	51,4	39,5	29,4	380,7
	Buharlaşma(mm)	-	-	-	54,4	92,2	126,0	165,8	150,2	101,0	42,1	4,8	-	736,5

3. 1. 3. Toprak ve Su Kaynakları

3.1.3.1. Toprak Özellikleri

Araştırma alanının toprak oluşumunda periyodik taşkınlar rol oynamıştır. Ova toprakları gerek Fırat nehri ve gerekse ovanın kuzey ve güneyinde bulunan yüksek tepe ve dağlardan gelen yüzeysel akış sularının getirmiş olduğu sedimentlerle oluşmuş allüviyal ve kollüviyal topraklar olup derinlikleri ortadır.

Sol sahil ana boşaltım kanalının memba kısmının kuzey ve kuzeydoğusundaki alanların toprakları allüviyal ana materyal üzerinde oluşmuş orta ağır ve ağır bünyelidir. Toprakların geçirgenlikleri yavaş, renkleri grimsi kahverengi ve kahverengi siyah arasında, havalanmaları düşüktür. Drenajı bozuk alanlarda renkler grimsi mavidir. Hafif alkalilik içeren alanlar olmakla birlikte pH genellikle 7,5-8,5 arasındadır (Anonymous 1984). Şıhlı sulama alanının doğusundaki topraklarda bünye siltli-tın, derinlerde kum ve siltli killidir. Bu topraklar genellikle orta ve hafif bünyelidir.

Sol sahil ana boşaltım kanalının güneyinde kalan topraklar allüviyal ve kollüviyal orijinlidir. Yalınca köyünün ve Mollaköy beldesinin kuzeyindeki toprakların; üst kısımları siltli killi tın, killi tın, derin kısımları ise siltli kil ve killidir. Toprak rengi grimsi kahverengi, gri mavi ve kahverengi siyahtır. Geçirgenlikleri orta yavaş ve yavaştır. Genel olarak orta derinlikte olan toprakların organik madde ve potasyum içerikleri yüksek olmasına karşın, fosfor içerikleri düşüktür. Toprak reaksiyonu olarak pH 8,5'u geçmemektedir.

3. 1. 3. 2. Su Kaynakları

Erzincan ovasının başlıca yerüstü su kaynağı Fırat nehridir. Fırat nehri Tanyeri mevkiinde ovaya girerek doğu-batı yönünde 1165-1130 kotları arasında akar ve Kemah boğazında ovayı terk eder. Bu kısımlarda nehrin uzunluğu 33 km ve ortalama eğimi %0,01'dir. Diğer akarsular Sarısu, Karasu, Mollaköy, Çardaklı ve Böğert kaynakları,

Vasgirt, Cencegi, Mucan, Cimin, Pohnek, Hok, Saha, Gökboğan, Çakırman ve Su dereleridir.

3.1.4. Sulama Tesisleri

Toplam sulama alanı 6120 ha olan araştırma alanının bir kısmının su kaynağı Kom çayıdır. Bu çay üzerinde Devlet Su İşleri VIII. Bölge Müdürlüğü tarafından 1958 yılında yapılmış olan Şihli regülatörü adı verilen dolu gövdeli su alma yapısı ile Şihli-1 ve Şihli-2 nolu ana kanallarına sulama alanına iletilmek üzere saniyede toplam 1,783 m³ su alınmaktadır.

Şihli-1 ana sulama kanalının uzunluğu 1560 m olup kapasitesi 1,340 m³/s'dir. Bu ana kanalın 2 adet yedek kanalı vardır. Birinci yedek kanal; 1314 m uzunlukta olup, Şihli-1 ana kanalının 459. m'sinden ayrılmaktadır ve 5 adet tersiyer kanala sahiptir. Kapasitesi 0,485 m³/s'dir. İkinci yedek kanal 1250 m uzunluğunda 0,395 m³/s kapasitesindedir ve 4 adet tersiyer kanalı vardır. Şihli-2 ana sulama kanalının uzunluğu 11250 m olup kapasitesi 0,800 m³/s'dir ve 1 adet yedek kanalı vardır. Bu yedek kanal 1521 m uzunluğunda olup, Şihli-2 ana kanalının 2350. m'sinden ayrılmaktadır. Kapasitesi 0,460 m³/s olup, 4 adet tersiyer kanalı bulunmaktadır. Kanalların tamamı beton kaplamadır.

Araştırma alanına su sağlayan diğer bir kaynak ise Gökburun yöresinde Fırat nehrinden suyunu alan sol sahil ana kanalıdır. Kapasitesi membada 3,950 m³/s, mansapta ise 0,146 m³/s'dir. Toplam uzunluğu 37 km olan kanal beton kaplamadır. Sol sahil ana kanalına bağlı 1 adet yedek kanalı vardır. Suyun yetersiz olduğu dönemlerde Çağlayan suyu adı verilen dereden 1-1,5 m³/s su alınarak gereksinilen su sağlanmaya çalışılmaktadır. Sol sahil ana kanalının 500. m'sinden ayrılan 7500 m uzunluğundaki yedek kanalın tamamı beton kaplamadır. Yedek kanalın kapasitesi 0,800 m³/s olup 19 adet tersiyer kanalı bulunmaktadır (Anonymous 1984).

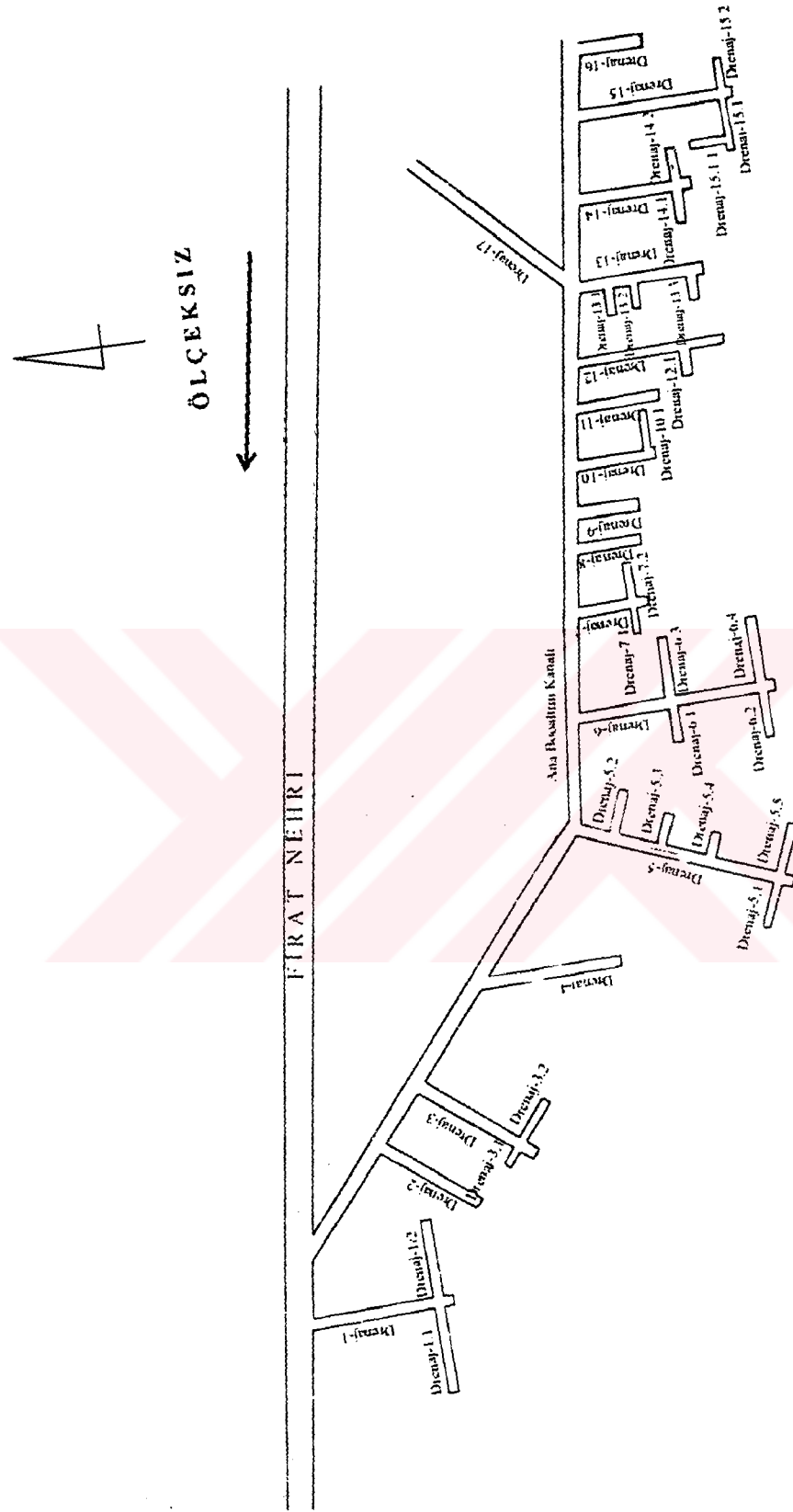
3. 1. 5. Drenaj Tesisleri

Sulamaya 1967 yılından sonra aşamalı olarak açılan araştırma alanında, klasik sistem olan açık drenaj şebekesi sulama tesisleri ile birlikte yapılmıştır. Sulama alanında arazisi bulunan deneyimli çiftçiler ve sulama tesisini yaparak işletmeye açan kuruluş yetkilileriyle yapılan görüşmelere göre, araştırma alanında sulamaya açıldıktan birkaç yıl sonra drenaj yetersizliğinden kaynaklanan yer yer yüksek tabansuyu, tuzluluk ve sodyumlulaşma gibi sorunlar baş göstermiştir. Kapalı drenaj şebekesi sulama işletmesi faaliyete geçtikten yaklaşık 15 yıl sonra 1980'li yıllarda kısım kısım yapılmış olup henüz tamamlanmamıştır.

Araştırma alanında bulunan açık drenaj şebeke sistemleri ana boşaltım ve buna bağlı olarak toplayıcı ve tersiyer drenaj kanalları ile yüzey boşaltım kanallarından oluşmaktadır. Sol sahil ana boşaltım kanalı 22062 m uzunluğundadır ve Fırat nehrine bağlanmaktadır. Sarısu ve Karasu doğal boşaltım kanalları ana boşaltım kanalına bu kanalın memba kısmında bağlanmaktadır. Bu boşaltımlara bağlı toplayıcı boşaltımlar bulunmaktadır. Sol sahil ana boşaltım kanalına yan dereler boşalmaktadır. Mansapta ana boşaltım derinliği 2,50-3,00 m arasında olup toplayıcı ve tersiyer boşaltım kanallarının derinlikleri ise 1,20-1,50 m arasında değişmektedir. Ayrıca sulama işletmeye açıldıktan sonra gerek duyulan yerlerde tersiyer sulama kanallarına paralel olarak açılan yüzeysel drenaj kanalları bulunmaktadır. Araştırma alanında bulunan toplayıcı ve tersiyer açık drenaj kanallarına ilişkin bilgiler çizelge 3.2.'de, bu kanalların arazideki konumu ise şekil 3.3'de verilmiştir. Araştırma alanında bulunan açık drenaj şebekesinden başka Hacı Fevzi Bükü yöresinde 4 km uzunluğunda bir açık kurutma kanalı bulunmakta olup herhangi bir boşaltım kanalına bağlanmamıştır. Bu kurutma kanalı suyunu doğrudan Fırat nehrine boşaltmaktadır. Yörede tarım yapan çiftçilerin kısıtlı olanaklarıyla gelişigüzel tarla sınırlarından açtıkları açık drenaj kanalları da gözlenmiştir.

Çizelge 3.2. Araştırma alanında bulunan toplayıcı ve tersiyer açık drenaj kanallarına ilişkin bilgiler

Kanal adı	Kapasitesi (m ³ /s)	Uzunluğu (m)
Drenaj-1	0,220	1730
Drenaj-1.1	0,065	1475
Drenaj-1.2	0,065	1550
Drenaj-2	0,012	935
Drenaj-3	0,036	360
Drenaj-3.1	0,007	270
Drenaj-3.2	0,021	980
Drenaj-4	0,050	1915
Drenaj-5	0,146	1440
Drenaj-5.1	0,028	795
Drenaj-5.2	0,023	1010
Drenaj-5.3	0,031	750
Drenaj-5.4	0,023	575
Drenaj-5.5	0,025	825
Drenaj-6	0,127	620
Drenaj-6.1	0,011	620
Drenaj-6.2	0,043	1150
Drenaj-6.3	0,016	1080
Drenaj-6.4	0,055	1180
Drenaj-7	0,057	250
Drenaj-7.1	0,028	650
Drenaj-7.2	0,025	625
Drenaj-8	0,025	600
Drenaj-9	0,014	565
Drenaj-10	0,032	490
Drenaj-10.1	0,016	755
Drenaj-11	0,008	280
Drenaj-12	0,075	1335
Drenaj-12.1	0,030	900
Drenaj-13	0,059	1185
Drenaj-13.1	0,010	685
Drenaj-13.2	0,017	575
Drenaj-13.3	0,012	465
Drenaj-14	0,048	520
Drenaj-14.1	0,016	635
Drenaj-14.2	0,025	740
Drenaj-15	0,141	1995
Drenaj-15.1	0,031	1650
Drenaj-15.1.1	0,021	750
Drenaj-15.2	0,008	345
Drenaj-16	0,016	770
Drenaj-17	0,021	1720



Şekil 3.3. Araştırma alanında bulunan açık drenaj kanallarının arazideki konumu

Araştırma alanında bulunan 20 yerleşim biriminden Yalınca, Değirmenköy, Küçük Kadoğan, Soğukoluk, Sazlıpınar, Çatalören köyleri ile Mollaköy Beldesi arazilerininine Köy Hizmetleri X. Bölge Müdürlüğü tarafından kapalı (yüzeyaltı) drenaj şebekesi yapılmış olup, kapalı drenaj şebekesini oluşturan drenler yüzeyaltına döşenmiş beton borular şeklindedir. Dren derinlikleri 1,5-2,0 m arasında değişmektedir. Drenlerin iç çaplarının ise 16 cm ile 20 cm arasında değiştiği saptanmıştır.

Araştırma alanı için drenaj katsayısı 0,0017 m/gün olarak saptanmış olup, tarla içi kapalı drenlerinin arasındaki uzaklık 100-120 m'dir. Araştırma alanında bulunan 448 adet dren borusunun 301 adedi bağlantısız olup sularını açık boşaltım kanallarına boşaltmaktadır. Dren borularının 147 adedi ise kapalı kollektörlere bağlanmaktadır (Anonymous 1984).

3. 1. 6. Sosyal ve Tarımsal Yapı

Toplam 6120 ha'lık sulama alanına sahip araştırma alanında 20 yerleşim biriminin tarım arazileri bulunmaktadır. Bu yerleşim birimleri Uluköy, Çağlayan ve Mollaköy beldeleri; Çağlayan beldesine bağlı Yamaçlı ve Erdene mahalleleri, Altınbaşak Beldesine bağlı Büyük Kadoğan mahallesi ile Yalınca, Küçük Kadoğan, Değirmenköy, Binkoç, Çatalören, Derebağ, Gölpınar, Kilimli, Karatuş, Mertekli, Pınarönü, Sazlıpınar, Soğukoluk ve Türkmenoğlu köyleridir. Bu yerleşim birimlerine ilişkin son nüfus sayımı sonuçları çizelge 3.3.'de verilmiştir (Anonymous 1998).

Araştırma alanı içerisinden E-23 karayolu geçmektedir. Bu yol Erzurum-Erzincan-Sivas illerini birbirine bağlamaktadır.

Araştırma alanında bulunan tüm köylerde ilkokul bulunmaktadır.

Aşamalı olarak 1967 yılından beri sulamaya açılan araştırma alanında, çiftçiler sulama konusunda deneyimli olmakla birlikte, yapılan incelemelerde teknik yönden yeterince bilinçli olmadıkları gözlenmiştir.

Çizelge 3.3. Araştırma alanında bulunan yerleşim birimlerinin 1997 yılı nüfusları

Yerleşim Birimi	Nüfus	Yerleşim Birimi	Nüfus
Yamaçlı	2212	Erdene	375
Yalınca	502	Gölpınar	220
Küçük Kadoğan	904	Kilimli	332
Büyük Kadoğan	331	Karatuş	438
Uluköy	2020	Mollaköy	2529
Değirmenköy	744	Mertekli	519
Çağlayan	1953	Pınarönü	222
Binkoç	311	Sazlıpınar	239
Çatalören	460	Soğukoluk	377
Derebağ	200	Türkmenoğlu	463
TOPLAM			15351

Araştırma alanında buğday, fasulye ve şekerpancarı ağırlıklı olarak bitki desenini oluşturmakla birlikte; sebze, meyve ve kavak yetiştiriciliği de yapılmaktadır. Sulama ile birlikte birim alandan elde edilen ürün miktarında önemli artışlar gözlenmiştir. Araştırma alanında sulanan alanlarda 1999, 2000 ve 2001 yıllarına ilişkin ekilen bitki çeşitleri ve ekiliş oranları çizelge 3.4.'de, toplam sulama alanları ise çizelge 3.5.'de verilmiştir (Anonymous 1999, Anonymous 2000b, Anonymous 2001c).

Araştırma alanının allüviyal taban ve kollüviyal etek arazilerinden oluşan arazilerinde tabansuyu yüksekliği, tuzluluk gibi bir çok sorundan dolayı tarım yapılamayan alanlar da vardır.

Araştırmanın başlatıldığı 1999 yılında sulama randımanı %28,78, 2000 yılında %27,50 ve 2001 yılında %42,24'dür (Anonymous 1999, Anonymous 2000b, Anonymous 2001c).

Çizelge 3.4. Araştırma alanında ekilen bitki çeşitleri ve ekiliş oranları

Bitki çeşidi	Ekiliş oranları (%)		
	1999	2000	2001
Hububat	39,31	43,29	55,29
Baklagil	34,74	29,75	17,79
Şekerpancarı	20,35	22,35	20,96
Mısır	0,44	-	1,40
Fidan-Kavak	1,96	-	2,89
Bağ	0,54	-	-
Meyve ağacı	0,78	2,64	-
Çilek	0,06	-	-
Sebze	0,27	0,62	0,44
Yem bitkisi	1,27	1,35	1,23
Bostan	0,28	-	-
TOPLAM	100	100	100

Çizelge 3.5. Araştırma alanında yerleşim birimlerinin tarım alanlarına ilişkin yıllara göre sulama alanları

Yerleşim birimi	Sulama alanı (ha)		
	1999	2000	2001
Uluköy	431,4	547,9	550,5
Yamaçlı	130,5	118,0	118,0
Yalınca	532,7	497,0	501,4
Küçük Kadoğan	232,6	218,2	217,8
Büyük Kadoğan	71,1	154,8	150,4
Değirmenköy	507,6	465,6	454,1
Çağlayan	116,7	128,6	128,9
Binkoç	152,6	122,6	166,4
Çatalören	403,2	427,0	423,0
Derebağ	114,9	126,2	126,6
Erdene	84,5	69,7	70,0
Gölpınar	175,0	170,4	167,4
Kilimli	163,6	148,8	150,8
Karatuş	154,8	164,7	165,7
Mollaköy	285,3	287,5	275,8
Mertekli	379,6	345,8	345,8
Pınarönü	107,9	88,7	88,5
Sazlıpınar	178,2	198,5	201,7
Soğukoluk	429,9	381,7	390,5
Türkmenoğlu	108,0	105,3	109,6
TOPLAM	4760,1	4767,0	4802,9

3.2. Yöntem

3.2.1. Arazi Çalışmaları ve Uygulanan Yöntemler

3.2.1.1. Tabansuyu Gözlem Kuyularından Su Düzeyi Ölçümlerinin Yapılması

Araştırma alanında tabansuyu düzeyi ve niteliğindeki değişikliklerin sürekli ve düzenli olarak izlenmesi amacıyla açılmış 59 adet tabansuyu gözlem kuyusu bulunmaktadır. Şekil 3.4. de araştırma alanındaki tabansuyu gözlem kuyularının dağılımı gösterilmiştir. Gözlem kuyuları yaklaşık olarak 100 ha alanda bir adet olmak üzere 8-10 cm çapında ve 4 m derinlikte açılmıştır. Kuyuların içerisinde delikli metal borular kullanılmıştır. Kuyu ağızlarının 40 cm'lik bölümü toprak üzerinde kalacak şekilde ağızlarına kapaklı boru ve etrafına ağızlık betonu yerleştirilmiştir.

Tabansuyu düzey ölçümleri Mayıs-1999 ayından başlayarak Nisan-2002 ayına kadar 3 yıl boyunca her ayın son haftası içinde olmak üzere elektronik düzey ölçer ile yapılmıştır. Kullanılan elektronik düzey ölçer şekil 3.5. de gösterilmiştir. Anonymous (1993)'a göre aynı sulama alanındaki kuyularda değişik haftalarda ölçüm yapılması yanlış sonuçlar verebileceğinden, periyodik ölçüm zamanları değiştirilmemiştir.

Tabansuyu derinliğinin saptanması için ölçümler ölçme noktalarında şekil 3.6 gösterildiği gibi yapılmıştır.

Tabansuyu derinliği elektronik düzey ölçerden aşağıdaki şekilde bulunmaktadır.

$$A = B - C$$

A = Tabansuyu derinliği (cm)

B = Tabansuyunun ölçme noktasından uzaklığı (cm)

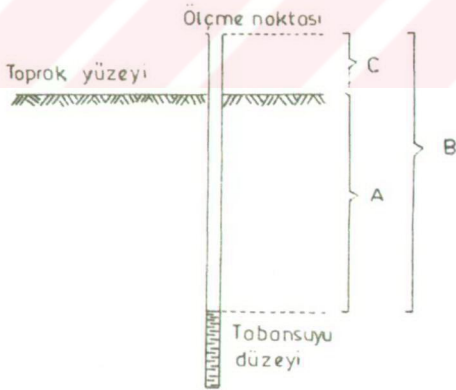
C = Ölçme noktasının toprak yüzeyinden uzaklığı (cm)



Şekil 3.4. Araştırma alanında bulunan tabansuyu gözlem kuyularının dağılımı



Şekil 3.5. Elektronik tabansuyu düzey ölçeri



Şekil 3.6. Tabansuyu gözlem kuyusunda ölçüm parametreleri

3.2.1.2. Su Örneklerinin Alınması

Tabansuyu düzeyindeki değişimlerin izlenmesinin yanısıra tabansuyu niteliklerini ve zamana göre değişimlerini ortaya çıkarabilmek için gözlem kuyularından, sulama ve drenaj (boşaltım) kanallarından 1999, 2000 ve 2001 yıllarında su örnekleri alınmıştır. Su örneklerinin alınmasında Demirtaş (1997)'da belirtilen esaslara uyulmuştur.

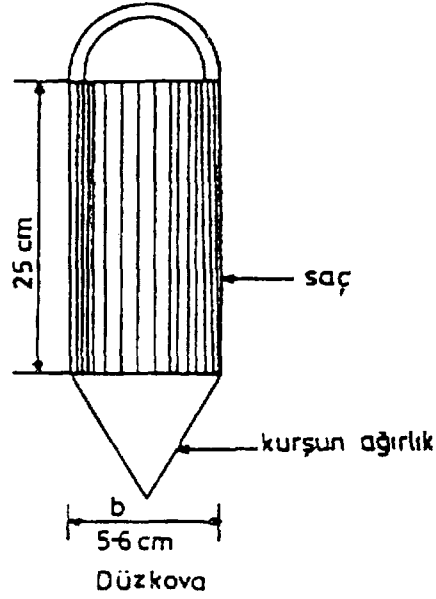
Tabansuyu gözlem kuyularından su örnekleri alınırken; Özgenç ve Erdoğan (1988)'e göre Erzincan sulaması için aylık bitki su tüketim değerlerinin en yüksek olduğu ağustos ayı, sulamanın en yoğun yapıldığı ay olacağından ağustos ayları seçilmiştir.

Sulama suyunun tabansuyu tuzluluğuna etkisinin belirlenebilmesi için sulama kanallarından ve topraktan uzaklaştırılan tuz miktarının saptanabilmesi için de yüzeysel drenaj kanalları ile kapalı drenlerden su örnekleri alınmıştır. Sulama ve yüzeysel drenaj kanalları ile kapalı drenlerden su örnekleri, araştırmanın yürütüldüğü 3 yıl boyunca sulama sezonun başlangıcı olan mayıs ayından sulama sezonunun son ayı olan ekim ayına kadar her ay bir kez alınmıştır.

Su örnekleri alınırken 5 cm çapında, 25 cm boyunda metaldan yapılmış silindir şeklinde şekil 3.7. gösterilen bir düzenek kullanılmıştır. Kova ile alınan su örnekleri yaklaşık 1 L su alabilen temiz cam şişelere aktarılmıştır.

Sulama suyu örnekleri, araştırma alanına su sağlayan Şıhlı regülatöründen suyunu alan Şıhlı I nolu ana kanalı ile Fırat nehrinden suyunu alan sol sahil ana kanalının başlangıcından itibaren 100 m kadar mansabına doğru olmak üzere iki noktadan alınmıştır. Şıhlı I nolu ana kanalından alınan su örneği Sulama I ve sol sahil ana kanalından alınan su örneği Sulama II olarak adlandırılmıştır.

Drenaj kanallarından su örnekleri ise ana boşaltım kanalının 100 m memba ve mansap kısmından ve kapalı dren çıkışlarından alınmıştır. Ana drenaj kanalından alınan örnekler



Şekil 3.7. Su örneklerinin alınmasında kullanılan düzenek

Açık Drenaj I ve Açık Drenaj II olarak adlandırılmıştır. Su alınan kapalı drenlerden ilki toprak örneklerinin alındığı Küçük Kadoğan köyü arazilerinde, ikincisi Çatalören köyü arazilerinde seçilmiştir. Bu kapalı drenlerden alınan örnekler sırasıyla Kapalı Drenaj I ve Kapalı Drenaj II olarak adlandırılmıştır. Su örneklerinin alımı her defasında aynı noktadan olmak üzere sulamanın sürdüğü aylar boyunca her ay yinelenmiştir.

Alınan su örnekleri hava almayacak ve dökülmeyecek şekilde kapatılarak etiketlenmiş ve analizlerin yapılacağı laboratuvara götürülmek üzere bölmeli sandıklara yerleştirilmiştir.

3.2.1.3. Toprak Örneklerinin Alınması

Araştırma alanında bulunan açık ve kapalı drenaj şebekelerinin işlerliğinin saptanması ayrıca açık ve kapalı sistemlerin birbiriyle karşılaştırılmasının yapılabilmesi için biri açık diğeri de kapalı drenaj sisteminin kurulduğu iki pilot alan seçilerek bu alanlardan toprak örnekleri alınmıştır. Açık ve kapalı drenaj şebekeli örnek pilot alanlar, yer yer

açık ve yer yer se kapalı drenaj şebekesinin bulunduğu Küçük Kadoğan köyü arazilerinde seçilmiştir. Bu alanlar seçilirken, aşamalı olarak kurulduğu belirtilen drenaj şebekelerinin ilk yapıldığı yıllarda kurulan ve aradan geçen zaman süresince kesintisiz olarak işlev yaptığı saptanan kısımlar belirlenmiştir. Pilot alanların her biri 10 ha'dır.

Toprak örneklerinin alınacağı noktalar belirlenirken Şimşek (1993)'de belirtilen karar örnekleme yöntemiye göre hareket edilmiştir. Karar örneklemesinde topluluğun bilinen özellikleri göz önünde bulundurularak, temsili örnekleme birimleri seçilmekte ve örnekleme yapılmaktadır. Bir bölgede bulunan egemen toprak çeşitlerinin bazı fiziksel ve kimyasal karakteristiklerini saptamak için yapılan toprak etüd çalışmalarında, karar örnekleme önerilmektedir. Örnekleme noktaları seçilirken konuya ilişkin bilgi ve deneyimi olan kişilerin görüşüne baş vurulmuştur. Örnek noktaları arasındaki uzaklıklar genel olarak 75-100 m arasında tutulmuştur.

Kapalı drenaj şebekesinin bulunduğu alanda drenlerin üzerinde ve arasında bulunan noktalardan farklı sonuçlar ortaya çıkabileceği olasılığı göz önünde bulundurularak örnek sayısı daha fazla tutulmuştur. Açık drenaj şebekesinin kurulduğu pilot alanda 10, kapalı drenaj şebekeli pilot alandan ise 16 noktadan 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm derinliklerden bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır.

Su içerisinde bulunan bileşikler, topraktaki organik ve inorganik komplekslerle fiziksel ve kimyasal tepkimeye girerler. Bunun sonucunda, toprakların bazı fiziksel özellikleri ve kimyasal bileşimi değişir (Kanber vd 1992). Sulama suyu niteliğinin toprak özellikleri üzerine olan geçici etkilerinden kaçınmak için, toprak örnekleri sulama uygulamalarının sona erdirildiği dönemde alınmıştır.

3.2.1.4. Anket Çalışmaları

Anket yapılacak örnek tarım işletmelerinin sayısı belirlenirken, yürütülen çalışmada incelenen populasyonun sonlu populasyon olması durumu göz önünde bulundurularak bu özellikteki populasyonlar için, Çiçek ve Erkan (1996)'da önerilen basit rastgele

örnekleme yönteminin sonlu populasyonlar için geliştirilmiş olan aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$n = \frac{N\sigma^2t^2}{(N-1)d^2 + \sigma^2t^2}$$

Eşitlikte;

n: Örnek büyüklüğü

σ : Standart sapma

t: Güven sınırına ilişkin çizelge değeri

N: Populasyonun büyüklüğü

d: Ortalamanın yüzdesi olarak kabul edilebilir hatayı göstermektedir.

Örnekleme sayısının belirlenmesi için gerekli parametrelerin hesaplanmasında kullanılan işletmelere ilişkin arazi varlıkları, sulama sisteminin işletme, bakım ve onarım yükümlülüğünü üzerine alan Erzincan Sol Sahil Sulama Birliği kayıtlarından sağlanmıştır. Örnek işletme sayısı hesabında %90 doğruluk derecesiyle çalışılmış ve ortalamanın %15'i kadar bir hata payı göz önüne alınmıştır ($t=1,28$).

Hesaplamalar sonucu örnek işletme sayısı 167 olarak belirlenmiştir. Ancak anketlerin analizi aşamasında bazı anketlerin analiz için yeterli miktarda bilgi içermeyeceği ve bu nedenle hesaplamalara katılamayacağı olasılığı göz önünde tutularak bu sayı 172'ye tamamlanmış ve anket çalışması toplam 172 işletmede yapılmıştır. Hesaplanan örnek işletme sayısının araştırma alanındaki yerleşim birimlerine göre dağılımı çizelge 3.6.'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Araştırma alanında bulunan yerleşim birimlerindeki işletme sayıları ve anket yapılan örnek işletme sayıları

Yerleşim Birimi	İşletme sayısı	Toplam işletme sayısı içerisindeki oranı	Örnek işletme sayısı
Uluköy	240	0,11	19
Yamaçlı	78	0,04	6
Yalınca	197	0,09	16
Küçük Kadoğan	73	0,04	6
Büyük Kadoğan	91	0,04	7
Değirmenköy	141	0,07	11
Çağlayan	88	0,04	7
Binkoç	59	0,03	7
Çatalören	151	0,07	12
Derebağ	60	0,03	6
Erdene	49	0,02	5
Gölpınar	67	0,03	5
Kilimli	63	0,03	5
Karatuş	92	0,05	7
Mollaköy	154	0,07	12
Mertekli	149	0,07	12
Pınarönü	35	0,02	3
Sazlıpınar	64	0,03	5
Soğukoluk	192	0,09	16
Türkmenoğlu	62	0,03	5
TOPLAM	2105	1,00	172

3.2.2. Laboratuvar Çalışmalarında Uygulanan Yöntemler

3.2.2.1. Su Analizlerinin Yapılması

Tabansuyu gözlem kuyuları ile sulama ve açık drenaj kanalları ile kapalı drenlerden alınan su örnekleri niteliklerinin bozulmaması için titizlikle ve ivedilikle laboratuara getirilerek ve örnekler üzerinde elektriksel iletkenlik, pH, çeşitli kasyon ve anyonlara ilişkin analizler yapılmıştır.

Elektriksel iletkenlik, pH, kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum, karbonat, bikarbonat, sülfat ve klor analizleri Greeberg *et al.* (1992)'ye göre yapılmıştır. Elektriksel iletkenlik değeri iletkenlik aletiyle, pH değeri ise pH metre kullanılarak elektrometrik yöntemle saptanmıştır. Kalsiyum ve magnezyum analizleri EDTA titrasyon yöntemiyle, sodyum analizi flame emisyon fotometrik yöntemle ve potasyum analizi flame fotometre yöntemi ile yapılmıştır. Karbonat ve bikarbonat titrasyon yöntemi ile, klor argentometrik (gümüş nitrat yöntemi) ile ve sülfat turbidimetrik yöntemle saptanmıştır.

Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) ve kalıcı sodyum karbonat (RSC) suların sulamaya uygunluğunun değerlendirilmesinde çok kullanılan ölçütlerdendir. Sodyum zararı daha çok SAR ile belirlenir (Tabaei ve Guitjens 1991). SAR ve RSC Kanber vd (1992)'de belirtildiği gibi hesaplanmıştır.

Sodyum iyonunun değişim reaksiyonlarındaki aktifliğinin tanımı olan SAR aşağıdaki şekilde belirlenmiştir;

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

Düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı aşağıda verilen eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır (Kanber vd 1992).

$$\text{Adj.SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{(\text{Ca}+\text{Mg})^{++}/2}} [1+(8,4-\text{pHc})]$$

Eşitlikte yer alan pHc değeri, sulama suyunun topraktaki kireci çözüp çözemeyeceğinin bir göstergesi olup, Ca+Mg ve CO₃+HCO₃' a bağlı olarak değişmektedir. Eğer pHc, 8,4'den büyükse sulama suyunun topraktaki kireci eriterek yıkanmasına; 8,4'den küçükse toprak suyu içerisindeki kirecin çökmesine neden olmaktadır. pHc'nin saptanmasında Kanber (1992)'de verilen Nakayama (1982) tarafından geliştirilmiş çizelge kullanılmıştır.

Yüzey toprağının düzeltilmiş SAR değeri (Adj.R_{Na}) ise, aşağıda verilen eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır (Kanber vd 1992).

$$\text{Adj.R}_{\text{Na}} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{(\text{Ca}_x+\text{Mg})^{++}/2}}$$

Eşitlikteki değiştirilmiş Ca_x değerinin belirlenmesinde, Kanber vd (1992)'de verilen Ayers ve Westcot (1985) tarafından geliştirilmiş çizelge kullanılmıştır. Değiştirilmiş kalsiyum değeri olan Ca_x değeri, sulama suyundaki kalsiyum miktarını göstermekle birlikte uygulanan suyun tuzluluğu, HCO₃/Ca oranı ve toprağın ilk birkaç mm'sindeki varsayılan CO₂ basıncı göz önüne alınarak belirlenmiştir (Kanber vd 1992).

Sulama sularının toprak özelliklerine göre sınıflandırılmasını sağlayan potansiyel tuzluluk (PT) ve geçirgenlik göstergesi (GG) değerleri aşağıda verildiği gibi hesaplanmaktadır (Kanber vd 1992).

$$PT = [Cl]^{-} + 1/2 [SO_4]^{-},$$

$$GG = \frac{[Na]^{+} + [HCO_3]^{-1/2}}{Ca^{++} + Mg^{++} + Na^{+} + K^{+}}$$

Toprakta sodyum oranının artma olasılığını önceden kestirmeye yarayan RSC'nin belirlenmesinde kullanılan eşitlik ise aşağıda verildiği şekildedir;

$$RSC = (CO_3^{-} + HCO_3^{-}) - (Ca^{++} + Mg^{++})$$

Eşitlikten elde edilen sonuç, pozitif ise artık değer kadar sodyum karbonat vardır. Kalsiyum ve magnezyum iyonları konsantrasyonu toplamı, karbonat ve bikarbonat iyonları konsantrasyonundan fazla ise artık karbonat yoktur (Kanber vd 1992).

Sulama sularının sodyumlulaşma tehlikesinin belirlenmesinde kullanılan diğer bir yöntem olan Langelier Saturasyon İndeksinin (LSI) hesaplaması ise Kanber vd (1992)'de aşağıda şekilde verilmektedir;

$$LSI = pH_a - pH_c$$

pH_a gerçek pH değeri, pH_c ise suyun kireç ile dengeye ulaştığındaki tepkimesidir.

Sertlik derecesi de, Fransız sertlik (FS) derecesi olarak meq/L cinsinden Ca⁺⁺+Mg⁺⁺ konsantrasyonunun 5 ile çarpılmasıyla bulunmuştur (Aydın ve Sezen 1995).

3.2.2.2. Toprak Analizlerinin Yapılması

Araştırma alanında alınan toprak örneklerinde toprak reaksiyonu (pH) McLean (1982)'ye göre cam elektrodlu dijital göstergeli pH metre ile saturasyon ekstraktında elektrometrik yöntemle ölçülmüştür.

Toprağın elektriksel iletkenlik değeri, Rhoades (1982)'in belirttiği esaslara uyularak iletkenlik aletiyle saturasyon ekstraktının elektriksel iletkenliğinin ölçülmesiyle belirlenmiştir.

Kasyon değişim kapasitesi (KDK), Hesse (1972)'ye göre sodyum asetat yöntemiyle belirlenmiştir. Yöntem; değişim komplekslerindeki negatif elektrikli yüklerin, sodyum asetat çözeltisindeki sodyum ile doyurulmasından ve çözelti fazlasının yıkanıp giderilmesinden sonra adsorbe edilmiş sodyum miktarının nötr amonyum asetat çözeltisindeki amonyum ile yer değiştirerek belirlenmesi temeline dayanır.

Değişebilir sodyum miktarı analizinde, Knudsen *et al.* (1982) de belirtilen amonyum asetat yöntemi kullanılmıştır. Yöntem; toprak kolloidleri üzerindeki sodyumun, toprağı amonyum asetat çözeltisi ile çalkalayarak çözeltiye alınması temeline dayanmaktadır. Bu şekilde ekstrakte edilebilen sodyum miktarından, suda çözünebilir sodyum miktarı çıkarılarak değişebilir sodyum miktarı bulunmuştur.

Değişebilir sodyum miktarı saptandıktan sonra kasyon değişim kapasitesinin yüzdesi olarak değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) aşağıda verilen eşitlikle belirlenmiştir:

$$ESP = \frac{\text{Değişebilir Na (me/100g)}}{\text{Kasyon Değişim Kapasitesi (me/100g)}} \times 100$$

Araştırma alanında 26 noktadan üçer derinlikten alınan toplam 78 adet toprak örneğinin tekstür analizi Demiralay (1993)'de belirtilen şekilde Bouyoucous hidrometre yöntemiyle yapılmıştır.

3.3. Büro Çalışmaları

3.3.1. Tabansuyu Haritalarının Çizimi

Araştırma alanında, tabansuyunun nerede ve ne zaman, hangi düzeyde, hangi tuzluluk sınıfında bulunduğunu belirleyebilmek için tabansuyu haritalarının çizilmiştir. Tabansuyu derinlik bölgeleri haritaları; kritik en yüksek eşderinlik, kritik en düşük eşderinlik ve aylık bitki su tüketim değerlerinin en yüksek dolayısıyla sulamanın en yoğun olduğu Ağustos ayı eşderinlik haritaları olarak çizilmiştir. Yıl içerisinde, her bir tabansuyu gözlem kuyusunda, tabansuyunun ulaştığı en yüksek düzeyler kullanılarak kritik en yüksek eşderinlik haritaları ve en düşük düzeyler kullanılarak da kritik en düşük eşderinlik haritaları çizilmektedir (Anonymous 1993).

Bir yıllık ölçüm sonuçları göz önünde bulundurularak hazırlanan kritik en yüksek ve kritik en düşük eşderinlik haritaları ile sulamanın en yoğun olduğu ay eşderinlik haritaları üç yıl için çıkarılmıştır.

Tabansuyu nitelik haritaları ise; Özgenç ve Erdoğan (1988) tarafından Erzincan sulaması için aylık bitki su tüketim değerlerinin en yüksek olduğu bildirilen ağustos ayları sulamanın en yoğun yapılacağı ay olacağından ağustos aylarında alınan tabansuyu örneklerinin elektriksel iletkenlik değerleri göz önüne alınarak yine 1999, 2000 ve 2001 yılları için çizilmiştir.

Birbirinden belirli uzaklıkta bulunan tabansuyu kuyularından alınan su örneklerinin elektriksel iletkenlik ve ölçülen düzeylerinin alansal yorumunun yapılmasında güven sınırları daralmış olduğundan klasik istatistik yöntemleri yerine jeostatistiksel yöntemler kullanılmıştır. Klasik istatistikte seçilen temsili noktaların birbirinden

bağımsız olduğu ve örnek ortalamasının popülasyon ortalamasını en iyi şekilde temsil ettiği varsayılmaktadır. Oysa gerçekte birbirlerine yakın olarak alınan örnek noktalar kendi aralarında daha çok benzerdirler. Diğer bir anlatımla ölçülen değerler örnekleme noktaları arasındaki uzaklığın bir fonksiyonudur ve uzaklıktan bağımsız olarak düşünülemezler. Yapılan örnekleme sonucu elde edilen değerlerin incelenen özellikler bakımından aralarında doğal olarak bulunan yapısal değişimin derecesinin belirlenmesinde jeoistatistiksel yöntemler kullanılmaktadır (Öztaş 1995). Tabansuyu düzeylerinin ve tabansuyu örneklerinin EC değerlerinin yersel değişim dereceleri ve parametreleri semivariogram, dağılım paternleri ise blok-kriging analizi kullanılarak belirlenmiş ve jeoistatistiksel analizler GEOEAS bilgisayar programı kullanılarak yapılmıştır.

3.3.2. Anketlerin Değerlendirilmesi

Araştırma alanı içerisinde bulunan yerleşim birimlerinde 2001 yılı sulama sezonunda sulama yapan tarım işletmesinden rastgele örnekleme yoluyla belirlenen 172 tarım işletmesinde anket çalışması yapılmıştır. Anket çalışması yapılan 172 tarım işletmesi sahibi ile yüz yüze yapılan görüşmeler sonucu derlenen anket verileri değerlendirilmek üzere bilgisayar ortamına aktarılmadan önce genel bir inceleme yapılmış ve anket formları belirli bir düzene sokulmuştur. Ardından bilgisayar ortamına aktarılan bu verilerin analizinde SPSSWIN programı kullanılmıştır. Böylece; çiftçiler açısından sulama ve drenaj ile ilgili sorunlar ve sorunların kaynakları ortaya konulmuştur. Birbiri ile etkileşim içerisinde olan konuların karşılaştırılmasında ve ilişki düzeylerinin belirlenmesinde Yıldız ve Bircan (1991)'de belirtilen Ki – Kare ve Binom karşılaştırma yönteminden yararlanılmıştır.

Araştırma alanında daha önceden yapılan gözleme dayalı ön incelemelerde drenaj yetersizliğinden kaynaklanan tuzluluk, sodyumlulaşma gibi sorunların yer yer bulunduğu saptanmıştır. Yapılan saptamaların zaman içerisindeki gelişimini ortaya çıkarabilmek için araştırma alanı içerisinde arazisi bulunan 3'ü belde, 14'ü köy, 3'ü mahalle olan toplam 20 yerleşim biriminde sulu tarım yaptığı belirlenen 2105 işletmede

örnekleme yoluyla anket çalışması yapılmıştır. Düzenlenen anket formu Ek-1'de verilmiştir. Anket çalışması yapılırken çiftçilerin sulama ve drenaj uygulamaları, konu ile ilgili bilgileri ve duyarlılıkları ile istek ve düşünceleri gibi konulara açıklık getirilmeye çalışılmıştır.

Anket formları hazırlanırken içerik olarak, çiftçiler tarafından yıllardır uygulanmakta olan sulama ve drenaj uygulamaları, tarım alanlarında tabansuyu düzeyi, tuzluluk ve sodyumluluk gibi drenaj sorunlarının varlığı ve bu sorunlar sonucunda ortaya çıkan toprak özellikleri ile ilgili değişikliklere ilişkin çiftçilerin duyarlılık, bilgi ve deneyimlerini saptamaya yönelik sorular hazırlanmıştır. Bu sorular hazırlanırken, bölgeye hizmet götüren tarım kuruluşlarında çalışan deneyimli teknik elemanların görüşleri alınmış ve sorular çiftçi düzeyinde anlaşılabilir şekilde düzenlenmeye çalışılmıştır.

Diğer sektörlerde olduğu gibi tarım sektöründe de sermaye yatırımı kadar insanların eğitim ve öğretim düzeyleri de önemlidir. Hızla ilerleyen teknolojik gelişmelerin benimsenip uygulanmasında eğitim temel etkenlerdendir. Bu nedenle anket çalışmaları kapsamında yöre çiftçisinin eğitim durumunu saptamaya yönelik sorulara da yer verilmiştir.

3.3.3. Toprak Örneklerinin Karşılaştırılması

Toprak örneklerinin pH, EC, ESP, KDK ve tekstür sonuçları bilgisayar ortamına aktarıldıktan sonra, açık ve kapalı drenaj şebekesinin bulunduğu iki pilot alandan alınan verilerin karşılaştırılması için SPSSWIN programı kullanılarak t testi analizleri yapılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Arazi Gözlemlerinin Değerlendirilmesi

Arazi gözlemleri, araştırmanın yapıldığı Mayıs-1999 ile Nisan-2002 tarihleri arasında düzenli olarak yapılmıştır. Bu kapsamda gerek drenaj şebekesinin durumu ve işlerliği gerekse drenaj bakımından araştırma alanının gözle görülebilen özellikleri ve bu özelliklerin belirtilen zaman süreci içerisindeki değişimi izlenmiştir.

Araştırma alanında drene edilmesi gereken fazla suyun drenaj alanı dışına atılmasını sağlayacak kot ve eğimin bulunup bulunmadığının anlaşılabilmesi için drenaj şebekesi membada mansaba kadar incelenmiştir. Araştırma alanında bulunan drenaj kanallarının memba ve mansap kotları çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Drenaj şebekesinin ana taşıyıcısı niteliğinde olan sol sahil ana boşaltım kanalı membada Kuruçay yöresinde başlamakta, Küçük Kadoğan köyü batısında Karasu, Sarısu boşaltım kanallarının kollektörleri ile birleşerek sulama alanı boyunca batı yönünde ilerleyip araştırma alanının kuzeyinden geçmekte ve Eskiköy yeri yöresinde Fırat nehrine dökülmektedir. Sol sahil ana boşaltım kanalının memba kısmında Mertekli çayı bu kanala suyunu boşaltmaktadır. Sol sahil boşaltım kanalı membada kollektör niteliğinde olup, Küçük Kadoğan köyü batısında diğer kollektörlerle birleştikten sonra ana kanal niteliği kazanmaktadır. Ana boşaltım kanalı Fırat nehrine paralel olarak akmaktadır.

Çizelge 4.1. Araştırma alanında bulunan toplayıcı ve tersiyer açık drenaj kanallarının memba, mansap kotları ve kanal eğimleri

Kanal adı	Memba kotu (m)	Mansap kotu (m)	Kanal eğimi (%)
Drenaj-1	1146,00	1145,00	0,06
Drenaj-1.1	1146,00	1145,00	0,07
Drenaj-1.2	1146,00	1145,00	0,07
Drenaj-2	1147,00	1146,00	0,11
Drenaj-3	1147,00	1145,23	0,49
Drenaj-3.1	1147,00	1146,80	0,74
Drenaj-3.2	1147,50	1146,90	0,06
Drenaj-4	1151,00	1147,50	0,18
Drenaj-5	1162,10	1147,80	0,99
Drenaj-5.1	1163,00	1162,00	0,13
Drenaj-5.2	1149,00	1147,50	0,15
Drenaj-5.3	1151,00	1150,00	0,13
Drenaj-5.4	1155,00	1154,00	0,18
Drenaj-5.5	1163,00	1162,00	0,12
Drenaj-6	1153,50	1148,30	0,84
Drenaj-6.1	1150,00	1149,50	0,08
Drenaj-6.2	1154,00	1153,00	0,09
Drenaj-6.3	1150,00	1149,50	0,05
Drenaj-6.4	1154,00	1153,00	0,08
Drenaj-7	1153,50	1149,49	1,60
Drenaj-7.1	1153,50	1153,00	0,08
Drenaj-7.2	1153,50	1153,00	0,08
Drenaj-8	1150,00	1149,25	0,13
Drenaj-9	1155,00	1150,50	0,79
Drenaj-10	1153,00	1149,90	0,63
Drenaj-10.1	1153,00	1151,90	0,14
Drenaj-11	1152,00	1149,80	0,79
Drenaj-12	1156,50	1150,25	0,47
Drenaj-12.1	1156,00	1155,50	0,05
Drenaj-13	1161,50	1151,50	0,84
Drenaj-13.1	1154,00	1153,50	0,07
Drenaj-13.2	1156,50	1156,00	0,09
Drenaj-13.3	1162,00	1161,50	0,11
Drenaj-14	1155,50	1153,00	0,48
Drenaj-14.1	1156,00	1155,50	0,08
Drenaj-14.2	1156,50	1156,00	0,07
Drenaj-15	1167,20	1154,50	0,64
Drenaj-15.1	1167,20	1154,98	0,74
Drenaj-15.1.1	1167,20	1155,13	1,61
Drenaj-15.2	1167,20	1154,98	3,54
Drenaj-16	1160,00	1155,85	0,54
Drenaj-17	1161,50	1158,89	0,15

Çizelge 4.1.'de verilen kanal eğimleri kanal boyunca sabit kalmamakta yer yer çok artmakta, yer yer se Cavelaars (1974)'de belirtilen %0,01'lik uygun kanal eğimi değerinin altına düşmektedir. Ceneviztepe'ye kadar su akışının sağlanması bakımından ana boşaltım kanalının su kotu ve eğimi uygundur. Ancak Ceneviztepe'den membaya kadar olan kısımda ana boşaltım kanalı üzerinde yapılan köprü ayaklarındaki eşikler su kotunu yükseltmekte ve sonuçta boşaltım kanallarında taşma oluşmaktadır (şekil 4.1.). Bu durum ana boşaltım kanalında olduğu gibi diğer kollektörlerde de gözlenmiştir. Ana boşaltım ve kollektörler üzerinde bulunan köprü ayaklarındaki eşikler nedeniyle yükselen sular tersiyer boşaltım kanallarında suyun ters yönde akmasına neden olmaktadır. Sonuçta tarım arazileri, zaman zaman suya doymuş durumda kalabilmektedir.



Şekil 4.1. Ana boşaltım kanalı üzerinde yapılan köprü (Soğukoluk köyü)

Drenaj sistemleri birçok yerde projelerinde öngörüldüğü boyut, derinlik ve eğimde yapılmış olmasına karşın açık ve kapalı drenaj sistemleri arasındaki uyumsuzluk sistemin işletmesi açısından aksaklıklara yol açmaktadır. Zaman içerisinde gereksinimler doğrultusunda açık drenaj sisteminde yapılan ekleme ve yenileme

alışmaları sonucu özellikle kanallarının sayısında ve kanalların boyutlarında değişiklikler olduğu saptanmıştır. Özellikle araştırma alanının, ana boşaltım ile Fırat nehri arasında kalan bölümünde projesi olmayan çok sayıda yüzeysel drenaj kanalı açılmıştır. şekil 3.2.'deki durum planında projelerde yer almayan yüzeysel drenaj kanalları gösterilmiştir.

Araştırma alanın bazı kısımlarında drenaj sisteminin projesinde öngörüldüğü gibi yapılmış olmasına karşın, drenaj şebekesi yapımından sonra ortaya çıkan bazı gereksinimleri gidermek için açık boşaltım sistemleri üzerine yapılan bzl geçitlerin su kotunu yükselttiği gözlenmiştir (şekil 4.2.). Bu durum özellikle tersiyer boşaltım kanalları tarafından tabansuyunun yükseltilmesine neden olmaktadır.



şekil 4.2. Açık drenaj kanalı üzerine yapılmış bzl geçit (Yamaçlı köyü)

Toprak içerisinde döşenmiş borular aracılığıyla tabansuyunun bitki kök bölgesi altında tutulmasını sağlayan yeraltı drenaj sistemini oluşturan drenler bazı yerlerde plastik PVC boru (lateraller), bazı yerlerde beton künk borular şeklindedir. Kapalı drenaj sistemi, projelirmede öngörüldüğü şekilde sulama alanının tamamına döşenmediği, çoğu yerde eksik bırakıldığı, bazı kısımlara ise hiç yapılmadığı gözlenmiştir. Araştırma alanında Küçük Kadoğan köyü tarım arazilerinde bulunan tarla içi kapalı drenleri ve açık drenaj kanallarının bazıları, kapalı drenlerden açık drenaj kanallarına su akış koşulunu sağlayacak kot farkına sahip olmadıkları için görev yapmamaktadır (şekil 4.3).

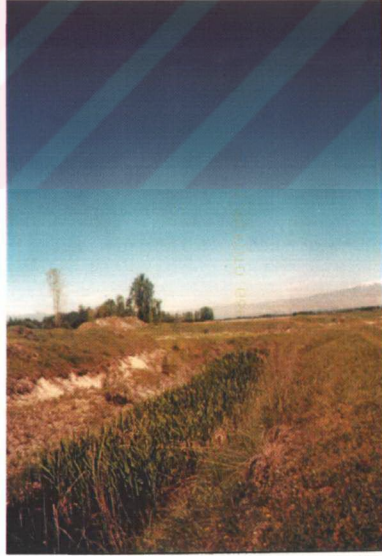


Şekil 4.3. Boşaltım görevi yapamayan açık tersiyer drenaj kanalı ve kapalı drenlerden biri (Yalınca Köyü arazilerinden geçen sol sahil ana boşaltım kanalının yedek kanalına bağlı drenlerden biri)

Gerek yüzey sularının ve gerek se tabansuyunun drenajını aynı zamanda yapan ve böylece yüzeysel drenajı sağlamasının yanısıra, tabansuyunun yetiştirilen kültür bitkilerinin çeşidine göre değişen etkili kök bölgesi derinliği altında tutulmasını sağlayan açık ve derin drenaj kanalları zamanla dolarak veya tıkanarak projeleme

derinlikleri azalmıştır. Yüzeysel drenaj sisteminde tarla hendeklerinin en az 45 cm derinlikte olması gerekmektedir. Derin drenaj kanalları ise, toprak, topoğrafya, tabansuyu düzeyi, doğal akım yatakları ile akım yön ve ve hızları göz önünde tutularak yeterli drenaj sağlanabilecek derinlikte geçirilmelidir (Anonymous 1993).

Araştırma alanı içerisinde kurulmuş olan drenaj şebekesinde, drenaj kanallarının içerisinde kamış (*phragmites sp.*), hasır sazı (*typha sp.*) vb su üstü yabancı otları ile banketlerde yonca (*medicago sp.*), pıtrak (*xanthlum sp.*) vb otsu ve söğüt (*salix sp.*) gibi odunsu bitkilere rastlanmıştır. Drenaj kanalları içerisinde özellikle akış koşullarının sağlanamadığı ve suyun biriktiği kısımlarda ipliksi yeşil algler de saptanmıştır. Şekil 4.4.'de Yalınca Köyü arazilerinde yabancı otlarla kaplanmış bir drenaj kanalı görülmektedir.



Şekil 4.4. Yabancı otlarla kaplanmış bir drenaj kanalı (Küçük Kadoğan Köyü arazilerinde bulunan Sarısu boşaltım kanalına bağlı tersiyer drenaj kanalı)

Araştırma alanının tarımsal arazilerinde en çok rastlanan yabancı ot bitkisi, tuzluluk ve tabansuyu sorunu olan yerlere özgü çayır tilki kuyruğu (*alopecurus pratensis L.*) olup, yer yer sazlara (*typha L.*) da rastlanmıştır.

Banketlerde ve drenaj tesisi yapılırken kamulaştırılan alanlarda bulunan söğüt, kavak vb odunsu bitkiler çiftçiler tarafından dikilmiş olup, gerek kökleriyle kanallara zarar vermeleri gerekse kanalların bakım onarım ve temizlik işleri ve servis hizmetlerine engel olmaları nedeniyle istenmeyen durumlar ortaya çıkarmaktadır. Sulama ve yağışlar sonucu arazi yüzeyinde toplanan fazla sular, dikilen söğüt, kavak ve odunsu bitkiler nedeniyle drenaj alanından yeterli hızla uzaklaştırılamamakta, toprak yüzeyi uzun süre ıslak kalmaktadır.

Drenaj sisteminin farklı bölümlerinde ve değişik miktarlarda sediment birikimine rastlanmıştır. Kanalların içerisindeki otlamalar akışı yavaşlatmakta, bu durum da sediment birikimini artırmaktadır. Kanal tabanında biriken sediment kanallardaki su düzeyini yükseltmesinin yanı sıra, tarla içi kapalı ve açık drenaj sistemlerinin tam kapasite ile çalışmasına engel olmaktadır.

Araştırma süresi boyunca zaman zaman drenaj kanallarındaki sudan, sulama amacıyla yararlanmak için bazı yerlerde kanalların çeşitli malzemelerle önüne set vurularak su düzeyinin yükseltilmeye çalışıldığı gözlenmiştir. Bu durumda drenaj kanallarındaki suyun akış hızı azalacağından kanal tabanında sürüntü malzemesi birikimi oluşmaktadır. Aynı şekilde prizlerden daha fazla su almak amacıyla sulama kanalları da çeşitli malzeme ile tıkanarak aşırı sulama ve zaman zaman da kanallardan taşma sonucu arazilerin suya doygun duruma gelmesine yol açılmaktadır (şekil 4.5.).



Şekil 4.5. Otlarla tıkanmış sulama kanalı (Mollaköy beldesi)

Araştırma alanı çiftçileri tarlalarına su almak için su alma prizlerini kullanmak yerine sulama kanallarını kırarak oluşturdukları boşluklardan yararlanmaktadırlar. Ayrıca hayvanların geçişi, kanalların geçtiği yerlerde oluşan toprak kaymaları vb sonucu kanal betonlarında kırılmalar, çatlamalar ve dökülmeler olmaktadır. Sulama kanallarının beton kaplamasının zarar gördüğü bu kısımlarından olan sızmalar tabansuyunu beslemektedir.

Yapılan araştırmada drenaj özelliklerinin yanısıra drenaj şebekesinin kurulduğu 6120 ha'lık alanın, drenaj durumunu etkileyeceği göz önünde bulundurularak sulama yönüyle de izlenmesi arazi gözlemleri kapsamına alınmıştır. Genel olarak tava ve kank gibi yüzey sulama yöntemlerinin uygulandığı ve sulama randımanının düşük olduğu saptanmıştır.

Arazide genel eğimin çok düşük olduğu alanlarda çukur ve tümseklere rastlanmış, bu kısımların özellikle sulama yapıldığı dönemlerde suyun araziye homojen dağılmasına engel olduğu gözlenmiştir. Çiftçilere ait arazilerin parçalı ve dağınık olduğu araştırma alanında tarlalar arası ulaşımın çok kısıtlı olduğu, bazı kısımlarda ise hiç olmadığı

saptanmıştır. Arazi parsellerinin küçük ve biçimsiz oluşu nedeniyle arazilerin bir kısmı tarla içi drenaj sisteminden yararlanamamaktadır.

Topraklarda tuzluluğunun en belirgin özelliği toprak üzerindeki beyaz tuz lekeleridir. Araştırma alanında yapılan gözlemlerde az da olsa lokal açık renkli toprak lekelerine rastlanmıştır. Şimşek (1993)'e göre bulunduğu yerin doğal toprak renginden daha açık renkli lekelerin yüzeyde görülebildiği topraklar çok kötü drenajlı topraklar sınıfına girmektedir (şekil 4.6.).



Şekil 4.6. Yüzeysel drenaj sorununun bulunduğu alanlar (Binkoç köyü arazileri)

Arazi gözlemleri sonucunda, yukarıda vurgulanan sorunların oluşmasına neden olan önemli etmenlerden birinin de sulama kanallarındaki bakım-onarım gereksinimleri olduğu belirlenmiştir. Beton kaplamalarında çatlakların bulunduğu ana kanaldan fazla miktarlarda sızmaların olduğu saptanmıştır. Kızılkaya (1993)'e göre kapalı drenaj sistemlerinde bulunması gereken hava veya kontrol bacaları, silt bacaları, bağlantı kutuları, eğim kırıcı bacalar ve boşaltım ağızlarının projelerinde ön görüldüğü sayıda ve

nitelikte yapılmadığı belirlenmiştir. Yapılan tesislerin de zamanla işlevini yitirmiş olduğu gözlenmiştir.

4.2. Sulama ve Drenaj Şebekelerinden Alınan Su Örneklerinin Değerlendirilmesi

Araştırma alanında yapılmış olan sulama kanalları, açık drenaj kanalları ve kapalı drenlerden alınan su örneklerinin kimyasal analiz sonuçları çizelge 4.2.'de verilmiştir. Çizelge 4.2.'de görüleceği gibi su örneklerinin kimyasal analizleri kapsamında drenaj parametreleri yönünden önemli katyonlar ve anyonlar, pH, EC değerleri saptanarak RSC ve SAR değerleri hesaplanmıştır.

Sulama sularının toprak ve bitkiye etkisi açısından sınıflandırılması amacıyla öncelikle su içerisinde erimiş durumda bulunan tuzların toplam miktarının bir ölçüsü olarak elektriksel iletkenlik (EC) ve reaksiyon durumu için pH değerleri ölçülmüştür.

Uygun sınırlarda olmayan pH, bitkilerde beslenme düzensizliklerine neden olur. Bitkiler için sulama sularında pH'nın normal değeri 6,5-8,4 arasındadır (Hoffman *et al.*1983). Suyun sınır değerler dışında kalan pH değerleri beslenme düzensizliklerine neden olmaktadır. Çizelge 4.2.'de görüldüğü gibi araştırma alanında bulunan sulama kanallarından 1999 yılında alınan su örneklerinin pH değeri 7,03-8,27 arasında, açık drenaj kanallarından alınan su örneklerinde 7,36-8,32 arasında, kapalı drenlerden alınan su örneklerinde ise 6,94-8,34 arasındadır. Sulama kanallarından 2000 yılında alınan su örneklerinin pH değeri 6,83-7,73 arasında, açık drenaj kanallarından alınan su örneklerinin 7,12-8,23 arasında, kapalı drenlerden alınan su örneklerinin ise 6,74-7,74 arasındadır. 2001 yılında ise sulama kanallarından alınan su örneklerinin pH değeri 6,94-7,25 arasında belirlenirken, açık drenaj kanallarından alınan su örneklerinde 7,65-7,95 arasında; kapalı drenlerden alınan su örneklerinde ise 7,04-7,95 arasında saptanmıştır. Görüldüğü gibi araştırma alanındaki sulama ve drenaj şebekelerinden alınan su örneklerinde pH yönünden herhangi bir sorun bulunmamaktadır. Başka bir anlatımla, araştırma alanında sulama ve açık drenaj kanalları ile kapalı drenlerden alınan suların, sulamada kullanılmasında pH açısından bir sakınca bulunmamaktadır.

Çizelge 4.2. Sulama ve açık drenaj kanalları ile kapalı drenajlardan alınan su örneklerinin analiz sonuçları

Mayıs (1999) Ayı

Kanal No	Na ⁺ Meq/L	K ⁺ meq/L	Ca ⁺⁺ meq/L	Mg ⁺⁺ meq/L	CO ₃ ⁺⁺ meq/L	HCO ₃ ⁻ meq/L	Cl ⁻ meq/L	so ₄ ⁺⁺ meq/L	pH	EC µS/cm	RSC	SAR	SU SINIFI
Açık drenaj I	0,69	0,02	2,10	2,50	-	4,50	0,61	0,22	8,13	470	0	0,45	C ₂ S ₁
Açık drenaj II	0,43	0,04	2,20	4,40	-	6,00	0,57	0,50	7,76	570	0	0,24	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj I	0,46	0,04	2,20	3,20	-	4,90	0,46	0,52	7,49	546	0	0,28	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj II	0,47	0,02	2,45	3,23	-	5,20	0,49	0,48	7,47	500	0,01	0,28	C ₂ S ₁
Sulama I	0,10	0,03	1,80	1,30	-	2,60	0,20	0,42	7,91	263	0	0,08	C ₂ S ₁
Sulamall	0,15	0,03	1,60	1,90	-	2,50	0,30	0,88	7,22	300	0	0,11	C ₂ S ₁

Haziran (1999) Ayı

Kanal No	Na ⁺ Meq/L	K ⁺ meq/L	Ca ⁺⁺ meq/L	Mg ⁺⁺ meq/L	CO ₃ ⁺⁺ meq/L	HCO ₃ ⁻ meq/L	Cl ⁻ meq/L	so ₄ ⁺⁺ meq/L	pH	EC µS/cm	RSC	SAR	SU SINIFI
Açık drenaj I	0,73	0,03	2,09	2,45	-	4,55	0,65	0,26	8,12	485	0,01	0,48	C ₂ S ₁
Açık drenaj II	0,40	0,03	2,03	4,35	-	5,35	0,63	0,63	7,86	565	0	0,22	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj I	0,48	0,04	2,15	3,32	-	4,96	0,50	0,56	7,48	550	0	0,29	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj II	1,55	0,03	2,60	2,14	-	4,69	0,74	0,57	7,50	595	0	1,01	C ₂ S ₁
Sulama I	0,22	0,03	1,85	1,53	-	3,06	0,26	0,40	7,83	300	0	0,17	C ₂ S ₁
Sulamall	0,25	0,02	1,85	1,95	-	3,31	0,29	0,47	7,53	385	0	0,18	C ₂ S ₁

Çizelge 4.2. (devam)

Temmuz (1999) Ayı

Kanal No	Na ⁺ Meq/L	K ⁺ meq/L	Ca ⁺⁺ meq/L	Mg ⁺⁺ meq/L	CO ₃ ⁺⁺ meq/L	HCO ₃ ⁻ meq/L	Cl ⁻ meq/L	so ₄ ⁺⁺ meq/L	pH	EC µS/cm	RSC	SAR	SU SINIFI
Açık drenaj I	1,06	0,03	2,11	2,54	-	4,65	0,70	0,35	8,32	460	0	0,70	C ₂ S ₁
Açık drenaj II	0,85	0,04	2,23	4,58	-	6,20	0,60	0,70	7,94	650	0	0,46	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj I	0,84	0,04	2,65	3,42	-	5,49	0,69	0,68	7,57	565	0	0,48	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj II	0,63	0,05	1,98	3,52	-	5,04	0,52	0,59	7,56	545	0	0,38	C ₂ S ₁
Sulama I	0,35	0,03	1,95	2,50	-	3,75	0,63	0,45	7,21	505	0	0,23	C ₂ S ₁
Sulamalı	0,34	0,03	1,90	2,70	-	3,80	0,67	0,47	7,48	512	0	0,22	C ₂ S ₁

Ağustos (1999) Ayı

Kanal No	Na ⁺ Meq/L	K ⁺ meq/L	Ca ⁺⁺ meq/L	Mg ⁺⁺ meq/L	CO ₃ ⁺⁺ meq/L	HCO ₃ ⁻ meq/L	Cl ⁻ meq/L	so ₄ ⁺⁺ meq/L	pH	EC µS/cm	RSC	SAR	SU SINIFI
Açık drenaj I	1,21	0,35	1,60	2,70	-	2,40	1,07	2,40	8,32	476	0	0,82	C ₂ S ₁
Açık drenaj II	2,57	0,37	1,70	11,00	-	11,30	1,52	2,85	7,36	1278	0	1,02	C ₃ S ₁
Kapalı drenaj I	1,85	0,07	2,00	9,33	-	5,10	1,30	6,94	6,94	1282	0	0,77	C ₃ S ₁
Kapalı drenaj II	1,56	0,06	1,70	7,10	-	6,00	0,84	3,59	8,34	976	0	0,74	C ₃ S ₁
Sulama I	1,07	0,06	2,00	3,80	-	4,85	0,85	1,20	8,27	574	0	0,63	C ₂ S ₁
Sulamalı	1,04	0,05	2,30	3,80	-	5,20	0,80	1,22	7,42	596	0	0,60	C ₂ S ₁

Çizelge 4.2. (devam)

Eylül(1999) Ayı

Kanal No	Na ⁺ Meq/L	K ⁺ meq/L	Ca ⁺⁺ meq/L	Mg ⁺⁺ meq/L	CO ₃ ⁺⁺ meq/L	HCO ₃ ⁻ meq/L	Cl ⁻ meq/L	so ₄ ⁺⁺ meq/L	pH	EC µS/cm	RSC	SAR	SU SINIFI
Açık drenaj I	0,93	0,06	1,93	3,68	-	4,25	0,60	1,59	7,95	540	0	0,55	C ₂ S ₁
Açık drenaj II	1,75	0,05	2,24	3,85	-	4,35	0,94	2,60	7,61	700	0	1,00	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj I	2,40	0,05	4,63	3,60	-	4,18	1,65	4,80	7,21	950	0	1,18	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj II	1,73	0,04	2,06	2,80	-	3,80	1,20	1,83	7,07	555	0	1,11	C ₂ S ₁
Sulama I	0,88	0,06	2,02	4,25	0,88	2,45	1,80	2,08	7,03	610	0	0,50	C ₂ S ₁
Sulamalı	0,85	0,06	2,05	3,42	-	3,99	1,25	1,14	7,08	644	0	0,51	C ₂ S ₁

Ekim (1999) Ayı

Kanal No	Na ⁺ Meq/L	K ⁺ meq/L	Ca ⁺⁺ meq/L	Mg ⁺⁺ meq/L	CO ₃ ⁺⁺ meq/L	HCO ₃ ⁻ meq/L	Cl ⁻ meq/L	so ₄ ⁺⁺ meq/L	pH	EC µS/cm	RSC	SAR	SU SINIFI
Açık drenaj I	0,85	0,07	1,80	3,75	-	4,10	0,55	1,82	8,32	520	0	0,51	C ₂ S ₁
Açık drenaj II	0,09	0,56	2,00	3,80	2,6	2,40	0,77	0,68	7,80	520	0	0,05	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj I	0,41	0,06	3,00	1,82	-	4,20	0,53	0,54	7,73	508	0	0,26	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj II	0,70	0,04	2,45	2,73	-	3,70	1,22	1,00	7,84	575	0	0,43	C ₂ S ₁
Sulama I	0,70	0,03	2,00	3,44	-	4,29	0,81	1,02	7,87	607	0	0,42	C ₂ S ₁
Sulamalı	0,06	0,03	2,70	2,90	-	3,80	0,57	1,32	7,75	471	0	0,04	C ₂ S ₁

Çizelge 4.2. (devam)

Mayıs (2000) Ayı

Kanal No	Na ⁺ Meq/L	K ⁺ meq/L	Ca ⁺⁺ meq/L	Mg ⁺⁺ meq/L	CO ₃ ⁺⁺ meq/L	HCO ₃ ⁻ meq/L	Cl ⁻ meq/L	so ₄ ⁺⁺ meq/L	pH	EC µS/cm	RSC	SAR	SU SINIFI
Açık Drenaj I	0,58	0,03	1,89	3,65	-	4,70	0,72	0,69	7,12	550	0	0,35	C ₂ S ₁
Açık Drenaj II	0,75	0,04	1,76	3,00	-	4,63	0,43	0,49	7,36	565	0	0,49	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj I	0,24	0,02	1,55	4,15	-	4,59	0,81	0,56	7,65	580	0	0,14	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj II	0,60	0,04	1,18	5,63	-	5,20	1,33	0,95	7,47	620	0	0,32	C ₂ S ₁
Sulama I	0,56	0,02	1,06	1,51	-	2,03	0,52	0,60	6,90	345	0	0,49	C ₂ S ₁
Sulamalı	0,60	0,02	1,02	3,50	-	3,66	0,50	1,00	6,92	480	0	0,40	C ₂ S ₁

Haziran (2000) Ayı

Kanal No	Na ⁺ Meq/L	K ⁺ meq/L	Ca ⁺⁺ meq/L	Mg ⁺⁺ meq/L	CO ₃ ⁺⁺ meq/L	HCO ₃ ⁻ meq/L	Cl ⁻ meq/L	so ₄ ⁺⁺ meq/L	pH	EC µS/cm	RSC	SAR	SU SINIFI
Açık Drenaj I	0,62	0,03	2,31	3,63	-	4,74	0,68	1,09	7,71	561	0	0,36	C ₂ S ₁
Açık Drenaj II	0,63	0,03	1,83	3,15	-	3,66	0,70	1,25	7,60	515	0	0,40	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj I	0,25	0,04	1,59	4,23	-	4,59	1,02	0,50	7,60	557	0	0,15	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj II	1,85	0,05	1,20	6,36	-	5,82	1,99	1,65	6,82	899	0	0,95	C ₂ S ₁
Sulama I	0,79	0,04	1,44	1,83	-	2,38	0,52	1,20	7,41	381	0	0,62	C ₂ S ₁
Sulamalı	0,82	0,03	1,75	4,16	-	4,13	0,83	1,81	7,73	578	0	0,48	C ₂ S ₁

Çizelge 4.2. (devam)

Temmuz (2000) Ayı

Kanal No	Na ⁺ Meq/L	K ⁺ meq/L	Ca ⁺⁺ meq/L	Mg ⁺⁺ meq/L	CO ₃ ⁺⁺ meq/L	HCO ₃ ⁻ meq/L	Cl ⁻ meq/L	so ₄ ⁺⁺ meq/L	pH	EC µS/cm	RSC	SAR	SU SINIFI
Açık Drenaj I	0,65	0,04	1,92	3,31	-	1,53	2,12	2,33	7,85	544	0	0,40	C ₂ S ₁
Açık Drenaj II	0,65	0,04	1,53	3,52	-	1,42	2,13	2,21	7,53	534	0	0,41	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj I	0,75	0,04	1,34	3,81	-	1,93	2,24	1,77	7,37	599	0	0,47	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj II	0,73	0,04	1,73	4,21	-	1,93	2,40	2,44	7,74	612	0	0,42	C ₂ S ₁
Sulama I	0,59	0,03	1,62	3,03	-	1,64	1,43	2,10	7,01	450	0	0,39	C ₂ S ₁
Sulamall	0,63	0,03	1,53	2,85	-	1,62	1,42	2,06	6,90	485	0	0,43	C ₂ S ₁

Ağustos (2000) Ayı

Kanal No	Na ⁺ Meq/L	K ⁺ meq/L	Ca ⁺⁺ meq/L	Mg ⁺⁺ meq/L	CO ₃ ⁺⁺ meq/L	HCO ₃ ⁻ Meq/L	Cl ⁻ meq/L	so ₄ ⁺⁺ meq/L	pH	EC µS/cm	RSC	SAR	SU SINIFI
Açık Drenaj I	0,64	0,01	1,81	3,23	-	4,81	0,71	0,23	8,02	513	0	0,40	C ₂ S ₁
Açık Drenaj II	0,60	0,04	2,43	2,74	-	4,73	0,61	0,45	7,25	532	0	0,37	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj I	0,80	0,04	2,63	3,75	-	6,00	0,90	0,28	7,64	637	0	0,45	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj II	0,77	0,04	2,16	3,69	-	5,21	0,86	0,62	7,63	585	0	0,45	C ₂ S ₁
Sulama I	0,60	0,03	1,32	2,91	-	3,61	0,73	0,52	7,10	465	0	0,41	C ₂ S ₁
Sulamall	0,56	0,04	1,63	3,02	-	3,71	0,61	0,93	7,20	450	0	0,37	C ₂ S ₁

Çizelge 4.2. (devam)

Eylül (2000) Ayı

Kanal No	Na ⁺ Meq/L	K ⁺ meq/L	Ca ⁺⁺ meq/L	Mg ⁺⁺ meq/L	CO ₃ ⁺⁺ meq/L	HCO ₃ ⁻ meq/L	Cl ⁻ meq/L	so ₄ ⁺⁺ meq/L	pH	EC µS/cm	RSC	SAR	SU SINIFI
Açık Drenaj I	5,25	0,04	0,90	6,11	2,04	6,72	0,81	2,73	7,72	1088	1,75	2,80	C ₃ S ₁
Açık Drenaj II	0,70	0,04	2,02	3,27	-	4,50	0,65	0,85	8,23	518	0	0,43	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj I	0,81	0,05	2,53	3,75	-	5,72	0,74	0,71	7,01	623	0	0,46	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj II	0,86	0,05	2,09	3,81	-	5,19	0,82	0,82	6,74	590	0	0,50	C ₂ S ₁
Sulama I	0,69	0,05	1,25	3,14	-	4,11	0,59	0,46	7,02	517	0	0,47	C ₂ S ₁
Sulamalı	0,70	0,05	1,34	3,02	-	4,25	0,53	0,35	6,83	503	0	0,47	C ₂ S ₁

Ekim (2000) Ayı

Kanal No	Na ⁺ Meq/L	K ⁺ meq/L	Ca ⁺⁺ meq/L	Mg ⁺⁺ meq/L	CO ₃ ⁺⁺ meq/L	HCO ₃ ⁻ meq/L	Cl ⁻ meq/L	so ₄ ⁺⁺ meq/L	pH	EC µS/cm	RSC	SAR	SU SINIFI
Açık Drenaj I	3,62	0,06	0,92	4,20	-	4,65	1,65	2,50	7,42	792	0	2,26	C ₃ S ₁
Açık Drenaj II	1,68	0,04	2,03	3,65	-	5,34	0,53	1,53	7,43	598	0	1,00	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj I	1,63	0,05	2,02	2,62	-	4,63	0,65	1,04	7,36	589	0	1,07	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj II	1,65	0,03	2,06	3,00	-	5,11	0,70	0,93	7,49	610	0,05	1,04	C ₂ S ₁
Sulama I	1,56	0,02	1,06	2,56	-	3,93	0,96	0,31	7,20	525	0,31	1,16	C ₂ S ₁
Sulamalı	1,59	0,02	1,60	2,03	-	3,53	1,06	0,65	6,97	545	0	1,18	C ₂ S ₁

Çizelge 4.2. (devam)

Mayıs (2001) Ayı

Kanal No	Na ⁺ meq/L	K ⁺ meq/L	Ca ⁺⁺ Meq/L	Mg ⁺⁺ meq/L	CO ₃ ⁺⁺ meq/L	HCO ₃ ⁻ meq/L	Cl ⁻ meq/L	SO ₄ ⁺⁺ meq/L	pH	EC µS/cm	RSC	SAR	SU SINIFI
Açık Drenaj I	0,54	0,05	2,05	3,13	-	3,85	0,88	0,95	7,95	480	0	0,33	C ₂ S ₁
Açık Drenaj II	0,66	0,05	2,64	2,85	-	3,94	1,63	0,63	7,80	550	0	0,40	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj I	0,45	0,04	1,98	3,42	-	3,93	1,25	0,71	7,93	550	0	0,27	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj II	0,52	0,05	1,99	3,09	-	3,75	1,45	0,43	7,04	540	0	0,33	C ₂ S ₁
Sulama I	0,61	0,05	1,85	1,54	-	2,00	1,80	0,22	7,02	380	0	0,47	C ₂ S ₁
Sulamalı	0,81	0,04	1,82	1,65	-	2,77	1,30	0,25	6,94	410	0	0,61	C ₂ S ₁

Haziran (2001) Ayı

Kanal No	Na ⁺ meq/L	K ⁺ meq/L	Ca ⁺⁺ meq/L	Mg ⁺⁺ meq/L	CO ₃ ⁺⁺ meq/L	HCO ₃ ⁻ meq/L	Cl ⁻ meq/L	SO ₄ ⁺⁺ meq/L	pH	EC µS/cm	RSC	SAR	SU SINIFI
Açık Drenaj I	1,49	0,04	2,16	4,40	-	4,54	1,73	1,82	7,83	755	0	0,82	C ₂ S ₁
Açık Drenaj II	1,50	0,05	2,10	3,90	-	4,42	1,68	1,43	7,85	650	0	0,87	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj I	0,52	0,04	2,12	3,38	-	4,06	1,19	0,82	7,95	600	0	0,31	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj II	0,55	0,04	2,40	3,90	-	4,54	1,88	0,49	7,08	700	0	0,31	C ₂ S ₁
Sulama I	0,31	0,03	1,93	2,74	-	3,33	1,25	0,42	7,04	495	0	0,20	C ₂ S ₁
Sulamalı	0,28	0,04	1,97	2,93	-	2,98	1,79	0,45	7,03	500	0	0,18	C ₂ S ₁

Çizelge 4.2. (devam)

Temmuz (2001) Ayı

Kanal No	Na ⁺ meq/L	K ⁺ meq/L	Ca ⁺⁺ meq/L	Mg ⁺⁺ meq/L	CO ₃ ⁺⁺ meq/L	HCO ₃ ⁻ meq/L	Cl ⁻ meq/L	so ₄ ⁺⁺ meq/L	pH	EC µS/cm	RSC	SAR	SU SINIFI
Açık Drenaj I	0,53	0,06	2,18	3,25	-	3,02	2,05	0,95	7,94	575	0	0,32	C ₂ S ₁
Açık Drenaj II	1,51	0,05	2,23	2,90	-	3,75	1,96	0,98	7,84	650	0	0,94	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj I	1,50	0,05	2,10	2,95	-	3,53	2,22	0,85	7,82	650	0	0,94	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj II	1,70	0,05	2,45	3,12	-	4,82	1,97	0,53	7,23	700	0	1,02	C ₂ S ₁
Sulama I	0,41	0,04	2,03	2,83	-	3,42	1,35	0,54	7,14	500	0	0,26	C ₂ S ₁
Sulamall	0,45	0,04	2,05	2,90	-	3,47	1,46	0,51	7,15	526	0	0,29	C ₂ S ₁

Ağustos (2001) Ayı

Kanal No	Na ⁺ meq/L	K ⁺ meq/L	Ca ⁺⁺ meq/L	Mg ⁺⁺ meq/L	CO ₃ ⁺⁺ meq/L	HCO ₃ ⁻ meq/L	Cl ⁻ meq/L	so ₄ ⁺⁺ meq/L	pH	EC dS/m	RSC	SAR	SU SINIFI
Açık Drenaj I	0,53	0,06	2,20	3,50	-	4,23	1,00	1,06	7,90	585	0	0,31	C ₂ S ₁
Açık Drenaj II	0,51	0,05	2,33	3,65	-	3,21	1,95	1,38	7,90	690	0	0,29	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj I	1,50	0,05	2,22	3,40	-	3,94	1,25	1,98	7,85	684	0	0,89	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj II	1,70	0,05	2,54	3,95	-	3,75	1,95	2,54	7,44	785	0	0,94	C ₂ S ₁
Sulama I	0,41	0,04	2,83	2,85	-	3,40	1,05	1,65	7,20	500	0	0,24	C ₂ S ₁
Sulamall	0,45	0,04	2,02	2,85	-	2,83	1,45	1,08	7,18	540	0	0,29	C ₂ S ₁

Çizelge 4.2. (devam)

Eylül (2001) Ayı

Kanal No	Na ⁺ meq/L	K ⁺ meq/L	Ca ⁺⁺ meq/L	Mg ⁺⁺ meq/L	CO ₃ ²⁻ meq/L	HCO ₃ ⁻ meq/L	Cl ⁻ meq/L	so ₄ ²⁻ meq/L	pH	EC µS/cm	RSC	SAR	SU SINIFI
Açık Drenaj I	1,50	0,07	3,95	4,89	-	5,83	1,94	2,64	7,94	905	0	0,71	C ₃ S ₁
Açık Drenaj II	1,48	0,07	2,43	3,60	-	3,96	1,90	1,72	7,92	690	0	0,85	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj I	1,60	0,06	2,34	3,98	-	4,25	1,05	2,68	7,83	680	0	0,90	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj II	0,65	0,06	2,60	4,03	-	3,62	1,95	1,77	7,45	700	0	0,36	C ₂ S ₁
Sulama I	0,48	0,04	2,87	2,92	-	3,50	0,89	1,90	7,25	510	0	0,28	C ₂ S ₁
Sulamalı	0,39	0,04	2,26	2,81	-	3,15	0,90	1,43	7,20	510	0	0,24	C ₂ S ₁

Ekim (2001) Ayı

Kanal No	Na ⁺ meq/L	K ⁺ meq/L	Ca ⁺⁺ meq/L	Mg ⁺⁺ meq/L	CO ₃ ²⁻ meq/L	HCO ₃ ⁻ meq/L	Cl ⁻ meq/L	so ₄ ²⁻ meq/L	pH	EC µS/cm	RSC	SAR	SU SINIFI
Açık Drenaj I	0,51	0,05	2,25	3,03	-	3,88	1,76	0,20	7,65	507	0	0,31	C ₂ S ₁
Açık Drenaj II	0,46	0,05	2,44	2,96	-	3,85	1,13	0,93	7,75	505	0	0,28	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj I	0,55	0,05	2,38	2,83	-	3,20	1,62	0,99	7,85	500	0	0,34	C ₂ S ₁
Kapalı drenaj II	0,54	0,04	2,54	2,85	0,45	4,80	0,50	0,22	7,85	480	0	0,33	C ₂ S ₁
Sulama I	0,32	0,02	2,80	2,03	-	2,62	1,05	1,52	7,05	450	0	0,21	C ₂ S ₁
Sulamalı	0,25	0,03	1,94	1,68	-	1,50	0,64	1,74	7,10	394	0	0,19	C ₂ S ₁

Araştırma alanındaki sulama kanalları, açık drenaj kanalları ve kapalı drenlerden alınan su örnekleri Çizelge 4.2.'de görüldüğü gibi çoğunlukla orta tuzlu C_2S_1 sınıfına girmektedir. Ancak 1999 yılında açık drenaj kanallarından alınan su örneklerinden biri, kapalı drenlerden alınan su örneklerinden üçü; 2000 yılında açık drenaj kanallarından alınan su örneklerinden ikisi, kapalı drenlerden alınan su örneklerinden biri ve 2001 yılında açık drenaj kanallarından alınan su örneklerinden ikisi, kapalı drenlerden alınan su örneklerinden biri yüksek tuzlu C_3S_1 sınıfında belirlenmiştir. Açık drenaj kanalları ile kapalı drenlerden alınan su örnekleri arasında yüksek tuzlu C_3S_1 sınıfında sular bulunmasına karşın, sulama kanallarından alınan su örneklerinde C_3S_1 sınıfında suya rastlanmamıştır. Sulama kanallarından alınan su örnekleri orta tuzlu C_2S_1 sınıfındadır.

Elektriksel iletkenlik değerleri $250-750 \mu S/cm$, SAR değerleri 0-10 arasında olan C_2S_1 sınıfı sular geçirgenliği iyi topraklarda tuza çok duyarlı bitkiler dışında güvenle kullanılabilir. Tuza duyarlı bitkilerin sulanmasında tuz kontrolü yapılması uygundur (Kanber vd 1992, Anonymous 1993). Gemalmaz (1993)'ın sınıflandırmasına göre; araştırma alanında yetiştirilen tarla bitkileri içerisinde arpa ve şekerpancarı tuzluluğa dayanıklı, buğday orta derecede dayanıklı, fasulye ise çok duyarlıdır. Sebzelerden domates tuza dayanım yönünden ilk sıralarda yer alırken soğan en duyarlı olanıdır. Araştırma alanında yetiştirilen meyvelerden elma ve kayısı tuza dayanım duyarlılığı yönünden son sıralarda yer almaktadır.

Elektriksel iletkenlik değerleri $750-2250 \mu S/cm$, SAR değerleri 0-10 arasında olan C_3S_1 sınıfındaki sular yüksek tuzlu sular olup Anonymous (1993)'a göre drenajı zayıf topraklarda kullanılmamalıdır. Bu sularla sulama yapılırken uygun bir drenajla bile tuzluluk kontrolü gerekli olup tuza iyi dayanıklı bitkiler seçilmelidir. Tuzların yıkanması için ek yıkama suyuna gereksinim vardır.

C_2S_1 ve C_3S_1 sınıfındaki suların toprakta zararlı miktarda sodyum birikimi olasılığı çok azdır. Çekirdekli meyve ağaçları gibi sodyuma duyarlı bitkilerin sulanmasında özen gösterilmelidir (Anonymous 1993).

Sulama sularında CO_3 iyonlarının yüksek konsantrasyonda olması sodyum zararını artırmaktadır. Toprak çözeltilisi daha konsantre duruma geldikçe Ca ve Mg iyonları, CO_3 iyonu şeklinde çökelir ve böylece Na iyonu oransal olarak fazlalaşır (Erözel 1986). Ayyıldız (1990)'da bildirildiğine göre, ABD Tuzluluk Laboratuvarınca yapılan değerlendirmede RSC değeri 1,25 meq/L'den az olan sular sulama amacıyla kullanımda güvenli, 1,25-2,50 meq/L olanlar kontrollü kullanılabilir, 2,50 meq/L'den fazla olanlar ise uygun değildir. Sulama ve açık drenaj kanalları ile kapalı drenlerden alınan su örneklerinin çoğunda negatif olarak saptanan RSC değeri, 2000 yılı Eylül ayında Açık Drenaj I'den alınan su örneğinde 1,75 olarak hesaplanmıştır.

Akarsuların pek çoğunda toksik miktarda B iyonu bulunmaz. Kanber vd (1992) ve Anonymous (1993)'a göre yüzeyaltı sularında ve fay hatları yakınında yer alan kuyular ve pınar sularında daha fazla B iyonuna rastlanmaktadır. Hoffman *et al.* (1983)'in bildirdiğine göre sularda 0,75 ppm'den az B iyonunun bulunması sulama yönünden zararlı etkilere neden olmamaktadır. Yüzey suları ise çok az toksik olacak düzeyde B iyonu içerirler. Sulama sularında bulunan yüksek B iyonu konsantrasyonları bitkilerde çok belirgin semptomlar oluşturur. Bitkiler tarafından sulama suyu ile birlikte absorbe edilen B iyonu yaprakta kalarak yaprak uçları ile kenarlarında birikir. Bitki yapraklarında çok belirgin bir kahverengileşme ve kurumalara yol açar (Ayyıldız 1990). Çiftçilerle yapılan görüşmelerde araştırma alanında yetiştirilen bitkilerde toksik düzeyde B iyonu absorpsiyonundan kaynaklanan belirtilere araştırma süresince rastlanmadığı anlaşılmıştır. Araştırmanın yürütüldüğü üç yıl boyuca yapılan arazi gözlemlerinde aynı sonuca ulaşılmıştır. Ayrıca araştırma alanına hizmet veren Devlet Su İşleri ve Köy Hizmetleri Genel Müdürlüklerinin bölgeye ilişkin etüd ve planlama raporlarında araştırma alanında toprak ve sularında B iyonu sorunu bulunmadığı belirtilmektedir (Anonymous 1984, Ardahanlıoğlu 1994). Anonymous (1995)'a göre araştırma alanında bulunan sulama ve drenaj kanalları ile kapalı dren sularında da B iyonu bakımından sorun bulunmamaktadır. 2002 yılında Fırat nehrinin araştırma alanına giriş ve çıkış noktalarında alınan iki su örneğinde de yapılan B iyonu analizlerinde tehlikeli boyutlarda B iyonu görülmemiştir.

James (1988)'e göre sulama sularında 4 meq/L'den az olan Cl iyonu toksik etki yapmamakta, 4-10 meq/L arasında olması toksik etki ortaya çıkarmakta ve 10 meq/L'den fazlası ise sorunun şiddeti artırmaktadır. Buna göre araştırma alanından alınan su örneklerinde Cl iyonu yönünden bir sorun bulunmamaktadır (çizelge 4.2.).

Sulama sularında SO_4 iyonu toprak içinde tuzluluğu artırıcı etkisi ile zararlı olmaktadır. Scofield sınıflandırma sistemine göre, 12 meq/L ve daha fazla miktarlarda SO_4 iyonu içeren sular sulamada kontrollü kullanılmalıdır (Kanber vd 1992). Çizelge 4.2.'de görüleceği gibi araştırma alanındaki su örnekleri içerisinde, 12 meq/L ve daha fazla boyutlarda SO_4 iyonu içeriğine rastlanmamıştır.

Ca, Mg ve K iyonları bitki gelişmesi için temel elementlerdir. Ca iyonunun sulama sularında olması, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkiler. Toprağı kolay işlenebilir, gevrek duruma getirir. Toprağa kalsiyum gibi etki eden magnezyum özellikle yeşil bitkilerin klorofillerinin önemli bir parçasını oluşturur. Doğal sularda ve toprak suyundaki miktarı nadiren birkaç ppm düzeyini geçen potasyumun toprakta tepkimesi sodyumda olduğu gibidir. Ancak öyle zararlı etkisi yoktur. Potasyum bitki büyümesi için temel sayılan elementlerden birisidir. Toprakta 3,6-9,5 meq/L arasında K bulunması durumunda, K iyonu toprak için yeterli olarak değerlendirilmektedir (Anonymous 1991).

Adj.SAR, Adj. R_{Na} , PT, GG, LSI değerleri ve Fransız sertlik dereceleri de hesaplanarak çizelge 4.3.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2 ve çizelge 4.3.'ün incelenmesinden anlaşılabacağı gibi sulama sularının sodyum zararının saptanmasında kullanılan ve üç ayrı yöntemle hesaplanan SAR, Adj.SAR ve Adj. R_{Na} birbirlerinden farklı çıkmıştır. Ancak her üç yöntemle elde edilen sodyum adsorbsiyon oranı değerleri düşük çıkmıştır.

Çizelge 4.3. Sulama ve açık drenaj kanalları ile kapalı drenlerden alınan su örneklerinin Adj.SAR, Adj.R_{Na}, PT, GG, LSI ve FS değerleri

Mayıs (1999) Ayı

Kanal No	Adj.SAR	Adj.R _{Na}	PT	GG	LSI	FS
Açık drenaj I	0,99	0,51	0,72	0,53	0,93	23,00
Açık drenaj II	0,59	0,26	0,82	0,41	0,81	33,00
Kapalı drenaj I	0,64	0,31	0,72	0,45	0,38	27,00
Kapalı drenaj II	0,66	0,32	0,73	0,45	0,41	28,40
Sulama I	0,15	0,08	0,41	0,53	0,33	15,50
SulamalıI	0,20	0,12	0,74	0,47	-0,35	17,50

Haziran (1999) Ayı

Kanal No	Adj.SAR	Adj.R _{Na}	PT	GG	LSI	FS
Açık drenaj I	1,06	0,54	0,78	0,54	0,92	22,70
Açık drenaj II	0,53	0,24	0,95	0,40	0,86	31,90
Kapalı drenaj I	0,67	0,32	0,78	0,45	0,39	27,35
Kapalı drenaj II	2,23	1,18	1,03	0,59	0,31	23,70
Sulama I	0,33	0,18	0,46	0,54	0,35	16,90
SulamalıI	0,36	0,20	0,53	0,51	0,14	19,00

Temmuz (1999) Ayı

Kanal No	Adj.SAR	Adj.R _{Na}	PT	GG	LSI	FS
Açık drenaj I	1,55	0,78	0,88	0,56	1,13	23,25
Açık drenaj II	1,14	0,51	0,95	0,43	1,01	34,05
Kapalı drenaj I	1,14	0,55	1,03	0,46	0,55	30,35
Kapalı drenaj II	0,88	0,42	0,82	0,47	0,47	27,50
Sulama I	0,49	0,25	0,86	0,47	-0,08	22,25
SulamalıI	0,47	0,24	0,91	0,46	0,21	23,00

Çizelge 4.3. (devam)

Ağustos (1999) Ayı

Kanal No	Adj.SAR	Adj.R _{Na}	PT	GG	LSI	FS
Açık drenaj I	1,55	0,84	2,27	0,47	0,81	21,50
Açık drenaj II	3,00	1,07	2,95	0,38	0,90	63,50
Kapalı drenaj I	1,97	0,81	4,77	0,31	0,10	56,65
Kapalı drenaj II	1,88	0,78	2,64	0,38	1,48	44,00
Sulama I	1,45	0,68	1,45	0,47	1,17	29,00
Sulamall	1,41	0,66	1,41	0,46	0,37	30,50

Eylül(1999) Ayı

Kanal No	Adj.SAR	Adj.R _{Na}	PT	GG	LSI	FS
Açık drenaj I	1,23	0,59	1,40	0,45	0,78	28,05
Açık drenaj II	2,26	1,09	2,24	0,49	0,47	30,45
Kapalı drenaj I	2,78	1,40	4,05	0,42	0,17	41,15
Kapalı drenaj II	2,36	1,21	2,12	0,55	-0,20	24,30
Sulama I	1,09	0,51	2,84	0,34	-0,20	31,35
Sulamall	1,12	0,55	1,82	0,45	-0,12	27,35

Ekim (1999) Ayı

Kanal No	Adj.SAR	Adj.R _{Na}	PT	GG	LSI	FS
Açık drenaj I	1,13	0,54	1,46	0,44	1,13	27,75
Açık drenaj II	0,12	0,05	1,11	0,25	0,73	29,00
Kapalı drenaj I	0,57	0,31	0,80	0,46	0,52	24,10
Kapalı drenaj II	0,93	0,48	1,72	0,44	0,60	25,90
Sulama I	0,94	0,46	1,32	0,45	0,71	27,20
Sulamall	0,09	0,04	1,23	0,35	0,55	28,00

Çizelge 4.3. (devam)

Mayıs (2000) Ayı

Kanal No	Adj.SAR	Adj.R _{NaA}	PT	GG	LSI	FS
Açık Drenaj I	0,80	0,38	1,07	0,45	0,00	27,70
Açık Drenaj II	1,08	0,53	0,68	0,52	0,17	23,80
Kapalı drenaj I	0,32	0,15	1,09	0,40	0,54	28,50
Kapalı drenaj II	0,77	0,34	1,81	0,39	0,47	34,05
Sulama I	0,80	0,48	0,82	0,63	-0,87	12,85
Sulamalı	0,84	0,41	1,00	0,49	-0,38	22,60

Haziran (2000) Ayı

Kanal No	Adj.SAR	Adj.R _{Na}	PT	GG	LSI	FS
Açık Drenaj I	0,83	0,40	1,23	0,42	0,61	29,70
Açık Drenaj II	0,85	0,43	1,33	0,45	0,33	24,90
Kapalı drenaj I	0,34	0,15	1,27	0,39	0,49	29,10
Kapalı drenaj II	2,35	0,98	2,82	0,45	-0,11	37,80
Sulama I	1,12	0,62	1,12	0,57	-0,19	16,35
Sulamalı	1,08	0,51	1,74	0,42	0,57	29,55

Temmuz (2000) Ayı

Kanal No	Adj.SAR	Adj.R _{Na}	PT	GG	LSI	FS
Açık Drenaj I	0,71	0,39	3,29	0,32	0,23	26,15
Açık Drenaj II	0,71	0,39	3,24	0,32	-0,14	25,25
Kapalı drenaj I	0,88	0,46	3,13	0,36	-0,16	25,75
Kapalı drenaj II	0,81	0,42	3,62	0,32	0,26	29,70
Sulama I	0,69	0,37	2,48	0,35	-0,62	23,25
Sulamalı	0,74	0,41	2,45	0,38	-0,77	21,90

Çizelge 4.3. (devam)

Ağustos (2000) Ayı

Kanal No	Adj.SAR	Adj.R _{Na}	PT	GG	LSI	FS
Açık Drenaj I	0,90	0,44	0,83	0,50	0,88	25,20
Açık Drenaj II	0,84	0,42	0,84	0,48	0,11	25,85
Kapalı drenaj I	1,09	0,51	1,04	0,45	0,67	31,90
Kapalı drenaj II	1,06	0,50	1,17	0,46	0,58	29,25
Sulama I	0,85	0,43	0,99	0,51	-0,23	21,15
SulamalıI	0,78	0,39	1,08	0,47	-0,08	23,25

Eylül (2000) Ayı

Kanal No	Adj.SAR	Adj.R _{Na}	PT	GG	LSI	FS
Açık Drenaj I	7,25	2,88	2,18	0,64	0,90	35,05
Açık Drenaj II	0,96	0,47	1,08	0,47	1,07	26,45
Kapalı drenaj I	1,11	0,52	1,10	0,45	0,02	31,40
Kapalı drenaj II	1,18	0,55	1,23	0,46	-0,31	29,50
Sulama I	1,00	0,49	0,82	0,53	-0,25	21,95
SulamalıI	1,01	0,50	0,71	0,54	-0,43	21,80

Ekim (2000) Ayı

Kanal No	Adj.SAR	Adj.R _{Na}	PT	GG	LSI	FS
Açık Drenaj I	4,99	2,32	2,90	0,66	0,23	25,60
Açık Drenaj II	2,33	1,10	1,30	0,54	0,36	28,40
Kapalı drenaj I	2,34	1,19	1,17	0,60	0,15	23,20
Kapalı drenaj II	2,37	1,16	1,17	0,58	0,37	25,30
Sulama I	2,35	1,20	1,12	0,68	-0,17	18,10
SulamalıI	2,35	1,26	1,39	0,66	-0,44	18,15

Çizelge 4.3. (devam)

Mayıs (2001) Ayı

Kanal No	Adj.SAR	Adj.R _{Na}	PT	GG	LSI	FS
Açık Drenaj I	0,72	0,36	1,36	0,43	0,72	25,90
Açık Drenaj II	0,88	0,45	1,95	0,43	0,60	27,45
Kapalı drenaj I	0,59	0,29	1,61	0,41	0,72	27,00
Kapalı drenaj II	0,71	0,35	1,67	0,43	-0,21	25,40
Sulama I	0,81	0,46	1,91	0,50	-0,65	16,95
SulamalıI	1,15	0,65	1,43	0,57	-0,58	17,35

Haziran (2001) Ayı

Kanal No	Adj.SAR	Adj.R _{Na}	PT	GG	LSI	FS
Açık Drenaj I	1,89	0,89	2,64	0,45	0,74	32,80
Açık Drenaj II	1,97	0,94	2,40	0,48	0,72	30,00
Kapalı drenaj I	0,69	0,34	1,60	0,42	0,77	27,50
Kapalı drenaj II	0,72	0,34	2,13	0,39	-0,01	31,50
Sulama I	0,41	0,22	1,46	0,43	-0,29	23,35
SulamalıI	0,37	0,19	2,02	0,38	-0,32	24,50

Temmuz (2001) Ayı

Kanal No	Adj.SAR	Adj.R _{Na}	PT	GG	LSI	FS
Açık Drenaj I	0,67	0,34	2,53	0,38	0,63	27,15
Açık Drenaj II	2,01	1,03	2,45	0,52	0,58	25,65
Kapalı drenaj I	1,99	1,02	2,65	0,51	0,54	25,25
Kapalı drenaj II	2,33	1,15	2,24	0,53	0,11	27,85
Sulama I	0,55	0,28	1,62	0,43	-0,16	24,30
SulamalıI	0,61	0,31	1,72	0,43	-0,13	24,75

Çizelge 4.3. (devam)

Ağustos (2001) Ayı

Kanal No	Adj.SAR	Adj.R _{Na}	PT	GG	LSI	FS
Açık Drenaj I	0,69	0,34	1,53	0,41	0,74	28,50
Açık Drenaj II	0,93	0,31	2,64	0,35	1,72	29,90
Kapalı drenaj I	1,95	0,97	2,24	0,49	0,64	28,10
Kapalı drenaj II	2,09	1,03	3,22	0,44	0,26	32,45
Sulama I	0,52	0,28	1,88	0,37	-0,05	28,40
Sulamalı	0,59	0,30	1,99	0,40	-0,20	24,35

Eylül (2001) Ayı

Kanal No	Adj.SAR	Adj.R _{Na}	PT	GG	LSI	FS
Açık Drenaj I	1,80	0,83	3,26	0,38	1,07	44,20
Açık Drenaj II	1,90	0,93	2,76	0,46	0,75	30,15
Kapalı drenaj I	2,03	0,98	2,39	0,46	0,69	31,60
Kapalı drenaj II	0,80	0,39	2,84	0,35	0,28	33,15
Sulama I	0,60	0,32	1,84	0,37	0,01	28,95
Sulamalı	0,50	0,26	1,62	0,39	-0,11	25,35

Ekim (2001) Ayı

Kanal No	Adj.SAR	Adj.R _{Na}	PT	GG	LSI	FS
Açık Drenaj I	0,68	0,34	1,86	0,42	0,43	26,40
Açık Drenaj II	0,61	0,31	1,60	0,41	0,53	27,00
Kapalı drenaj I	0,71	0,37	2,12	0,40	0,55	26,05
Kapalı drenaj II	0,77	0,38	0,61	0,46	0,77	26,95
Sulama I	0,42	0,22	1,81	0,37	-0,35	24,15
Sulamalı	0,31	0,18	1,51	0,38	-0,66	18,10

Çizelge 4.3.'e göre PT değerleri genel olarak 3'den düşük olup, 1999 yılı ağustos ve eylül aylarında kapalı drenaj kanallarından alınan birer örnekte, 2000 yılı temmuz ayında açık drenaj kanallarından ve kapalı drenlerden alınan 4 örnekte, 2001 yılı ağustos ayında kapalı drenlerden alınan bir örnekte ve 2001 yılı eylül ayında açık drenaj kanallarından alınan bir örnekte 3-5 arasında saptanmıştır. Kanber vd (1992)'de verilen, Doneen (1966) tarafından geliştirilmiş potansiyel tuzluluğa göre sulama sularının sınıflandırılması çizelgesinde, killi topraklar için PT değeri 3'den düşük sular 1. sınıf, 3-5 arasında olan sular 2. sınıf sular; tınlı topraklar için PT değeri 5'den düşük olan sular 1. sınıf sular; kumlu topraklar için ise PT değeri 7'den düşük olan sular 1. sınıf olarak belirlenmiştir. Araştırma alanında drenaj kanallarından alınan 7 örnek killi topraklar için 2. sınıf su olarak saptanmıştır. Kanber vd (1992)'ye göre 1. sınıf sular özel işlem gerektirmeden sulamada kullanılmakta, 2. sınıf suların kullanılması ise yıkama, iyileştirici kullanma ve belirli bitkilerin yetiştirilmesi gibi önlemlerin alınmasını zorunlu duruma getirmektedir.

Sulama suyunun uzun süre kullanılmasıyla toprak geçirgenliğinde ortaya çıkabilecek değişmeyi belirleyen geçirgenlik göstergesi değerleri; Kanber vd (1992)'de verilen Doneen ve Wenderson (1960) tarafından geliştirilmiş sınıflandırmaya göre, düşük geçirgenlikli topraklar için çoğunlukla 2. sınıf, orta ve yüksek geçirgenlikli topraklar için se çoğunlukla 1. sınıftır. Düşük geçirgenlikli topraklarda 2. sınıf suların uzun süre sulamada kullanılması ile %35'lik bir geçirgenlik azalması oluşabilmekte, orta ve düşük geçirgenlikli topraklarda 1. sınıf suların kullanılması ile toprak geçirgenliğinde bir değişiklik oluşmamaktadır (Kanber vd 1992).

Çizelge 4.3.'de görülebileceği gibi, çözünmüş halde kirecin çökelip çökmemeye durumunu belirlemeye yarayan LSI değerleri, araştırma alanındaki sulama ve drenaj kanallarından alınan su örneklerinin çoğunda pozitif çıkmıştır. LSI değeri pozitif ise suyun kireci çökelteceğini, negatif ise kireci çözük olarak koruyacağını göstermektedir (Kanber vd 1992).

Ülkemizde yaygın olarak kullanılan Fransız sertlik derecesine göre, araştırma alanındaki sulama ve drenaj kanallarından alınan su örnekleri çizelge 4.3.'de görüleceği gibi çoğunlukla orta sertlik sınıfındadır. Sertlik yönünden bu suların sulamada kullanılmasının bir sakıncası bulunmamaktadır.

4. 3. Tabansuyu Düzey Ölçümlerinin ve Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Araştırma alanındaki 59 adet tabansuyu gözlem kuyusunda 1999, 2000 ve 2001 yıllarında yapılan tabansuyu düzey ölçümlerine ilişkin sonuçlar çizelge 4.4.'de verilmiştir. Araştırma alanının en yüksek ve en düşük tabansuyu düzey haritaları, 1999, 2000 ve 2001 yılları için çizilmiştir.

Tabansuyu gözlem kuyuları tarla ayırım seddeleri üzerinde, yola çok yakın ve yüksek yerlerde olmamalıdır. Tabansuyu gözlem kuyularının drenaj ve sulama kanallarından etkilenmemesi için, kanallardan en az 150-200 m uzakta açılması gerekir (Anonymous 1993). Araştırma alanında drenaj şebekesi kurulduktan sonra ortaya çıkan gereksinimler üzerine sonradan açılan yüzeysel drenaj kanalları bazı tabansuyu gözlem kuyularının çok yakınından geçmektedir. Örneğin 29 ve 30 nolu tabansuyu gözlem kuyuları yakınından geçen yüzeysel drenaj kanalının, bu kuyularda zaman zaman tabansuyu düzeyinin çok yükselmesine yol açtığı belirlenmiştir.

Ayrıca tabansuyu gözlem kuyuları yakınında açılan artezyen kuyuları da tabansuyu düzeylerinde zaman zaman beklenmeyen dalgalanmalara yol açmaktadır. 10 nolu tabansuyu gözlem kuyusunda, tabansuyu düzeylerinin diğer kuyulara oranla yüksek çıkmasına, bu kuyu yakınında bulunan artezyen kuyusundan oluşan sızmaların neden olduğu gözlenmiştir.

Kuru dere olarak adlandırılan, yaz aylarında suyu olmayan ancak bahar aylarında karların erimesi ile oluşan suları, Fırat nehrine ileten derelerin yakınında bulunan tabansuyu gözlem kuyularında da bahar aylarında, yılın diğer aylarına oranla daha yüksek su düzeyleri saptanmıştır.

Çizelge 4.4. Tabansuyu düzey ölçümleri (cm, toprak yüzeyinden)

Kuyu No	Aylar (1999-2000)											
	May.	Haz.	Tem.	Ağu.	Eyl.	Eki.	Kas.	Ara.	Oca.	Şub.	Mar.	Nis.
1	37	39	150	150	150	175	180	180	170	160	100	150
2	200	190	200	200	186	190	195	250	250	250	230	230
3	162	104	96	120	83	155	160	190	180	180	124	159
4	104	86	69	78	54	170	87	116	106	113	83	110
5	90	146	162	150	141	123	110	118	140	83	87	101
6	68	134	148	142	134	109	54	150	120	110	45	84
7	80	76	86	139	126	107	115	120	103	90	70	98
8	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	200	200
9	37	41	73	50	60	53	38	47	52	60	47	78
10	51	56	48	65	41	50	45	52	65	67	58	70
11	94	101	120	127	100	110	105	150	150	99	94	119
12	120	104	105	120	70	100	123	139	133	152	128	164
13	184	164	162	154	151	168	170	181	180	186	143	161
14	79	48	67	86	62	60	46	48	54	63	58	78
15	200	76	53	95	96	150	217	250	200	200	69	180
16	142	38	51	186	83	176	168	161	138	147	46	80
17	185	91	107	120	144	180	180	180	180	160	150	97
18	78	132	141	151	147	140	120	73	67	70	63	85
19	71	83	90	110	100	105	122	130	120	95	69	90
20	60	47	53	63	60	118	100	120	94	95	45	60
21	200	150	161	170	110	121	127	175	172	165	82	180
22	100	93	103	115	136	140	152	235	154	160	86	79
23	69	86	50	86	62	46	49	45	56	54	43	58
24	56	88	100	84	71	49	46	43	52	60	46	66
25	134	147	154	113	146	148	164	206	171	173	118	164
26	169	153	206	254	160	182	217	221	200	216	169	172
27	140	152	200	200	200	200	200	200	200	200	154	161
28	56	89	113	87	90	118	120	133	120	125	106	104
29	37	30	47	50	56	21	26	32	50	40	40	33
30	43	36	70	76	83	37	40	46	83	65	63	71

Çizelge 4.4. (devam)

31	145	140	190	195	200	180	191	218	200	200	140	145
32	127	162	175	175	138	170	142	154	170	170	128	178
33	134	133	160	146	163	140	149	138	145	140	137	124
34	135	130	170	175	180	146	151	150	200	178	136	146
35	167	151	180	183	186	150	153	138	170	175	181	150
36	200	157	190	190	190	250	250	250	200	200	250	250
37	93	86	160	150	114	113	118	180	170	162	108	97
38	160	139	178	155	123	120	139	143	138	135	85	134
39	123	130	170	170	138	133	134	135	180	180	123	125
40	134	129	117	121	90	141	145	180	85	180	178	180
41	125	121	112	118	100	125	130	138	141	131	109	104
42	40	48	59	67	72	100	80	90	110	106	74	80
43	109	116	113	138	144	110	113	96	120	120	60	92
44	200	162	190	197	130	139	171	188	195	180	93	57
45	173	169	190	195	135	140	175	200	196	198	200	180
46	200	134	180	180	180	180	180	180	176	182	175	180
47	243	65	207	137	145	151	140	128	130	120	205	128
48	78	200	126	99	67	73	116	127	150	146	46	58
49	176	133	175	180	180	180	180	180	171	130	150	150
50	130	120	130	132	139	142	172	128	138	150	131	169
51	161	117	105	94	121	130	151	179	130	156	143	134
52	132	100	120	117	126	132	137	140	143	164	125	132
53	125	137	140	131	142	146	140	142	160	200	138	44
54	143	134	132	130	146	149	156	158	190	200	162	57
55	170	115	124	112	114	121	125	139	200	200	120	150
56	200	146	180	180	180	180	180	180	200	200	180	180
57	200	151	130	126	140	148	200	200	200	200	145	157
58	171	154	123	132	200	170	200	200	190	175	180	180
59	175	175	175	180	170	200	175	175	160	160	150	157

Çizelge 4.4.(devam)

Kuyu No	Aylar (2000-2001)											
	May.	Haz.	Tem.	Ağu.	Eyl.	Ek.	Kas.	Ara.	Oca.	Şub.	Mar.	Nis.
1	160	168	174	190	175	180	180	185	50	50	140	140
2	200	195	180	185	160	185	185	190	132	181	200	200
3	161	260	175	190	135	131	153	158	157	155	156	150
4	114	142	140	160	116	63	85	90	119	135	135	135
5	102	144	169	180	175	144	121	140	95	84	150	149
6	100	127	167	175	193	136	146	150	124	120	145	144
7	89	127	125	170	180	130	170	190	70	38	160	160
8	250	250	250	250	250	250	240	250	254	255	250	257
9	100	100	106	166	57	64	40	42	194	96	66	65
10	74	65	72	105	77	82	64	60	42	194	78	76
11	98	100	105	128	210	200	110	111	180	91	126	135
12	146	147	130	167	103	112	131	135	141	152	196	195
13	160	160	178	179	138	145	196	200	134	202	212	222
14	95	97	160	169	37	47	52	60	40	58	50	90
15	108	65	54	93	116	176	175	170	90	46	200	38
16	60	97	130	200	178	170	163	168	74	75	151	144
17	112	82	138	148	152	145	150	145	145	182	140	107
18	107	143	117	146	143	134	131	130	213	214	151	77
19	60	65	50	70	98	100	120	195	85	90	100	97
20	42	46	58	64	29	40	44	50	52	45	40	50
21	180	180	180	180	180	178	181	185	120	122	157	157
22	87	91	138	122	130	121	136	140	80	81	103	105
23	65	96	80	124	72	58	52	60	156	51	59	65
24	73	102	108	105	81	50	50	53	30	42	53	53
25	112	127	146	163	148	180	186	180	145	147	180	184
26	150	154	169	172	164	170	240	250	172	214	190	206
27	163	148	156	161	156	151	170	186	100	170	163	167
28	105	104	112	100	94	103	138	135	103	126	119	123
29	44	47	49	74	36	40	67	70	70	17	45	36
30	58	63	78	92	38	43	74	80	50	72	50	72

Çizelge 4.4.(devam)

31	185	116	200	210	197	190	216	220	122	123	169	188
32	109	118	130	142	115	160	70	78	171	135	133	136
33	140	140	147	147	146	144	145	150	148	136	135	133
34	127	131	140	140	173	168	182	180	162	147	126	137
35	190	185	165	150	118	123	195	200	200	202	194	205
36	250	250	250	250	250	250	250	250	177	182	162	161
37	78	80	102	100	94	165	166	170	110	113	106	111
38	140	108	154	161	116	156	165	170	132	147	147	155
39	118	140	168	168	150	163	150	116	26	20	25	26
40	134	138	180	182	110	120	140	140	137	133	155	142
41	100	103	100	85	74	83	90	100	91	92	140	99
42	93	99	118	126	78	84	94	100	150	30	155	62
43	96	138	167	160	152	130	161	165	92	73	73	79
44	147	136	238	240	203	250	250	245	151	205	232	230
45	175	170	165	175	186	100	215	190	162	68	208	214
46	180	180	180	180	184	181	180	186	189	80	175	80
47	110	110	125	140	197	200	230	234	230	222	217	231
48	82	94	175	175	124	133	131	130	120	114	121	130
49	160	160	165	165	175	150	170	165	107	108	110	112
50	60	101	139	75	100	107	123	126	155	165	156	162
51	89	114	110	127	69	95	132	140	126	127	124	120
52	127	130	124	156	102	131	138	143	130	130	125	130
53	142	133	148	144	134	137	132	138	150	125	124	125
54	150	144	156	157	160	165	170	177	152	160	149	153
55	150	160	170	175	180	180	180	184	156	155	130	128
56	180	132	180	180	185	180	180	180	129	128	175	136
57	161	161	173	116	123	130	151	150	162	146	148	150
58	178	178	165	150	155	151	172	167	170	148	152	155
59	146	150	165	165	152	145	150	153	165	150	130	135

Çizelge 4.4.(devam)

Kuyu No	(2001-2002)														Nis.
	May.	Haz.	Tem.	Ağu.	Eyl.	Ekl.	Kas.	Ara.	Oca.	Şub.	Mart				
1	140	140	140	145	40	30	28	35	30	16	20	43			
2	200	200	200	200	200	200	211	216	158	136	127	110			
3	145	145	144	147	111	98	100	110	116	162	100	159			
4	135	135	134	136	63	65	66	70	70	68	55	122			
5	145	144	143	145	128	113	113	110	102	70	41	58			
6	143	141	140	147	60	122	125	126	102	71	125	137			
7	156	155	155	155	146	148	148	95	90	30	155	75			
8	257	254	250	250	256	250	251	245	246	257	257	257			
9	65	63	61	63	43	39	42	54	75	79	69	66			
10	72	72	72	73	53	41	45	34	46	59	60	60			
11	130	151	184	130	209	210	210	200	165	72	76	75			
12	190	211	220	186	61	89	90	84	162	193	202	200			
13	219	164	82	221	148	215	215	220	218	214	213	212			
14	85	48	35	85	86	90	90	92	92	93	90	85			
15	36	108	141	38	125	191	191	190	192	192	189	189			
16	142	122	104	143	140	145	147	145	145	136	132	130			
17	105	86	75	105	85	109	110	109	110	108	107	107			
18	72	81	93	77	120	119	121	123	104	69	60	58			
19	95	68	54	95	77	91	93	87	90	95	79	75			
20	51	61	157	56	25	22	25	45	36	26	49	45			
21	156	148	137	158	110	157	167	160	157	156	157	157			
22	100	92	88	138	130	130	138	148	135	126	124	122			
23	62	69	100	88	66	47	49	54	50	46	40	39			
24	50	112	145	102	82	65	65	60	54	47	47	45			
25	180	164	145	147	166	154	145	140	152	184	160	156			
26	200	196	193	195	129	230	228	230	230	231	228	225			
27	166	166	165	165	163	163	168	171	165	164	164	164			
28	120	98	65	68	82	90	99	104	120	139	131	130			
29	30	30	31	33	33	35	35	43	35	27	26	25			
30	70	66	85	68	35	34	41	45	52	67	67	67			

Çizelge 4.4.(devam)

31	180	178	180	184	183	156	151	154	160	165	156	155
32	135	133	131	131	97	120	129	140	128	121	120	120
33	133	135	140	143	44	142	144	152	145	137	136	133
34	136	134	130	132	172	170	167	170	165	161	129	129
35	205	190	85	87	88	126	124	125	152	202	203	203
36	160	158	150	151	150	196	199	201	200	196	196	196
37	110	98	80	82	94	110	110	112	113	115	114	115
38	155	152	150	150	116	113	123	125	130	152	152	152
39	26	24	23	25	110	115	115	119	120	124	120	124
40	140	141	140	142	145	140	140	142	140	141	141	141
41	100	87	75	78	68	72	77	76	78	101	101	101
42	60	68	100	101	97	97	97	100	80	46	45	45
43	75	78	145	147	148	127	119	125	112	80	63	60
44	230	232	228	226	227	227	222	224	226	228	228	228
45	212	207	195	197	190	192	196	200	197	193	193	193
46	80	116	120	123	193	79	79	81	80	80	192	142
47	230	220	209	210	213	228	232	230	227	225	227	227
48	129	98	83	85	144	132	131	144	132	125	123	120
49	105	107	110	114	107	111	111	120	114	113	114	114
50	155	140	110	111	142	163	160	162	163	165	158	155
51	118	112	113	114	102	117	115	120	122	127	116	112
52	125	117	117	115	116	125	120	126	127	130	119	115
53	120	122	120	123	115	115	110	115	120	122	112	111
54	150	144	135	137	135	149	142	146	150	158	152	150
55	127	123	120	121	130	130	125	132	132	131	131	131
56	136	135	132	133	128	128	120	125	130	131	128	128
57	148	150	148	148	147	151	147	150	150	149	149	149
58	155	128	123	125	153	153	155	156	150	151	151	153
59	135	124	55	60	135	130	125	124	123	120	120	123

Araştırma alanında tabansuyunun bir yıl içerisinde en fazla hangi düzeye kadar yükseldiğini göstermek amacıyla bilgisayar ortamında 1999-2000, 2000-2001 ve 2001-2002 yılları için çizilen tabansuyu kritik en yüksek eşderinlik haritası şekil 4.7.; şekil 4.8. ve şekil 4.9.'da, en yüksek derinlik ölçümlerine ilişkin istatistiksel parametreler ise çizelge 4.5.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. En yüksek derinlik ölçümlerine ilişkin istatistiksel parametreler (cm)

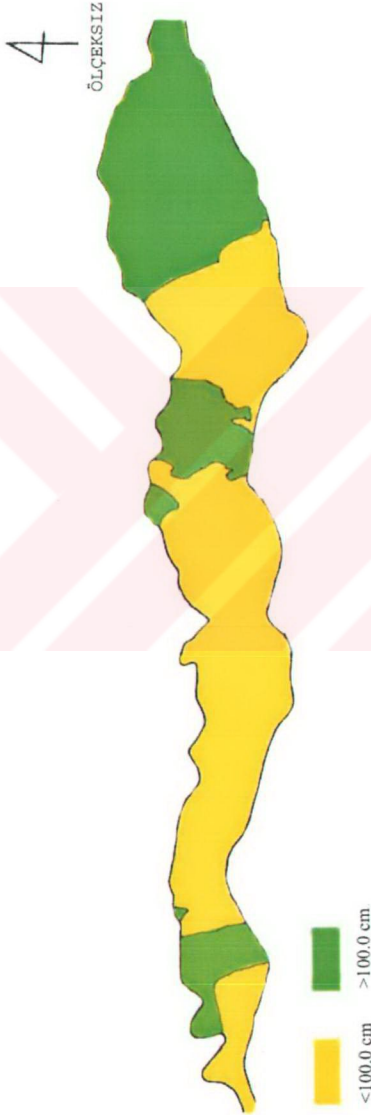
Parametre	1999-2000	2000-2001	2001-2002
Minimum	21	17	16
Maksimum	200	240	245
Ortalama	91	91	91
Standart Sapma	42	42	51
Varyasyon Katsayısı	47	46	56

Yıl boyunca herbir kuyudan ölçülen en yüksek su düzeyleri kullanılarak çizilen tabansuyu kritik en yüksek eşderinlik haritalarından çıkarılan sonuçlara göre, araştırma alanının önemli bir kısmında tabansuyu düzeyi, toprak yüzeyine genel olarak 200 cm'den daha yakın bulunmaktadır. Anonymous (1993)'a göre bu haritalarda tabansuyu düzeyinin 0-200 cm arasında olduğu kesimler, drenaj sorunu olan alanların sınırını belirler. Araştırma alanının önemli bir kısmında belirli dönemlerde tabansuyu sorunu ortaya çıkmıştır. Tabansuyu en yüksek eşderinlik haritalarında yapılan alan ölçümlerine göre; Mayıs-1999 ile Nisan-2000 ayları arasındaki bir yıllık dönemde, araştırma alanının %65'inde 100 cm'nin üzerinde tabansuyu düzeyi saptanırken, Mayıs-2000 ile Nisan-2001 ayları arasındaki bir yıllık dönemde araştırma alanının %61'inde 100 cm'nin üzerinde tabansuyu düzeyine rastlanmıştır. Mayıs-2001 ile Nisan-2002 ayları arasındaki bir yıllık dönemde ise araştırma alanının %52'sinde 100 cm'nin üzerinde tabansuyu düzeyi saptanmıştır.

Bu oranlara göre, tabansuyu düzeyi araştırma alanının önemli bir bölümünde; Güngör ve Erözel (1994) tarafından şekerpancarı için 80 cm, fasulye için 120 cm, buğday için 140 cm olarak belirlenmiş olan optimum tabansuyu düzeyinin üzerine çıkmaktadır. Diğer bir anlatımla hububat ve şekerpancarı gibi yörede oransal olarak çok yetiştirilen



Şekil 4.7. 1999-2000 yılı tabansuyu kritik en yüksek eşderinlik haritası



Şekil 4.8. 2000-2001 yılı tabansuyu kritik en yüksek eşderinlik haritası



Şekil 4.9. 2001-2002 yılı tabansuyu kritik en yüksek eşderinlik haritası

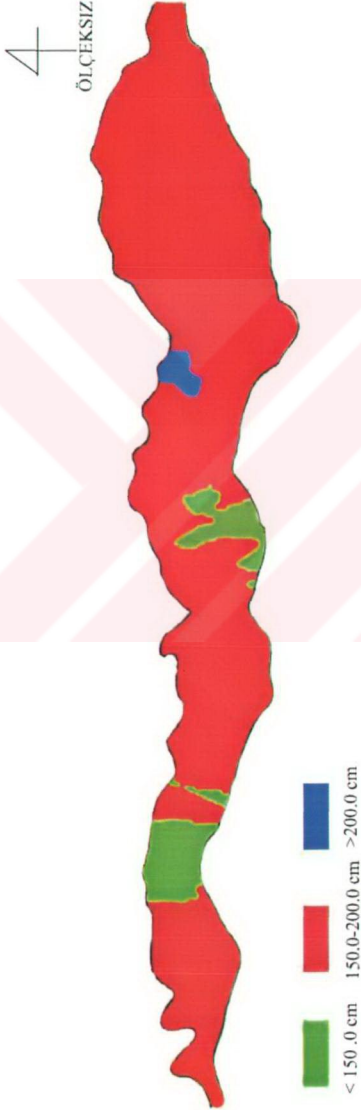
bitkiler için araştırma alanının önemli bir bölümünde tabansuyu optimum düzeyin üzerinde bulunmaktadır.

Bir yıllık ölçüm sonuçlarına göre, her gözlem kuyusundaki en düşük tabansuyu düzeyi değerlerinin kullanılmasıyla elde edilen tabansuyu kritik en düşük eşderinlik haritaları, sulama alanında tabansuyunun en fazla hangi düzeye kadar düştüğünü göstermektedir. 1999-2000 dönemi kritik en düşük eşderinlik haritası şekil 4.10.'da, 2000-2001 dönemi kritik en düşük eşderinlik haritası şekil 4.11'de ve 2001-2002 dönemi kritik en düşük eşderinlik haritası şekil 4.12'de verilmiştir. Çizelge 4.6.'da en düşük derinlik ölçümlerine ilişkin istatistiksel parametreler gösterilmiştir.

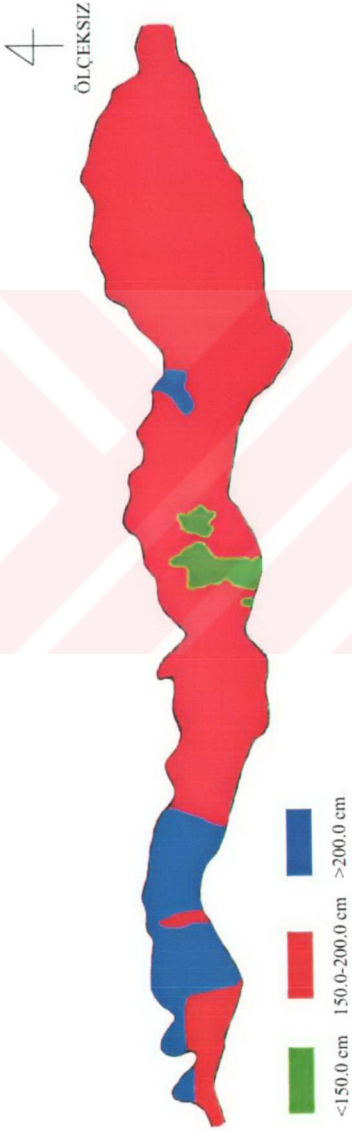
Çizelge 4.6. En düşük derinlik ölçümlerine ilişkin istatistiksel parametreler(cm)

Parametre	1999-2000	2000-2001	2001-2002
Minimum	56	64	43
Maksimum	254	260	257
Ortalama	174	180	152
Standart Sapma	47	39	44
Varyasyon Katsayısı	27	22	29

Yıl boyunca herbir kuyudan ölçülen en düşük su düzeyleri kullanılarak oluşturulan tabansuyu kritik en düşük eşderinlik haritalarından çıkarılan sonuçlara göre, tabansuyu düzeyi ile toprak yüzeyi arasındaki uzaklığın 150 cm'den daha az olduğu alanlar, Mayıs-1999 ile Nisan-2000 ayları arasındaki bir yıllık dönemde araştırma alanının %10'unu, Mayıs-2000 ile Nisan-2001 ayları arasındaki bir yıllık dönemde araştırma alanının %5'ini ve Mayıs-2001 ile Nisan 2002 ayları arasındaki bir yıllık dönemde ise araştırma alanının % 56'sını kaplamaktadır. Kritik en düşük eşderinlik haritalarında yapılan alan ölçümleri sonuçlarına göre, tabansuyu düzeyinin 150-200 cm arasında olduğu alanlar 1999-2000 döneminde araştırma alanının % 89'unu, 2000-2001 döneminde %84'ünü ve 2001-2002 döneminde %44'ünü kaplamaktadır. 2000-2001 döneminde, kritik en düşük eşderinlik haritasına göre araştırma alanının %11'inde tabansuyu düzeyi 200-250 cm arasında bulunmuştur. 1999-2000 dönemi kritik en düşük



Şekil 4.10. 1999-2000 yılı tabansuyu kritik en düşük eşderinlik haritası



Şekil 4.11. 2000-2001 yılı tabansuyu kritik en düşük eşderinlik haritası



Şekil 4.12. 2001-2002 yılı tabansuyu kritik en düşük eşderinlik haritası

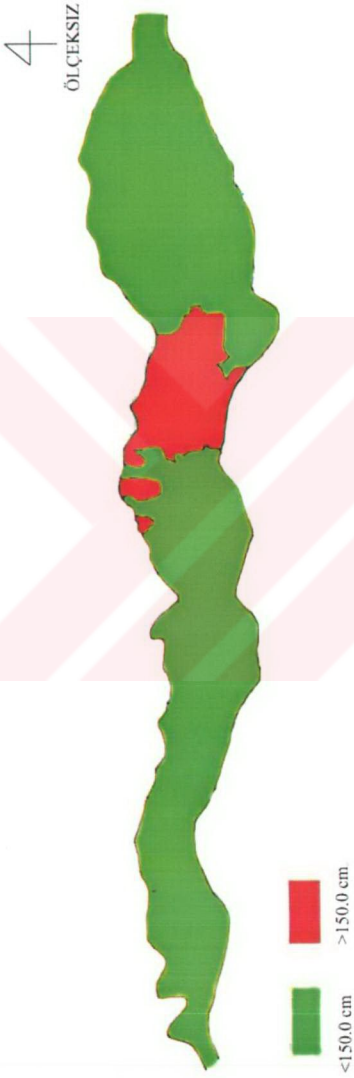
eşderinlik haritasında da araştırma alanının %1'i kadar çok az bir alanda tabansuyu 200-250 cm arasında saptanmıştır. 1999 yılına oranla 2000 yılının daha kurak geçtiği göz önüne alınırsa, tabansuyu düzeyinin yüzeye yakın olduğu alanların yıllar arasındaki oransal düşüşünün bir iyileşme olarak değerlendirilmesinin yanlış olacağı sonucuna varılmaktadır. Ayrıca 2002 yılının başından itibaren kuraklığın etkisini yitirmesi nedeniyle tabansuyu düzeyi ile toprak yüzeyi arasındaki uzaklığın 150 cm'nin altına düştüğü alanlarda artış olduğu görülmektedir. Optimum tabansuyu düzeyi 140 cm olan buğday ve 80 cm olan şekerpancarı gibi çiftçilerin yoğun olarak yetiştirme eğiliminde oldukları bitkiler için, özellikle Nisan-2001 ve Mayıs-2002 arasındaki dönemde, tabansuyunun araştırma alanının önemli bir bölümünde optimum düzeyin üzerinde olduğu anlaşılmaktadır.

Araştırma süresince geçen üç sulama mevsimi boyunca sulamanın en yoğun olduğu ağustos aylarında yapılan tabansuyu derinlik ölçümlerine ilişkin istatistiksel parametreler çizelge 4.7.'de, eşderinlik haritaları ise 1999 yılı için şekil 4.13.'de, 2000 yılı için şekil 4.14'de ve 2001 yılı için şekil 4.15'de verilmiştir.

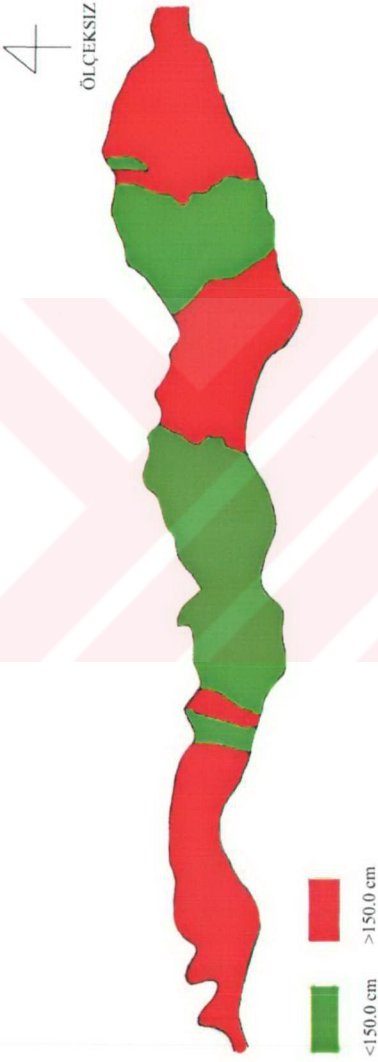
Çizelge 4.7. Ağustos ayı tabansuyu derinlik ölçümlerine ilişkin istatistiksel parametreler (cm)

Parametre	1999	2000	2001
Minimum	50	64	25
Maksimum	254	250	250
Ortalama	137	152	125
Standart Sapma	45	41	48
Varyasyon Katsayısı	33	27	38

Ağustos ayı tabansuyu eşderinlik haritalarında yapılan alan ölçümlerine göre; sulamanın en yoğun olduğu ayda tabansuyu düzeyinin 150 cm'den daha yukarıda bulunduğu alanlar 1999 yılında araştırma alanının %87'sini, 2000 yılında %44'ünü ve 2001 yılında %91'ini kaplamaktadır. 2001 yılı ağustos ayında, tabansuyu düzeyi ile toprak yüzeyi arasındaki uzaklığın 100 cm'den daha düşük olduğu düzeylere de rastlanmıştır. 1999 ve 2000 yıllarında da 2001 yılına oranla daha az olmakla birlikte



Şekil 4.13. 1999 yılı Ağustos ayı tabansuyu eşderinlik haritası



Şekil 4.14. 2000 yılı Ağustos ayı tabansuyu eşderinlik haritası



Şekil 4.15. 2001 yılı Ağustos ayı tabansuyu eşderinlik haritası

Ağustos ayında toprak yüzeyine 100 cm'den daha yakın tabansuyu düzeylerine rastlanmıştır. Sulamanın en yoğun olduğu ayda tabansuyunun yüksek düzeylerde seyretmesi, tabansuyu düzeyi ile sulama arasında pozitif bir ilişkinin olduğunu göstermektedir.

Araştırmanın yürütüldüğü 1999, 2000 ve 2001 yılları sulama mevsiminde sulamanın en yoğun olduğu ağustos aylarında tabansuyu gözlem kuyularından alınan su örneklerinin analiz sonuçları çizelge 4.8.'de verilmiştir. Tabansuyunun elektriksel iletkenlik değerlerine göre çizilen ağustos ayı tabansuyu eştuzluluk haritaları; 1999 yılı için şekil 4.16.'da, 2000 yılı için şekil 4.17'de ve 2001 yılı için şekil 4.18'de gösterilmiştir. Bu haritalarda tabansuyu tuzluluğunun sulama alanındaki dağılımı görülmektedir. Tabansuyu elektriksel iletkenliklerine ilişkin istatistiksel parametreler çizelge 4.9.'da verilmiştir. Kritik tabansuyu tuzluluğu 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak kabul edilmekle birlikte bu sınır Anonymous (1993)'e göre yetiştirilecek bitkinin çeşidine göre değişmektedir. Eştuzluluk haritalarından çıkarılan sonuçlara göre, tabansuyu tuzluluğunun 1999 yılı ağustos ayında araştırma alanının %18'inde 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'den az, %82'sinde 750-2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında; 2000 yılı ağustos ayında %24'ünde 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'den az, %76'sında 750-2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında, 2001 yılında %10'unda 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'den az, %90'ında 750-2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında olduğu görülmektedir. 1999, 2000 ve 2001 yıllarında birkaç noktada 2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'den yüksek tuzluluk değerleri belirlenmiştir. Ancak bu değerlerin temsil ettiği alanlar eştuzluluk haritalarında gösterilebilecek kadar etki alanına sahip değildirler. Bu sonuçlara göre, tabansuyu örneklerinin önemli bir kısmı C_3S_1 sınıfındadır.

Kapalı drenlerden alınan su örneklerinde de C_3S_1 sınıfında sulara rastlanmış olsa da, çoğunluğunun C_2S_1 sınıfında belirlenmiş olması, buna karşın tabansuyunun önemli bir kısmının C_3S_1 sınıfında olması kapalı drenlerin iyi çalışmadığını göstermektedir. Yağışların az olduğu araştırmanın yapıldığı 3 yıl boyunca, yeterince tazelenemeyen ve kapalı drenlerle akış koşulları sağlanamayan durağan tabansuyunun tuzluluğu, yüzey sularına oranla daha yüksek çıkmıştır.

Çizelge 4.8. Ağustos ayı tabansuyu analiz sonuçları (1999, 2000, 2001)
(1999 yılı)

Kuyu No	pH	EC $\mu\text{S/cm}$	Na ⁺ (meq/L)	K ⁺ (meq/L)	Ca ⁺⁺ (meq/L)	Mg ⁺⁺ (meq/L)	CO ₃ ⁼ (meq/L)	HCO ₃ ⁻ (meq/L)	Cl ⁻ (meq/L)	SO ₄ ⁼ (meq/L)	RSC SAR	SUYUN SINIFI	
1	7,42	1020	1,50	0,11	3,00	6,55	-	8,54	1,64	0,98	0	0,69	C ₃ S ₁
2	7,42	1040	1,24	0,09	2,81	8,21	-	9,79	1,70	0,77	0	0,53	C ₃ S ₁
3	8,05	1080	1,72	0,05	2,50	9,07	-	10,80	1,50	1,08	0	0,71	C ₃ S ₁
4	5,16	1016	2,60	0,22	3,60	5,90	-	5,90	2,80	3,63	0	1,19	C ₃ S ₁
5	6,04	2200	12,00	0,11	3,90	5,10	-	11,40	1,30	12,41	2,40	5,66	C ₃ S ₁
6	7,15	1121	1,60	0,08	2,90	9,02	-	9,50	1,60	2,79	0	0,66	C ₃ S ₁
7	8,37	919	1,65	0,23	2,40	6,70	-	7,00	1,24	2,75	0	0,77	C ₃ S ₁
8	6,86	1032	1,54	0,11	2,12	8,53	-	10,59	1,11	1,18	0	0,67	C ₃ S ₁
9	6,65	916	1,35	0,20	1,80	8,10	-	9,80	0,96	0,69	0	0,61	C ₃ S ₁
10	6,94	1190	3,12	0,15	1,70	9,90	-	10,65	2,20	1,98	0	1,30	C ₃ S ₁
11	8,05	929	2,20	0,16	0,60	8,60	-	9,10	1,48	0,98	0	1,03	C ₃ S ₁
12	7,04	730	0,93	0,05	3,90	3,90	-	6,90	0,96	0,93	0	0,47	C ₂ S ₁
13	6,94	663	1,42	0,03	3,30	3,20	-	5,80	0,76	1,40	0	0,79	C ₂ S ₁
14	7,82	674	1,35	0,07	2,70	4,30	-	7,00	0,80	0,63	0	0,72	C ₂ S ₁
15	6,50	762	0,72	0,08	2,00	6,30	-	7,40	0,76	0,95	0	0,35	C ₃ S ₁
16	7,35	644	1,35	0,05	2,00	4,50	-	5,60	0,68	1,62	0	0,75	C ₂ S ₁
17	7,24	675	0,70	0,03	1,90	5,20	-	6,40	0,76	0,69	0	0,37	C ₂ S ₁
18	7,80	657	0,70	0,07	1,30	6,04	-	6,64	0,72	0,75	0	0,36	C ₂ S ₁
19	6,15	770	0,62	0,08	4,70	4,20	-	4,40	0,68	4,53	0	0,29	C ₃ S ₁
20	6,42	707	0,60	0,07	3,00	5,06	-	5,20	0,20	3,28	0	0,30	C ₂ S ₁
21	6,82	763	0,58	0,06	2,80	6,06	-	6,66	0,96	1,89	0	0,28	C ₃ S ₁
22	7,15	708	0,56	0,06	2,80	5,10	-	6,30	0,96	1,26	0	0,28	C ₂ S ₁
23	8,04	637	0,47	0,08	1,10	6,10	-	5,40	0,72	1,64	0	0,25	C ₂ S ₁
24	7,02	821	0,85	0,06	3,20	6,00	-	7,70	1,00	1,41	0	0,40	C ₃ S ₁
25	7,60	780	0,99	0,05	1,97	6,36	-	7,06	0,92	1,21	0	0,48	C ₃ S ₁
26	7,72	753	1,12	0,05	1,70	6,40	-	7,50	0,96	0,81	0	0,56	C ₃ S ₁
27	8,42	850	1,32	0,06	2,02	7,02	0,44	7,06	0,86	2,06	0	0,62	C ₃ S ₁
28	8,43	1173	4,60	0,21	2,60	6,30	2,40	8,30	1,60	1,41	1,80	2,18	C ₃ S ₁
29	7,35	533	0,35	0,02	3,10	3,10	-	4,80	0,24	1,54	0	0,20	C ₂ S ₁

Çizelge 4.8.(devam)
(1999 yılı)

Kuyu No	pH	EC $\mu\text{S/cm}$	Na ⁺ (meq/L)	K ⁺ (meq/L)	Ca ⁺⁺ (meq/L)	Mg ⁺⁺ (meq/L)	CO ₃ ⁼ (meq/L)	HCO ₃ ⁻ (meq/L)	Cl ⁻ (meq/L)	SO ₄ ⁼ (meq/L)	RSCSAR	SUYUN SINIFI
30	6,54	729	1,25	0,03	2,90	4,90	-	4,70	0,76	3,53	0 0,63	C ₂ S ₁
31	7,84	754	0,85	0,06	2,30	5,60	-	7,10	1,04	0,67	0 0,43	C ₃ S ₁
32	7,65	760	0,88	0,06	1,98	4,74	-	6,40	1,09	0,18	0 0,48	C ₃ S ₁
33	7,71	755	1,35	0,05	1,00	6,60	-	7,50	1,48	0,02	0 0,69	C ₃ S ₁
34	7,46	1240	1,82	0,14	2,08	10,80	-	9,94	2,70	1,92	0 0,72	C ₃ S ₁
35	7,64	1620	1,90	0,15	2,39	13,70	0,75	12,92	2,92	1,55	0 0,67	C ₃ S ₁
36	7,84	1630	1,68	0,14	5,26	13,00	1,13	15,63	1,99	1,33	0 0,55	C ₃ S ₁
37	7,92	1760	3,96	0,14	2,47	10,70	-	12,06	1,49	3,72	0 1,54	C ₃ S ₁
38	7,52	1300	2,37	0,14	2,29	11,10	-	12,81	1,49	1,35	0 0,91	C ₃ S ₁
39	7,25	1235	1,75	0,09	2,54	9,20	0,75	10,67	1,11	1,05	0 0,72	C ₃ S ₁
40	7,70	933	1,35	0,02	3,30	6,50	-	8,30	1,08	1,80	0 0,61	C ₃ S ₁
41	7,90	1100	1,74	0,03	3,01	8,73	-	12,30	1,19	0,17	0,56 0,72	C ₃ S ₁
42	8,14	1348	2,25	0,02	2,60	11,40	-	14,00	1,40	0,88	0 0,85	C ₃ S ₁
43	8,34	1267	2,95	0,05	0,80	11,60	-	12,90	1,40	1,10	0,5 1,18	C ₃ S ₁
44	7,95	2490	7,50	0,21	1,80	21,10	-	18,05	6,1	6,51	0 2,22	C ₄ S ₁
45	8,24	1250	6,55	0,15	1,62	6,80	-	8,41	3,42	3,26	0 3,19	C ₃ S ₁
46	7,65	1913	8,00	0,13	1,50	14,00	0,81	18,20	2,48	2,14	2,70 2,87	C ₃ S ₁
47	8,15	1375	4,87	0,06	1,30	10,70	1,60	11,79	1,80	1,74	1,39 1,99	C ₃ S ₁
48	7,74	774	2,52	0,05	1,10	5,40	-	7,10	1,24	0,74	0,60 1,40	C ₃ S ₁
49	7,67	1369	2,20	0,06	1,60	13,00	-	14,39	1,40	1,06	0 0,81	C ₃ S ₁
50	8,54	771	2,65	0,03	1,70	5,20	1,40	4,80	1,68	1,71	0 1,42	C ₃ S ₁
51	7,54	1031	4,35	0,06	3,00	4,80	-	8,10	1,88	2,23	0,30 2,20	C ₃ S ₁
52	6,82	1278	2,35	0,15	8,10	5,20	-	13,60	1,80	0,40	0,30 0,91	C ₃ S ₁
53	7,34	783	1,60	0,06	3,70	3,70	-	5,50	1,20	2,36	0 0,83	C ₃ S ₁
54	8,04	752	2,00	0,05	2,50	4,50	-	4,40	1,40	3,25	0 1,07	C ₃ S ₁
55	8,31	1306	2,70	0,33	2,50	7,20	-	10,30	1,40	1,04	0,60 1,23	C ₃ S ₁
56	8,12	1250	2,18	0,04	2,70	7,91	-	9,14	1,42	0,90	0 0,95	C ₃ S ₁
57	7,84	1058	2,00	0,07	1,50	8,70	-	8,90	2,40	0,98	0 0,88	C ₃ S ₁
58	8,00	1049	2,40	0,07	4,20	5,80	-	9,00	2,40	1,08	0 1,07	C ₃ S ₁
59	8,14	2300	7,00	0,06	3,40	18,20	-	16,49	2,80	9,36	0 2,13	C ₄ S ₁

Çizelge 4.8. (devam)
(2000 yılı)

Kuyu No	PH	EC ₂₅ µS/cm	Na ⁺ (meq/L)	K ⁺ (meq/L)	Ca ⁺⁺ (meq/L)	Mg ⁺⁺ (meq/L)	CO ₃ ⁼ (meq/L)	HCO ₃ ⁻ (meq/L)	Cl ⁻ (meq/L)	SO ₄ ⁼ (meq/L)	RSC	SAR	SUYUN SINIFI
1	7,9	968	1,70	0,04	4,20	5,82	-	10,40	0,70	0,64	0,38	0,76	C ₃ S ₁
2	7,82	978	1,90	0,07	3,10	7,00	-	10,70	0,70	0,67	0,60	0,85	C ₃ S ₁
3	6,1	1013	1,90	0,11	3,40	7,00	-	5,10	0,80	6,51	0	0,83	C ₃ S ₁
4	7,6	1080	2,50	0,24	4,30	6,00	-	6,10	1,40	5,54	0	1,10	C ₃ S ₁
5	7,8	907	3,50	0,08	1,80	2,90	-	5,90	1,70	0,68	1,20	2,28	C ₃ S ₁
6	8,2	1035	1,95	0,11	2,20	8,20	-	9,80	1,30	1,36	0	0,85	C ₃ S ₁
7	7,9	597	0,88	0,05	1,60	4,50	-	5,50	0,60	0,93	0	0,50	C ₂ S ₁
8	8,91	972	1,20	0,28	2,00	8,60	2,20	8,30	0,80	0,78	0	0,52	C ₃ S ₁
9	8,12	530	0,69	0,03	1,70	4,10	-	5,40	0,50	0,62	0	0,41	C ₂ S ₁
10	7,3	898	1,25	0,05	1,80	7,20	-	8,60	1,00	0,70	0	0,59	C ₃ S ₁
11	8,72	540	0,73	0,04	1,00	4,60	1,00	4,60	0,60	0,17	0	0,44	C ₂ S ₁
12	7,2	748	0,97	0,04	3,40	4,40	-	7,20	0,90	0,71	0	0,49	C ₂ S ₁
13	7,2	652	1,65	0,06	2,70	3,00	-	6,10	0,90	0,41	0,40	0,98	C ₂ S ₁
14	8,9	461	0,84	0,04	1,50	3,30	1,20	3,80	0,20	0,48	0,20	0,54	C ₂ S ₁
15	8,85	541	0,50	0,01	2,10	4,10	1,40	4,50	0,60	0,21	0	0,28	C ₂ S ₁
16	7,5	983	0,35	0,10	3,00	8,60	-	9,40	0,60	2,05	0	0,15	C ₃ S ₁
17	6,6	697	0,76	0,03	1,90	6,01	-	6,71	0,70	1,29	0	0,38	C ₂ S ₁
18	6,5	841	0,43	0,03	2,50	6,30	-	8,50	0,70	0,05	0	0,20	C ₃ S ₁
19	8,7	714	1,25	0,14	2,00	5,07	1,00	5,37	1,00	1,09	0	0,66	C ₂ S ₁
20	7	600	0,35	0,04	2,60	3,80	-	5,80	0,40	0,59	0	0,20	C ₂ S ₁
21	8,5	669	1,43	0,04	2,60	4,20	1,20	5,40	0,80	0,87	0	0,77	C ₂ S ₁
22	7,5	746	0,64	0,07	2,60	5,20	-	7,00	1,00	0,51	0	0,32	C ₂ S ₁
23	7,1	787	0,65	0,05	3,00	5,20	-	6,90	1,00	1,00	0	0,32	C ₃ S ₁
24	6,9	882	0,67	0,04	3,00	6,50	-	9,30	0,90	0,01	0	0,31	C ₃ S ₁
25	7,2	994	1,75	0,05	5,70	2,80	-	8,70	1,60	0,00	0,20	0,85	C ₃ S ₁
26	6,3	1162	1,85	0,05	5,20	7,30	-	9,40	2,50	2,50	0	0,74	C ₃ S ₁
27	7,3	1440	4,45	0,25	3,90	8,60	-	13,80	1,70	1,70	1,30	1,78	C ₃ S ₁
28	6,5	1418	5,00	0,25	3,30	8,70	-	14,10	1,80	1,35	2,10	2,04	C ₃ S ₁
29	7,1	504	0,84	0,06	2,10	2,50	-	4,10	0,80	0,60	0	0,55	C ₂ S ₁

Çizelge 4.8. (devam)
(2000 yılı)

Kuyu No	pH	EC $\mu\text{S/cm}$	Na ⁺ (meq/L)	K ⁺ (meq/L)	Ca ⁺⁺ (meq/L)	Mg ⁺⁺ (meq/L)	CO ₃ ⁼⁼ (meq/L)	HCO ₃ ⁻ (meq/L)	Cl ⁻ (meq/L)	SO ₄ ⁼⁼ (meq/L)	RSC	SAR	SUYUN SINIFI
30	8	746	1,31	0,03	3,30	4,10	-	7,40	1,00	0,34	0	0,68	C ₂ S ₁
31	7,9	725	1,21	0,04	3,50	4,20	-	7,10	0,80	1,05	0	0,62	C ₂ S ₁
32	7,1	925	1,77	0,09	2,40	6,50	-	9,00	1,40	0,36	0,10	0,84	C ₃ S ₁
33	8,4	444	0,46	0,03	1,30	3,60	1,00	3,40	0,50	0,50	0	0,29	C ₂ S ₁
34	8,1	1346	5,05	0,59	2,00	8,40	-	10,60	2,10	3,26	0,20	2,21	C ₃ S ₁
35	7,8	598	1,45	0,45	2,50	2,90	-	5,70	1,10	0,50	0,30	0,88	C ₂ S ₁
36	8,7	565	1,40	0,01	2,40	3,00	1,20	4,50	1,00	0,11	0,30	0,85	C ₂ S ₁
37	8,6	735	1,06	0,01	2,20	5,80	1,40	6,10	1,00	0,57	0	0,53	C ₂ S ₁
38	8,6	980	6,30	0,04	1,30	4,50	2,00	5,30	1,10	3,75	1,50	3,70	C ₃ S ₁
39	7,5	569	1,00	0,04	2,30	3,20	-	4,80	0,80	0,94	0	0,60	C ₂ S ₁
40	8,3	707	1,19	0,01	2,90	4,50	-	6,50	1,10	1,00	0	0,62	C ₂ S ₁
41	7,3	530	0,75	0,02	3,30	1,70	-	5,18	0,59	0,00	0,50	0,18	C ₂ S ₁
42	7,9	528	0,71	0,01	3,80	1,85	0,35	5,60	0,40	0,02	0	0,42	C ₂ S ₁
43	8,6	1118	2,36	0,03	1,20	10,09	2,20	8,29	1,70	1,49	0	0,99	C ₃ S ₁
44	8,1	2310	6,50	0,01	2,80	19,40	-	13,10	10,00	5,61	0	1,95	C ₄ S ₁
45	8,3	670	1,35	0,04	1,90	5,00	-	7,00	0,60	0,69	0,10	0,73	C ₂ S ₁
46	8,5	1953	8,90	0,04	4,80	10,10	2,40	13,70	6,80	0,94	1,20	3,26	C ₃ S ₁
47	8,02	1082	2,19	0,01	3,10	8,20	-	10,90	1,50	1,10	0	0,92	C ₃ S ₁
48	6,8	694	0,67	0,04	1,80	5,70	-	6,60	0,80	0,81	0	0,35	C ₂ S ₁
49	8,52	1041	2,49	0,01	1,70	8,80	1,60	8,30	1,70	1,40	0	1,09	C ₃ S ₁
50	7,5	856	1,90	0,04	3,40	5,35	-	8,15	1,00	1,14	0	0,91	C ₃ S ₁
51	7,6	951	2,00	0,04	3,00	5,50	-	8,40	2,00	0,14	0	0,97	C ₃ S ₁
52	8	761	1,96	0,10	2,20	5,20	-	5,30	1,60	2,56	0	1,02	C ₃ S ₁
53	8,2	674	1,62	0,07	2,20	4,20	-	5,40	1,30	1,39	0	0,91	C ₂ S ₁
54	8,3	763	1,64	0,07	2,30	5,00	-	6,50	1,10	1,41	0	0,86	C ₃ S ₁
55	7,6	848	1,85	0,04	3,80	4,60	-	7,70	1,00	1,39	0	0,90	C ₃ S ₁
56	8,04	894	1,58	0,04	2,80	6,00	-	6,90	1,40	2,12	0	0,75	C ₃ S ₁
57	7,8	1527	6,25	0,07	3,00	9,40	-	10,80	4,80	3,12	0	2,51	C ₃ S ₁
58	8,71	839	2,70	0,04	2,00	4,90	1,60	6,10	1,40	0,54	0,80	1,45	C ₃ S ₁
59	8,86	948	2,49	0,01	1,00	8,20	2,00	7,30	1,70	0,70	0,10	1,16	C ₃ S ₁

Çizelge 4.8.(devam)
(2001 yılı)

Kuyu No	PH	EC ₂₅ µS/cm	Na ⁺ (meq/L)	K ⁺ (meq/L)	Ca ⁺⁺ (meq/L)	Mg ⁺⁺ (meq/L)	CO ₃ ⁼ (meq/L)	HCO ₃ ⁻ (meq/L)	Cl ⁻ (meq/L)	SO ₄ ⁼ (meq/L)	RSC	SAR	SUYUN SINIFI
1	8,61	986	2,78	0,06	0,50	7,30	4,20	5,40	0,84	0,20	1,80	1,41	C ₃ S ₁
2	8,63	1150	2,90	0,07	0,50	9,70	4,40	7,40	1,00	0,37	1,60	1,28	C ₃ S ₁
3	7,96	755	2,16	0,08	2,30	4,70	1,80	4,20	1,24	2,00	0	1,15	C ₃ S ₁
4	8,66	2600	5,00	0,10	2,50	18,40	2,00	17,00	4,80	2,20	0	1,55	C ₄ S ₁
5	8,47	350	1,37	0,26	0,80	1,90	0,30	3,30	0,70	0,03	0,90	1,18	C ₂ S ₁
6	8,56	472	1,30	0,07	1,30	2,10	0,80	2,60	1,28	0,10	0	1,00	C ₂ S ₁
7	7,90	1102	1,46	0,65	1,90	8,30	2,40	7,80	1,60	0,50	0	0,65	C ₃ S ₁
8	8,45	842	2,54	0,06	1,40	6,10	2,60	6,10	1,21	0,19	1,20	1,31	C ₃ S ₁
9	8,67	2380	14,10	0,22	1,00	9,90	5,00	12,00	8,00	0,21	6,10	6,04	C ₄ S ₁
10	8,54	663	0,90	0,05	1,40	5,20	1,80	4,80	1,00	0,10	0	0,50	C ₂ S ₁
11	8,56	445	1,85	0,11	1,00	1,50	0,60	2,50	1,28	0,08	0,60	1,65	C ₂ S ₁
12	8,48	756	0,82	0,05	2,60	4,50	2,00	5,00	0,80	0,16	0	0,44	C ₃ S ₁
13	8,54	435	1,32	0,07	1,40	1,60	0,60	2,40	1,28	0,11	0	1,08	C ₂ S ₁
14	8,45	578	0,46	0,05	1,10	5,60	2,00	3,50	0,38	1,33	0	0,25	C ₂ S ₁
15	8,46	539	0,87	0,07	1,00	4,60	1,00	3,50	1,04	1,00	0	0,52	C ₂ S ₁
16	8,42	572	1,08	0,05	1,20	4,60	1,20	3,80	1,32	0,60	0	0,63	C ₂ S ₁
17	8,40	1175	1,74	0,05	1,70	10,50	4,00	8,30	1,00	0,69	0,10	0,70	C ₃ S ₁
18	8,40	2240	11,70	0,07	0,90	12,10	7,60	10,90	1,06	5,21	5,50	4,59	C ₃ S ₁
19	8,40	879	1,20	0,05	1,60	8,00	2,20	6,30	1,40	0,95	0	0,55	C ₃ S ₁
20	8,31	633	0,55	0,05	1,50	5,20	1,80	4,80	0,44	0,26	0	0,30	C ₂ S ₁
21	8,41	482	1,28	0,08	1,20	3,30	0,10	2,80	1,30	1,66	0	0,85	C ₂ S ₁
22	8,32	460	1,27	0,07	1,20	2,40	0,60	2,70	1,24	0,40	0	0,95	C ₂ S ₁
23	8,65	701	0,55	0,09	1,50	6,30	1,80	4,90	0,96	0,78	0	0,28	C ₂ S ₁
24	8,38	880	0,84	0,06	1,50	8,40	2,40	6,80	1,12	0,48	0	0,38	C ₃ S ₁
25	8,55	709	1,38	0,08	1,50	5,40	2,00	4,30	1,24	0,82	0	0,74	C ₂ S ₁
26	8,77	795	0,13	0,26	2,50	5,10	2,80	3,10	1,72	0,38	0	0,07	C ₃ S ₁
27	8,76	795	5,50	0,15	1,00	3,02	4,60	3,02	0,36	1,69	3,60	3,88	C ₃ S ₁
28	8,63	493	1,25	0,08	1,00	2,60	1,00	2,70	1,04	0,20	0,10	0,93	C ₂ S ₁
29	8,61	560	1,43	0,11	1,50	3,20	1,60	2,80	1,48	0,36	0	0,93	C ₂ S ₁

Çizelge 4.8.(devam)
(2001 yılı)

Kuyu No	pH	EC $\mu\text{S/cm}$	Na ⁺ (meq/L)	K ⁺ (meq/L)	Ca ⁺⁺ (meq/L)	Mg ⁺⁺ (meq/L)	CO ₃ ⁼ (meq/L)	HCO ₃ ⁻ (meq/L)	Cl ⁻ (meq/L)	SO ₄ ⁼ (meq/L)	RSC SAR	SUYUN SINIFI
30	8,30	1720	8,08	0,06	0,80	11,60	3,00	12,50	3,20	1,85	3,10 3,24	C ₃ S ₁
31	7,63	1540	5,34	0,06	3,00	5,60	2,02	9,10	1,52	1,36	2,52 0,46	C ₃ S ₁
32	8,46	470	1,23	0,08	0,90	2,50	0,80	2,40	1,28	0,23	0 0,94	C ₂ S ₁
33	8,31	469	1,24	0,07	1,00	2,60	0,40	2,90	1,30	0,31	0 0,92	C ₂ S ₁
34	8,16	1422	3,36	0,07	1,30	12,70	3,40	12,20	1,50	0,34	1,60 1,27	C ₃ S ₁
35	8,36	2440	10,80	0,06	1,00	15,50	3,20	14,40	6,20	3,56	1,10 3,76	C ₄ S ₁
36	8,66	1234	1,52	0,07	1,00	11,50	3,60	6,20	1,60	2,70	0 0,61	C ₃ S ₁
37	8,54	602	2,06	0,07	1,50	3,09	2,06	2,15	1,44	1,10	0 1,36	C ₂ S ₁
38	8,37	1338	1,70	0,08	1,80	12,20	5,20	6,70	3,70	0,18	0 0,64	C ₃ S ₁
39	8,40	866	1,41	0,05	1,40	7,90	2,20	5,30	1,64	1,62	0 0,65	C ₃ S ₁
40	8,66	770	4,42	0,11	1,30	3,70	2,00	4,20	1,40	1,93	1,20 2,80	C ₃ S ₁
41	8,25	570	1,36	0,09	1,90	3,20	1,40	2,70	1,28	1,18	0 0,85	C ₂ S ₁
42	7,60	725	1,05	0,04	2,90	5,00	-	5,10	0,60	3,29	0 0,53	C ₂ S ₁
43	7,34	655	1,34	0,04	3,70	3,10	-	6,40	1,00	0,78	0 0,73	C ₂ S ₁
44	8,24	605	0,75	0,05	2,40	3,10	-	4,70	0,70	0,90	0 0,45	C ₂ S ₁
45	7,80	603	0,50	0,05	1,90	5,01	-	6,11	0,30	1,05	0 0,27	C ₂ S ₁
46	7,91	625	0,81	0,04	1,50	5,40	-	6,10	0,70	0,95	0 0,44	C ₂ S ₁
47	7,70	632	0,44	0,03	2,90	4,10	-	6,10	0,60	0,77	0 0,23	C ₂ S ₁
48	8,57	665	1,22	0,13	1,50	4,70	2,00	3,50	1,40	0,65	0 0,69	C ₂ S ₁
49	7,34	595	0,52	0,03	3,00	3,60	-	5,50	0,40	1,25	0 0,29	C ₂ S ₁
50	8,44	947	1,44	0,05	1,00	8,20	3,40	4,60	1,44	1,25	0 0,67	C ₃ S ₁
51	7,83	1600	4,96	0,07	1,90	9,90	2,60	9,20	4,00	1,03	0 2,04	C ₃ S ₁
52	8,44	625	1,04	0,08	0,90	4,60	3,20	2,00	1,16	0,26	0 0,63	C ₂ S ₁
53	8,56	632	1,27	0,10	1,10	5,10	2,00	3,20	1,16	1,21	0 0,72	C ₂ S ₁
54	8,42	860	1,50	0,11	1,10	7,30	2,00	4,60	1,28	2,13	0 0,73	C ₃ S ₁
55	7,61	848	1,85	0,04	3,80	5,60	-	8,90	1,00	1,39	0 0,85	C ₃ S ₁
56	7,80	1527	6,25	0,07	3,00	10,40	-	11,80	4,80	3,12	0 2,42	C ₃ S ₁
57	7,91	1331	5,35	0,03	2,00	9,10	-	12,40	1,20	2,88	1,30 2,27	C ₃ S ₁
58	8,34	1204	1,95	0,04	1,80	11,20	-	11,10	1,10	2,79	0 0,76	C ₃ S ₁
59	7,92	1334	1,85	0,03	2,00	12,60	-	12,00	1,00	3,48	0 0,68	C ₃ S ₁

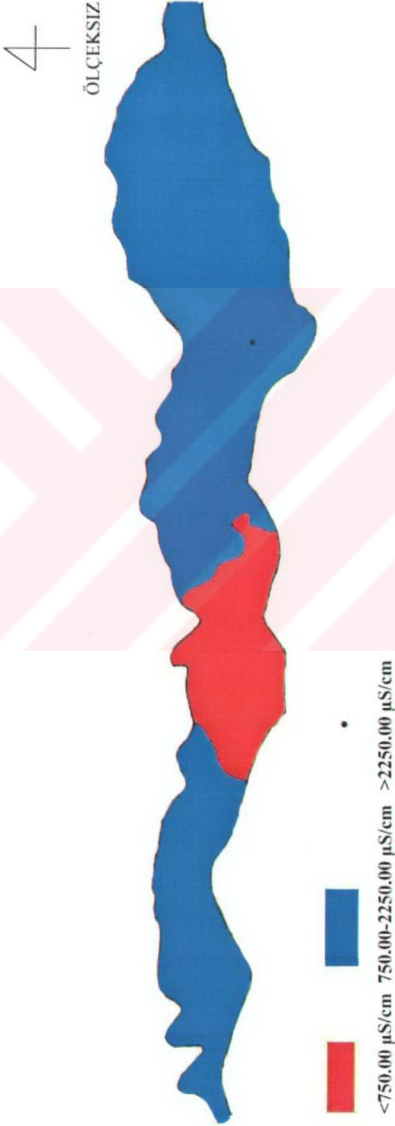
Çizelge 4.9. Tabansuyu elektriksel iletkenlik değerlerine ilişkin istatistiksel parametreler ($\mu\text{S/cm}$)

Parametre	1999	2000	2001
Minumum	533	444	350
Maksimum	2490	2310	2600
Ortalama	1067	876	930
Standart Sapma	418	339	518
Varyasyon Katsayısı	39,17	38,70	55,70

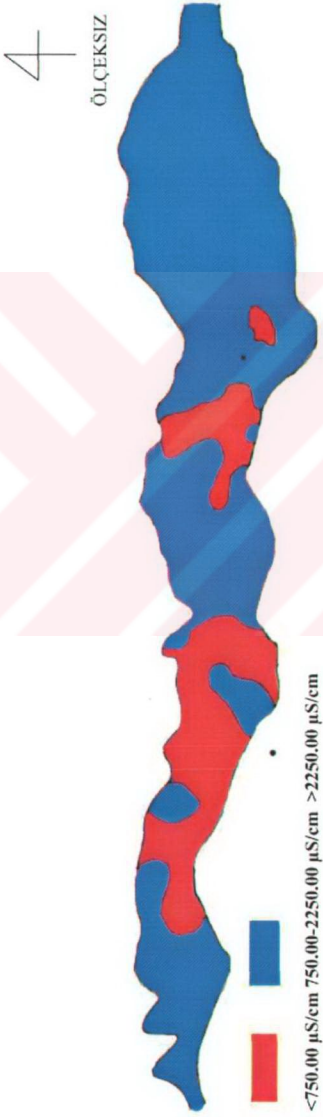
Bitki su tüketiminin en fazla olduğu ağustos ayı eşdüzey haritalarına göre tabansuyu düzeyinin araştırma alanında yoğun olarak yetiştirilen bitkiler için optimum düzeyin üzerinde olduğu alanların, araştırma alanının önemli bir bölümünü kapsadığı ve araştırma alanında tuza karşı oldukça duyarlı bitkilerin yoğun olarak yetiştirildiği göz önüne alınırsa, tuzluluk boyutunun bitkisel üretimi tehdit ettiği sonucu çıkmaktadır. Buna göre araştırma alanında yoğun olarak yetiştirilen ve tuzluluğa duyarlı olan fasulye bitkisi veriminde gerekli drenaj önlemleri alınmadığı takdirde önemli düşüşler olacaktır. Gemalmaz (1993)'e göre toprak suyunda tuzluluk değeri $1500 \mu\text{S/cm}$ 'ye yükseldiğinde fasulye bitkisinde %10 verim azalışı, $2000 \mu\text{S/cm}$ 'ye yükseldiğinde ise %25 verim azalışı olmaktadır.

Tabansuyundan alınan örnekler içerisinde 1999 yılında hiçbir örnekte 4 meq/L 'yi aşan Cl iyonu içeriğine rastlanmamıştır. 2000 yılında üç örnekte, 2001 yılında ise beş örnekte $4\text{-}10 \text{ meq/L}$ arasında Cl içeriğine rastlanmıştır. James (1988)'e göre, sularda Cl iyonunun $4\text{-}10 \text{ meq/L}$ arasında olması durumunda bitkilerde toksik etki ortaya çıkmaktadır.

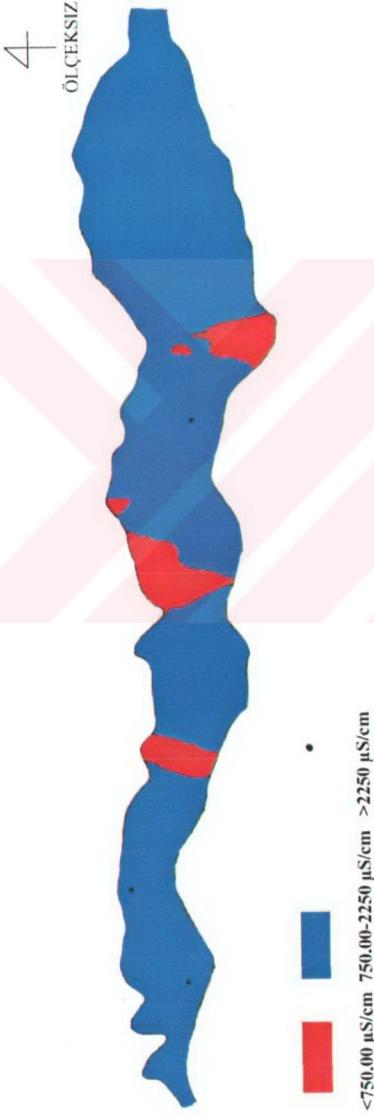
Sülfat iyonunu içeren suların, Kanber vd (1992)'de belirtildiğine göre sulamada özenli kullanım gerektiren 12 meq/L üst sınırı değeri, araştırma alanında 1999 yılında sadece bir tabansuyu örneğinde aşılmıştır.



Şekil 4.16. 1999 yılı Ağustos ayı tabansuyu eşizluluk haritası



Şekil 4.17. 2000 yılı Ağustos ayı tabansuyu eşizluluk haritası



Şekil 4.18. 2001 yılı Ağustos ayı tabansuyu eştuzluluk haritası

Alınan tabansuyu örneklerinde, tehlikeli boyutlarda RSC değerleri en fazla 2001 yılında görülmüştür. 1999 ve 2000 yılında 3'er kuyuda ve 2001 yılında 4 kuyuda özenli kullanım aralığı olan 1,25-2,50 meq/L aralığında RSC değerlerine rastlanmıştır. Bitkiler için uygun olmayan 2,50 meq/L'den fazla RSC değerine ise 1999 yılında 1 kuyuda rastlanmıştır, 2000 yılında hiç rastlanmamış, 2001 yılında 5 kuyuda rastlanmıştır. 2001 yılında yağışların düşük olması nedeniyle, oransal olarak tuzluluğu daha yüksek drenaj kanallarından, sulama suyu alınmasında artış olduğu gözlenmiştir. Bu durum tabansuyundaki CO_3 ve HCO_3 iyonlarının fazla çıkmasına yol açmıştır. CO_3 ve HCO_3 iyonlarının konsantrasyonunun artması ile RSC değerleri yükselmekte olup, böyle suların sulamada kullanılması bitkilerde sodyum zararını artırmaktadır (Anonymous 1993).

Tabansuyu örneklerinde 10'dan büyük SAR değeri görülmemiştir. SAR değeri 10'dan düşük olan sular düşük sodyumlu sular sınıfına girmektedir (Anonymous 1993).

Yıllar itibariyle giderek daha çok sayıda su örneğinde pH değeri, (Hoffman *et al.* 1983) tarafından normal pH değeri olarak kabul edilen 6,5-8,4 aralığının dışına çıkmıştır. 2001 yılında kuyuların yarısından fazlasında bu sınır aşılmıştır. 1999 ve 2000 yıllarına göre çok daha kurak geçen 2001 yılında, RSC değerinde olduğu gibi pH değerinde de sınır değerleri aşan ölçüm sonuçları daha çok görülmüştür. Yağışların az olması nedeniyle topraktan yıkanmanın daha az olması ve sulama kanalları sularına oranla niteliği daha düşük drenaj kanalları sularının sulama amaçlı olarak daha çok kullanılması bu sonucu ortaya çıkarmaktadır.

4.4. Toprak Örneklerinin Değerlendirilmesi

Açık ve kapalı dren şebekeli pilot alanlardan alınan toprak örneklerinin tekstür analiz sonuçları çizelge 4.10.'da verilmiştir. Açık drenaj şebekeli pilot alandan 10, kapalı drenaj şebekeli pilot alandan 16 noktadan 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm derinliklerden alınan örnekler A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, K10, K11, K12, K13, K14, K15, K16 şeklinde gösterilmiştir.

Çizelge 4.10. Toprak örneklerinin tekstür analiz sonuçları

Örnek No	Nem %	Kil %	Kum %	Silt %	Tekstür Sınıfı
A1 ₍₀₋₃₀₎	2,48	17,9	75,0	7,1	kumlu-tın
A1 ₍₃₀₋₆₀₎	2,31	24,9	54,7	20,4	kumlu-killi-tın
A1 ₍₆₀₋₉₀₎	1,98	16,4	61,3	22,3	kumlu-tın
A2 ₍₀₋₃₀₎	1,21	22,7	59,0	18,3	kumlu-killi-tın
A2 ₍₃₀₋₆₀₎	1,71	18,8	58,8	22,4	kumlu-tın
A2 ₍₆₀₋₉₀₎	1,36	10,4	77,8	11,8	kumlu-tın
A3 ₍₀₋₃₀₎	1,54	23,8	60,9	15,3	kumlu-killi-tın
A3 ₍₃₀₋₆₀₎	2,10	18,8	58,8	22,4	kumlu-tın
A3 ₍₆₀₋₉₀₎	1,23	9,1	83,0	7,9	tınlı-kum
A4 ₍₀₋₃₀₎	1,83	18,9	60,8	20,3	kumlu-tın
A4 ₍₃₀₋₆₀₎	1,78	18,8	60,9	20,3	kumlu-tın
A4 ₍₆₀₋₉₀₎	1,09	11,4	79,8	8,8	kumlu-tın
A5 ₍₀₋₃₀₎	1,57	18,8	62,1	19,1	kumlu-tın
A5 ₍₃₀₋₆₀₎	1,65	14,9	70,9	14,2	kumlu-tın
A5 ₍₆₀₋₉₀₎	1,46	12,5	81,7	5,8	kumlu-tın
A6 ₍₀₋₃₀₎	2,09	19,4	72,2	8,4	kumlu-tın
A6 ₍₃₀₋₆₀₎	1,86	16,9	64,8	18,3	kumlu-tın
A6 ₍₆₀₋₉₀₎	1,41	7,7	73,3	19,0	kumlu-tın
A7 ₍₀₋₃₀₎	1,90	19,3	62,2	18,5	kumlu-tın
A7 ₍₃₀₋₆₀₎	1,85	19,0	58,6	22,4	kumlu-tın
A7 ₍₆₀₋₉₀₎	1,48	7,7	75,4	16,9	kumlu-tın
A8 ₍₀₋₃₀₎	2,07	21,1	57,6	21,3	kumlu-killi-tın
A8 ₍₃₀₋₆₀₎	1,77	24,8	60,9	14,3	kumlu-killi-tın
A8 ₍₆₀₋₉₀₎	1,17	3,7	91,8	4,5	Kum
A9 ₍₀₋₃₀₎	1,90	21,0	60,7	18,3	kumlu-killi-tın
A9 ₍₃₀₋₆₀₎	2,00	20,9	56,8	22,3	kumlu-killi-tın
A9 ₍₆₀₋₉₀₎	1,56	11,8	75,3	12,9	kumlu-tın
A10 ₍₀₋₃₀₎	1,82	18,0	61,7	20,3	kumlu-tın
A10 ₍₃₀₋₆₀₎	1,73	18,8	56,8	24,4	kumlu-tın
A10 ₍₆₀₋₉₀₎	1,71	24,1	54,7	21,2	kumlu-killi-tın
K1 ₍₀₋₃₀₎	1,59	29,1	50,9	20,0	kumlu-killi-tın
K1 ₍₃₀₋₆₀₎	0,86	16,6	81,5	1,9	kumlu-tın
K1 ₍₆₀₋₉₀₎	1,04	14,2	73,9	11,9	kumlu-tın
K2 ₍₀₋₃₀₎	1,79	27,3	46,7	26,0	kumlu-killi-tın
K2 ₍₃₀₋₆₀₎	2,00	20,9	55,0	24,1	kumlu-killi-tın
K2 ₍₆₀₋₉₀₎	1,35	7,1	82,0	10,9	kumlu-tın
K3 ₍₀₋₃₀₎	1,56	24,2	53,9	21,9	kumlu-killi-tın
K3 ₍₃₀₋₆₀₎	1,26	16,8	60,9	22,3	kumlu-tın
K3 ₍₆₀₋₉₀₎	1,60	10,5	77,7	11,8	kumlu-tın
K4 ₍₀₋₃₀₎	1,29	22,2	55,0	22,8	kumlu-killi-tın
K4 ₍₃₀₋₆₀₎	1,61	27,1	52,7	20,2	kumlu-killi-tın
K4 ₍₆₀₋₉₀₎	2,12	20,3	60,0	19,7	kumlu-killi-tın
K5 ₍₀₋₃₀₎	1,65	25,3	49,7	25,0	kumlu-killi-tın
K5 ₍₃₀₋₆₀₎	0,98	12,9	71,2	15,9	kumlu-tın
K5 ₍₆₀₋₉₀₎	1,10	14,1	66,1	19,8	kumlu-tın
K6 ₍₀₋₃₀₎	2,54	26,7	48,1	25,2	kumlu-killi-tın

Çizelge 4.10. (devam)

K6 ₍₃₀₋₆₀₎	2,17	25,2	58,6	16,2	kumlu-killi-tın
K6 ₍₆₀₋₉₀₎	1,73	16,3	72,1	11,6	kumlu-tın
K7 ₍₀₋₃₀₎	2,28	28,6	50,4	21,0	kumlu-killi-tın
K7 ₍₃₀₋₆₀₎	1,29	15,9	66,9	17,2	kumlu-tın
K7 ₍₆₀₋₉₀₎	0,65	10,3	84,3	5,4	tınlı-kum
K8 ₍₀₋₃₀₎	1,90	29,4	47,1	23,5	kumlu-killi-tın
K8 ₍₃₀₋₆₀₎	1,47	11,0	75,1	13,9	kumlu-tın
K8 ₍₆₀₋₉₀₎	1,63	22,2	51,6	26,2	kumlu-killi-tın
K9 ₍₀₋₃₀₎	2,37	33,7	43,8	22,5	killi-kum
K9 ₍₃₀₋₆₀₎	2,52	31,5	41,9	26,6	killi-kum
K9 ₍₆₀₋₉₀₎	1,62	14,0	57,8	28,2	kumlu-tın
K10 ₍₀₋₃₀₎	2,35	28,7	44,9	26,4	killi-tın
K10 ₍₃₀₋₆₀₎	1,69	29,8	44,6	25,6	killi-tın
K10 ₍₆₀₋₉₀₎	2,07	28,4	47,3	24,3	kumlu-killi-tın
K11 ₍₀₋₃₀₎	1,88	30,5	52,2	17,3	kumlu-killi-tın
K11 ₍₃₀₋₆₀₎	1,36	17,7	63,9	18,4	kumlu-tın
K11 ₍₆₀₋₉₀₎	0,82	4,4	62,1	33,5	kumlu-tın
K12 ₍₀₋₃₀₎	1,08	13,1	68,7	18,2	kumlu-tın
K12 ₍₃₀₋₆₀₎	1,71	10,6	71,8	17,4	kumlu-tın
K12 ₍₆₀₋₉₀₎	1,65	16,7	55,3	28,0	kumlu-tın
K13 ₍₀₋₃₀₎	2,18	28,1	46,0	25,9	kumlu-killi-tın
K13 ₍₃₀₋₆₀₎	1,65	20,8	50,4	28,8	Tın
K13 ₍₆₀₋₉₀₎	1,68	9,6	65,8	24,6	kumlu-tın
K14 ₍₀₋₃₀₎	2,34	35,3	41,9	22,8	killi-tın
K14 ₍₃₀₋₆₀₎	1,45	25,7	53,8	20,5	kumlu-killi-tın
K14 ₍₆₀₋₉₀₎	2,56	12,7	56,9	30,4	kumlu-tın
K15 ₍₀₋₃₀₎	1,77	31,1	44,1	24,8	killi-tın
K15 ₍₃₀₋₆₀₎	0,86	14,6	72,9	12,5	kumlu-tın
K15 ₍₆₀₋₉₀₎	1,03	14,2	82,1	3,7	kumlu-tın
K16 ₍₀₋₃₀₎	1,65	27,1	48,3	24,6	kumlu-killi-tın
K16 ₍₃₀₋₆₀₎	1,84	21,0	60,2	18,8	kumlu-killi-tın
K16 ₍₆₀₋₉₀₎	0,88	12,1	84,1	3,8	tınlı-kum

Çizelge 4.10.'a göre açık drenaj şebekesinin kurulmuş olduğu alandan alınan toprak örnekleri genel olarak hafif bünyelidir (kumlu-tın). Bunu oransal olarak orta bünye (kumlu-killi-tın) izlemektedir. Yüzeyden aşağıya doğru inildikçe kumlu-tın bünye artarken kumlu-killi-tın bünye oranı azalmaktadır.

Kapalı drenaj şebekesinin bulunduğu alandan alınan toprak örnekleri ise genel olarak orta (kumlu-killi-tın) ve hafif bünyeli (kumlu-tın) olup killi tın, tınlı-kum, tın ve killi kum bünyeye de rastlanmıştır. Toprak profilindeki kil yüzdesi oransal olarak alt katlara doğru genelde azalmaktadır.

Alınan toprak örneklerinin katyon değişim kapasitesi, değişebilir sodyum yüzdesi, elektriksel iletkenliği ve toprak reaksiyonu sonuçları çizelge 4.11.'de verilmiştir. Açık drenaj şebekesinin kurulduğu alan ile kapalı drenaj şebekesinin kurulduğu alanın toprak örneklerinin EC, ESP ve pH yönünden karşılaştırılması amacıyla t testi uygulanan toprak örneklerinin t testi sonuçları çizelge 4.12'de, istatistiksel analiz parametreleri ise EC için derinlikler arası çizelge 4.13.'de, gruplar arası çizelge 4.14'de; ESP için derinlikler arası çizelge 4.15.'de, gruplar arası çizelge 4.16.'da ve pH için derinlikler arası çizelge 4.17.'de, gruplar arası çizelge 4.18'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Toprak örneklerinin KDK, ESP, EC ve pH analiz sonuçları

Derinlik (cm) Nokta	KDK (meq/100g)			ESP (%)			EC (μS/cm)			PH		
	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90
A1	33	20	14	1,31	1,70	1,59	280	252	175	7,70	7,15	7,22
A2	26	22	12	1,68	2,17	6,81	238	280	182	7,65	7,65	7,60
A3	23	21	10	1,24	2,23	2,55	308	322	185	7,65	7,50	7,45
A4	24	23	13	1,62	2,30	1,70	259	448	168	7,28	7,28	7,32
A5	9	16	11	5,32	1,84	1,49	897	280	196	7,95	7,85	7,25
A6	18	16	16	2,71	4,53	1,15	252	224	175	7,42	7,70	7,25
A7	14	25	16	4,01	0,72	1,28	924	238	168	5,75	7,60	7,63
A8	26	24	7	0,97	1,10	6,21	525	224	154	7,75	7,65	7,00
A9	28	25	20	1,26	1,65	1,67	238	266	210	7,15	7,45	7,49
A10	28	26	25	0,65	0,66	0,86	182	168	189	7,62	7,75	7,65
K1	24	11	16	0,72	1,13	1,01	350	210	210	7,15	7,80	7,00
K2	35	25	7	0,68	1,52	2,05	280	189	154	7,20	7,40	7,08
K3	34	26	11	1,43	0,77	0,91	336	224	154	7,48	7,15	7,40
K4	26	26	24	1,29	0,54	0,29	224	287	266	7,65	7,45	7,25
K5	26	16	15	1,70	1,29	0,52	392	308	189	7,60	7,70	7,02
K6	25	24	12	1,69	1,20	1,12	301	175	189	7,85	7,50	7,45
K7	17	18	9	2,60	1,19	1,50	322	224	196	7,65	7,55	6,90
K8	29	12	25	1,57	1,56	1,46	406	231	364	7,75	7,58	7,65
K9	27	27	19	1,87	1,31	1,34	322	333	71	7,72	7,75	7,62
K10	26	27	31	2,82	2,26	1,56	427	448	311	7,45	7,30	7,75
K11	27	20	8	1,43	1,08	1,48	322	252	168	7,75	6,90	7,48
K12	18	23	19	4,67	1,10	1,77	308	231	175	6,95	7,25	7,05
K13	27	24	16	1,82	1,38	3,99	284	242	196	7,8	7,55	7,68
K14	24	22	16	1,45	0,98	1,14	462	312	266	7,82	7,35	7,85
K15	24	14	6	0,79	0,65	3,94	462	199	266	7,35	7,45	7,52
K16	25	25	10	0,85	0,31	0,99	231	238	168	7,45	7,20	6,85

Çizelge 4.11.'in incelenmesinden anlaşılabileceği üzere toprakların hiçbirinde tuzluluk ve sodyumluluk sorun oluşturacak boyutta değildir. Toprak örneklerinden elde edilen sonuçlara göre, tabansuyundaki belirli dönemlerde artış gösteren tuzluluk sorunu topraktan kaynaklanmamaktadır.

Çizelge 4.12. Toprak örneklerinin ESP, EC ve pH değerlerine ilişkin t testi sonuçları

	ESP(%)		EC(μ S/cm)		pH	
	t	P	t	P	t	P
$A_{(0-30)}-A_{(30-60)}$	0,336	0,745	1,499	0,168	-0,821	0,433
$A_{(0-30)}-A_{(60-90)}$	-0,487	0,638	2,581	0,030	0,016	0,987
$A_{(30-60)}-A_{(60-90)}$	-0,813	0,437	3,656	0,005	1,898	0,090
$K_{(0-30)}-K_{(30-60)}$	2,418	0,028	4,011	0,001	1,261	0,227
$K_{(0-30)}-K_{(60-90)}$	0,403	0,692	7,320	0,000	2,637	0,019
$K_{(30-60)}-K_{(60-90)}$	-0,578	0,135	2,170	0,046	0,796	0,438
$A_{(0-30)}-K_{(0-30)}$	0,750	0,460	0,976	0,339	-0,806	0,411
$A_{(30-60)}-K_{(30-60)}$	2,423	0,023	0,481	0,634	1,387	0,178
$A_{(60-90)}-K_{(60-90)}$	1,544	0,135	-1,257	0,221	0,352	0,728
A-K	2,454	0,016	0,594	0,554	0,097	0,923

Çizelge 4.13. Toprak örneklerinin EC değerlerine ilişkin istatistiksel parametreler (μ S/cm) (derinlikler arası)

	A			K		
	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90
Derinlik (cm)	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90
Minimum	182	168	154	224	175	71
Maksimum	924	448	210	462	448	364
Ortalama	410	270	180	339	256	209
Standart Sapma	279	75	16	73	68	71
Varyasyon Katsayısı	68,048	27,777	8,889	21,534	26,563	33,971

Çizelge 4.14. Toprak örneklerinin EC değerlerine ilişkin istatistiksel parametreler (μ S/cm) (gruplar arası)

	A	K
Minimum	154	71
Maksimum	924	462
Ortalama	287	268
Standart Sapma	188	88
Varyasyon Katsayısı	65,505	32,836

Yapılan t testi sonuçlarına göre; açık ve kapalı drenaj sistemlerinin kurulduğu alanlardan alınan toprak örneklerinin EC değerleri, açık drenaj sistemlerinin kurulduğu alanlardan alınan toprak örnekleri ve kapalı drenaj sistemlerinin kurulduğu alanlardan alınan toprak örnekleri olmak üzere iki grup şeklinde karşılaştırıldığında, aradaki farkın önemsiz çıktığı görülmüştür. Ancak her iki grubun EC değerlerinin kendi içerisinde

karşılaştırılmalarında açık drenaj şebekeli alandan alınan toprak örneklerinin 0-30 cm ile 60-90 cm derinlikten alınan toprak örnekleri arasındaki fark 0,05 düzeyinde ve 30-60 cm ile 60-90 cm derinliklerinden alınan toprak örnekleri arasındaki fark da 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur. Kapalı drenaj şebekeli alandan alınan toprak örneklerinin 0-30 cm ile 30-60 cm ve 0-30 cm ile 60-90 cm derinlikten alınan toprak örnekleri arasındaki fark 0,01 düzeyinde; 30-60 cm ile 60-90 cm derinlikten alınan toprak örnekleri arasındaki fark 0,05 düzeyinde önemli bulunmuştur. EC değerleri toprak profilinde aşağıya doğru inildikçe azalmaktadır. Ancak kapalı drenlerin bulunmadığı veya çalışmadığı bazı yerlerde yıkanma sağlanamadığı için aynı profilin daha derin noktalarında diğer noktalara göre yüksek tuzluluk değerleri saptanmıştır. Buna karşın gübreleme uygulamasının olduğu bazı yerlerde, yüzeye yakın noktalarda tuzluluk yönünden sınır değerleri aşmasa bile diğer noktalara göre yüksek tuzluluk değerlerine rastlanmıştır.

Çizelge 4.15. Toprak örneklerinin ESP değerlerine ilişkin istatistiksel parametreler (%) (derinlikler arası)

	A			K		
Derinlik (cm)	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90
Minimum	0,65	0,66	0,86	0,68	0,31	0,29
Maksimum	5,32	4,53	6,81	4,67	2,26	3,99
Ortalama	2,08	1,89	2,53	1,71	1,14	1,57
Standart Sapma	1,50	1,10	2,15	0,99	0,46	1,04
Varyasyon Katsayısı	72,12	58,20	84,98	57,89	40,35	66,24

Çizelge 4.16. Toprak örneklerinin ESP değerlerine ilişkin istatistiksel parametreler (%) (gruplar arası)

	A	K
Minimum	0,65	0,29
Maksimum	6,81	4,67
Ortalama	2,17	1,47
Standart Sapma	1,61	0,89
Varyasyon Katsayısı	74,19	60,54

Yapılan karşılaştırmalara göre; açık ve kapalı drenaj sistemlerinin bulunduğu alanların toprak örneklerinin ESP'leri arasındaki fark 0,05 düzeyinde önemli bulunmuştur. Diğer

bir anlatımla açık drenaj şebekesinin bulunduğu alandan alınan toprak örneklerinin ESP değeri, kapalı drenaj şebekesinin bulunduğu alandan alınan toprakların ESP değerinden önemli miktarda yüksek çıkmıştır. Açık drenaj şebekeli alanda 30-60 cm'den alınan örnekler ile kapalı drenaj şebekeli alanda 30-60 cm'den alınan örneklerin karşılaştırılmasında da aradaki fark 0,05 düzeyinde önemli bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, kapalı drenaj şebekeli alanda önemli drenaj sorunları arasında bulunan sodyumlulaşma daha düşük oranlara inmiştir. Ancak her iki alanın ESP değeri de sodyumlulaşma sorunu oluşturacak boyuta ulaşmamıştır. Kapalı drenaj şebekeli alandan alınan toprak örneklerinin kendi içerisinde derinlikler arası karşılaştırılmasında 0-30 cm ile 30-60 cm derinlikten alınan toprak örnekleri arasındaki fark 0,05 düzeyinde önemli çıkmıştır.

Çizelge 4.17. Toprak örneklerinin pH değerlerine ilişkin istatistiksel parametreler (derinlikler arası)

	A			K		
Derinlik (cm)	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90
Minimum	5,75	7,15	7,00	6,95	6,90	6,85
Maksimum	7,95	7,85	7,65	7,85	7,80	7,85
Ortalama	7,39	7,56	7,39	7,56	7,43	7,35
Standart Sapma	0,62	0,22	0,22	0,27	0,24	0,33
Varyasyon Katsayısı	8,39	2,91	2,98	3,57	3,23	4,49

Çizelge 4.18. Toprak örneklerinin pH değerlerine ilişkin istatistiksel parametreler (gruplar arası)

	A	K
Minimum	5,75	6,85
Maksimum	7,95	7,85
Ortalama	7,45	7,44
Standart Sapma	0,39	0,28
Varyasyon Katsayısı	5,23	3,76

pH açısından bakıldığında, t testi sonuçlarına göre kapalı drenaj şebekeli alanlardan alınan toprak örneklerinden 0-30 cm ile 60-90 cm'den alınan örnekler arasındaki fark 0,05 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Araştırma alanında yoğun olarak yetiştirilen bitkiler fasulye, buğday, şekerpancarı ve patatesdir. Fasulye için toprakların pH aralıkları Mengel ve Kirkby (1987)'a göre 6,0-7,5, buğday için 5,7-7,5, şekerpancarı için 7,0-7,5, patates için 5,0-6,0'dır. Araştırma alanında açık drenaj şebekeli alandan alınan toprak örneklerinin pH aralığı 5,75-7,95, kapalı drenaj şebekeli alandan alınan toprak örneklerinin pH aralığı ise 6,85-7,85 dir.

4.5. Anket Çalışması Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Entansif tarım yöntemlerinin her geçen gün daha da geliştirildiği günümüzde, bu yöntemlerin kapsamında bulunan sulama ve drenaj uygulamalarının çiftçiler tarafından anlaşılması ve uygulanmasında eğitim düzeyi önemli bir ölçüt olmaktadır. Araştırma alanında yapılan anket sonucuna göre, çiftçilerin %5,2'si diplomasız okur – yazar, %39,0'ı ilkokul, %37,8'i ortaokul, %17,4'ü lise, %0,6'sı ise üniversite mezunudur. Araştırma alanında anket yapılan çiftçiler arasında okuma yazma bilmeyen çiftçi olmamasına karşın, en yüksek oranı ilkokul mezunları oluşturmaktadır. Bu nedenle araştırma alanında tarım yapan çiftçilere götürülecek tarımsal hizmetlerin anlatılması ve uygulanmasında eğitim düzeyi göz önünde bulundurularak, bütün çiftçilerin algılayabilecekleri düzey göz önüne alınmalıdır.

Çiftçi vd (1994)'e göre sulu tarıma geçişle birlikte, gerek suyun iletilmesi aşamasında, gerekse tarlaya verilmesi aşamasında yapılan hatalar sulamanın etkinliğini azaltmakta, aşırı su kullanılması verimi azaltmakta ve drenaj sorununun ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Suyun tarlaya verilme biçimi olarak gerek dünyada gerekse Türkiye'de çoğunlukla yüzey sulama yöntemleri kullanılmaktadır. Sulama yöntemi, doğrudan, hem su kullanma randımanına, hem de tuz birikme şekline etki eder. Yüzey sulama ve yağmurlama yöntemlerinde tüm alan ıslatılır. Bu durum tuzun çoğunun bitki kök bölgesinin altında birikmesine neden olur. Karık yönteminde, salma sulamadaki gibi

toprağın aşağı katlarında tuz birikir. Ancak su almayan alanlarda da tuz yığılır. Tuz, su ile birlikte buharlaşmanın fazla olduğu yüksek noktalara doğru hareket eder ve yer çekimi ile su drene olurken tuzu da daha derinlere yıkar. Damla sulamada ise tuz damlatıcıdan uzak ıslak cephede yığılır (Kanber vd 1992). Anketten elde edilen sonuçlara göre araştırma alanında işletmelerin %0,6'sı yağmurlama, %22,7'si tava, %7,5'i salma, %69,2'si ise karık yöntemiyle sulama yapmaktadır. Çoğunlukla yüzey sulama yöntemlerinin kullanılması buharlaşma ve sızma kayıplarını, dolayısıyla gereksinilen su miktarını artırmaktadır. Suyun, iletim ve uygulama aşamasında en az kayıpla en ekonomik şekilde kök bölgesine iletilmesi ve toprağın verimliliğinin korunması, sulama yönteminin seçiminde göz önünde bulundurulacak etkenlerin en önemlileridir. Uygulamada sulama yöntemlerinin seçiminde toprak, bitki ve su kaynağı temel etken olarak önemli rol oynamaktadır. Anket yapılan çiftçilerin %20,3'ü sulama kanallarından, %1,2'si yüzeyaltı kuyularından, %23,8'i drenaj kanallarından ve %54,7'si hem sulama hem de drenaj kanallarından sulama suyu almaktadır. Askıda katı madde içerebilen drenaj kanalı suları yağmurlama sulamada kullanıldığında bitkilere ve sisteme zarar verebilmektedir. İşletme sahiplerinin %89,5'i sulamadan dönen drenaj kanalı sularının sulama amacıyla kullanmanın yanlış olduğunu bildiğini, %10,5'i ise bilmediğini bildirmiştir.

Drenaj kanallarından su kullanımının zararlarının bilinmesi ile bu suların kullanımı arasında bir ilişki olup olmadığını saptamak amacıyla, bu sorulara verilen yanıtlar arasında X^2 testi yapılmış sonuç 0,05 düzeyinde önemli bulunmuştur. Bu sonuca göre; drenaj suyunun sulamada kullanılmasının zararlı olduğunun bilinmesi, drenaj suyunun sulamada kullanılma durumu üzerinde önemli düzeyde etkili olmaktadır. Drenaj konusunda bilinçli çiftçiler büyük oranda drenaj suyunu kullanmaktan kaçınırken, bilinçli olmayan çiftçiler drenaj kanallarından sulama amaçlı olarak su almaktadır. Çiftçiler tarafından drenaj kanallarından sulama amaçlı olarak su alınmasına gerekçe olarak, işletmelerin %4,7'si özellikle sulama kanalına uzak tarlalar için drenaj kanalından su almanın daha kolay olmasını, %14,5'i parasız olmasını, %68,0'ı sulama kanallarındaki suyun yetersizliğini, %12,8'i ise zaman bakımından sulama kanallarından su dağıtım programlarının kendi çalışma düzenlerine uymaması ve komşu

çiftçilerle sulama kanallarından alınan suyun paylaşımında sorun yaşanması gibi farklı nedenleri göstermişlerdir.

Sulama sisteminin işletme, bakım ve onarım yükümlülüğünü üstlenen sulama birliği, verdiği hizmetlerin karşılığı olarak sulama yapan her işletmeden sulama yaptığı alan ve bitki çeşidini göz önünde bulundurarak belirlediği sulama ücretini almaktadır. Yörenin sosyo-ekonomik yapısı sonucu gelir düzeyi düşük işletmeler bu ücreti ödemekten kaçınarak drenaj kanalı suyunu kullanmayı yeğlemektedir. Anket sonucu, ücret ödemekten kaçınmak için drenaj kanal suyunu kullananların oranının önemsiz sayılamayacağını göstermiştir. Ancak bu sonuca göre, drenaj kanal sularının sulama amaçlı olarak kullanımının en önemli gerekçesi olarak, sulama kanallarındaki suyun yetersiz oluşu çıkmıştır.

Arazide yapılan gözlemler sonucu priz ve çek gibi sanat yapılarını tarlalarına yeterince yakın bulmayan çiftçilerin kanallardan sifonla su aldıkları, ayrıca kanalları yer yer kırarak da su almaya çalıştıkları saptanmıştır. Anket sonuçlarına göre, çiftçilerin bir bölümü de suyu sulama kanallarından alma yerine daha kolay geldiği için drenaj kanallarından alma yoluna gitmektedir.

Bölge çiftçisinin sulama konusunda deneyimli olmasına karşın araştırma alanındaki çiftçilerin %95,3'ünün toprak ve kullandıkları sulama suyunu analiz ettirmedikleri, %4,7'sinin ise analiz ettirdiği anket sonucunda saptanmıştır. Bu durum araştırma alanı işletmelerinin bu konu ile ilgili olarak yeterince bilinçli ve duyarlı olmadığını göstermektedir.

Sulama suyunun iletimi aşamasında ve suyun tarlaya verilmesinde yapılan yanlış uygulamalar nedeniyle sulama randımanı düşmektedir. Anket sonucuna göre, çiftçilerin %52,9'unun bitkinin durumuna bakarak, %2,3'ünün rastgele, %43,6'sının toprağı kontrol ederek, %1,2'sinin suyun varlığına göre sulama yaptığı belirlenmiştir. Bölgeye sulama hizmetinin götürülüşü üzerinden uzun yıllar geçmiş olması nedeniyle sulama uygulamaları yönünden oldukça deneyimli olan araştırma alanı çiftçilerinin sulama

aralığı ve sulama süresinin seçiminde izledikleri yolun anket sonuçlarına göre genel olarak doğru olduğu anlaşılmıştır. Yöreye hizmet götüren tarım kuruluşları yetkililerinin görüşleri de aynı doğrultudadır.

Drenaj koşullarının yetersiz olduğu durumlarda ekilen bitkinin çeşidine göre değişen su gereksiniminden fazla sulama suyu kullanımı ve sulamada ortaya çıkan kayıplar özellikle tabansuyu sorunu olan alanlarda tabansuyu düzeyinin daha da yükselmesine yol açmaktadır. Yapılan anket sonucuna göre işletmelerin %54,7'si zaman zaman arazilerinde tabansuyu sorununun ortaya çıktığını %45,3'ü ise arazilerinde hiçbir zaman tabansuyu düzeyinin yükselmediğini belirtmiştir. Drenaj sorununun ortaya çıkması, kültür bitkileri kök sistemlerinin kısmen veya bütünüyle belirli süre su altında kalmasına neden olmaktadır. Bu durum ise verimi azaltmakta yada bütünüyle yok etmektedir. Anket sonucuna göre işletmelerin %59,9'u drenaj sorununun var olduğunu, %40,1'i ise sorun bulunmadığını belirtmiştir. Drenaj sorunları kapsamında tabansuyu düzeyi ile ilgili sorunların yanısıra tuzlulaşma ve sodyumlulaşma ile ilgili sorunlar da bulunmaktadır.

Drenaj sorunun varlığına nasıl karar verildiğine yönelik soruya ise; çiftçilerin %58,7'si arazi yüzeyinde su göllenmelerinden, %34,3'ü tuz lekelerinden, %5,2'si toprağın ilkbaharda geç tava gelmesinden yanıtını vermiştir. Anket yapılan çiftçilerin kalan %1,8'inin ise, bir kısmı tarım alanlarında suya doymun topraklara özgü bazı yabancı otların artışı, bir kısmı toprak gözeneklerinin su ile doymun durumda olması nedeniyle bitki köklerinde oluşan çürümeler gibi farklı belirtilere dayanarak drenaj sorunun varlığına karar verdiklerini bildirmişlerdir.

Anket yapılan çiftçilerin, drenaj sularının sulama amaçlı olarak kullanılmasına ilişkin sorulara verilen yanıtlarından çıkarılan sonuçlara göre, drenaj sularının kullanımının olumsuz sonuçları konusunda bilinçli olunmasına karşın, çiftçilerin önemli bir bölümü drenaj sularını sulama amaçlı olarak kullanmaktadır. Yapılan değerlendirmelerde, bu durumun gerekçesinin çoğunlukla çaresizlik ve bazı zorunluluklar olduğu saptanmıştır. Sulama kanallarına bırakılan suyun yetersiz olduğu dönemlerde veya arazinin

topoğrafik yapısı nedeniyle sulama kanallarından su alınamadığı durumlarda, çiftçiler sulama suyu gereksinimini drenaj kanallarından giderme yoluna gitmektedir. Ancak zaman zaman da çiftçilerin işin kolayına kaçarak drenaj kanallarından su aldıkları belirlenmiştir.



5. SONUÇLAR

Araştırma materyali olarak alınan Erzincan ovası drenaj alanının bir bölümünde yüzey (açık) ve yüzeyaltı (kapalı) drenaj şebekelerinin bulunmasına karşın drenaj sorunlarının bütünüyle ortadan kaldırılamadığı belirlenmiştir. Araştırma alanında, bir izleme ve değerlendirme çalışması yapılarak sistemlerin işlerliliğinin saptanmasının amaçlandığı bu çalışmada, elde edilen bulguların tartışılması ve ortaya çıkan sonuçların değerlendirilmesi ile, açık ve kapalı drenaj şebekeli sulama alanlarına sahip araştırma alanında alınacak drenaj önlemleri ve bununla ilgili bazı konulara ilişkin öneriler aşağıda sunulmuştur:

Araştırma alanında olduğu gibi, geçirimsiz kil tabakanın üzerinde bulunan geçirgen kumlu, kumlu tınlı ve killi tınlı sığ topraklar için, Gemalmaz (1993) tarafından toprağın 120 cm'ye kadar derin işlenmesi ve sonra 120 cm derinliğe drenlerin döşenmesi ve arazi yüzeyinde su birikimi oluşturacak aşırı sulama uygulamalarından kaçınılarak, drenaj sorunlarının azaltılması için özenli bir sulama yönetimi gibi drenaj önlemleri önerilmektedir. Ayrıca killi tınlı topraklarda başarı ile uygulanan mol drenajı, araştırma alanının killi tınlı topraklarının bulunduğu kısımları için uygulanabilecek bir drenaj şeklidir.

Yapılan arazi gözlemleri ve anket çalışmalarında, araştırma alanında tarım yapan çiftçilerin yanlış sulama ve drenaj uygulamaları saptanmıştır. Bölgede egemen bitki deseni göz önüne alınarak, bu bitkilerin kök salma derinlikleri ile kök salma derinliğinin sulama yapıldığı süre boyunca değişimi izlenmeli, sulama ile verilen suyun kök bölgesi dışındaki profile inmemesi sağlanacak şekilde, uygulanan sulama yöntemine göre sulama debisi, karık boyu, tava genişliği gibi konularda çiftçiye doğrudan ilgilendiren parametreler belirlenip çiftçiye bu konularda kesin verilere dayalı önerilerde bulunulmalıdır. Çiftçiye yanlış sulama ve drenaj uygulamalarının birim alandan alınan verimi miktar ve kalite yönünden düşürmesinin yanı sıra toprağı verimsizleştireceği ve drenaj sorunlarını ortaya çıkaracağı anlatılmalıdır.

Araştırma alanında yaygın olarak kullanılan tava ve karık gibi yüzey sulama yöntemleri, genellikle her bir sulamada 80-100 mm'den daha küçük bir uygulamanın yapılabilmesine olanak verecek esneklikte değildir. Bu özelliğin bir sonucu olarak, olası su stresini azaltmak için daha sık sulama yapmak su kaybına, su birikmesine ve drenaj sorunlarına neden olabilmektedir. Su stres sıkıntısını azaltmak amacıyla sulama sıklığını artırmak, damla ve yağmurlama sulama ile yüzey sulama yöntemlerine göre daha kolay olabilmektedir (Kanber vd 1992). Araştırmanın yapıldığı 3 yıl boyunca çiftçilerin çok ender olarak yağmurlama ve damla sulama yöntemlerini yeğledikleri gözlemlenmiştir. Derine sızmanın en aza düşürülebilmesinin olası olduğu bu yöntemler çiftçiye öğretilmeli ve benimsetilmelidir. Yüzey sulama yöntemleri uygulanırken, aşırı sulama uygulamalarından kaçınılması gerektiği, sürekli arazinin suya doymun duruma gelmesi ile önlenmesi çok güç olacak drenaj sorunlarının ortaya çıkacağı gerçeği bildirilmelidir. Uygun sulama yöntemlerinin kullanılması ve şebekelerde sulama randımanlarının artırılması yönünde alınacak önlemler tabansuyu yönünden sorun olan alanların büyük ölçüde azalmasını sağlayacaktır.

Araştırma alanında sulama şebekesi kurulduktan sonra aşamalı olarak ve eksik bir drenaj şebekesi kurulmuştur. Sulama şebekeleri kurulurken buna paralel olarak drenaj şebekeleri de kurulmalıdır. Sulama işletmeye açıldıktan sonra drenaj sorununun ortaya çıkmasını izleyen belirli bir zaman süreci içerisinde kurulan drenaj sistemlerinin başarılı olması çok zordur ve uzun zaman alabilmektedir.

Farklı kurumların görev kapsamına giren açık ve tarla içi kapalı drenaj şebekelerinin yapımında kurumlar arasında iletişimin olmadığı belirlenmiştir. Birbirinin tamamlayıcısı niteliğinde olan ve farklı kurumların kendi olanaklarıyla ele alındığında etkisiz kaldığı belirlenen aynı amaca dönük açık ve kapalı drenaj sistemlerinin yapımı, ilgili kurumlar arasında yakın ve uyumlu bir işbirliği ile, kuruluşların sahip oldukları olanaklarının birleştirilerek, ortaklaşa saptanan programlar içerisinde yürütülmesi gerekir. Oluşturulan drenaj sistemi ile sorunların ne ölçüde çözümlenebildiği izlenmelidir. Kurulan drenaj sistemi ile sorunlar çözümlenememişse, nedenleri belirlenerek sistemin geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

Aliyazıcıoğlu (1999)'a göre, drenaj sistemlerinin araziye uygulamasında öncelikle arazi sınıflandırma ve tarımsal drenaj incelemelerinin yapılması ve projelendirme sırasında, önerilere tam olarak uyulması gerekmektedir. Araştırma alanında Devlet Su İşleri ve Köy Hizmetleri Bölge Müdürlüklerince arazi sınıflandırma ve tarımsal drenaj inceleme çalışmalarının yapılmış olmasına ve drenaj sistemlerinin bu çalışmaların sonuçlarına göre projelendirmesine karşılık, uygulama aşamasında birçok yerde sistem ilk kurulduğu yüzeysel drenaj sistemi şeklinde kalmıştır. Sulama şebekesinde daha sonra ortaya çıkan gelişmelere paralel olarak ek tesisler kurularak drenaj şebekesi de geliştirilmelidir. Başlatılan tarla içi drenaj çalışmaları tamamlanmalı ve sonuçları incelenmelidir.

Araştırma alanı arazilerinin büyük bir bölümünde açık (yüzey) drenaj şebekesinin projelerde belirtilen boyutlarda ve özelliklerde açılmış olmasına karşın kapalı (borulu, yüzeyaltı) drenaj şebekesinin projelerinde belirtildiği şekilde kurulmamış olması nedeniyle ortaya çıkan tarla içi drenaj sorunlarının giderilmesi için kapalı drenaj şebekesinin tamamlanmayan kısımları kurulmalıdır. Araştırma alanının genelinde projelerde verilen boyut, derinlik ve aralıklara uygun olarak kurulmuş olan açık drenaj kanallarında yapılan yenileme ve eklemelere uyum sağlamadığı saptanan kapalı drenaj tesisinde bir revizyona gidilmelidir. Dren kapasiteleri, derinlikler ve aralıkları yönünden, arazide kurulmuş olan açık drenaj şebekesine uyumlu yeni kapalı drenaj projeleri geliştirilmelidir. Eksik olarak kurulan kapalı drenaj tesisi, zamanla var olan tesislerinin de işlerliğinin azalması sonucu önemli oranda yeterliliğini yitirmiştir. Kapalı drenlerin açık drenaj şebesi ile bağlantı noktalarında oyulmalar oluşmuştur. Oluşan bu oyulmalar kapalı drenlerin çıkış ağzlarının boşlukta kalmasına yol açmıştır.

Araştırma alanında sulama sonucu ortaya çıkan ve lokal olarak varlığı belirlenen drenaj sorunları açık kanal şeklinde yapılan drenler ile yüzey suları drene edilerek bir ölçüde çözümlenebilir. Tabansuyunun bitki kök bölgesi altında tutulması ise toprak altına döşenen borular aracılığıyla sağlanabilir. Böylece açık drenaj şebekesi kurulurken oluşacak olan arazi kaybı da önlenmiş olur.

İşletme sahiplerinin büyük bir çoğunluğu ilkokul mezunu olduğu için bölgeye götürülecek tarımsal yayım hizmetlerinin, ilkokul mezunu kişilerin algılayıp uygulayabilecekleri şekilde olmasına özen gösterilmelidir. Çiftçilerin sulama ve drenaj konusunda bilinçlendirilmesi için ilgili kuruluşlar tarafından zaman zaman kurs ve seminerler düzenlenmelidir.

Sulama ve drenaj konusundaki yanlış uygulamalar su kaynaklarının aşırı ve gereksiz tüketimine neden olduğu gibi drenaj sorunlarının ortaya çıkmasına da yol açmaktadır. Bu durumun önüne geçilebilmesi için bölgedeki araştırma kuruluşları, yatırımcı ve yayımcı tarımsal birimler işbirliği içerisinde çalışarak bölgedeki toprak-su-bitki ilişkileri iyice araştırılmalı ve uygun sulama yöntemi, zamanı ve süresi, drenaj yönünden doğru uygulamalar çiftçiye önerilmelidir.

Araştırma alanında sulama şebekesinin özellikle yerleşim birimlerine yakın kısımlarında ve tersiyerlerin su alma prizlerinin yeterli görülmediği yerlerde çiftçiler tarafından oluşturulan kırıklar ile zaman aşımı, bakım ve onarım yetersizliği gibi nedenlerle oluşan diğer kırık ve çatlaklar, sulama alanında aşırı su kayıpları oluşturmakta ve buna bağlı olarak yükselen tabansuyu drenaj sorununu ortaya çıkarmaktadır. Bu sorunların giderilebilmesi için sulama kanallarının beton kaplamalarındaki çatlaklıklar ve kırıklar onarılmalı, gerekli yerlere prizler yerleştirilmelidir. Sulama şebekelerindeki bakım ve onarım çalışmaları ile yenileme çalışmalarında, arazideki tabansuyu durumu göz önüne alınmalı ve çalışma programlarında tabansuyu sorunu olan alanlara öncelik verilmelidir.

Kanallardaki suyu tarlaya ulaştıracak olan, tarla içi su dağıtım ağının oluşturulmasında çiftçiye kolaylık sağlanmalıdır. Ana, yedek ve tersiyer kanal şebekelerinin kurulu olduğu araştırma alanında sekonder ve lateral sulama kanalı şebekeleri de kurulmalıdır. Gerekirse gece sulaması yapılabilmesi için sulama şebekesine geceleri su bırakılmalıdır. Araştırma alanında su dağıtım planlaması yapılmadığı gözlemlenmiştir. Öncelikle planlı su dağıtım uygulamasına geçilmelidir. Her sulama mevsiminden önce sulama uygulamaları başlatılmadan ekili bitki çeşitleri ve alanları belirlenerek bitki su tüketim

değerleri hesaplanmalıdır. Ana, yedek ve tersiyer kanalların her birine verilecek su miktarları, sulamaya başlamadan önce belirlenmelidir. Bitkinin sulama suyu gereksinimi ve sulama zamanına özen gösterilmeksizin, plansız bir şekilde yapılan su dağıtım uygulamalarının ortadan kaldırılması için şebeke işletmeciliği gözden geçirilmelidir. Araştırma alanında yer alan bazı köylerin, su dağıtımının belirli bir disiplin içerisinde yapılmasını sağlamada oldukça etkili olan sulama bekçilerinin olmadığı görülmüştür. Sulama tesisin işletme ve bakımı ile sorumlu sulama birliği her köy için bir sulama bekçisi tutulmasını sağlamalıdır.

Araştırma alanında topoğrafik koşullardan dolayı, yer yer arazi yüzeylerinde oluşan su birikintilerinin oluşmasını önlemek için arazi tesviyesi yapılmalıdır. Özellikle arazi eğiminin % 1-3 arasında olduğu araştırma alanının batı bölümünde yaklaşık 500 ha'lık tarım alanında çok ağır tesviye gereklidir.

Parçalı ve dağınık arazi yapısının egemen olduğu yörede bazı sosyal nedenlerin yanı sıra, sudan daha çok yararlanmak amacıyla komşu tarlaya su bırakmak istemeyen tarla sahipleri bu yüzden kendi arazilerine fazla su verilmesine neden olmaktadır. Aşırı su verilmesinin doğal sonucu olarak drenaj sorunu ortaya çıkmaktadır. Parçalı ve dağınık arazi yapısının giderilmesi ile, çok sayıda tarla ile sınır olma durumu azalacak, komşu tarla sahipleri arasında su paylaşım sorununun önüne geçmek olası olacaktır. Ayrıca arazi toplulaştırması yapılmayan araştırma alanında arazilerin bir bölümü tarla içi drenaj sistemlerinden yararlanamamaktadır. Bunun için bölgede en kısa zamanda arazi toplulaştırılması çalışmaları başlatılmalıdır. Böylece tarlalar arası ulaşım sorunu da önemli oranda çözümlenmiş olacaktır. Araştırma alanında arazi toplulaştırması, sulama ve drenaj yapıları, arazi iyileştirme ve arazi tesviyesi gibi kültürteknik hizmetlerinin bir bütün olarak ele alınıp uygulandığı bir alt yapı oluşturulmalıdır.

Araştırma alanında birçok çiftçinin drenaj kanallarından su almak amacıyla kanallara set vurarak kanallardaki su düzeyini yükseltmeye çalıştığı gözlenmiştir. Bu şekilde su düzeyi yükselen kanallara bağlı olan emici ve kollektör çıkış boruları su altında kalmakta ve drenler batık çalışmaktadır. Böylece kollektörler tersine çalışarak bazı

durumlarda arazide tabansuyunun toprak yüzeyine kadar yükselmesine yol açmaktadır. Kurulan tarla içi drenaj şebekesinin sürekli çalışır durumda olması, bunun için de çıkış borularının sürekli açık tutulması gerekmektedir. Çiftçilerin drenaj kanallarından su almak amacıyla su akışına engel olmalarının önüne geçilmelidir. Sulama kanallarından tarlalara su alımını sağlayan su yapılarının çalışmaz durumda olanları onarılmalı veya yenilenmelidir. Çiftçilerden gelen istekler incelemeye alınarak gerekli görüldüğünde yeni su alma yapıları kurulmalıdır.

Araştırma alanında genellikle çok düşük eğime sahip düz veya düze yakın arazilerden geçen drenaj kanallarında sediment birikimi oluşmakta ve bu durum sistemin çalışamaz duruma gelmesine yol açmaktadır. Kanallarda sediment birikiminin önlenmesi için belli aralıklarla kanallar temizlenmelidir. Ana ve yedek drenaj kanallarının temizliği makine ile Sulama Birliği ve Devlet Su İşleri Şube Müdürlüğü tarafından yapılırken, tersiyer drenaj kanallarının temizliği çiftçiler tarafından yapılmaktadır. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü çalışma programında; kanal temizlik aralıkları ana kanallarda 4-5 yıl, yedek kanallarda 2-3 yıl, tersiyer kanallarda ise 1-2 yıl olarak yer almaktadır. Ancak Bekişoğlu vd (1990) gerekli görüldüğü durumlarda bu aralıkların kısaltılmasını önermektedir. Bu konuda çiftçiler bilinçlendirilmelidir. Temizlik aralıklarının süresi açısından, kesin olarak öngörülen bir süre olmamakla birlikte; ana, yedek ve tersiyer kanallar belirli bir program yapılarak temizlenmelidir. Gerek duyulduğu zamanlarda belirli bir sürenin geçmesi beklenmeksizin ana, yedek ve tersiyer drenaj kanallarının temizliği yapılmalıdır. Su akışının gerçekleştiği kanal tabanlarında sediment birikiminden dolayı kot yükselmesi olabileceği ve böylece kanal kapasitesinin azalacağı göz önüne alınarak, kanallarda her yıl kot kontrolü yapılmalı, sediment temizlikleri bu kontrollerin sonuçlarına göre planlanarak yerine getirilmelidir. Kanallarda nivelman çalışması yapılabilmesi durumunda, sediment birikimi olan kanal ya da kanal kesimleri net olarak ortaya çıkarılabilecek, sediment birikimi olmayan kesimlere gereksiz yere makine girmesi engellenecek ve kanallarda hatalı temizlik sonucu oyulmalar önlenmiş olacaktır.

Drenaj sistemlerinde sediment birikimi kontrolünün yanı sıra mekanik ve kimyasal yöntemlerle kanallarda yabancı ot kontrolü, çalışamaz duruma gelmiş sanat yapılarının

bakım ve onarımı, belirli bir kapasiteye göre boyutlandırılmış kanalların zamanla en kesitlerinde ortaya çıkan değişikliklerin giderilmesi gibi çalışmalar sürekli olarak yapılmalıdır. Gerek açık ve gerekse kapalı drenaj sistemleri denetim altında tutulmalı drenajsız bir sulama kesinlikle düşünülmemelidir.

Arazi gözlemleri sonucunda yer yer ve genel olarak kapalı drenaj sisteminin bulunmadığı bölgelerde rastlanan tuzluluk ve sodyumlulaşma sorununun ciddi boyutlara ulaşmasına engel olunmalıdır. Belirtilen lokal sodyumlulaşma ve tuzlulaşmanın olduğu yerlerdeki tabansuyu düzeyinin yıl içerisinde belirli dönemlerde çok yüksek olduğu, tabansuyu tuzluluğunun da aynı şekilde yüksek tuzlu sular sınıfına girdiği belirlenmiştir. Tabansuyu düzeyinin yüksek olduğu kısımlardaki kuyuların büyük bir kısmının su sınıfı C_3S_1 olarak saptanmıştır. Yapılan anket sonuçlarına göre az da olsa bir kısmının yüzeyaltı kuyularından sulama yaptığı belirlenen araştırma alanı çiftçileri, konu ile ilgili olarak uyarılmalıdır. Tabansuyu düzeyinin; yıl boyunca, özellikle buharlaşmanın yüksek olduğu dönemlerde, kritik tabansuyu derinliği denilen ve kapillarite ile üst toprak katlarına tuz taşınmasının minumuma indiği düzeyin altında tutulması gerekir. Özellikle Ağustos ayında şebekeye bırakılan su miktarı ölçülü olarak verilerek sulamada bir denetim sağlanmalıdır. Yağışlı geçen dönemlerde sulama suyu kısıtlı olarak verilmelidir. Kurak geçen dönemlerde gece sulaması uygulaması yapılmalıdır. Ayrıca tuzluluğun yüksek oranlara ulaşmasını önlemek amacıyla sonbaharda sulamanın bittiği dönemde, su niteliği göz önüne alınarak yıkama suyu gereksiniminin de hesaplanarak verilmesi gerekir. Sodyumlulaşma ve tuzluluk sorunu olan yerlerde kil dren döşenmesi gerekmektedir.

Mayıs-1999 ile Nisan-2002 tarihleri arasında yürütülen araştırma süresi boyunca özellikle 2000 ve 2001 yıllarında ülkemizin tamamında olduğu gibi Erzincan yöresinde de etkili olan genel kuraklığa karşı tabansuyu düzeyi özellikle yaz ve sonbahar aylarında bazı kuyularda çok yüksek düzeyde belirlenmiştir. Genel kuraklık etkisini yitirdikten sonra uzun yıllar ortalamasında oluşacak yağışlar drenaj önlemleri alınmazsa tabansuyu düzeyini daha da yükseltecektir. Tabansuyunun yıl boyunca bitki kök

bölgesinde olduğu alanlar için kesinlikle kapalı bir hat halinde toprak içerisine borular döşeyerek çiftlik drenajı önlemi alınmalıdır.

Çiftçiler tarafından çeşitli nedenlerle zaman zaman sulamada kullanılan drenaj sularının genel olarak orta tuzlu C_2S_1 sınıfında olmasına karşın yüksek tuzlu C_3S_1 sınıfındaki sulara da rastlanmıştır. C_3S_1 sınıfı sular drenajı iyi olmayan topraklarda kullanılmamalıdır. Uygun bir drenaj ortamında kullanılsalar bile tuzluluk kontrolü gerekir ve tuza dayanıklı bitkiler seçilmelidir. Bu suların yörede fasulye gibi tuzluluğa karşı çok duyarlı bitkilerin sulanmasında kullanılması sakıncalıdır. Drenaj sularının sulamada kullanımından kaçınılmalıdır. Tabansuyu örneklerinin önemli bir kısmının C_3S_1 sınıfında olduğu göz önünde bulundurulursa tabansuyunun da sulama amaçlı kullanılmaması gerektiği sonucu çıkarılmaktadır. Bu sular ile kesinlikle yağmurlama sulama yapılmamalıdır. Ancak yüzeysel sulama yöntemleri uygulanarak, çok kurak geçen, sulama suyunun yetersiz olduğu ve bitkilerin sulanmasının zorunlu olduğu durumlarda tuza dayanıklı bitkiler ile duyarlı bitkiler arasında bir rotasyon uygulaması düşünülmelidir. Tuzlu suların kullanım zorunluluğu olduğu durumlarda tuzlu sular ile yüksek kaliteli sular dönüşümlü olarak uygulanabilir. Ancak bu uygulama, tuza orta derecede duyarlı bitkiler ile tuza dayanıklı bitkilerin bir ürün rotasyonunu gerektirir. Düşük miktarda tuz içeren sular, tuza dayanıklı bitkilerin çimlenme devresinde ve tuza orta derecede duyarlı bitkiler ise tüm sulamalarında kullanılır.

KAYNAKLAR

- Ağca, N., Ergezer, Ş., 1995. Harran Ovası Topraklarında Drenaj, Tuzluluk ve Alkalilik Sorunları. DSİ Teknik Bülteni, (83), 65-69, Ankara.
- Ali, R., Elliot, J.L., Ayars, J.E., Stevens, E.W., 2000. Soil Salinity Modeling Over Shallow Water Tables. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 126 (4), 222-223.
- Aliyazıcıoğlu, Ş., 1999. Drenaj Etüdları ve Değerlendirilmesi. Su ve Toprak Laboratuvarı Seminer Kitabı, DSİ Genel Müdürlüğü, 201-208, Ankara.
- Amlan, D., 2000. Optimization-Based Simulation and Design of Tile Drainage Systems. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 126 (6), 381-388.
- Anapalı, Ö., Öztaş, T., Şahin, Ü., Hanay, A., 1998. Erzurum Karasu Ana Tahliye Kanalının Topraktaki Tuzluluk ve Sodyumluluk Değişimi Üzerine Etkisi. Doğu Anadolu Tarım Kongresi, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, 1467-1477, Erzurum.
- Anapalı, Ö., Şahin, Ü., Öztaş, T., Hanay, A., 2000. Defining Effective Salt Leaching Regions Between Drains. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 25 (1), 51-56.
- Anonymous, 1969. Drenaj. Topraksu Genel Müdürlüğü Yayını, Standart No:St.1-004-69, 202, Ankara.
- Anonymous, 1972. Sulama ve Drenaj Teknik Lügati. Uluslar Arası Sulama ve Drenaj Komisyonu Türk Milli Komitesi, 3015-3016, Ankara.
- Anonymous, 1983. Drenaj Projelerinin Hazırlanmasında Kullanılacak Etüd- Planlama ve Projelendirme Rehberi. Topraksu Genel Müdürlüğü Yayını, Yayın No:735, 30-37, Ankara.
- Anonymous, 1984. Erzincan Ovası Revize Planlama Raporu. Topraksu Genel Müdürlüğü, 1-40, Ankara.
- Anonymous, 1988a. Tabansuyu İzleme Çalışmaları. Cilt III, DSİ Genel Müdürlüğü, 76, Ankara.
- Anonymous, 1988b. Drenaj Sistemlerindeki Tortu ve Yabancı Ot Sorunlarının Çözümünde Mekaniksel Temizlik ve Kimyasal Yabancı Ot Savaşımı Yöntemlerinin Birlikte Kullanılması ve Uygulamaların Tabansuyu Üzerindeki Etkisi Konusunda Ön Çalışmalar. DSİ Genel Müdürlüğü, 1-38, Ankara.
- Anonymous, 1990. Erzincan Barajı Planlama Raporu. DSİ Genel Müdürlüğü, 3, Ankara.
- Anonymous, 1991. Türkiye Toprakları Verimlilik Envanteri. T.C Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonymous, 1993. Tabansuyu İzleme ve Değerlendirme Rehberi. DSİ Genel Müdürlüğü, 19-26, Ankara.
- Anonymous, 1995. Deney Raporu. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, TAKK Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Anonymous, 1997. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Envanter Çalışmaları. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonymous, 1998. 1998 Yılı İstatistik Yıllığı. Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara.
- Anonymous, 1999. Erzincan Sol Sahil Sulaması İzleme ve Değerlendirme Raporu. DSİ Genel Müdürlüğü, 2, Ankara.

- Anonymous, 2000a. Bakım Onarım Yönergesi Kitabı. DSİ Genel Müdürlüğü, 3, Ankara.
- Anonymous, 2000b. Erzincan Sol Sahil Sulaması İzleme ve Değerlendirme Raporu, DSİ Genel Müdürlüğü, 2, Ankara.
- Anonymous, 2001a. DSİ Teknik Ajandası. DSİ Genel Müdürlüğü, 8, Ankara.
- Anonymous, 2001b. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Verileri (Erzincan ili için). Ankara.
- Anonymous, 2001c. Erzincan Sol Sahil Sulaması İzleme ve Değerlendirme Raporu. DSİ Genel Müdürlüğü, 2, Ankara.
- Apan, M., 1992. Bafra ve Çarşamba Ovalarının Sulama ve Drenaj Yönünden Genel Sorunları ve İyileştirilmesiyle İlgili Çalışmalar. IV. Ulusal Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Bildirileri, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 109-118, Erzurum.
- Ardahanlıoğlu, O., 1994. Iğdır ve Erzincan Ovasında Tahliye Suları ile Sulanan Topraklarda Meydana Gelecek Muhtemel Tuzluluğu Tespit Etmek Amacıyla Hazırlanan Etüt Raporu. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Erzurum Araştırma Enstitüsü, Erzurum.
- Ardahanlıoğlu, O., Demir, A.O., Gemalmaz, E., 1996. Bazı Değişken Akış Drenaj Eşitliklerinin Model Denemeleri İle Karşılaştırılması. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Erzurum Araştırma Enstitüsü Yayınları Genel Yayın No:58, Rapor Seri No:50, 1-4, Erzurum.
- Ayars, E.J., Grismer, M.E., Guitjens, J.C., 1997. Water Quality as Design Criterion in Drainage Water Management Systems. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 123 (3), 154-159.
- Aydın, A., Sezen, Y., 1995. Toprak Kimyası Laboratuvar Kitabı. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ders Yayınları No:174, 140-143, Erzurum.
- Ayers, R.S., Wescot, D.W., 1985. Water Quality for Irrigation and Drainage. Paper No.29, Rev. 1, 174, FAO, Roma.
- Ayyıldız, M., 1990. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ders Kitabı 344, 11-96, Ankara.
- Bahçeci, İ., Tarsus, C., Yılmaz, T., 1981. Konya Ovası Ana Tahliye Kanalı Suyunun Kalitesi. Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:77, Rapor Yayın No:63, 26-28, Konya.
- Balcı, A., 1973. Drenaj İhtiyacı Gösteren Tarım Arazilerindeki Fazla Suyun Belirtileri, Nedenleri ve Zararları. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Genel Yayın No:77, Rapor Yayın No:63, 26-28, Konya.
- Barua, G., Tiwari K.N., 1996. Ditch Drainage Theories for Homogeneous Anisotropic Soil. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 122 (5), 276-285.
- Becer, A.T., 1987. Tarımsal Drenaj Sistemlerinde Kullanılan Boru ve Filtre Malzemelerinin Etkinliği. DSİ Teknik Bülteni, 13, 19-29, Ankara.
- Bekişoğlu, Ş., 1985. Sulama ve Tahliye Kanallarında Su İletimi Sırasında Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Yolları. Yabancı Ot Savaşımı Seminer Notları, DSİ Genel Müdürlüğü, 14-20, Ankara.
- Bekişoğlu, Ş., Altınayar, G., Yıldırım, S., 1990. Drenaj Sistemlerindenki Tortu Birikiminin Nedenleri Üzerinde Çalışmalar. DSİ Genel Müdürlüğü, 1-5, Ankara.
- Bouwer, H., Idelovitch, E., 1987. Quality Requirements for Irrigation with Savage Water. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 113 (4), 516-535

- Cavelaars, J. C., 1974. Drainage Principles and Applications. IV. Design and Management of Drainage System, Subsurface Field Drainage Systems, International Institute for Land Reclamation and Improvement, Volum IV., 2-68, Netherlands.
- Cox, J.W., McFarlane, D.J., 1995. The Causes of Waterlogging Shallow Soils and Their Drainage in Southwestern Australia. *Journal of Hydrology* 167, 175-194.
- Çakmak, B., Öztürk, F., 1995. Sulamanın Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi. V. Ulusal Kültürteknik Kongresi, 585-599, Antalya.
- Çetin, M., Diker, K., Özcan, H., 2000. Monitoring and Evaluating The Spatial and Temporal Changes in Groundwater Quality . 2 th ICGESA International Conference on GIS for Earth Science Applications, Abstract on Page: 55, Full Text in Attached CD, Turkey.
- Çiçek, A., Erkan, O., 1996. Tarım Ekonomisinde Araştırma ve Örneklem Yöntemleri. Gazi Osman Paşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No:12, Ders Notları Serisi No:6, 118, Tokat.
- Çiftçi, N., 1990. Konya-Çumra Ovası Marnlı- Kalkerli Topraklarının Drenaj Sorunları ile Uygun Dren Derinlik ve Aralığının Tespiti Üzerinde Bir Araştırma. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 5-9, 109-113, İzmir.
- Çiftçi, N., 1991. Konya-Çumra Ovasında Sulamaya Açılmakta Olan Bazı Arazilerin Drenaj Sorunları ile Drenaj Kriterlerinin Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 1 (2), 17-30.
- Çiftçi, N., Toprak, R., Çelebi, M., 1994. Konya Bölgesi Çiftçilerinin Sulama Drenaj Uygulamaları ve Bununla İlgili Sorunların Tespiti. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayını, 5 (7), 93-107, Konya
- Çiftçi, N., Kara, M., Yılmaz, A.M., Uğurlu, N., 1995. Konya Ovasında Drenaj Sularıyla Sulanan Arazilerde Tuzluluk ve Sodyumluluk Sorunları. 5. Kültürteknik Kongresi, Kongre Bildirileri, 471-481, Antalya.
- Davidoff, B., Lewis, J.W., Selim, H.M., 1986. Variability of Soil Temperature with Depth Along A Transect. *Soil Science*, 144 (2), 114-123.
- Değirmenci, H., Demir, A.O., 2000. Açık Drenaj Kanallarının Bakımında Kimyasal Kontrol Yöntemleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 32 (2), 113-120.
- Demir, A.O., 1989. Bazı Kararlı Akış Drenaj Eşitliklerinin Model Denemeleri ile Kendi İçerisinde Karşılaştırılması. Köy Hizmetleri Erzurum Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Genel Yayın No:23, Rapor Yayın No:20, 1-14, Erzurum.
- Demirtaş, A., 1997. Su Analizleri İçin Su Örneklerinin Alınması ve Korunması. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No:194, 31, Erzurum.
- Demiralay, İ., 1993. Toprak Fiziksel Analizleri. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No:143, 20-23, Erzurum.
- Dieleman, P.J., 1963. Reclamation of Salt Affected Soils in Iraq. ILRI. Pub. No:11, 28, Netherlands.
- Dieleman, P.J., Trafford, B.D., 1976. Drenajda Sınama. (Çeviren: Berkman, İ.), FAO, 1-8, Roma.
- Dinç, G., 1978. Aşağı Seyhan Ovası Sağ Sahil Sulama İşletme Alanında Drenaj Sorunu Yaratın Yüksek Yeraltı Suyu Düzeyi Hareketlerine Etkili Olan Etmenlerin Saptanması Üzerine Bir Araştırma. Doçentlik Tezi, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 3-7, Adana.

- Droogers, P., Torabi, M., Akbari, M., Pazira, E., 2001. Field-scale Modeling to Explore Salinity Problems in Irrigated Agriculture. *Irrigation and Drainage*, 50 (2), 77-90.
- Dunn, S.M., Mackay, R., 1996. Modelling Hydrologycal Impacts of Open Ditch Drainage. *Journal of Hydrology*, 179 (1996), 37-66.
- Eggelsman, R., 1987. Tarım, Çevre ve Altyapı Mühendisliğinde Kapalı Drenaj. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayın No:5110, (Çeviren:Demirbaş, S.), 309-318, Ankara.
- Ergene, A., 1993. Toprak Biliminin Esasları. Atatürk Üniversitesi Yayın No:586, Ziraat Fakültesi Yayın No:267, Genişletilmiş 4.Baskı, 20-23, Erzurum.
- Erözel, Z., 1986. Sulamada Su Kalitesi ve Tuzluluk Sorunları. Kültürteknîğe Giriş, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No:996, 97-110. Ankara.
- Garcia, A.L., Manguerra, M.N., Gates, T.K., 1995. Irrigation-Drainage Design and Management Model: Development. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 121 (1), 71-82.
- Gedikoğlu, N., 1999. Toprak Laboratuvarlarında Yapılan Analizler ve Tarımdaki Değerlendirilmeleri. Su ve toprak Laboratuvarı Seminer Kitabı, DSİ Genel Müdürlüğü, 1-19, Ankara.
- Gemalmaz, E., 1993. Drenaj Mühendisliği. Cilt I., Atatürk Üniversitesi Yayın No:746, Ziraat Fakültesi Yayın No:317, 20-23, Erzurum.
- Gemalmaz, E., 1997. Yüzeyaltı Borulu Drenaj Sistemlerinin Hidrolik Projelenmesi; II: Uygulama Örnekleri ve Bilgisayar Programları. DSİ Teknik Bülteni, 89, 23-36, Ankara.
- Greeberg, A.E., Lesceri, L.S., Eaton, A.D., 1992. Standart Methods for Examination of Water and Wast Water. 102-468, U.S.A.
- Guitjens, J. C., A yars, J. E., Grimer, M. E., Willardson, L.S., 1997. Drainage Designe Water Quality Management:Overwiev. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 123 (3), 148-153.
- Gülsün, K., 1984. Su ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesine Yönelik Proje Planlaması Çalışmalarında Toprak ve Tabansuyu Verilerinin Önemi. Cilt II., DSİ Genel Müdürlüğü, 5-20, Ankara.
- Güngör, Y., Erözel, A.Z., 1994. Drenaj ve Arazi Islahı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:134, Ders Kitabı No:389, 293-303, Ankara.
- Güngör, H., 1998. Drenaj Etüt-Planlama-Projeleme Esasları. Köy Hizmetleri 3. Bölge Müdürlüğü, 1-13, İçel.
- Hajrasuliha, S., Baniabbasi, N., Metthey, J., Nielsen, D.R., 1980. Spatial Variablity of Soil Sampling For Salinity Studies in South-West Iran. *Irrigation Science*, 1, 197-208.
- Hansen, E.V., Israilsen, W.O., Stringham, E.G., 1979. Irrigation Principles and Practices. 10987, 296-297, U.S.A.
- Hathoot, H.M., 1998. Theory of Pipe Drainage Assisted By Mol Drainage Engineering, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 124 (2), 102-108.
- Hesse, P.R., 1972. A text Book of Soil Chemical Analysis. Chemical Publishing Co., Inc., 1-520, New York.
- Hoeksama, R.J., Clap, R.B., Thomas, A.L., Hunley, A.E. Farrow, N.D., Deartston, K.C., 1989. Cokriking Model for Estimation of Water Table Elevation. *Water Resources Research*, 25 (3), 429-438.

- Hoffman, G.J., Ayers, R.S., Doerring, E.J., McNeal, B.L., 1983. Salinity in Irrigated Agriculture. Design and Operation of Farm Irrigation Systems, ASAE, Michigan, 145-185.
- Işıkkhan, A., 1999. Drenaj ve Toprak İyileştirme Ders Notu. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 1-18, Ankara.
- James, L.G., 1988. Principles of Farm Irrigation System Design . John Wiley & Sons., 260-299, New York.
- Kanber, R., Kırdı, C., Tekinel, O., 1992. Sulama Suyu Niteliği ve Sulamada Tuzluluk Sorunları. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Genel Yayın No:21, Ders Kitapları Yayın No:6, 341, Adana.
- Kara, M., Çiftçi, N., Şimşek, H., 1992. Çumra Sulama Şebekesi Çomaklı Mevkii Arazilerinin Tabansuyu Karakteristikleri ve Dren Kriterlerinin Belirlenmesi. IV. Ulusal Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Bildirileri, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 217-229, Erzurum.
- Kayael, N., 1999. Tuzlu-Sodik ve Sodik Toprakların Oluşumu, Özellikleri ve Analizleri. Su ve Toprak Laboratuvarı Seminer Kitabı, DSİ Genel Müdürlüğü, 31-52, Ankara.
- Kızılkaya, T., 1983. Drenaj Kanalları Kapasitelerinin Tayini. DSİ Genel Müdürlüğü, 1-5, Ankara.
- Kızılkaya, T., 1988. Sulama ve Drenaj. II. Basım, DSİ Genel Müdürlüğü, 76-81, Ankara.
- Koçak, M., 1996. Drenaj Sistemlerinin Otomasyonu. DSİ Teknik Bülteni, 85, 51-56, Ankara.
- Konukçu, F., Yüksel, A. N., 1992. Tuzlu Suların Sulama Suyu Olarak Kullanılabilme Olanakları Üzerine Bir Araştırma. IV. Ulusal Kültürteknik Kongresi. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Kültürteknik Bölümü, 250-259, Erzurum.
- Koral, S.L., 1999. Drenaj Kanalı Projeleme Esasları Ders Notu. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 1-45, Ankara.
- Knapp, C.K., Stevens, B.K., Letey, J., Oster, J., 1990. A Dynamic Optimization Model for Irrigation Investment and Management Under Limited Drainage Conditions. Water Resources Research , 26 (7), 1335-1343.
- Knapp, C.K., 1992. Irrigation Management and Investment Under-Saline, Limited Drainage Conditions 1. Model Formulation. Water Resources Research , 28 (12), 3085-3090.
- Knighton, R.E., James, D.W., 1985. Soil Test Phosphorus as A Regionalized Variable in Leveled Land. Soil Science Society of Am. J., 49, 675-679.
- Knudsen, D., Peterson, G.A., Pratt, P.F., 1982. Lithium, Sodium, and Potassium. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, 225-246, U.S.A.
- Mavi, A., Apan, M., Avcı, K., 1998. Çarşamba Ovası Topraklarında Hidrolik İletkenlik ile Drene Edilebilir Porozitenin Değişik Değişik Yöntemlerle Belirlenmesi. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı, Yayın No:108, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 267-280, Ankara.
- Laslett, G.M., McBratney, A.B., 1990. Further Comparison of Spatial Methods for Predicting Soil pH. Soil Science Society of Am. J., 54, 1553-1558.

- Letey, J., 1993. Relationship Between Salinity and Efficient Water Use. *Irrigation Science*, 14 (2), 75.
- Manguerra, H., Garcia, L.A., 1997a. Field Strategy for Agricultural Drainage and Water Quality Management. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 123 (1), 37-44.
- Manguerra, H., Garcia, L.A., 1997b. Modelling Flow and Transport in Drainage Areas with Shallow Groundwater. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 123 (3), 185-193.
- Marks, D.B., Gilmour, J.T., Scott, H.D., Ferguson, J.A., 1988. Effects of Long-Term Water Management in A Humid Region on Spatial Variability of Soil Chemical Status. *Soil Science*, 145 (3), 188-193.
- Mengel, K., Kirkby, E.A., 1987. Principles of Plant Nutrition. International Potash Ins., 62, Switzerland.
- McLean, E.O., 1982. Soil pH and Lime Requirement. In *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*, 199-224, U.S.A.
- Moustafa, M.M., Yomota, A., 1998. Spatial Modelling of Soil Properties for Subsurface Drainage Projects. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 124 (4), 218-228.
- Mudgway, L.B., Nathan, R.J., McMahon, T.A., Malano, H.M., 1997. Estimating Salts Loads in High Water Tables Areas. I. Identifying Processes. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 123 (2), 79-90.
- Oğuzer, V., Kanber, R., 1989. Değişik Düzeylerde Tutulan Tuzlu Tabansularının Bazı Bitkilerin Verimlerine ve Toprakta Tuz Birikimine Etkilerinin İrdelenmesi. *Doğa Dergisi* 13 (2), 335-341.
- Oğuzer, V., Yarpuzlu, A., 1992. Buğday Bitkisinde Gelişim Devrelerinde Taban Suyunda Olacak Düzey Değişikliğinin Verime Etkisi. IV. Ulusal Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Bildirileri, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 260-264, Erzurum.
- Özcan, M., Çetin, M., 1996. Land Degredation Induced By High Groundwater Level and Soil Salinity in The IV. Stage Project Area of Yüreğir Plain: Case Study. International Conference on Land Degredation . University of Çukurova, 93-99, Turkey.
- Özer, N., 1984. Tarımsal Alan Drenaj Kriterleri. DSİ Genel Müdürlüğü, 1-14, Ankara.
- Özden, D.M., 1985. Drenaj Malzemeleri. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Köy Hizmetleri Erzurum Araştırma Enstitüsü Yayın No:7, 1-15, Erzurum.
- Özgenç, N., Erdoğan, F.C., 1988. DSİ Sulamalarında Bitki Su Tüketimleri ve Sulama Suyu İhtiyaçları. DSİ Genel Müdürlüğü, 230-232, Ankara.
- Özgüler, M., 1999. Sulama Suyu Kalitesinin Değerlendirilmesi Açısından Sulama Suyu Analizleri ve Sınıflandırılması. Su ve Toprak Laboratuvarı Seminer Kitabı, DSİ Genel Müdürlüğü, 77-91, Ankara.
- Öztaş, T., 1995. Jeostatistiğin Toprak Bilimindeki Önemi ve Uygulanışı. İlhan Akalan Toprak ve Çevre Sempozyumu, Tübitak Yayın No: 7 (1), 271-280.
- Öztürk, A., Erözel, Z., 1994. Sulama Suyu Kalitesi ve Tabansuyu Derinliğinin Bitki Verimlerine Etkisi. DSİ Teknik Bülteni, 81, 55-60, Ankara.
- Rhoades, J.D., 1972. Quality of Water for Irrigation. *Soil Science*, 113 (4), 277-284.
- Rhoades, J.D., 1982. Soluble Salts. In *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties*, 167-179, U.S.A.

- Rhoades, J.D., Chanduvi, F., Lesch, S., 1999. Soil Salinity Assesment. FAO Irrigation and Drainage Paper 57, 63-94, Rome.
- Robertson, J.B., Sullivan, E.F., Clemmens , A.J., Lowell, F.P., 1991. Management Operation and Maintenance of Irrigation and Drainage Systems. Manual No:74, Irrigation and Drainage, (Ed. W.F. Ritter) ASAE, 611-632, New York.
- Shainberg, I., Oster, J.D., 1977. Quality of Irrigation Water. International Irrigation Information Center, III. C, Pub. No: 2, 60, U.S.A.
- Sharma, H.C., Kapoor, P.N., Chauhan, H.S., 2000. Transient Ditch Drainage of Two-Layered Soil. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 126 (1), 14-20.
- Şimşek, G., 1993. Toprak Etüd ve Haritalama. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları No:146,111-113, Erzurum.
- Tabaei, H.A., Guitjens, J.C., 1991. Water Quality of Shallow Groundwater Reused for Irrigation. Irrigation and Drainage, (Ed. W.F. Ritter) ASAE,260-266, New York.
- Tanji, K.K.,1997. Irrigation with Marginal Quality Waters:Issues. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 123 (3), 165-169.
- Taş, İ., Zaimoğlu, Z., 2001. Yüksek Tuz Konsantrasyonuna Sahip Suların Sulamada KullanımınınToprak İnfiltrasyonu Üzerine Etkisi. I. Türkiye Su Kongresi Kitabı Bildiri Kitabı, Cilt II, 639-646, İstanbul.
- Tekinel, O., Kırdı, C., 1978. Sulama Suları Niteliğinin Değerlendirilmesinde Yeni Gelişmeler. Topraksu Teknik Dergisi, 48, 38-56.
- Thomas D.L., Brown, L.C., Fous, J.L., 1991. Research for New Water Table Management Systems. Irrigation and Drainage, 138-143.
- Toprakoğlu, H., 1974. Sulu Ziraat Arazi Tasnifi. Teknik Rehber, Uluslar Arası Sulama ve Drenaj Komitesi, 81-97, Ankara.
- Vauclin, M., Vieira, S.R., Vachaud, G., Nielsen, D.R., 1983. The Use of C okriging with Limited Field Soil Observation. 47, 175-184.
- Verhoeven, B., 1974. Salty Soils. International Institute For Land Reclamation and Improvement, Volume I, 5-25, Netherlands.
- Withers, B., Vipond, C., 1980. Irrigation: Design and Practice. II. Pub. Cornell University Pres., 165-180, Ithaca-Newyork.
- Yates, S.R.,Warrick A.V., 1987. Estimating Soil Water Content Using Cokriging. Soil Science Society of Am. J., 51, 23-30.
- Yarpuzlu, A., 1999. Tarsus Ovası Drenaj Kanal Sularının Niteliği ve Sulamada Kullanılma Olanakları. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı, 77-79, Adana.
- Yıldırım, S., 1994. DSİ Sulamalarında Tabansuyu İzleme Çalışmaları. Su ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferansı Bildirileri, Cilt 2, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, 569-578, Ankara.
- Yıldız, N., Bircan, H., 1991. Uygulamalı İstatistik. IV. Baskı, Atatürk Üniversitesi Yayın No:706, Ziraat Fakültesi Yayın No:308, 120-161, Erzurum.
- Yılmaz, T., Mavi, A., 1982. Kapalı Drenaj Sistemlerinin Projelendirme Kriterlerinin Deneysel Olarak Saptanması. DSİ Teknik Bülteni, 53, 58-62.
- Yost, R.S., Vehara, G., Fox, R.L., 1982. Geoistatistical Analysis of Soil Chemical Properties of Larg Land Areas II. Kriking. Journal of Soil Science Society of Am. J., 46, 1033-1037.

- Youngs, E.G., 1985. A Simple Drainage Equation for Predicting Water-Table Drawdowns. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 31, 321-328.
- Youngs, E.G., Leeds- Harrison, P.B., 2000. Improving Efficiency of Desalinization with Subsurface Drainage. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 126 (6), 375-380.
- Yurtseven, E., Orta, H., 1992. Sulama Verimliliği ve Drenaj Hacminin Azaltılması. *Topraksu Dergisi*, 2, 20-23.
- Yurtseven, E., 1995. Sulanan Alanlarda Tuzlulaşma ve Tuzluluk Yönetimi. 5. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri, Kültürteknik Derneği, 483-502, Antalya.
- Yurtseven, E., 1999. Sürdürülebilir Tarım ve Tuzluluk Etkileşimi. 3. Kültürteknik Kongresi Bildirileri, 237-245, Kapadokya.
- Zhang, R., Warrick, A.W., Myers, D.E., 1992. Improvement of The Prediction of Soil Partical Size Fractions Using Spectral Properties. *Geoderma*, 52, 223-234.



EKLER**Ek-1. Anket Formu****Erzincan Ovasında Drenaj Sistemlerinin İşletilmesinde Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri Çalışması Çiftçi Anket Formu**

- 1) Eğitim düzeyiniz nedir?
 - a) Diplomasız okur-yazar
 - b) İlkokul
 - c) Ortaokul
 - d) Lise
 - e) Üniversite
- 2) Sulama suyunu nereden alıyorsunuz?
 - a) Sulama kanalından
 - b) Kuyulardan
 - c) Drenaj Kanalından
- 3) Hangi yöntemle sulama yapıyorsunuz?
 - a) Yağmurlama
 - b) Karık
 - c) Salma
 - d) Tava
- 4) Neye göre sulama yapıyorsunuz?
 - a) Bitki durumuna bakarak
 - b) Tahmini olarak

- c) Toprağı kontrol ederek
d) Su bulunduğunda
- 5) Arazilerinizde tabansuyu problemi var mı?
- a) Var b) Yok
- 6) Arazilerinizde drenaj problemi var mı?
- a) Var b) Yok
- 7) Drenaj problemi var ise nereden anladınız?
- a) Toprak yüzeyinde su göllenmeleri
b) Toprak yüzeyinde tuz lekeleri
a) Toprağın geç tava gelmesi
b) Diğer
- 8) Drenaj kanalı suyunun sulamada kullanılmasının zararlı olduğunu biliyor musunuz?
- a) Evet b) Hayır
- 9) Drenaj kanallarından sulama için su almanızın sebebi nedir?
- a) Daha kolay olması
b) Daha ucuz (parasız) olması
c) Sulama suyu yetersizliği
d) Diğer
- 10) Sulamada kullandığınız su ve sulama yaptığınız topraklar analiz ediliyor mu?
- a) Evet b) Hayır

ÖZGEÇMİŞ

Erzurum’da 1969 yılında doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Erzurum’da tamamladı. 1986 yılında girdiği Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünden 1990 yılında mezun olduktan sonra aynı yıl DSİ 8. Bölge Müdürlüğünde göreve başladı.1990 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Ana Bilim dalında başladığı Yüksek Lisans öğrenimini 1992 yılında tamamladı.

Halen DSİ 8. Bölge Müdürlüğünde Ziraat Yüksek Mühendisi olarak çalışmaktadır

