ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Veli ALAÇ

SIRTA DİKİM YAPILMIŞ NARENCİYE BAHÇESİNDE KURULU BULUNAN DAMLA SULAMA SİSTEMİNİN PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

ADANA, 2006

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SIRTA DİKİM YAPILMIŞ NARENCİYE BAHÇESİNDE KURULU BULUNAN DAMLA SULAMA SİSTEMİNİN PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Veli ALAÇ

YÜKSEK LİSANS

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

Bu tez --/--/2006 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği İle Kabul Edilmiştir.

İmza …….	İmza …….	İmza ……..
Prof. Dr. Bülent ÖZEKİCİ	Prof. Dr. Rıza KANBER	Prof. Dr. Sermet ÖNDER
DANIŞMAN	Üye	Üye

Bu Tez Enstitümüz Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü
İmza-Mühür

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SIRTA DİKİM YAPILMIŞ NARENCİYE BAHÇESİNDE KURULU BULUNAN DAMLA SULAMA SİSTEMİNİN PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Veli ALAÇ

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

Danışman: Prof. Dr. Bülent ÖZEKİCİ

Yıl : 2006 Sayfa : 57

Jüri : Prof. Dr. Bülent ÖZEKİCİ

Prof. Dr. Rıza KANBER

Prof. Dr. Sermet ÖNDER

Damla sulama, gerek doğal kaynaklar gerekse tarımsal girdiler içerisinde çok önemli bir yere sahip olan ve dünyada ise önemi giderek artan, ancak miktarı azalan suyun verimli kullanımını hedefleyen bir sulama yöntemidir. Verimliliğin sağlanabilmesi için ise öncelikle iyi bir sistem projelemesi ve sonrasında ise bu projenin performansının değerlendirilmesi gerekir. Bu çalışmada sırta dikim yapılmış narenciye bahçesinde kurulu bulunan damla sulama sisteminin performansının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Çalışma sonucunda damla sulama sisteminin su dağılım türdeşliğinin (EU) %92-95, alt çeyrek potansiyel uygulama randımanının (PELQ) %85, alt çeyrek gerçek uygulama randımanının (AELQ) %94 ve ıslak alan yüzdesinin %20 olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler **:** Damla Sulama, Türdeşlik, Sulama Randımanı, Sulama Sistemlerinin Değerlendirilmesi.

ABSTRACT

M. Sc. THESIS

THE PERFORMANCE EVALUATION OF DRIP IRRIGATION SYSTEM ON A BEDDED CITRUS ORCHARD ON BED

Veli ALAÇ

DEPARTMANT OF AGRICULTURAL STRUCTURES AND IRRIGATION
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
ÇUKUROVA UNIVERSITY

Supervisor : Prof. Dr. Bülent ÖZEKİCİ

Year : 2006 Pages :57

Jury : Prof. Dr. Bülent ÖZEKİCİ

Prof. Dr. Rıza KANBER

Prof. Dr. Sermet ÖNDER

Drip irrigation is an irrigation method which has an important role both in natural sources and agricultural input and which aims efficient use of water an item which has gradual importance in the world but also decreasing in quantity. In order to provide productivity, first; a good system project has to be made as a following process, the performance of this project has to be evaluated. This study aims to evaluate the performance of drip irrigation system on bedded citrus orchard on bed.

According to the results of this study, distrubition uniformity (EU) was 92 to 95 %; potential application efficiency (PELQ) was 86 %; application efficiency (AELQ) was 94 %; and percentage of wetted area was found to be 20 %.

Key Words : Trickle Irrigation, Uniformity, Irrigation Efficiency, Irrigation System Performances.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimimin gerek ders gerekse tez aşamasında sabrını ve desteğini gördüğüm danışman hocam Sayın Prof. Dr. Bülent ÖZEKİCİ'ye teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Çalışmalarımın bahçesinde yapılması konusunda yardımcı olan ve her türlü desteği veren Turunçgil A.Ş'ye, değerli çalışanları Ziraat Yüksek Mühendisi Önder SIN ve Ramazan ŞİRİNKAYA'ya teşekkür ederim.

Tezimin gerek arazi çalışmaları gerekse yazım aşamasında yardımcı olan arkadaşlarım Burçin GENCEL ve Uğur KEKEÇ'e teşekkür ederim.

Maddi ve manevi her konuda beni destekleyen, sonsuz sevgi ve ilgisini esirgemeyen sevgili eşime teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ.....I
ABSTRACT.....II
TEŞEKKÜR……III
İÇİNDEKİLER.....IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....VII
1. GİRİŞ.....1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR……..…….4
3. MATERYAL VE YÖNTEM……..10
3.1. Materyal…….....10
3.1.1. Araştırma Yeri ve Bitki Türü…….....10
3.1.2. Toprak Özellikleri.....11
3.1.3. Araştırma Alanı İklim Özellikleri.....11
3.1.4. Damla Sulama Sisteminin Özellikleri.....13
3.1.5. Sulama Suyu.....17
3.2. Yöntem.....17
3.2.1. Arazi Çalışmaları.....17
3.2.2. Performans Ölçütlerinin Hesaplanması.....19
3.2.2.1. Ortalama Su Uygulama Derinliği (Daw).....20
3.2.2.2. Her Bir Ağaca Uygulanan Günlük Su Hacmi..21
3.2.2.3. Alt Çeyrek Dağılım Türdeşliği (EU).....21
3.2.2.4. Alt Çeyrekte Potansiyel Uygulama Randımanı (PELQ).....22
3.2.2.5. Alt Çeyrekte Gerçek Uygulama Randımanı (AELQ)……...24
3.2.2.6. Uygulanan Minimum Derinlik (Dn).....24
3.2.2.7. İstatistiksel Eşdağılım (Us).....25
3.2.2.8. Damlatıcı Türdeşliği (Du).....26

4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....27
4.1. Damlatıcı Debi Değerleri ve Değişimi.....27
4.2. Laterallerdeki ve Filtredeki Basınç Dağılımı.....32
4.3. Ortalama Uygulama Derinliği (Daw).....37
4.4. Her Bir Ağaca Uygulanan Günlük Su Hacmi.....38
4.5. Dağılım Türdeşliği (EU).....38
4.6. Alt Çeyrekte Potansiyel Uygulama Randımanı (PELQ).....40
4.7. Alt Çeyrekte Gerçek Uygulama Randımanı (AELQ).....41
4.8. Uygulanan Minimum Derinlik (Dn).....41
4.9. Toprak Su İçeriğinin Değişimi.....41
4.10. Islatılan Alan Yüzdesi.....43
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....46
5.1. Sonuçlar.....46
5.2. Öneriler.....48
KAYNAKLAR.....49
ÖZGEÇMİŞ.....52
EKLER.....53

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 3.1. Deneme Alanı Topraklarının Kimi Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri....11
Çizelge 3.2. Çalışma Alanına İlişkin Uzun Yıllık İklim Verileri (1963-2001 Yılları).....12
Çizelge 3.3. Çalışma Alanına İlişkin 2005 Yılı İklim Verileri.....13
Çizelge 3.4. Sulama Suyunun Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....17
Çizelge 3.5. Dağılım Türdeşliği Sınır Değerleri (Merriam ve Keller, 1978).....22
Çizelge 4.1. I. ve II. Testlerde A ve B Manifoldlarına İlişkin Ortalama (q_{ort}) ve Alt Çeyrek Debi Değerleri ($q_{1/4}$), (L/h).....28
Çizelge 4.2. Ölçülen Debilere İlişkin Performans Ölçütleri.....29
Çizelge 4.3. A Manifoldu I. ve II. Test Damlatıcı Debi Değerleri (q=L/h).....29
Çizelge 4.4. B Manifoldu I. ve II. Test Damlatıcı Debi Değerleri (q=L/h).....30
Çizelge 4.5. Birinci Testte Laterallerdeki Basınç Değerleri (kPa) ve Basınç Azalımı (%).....33
Çizelge 4.6. İkinci Testte Laterallerdeki Basınç Değerleri (kPa) ve Basınç Azalımı (%).....34
Çizelge 4.7. Birinci ve İkinci Testlerde A ve B Manifoldlarında Her Bir Lateral İçin Dağılım Türdeşlikleri (EU, %).....38
Çizelge 4.8. Birinci ve İkinci Testlerde A ve B Manifoldlarında, Ortalama Debiler (q_{ort}), Alt Çeyrekte Ortalama Debiler ($q_{1/4}$) ve Dağılım Türdeşlikleri (EU, %).....39
Çizelge 4.9. Sulama Sistemi Genelinde Birinci ve İkinci Testlerde Ortalama Debiler (q_{ort}), Alt Çeyrekte Ortalama Debiler ($q_{1/4}$) ve Dağılım Türdeşlikleri (EU, %).....39
Çizelge 4.10. Sulama Öncesi Nem İçerikleri (Pw, %).....42
Çizelge 4.11. Sulama Sonrası Nem İçerikleri (Pw, %).....42

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 3. 1. Deneme Alanındaki Sırtların Enine Kesiti.....10
Şekil 3. 2. Deneme Alanının ve Test Manifoldlarının Genel Görünüşü.....15
Şekil 3. 3. Damlatıcıların ve Laterallerin Ağaçlara Göre Konumları..... 16
Şekil 3.4.Damla Sulama Sistemi Denetim Biriminde Pompa ve Hidrosiklon Filtreden BirGörünüş ……..…….....16
Şekil 3.5. Damlatıcı Akış Ölçüm Kaplarının Görünüşü 19
Şekil 3.6. Basınç Ölçümünde Kullanılan Manometre ve Manometre Tabanı.....19
Şekil 4.1. A Manifoldu I. Test Damlatıcı Debi Değerleri (q=L/h).....30
Şekil 4.2. A Manifoldu II. Test Damlatıcı Debi Değerleri (q=L/h).....31
Şekil 4.3. B Manifoldu I. Test Damlatıcı Debi Değerleri (q=L/h)... 31
Şekil 4.4. B Manifoldu II.Test Damlatıcı Debi Değerleri (q=L/h).....32
Şekil 4.5. I. Testte A Manifolduna Bağlı Test Lateralleri Boyunca Basınç Değişimleri 35
Şekil 4.6. I. Testte B Manifolduna Bağlı Test Lateralleri Boyunca Basınç Değişimleri..... 36
Şekil 4.7. II. Testte A Manifolduna Bağlı Test Lateralleri Boyunca Basınç Değişimleri..... 36
Şekil 4.8. II. Testte B Manifolduna Bağlı Test Lateralleri Boyunca Basınç Değişimleri..... 37
Şekil 4.9. Toprak Örneği Alınan Noktaların Laterale Göre Konumları.... 43
Şekil 4.10. Damlatıcıların Sırt Yüzeylerinde Oluşturduğu Islak Alanlardan Bir Görünüş 44
Şekil 4.11. Damlatıcıların Sırt Yüzeylerinde Oluşturduğu Islak Alanlardan Bir Görünüş.….....44

1. GİRİŞ

Tarımda, sürekliliğin sağlanması ve birim alandaki verimliliğin arttırılması, tarımsal işlemlerin zamanında ve bilinçli bir şekilde yapılmasına ve üretim kaynaklarının doğru kullanımına bağlıdır. Tarımsal üretim içerisinde önemli bir yere sahip olan su, dünyada küresel ısınma ve tarımda yanlış sulama teknikleri sonucunda miktarı azalan ancak önemi her geçen gün giderek artan yaşamsal bir maddedir. Ülkeler arasında bile zaman zaman büyük sorunlar yaşatan suyun tarımsal üretimdeki verimliliğin arttırılmasındaki payı %40 civarındadır (Ayıkoğlu,1995).

Bitkisel üretimde devamlılığı ve kararlılığı sağlayan sulama işlemi yetersiz olursa diğer kültürel işlemlerin ürün miktarı ve kalitesi üzerine beklenen etkileri elde edilemez. Bu nedenle sulama, çağdaş tarımın ve kültürel işlemlerin en önemlilerinden birisidir.

Sulamadan beklenen yararların oluşabilmesi için ise suyun toprağa uygun zamanda, uygun miktarda verilmesi esastır. Bunların sağlanabilmesi için uygun bir sulama yönteminin seçilmesi ve ihtiyaç duyulan suyun bitkilere uygun yöntemle verilmesi gerekmektedir. Uygun bir sulama yönteminin seçilmesi ile hem su kaynaklarının korunumu hem de verim ve kaliteyi arttırmak mümkündür. Tüm bunların sağlanabilmesi için suyun daha etkin kullanıldığı yağmurlama ve damla sulama gibi yöntemleri seçmekte yarar vardır.

Sulama yöntemine uygun sulama sisteminin projelendirilmesi ve bu sistemin performansı, uygun bir sulama yönteminin seçimi kadar önemli bir konudur.

Damla sulama, sulama yöntemleri içerisinde su ve enerji tasarrufu sağlayan, su kayıplarını minimum düzeye indiren, çevreyi kirletmeyen, üründe artış sağlayan bir yöntemdir. Damla sulama sisteminin performansını belirlemek ülke kaynaklarının daha etkin kullanımı ve korunumu açısından önemlidir.

Sistem performansı, planlamada öngörülen hedeflerin gerçekleşme oranı olarak tanımlanır. Toprak ve su kaynaklarından etkin biçimde yararlanmak, ancak, mevcut kullanımı bilmek ve kullanım sırasında meydana gelen sorunları ortaya koyup çözüm üretmekle olasıdır.

Sistem performansının test edilip değerlendirilmesi, iyi projelenmiş bir damla sulama sisteminin uygun şekilde işletilip işletilmediğinin ve projelemeden beklenen ile uygulama neticesinde elde edilen verimin karşılaştırılması ve aradaki farkların belirlenmesi için gereklidir. Bir sulama sisteminin verimli işletilip işletilmediği ancak sistem performansının test edilmesiyle anlaşılabilir. Bunun sonucunda ise sulama programı, gübre uygulaması, çevrenin korunması vb. konular açısından uygun işletme koşulları belirlenir.

Narenciye yetiştiriciliği; gerek Çukurova ve gerekse ülkemiz meyve yetiştiriciliği içerisinde önemli yeri olan tarımsal üretim aktivitelerinden birisidir. Çukurova topraklarının genelde ağır bünyeli ve taban suyunun yüksek olması nedeniyle düze dikimde ortaya çıkan sıkıntıların giderilmesi amacıyla ortaya çıkan sırta dikim, yeni ve gerekli uygulamalardan biridir. Özellikle taban suyunun yüksek ve drenajın yetersiz olduğu, fazla kış yağışlarının ve yüzey sulama ile verilen fazla suyun sorun oluşturduğu yerlerde sırta dikim uygulanmaktadır.

Gerek kış yağışları, gerek yüzey sulama ile verilen fazla su, oluşturulan sırtların aralarından drene edildiğinden, bu suyun göllenme yaparak ağaç kök ve gövde kısımlarında oluşturacağı hastalık (Phytophthora citrophthora) ve zararlanmalar da önlenmiş olacaktır. Fazla suyun drene edilmesiyle havadar bir kök bölgesi oluşacak ve köklerin havalanması sağlanacaktır. Köklerin havalanması, narenciye yetiştiriciliğinde yapılan sulama, gübreleme vb. kültürel işlemler kadar önemli bir konu olduğu gibi, bitki gelişimi ve ürün miktarı açısından da önemlidir. Sırta dikim, hem köklerin havalanmasını sağladığından hem de dikimin yapıldığı sırtların sonradan oluşturulmasından dolayı toprak yapısı gevşek olduğundan iyi bir kök gelişimi sağlanır. Bu durum, özellikle sırta dikilmiş genç fidanlardaki gelişmeyi, düze dikilmiş fidanlara göre daha belirgin bir hale getirmektedir. Sırta dikimle ağacın tacı yerden yükseltilmiş olduğundan yağmur damlalarının toprağa çarpması ile turunçgil zamklanma (Phytophthora citrophthora) fungal etmeninin toprak popülasyonunun narenciye ağaçlarının etek dallarına bulaşması önlenecektir. Aynı zamanda bu yükseltme, narenciye ağaçlarının meyve tutumunun büyük bir kısmını oluşturan etek dallarının bir takım kültürel işlemler (toprak işleme, zirai mücadele vb.) sırasında zarar görmemesini de sağladığından etek dallarında oluşacak meyve

kayıplarını da azaltacaktır. Ayrıca kışın don olan günlerde soğuk havanın aşağılara çökmesinden dolayı oluşacak don zararları düze dikime nazaran nispeten azaltılabilir. Çünkü sırta dikimde hem ağaç tacı yerden yaklaşık 80 cm yükseltilmekte hem de sırt aralarının soğuk havayı drene etmesi sağlanmaktadır. Sırta dikim bahsedilen bu amaçlar için yapılmıştır.

Bu çalışmada Adana İli Yüreğir İlçesi Zağarlı Köyünde bulunan sırta dikim yapılmış narenciye bahçesinde kurulu damla sulama sisteminin değerlendirilmesinin yapılarak, saptanan sorunların ve çözümlerinin üreticilerin yararlanmasına sunulması amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Damla sulama, sulu tarımda özel durumlar için geliştirilmiş bir yöntem olup, toprak yüzeyine veya yüzeyin hemen altına yerleştirilen küçük çaplı orifisler (damlatıcılar) yardımıyla suyu toprak yüzeyine veya içerisine veren sistemdir (Bucks ve Davis, 1983).

Damla sulamada, arındırılmış suyun ve gübrenin, damlatıcılar aracılığı ile çok küçük fakat sürekli bir akış veya damlalar halinde toprak yüzeyine veya içerisine verilmesi sağlanabilir. Asıl amaç, bitkilerin transpirasyon kaybını yeterli olarak karşılayabilecek sürekli bir elverişli nem düzeyi sağlamaktır (Kanber, 1999).

Damla sulama yönteminde her türlü su kaynağından yararlanılabilir. Ancak suyun sediment ve yüzücü maddeleri içermemesi gerekir. Eğer su sediment taşıyorsa sulanacak alana getirilmeden önce sedimentin çökeltilmesi ya da bu su kaynağının kullanılmaması gerekir (Güngör ve Yıldırım, 1989).

Suyun toprak yüzeyine damlatıldığı araca "damlatıcı" adı verilir ve damlatıcılar, boru şebekesindeki basıncı azaltarak saatte birkaç litrelik debi akmasını sağlarlar. Sulama suyunu kaynaktan denetim birimine getiren boruya "ana boru hattı", buradan gelen suyu dağıtım borularına aktaran boruya "yan boru hattı" (manifold) ve yan boru hattından gelen suyu bitki sıralarına paralel olarak taşıyan borulara da "su dağıtım boruları" (lateral) denilmektedir (Kanber, 1999).

Bir çok çalışmada damla sulama sisteminin diğer sulama sistemleri ile karşılaştırılması yapılmış, üstünlükleri ve bitki üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Köy Hizmetleri Tarsus Araştırma Enstitüsü'nde narenciyede damla sulama ile yağmurlama sulama sistemleri karşılaştırılmıştır. Damla sulama konularının meyve suyu oranı ve meyve kalitesi üzerine etkili olduğu saptanmıştır. Ayrıca, anılan sistemin, meyve kalitesini belirleyen öğeler üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir (Eylen ve Ark., 1989).

Damla sulama sistemlerinin planlanmasında ve başarılı bir şekilde işletilmesinde etkili olan etmenlerin başında toprak profilinde suyun dağılımı gelir (Bresler, 1971). Anılan kişiler damla sulama sisteminde suyun profilde dağılımını sezinlemek amacıyla matematiksel bir model geliştirmiştir.

Damla sulamada toprak içinde su dağılımı diğer sulama sistemlerinden farklıdır. Genelde, sık sulama yapılmasına ek olarak, su belirli aralıklarla tüm alanı kapsayacak şekilde yerleştirilmiş damlatıcılarla verilir. Eğer bir damlatıcı dikkate alınacak olursa ıslatılan toprak hacminin, üç boyutlu olarak, soğana benzer biçimde oluştuğu görülür. Damlatıcılar birbirlerine yeteri derecede yakın yerleştirildiğinde nokta kaynağından sulama yapılıyormuş gibi iki boyutlu olarak bir su dağılımı elde edilmektedir (Howel ve ark., 1981).

Sulama sistemlerinin tasarımında ve yönetiminde suyun etkin kullanımı, çoğu kez bitkisel üretim kadar, öncelikli hedef olarak alınmalıdır. Bir çiftçi için üretim ve verim kadar, suyun maliyeti, işletmenin sürdürülebilirliği ve aşırı su kullanımından doğabilecek sorunlarda önemlidir. Sulama suyu kullanıcıları suyu planlı bir biçimde kullanmak koşuluyla, su kaynakları üzerindeki haklarını savunmak ya da paylarını ellerinde tutmak zorundadırlar. Bu nedenle su tasarrufu sağlayan uygun sulama yöntemlerinin seçilmesi gerekmektedir (Demir ve Değirmenci, 2001).

Adana-Yakapınar Beldesinde bir narenciye bahçesinde kurulmuş olan damla sulama sisteminin performansının değerlendirme çalışması sonucunda, sistemde basınç değişimleri, damlatıcıların türdeşliği, su uygulama randımanı, sulama aralığı ve sulama süresi ile sulamanın yeterliliğine ilişkin bilgiler derlenmiştir. Yapılan bu değerlendirme çalışmasında su dağılım türdeşliğinin %98-99, potansiyel uygulama randımanının %87-88, uygulama randımanının %98-99 ve ıslatılan alan yüzdesinin %29 olduğunu bulmuştur. Damlatıcı türdeşliğinin çok iyi olmasında laterallerdeki basınç farklılığının önemli olmadığını damlatıcıların basınç düzenleyicili olmasının potansiyel uygulama randımanı ve su uygulama randımanının ideal olmasını sağladığını belirtmiştir. Genel olarak kurulu sistemin performansının, damlatıcı debileri ve değişimi, basınç dağılımı, uygulama randımanı potansiyel uygulama randımanı ve dağılım türdeşliğinin iyi olduğunu bildirmiştir (Bilal, 1997).

Genel olarak damla sulamada gereksinim duyulan su miktarının yüzey ve yağmurlama sulama yöntemlerine oranla daha az ve su artırımı miktarının bitkinin, toprağın, çevre koşullarının ve tarla içi sulama randımanının bir fonksiyonu olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca damla sulamada ıslatılan toprak hacminin küçük olması nedeniyle buharlaşma azalmaktadır (Aljibury, 1974).

Damla sulama sisteminin projelenmesi ve işletilmesinde asıl amaç, en az su alan bitkilerin uygun bir biçimde sulanmasını sağlayacak yeterli bir akış kapasitesinin sağlanmasıdır. Bu nedenle, sistem üzerinde ölçülen debi değerlerinden en küçük değerlere sahip 1/4'ünün ortalamasının genel ortalamaya oranı, damlatıcı türdeşliği veya eş dağılım katsayısı olarak tanımlanmaktadır (Keller ve Karmeli, 1975).

Damla sulama sistemlerinin güvenilirliği, ıslatılan alan yüzdesi, izin verilebilir basınç değişimi, filtrasyon işleminin uygunluğu, işletilme durumu ile ilgilidir (Söğüt ve Yazar, 1986). Damla sulama sistemleriyle su uygulamada önemli ölçütlerden biri de ıslatılan alan yüzdesidir. Islatılan alan yüzdesi, ıslatılan alanın toplam etkili alana oranı olup, her bir damlatma noktasındaki debiye, damlatıcılar arası uzaklığa ve sulanan toprağın tipine bağlı olarak değişir. Islatılan alan yüzdesi için şimdiye kadar tek bir değer oluşturulmamıştır. Ancak, ıslatılan alan yüzdesinin yüksek olduğu sistemler, toprakta daha fazla su depolanmasını sağlar ve bu sistemlerle sulamanın programlanması kolaylaşır. Damla sulama sistemlerinin projelenmesinde yaklaşık olarak ıslatılan alanın toplam alana oranının %30-50 arasında değişmesi gerektiği belirlenmiştir (Merriam ve Keller, 1978). Damla sulama sistemi ile sulanan alanlarda toprak yüzeyinin büyük bir bölümü ıslatılmadığından, toprak işleme, ilaçlama, toplama ve taşıma işleri gibi kültürel etkinlikler engellenmemiş olur. Ayrıca yüzey akış ortadan kaldırıldığından su ile toprak taşınması söz konusu değildir (Goldberg ve ark., 1976).

İşletme performansını belirleme konusunda araştırmacılar farklı ölçütleri esas alarak bu konuda çalışmalar yürütmüşlerdir. Sistem çalışırken oluşan önemli kayıplardan biri de hidrolik kayıplardır. Damla sulama sisteminde uygulama randımanı, yalnızca hidrolik değişimler sonucu oluşan veya hidrolik ve yapımcı farklılıklarının damlatıcı akış değişimlerine olan birleşik etkilerinden belirlenir. Damla sulama sistemi karık ve yağmurlama sulama sistemine oranla daha yüksek bir su uygulama potansiyeline sahiptir (Wu ve Gitlin, 1983).

Uygulanan sulama suyunun kısımlara ayrılması belirli performans göstergelerinin, özellikle randıman ve türdeşlik değerlendirmesinin temelini oluşturmaktadır. Bu kısımlar, belirli işlevlere yönlendirilmiş sulama suyu hacminin

bileşenleri olup, yüzde olarak ifade edilebilirler. Çalışma alanını ve zaman periyodunu dikkatli bir şekilde ortaya koymadan, bu bileşenleri kesin bir biçimde belirlemek olası değildir. Farklı göstergelerin farklı amaçları bulunmaktadır ve bunlar dikkatli bir biçimde ayırt edilmelidir (Demir ve Değirmenci, 2001).

Damla sulama sistemlerinin, tüm diğer sistemlerde olduğu gibi performanslarının belirlenebilmesi için değerlendirilmesi gerekir. Damla sulama sistemlerinin performansı doğrudan, damlatıcılardan çıkan suyun türdeş dağılımına bağlıdır (Özekici ve Sneed, 1995). Lateral üzerinde bulunan damlatıcıların debilerinin lateral boyunca türdeş olması istenir. Damlatıcı türdeşliği, performans göstergelerinden biridir.

Söğüt ve Yazar (1986), Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Döner Sermaye İşletmesinde bulunan 6 yaşındaki bir narenciye bahçesinde kurulmuş olan damla sulama sisteminin değerlendirme çalışmasını yapmıştır. Araştırmada sulama aralığı ve süresi, bir sulamada uygulanan sulama suyu miktarı, ıslatılan alan yüzdesi, ıslatılan toprak hacmindeki toprak suyu dağılımı ve su açığı, basınç kayıpları, damlatıcı debilerinde olan değişmeler, damlatıcıların ağaçlara göre konumları, damlatıcılar arası uzaklık, bitkinin sıralar arası ve sıralar üzeri uzaklığı, su dağılım eşdeşliği, sulamanın yeterliliği gibi konuları incelemiştir. Yapılan çalışma sonucunda sistemdeki basınç değişiminin %11, damlatıcı türdeşliğinin %84, ıslatılan alan yüzdesinin %19, potansiyel su uygulama randımanının %74 olduğunu saptamıştır. Anılan sistemin genel performansının sistemdeki basınç değişimi, damlatıcı türdeşliği, ıslatılan alan yüzdesinin arttırılmasının daha yararlı olacağını önermiştir.

Uçar (1994), 1991 yılında Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Döner Sermaye İşletmesinde 1987 yılında kurulmuş olan Altıntop (Starruby) narenciye bahçesinde yer alan mini yağmurlama sulama sisteminin değerlendirme çalışmasını yapmıştır. Sistemdeki basınç değişimlerinin, %7.7-16.7, su dağılım karakteristiğinin (DC) %67, depolama randımanının %56-75, ıslatılan alan yüzdesinin %15.94, ortalama su uygulama hızının 5.5 mm/h olduğunu bulmuştur. Sulama mevsimi boyunca 892.4 mm su uygulandığını, evapotranspirasyonun 644.9 mm, derine sızmanın 207.1 mm ve toprakta 57.2 mm nemin kaldığı değerlendirmeler sonucunda bulunmuştur. Elde olunan bu değerler ışığında, sulama sisteminin genel performansının iyi olduğunu

ancak manifolda bağlı ilk ve son lateral girişinde basınç farkının azaltılması yönünde, sistemin daha yüksek işletme basıncında (1.5-2 atm) çalıştırılmasını önermiştir. Ayrıca, derine sızma olduğundan sulama zamanının ve bir sulamada uygulanacak su miktarının yeniden belirlenmesi gerektiğini belirtmiştir.

Gençoğlan (1991), damlatıcı debilerinin ve uygulanan sulama suyu miktarlarının ağır bünyeli topraklarda su dağılım etkilerini belirlemek amacıyla yaptığı bir çalışmada, damlatıcı debileri ve uygulanan toplam sulama suyu miktarları arttıkça, toprak suyunun yatay yönde daha fazla ilerlediğini saptamıştır. Ayrıca, çalışmada sulama suyu miktarı arttıkça toprak profilinde 90 cm'nin altına sızma yoluyla kaybolan su miktarının arttığını belirtmiştir.

Hidrolojik, agronomik ve çevresel parametrelere dayanan, IWMI (Uluslar arası Su Yönetimi Enstitüsü) tarafından geliştirilen göstergelerin uygulanmasının amacı, yönetim müdahale etkilerinin değerlendirilmesi ve elde edilen ürüne, şebeke alt yapısının etkisini belirlemektir. Bir şebekenin değerlendirilmesinde, karşılaştırma göstergeleri yanında çeşitli içsel gösterge olarak tanımlanan planlanan ve gerçekleşen faaliyetlerin de dikkate alınması gerekmektedir (Değirmenci, 2001).

Bireysel sulama işlevlerinin performanslarını değerlendirmek için tanımlanan performans göstergeleri, arazi üzerinde suya duyulan gereksinimin türdeş olduğunu kabul etmektedir. Tüm yönetim için gerekli olan performans göstergelerinde ise durum farklıdır. Örneğin sulama verimi, su kullanımında yersel değişikliği göz önüne alır. Bireysel sulama faaliyetleri için ortaya konan mevcut performans göstergeleri, üniform olmayan bir hedefe sahip olan su uygulama yöntemlerinin tanımı için modifiye edilmeye gereksinim duyacaktır (Demir ve Değirmenci, 2001).

Danyeli (2004), Mersin-Erdemli beldesinde teraslı bir alanda bulunan narenciye bahçesinde kurulu bulunan tam otomatik damla sulama sisteminin değerlendirme çalışmasını yapmıştır. Araştırmada, sistemde basınç değişimleri, damlatıcıların türdeşliği, su uygulama randımanı, sulama aralığı ve sulama süresi ile sulamanın yeterliliğine ilişkin bilgiler derlenmiştir. Yapılan bu değerlendirme çalışmasında sistemdeki basınç değişiminin %33-36, su dağılım türdeşliğinin A manifolduna bağlı laterallerde %97-99, B manifolduna bağlı laterallerde %86-98,

potansiyel uygulama randımanının %86-99, ıslatılan alan yüzdesinin %19 olduğunu bulmuştur.

Yürütülen bu çalışmanın diğer çalışmalarından farklı yönü, sırta dikim yapılmış narenciye bahçesinde kurulu damla sulama sistemi üzerinde yapılacak olmasıdır. Taban suyunun yüksek olduğu alanlarda sonradan oluşturulmuş sırtlara tesis edilmiş bahçedeki sistemin performansını belirlemek ve daha sonraki benzer çalışmalara destek sağlamak bu çalışmanın amaçlarından birisidir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

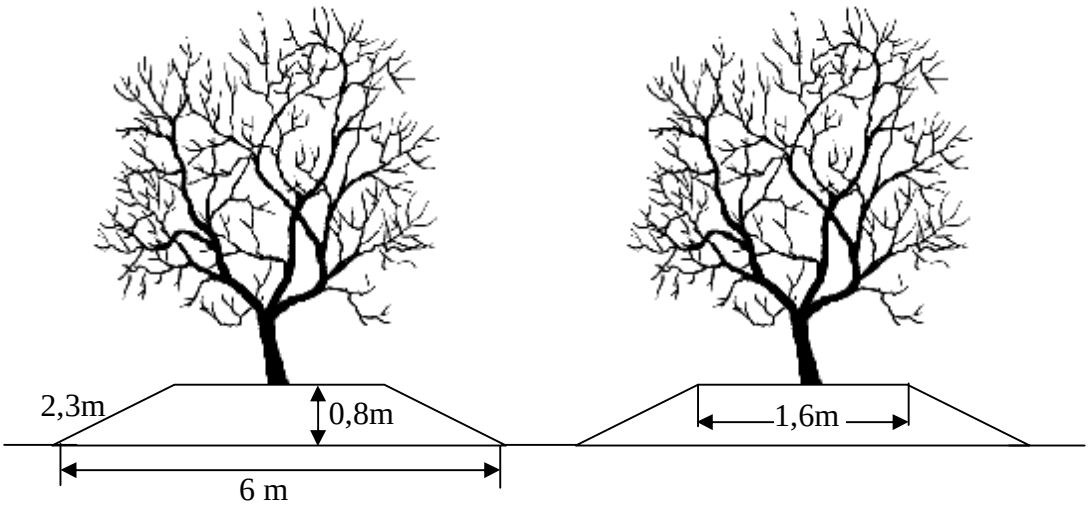
3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma Yeri ve Bitki Türü

Araştırma, 2005 yılı yaz döneminde, Adana İli Yüreğir İlçesi Zağarlı Köyünde 36^{o} 34' kuzey enlemi 35^{o} 23' doğu boylamında bulunan Turunçgil A.Ş. firmasına ait 364 da'lık 3x7 m aralıklarla 6 yıl önce tesis edilmiş Meyer, Nova, Okitsu ve Valencia çeşitlerinden oluşan sırta dikim narenciye bahçesinde kurulu bulunan damla sulama sistemi üzerinde yapılmıştır.

Narenciye fidanlarının dikilmiş olduğu sırtlar bahçenin kurulma aşamasında fidan dikiminden önce toprağın yığılmasıyla oluşturulmuştur. Sırtlar trapez kesitinde ve 80 cm yüksekliğindedir. Sırtın üst genişliği 1.60 m, taban genişliği ise 6 m, sırt kenarları 2.3 m ve iki sırt arasındaki düz kısım ise 1 m genişliğindedir (Şekil 3.1).

Bahçede çalışma alanı seçilirken bahçeyi temsil edebilecek iki parsel belirlenmiştir. Belirlenen parsellerde ana boru hattı boyunca denetim birimine yakın ve uzak noktalar belirlenerek ölçümler ve gözlemler yapılmıştır.



Şekil 3.1. Deneme alanındaki sırtların enine kesiti

3.1.2. Toprak Özellikleri

Araştırma bahçesi o çevrede başat olan Mürsel serisi topraklar üzerinde kurulmuştur. Bu seri topraklar, yaşlı nehir teraslarının alüviyal depozitleri üzerine gelişmiş AC horizonlu topraklardır. Genel olarak, toprak bünyesi ağır bünyeli olmakla beraber, bahçenin bir bölümünde az da olsa kumlu toprak bünyesi mevcuttur. Toprak özellikleri, sırtın üzerinden profilin 90 cm derinliğine kadar her 30 cm'de bir alınan bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinin analizi ile belirlenmiştir. Çizelge 3.1'de görüldüğü gibi, deneme alanı topraklarının analizinden Tarla Kapasitesinin %33.58-33.74 solma noktasının ise %16.25-18.62, hacim ağırlığının 1.23-1.41 gr/cm^3, kireç içeriğinin %15.80-18.33 arasında değiştiği ve pH değerinin 7.6 olduğu saptanmıştır. Deneme yapılan parseller killi-tınlı bünyeye sahip olup, tuzluluk açısından sorun tespit edilmemiştir.

Çizelge 3.1. Deneme Alanı Topraklarının Kimi Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Toprak Derinliği (cm)	Dane İrilikDağılımı (%)			Bünye Sınıfı	Tuzluluk dS/m	Kireç (%)	pH	Tar.Kap (%)	Sol.Nok. (%)	Hac.Ağr. gr/cm^3
	Kum	Silt	Kil							
0-30	15.21	44.87	39.92	Killi-Tın	0.50	15.80	7.6	33.58	16.25	1.23
30-60	24.41	42.33	33.26	Killi-Tın	0.42	18.33	7.6	33.74	17.83	1.35
60-90	20.25	44.41	35.34	Killi-Tın	0.39	18.33	7.6	33.61	18.62	1.41

3.1.3. Araştırma Alanı İklim Özellikleri

Araştırma alanı Akdeniz iklim özelliklerini taşımaktadır. Yöreye ilişkin uzun yıllık iklim verileri, Adana-Karataş İklim Gözlem İstasyonundan sağlanmıştır. Uzun yıllık ortalamaya göre, yıllık toplam yağış 751.8 mm'dir. En çok yağış Kasım, Aralık ve Ocak aylarında, en az yağış ise Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında düşmüştür. En sıcak ay ortalaması, Ağustos ayında 30.9 ^{o}C'dir. En soğuk ay ortalaması ise 5.5 ^{o}C ile Ocak ayıdır. Uzun yıllık ortalama oransal nem %71, ortalama yıllık sıcaklık 18.9 ^{o}C'dir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Çalışma Alanına İlişkin Uzun Yıllık İklim Verileri (1963-2001 Yılları) (Anonim, 2005)

AYLAR	Ortalama Sıcaklık (^oC)	Max.Ort. Sıcaklık (^oC)	Min.Ort. Sıcaklık (^oC)	Ortalama Oransal Nem (%)	Ortalama Aylık Yağış (mm)
Ocak	10.0	14.6	5.5	69	122.9
Şubat	10.8	15.5	6.3	69	95.2
Mart	13.5	18.0	9.1	71	69.9
Nisan	17.2	21.4	12.8	73	40.5
Mayıs	20.9	24.7	16.7	74	24.6
Haziran	24.6	27.7	20.9	76	11.5
Temmuz	27.1	30.1	24.1	76	2.1
Ağustos	27.8	30.9	24.5	74	5.7
Eylül	25.8	30.1	21.4	70	19.0
Ekim	21.4	26.9	16.3	65	66.3
Kasım	15.7	21.3	10.8	65	118.7
Aralık	11.6	16.3	7.2	70	175.4
Yıllık	**18.9**	**23.1**	**14.6**	**71**	**751.8**

Denemenin yürütüldüğü 2005 yılına ilişkin iklim verileri Çizelge 3.3'de gösterilmiştir. Deneme yılına ait toplam yağış miktarı 565.1 mm olarak kaydedilmiştir. En yüksek ortalama sıcaklık 31.4 ^oC ile Ağustos ayında, en düşük ortalama sıcaklık ise 6.5 ^oC ile Şubat ayında ölçülmüştür. Bölgeye Mayıs, Temmuz ve Ağustos aylarında hiç yağış düşmemiştir.

Çizelge 3.3. Çalışma Alanına İlişkin 2005 Yılı İklim Verileri (Anonim, 2005)

AYLAR	Ortalama Sıcaklık (^oC)	Max.Ort. Sıcaklık (^oC)	Min.Ort. Sıcaklık (^oC)	Ortalama Oransal Nem (%)	Ortalama Aylık Yağış (mm)
Ocak	11.0	15.4	6.7	49.3	81.6
Şubat	10.7	15.3	6.5	51.4	66.2
Mart	14.5	18.4	10.5	57.9	43.6
Nisan	18.1	22.5	14.1	58.5	22.7
Mayıs	21.2	25.0	17.3	63.6	0
Haziran	24.6	27.4	21.3	63.8	39.5
Temmuz	27.4	30.0	25.3	70.3	0
Ağustos	28.5	31.4	25.8	65.5	0
Eylül	26.1	29.9	22.5	56	83.1
Ekim	20.5	26.0	15.4	41.3	12.2
Kasım	14.9	20.0	10.2	42	107.7
Aralık	13.2	18.1	9.1	49	108.5
Yıllık	**19.2**	**23.3**	**15.4**	**55.7**	**565.1**

3.1.4. Damla Sulama Sisteminin Özellikleri

Çalışmanın yapıldığı damla sulama sistemi, 6 yıl önce bahçenin dikimi ile birlikte projelendirilmiş ve tesis edilmiştir. Sulama aralığı 2 gün ve sulama süresi 8.5 saat olup, sulama sırasındaki pompa çıkış basıncı ise 450 kPa'dır.

Damla sulama sistemi, standart tüm öğelere (su kaynağı, pompa veya güç kaynağı, denetim birimi, ana boru hattı, yan boru hatları, lateraller ve damlatıcılar) sahiptir.

Damla sulama sisteminde su ve güç kaynağı olarak 37 Kw gücünde 3 kademeli, 132 m^3/h debide ve 570 kPa. basınç sağlayabilen santrifüj pompa kullanılmaktadır. Denetim biriminde ise, 6″ lik bir adet hidrosiklon filtre, bir adet disk filtre ve 600 L kapasiteye sahip gübre tankı bulunmaktadır.

Ana boru hattının toplam uzunluğu 901 m olup, ana boru toplam uzunluğunun ilk 295 m uzunluğundaki bölümünde Φ225 mm, 353 m uzunluğundaki ikinci bölümünde Φ 160 mm ve geriye kalan 253 m uzunluğundaki kısmında ise Φ140 mm çapında 600 kPa basınca dayanıklı PVC boru kullanılmıştır.

Manifoldların toplam uzunluğu 1826 m olup, manifold toplam uzunluğunun 579 m'lik kısmında Φ63 mm, geriye kalan 1267 m'lik kısmında ise Φ50 mm çapında 500 kPa basınca dayanıklı PVC boru kullanılmıştır. Ana borudan manifold girişinde her biri dört adet manifoldu kontrol eden üç adet basınç düzenleyici hidrolik vana kullanılmıştır. Ana boru ve manifoldlar toprağın 75 cm altına gömülü olarak tasarlanmıştır.

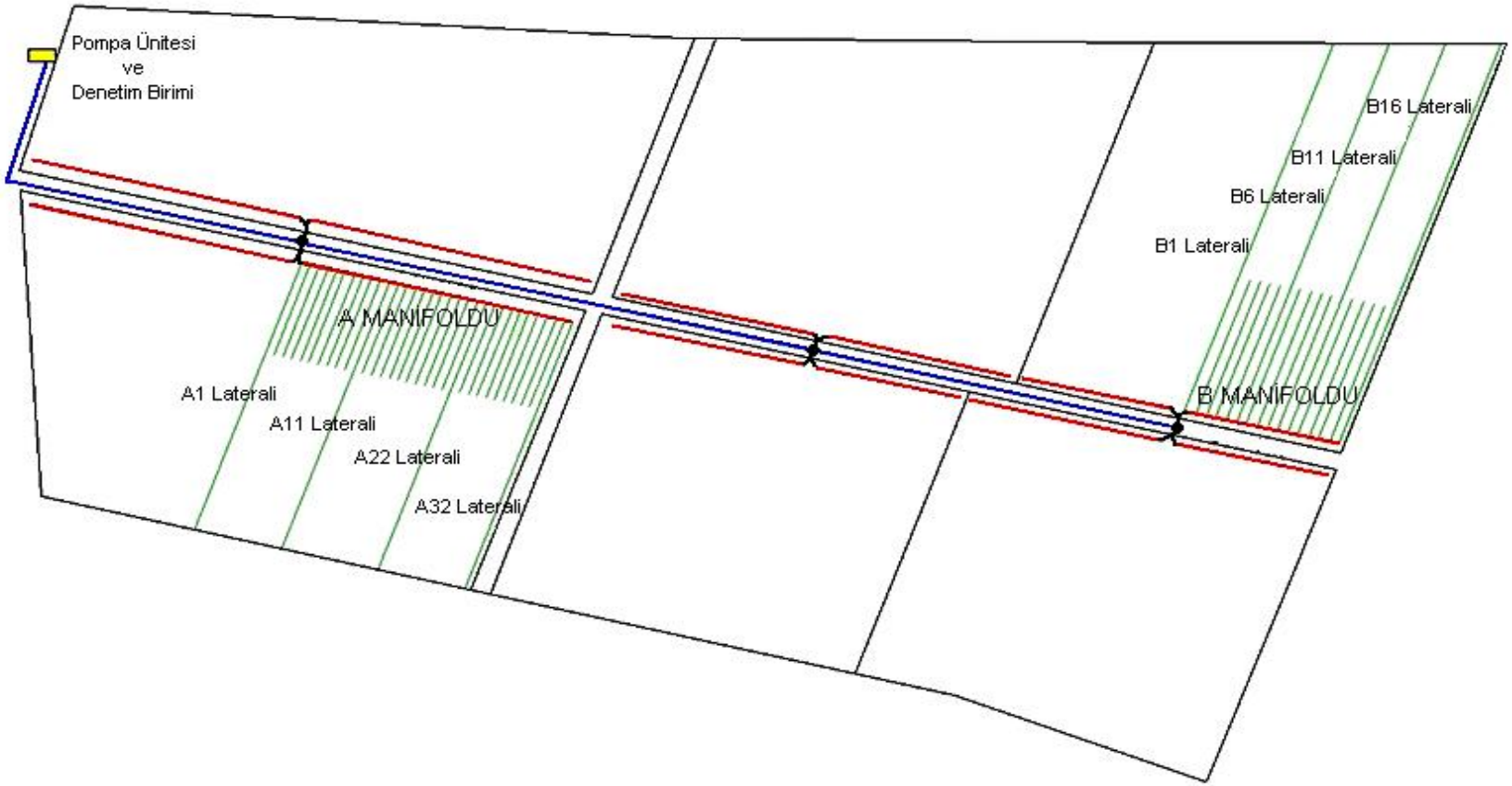
A manifold bölümünde 196 m uzunluğunda Φ63 mm çapında, B manifold bölümünde ise 113 m uzunluğunda Φ63 mm çapında boru kullanılmıştır.

A manifold bölümünde her biri 209 m uzunluğunda toplam 32 adet lateral boru, B manifold bölümünde ise uzunlukları 282-303 m arasında değişen toplam 16 adet lateral boru kullanılmıştır (Şekil 3.2).

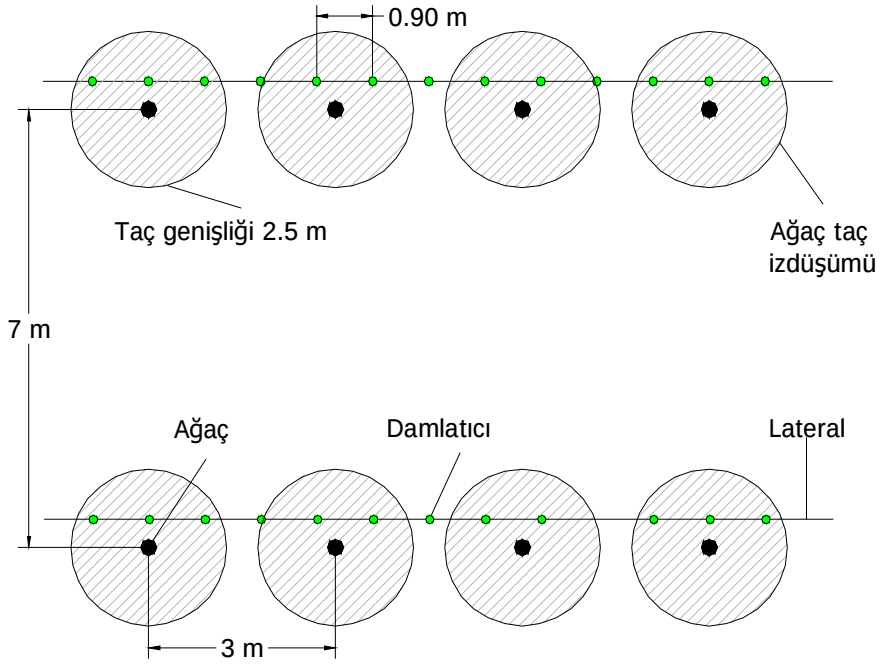
Su dağıtım boruları (lateraller) olarak, RAM20 adı verilen 20 mm çapında içten geçik damlatıcılı borular kullanılmıştır.

Lateraller üzerinde 0.90 m aralıklarla yerleştirilmiş, basınç düzenleyicili ve 3.5 L/h debi veren damlatıcılar mevcuttur. Lateraller ağaçların tek tarafına döşenmiş ve her bir ağaca 4.33 adet damlatıcı düşmektedir. Damlatıcıların ve laterallerin ağaçlara göre konumları Şekil 3.3'de, denetim birimindeki pompa ve filtre sistemi ise Şekil 3.4'de ve deneme alanının genel görünüşü 3.2'de gösterilmiştir.

Sulama programlaması amacıyla bahçe sahipleri belirli yerlerdeki 30 cm ve 60 cm derinliklere çakılmış tansiyometreleri dikkate alınmaktadır. Sulamaya, 30 cm derinliğe çakılmış olan tansiyometre 25 cbar değerini gösterdiğinde başlanmakta ve 60 cm derinlikteki tansiyometre 10 cbar değerine düştüğünde bitirilmektedir.



Şekil. 3.2. Deneme alanının ve test manifoldlarının genel görünüşü



Şekil.3.3. Damlatıcıların ve laterallerin ağaçlara göre konumları



Şekil.3.4. Damla sulama sistemi denetim biriminde pompa ve hidrosiklon filtreden bir görünüş

3.1.5. Sulama Suyu

Sulama suyu, araştırmanın yapıldığı narenciye bahçesindeki 170 m derinliğindeki kuyudan sağlanmaktadır. Kuyudan çıkan su bir kontrol sistemine girmektedir. Filtre girişi ve çıkışından su örnekleri alınarak bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri laboratuvarda USSL (1954)'e göre analiz edilmiş ve analiz sonuçları Çizelge 3.4'de verilmiştir. Sulama suyu C_2S_1 sınıfına girmektedir.

Çizelge 3.4. Sulama Suyunun Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

pH	Tuzluluk dS/m	Katyonlar me/l					Anyonlar me/l					SAR
		Ca	Mg	Na	K	Top.	CO_3	HCO_3	Cl	SO_4	Top.	
6.85	0.476	0.98	2.09	1.96	0.06	5.09	yok	2.50	1.63	0.94	5.09	1.59

3.2. Yöntem

3.2.1. Arazi Çalışmaları

Sulama sisteminin değerlendirilmesi için damlatıcıların debi ve basınçlarının türdeşliği, damlatıcı tipi, ıslatılan alan yüzdesi, ıslatma soğanı, uygulama randımanı, potansiyel uygulama randımanı, bir sulamada uygulanan ortalama sulama suyu derinliği gibi performans ölçütleri hesaplanmıştır. Değinilen performans ölçütlerinin elde edilmesinde aşağıda belirtilen ölçüm ve testler yapılmıştır (Merriam ve Keller, 1978).

1. Sistemin arazideki konumu, lateral aralıkları, lateral uzunlukları, damlatıcı aralıkları ölçülmüştür.

2. Sulama aralığı ve süresi uygulayıcıdan ve arazi gözlemlerinden elde edilmiştir.

3. Araziyi temsil edecek şekilde, denetim birimine biri yakın, diğeri ise uzak iki adet yan boru seçilmiştir.

A manifoldu denetim birimine en yakın manifold olup, A_1, A_{11}, A_{22} ve A_{32} sembolleri A manifoldu üzerindeki test laterallerinin numaralarıdır. B manifoldu

sisteme en uzaktaki seçilen yerleri temsil etmekte ve B_1, B_6, B_{11} ve B_{16} sembolleri ise B manifoldu üzerindeki test laterallerini temsil etmektedir.

4. Seçilmiş olan yan borular (manifoldlar) üzerinde dörder lateral belirlenmiştir. Bunlardan biri sırasıyla manifoldun girişinde, ikisi manifold uzunluğunun 1/3 ve 2/3 mesafelerinde, dördüncüsü ise manifoldun sonuna yakın seçilmiştir. A manifold bölümündeki test laterallerinin her birinin uzunluğu 209 m, B manifold bölümündeki B_1 lateralinin uzunluğu 282 m, B_6 lateralinin uzunluğu 290 m, B_{11} lateralinin uzunluğu 296 m ve B_{16} lateralinin uzunluğu ise 303 m'dir.

5. Seçilen bu laterallerde birbiri ardına ikişer defa damlatıcı debisi ve basınçlar ölçülmüştür. Ölçümlere sulama başladıktan 2 saat sonra başlanmıştır. A manifold bölümünde seçilen test lateralleri üzerindeki toplam 172 adet, B manifold bölümünde ise 212 adet damlatıcının her birinden 30 dakika süreyle akış ölçümü yapılmış ve elde edilen değerler L/h birimine çevrilmiştir. İşlemler sırasında birbiri ardına iki defa test laterallerinin başından, 1/3 uzaklığından, 2/3 uzaklığından ve sonundan olmak üzere basınç ölçümleri yapılmıştır. Basınç ölçümleri gliserinli manometre (1100 kPa, 1/4") ve lateral üzerine takılan manometre tabanı yardımıyla yapılmıştır (Şekil 3.5 ve 3.6).

6. Test edilen her lateralde, ağaçların konumuna göre, ıslatılan alan miktarı, damlatıcının altından toprak profili açılarak 20-30 cm derinlikten ölçülmüştür. Seçilen her manifold da toprak burgusu kullanılarak toprak yüzeyinden 30, 60 ve 90 cm derinliklerde laterallerin altından, sulamadan önce ve sulamadan sonra gravimetrik yöntemle toprak nem içeriği belirlenmiştir.

7. Filtre tıkanmasını belirlemek için filtre giriş ve çıkışındaki basınçlar ölçülmüştür.

8. Çalışma alanında toprak profilinden bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınarak tarla kapasitesi ve solma noktası analizi yapılmış ve sulamadan önce ve sulamadan sonraki toprak su içerikleriyle karşılaştırılmıştır.

9. Deneme alanının topografyası arazi ölçümleri sonucu belirlenmiştir.



Şekil 3.5. Damlatıcı akış ölçüm kaplarının görünüşü





Şekil 3.6. Basınç ölçümünde kullanılan manometre ve manometre tabanı

3.2.2. Performans Ölçütlerinin Hesaplanması

Sistemin değerlendirilmesinde kullanılan performans ölçütleri, arazi çalışmalarından elde edilen verilerden yararlanılarak aşağıda verilen işlemler dizini kullanılarak hesaplanmıştır.

3.2.2.1. Ortalama Su Uygulama Derinliği, (Daw)

Her bir sulamada ıslatılan alana uygulanan ortalama su derinliği (Daw), aşağıdaki eşitlik kullanılarak belirlenmiştir (Yazar, 1995).

$$Daw = \frac{N \times q_{ort} \times t}{A} \quad (3.1)$$

$$N = \frac{S_2}{Sd} + 1 \quad .(3.2)$$

Eşitlikte;

Daw : Islatılan alanda ortalama su uygulama derinliği, mm

N : Ağaç başına damlatıcı sayısı, adet

q_{ort} : Ortalama damlatıcı debisi, L/h

t : Her bir sulamanın süresi, h

A : Her bir ağaç için ıslatılan alan, m^2

S_2 : Sıralar üzeri uzaklık, m

Sd : Damlatıcı aralığı, m

Deneme alanının geneline uygulanan ortalama derinlik (Da), Eşitlik 3.1'de ıslatılan alan yerine ağaçların dikim aralıkları yazılarak Eşitlik 3.3'den belirlenmiştir (Merriam ve Keller, 1978).

$$Da = \frac{N \times q_{ort} \times t}{S_1 \times S_2} \quad (3.3)$$

Eşitlikte;

Da : Deneme alanının geneline uygulanan ortalama derinlik, mm

N : Ağaç başına damlatıcı sayısı, Adet

q_{ort} : Ortalama damlatıcı debisi, L/h

t : Her bir sulamanın süresi, h

S_1 : Sıralar arası uzaklık, m

S_2 : Sıralar üzeri uzaklık, m

3.2.2.2. Her Bir Ağaca Uygulanan Günlük Su Hacmi

Her bir ağaca uygulanan günlük sulama suyu miktarı eşitlik 3.4 kullanılarak belirlenmiştir (Bilal, 1997).

$$L = \frac{N \times q_{ort} \times t}{d} \tag{3.4}$$

Eşitlikte;

L : Her ağaca uygulanan günlük su hacmi, L

N : Ağaç başına damlatıcı sayısı, Adet

q_{ort} : Ortalama damlatıcı debisi, L/h

t : Her bir sulamanın süresi, h

d : Sulama aralığı, gün

3.2.2.3. Alt Çeyrek Dağılım Türdeşliği, (EU)

Sistemin kabul edilebilir randıman sınırları içerisinde işletilip işletilmediğini belirlemek amacı ile alt çeyrek dağılım türdeşliği (EU), aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Kanber ve ark., 1996).

$$EU = \frac{\text{Alt Çeyrek Ortalama Debisi}}{\text{Sistem Ortalama Debisi}} \text{x}\,100 \tag{3.5}$$

Burada alt çeyrek ortalama debisi, lateral hattı boyunca ölçülen damlatıcı debilerinin en küçük değerlere sahip 1/4'ünün ortalama debisi olarak kullanılmıştır.

Bir veya birden fazla sulama mevsiminde kullanılmış sistemlerde, EU için genel ölçütler Çizelge 3.5'de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Dağılım Türdeşliği Sınır Değerleri (Merriam ve Keller, 1978)

Türdeşlik Yüzdesi	**Türdeşlik Derecesi**
>90 %	Çok iyi
80-90 %	İyi
70-80 %	Orta
<70 %	Kötü

Damla sulama sistemlerinin su uygulama tekdüzeliğinin arazi koşullarında belirlenmesinin bir çok yönden önemi vardır. Birincisi mühendislik yönünden, tesis edilen sistemin uygunluğunun kanıtlanması açısından önemlidir. İkinci olarak, çiftçi veya satın alan açısından aldığı sistemin performansının üstünlüğünü göstermek yönünden önemlidir. Üçüncüsü ise sulama açısından, sulama programlanması, gübre uygulaması ve genel performansı bakımından üniformitesinin belirlenmesi önemlidir (Söğüt, 1986).

3.2.2.4. Alt Çeyrekte Potansiyel Uygulama Randımanı, (PELQ)

Alt çeyrekte potansiyel uygulama randımanı (PELQ), depolanan ve infiltre olan ortalama alt çeyrek su derinliğinin, işletmede izin verilebilir nem açığına (MAD) eşit olduğunda sağlanabilir randıman olup yüzde olarak ifade edilmektedir. Alt çeyrekte potansiyel uygulama randımanı (PELQ), optimum işletme koşullarında sistemin ne denli iyi su uygulayabileceğinin bir göstergesidir. Alt çeyrekte potansiyel uygulama randımanı (PELQ) ile alt çeyrekte gerçek uygulama randımanı (AELQ) arasındaki fark işletmeciliğin bir ölçüsüdür. Düşük PELQ planlama sorunlarının olduğunun işaretidir (Bilal, 1997).

$$PELQ = 0.9 \text{ x } EU \qquad (3.6)$$

Eşitlikte;

PELQ : Alt çeyrekte potansiyel uygulama randımanı

EU : Dağılım türdeşliği, %

Meriam ve Keller (1978), damla sulama sistemleri için alt çeyrek potansiyel uygulama randımanının modifiye edilmesi gerektiğini ve bunun için lateral giriş basıncının kullanılabileceğini belirtmişlerdir (Eşitlik 3.7). Bu amaçla düzeltme işlemi, randıman düzeltme faktörü (ERF) ile yapılmaktadır.

$$ERF = \frac{P_{ort} + 1.5\,P_{min}}{2.5\,P_{ort}} \qquad (3.7)$$

Eşitlikte;

ERF : Randıman düzeltme faktörü

P_{ort} : Ortalama lateral giriş basıncı, kg/cm^2

P_{min} : Minimum lateral giriş basıncı, kg/cm^2

Merriam ve Keller (1978), randıman düzeltme faktörünün (ERF), laterallerdeki farklı basınçlar nedeniyle damlatıcılarda da farklı debi değerlerinin oluşabileceğini belirterek kullanılmasının gerektiğini ve basınç düzenleyicili damlatıcılarda ve lateral hatlarının başında basınç regülatörü bulunan sistemlerde ERF'nin kullanılmasının sakıncalı olacağını belirtmişlerdir. Bu çalışmada, alt çeyrekte potansiyel uygulama randımanı (PELQ) hesaplanırken ERF, bire eşit olarak kabul edilmiştir. Burada ERF'nin 1 kabul edilmesinin nedeni laterallerdeki farklı basınç değerlerine karşılık damlatıcıların basınç düzenleyicili olması nedeni ile yaklaşık debi değeri vermesidir. Dolayısıyla eşitlik (3.8)'de Sistem PELQ'su, Test PELQ'ya eşit olmaktadır.

$$\text{Sistem PELQ} = \text{ERF x Test PELQ} \qquad (3.8)$$

Eşitlikte;

ERF : Randıman düzeltme faktörü

Test PELQ : Test laterallerinde alt çeyrek potansiyel uygulama randımanı

3.2.2.5. Alt Çeyrekte Gerçek Uygulama Randımanı, (AELQ)

Alt çeyrekte gerçek uygulama randımanı (AELQ), damla sulama sistemlerinin etkinliği, uygulanan suyun ne kadarının kök bölgesinde depolandığı ve bitkiler için kullanılabilir olduğunun bir göstergesi olarak hesaplanmıştır. AELQ, arazinin en az su alan dörtte birlik bölümünde kök bölgesine infiltre olan ve orada depolanan suyun, uygulanan ortalama sulama suyu derinliğine oranıdır ve yüzde olarak ifade edilir. Alt çeyrekte gerçek uygulama randımanı (AELQ), hem su dağılımının türdeşliğini hem de sulamanın yeterliliğini gösterir (Bilal, 1997).

AELQ=(Alt Çeyrekte Depolanan Ortalama Su Derinliği / Uygulanan Ortalama Su Derinliği) x 100 (3.9)

3.2.2.6. Uygulanan Minimum Derinlik, (Dn)

Damla sulama sisteminde uygulanan ortalama su derinliği (Da), sistem potansiyel uygulama randımanı veya uygulama randımanı ile çarpıldığında elde edilen değer, su gereksinimleri de aynı birimlerle ifade edildiğinden sulama programında kullanışlıdır (Söğüt ve Yazar, 1986) .

Çalışmada toplam alana uygulanan en az ortalama sulama suyu derinliği (Dn), aşağıdaki eşitlik kullanılarak belirlenmiştir (Yazar, 1995).

$$Dn = \frac{Da \text{ x } PELQ}{100} \qquad (3.10)$$

Eşitlikte;

Dn : Toplam alana uygulanan en az ortalama sulama suyu derinliği, mm

Da : Deneme alanının geneline uygulanan ortalama derinlik, mm

PELQ : Sulama sisteminin alt çeyrek potansiyel uygulama randımanı, %

3.2.2.7. İstatistiksel Eşdağılım, (Us)

İstatistiksel eşdağılım, yersel sulama sistemlerinin alt ana boru birimi veya tüm sistemin su uygulama eşdağılımını değerlendirmek için kullanılır (Kanber ve ark., 1996). Bu amaçla ;

a) Ortalama damlatıcı debisi (q), standart sapma (Sq) ve varyasyon katsayısı (Vqs), (alt ana boru birimi veya tüm sistem için) aşağıdaki eşitliklerle belirlenmektedir.

$$\bar{q} = \frac{1}{n}\sum_{n=1}^{n} q_i \tag{3.11}$$

$$S_q = \left\{ \frac{1}{n-1}\left[\sum_{i=1}^{n} qi^2 - \frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{n} qi \right) \right]^2 \right\}^{1/2} \tag{3.12}$$

$$Vqs = Sq / \bar{q} \tag{3.13}$$

Eşitlikte;

qi : Damlatıcı debisi, L/h

n : Rastgele seçilen damlatıcı sayısı

i : Bireysel damlatıcıları tanımlayan bir indis

Vqs : Varyasyon katsayısı

Sq : Standart sapma

$\bar{q}$: Ortalama damlatıcı debisi, L/h

Vqs değerinin büyük veya küçük olması istatistiksel eş dağılımın durumunu göstermektedir. Vqs değeri ne kadar küçük olursa sistemin istatistiksel eş dağılımının o kadar iyi olduğu anlaşılmaktadır.

b) Damlatıcı debilerinin istatistiksel üniformitesi (Us) aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$Us = 100\,(1 - Vqs) \tag{3.14}$$

3.2.2.8. Damlatıcı Türdeşliği, (Du)

Ağaç başına düşen damlatıcıların her biri için, en düşük debi değerlerinin ortalaması alınmak üzere, damlatıcı türdeşliği aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Merriam ve Keller,1978).

$$Du = (q_{min} / q_{ort}) \times 100 \tag{3.15}$$

Eşitlikte;

Du : Damlatıcı üniformitesi, %

q_{min} : Debi değerlerinin en düşük 1/4'ünün ortalaması, L/h

q_{ort} : Sistemin genel ortalama debisi, L/h

Damlatıcı türdeşliği değerlerinin çok iyi olması, sistemdeki ölçüm yapılan tüm damlatıcıların biri birine çok yakın debi değerleri verdiğini ve arazinin tamamına eşit miktarda sulama suyu uygulandığını gösterir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Damlatıcı Debi Değerleri ve Değişimi

Kurulu bulunan sistemin performansını belirlemek için seçilen test manifoldları ve bunlar üzerindeki laterallerde yapılan damlatıcı debileri ölçüm sonuçları Ek Çizelge 1.1-1.4'te verilmiştir. İki yinelemeli olarak alınan debi değerlerinin performans değerlendirilmesinde gerekli hesaplamalarda kullanılabilmesi için, ortalamaları (q_{ort}), 1/4 alt çeyrek ortalamaları ($q_{1/4}$) tüm test lateralleri için ayrı ayrı Çizelge 4.1'de verilmiştir. A manifoldu denetim birimine yakın manifold olup, A_1, A_{11}, A_{22} ve A_{32} sembolleri A manifoldu üzerindeki test laterallerinin numaralarıdır. B manifoldu sisteme en uzaktaki seçilen yerleri temsil etmekte ve B_1, B_6, B_{11} ve B_{16} sembolleri ise B manifoldu üzerindeki test laterallerini temsil etmektedir (Şekil 3.2).

Birinci ve ikinci testlerin sonucunda A ve B manifoldlarında ölçülen ortalama damlatıcı debi değerlerinden de görüldüğü gibi üretici firmanın belirttiği 3.5 L/h debi değerine çok yakın değerler bulunmuştur.

Birinci testte, A manifoldundaki A_1 lateralinde ölçülen debi değerlerinin ortalaması 3.48 l/h ve üretici firmanın belirttiği 3.5 L/h damlatıcı debi değerinden sapma %0.6'dır. A_{11} lateralinde debi ortalamasına bağlı olarak sapma %2, A_{22} lateralinde %1.7 ve A_{32} lateralinde ise %0.3'tür.

B manifoldundaki B_1 lateralinde debi değişimi %1.1, B_6 lateralinde %3.4, B_{11} lateralinde %1.7 ve B_{16} lateralinde ise %2.9 olarak hesaplanmıştır.

İkinci testte, A manifoldundaki A_1 lateralinde debi değişimi %0.6'dır. A_{11} lateralinde %0.9, A_{22} lateralinde %3, A_{32} lateralinde ise %1.7'dir.

Yine ikinci testte, B manifoldundaki B_1 lateralinde debi değişimi %1.1, B_6 lateralinde %4, B_{11} lateralinde %0 ve B_{16} lateralinde ise %2.9 olarak hesaplanmıştır.

A ve B manifoldlarında yapılan her iki test sonucunda sistemin damlatıcı ortalama debisi 3.48 L/h olarak bulunmuş ve üretici firmanın belirttiği 3.5 L/h damlatıcı debi değerinden sapma %0.6 olarak hesaplanmıştır.

Orifis tipli damlatıcılarda %20'lik ve spagetti tipi damlatıcılarda %10'luk basınç değişimleri akışta %10'luk bir farka neden olurlar (Yazar, 1995). Her iki testte de tüm laterallerdeki debi farklılıklarının damlatıcıların basınç düzenleyicili damlatıcılar olması nedeniyle çok küçük olduğu, bu farklılıkların %0.3-%4 arasında kaldığı, ve %10'u geçmediği görülmektedir.

Çizelge 4.1. I. ve II. Testlerde A ve B Manifoldlarına İlişkin Ortalama (q_{ort}) ve Alt Çeyrek Debi Değerleri ($q_{1/4}$), (L/h)

A Manifoldu	Test Laterali		A_1	A_{11}	A_{22}	A_{32}
	Ortalama Debi (q_{ort})	I.Test	3.48	3.43	3.56	3.49
		II.Test	3.48	3.47	3.61	3.56
		Ort.	**3.48**	**3.45**	**3.59**	**3.53**
	Alt Çeyrek ($q_{1/4}$)	I.Test	3.24	3.08	3.31	3.26
		II.Test	3.29	3.29	3.43	3.35
		Ort.	**3.27**	**3.19**	**3.37**	**3.31**
B Manifoldu	Test Laterali		B_1	B_6	B_{11}	B_{16}
	Ortalama Debi (q_{ort})	I.Test	3.46	3.38	3.56	3.40
		II.Test	3.46	3.36	3.50	3.40
		Ort.	**3.46**	**3.37**	**3.53**	**3.40**
	Alt Çeyrek ($q_{1/4}$)	I.Test	3.27	3.11	3.38	3.17
		II.Test	3.27	3.13	3.34	3.21
		Ort.	**3.27**	**3.12**	**3.36**	**3.19**

Debi değerlerine ilişkin Standart Sapma (Sq), , İstatistiksel Eşdağılım (Us), Damlatıcı Türdeşliği (Du) hesaplanarak Çizelge 4.2 de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Ölçülen Debilere İlişkin Performans Ölçütleri

Test Laterali	A Manifoldu				B Manifoldu			
	A_1	A_{11}	A_{22}	A_{32}	B_1	B_6	B_{11}	B_{16}
Sq	0.19	0.20	0.15	0.19	0.15	0.22	0.15	0.15
Vqs	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.07	0.04	0.05
Us, %	95	94	96	95	96	94	96	95
Du, %	94	93	94	94	95	93	95	94

Yapılan hesaplamalarda ortalama standart sapma (Sq) 0.18, ortalama damlatıcı debi değişim katsayısı (Vqs) 0.05, ortalama istatistiksel eşdağılım (Us) %95, ortalama damlatıcı türdeşliği (Du) %94 olarak bulunmuştur. İstatistiksel eşdağılım değerinin ve damlatıcı türdeşliği değerinin yüksek olması, sistem içerisinde damlatıcı debilerinin çok fazla değişmediğini ve türdeş bir dağılım gösterdiğini ifade etmektedir.

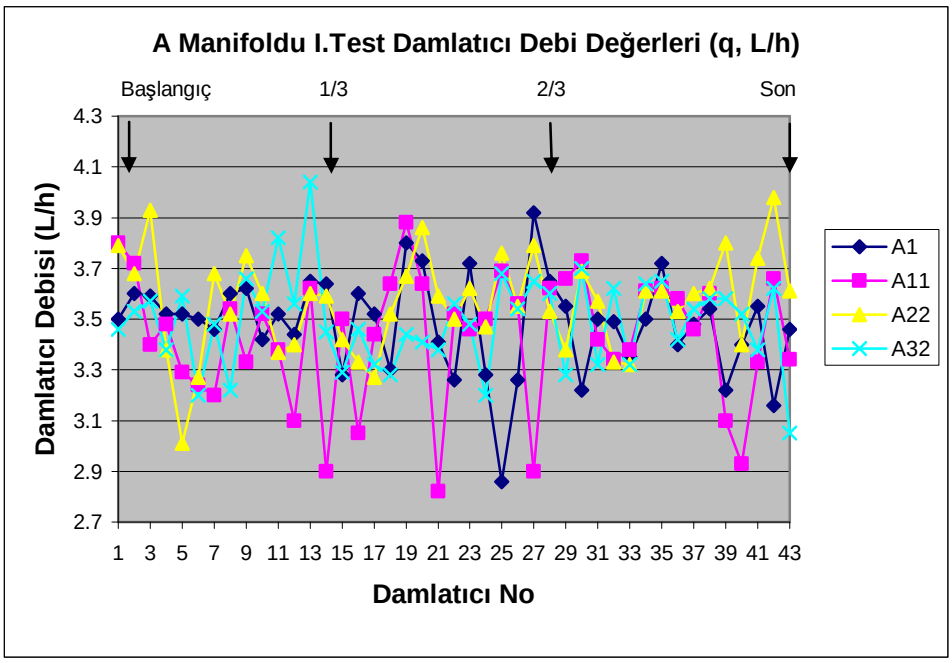
Yapılan ölçümler sonrasında A ve B manifoldlarında seçilen laterallerin ilk çeyreğinde yer alan damlatıcı debi değerlerinin ortalaması, lateral başı değeri olarak ve onu izleyen çeyreklerin ortalamaları ise sırası ile 1/3, 2/3 ve lateral sonu değerleri olarak Çizelge 4.3. ve 4.4'de verilmiştir. Test lateralleri boyunca meydana gelen debi değişimleri ek çizelge 1.1 – 1.4 de ve Şekil 4.1-4.4 de verilmiştir. Lateral boyunca damlatıcı debilerinin önemli bir fark oluşturmadığı şekillerde de görülmektedir.

Çizelge 4.3. A Manifoldu I.ve II. Test Damlatıcı Debi Değerleri (q=L/h)

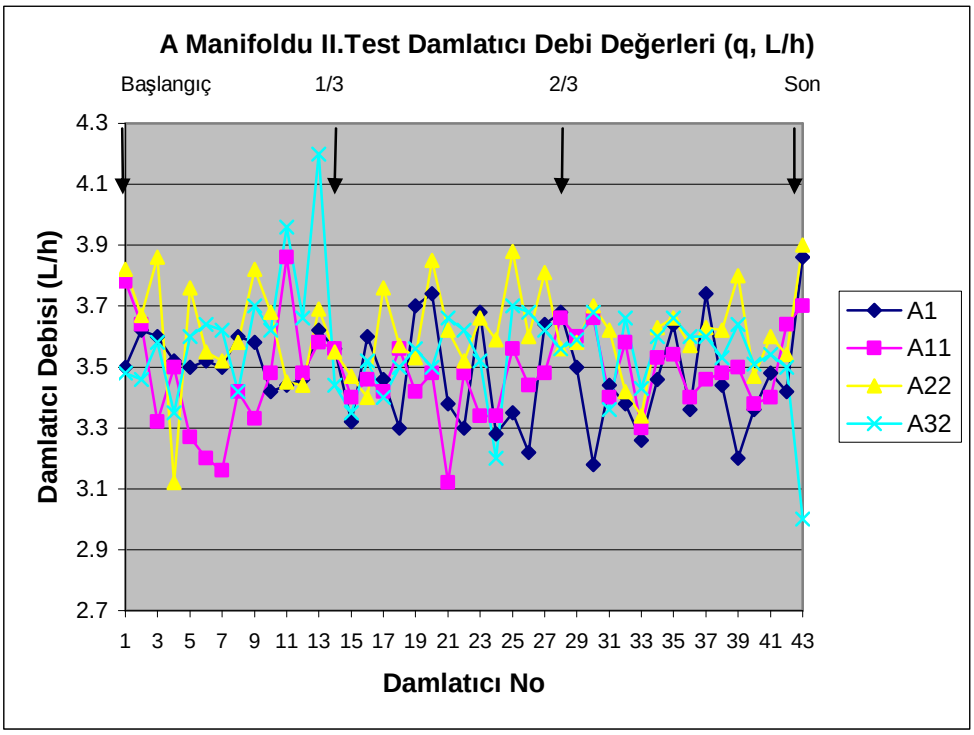
		A_1	A_{11}	A_{22}	A_{32}
I. TEST	Lateral Başında	3.53	3.45	3.54	3.49
	Lateralin 1/3 Uzaklığında	3.51	3.37	3.52	3.47
	Lateralin 2/3 Uzaklığında	3.44	3.48	3.55	3.49
	Lateral Sonunda	3.44	3.42	3.65	3.50
		A_1	A_{11}	A_{22}	A_{32}
II. TEST	Lateral Başında	3.53	3.45	3.62	3.58
	Lateralin 1/3 Uzaklığında	3.49	3.45	3.58	3.58
	Lateralin 2/3 Uzaklığında	3.42	3.49	3.61	3.55
	Lateral Sonunda	3.50	3.50	3.64	3.52

Çizelge 4.4. B Manifoldu I.ve II.Test Damlatıcı Debi Değerleri (q=L/h)

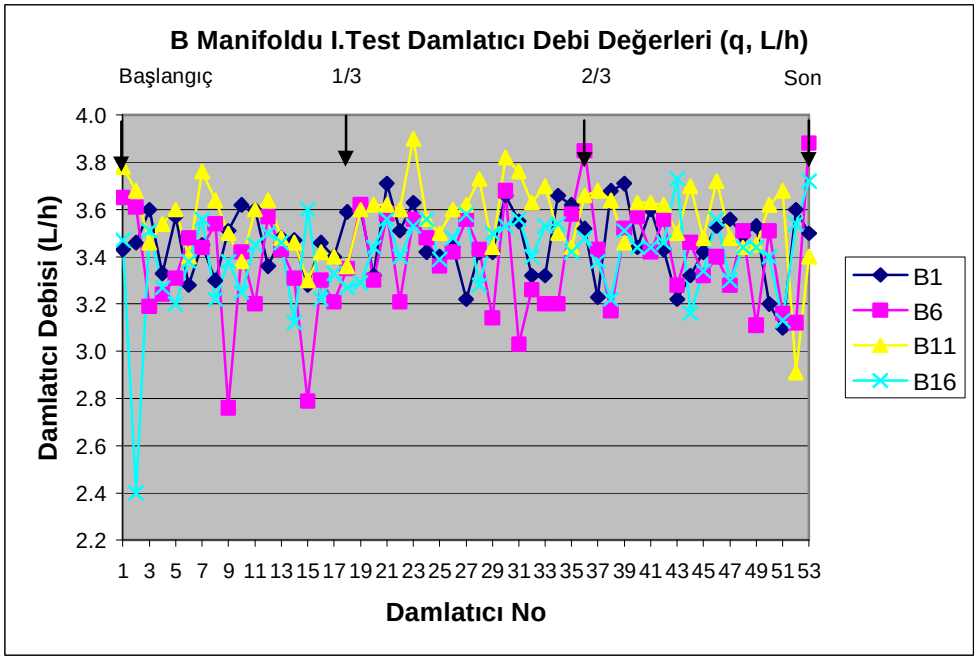
		B_1	B_6	B_{11}	B_{16}
I. TEST	Lateral Başında	3.46	3.37	3.57	3.31
	Lateralin 1/3 Uzaklığında	3.48	3.35	3.53	3.40
	Lateralin 2/3 Uzaklığında	3.49	3.39	3.62	3.46
	Lateral Sonunda	3.42	3.40	3.52	3.44
II. TEST		B_1	B_6	B_{11}	B_{16}
	Lateral Başında	3.46	3.38	3.52	3.39
	Lateralin 1/3 Uzaklığında	3.47	3.32	3.47	3.35
	Lateralin 2/3 Uzaklığında	3.48	3.37	3.55	3.44
	Lateral Sonunda	3.42	3.37	3.48	3.40



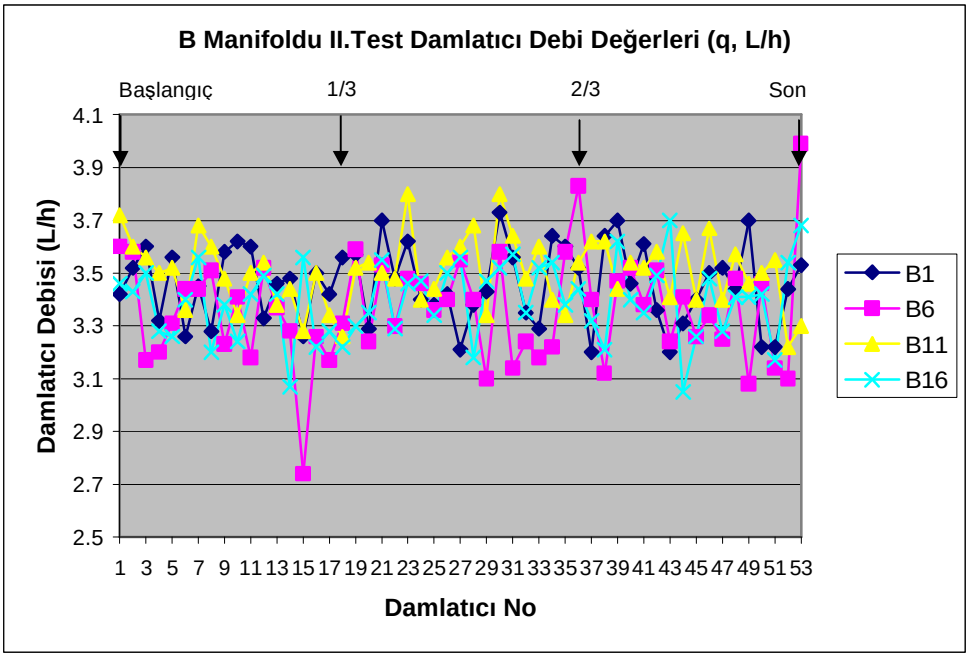
Şekil 4.1. A manifoldu I. test damlatıcı debi değerleri (q=L/h)



Şekil 4.2. A manifoldu II. test damlatıcı debi değerleri (q=L/h)



Şekil 4.3. B manifoldu I. test damlatıcı debi değerleri (q=L/h)



Şekil 4.4. B manifoldu II. test damlatıcı debi değerleri (q=L/h)

4.2. Laterallerdeki ve Filtredeki Basınç Dağılımı

Değerlendirme çalışması yapılan sistem üzerinde yer alan test manifoldlarına bağlı lateraller üzerinde yapılan basınç ölçüm sonuçlarıyla her lateralin ortalama basınç değerleri Çizelge 4.5 ve 4.6'da verilmiştir. A test manifolduna bağlı laterallerin her birinin uzunluğu 209 m, B test manifolduna bağlı B_1 lateralinin uzunluğu 282 m, B_6 lateralinin uzunluğu 290 m, B_{11} lateralinin uzunluğu 296 m ve B_{16} lateralinin uzunluğu ise 303 m dir. Birinci ve ikinci testte, A manifoldu üzerindeki laterallerin tümünde lateral giriş basıncı 234-173 kPa arasında değişmiştir. A manifoldu üzerindeki laterallerin sonlarında her iki testte de ölçülen basınçlar 180-111 kPa arasındadır. Yine birinci testte, B manifoldunda lateral giriş basıncı 345-325 kPa, ikinci testte ise 332-325 kPa arasında ölçülmüştür. B manifoldunda lateral sonlarında ölçülen basınçlar birinci testte 193-136 kPa, ikinci testte ise 193-134 kPa arasında ölçülmüştür.

B manifoldunda lateral giriş basıncı, manifold girişlerinde kullanılan basınç düzenleyici vana yardımı ile yüksek değerde tutulmuştur. B manifoldunda lateral giriş basınçlarının yüksek tutulmasının nedeni, B manifoldundaki lateral

uzunluklarının A manifoldundaki lateral uzunluklarına göre fazla olması dolayısıyla sürtünme kayıplarının fazla olmasıdır.

Test manifoldlarındaki laterallerin tümünde, lateral girişinden sonuna doğru basınçta bir azalma söz konusudur. Basınç azalmasının nedeni, boru hattı boyunca meydana gelen yersel ve sürekli yük kayıplarından kaynaklanmaktadır Çizelge (4.5 ve 4.6).

Çizelge 4.5. I. Testte Laterallerdeki Basınç Değerleri (kPa) ve Basınç Azalımı (%)

Lateraller	Lateral Boyunca							
	Girişte		1/3'ünde		2/3'ünde		Sonunda	
	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%
A_1	234	0	193	17.52	180	23.07	180	23.07
A_{11}	200	0	152	24.00	138	31.00	138	31.00
A_{22}	180	0	131	27.22	111	38.33	111	38.33
A_{32}	173	0	131	24.27	111	35.83	111	35.83
B_1	345	0	234	32.17	193	44.05	193	44.05
B_6	332	0	221	33.43	173	47.89	166	50.00
B_{11}	325	0	207	36.30	159	51.07	152	53.23
B_{16}	325	0	193	40.61	145	55.38	136	58.15

Birinci test sonucunda A manifold bölümündeki laterallerde basınç azalımı, laterallerin başlangıcından 1/3 uzaklıkta %17.52-27.22 arasında, 2/3 uzaklıkta ve laterallerin sonlarında %23.07-38.33 arasında bulunmuştur. Yine birinci testte B manifold bölümündeki laterallerde basınç azalımı, laterallerin başlangıcından 1/3 uzaklıkta %32.17- 40.61 arasında, 2/3 uzaklıkta %44.05-55.38 ve laterallerin sonlarında %44.05-58.15 arasında bulunmuştur.

İkinci test sonucunda A manifoldundaki laterallerde basınç azalımı, lateralin başlangıcından 1/3 uzaklıkta %17.52-27.22 arasında, 2/3 uzaklıkta ve laterallerin sonlarında %23.07-38.33 arasında hesaplanmıştır.

Çizelge 4.6. II. Testte Laterallerdeki Basınç Değerleri (kPa) ve Basınç Azalımı (%)

Lateraller	Lateral Boyunca							
	Girişte		1/3'ünde		2/3'ünde		Sonunda	
	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%
A_1	234	0	193	17.52	180	23.07	180	23.07
A_{11}	200	0	160	20.00	141	29.50	141	29.50
A_{22}	180	0	131	27.22	111	38.33	111	38.33
A_{32}	173	0	131	24.27	111	35.83	111	35.83
B_1	332	0	221	33.43	204	38.55	193	41.86
B_6	332	0	221	33.43	173	47.89	166	50.00
B_{11}	325	0	207	36.30	160	50.76	152	53.23
B_{16}	325	0	200	38.46	145	55.38	134	58.76

Yine ikinci test sonucunda B manifoldunda basınç azalımı, lateralin başlangıcından 1/3 uzaklıkta %33.43-38.46 arasında, 2/3 uzaklıkta %38.55-55.38 ve laterallerin sonlarında ise %41.8-58.76 arasında hesaplanmıştır.

Her iki test sonucunda da görüldüğü gibi B manifold bölümündeki laterallerdeki basınç azalmasının A manifold bölümündeki laterallere göre fazla olmasının nedeni A manifold bölümündeki laterallerin uzunluklarının 209 m, B manifold bölümündeki laterallerin uzunluklarının ise 282-303 m arasında değişen uzunluklara sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Lateral boylarının farklı olması basınç değişiminde farklılıklar oluşturmakta ve lateral uzunluklarının artmasına bağlı olarak basınç değişim oranları da artmaktadır.

Birinci ve ikinci test sonucunda A manifold bölümündeki A_1 lateral giriş basıncı ile A_{32} laterali giriş basıncı arasındaki değişim %26.06 bulunmuştur. Elde edilen bu değer manifoldlarda izin verilebilir yük kaybı olan %20'den yüksektir. B manifold bölümündeki B_1 lateral giriş basıncı ile B_{16} lateral giriş basıncı arasındaki değişim ise birinci test sonucunda %5.80, ikinci test sonucunda ise %2.10 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler izin verilebilir sınırlar içerisindedir. A manifoldundaki basınç azalmasının fazla, B manifoldundaki basınç azalmasının az olmasının nedeni ise A manifold uzunluğunun 196 m, B manifold uzunluğunun ise 113 m

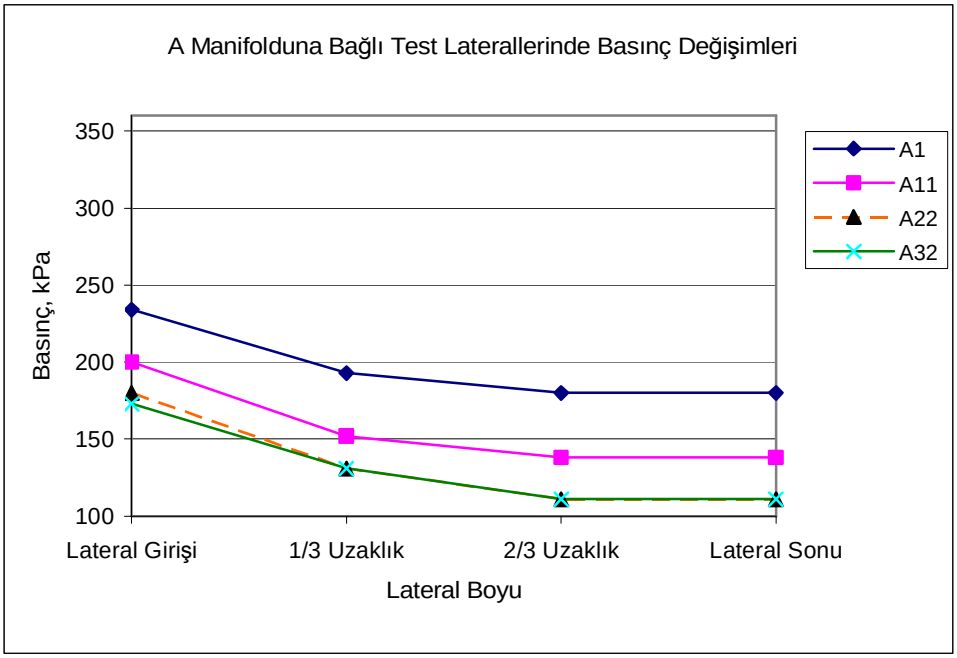
olmasındandır. Manifold basınç kayıpları irdelendiğinde A manifoldundaki çapın küçük seçilmiş olması da bu kaybı olumsuz etkilediği düşünülebilir.

Ölçülen basınç değerlerine bağlı olarak A ve B manifold bölümlerinde birinci ve ikinci testler için, laterallerdeki basınç değişimleri Şekil 4.5-4.8'de gösterilmiştir.

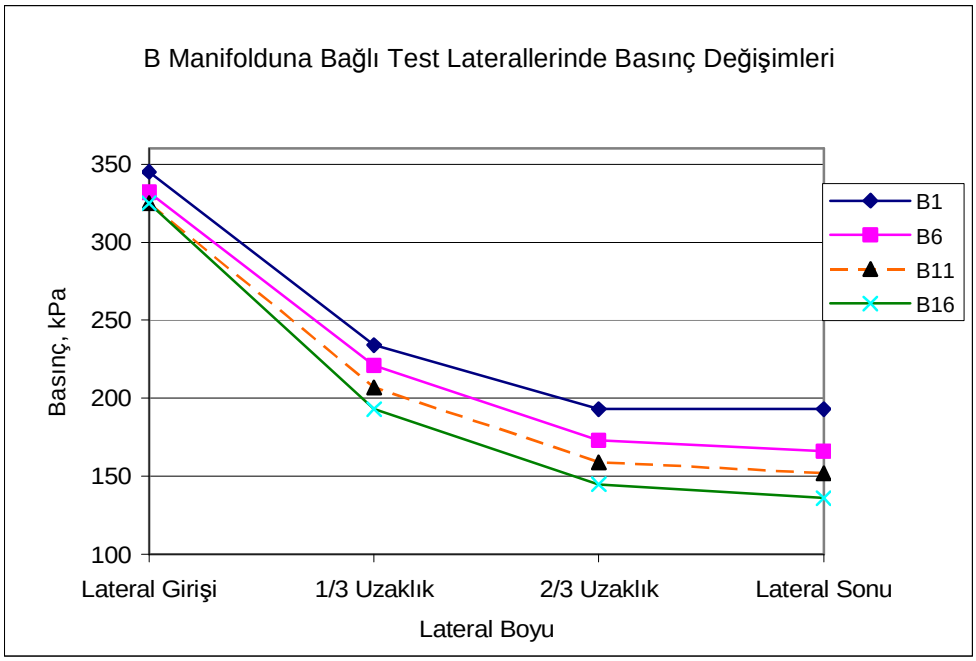
Sistemin denetim ünitesinde filtre sisteminin girişinde ve çıkışında ölçülen basınçlar sırasıyla 482 kPa ve 458 kPa olarak bulunmuştur. Basınç kaybı 24 kPa ve basınçtaki azalma ise %5 olarak hesaplanmıştır. Keller ve Bliesner (1990), temiz bir elek filtredeki basınç kaybının 14-35 kPa arasında, kum çakıl filtrede önerilen basınç kaybının 70 kPa, elek filtredeki basınç kaybının 35-70 kPa arasında olduğunu belirtmiştir.

Söğüt ve Yazar (1986), Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Döner Sermaye İşletmesinde 6 yaşındaki bir narenciye bahçesinde yaptıkları çalışmada sistemdeki basınç değişimini %11 olarak bulmuşlardır.

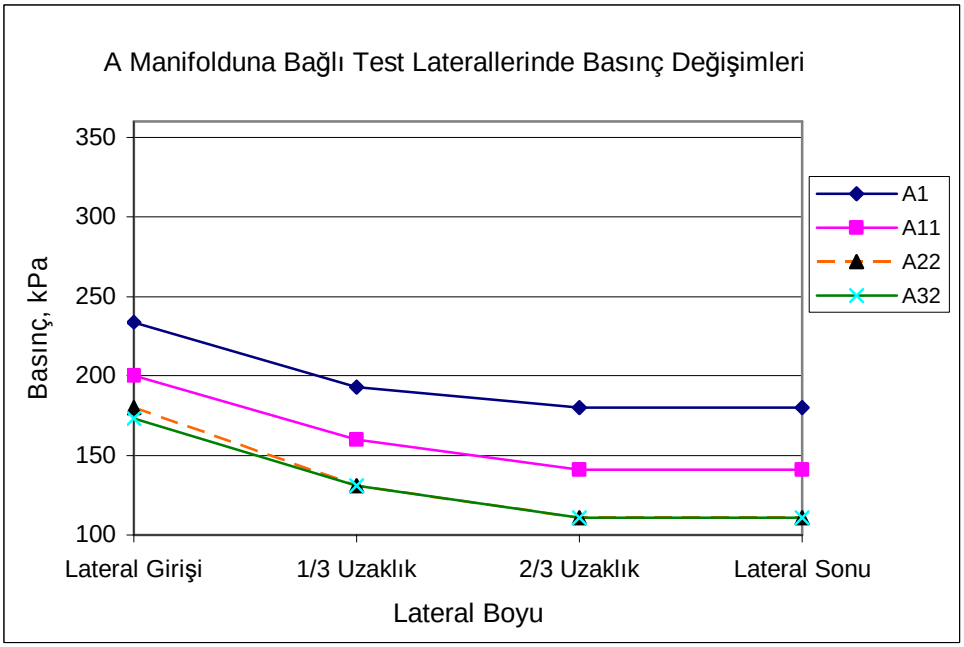
Uçar (1994), 1991 yılında aynı alanda yaptığı çalışmada basınç değişiminin %7.7-16.7 arasında olduğunu, Danyeli (2004) Mersin-Erdemli beldesinde yaptığı çalışmada basınç değişiminin %33-36 arasında değiştiğini belirtmişlerdir.



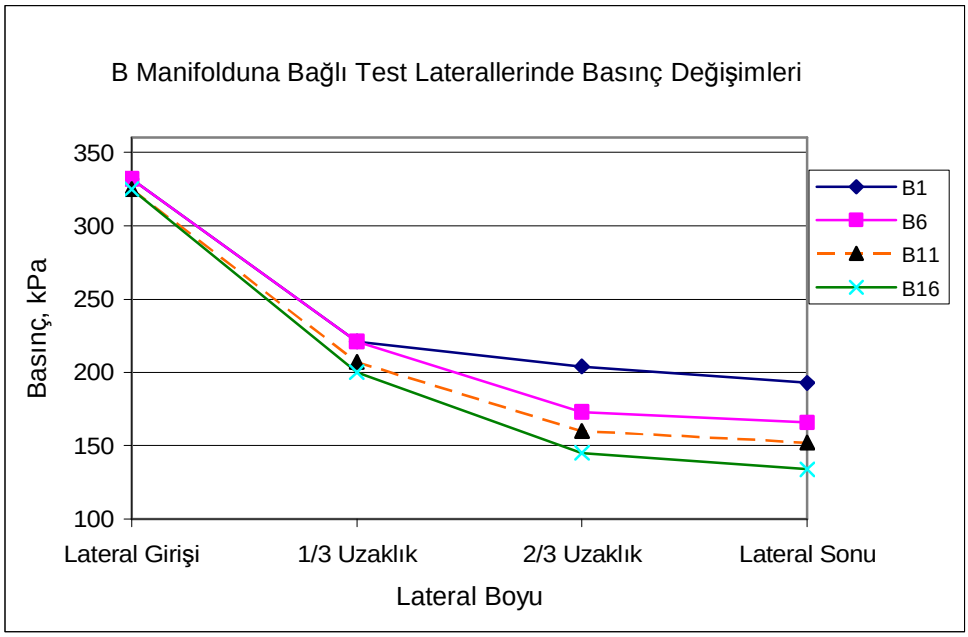
Şekil 4.5. I. testte A manifolduna bağlı test lateralleri boyunca basınç değişimleri



Şekil 4.6. I testte B manifolduna bağlı test lateralleri boyunca basınç değişimleri



Şekil 4.7. II. testte A manifolduna bağlı test lateralleri boyunca basınç değişimleri



Şekil 4.8. II. testte B manifolduna bağlı test lateralleri boyunca basınç değişimleri

4.3. Ortalama Uygulama Derinliği, (Daw)

Üzerinde değerlendirme çalışması yapılan damla sulama sistemiyle her bir sulamada ıslatılan alana uygulanan ortalama derinlik (Daw), ağaç başına damlatıcı sayısı [(3/0.90)+1]; ortalama damlatıcı debisi (3.48 l/h); sulama süresi (8.5 h) ve ortalama ıslatılan alandan (4.30 m^2) yararlanılarak Eşitlik 3.1'den

$$Daw = \frac{[(3/0.9)+1]\times 3.48\times 8.5}{4.30} = 29.80\ mm \qquad (3.1.)$$

olarak belirlenmiştir.

Araştırmanın yürütüldüğü bahçenin geneline uygulanan ortalama derinlik (Da), dikim aralığı (3x7 m^2) değeri kullanılarak hesaplanabilir.

$$Da = \frac{[(3/0.90)+1]\times 3.48\times 8.5}{3\times 7} = 6.10\ mm/\ 2\ gün = 3.05\ mm \qquad (3.3)$$

4.4. Her Bir Ağaca Uygulanan Günlük Su Hacmi

Her bir ağaca uygulanan günlük su hacmi ortalama olarak, yine ağaç başına damlatıcı sayısı [(3/0.90)+1]; ortalama damlatıcı debisi (3.48 l/h); sulama süresi (8.5 h) ve sulama aralığından (2 gün) yararlanılarak Eşitlik 3.4'den

$$L = \frac{[(3/0.9)+1]\times 3.48\times 8.5}{2} = 64.04\,\text{Litre} \qquad (3.4)$$

Testler sonucunda her sulamada ıslatılan alana uygulanan ortalama su derinliği (Daw) 29.80 mm olarak bulunmuştur. Ayrıca her ağaca 64.04 litre ortalama günlük sulama suyu verildiği hesaplanmıştır. Bir bitkiye düşen toplam alanın bir fonksiyonu olarak, uygulanan günlük su 3.05 mm olarak bulunmuştur. Buradan, sulamanın yeterliliği konusunda kesin bir karar vermek olası değildir. Uygulanan sulama suyunun ağaç başına yeterli olup olmadığını anlamak için sulama sezonu boyunca toprakta tansiyometrelerle veya başka bir yöntemle su içeriğinin ölçülmesi gereklidir.

4.5. Dağılım Türdeşliği, (EU)

Çalışmada, birinci ve ikinci testlerde her test laterali ve sistemin tamamı için ayrı ayrı dağılım türdeşliği (EU), alt çeyrekte ortalama debi ve ortalama debi değerleri kullanılarak Eşitlik 3.5'den belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 4.7-4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.7. Birinci ve İkinci Testlerde A ve B Manifoldlarında Her Bir Lateral İçin Dağılım Türdeşlikleri (EU, %)

A Manifoldu	Lateral No	A_1	A_{11}	A_{22}	A_{32}
	I.Test EU	93	90	93	93
	II.Test EU	94	95	95	94
B Manifoldu	Lateral No	B_1	B_6	B_{11}	B_{16}
	I.Test EU	94	92	95	93
	II.Test EU	95	93	95	94

Çizelge 4.8. Birinci ve İkinci Testlerde A ve B Manifoldlarında, Ortalama Debiler (q_{ort}), Alt Çeyrekte Ortalama Debiler ($q_{1/4}$) ve Dağılım Türdeşlikleri (EU, %)

	A Manifoldu		B Manifoldu	
	I.Test	II.Test	I.Test	II.Test
Ortalama Debi (q_{ort})	3.49	3.53	3.45	3.43
Alt Çeyrek Ortalama ($q_{1/4}$)	3.22	3.34	3.23	3.24
EU (%)	92	95	94	94

Çizelge 4.9. Sulama Sistemi Genelinde, Birinci ve İkinci Testlerde Ortalama Debiler (q_{ort}), Alt Çeyrekte Ortalama Debiler ($q_{1/4}$) ve Dağılım Türdeşlikleri (EU)

Sulama Sistemi Genelinde		
	I.Test	II.Test
Ortalama Debi (q_{ort})	3.47	3.48
Alt Çeyrek Ortalama ($q_{1/4}$)	3.23	3.29
EU (%)	93	95

Çizelge 4.7-4.9'dan da görüldüğü gibi arazide yapılan ölçümler ve bunu izleyen değerlendirmelerde, birinci ve ikinci testlerin sonuçlarında EU değerleri; A manifold bölümündeki laterallerde %92-95 ve B manifold bölümündeki laterallerde ise %94 bulunmuştur. Sulama sistemi genelinde birinci test sonucunda EU %93 ve ikinci test sonucunda ise %95 olarak belirlenmiştir. Söğüt ve Yazar (1986), Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Döner Sermaye İşletmesinde 6 yaşındaki bir narenciye bahçesinde yaptıkları çalışmada damlatıcı türdeşliğini %84, Danyeli (2004) Mersin-Erdemli beldesinde yaptığı çalışmada su dağılım türdeşliğini A manifolduna bağlı laterallerde %97-99, b manifolduna bağlı laterallerde %86-98 olarak bulmuşlardır.

Çizelge 3.5'deki sınıflamaya göre; her bir lateral için, manifoldlar için ve sistemin geneli için dağılım türdeşliğinin "çok iyi" olduğu belirlenmiştir.

4.6. Alt Çeyrekte Potansiyel Uygulama Randımanı (PELQ)

Alt çeyrekte potansiyel uygulama randımanı (PELQ), dağılım türdeşliğinden (%93-95) yararlanılarak Eşitlik 3.6'dan

I. Testte

PELQ= 0.9 x 93 = %83.7 (3.6)

II.Testte

PELQ= 0.9 x 95 = %85.5

olarak hesaplanmıştır.

Sistem PELQ Eşitlik (3.7)'den

I. Testte

Sistem PELQ = 1 x 83.7 = %83.7

II. Testte

Sistem PELQ = 1 x 85.5 = %85.5

olarak hesaplanmıştır.

Söğüt ve Yazar (1986), Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Döner Sermaye İşletmesinde 6 yaşındaki bir narenciye bahçesinde yaptıkları çalışmada potansiyel su uygulama randımanını %74, Danyeli (2004) Mersin-Erdemli beldesinde yaptığı çalışmada ise potansiyel su uygulama randımanını %86-99 olarak bulmuşlardır.

Her iki test sonucunda da elde edilen PELQ değerleri, Merriam ve Keller (1978)'in damla sulama için belirttiği %75-90 olan kabul edilebilirlik sınırları içerisindedir ve diğer araştırmacıların bulduğu değerlere benzer bulunmuştur. Buradan değerlendirme çalışması yapılan damla sulama sistemine ilişkin alt çeyrek potansiyel uygulama randımanın yüksek olduğu dolayısı ile sistem performansının oldukça iyi düzeyde olduğu söylenebilir.

4.7. Alt Çeyrekte Gerçek Uygulama Randımanı (AELQ)

Birinci ve ikinci testlerde alt çeyrekte gerçek uygulama randımanı (AELQ), sistemin genelinde dağılım türdeşliğinden (%93-95) yararlanılarak Eşitlik 3.9'dan

I.Testte

Sistem AELQ = (3.23 * 8.5) / (3.47*8.5) = %93 (3.9)

II.Testte

Sistem AELQ = (3.29 * 8.5) / (3.48*8.5) = %95

olarak hesaplanmıştır.

Alt çeyrekte gerçek uygulama randımanı, her iki test sonucunda %93-95 olarak bulunmuştur. Bulunan bu değerlerden sulama sisteminin gerçek su uygulama randımanın oldukça iyi olduğu söylenebilir.

4.8. Uygulanan Minimum Derinlik, (Dn)

Değerlendirmede toplam alana uygulanan minimum ortalama derinlik (Dn), deneme alanının geneline uygulanan ortalama derinlik (3.05 mm) ve sulama sisteminin alt çeyrekte potansiyel uygulama randımanından (%85) yararlanılarak hesaplanmıştır.

Dn= 3.05 * 85/100 = 2.60 mm (3.10)

4.9. Toprak Su İçeriğinin Değişimi

Deneme alanı topraklarının sulama öncesi ve sonrası su içeriklerinin belirlenmesi amacıyla lateralden 100 cm uzaklığa kadar her 25 cm'de bir, profilin 90 cm derinliğine kadar her 30 cm'de bir sulamadan hemen önce ve sulamadan 24 saat sonra bozulmuş toprak örnekleri alınmış (Şekil 4.9), ve bu örnekler fırında 105 ºC'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutularak kuru ağırlık yüzdesi cinsinden nem içerikleri bulunmuştur (Çizelge 4.10 ve 4.11).

Çizelge 4.10. Sulama Öncesi Nem İçerikleri (Pw, g/100g)

Derinlik cm	Damlatıcı Noktası	Damlatıcıdan 25 cm Uzaktan	Damlatıcıdan 50 cm Uzaktan	Damlatıcıdan 75 cm Uzaktan	Damlatıcıdan 100 cm Uzaktan
0-30	30.23	21.23	14.68	13.76	12.84
30-60	22.40	22.58	21.30	19.87	17.08
60-90	24.26	24.11	21.51	21.54	20.20

Çizelge 4.11. Sulama Sonrası Nem İçerikleri (Pw, g/100g)

Derinlik cm	Damlatıcı Noktası	Damlatıcıdan 25 cm Uzaktan	Damlatıcıdan 50 cm Uzaktan	Damlatıcıdan 75 cm Uzaktan	Damlatıcıdan 100 cm uzaktan
0-30	37.22	27.82	19.91	15.10	13.41
30-60	28.74	30.62	25.59	22.50	18.92
60-90	27.47	26.67	23.64	22.37	22.31

Çizelge 4.10. ve 4.11'den görüleceği gibi gerek sulama öncesinde gerekse sulama sonrasında damlatıcıdan uzaklaştıkça toprak nem içerikleri azalmaktadır.

Sulama öncesinde damlatıcı noktası ve damlatıcıdan 25 cm uzaktaki noktaların, örneğin alındığı tüm derinliklerdeki nem içeriklerinin solma noktasının üzerinde olduğu görülmektedir. Örnek alınan diğer noktaların 0-30 cm'lik derinliğinde nem içeriğinin solma noktasının altında, 30-60 cm ve 60-90 cm derinliklerde ise solma noktasına yakın ve üzerinde olduğu görülmektedir.

Sulama sonrasında ise damlatıcı noktası ve damlatıcıdan 25 cm uzaktaki noktaların nem içeriklerinin tarla kapasitesine yakın seviyelere çıktığı, damlatıcıdan 50 cm uzaktan örnekleme yapılan noktanın 0-30 cm'lik derinliğinde solma noktasına yakın, 30-60 cm ve 60-90 cm derinliklerde solma noktasının üzerinde nem içeriği olduğu görülmüştür. Damlatıcıdan 75 cm uzaktan ve damlatıcıdan 100 cm uzaktan

örnekleme yapılan noktaların 0-30 cm derinliğindeki nem içeriğinin sulama sonrasında da solma noktasının altında kaldığı, örnekleme yapılan diğer derinliklerde ise solma noktasının üstünde olduğu belirlenmiştir. Yapılan sulama sonunda bile tarla kapasitesine çıkılamadığı ve örnekleme yapılan kimi noktaların solma noktasının altında kaldığı ve eksik sulama yapıldığı görülmüştür.



Şekil 4.9. Toprak örneği alınan noktaların laterale göre konumları

4.10. Islatılan Alan Yüzdesi

Yapılan çalışmada, damlatıcıların sırt yüzeylerinde oluşturmuş olduğu ıslak alan çaplarının ağaç gövdelerine yakın kimi noktalarda köklerin toprağı kabartarak çatlaklıklar oluşturması nedeniyle 45-50 cm, ağaç gövdelerine uzak noktalarda ise 55-60 cm olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca sırtın yüzeyinde oluşan ıslak alan çaplarının, damlatıcının ve lateralin sırt yüzeyindeki konumlarından etkilendiği görülmüştür. Sulama sisteminde laterallerin ağaç gövdesine yakın konumlandırıldığı yerlerde damlatıcıların yüzeyde düzgün bir ıslak alan oluşturduğu, laterallerin ağaç gövdesine 25-30 cm uzağa yerleştirildiği yerlerde ise sırt yüzeylerinde akış oluştuğu ve yüzeydeki ıslak alanın düzgün olmadığı belirlenmiştir (Şekil 4.10 ve Şekil 4.11).



Şekil 4.10. Damlatıcıların sırt yüzeylerinde oluşturduğu ıslak alanlardan görünüş



Şekil 4.11. Damlatıcıların sırt yüzeylerinde oluşturduğu ıslak alanlardan görünüş

Sistemde damlatıcılar tarafından ıslatılan bölgelerin sırt boyunca toprağın 20-30 cm altında düz bir hat oluşturduğu görülmüştür. Ancak yapılan hesaplamalarda ıslatılan alan yüzdesi %20 olarak bulunmuştur. Yapılan sık sulamalar sayesinde bu düşük ıslak alan yüzdesi ciddi problemlere neden olmamıştır.

Söğüt ve Yazar (1986), narenciye bahçesinde yaptıkları çalışmada ıslatılan alan yüzdesini %19, Uçar (1994), 1991 yılında Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Döner Sermaye İşletmesinde 1987 yılında kurulmuş olan Altıntop (Starruby) narenciye bahçesinde yaptığı çalışmada ıslatılan alan yüzdesini %15.94, Bilal (1997), Adana-Yakapınar beldesinde bir narenciye bahçesinde kurulu damla sulama sisteminin performans değerlendirmesinde ıslatılan alan yüzdesini %29, Danyeli (2004) Mersin-Erdemli beldesinde yaptığı çalışmada ise ıslatılan alan yüzdesini %19 olarak bulmuşlardır.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Adana ili Yüreğir ilçesi Zağarlı köyünde Turunçgiller A.Ş. firmasına ait sırta dikim yapılmış narenciye bahçesinde tesis edilmiş olan damla sulama sistemi üzerinde performans değerlendirilmesi yapılmıştır.

Damla sulama sistemi üzerinde ölçülen basınç değerlerinden, basıncın oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Sistemin tasarımında 303 m'ye varan lateral uzunlukları kullanılmış ve dolayısıyla sürtünme kayıpları da fazla olmuştur. Lateralin en son damlatıcısından istenilen basıncın elde edilebilmesi için uzun laterallerin bağlı olduğu manifol girişine yüksek basınç verilmiş ve buna bağlı olarak da manometrik değeri yüksek olan pompa ve güç kaynağı seçilmiştir. Bu da doğal olarak enerji giderlerini arttırmaktadır. Ölçülen lateral basınç değerlerinden, basıncın A manifold bölümünde lateral girişinden lateral sonuna doğru %38, B manifold bölümünde ise %58'lere varan bir azalma gösterdiği ve bununda test lateralleri üzerindeki damlatıcıların debi değerlerinde, sistemde kullanılan damlatıcıların basınç düzenleyicili olmasından dolayı bir değişiklik yapmadığı görülmüştür.

Yapılan çalışmada, damla sulama sisteminin damlatıcı türdeşlik değerleri A Manifoldunda I.ve II. Testte sırasıyla %92-95, B manifoldunda ise %94 olarak bulunmuştur. Bulunan bu değerler, Merriam ve Keller (1978)'in belirttiği Çizelge 3.5'deki sınıflamaya göre sistemin dağılım türdeşliğinin "çok iyi" sınıfına girdiğini göstermektedir. Damlatıcı türdeşliği değerlerinin çok iyi olması sistemdeki ölçüm yapılan tüm damlatıcıların birbirine çok yakın debi değerleri verdiğini ve arazinin tamamına eşit miktarda sulama suyu uygulandığını göstermektedir.

Damla sulama sisteminin test edilmesi ile elde edilen veriler ve eşitliklerden yararlanılarak sistemin alt çeyrek potansiyel uygulama randımanı (PELQ) değerleri birinci testte %83.7, ikinci testte %85.5 ve ortalama olarak ise %85 olarak bulunmuştur. Merriam ve Keller (1978), alt çeyrekte potansiyel uygulama randımanının %75-90 değerleri arasında olmasının kabul edilebilir olacağını

belirtmişlerdir. Bu değerlendirme çalışmasında bulunan alt çeyrek potansiyel uygulama randımanı (PELQ) değerleri kabul edilebilir sınırlar içerisindedir.

Damla sulama sisteminin test edilmesi ile elde edilen veriler ve eşitliklerden yararlanılarak sistemin alt çeyrek gerçek uygulama randımanı (AELQ) değerleri birinci testte %93, ikinci testte %95 ve ortalama olarak ise %94 olarak bulunmuştur. Bu randıman değerleri sistemin su dağılım türdeşliğinin iyi olduğunu göstermektedir.

Yapılan çalışmada, laterallerin sırt üzerindeki konumlarının ve damlatıcının geldiği noktadaki sırtın yüzey şeklinin, toprak yüzeyinde ıslak alan oluşumunda etkili olduğu görülmüştür. Damlatıcıların sırt yüzeylerinde oluşturmuş olduğu ıslak alan çaplarının ağaç gövdelerine yakın kimi noktalarda köklerin toprağı kabartarak çatlaklıklar oluşturması nedeniyle 45-50 cm, ağaç gövdelerine uzak noktalarda ise 55-60 cm olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca sırtın yüzeyinde oluşan ıslak alan çaplarının, damlatıcının ve lateralin sırt yüzeyindeki konumlarından etkilendiği görülmüştür. Sulama sisteminde laterallerin ağaç gövdesine yakın konumlandırıldığı yerlerde damlatıcıların yüzeyde düzgün bir ıslak alan oluşturduğu, laterallerin ağaç gövdesine 25-30 cm uzağa yerleştirildiği yerlerde ise sırt yüzeylerinde akış oluştuğu ve yüzeydeki ıslak alanın düzgün olmadığı belirlenmiştir.

Değerlendirme çalışması yapılan damla sulama sisteminde sulama aralığı 2 gün ve sulama süresi 8.5 saattir. Genel olarak, damla sulama sistemleri günlük veya birkaç gün aralıklarla kısa süreli sulamalar için kullanılmaktadır. Kısa süreli olan sulamalarda toprak suyu sürekli olarak tarla kapasitesi civarında olduğu için bitki strese girmez ve iyi gelişim gösterir.

Yapılan çalışmada, her bir sulamada ıslatılan alana uygulanan ortalama derinlik (Daw) 29.80 mm olarak bulunmuştur. Daw'nin 2 gün olan sulama aralığına bölünmesi ile uygulanan günlük su 14.90 mm olarak bulunabilir. Ayrıca, her bir ağaca uygulanan günlük su hacminin (L/ağaç), ıslatılan alana bölünmesi ile de 14.90 mm değeri bulunabilir. Bulunan bu günlük değer Eylen ve ark (1988)'nın narenciyenin günlük su tüketimi için belirttiği maksimum 4-8 mm/gün değerinin üstünde kalmaktadır.

Değerlendirmesi yapılan damla sulama sisteminin denetim ünitesinde filtre sisteminin girişinde ve çıkışında ölçülen basınçlar sırasıyla 482 kPa ve 458 kPa

ölçülmüştür.Basınç kaybı 24 kPa ve basınçtaki azalma ise %5 olarak basınçtaki azalma ise %5 olarak bulunmuştur.

5.2. Öneriler

Yapılan çalışmalar sonucunda genel olarak sistemin performansı damlatıcı debileri ve değişimi, uygulama randımanı, potansiyel uygulama randımanı ve dağılım türdeşliği açısından incelendiğinde oldukça iyi olduğu ve sistemin iyi yönetildiği saptanmıştır. Ancak denemede belirlenen B manifoldunda laterallerin uzatma mesafelerinin fazla olduğu bundan dolayı da kimi laterallerde %58'lere varan oranda basınç kayıplarının oluştuğu görülmüştür. Anılan manifolda bağlı laterallerde sürtünme kayıpları fazla olduğundan ve lateralin en son damlatıcısından istenilen basıncın elde edilebilmesi için manifold girişine yüksek basınç verilmiş ve bunu sağlayacak manometrik değeri yüksek pompa ve güç kaynağı seçilmiştir. Bundan dolayı da enerji giderleri artmıştır. Bu şartlar altında sistemi projeleyen kişilerin mühendislik hesaplamalarını yaparken bu gibi problemleri dikkate almaları ve sistemin daha etkin çalışması için daha kısa uzatma mesafeleri kullanmaları önerilebilir. Hali hazırda sistemin kurulu olduğu arazide sistem ana unsurları ve manifoldlar gömülü olduğundan yapılabilecek düzeltmeler sınırlı ve çok masraflı olacaktır.

Gerek ıslatılan alanın küçüklüğü, gerekse laterallerin ve damlatıcıların sırt yüzeyindeki konumunun toprak üstünde oluşan ıslatılan alanı etkilemesinden dolayı laterallerin ağaç gövdelerine çok uzak konumlandırılmamaları, oluşturulan sırtların yüzeylerinin düzgün olması ve ıslatılan alanın arttırılması gerekmektedir. Islatılan alan yüzdesinin arttırılabilmesi için her ağaç sırasına bir lateral hattının daha döşenmesi ve her ağaç sırasına iki lateral hattının bulunmasının veya sulama süresinin arttırılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

ALJIBURY, F.K., 1974. Water Use in Irrigation. Proc. Int. Drip. Irrig. Congr., 2nd, 1974, s 341-350.

ANONİM, 2005. Karataş Meteoroloji İstasyonu Müdürlüğü Kayıtları, 2005.

AYIKOĞLU, A., 1995. Türkiye'de İmal Edilen Bazı Derin Kuyu Pompaların Karakteristik Değerlerinin Belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi F.B.E.

BİLAL, A., 1997. Adana Yakapınar Beldesinde Bir Narenciye Bahçesinde Kullanılan Damla Sulama Sisteminin Değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. Adana. 62 s.

BRESLER, E., 1971. Infiltration From a Trickle Source 1. Mathematical Models. Soil Sci. Soc.Am. Proc. 35: 675-689 s.

BUCKS, D.A. ve DAVIS, S., 1983. Historical Development in Trickle Irrigation for Crop Production. Edited by F.S. Nakayama and D.A. Bucks. Elsevier, Amsterdam, Oxford. New York, Tokyo. 1-26 s.

DANYELİ, İ., 2004. Mersin-Erdemli Beldesinde Teraslı Bir Alanda Bulunan Narenciye Bahçesinde Kurulu Tam Otomatik Damla Sulama Sisteminin Değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. Adana. 40 s.

DEĞİRMENCİ, H., 2001. Bursa-Ulubat Sulaması Performansının Değerlendirilmesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 32 (3), 277-283 s.

DEMİR, A.O., DEĞİRMENCİ, O., 2001. Sulama Performans Değerlendirmesinde Yeni Yaklaşımlar. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. V:13. Sayı:1. 2000, 83-93 s.

EYLEN, M., TOK, A., KANBER, R., 1989. Tarsus Koşullarında Damla ve Mini Yağmurlama Sulama Sistemleriyle Sulanan Portakal Ağaçlarının Verime Yatma Zamanı ve Su Tüketimi. Köy Hizmetleri Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No:157. Rapor Serisi No: 94. Tarsus. 76 s.

GENÇOĞLAN, C., 1991. Ağır Bünyeli Topraklarda farklı damlatıcı Debileri ve Uygulanan Toplam Sulama Suyu Miktarlarının Nem Dağılımına Etkileri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Adana, 143 s.

GOLDBERG, D., GORNAT, B., RIMON, D., 1976. Drip Irrigation Principles Design and Agricultural Practices. Drip Irrigation Scientific Publications. 23-61 s.

GÜNGÖR, Y., YILDIRIM, O., 1989. Tarla Sulama Sistemleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Yayın No: 1022. Ankara. 371 s.

HOWELL, T.A., BUCKS, D.A., CHESNESS, J.L., 1981. "Advances in Trickle Irrigation" in Irrigation: Challenges of the 80's. Procedings of the ASAE. Second National Irrigation Symposium. October 1980. University of Nebreska. Lincoln. NE. 69-94 s.

KANBER, R., 1999. Sulama. Çukurova Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 174. Ders Kitapları. Yayın No:52. Adana, 530 s.

KANBER, R., ÖĞRETİR, K., GÜNGÖR, H., KARA, C., 1996. Sulanır Alanlarda Su Kullanım Etkinliğinin Değerlendirilmesi. Köy Hizmetleri Araştırma Ana Projesi. Proje No: 423. Eskişehir. 110 s.

KELLER, J., ve KARMELI, D., 1975. Trickle Irrigation Design. Glendora . California: Rain Bird Sprinkler Manifacturing Corp. 133 s.

KELLER, J., ve BLİESNER, R. N., 1990. Sprinkler and Trickle Irrigation. 652 s.

MERRIAM, J.L., ve KELLER, J., 1978. Farm Irrigation System Evaluation: A Guide For Managment. Utah State University. Logan. 271 s.

NAKAYAMA, F.S. ve BUCKS, D.A., 1986. Trickle Irrigation For Row Crops Production.

ÖZEKİCİ, B., ve SNEED, R.E., 1995. Manufacturing Variation For Various Trickle Irrigation On-Line Emitters. ASAE paper No: 0883-8542/95/1102-0235, 235-240 s.

SÖĞÜT, A., YAZAR, A., 1986. Meyve Bahçelerinin Sulamasında Kullanılan Damla Sulama Sisteminin Değerlendirilmesi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Vol No: 1. Adana. 62 s.

UÇAR, A., 1994. Çukurovada Bir Narenciye Bahçesinde Kurulu Mini-Sprink Sulama Sisteminin Değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Adana, 62 s.

USSL, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agriculture Handbook No. 60, USA; 160 s.

WU, I.P., ve GITLIN, H.M., 1983. Drip Irrigation Application Efficiency and Schedules. Trans. of the ASAE. 26 (1): 92-99 s.

YAZAR, A., 1995. Sistem Performansının Değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Adana, 64 s.

ÖZGEÇMİŞ

1970 yılında Adana'da doğdum. İlk ve orta öğrenimimi Kadirli'de, lise öğrenimimi ise Malatya Ziraat Meslek Lisesinde tamamladım. 1990 yılında Kırşehir Tarım İl Müdürlüğü Bitki Koruma Şubesinde Ziraat Teknisyeni olarak göreve başladım. 1993 yılında Çukurova Üniversitesi Ceyhan Meslek Yüksekokulu Tarım Alet ve Makineleri programına girdim. 1995 yılında Çukurova Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama bölümüne girdim ve 1999 yılında mezun oldum. Halen Tarım ve Köyişleri Bakanlığına bağlı olan Zirai Üretim İşletmesi ve Personel Eğitim Merkezi Müdürlüğünde Ziraat Mühendisi olarak görev yapmaktayım.

EKLER

Ek Çizelge 1.1. A Manifoldu I.Test Damlatıcı Debi Değerleri (q=L/h)

Damlatıcı No	A_1	A_{11}	A_{22}	A_{32}
1	3.50	3.80	3.79	3.46
2	3.60	3.72	3.68	3.53
3	3.59	3.40	3.93	3.57
4	3.52	3.48	3.38	3.38
5	3.52	3.29	3.01	3.59
6	3.50	3.24	3.27	3.20
7	3.46	3.20	3.68	3.48
8	3.60	3.54	3.52	3.22
9	3.62	3.33	3.75	3.66
10	3.42	3.52	3.60	3.53
11	3.52	3.38	3.37	3.82
12	3.44	3.10	3.40	3.56
13	3.65	3.62	3.60	4.04
14	3.64	2.90	3.59	3.45
15	3.28	3.50	3.42	3.29
16	3.60	3.05	3.33	3.46
17	3.52	3.44	3.27	3.32
18	3.30	3.64	3.52	3.28
19	3.80	3.88	3.67	3.44
20	3.73	3.64	3.86	3.41
21	3.41	2.82	3.59	3.38
22	3.26	3.52	3.50	3.56
23	3.72	3.46	3.62	3.48
24	3.28	3.50	3.47	3.20
25	2.86	3.69	3.76	3.68
26	3.26	3.56	3.55	3.54
27	3.92	2.90	3.79	3.65
28	3.65	3.62	3.53	3.60
29	3.55	3.66	3.38	3.28
30	3.22	3.73	3.69	3.70
31	3.50	3.42	3.57	3.32
32	3.49	3.34	3.33	3.62
33	3.35	3.38	3.32	3.32
34	3.50	3.61	3.61	3.64
35	3.72	3.62	3.61	3.65
36	3.40	3.58	3.53	3.42
37	3.48	3.46	3.60	3.54
38	3.54	3.60	3.62	3.58
39	3.22	3.10	3.80	3.58
40	3.40	2.93	3.40	3.52
41	3.55	3.33	3.74	3.38
42	3.16	3.66	3.98	3.62
43	3.46	3.34	3.61	3.05
Ortalama q_{ort} (L/h)	3.48	3.43	3.56	3.49
Alt Çeyrek Ort.$q_{1/4}$ (L/h)	3.2	3.08	3.31	3.26

Ek Çizelge 1.2. A Manifoldu II.Test Damlatıcı Debi Değerleri (q=L/h)

Damlatıcı No	A_1	A_{11}	A_{22}	A_{32}
1	3.50	3.78	3.82	3.48
2	3.62	3.64	3.67	3.46
3	3.60	3.32	3.86	3.58
4	3.52	3.50	3.12	3.35
5	3.50	3.27	3.76	3.60
6	3.52	3.20	3.55	3.64
7	3.50	3.16	3.52	3.62
8	3.60	3.42	3.58	3.42
9	3.58	3.33	3.82	3.70
10	3.42	3.48	3.68	3.62
11	3.44	3.86	3.45	3.96
12	3.46	3.48	3.44	3.66
13	3.62	3.58	3.69	4.20
14	3.56	3.56	3.55	3.44
15	3.32	3.40	3.47	3.35
16	3.60	3.46	3.40	3.52
17	3.46	3.42	3.76	3.40
18	3.30	3.56	3.57	3.50
19	3.70	3.42	3.53	3.56
20	3.74	3.48	3.85	3.50
21	3.38	3.12	3.62	3.66
22	3.30	3.48	3.52	3.62
23	3.68	3.34	3.66	3.52
24	3.28	3.34	3.59	3.20
25	3.35	3.56	3.88	3.70
26	3.22	3.44	3.60	3.68
27	3.64	3.48	3.81	3.62
28	3.68	3.66	3.56	3.56
29	3.50	3.60	3.58	3.59
30	3.18	3.66	3.70	3.68
31	3.44	3.40	3.62	3.36
32	3.38	3.58	3.42	3.66
33	3.26	3.30	3.34	3.43
34	3.46	3.53	3.63	3.60
35	3.64	3.54	3.66	3.66
36	3.36	3.40	3.57	3.60
37	3.74	3.46	3.63	3.60
38	3.44	3.48	3.62	3.53
39	3.20	3.50	3.80	3.64
40	3.36	3.38	3.47	3.51
41	3.48	3.40	3.60	3.54
42	3.42	3.64	3.54	3.50
43	3.86	3.70	3.90	3.00
Ortalama q_{ort} (L/h)	3.48	3.47	3.61	3.56
Alt Çeyrek Ort.$q_{1/4}$ (L/h)	3.29	3.29	3.43	3.35

Ek Çizelge 1.3. B Manifoldu I.Test Damlatıcı Debi Değerleri (q=L/h)

Damlatıcı No	B_1	B_6	B_{11}	B_{16}
1	3.43	3.65	3.78	3.47
2	3.46	3.61	3.68	2.40
3	3.60	3.19	3.46	3.51
4	3.33	3.24	3.54	3.27
5	3.57	3.31	3.60	3.20
6	3.28	3.48	3.40	3.38
7	3.45	3.44	3.76	3.56
8	3.30	3.54	3.64	3.22
9	3.51	2.76	3.50	3.38
10	3.62	3.42	3.38	3.25
11	3.60	3.20	3.60	3.45
12	3.36	3.57	3.64	3.50
13	3.48	3.43	3.48	3.46
14	3.47	3.31	3.46	3.12
15	3.28	2.79	3.30	3.60
16	3.46	3.30	3.42	3.22
17	3.40	3.21	3.40	3.33
18	3.59	3.35	3.36	3.27
19	3.60	3.62	3.60	3.29
20	3.32	3.30	3.62	3.44
21	3.71	3.58	3.62	3.56
22	3.51	3.21	3.60	3.40
23	3.63	3.56	3.90	3.53
24	3.42	3.48	3.56	3.56
25	3.40	3.36	3.50	3.39
26	3.44	3.42	3.60	3.48
27	3.22	3.56	3.62	3.58
28	3.42	3.43	3.73	3.28
29	3.42	3.14	3.44	3.50
30	3.66	3.68	3.82	3.53
31	3.55	3.03	3.76	3.56
32	3.32	3.26	3.63	3.40
33	3.32	3.20	3.70	3.53
34	3.66	3.20	3.50	3.54
35	3.62	3.58	3.44	3.42
36	3.52	3.85	3.66	3.48
37	3.23	3.43	3.68	3.38
38	3.68	3.17	3.64	3.22
39	3.71	3.52	3.46	3.51
40	3.44	3.57	3.63	3.44
41	3.60	3.42	3.63	3.44
42	3.43	3.56	3.62	3.46
43	3.22	3.28	3.50	3.73
44	3.32	3.46	3.70	3.16
45	3.42	3.32	3.48	3.34
46	3.53	3.40	3.72	3.56
47	3.56	3.28	3.48	3.30
48	3.49	3.51	3.44	3.44
49	3.53	3.11	3.45	3.44
50	3.20	3.51	3.62	3.40
51	3.10	3.16	3.68	3.13
52	3.60	3.12	2.91	3.54
53	3.50	3.88	3.40	3.72
Ortalama q_{ort} (L/h)	3.46	3.38	3.56	3.40
Alt Çeyrek Ort. $q_{1/4}$ (L/h)	3.27	3.11	3.38	3.17

Ek Çizelge 1.4. B Manifoldu II.Test Damlatıcı Debi Değerleri (q=L/h)

Damlatıcı No	B_1	B_6	B_{11}	B_{16}
1	3.42	3.60	3.72	3.46
2	3.52	3.58	3.60	3.43
3	3.60	3.17	3.56	3.50
4	3.32	3.20	3.50	3.28
5	3.56	3.31	3.52	3.26
6	3.26	3.44	3.36	3.40
7	3.45	3.44	3.68	3.56
8	3.28	3.51	3.60	3.20
9	3.58	3.23	3.48	3.38
10	3.62	3.41	3.34	3.24
11	3.60	3.18	3.50	3.42
12	3.33	3.52	3.54	3.49
13	3.46	3.37	3.38	3.42
14	3.48	3.28	3.44	3.07
15	3.26	2.74	3.28	3.56
16	3.50	3.26	3.50	3.22
17	3.42	3.17	3.34	3.28
18	3.56	3.31	3.26	3.22
19	3.57	3.59	3.52	3.30
20	3.29	3.24	3.54	3.35
21	3.70	3.53	3.50	3.55
22	3.48	3.30	3.48	3.29
23	3.62	3.48	3.80	3.46
24	3.40	3.46	3.40	3.47
25	3.38	3.36	3.44	3.34
26	3.42	3.40	3.56	3.50
27	3.21	3.55	3.60	3.56
28	3.38	3.40	3.68	3.18
29	3.43	3.10	3.34	3.47
30	3.73	3.58	3.80	3.52
31	3.56	3.14	3.64	3.57
32	3.35	3.24	3.48	3.35
33	3.29	3.18	3.60	3.52
34	3.64	3.22	3.40	3.54
35	3.60	3.58	3.34	3.38
36	3.52	3.83	3.54	3.44
37	3.20	3.40	3.62	3.32
38	3.64	3.12	3.62	3.21
39	3.70	3.47	3.44	3.62
40	3.46	3.52	3.54	3.40
41	3.61	3.38	3.52	3.35
42	3.36	3.51	3.58	3.49
43	3.20	3.24	3.41	3.70
44	3.31	3.41	3.65	3.05
45	3.40	3.26	3.40	3.26
46	3.50	3.34	3.67	3.48
47	3.52	3.25	3.40	3.28
48	3.44	3.48	3.57	3.41
49	3.70	3.08	3.46	3.41
50	3.22	3.46	3.50	3.42
51	3.22	3.14	3.55	3.17
52	3.44	3.10	3.22	3.54
53	3.53	3.99	3.30	3.68
Ortalama qort (L/h)	3.46	3.36	3.506	3.40
Alt Çeyrek Ort. $q_{1/4}$ (L/h)	3.27	3.13	3.34	3.21