

**T.C.**  
**NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**YERLİ ÜRETİM DOĞRUSAL HAREKETLİ YAĞMURLAMA SULAMA  
SİSTEMİNİN TRAKYA KOŞULLARINDA İZLEME VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**OKTAY ÇALGICI**

**TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI**

**Danışman: Doç. Dr. Tolga ERDEM**

**TEKİRDAĞ**

**2011**

**Her hakkı saklıdır.**

Doç. Dr. Tolga ERDEM danışmanlığında, Oktay ÇALGICI tarafından hazırlanan bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı : Prof. Dr. A.Halim ORTA

*İmza :*

Üye : Doç. Dr. Tolga ERDEM

*İmza :*

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hakan OKURSOY

*İmza :*

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 04/03/2011 tarih ve 10/15 sayılı kararıyla onaylanmıştır

Doç. Dr. Fatih KONUKCU

**Enstitü Müdürü**

## ÖZET

### Yüksek Lisans Tezi

## YERLİ ÜRETİM DOĞRUSAL HAREKETLİ YAĞMURLAMA SULAMA SİSTEMİNİN TRAKYA KOŞULLARINDA İZLEME VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Oktay ÇALGICI

Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Tolga ERDEM

Bu çalışmada, Trakya Bölgesi koşullarında üretilen ve bölge koşullarında kullanımı gün geçtikçe artan doğrusal hareketli yağmurlama sulama sistemlerinin su dağılım özellikleri belirlenmiştir. Araştırmada, su dağılım özellikleri olarak, eş su dağılım katsayısı (CU), su dağılım yeknesaklığı (DU) ve sulama yeterliliği incelenmiştir.

Araştırma sonunda, eş su dağılım katsayısı (CU) değerleri; % 68 ile 78 arasında değişmiş ve literatür de önerilen % 84 koşulunu sağlamamıştır. Ayrıca, su dağılım yeknesaklığı (DU) değerleri ise % 52 ile 66 arasında değişmiş ve literatür de önerilen % 75 koşulunu sağlamamıştır. Ayrıca, meme çapı ve işletim hızı arttıkça CU ve DU değerlerinde bir artış elde edilmesine karşın, bu artışın istatistiksel açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir.

Değerlendirmeler sonucunda, farklı meme çapları ile işletim hızları için yağmurlama hızları 26 ile 44 mm/h arasında değişmiştir. Bu değerler artan meme çapları ile artarken, artan işletme hızlarında azalmıştır. Bu nedenle, kullanılacak meme çapının ve işletim hızının seçilmesinde toprağın infiltrasyon hızı değerlerinin arazi koşullarında belirlenmesi ve doğrusal hareketli yağmurlama sistemlerinde başlık debisinin ve işletme hızının bu değerlere göre ayarlanması gerekmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Doğrusal hareketli yağmurlama sulama yöntemi, eş su dağılım katsayısı, su dağılım yeknesaklığı, sulama yeterliliği

2011, 50 sayfa

## **ABSTRACT**

### **MSc Thesis**

## **EVALUATION and OBSERVATION OF A DOMESTIC PRODUCTION LINEAR MOVE SPRINKLER IRRIGATION SYSTEM UNDER THRACE CONDITIONS**

**Oktay ÇALGICI**

Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Science

Main Science Division of Agricultural Construction and Irrigation

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Tolga ERDEM

In this study, the water distribution properties of a linear move sprinkler irrigation system produced in Thrace region conditions of ever increasing were determined. In the study, as water distribution characteristics, coefficient of uniformity (CU), distribution uniformity (DU) and adequacy of irrigation were investigated.

As a result, the uniformity coefficient (CU) values varied between 68% and 78 and not provide 84% proposed in the literature. In addition, the water distribution uniformity (DU) values ranged between 52% and 66 and not provide 75 % proposed in the literature. In addition, the nozzle diameter and operating speed increases, achieving an increase in CU and DU values, but this increase was not statistically significant

The precipitation rates for different nozzle diameters and operating speeds varied between of 26 to 44 mm/h. These values increased with increasing nozzle diameter and increasing operating speeds decreased. Therefore, the soil infiltration rate used in the selection of nozzle diameter and operating speed of the linear move sprinkler irrigation systems, the sprinkler discharge and operation speeds need to be set according to these values for linear move sprinkler irrigation system.

**Key words:** Linear move sprinkler irrigation system, uniformity coefficient, distribution uniformity, adequacy of irrigation

**2011, 50 pages**

## ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Artan dünya nüfusuyla birlikte insanların tüketim ihtiyaçları gün geçtikçe artmaktadır. Yürütülen araştırmalarda, bu ihtiyaçları karşılamak için daha fazla üretim yapmanın yolları aranmaktadır. Tarım arazilerinin arttırılamayacağı günümüz koşullarında, üretimi artırmanın tek yolu kısıtlı su kaynakları ile birim alandan elde edilen verimi artırmaktır. Günümüzde iş gücünün, suyun ve sulama sistemlerinin maliyetinin artması, suyun azalması, arazilerin küçük ve parçalı olması, farklı sulama sistemlerine yönelmeye neden olmaktadır.

Bu çalışmada ülkemizde kullanımı yeni olan doğrusal hareketli yağmurlama sulama sistemlerinin performans değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçların, sistemi üreten sanayicilere, arazisinde kullanan çiftçilere, bu konuda araştırma yürüten kişi ve kuruluşlara faydalı olacağı düşünülmektedir.

Tez çalışmamın konu seçiminde, arazi çalışmalarında ve yazım aşamalarında beni yalnız bırakmayan, sadece danışmanım olarak değil, her konuda desteğini ve güvenini arkamda hissettiğim hocam Doç. Dr. Tolga ERDEM' e, sulama sistemleri üzerine bilgi ve tecrübesinden yararlandığım değerli hocam Prof. Dr. A. Halim ORTA' ya, arazi çalışmalarındaki yardımlarından dolayı bölüm öğrenci arkadaşlarıma, denemenin yürütüldüğü arazi koşullarını bizlere sağlayan Kırklareli Atatürk Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü Müdürü Dr. Fatih BAKANNOĞULLARI' na, her türlü yardımlarından dolayı Zir. Müh. Ali KAYHAN' a, tezimin her aşamasında bana destek olan ağabeyim Hasan ÇALGICI' ya ve aileme sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

**Oktay ÇALGICI**

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1.GİRİŞ.....	1
2.KAYNAK ARAŞTIRMASI .....	4
3. MATERYAL ve METOD.....	11
3.1. Materyal .....	11
3.1.1. Trakya bölgesinin konumu .....	11
3.1.2. Trakya bölgesinin iklim özellikleri .....	12
3.1.3. Trakya bölgesi toprak özellikleri ve topografya .....	12
3.1.4. Trakya bölgesinin su kaynakları .....	13
3.1.5. Araştırmanın yürütüldüğü alanın toprak özellikleri.....	17
3.1.6. Araştırmada kullanılan doğrusal hareketli yağmurlama sulama sistemi .....	17
3.2. Metod.....	20
3.2.1. Deneme düzeni ve deneme konuları .....	20
3.2.2. Su dağılım performansı belirleme kriterleri .....	21
3.2.2.1. Eş su dağılım katsayısının (CU) belirlenmesi.....	21
3.2.2.2. Su dağılım yeknesaklığı katsayısının (DU) belirlenmesi.....	23
3.2.2.3. Başlık debilerinin ve yağmurlama hızının belirlenmesi.....	23
3.2.2.4. Sulama yeterliliğinin belirlenmesi .....	24
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA .....	25
4.1. Su toplama kaplarında biriken su miktarları .....	25
4.2. Eş su dağılım katsayısına (CU) ilişkin sonuçları.....	25
4.3. Su dağılım yeknesaklığı (DU) katsayısına ilişkin sonuçlar .....	36
4.4. Başlık debisi ve yağmurlama hızına ilişkin sonuçlar .....	38
4.5. Sulama yeterliliğine ilişkin sonuçlar .....	39
5. SONUÇ ve ÖNERİLER .....	44
6.KAYNAKLAR .....	47



## SİMGELER DİZİNİ

atm : atmosfer

bar : bar

cm : santimetre

cm<sup>3</sup> : santimetre küp

CU: Christiansen eş su dağılım katsayısı

g : gram

h : saat

kg : kilogram

ha: hektar

hm<sup>3</sup>: hektometre küp

m : metre

mm : milimetre

mm<sup>2</sup> : milimetre kare

m<sup>2</sup> : metre kare

m<sup>3</sup> : metre küp

PE : polietilen

s : saniye

% : yüzde

° : derece

°C : santigrad derece

DU : Su dağılım yeknesaklığı

I<sub>y</sub> : yağmurlama hızı



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Trakya bölgesi haritası.....	11
Şekil 3.2. Trakya bölgesinin toprak taksonomisine göre genelleştirilmiş toprak haritası.....	13
Şekil 3.3. Araştırmada kullanılan yerli üretim doğrusal hareketli yağmurlama sistemi.....	19
Şekil 3.4. Deneme düzeni.....	20
Şekil 3.5. Su toplama kaplarının görünümü.....	21
Şekil 3.6. Su toplama kaplarındaki ölçüm.....	21
Şekil 4.1. CU değerleri ile farklı sistem hızları arasındaki ilişkiler .....	35
Şekil 4.2. CU değerleri ile farklı meme çapları arasındaki ilişkiler .....	35
Şekil 4.3. DU değerleri ile farklı sistem hızları arasındaki ilişkiler .....	37
Şekil 4.4. DU değerleri ile farklı meme çapları arasındaki ilişkiler .....	38
Şekil 4.5. Meme çapı 6 mm ve 22 m/h işletme hızı altında sulama yeterliliği grafiği.....	40
Şekil 4.6. Meme çapı 6 mm ve 30 m/h işletme hızı altında sulama yeterliliği grafiği.....	40
Şekil 4.7. Meme çapı 8 mm ve 22 m/h işletme hızı altında sulama yeterliliği grafiği.....	41
Şekil 4.8. Meme çapı 8 mm ve 30 m/h işletme hızı altında sulama yeterliliği grafiği .....	42
Şekil 4.9. Meme çapı 6 mm ve 22 m/h işletme hızı altında su dağılım deseni.....	42
Şekil 4.10. Meme çapı 6 mm ve 30 m/h işletme hızı altında su dağılım deseni .....	43
Şekil 4.11. Meme çapı 8 mm ve 22 m/h işletme hızı altında su dağılım deseni.....	43
Şekil 4.12. Meme çapı 8 mm ve 30 m/h işletme hızı altında su dağılım deseni.....	43

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Tekirdağ iline ait bazı iklim elemanlarının uzun yıllar aylık ortalama değerleri (2005-2010 yılları arası).....	14
Çizelge 3.2. Edirne iline ait bazı iklim elemanlarının uzun yıllar aylık ortalama değerleri (2005-2010 yılları arası).....	15
Çizelge 3.3. Kırklareli iline ait bazı iklim elemanlarının uzun yıllar aylık ortalama değerleri (2005-2010 yılları arası).....	16
Çizelge 3.4. Trakya bölgesi su kaynakları potansiyeli .....	18
Çizelge 3.5. Deneme alanı toprakların bazı fiziksel özellikleri .....	18
Çizelge 4.1. Meme çapı 6 mm ve 22 m/h hareket hızı için ölçülen su derinlikleri (mm) (1. Tekerrür).....	26
Çizelge 4.2. Meme çapı 6 mm ve 22 m/h hareket hızı için ölçülen su derinlikleri (mm) (2. Tekerrür).....	27
Çizelge 4.3. Meme çapı 6 mm ve 30 m/h hareket hızı için ölçülen su derinlikleri (mm) (1. Tekerrür).....	28
Çizelge 4.4. Meme çapı 6 mm ve 30 m/h hareket hızı için ölçülen su derinlikleri (mm) (2. Tekerrür).....	29
Çizelge 4.5. Meme çapı 8 mm ve 22 m/h hareket hızı için ölçülen su derinlikleri (mm) (1. Tekerrür).....	30
Çizelge 4.6. Meme çapı 8 mm ve 22 m/h hareket hızı için ölçülen su derinlikleri (mm) (2. Tekerrür).....	31
Çizelge 4.7. Meme çapı 8 mm ve 30 m/h hareket hızı için ölçülen su derinlikleri (mm) (1. Tekerrür).....	32
Çizelge 4.8. Meme çapı 8 mm ve 30 m/h hareket hızı için ölçülen su derinlikleri (mm) (2. Tekerrür).....	33
Çizelge 4.9. Deneme sonucu elde edilen eş su dağılım katsayıları (CU).....	34
Çizelge 4.10. Deneme sonucu elde edilen su dağılım yeknesaklığı katsayıları (DU).....	36
Çizelge 4.11. Ortalama su derinlikleri ve yağmurlama hızı değerleri .....	39

## 1.GİRİŞ

Tarımsal üretimin arttırılmasında, toprak ve su kaynaklarının optimum şekilde kullanılmasına yönelik araştırmaların yapılması gerekmektedir. Bu alışmalar arasında sulama, diğer tarımsal girdilerin etkinliğini arttıran, tarımsal üretimde kararlılığı ve ekonomi ile sosyal düzenin dengede tutulmasını sağlayan çok yönlü bir uygulamadır (Korukçu 1992).

Sulama, bitkinin normal gelişmesi için gerekli olan ancak doğal yollarla karşılanamayan suyun bitki kök bölgesine gereken zamanda, gerekli miktarda ve kontrollü olarak verilmesi şeklinde tanımlanmaktadır. Bu tanımın önemi, özellikle, sulama için ayrılacak suyun azalması nedeniyle günümüzde daha da ön plana çıkmaktadır. Sulama programlaması, bir bitkiye yetişme periyodu boyunca ne zaman ve ne kadar sulama suyu uygulanacağının belirlenmesine yönelik çalışmaları kapsar. Bu kapsamda, öncelikle yörenin iklim, toprak, topografya ve bitki özelliklerine uygun mevcut suyun etkin olarak kullanılacağı, verim azalması yaratmayacak bir sulama yönteminin seçilmesi gerekmektedir.

Sulama yöntemi ve sisteminin seçiminde ekonomik faktörler çok önemlidir. Bazı özel koşullar dışında, suyun toprağa verilif biçimi bitkiden çok uygulayıcıyı ilgilendirir. Başka bir deyişle, suyun hangi yöntemle ve ne miktarda verileceği eldeki tüm mevcut olanaklar ile en ekonomik kararı vermek zorunda olan sulama mühendisinin sorumluluğundadır. Ancak, bu bilinçle davranıldığında dönümüne milyarlarca lira harcanarak sulamaya açılan alanlarda etkin bir su kullanımı sağlanarak verim ve buna paralel olarak ülke çiftçisinin ekonomik düzeyi arttırabilir (Orta 1997).

Sulama yöntemleri içerisinde, üniform su kullanımı, yüksek randıman, sulama suyu tasarrufu ve işletme kolaylığı bakımından, yağmurlama ve damla sulama yöntemi ön plana çıkmaktadır. Günümüzde, İsrail'in sulu tarım alanlarının tamamı, Fransa'nın % 95'i, Mısır' ın % 62' si ve Amerika Birleşik Devletleri'nin % 50' si basınçlı sulama yöntemleri ile sulanmaktadır ([www.icid.org](http://www.icid.org)). Ülkemizde ise bu değer tahmini olarak % 10 civarında olduğu varsayılmasına karşın son yıllarda kullanımı giderek artmaktadır.

Basınçlı sulama yöntemlerinden olan yağmurlama sulama yönteminin farklı işletim şekilleri bulunmaktadır. Özellikle, su dağılım yeknesaklığında oluşan farklılıklar değerik işletim şekillerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Örneğin, sabit yağmurlama sulama sistemlerinin ilk yatırım maliyetlerinin fazla olması taşınabilir yağmurlama sistemlerinin kullanılmasını doğururken, center pivot sistemlerinde düz arazilerde tarla köşelerinde kalan

sulanmayan alanlar nedeniyle doğrusal hareketli yağmurlama sulama sistemlerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Yağmurlama sulama yöntemlerinin yüzey sulama yöntemlerine karşın birçok avantajı bulunmasına karşın, aşırı rüzgar ile iyi plan ve uygulama yapılamaması durumunda tüm arazi içerisinde eş su dağılımının sağlanamaması gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Bu nedenle, yağmurlama sulama sistemlerinden istenilen başarının sağlanabilmesi için kullanılan yağmurlama başlığının, uygun tertip aralıklarında performans testlerinin yapılması gerekmektedir.

Trakya bölgesi son yıllara kadar ülkemizin en önemli tarımsal üretim bölgelerinden birisi olmasına rağmen, İstanbul gibi büyük bir anakent nüfusunun bölgeye doğru hareketlenmesinden dolayı bu özelliğini gün geçtikçe kaybetmektedir. İstanbul' u yeniden yapılandırma çalışmaları ve Avrupa' ya ulaşım kolaylığı açısından ağır sanayi adını verdiğimiz tekstil fabrikalarının tamamına yakınının bölgeye yayılımı tamamlanmak üzeredir. Bu hızlı yayılım, bölge halkı tarafından ilk bakışta, işsizliğe çözüm ve özellikle, arazi fiyatlarındaki artış nedeniyle çok cazip gelmiştir. Fakat hızla gelişen bu sürecin etkileri yavaş yavaş ortaya çıkmış, insan ve doğaya verilen olumsuz etkiler ülke basınında bile önemli bir yer tutmaya başlamıştır.

Bölgedeki tarım alanlarının azalması, çiftçinin ayçiçeği – buğday münavebe sisteminden elde ettiği birim alan gelir değerlerinin çok düşük düzeyde kalması ve İstanbul gibi büyük bir tüketim merkezine yakınlık, yeni tarım teknikleri arayışlarını hızlandırmıştır. Bölgede, özellikle, Tarım Bakanlığının yurt genelinde gerçekleştirdiği damla ve yağmurlama sulama sistemlerine olan desteğin artması, çiftçinin dikkatinin sulamaya çekilmesine neden olmuştur. Fakat bölgedeki su kaynaklarının mevcut durumu ve son günlerde uzmanların üzerinde durduğu küresel ısınma nedeniyle, gelecekte tarıma ayrılacak su miktarında azalma olacağı dikkate alınarak, sulama sistemi olarak basınçlı sulama sistemlerinin kullanımı ön plana çıkmaktadır. Bunun yanı sıra, bölgede bulunan Ziraat Fakültesi ve diğer araştırma enstitülerin yaptığı araştırmalarda, buğday, ayçiçeği gibi bitkilerde yetiştirme sezonu boyunca yapılacak destekleme sulamalar ile elde edilecek verim artışının önemli düzeylerde olduğu belirlenmiştir (Erdem ve ark. 2001; Orta ve ark, 2002, Pekcan ve Erdem 2006). Ayrıca, Bu sonuçlar ile birlikte, bölgede hayvancılık potansiyelindeki artış, I. ve II. ürün silajlık mısır yetiştiriciliğinin artmasına neden olmuştur. Böylece, bölgede son yıllarda sulama uygulamaları hız kazanmaya başlamış, özellikle tarla bitkilerinin sulanmasında doğrusal

hareketli yağmurlama sulama sistemlerinin kullanımı giderek artmaya başlamıştır. Ayrıca, bu artışa bölgedeki tarım makineleri imalatçı kuruluşlarının da hareketli yağmurlama sulama makineleri üretmesi de etkili olmuştur.

Doğrusal hareketli yağmurlama sulama sistemlerinin az işgücü gereksinimi olması, uygulanacak sulama suyu miktarının kolay ayarlanabilir olması, ürün kayıplarının az olması, sistemin hareketli olması gibi bir takım avantajları bulunmaktadır. Ayrıca, ülke içerisinde doğrusal hareketli yağmurlama sulama sistemleri üretimi yapan iki büyük firmanın bölge içerisinde bulunması, işletme ve bakım aşamalarında ortaya çıkabilecek olumsuzların en kısa sürede giderilebilmesi için büyük bir avantaj olarak görölmektedir.

Doğrusal hareketli yağmurlama sistemlerinden istenilen başarının, hem su kullanımı hem de verim açısından elde edilebilmesi için tarla düzeyinde eş su dağılımının elde edilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, kullanılan sistemin eş su dağılım performansının sulama uygulamaları öncesinde belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, Trakya bölgesinde üretilen doğrusal hareketli yağmurlama sulama sistemlerinin performans değerlendirilmesi ve bölge koşullarında kullanılabilme analizleri yapılmıştır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Yağmurlama sulama sistemleri, genelde, yağmurlama başlıklarının ve laterallerin hareketlerine göre sınıflandırılabilir. Genellikle, yağmurlama sulama sistemleri yerleşik ve sürekli hareketli sistemler olarak ikiye ayrılabilir. Sabit sistemlerde yağmurlama başlıkları sulama süresince sabit dururken, sürekli hareketli sistemlerde ise doğrusal veya dairesel bir hat üzerinde hareket ederler. Yerleşik sistemlerin, arazinin sulanması süresince yağmurlama başlıklarının yer değiştirip değiştirmediğine göre değişen periyodik hareketli veya sabit olmak üzere iki farklı uygulama şekli bulunmaktadır. Bu sistemlere örnek olarak; elle hareket ettirilen lateraller, tekerlekli lateraller, sondan çekilen lateraller, büyük tabanlı yağmurlayıcılar (gun ve boom sistemler) sayılabilir. Sürekli hareketli yağmurlama sistemleri içerisinde ise; dairesel (center pivot) ve doğrusal hareketli (linear move) lateraller girmektedir (Keller ve Bliesner 1990, Kanber 2002).

Yağmurlama sulama yönteminde eş su dağılımı elde etmek mümkün değildir. Bunun nedeni, boru hatlarındaki yük kayıpları ve arazi eğiminden dolayı yağmurlama başlıklarının basınçlarının, dolayısı ile debilerinin değişmesidir. Yağmurlama başlıkları optimum işletme basıncı sınırlarında çalıştırılarak ve uygun aralıklarla yerleştirilerek yüksek su uygulama randımanı elde edilebilir. Uygun olmayan işletme basıncı ve tertip aralıklarında sulama randımanı önemli düzeylerde düşebilmektedir. Optimum işletme basıncı sınırlarında çalıştırılan yağmurlama başlıkları, ıslatma alanları birbirlerini belirli oranlarda öretecek biçimde arazi üzerine yerleştirilerek eş su dağılım desenleri elde edilebilir (Yıldırım 1996).

Eş olmayan bir su dağılımı, derine sızma ve yüzey akışı kayıplarının artmasına ve böylece sulama randımanının düşmesine neden olmaktadır. Başlıktan çıkan suyun miktarı ve hızı, olağan şekilde, yağmurlayıcıdan uzaklaştıkça azalmaktadır. Suyun gösterdiği bu değişim, su dağılım deseni diye adlandırılır. Anılan dağılım, rüzgâr, işletme basıncı, meme geometrisi gibi etmenler tarafından değiştirilmektedir. Çok düşük veya aşırı yüksek basınçta çalışan ve türdeş irilikte damlacık çıkaran bir başlığın dağılım deseninde su, ıslatılan dairenin kenarında yığılmaktadır. Yüksek veya yeterli işletme basıncında ise yaklaşık üçgen şeklinde bir dağılım elde edilmektedir. Uygulanan su, kenarlardan yağmurlayıcıya doğru gidildikçe doğrusal olarak artmaktadır. Aşırı yüksek basınçta iri damla yüzdesine göre, küçük damla yüzdesi

artmaktadır. Küçük damlacıklar, iri damlacıklara göre yağmurlayıcının daha uzağına düştüğünden dolayı kenarlara doğru göreceli bir su azalması görülmektedir. Gerek çok düşük, gerekse aşırı yüksek işletme basınçlarında lateraller arasında yeterli su almayan bölgeler olduğundan dolayı, bitki gelişmesi anılan bölgelerde yavaşlamaktadır (Kanber, 2002).

Yağmurlama başlıklarının eş su dağılım değerlendirilmesinde yaygın olarak Christiansen eş su dağılım katsayısı (CU) ve su dağılım yeknesaklığı (DU) değerleri kullanılmaktadır. Yağmurlama sulama sistemlerinde yağmurlama başlıklarında eş bir su dağılımın sağlanması açısından eş su dağılım katsayısı (CU) değerlerinin % 84' den az olması istenmemektedir. Bu değerden düşük CU değerleri genellikle, tertip aralığı, çalışma basıncı ve meme çapına bağlı olarak ortaya çıkan bir hata olarak yorumlanmaktadır. Yağmurlama sulama sistem performansının değerlendirilmesinde kullanılan diğer bir parametre olan su dağılım yeknesaklığı (DU) değerlerinin ise % 75' den büyük olması gerekmektedir (Christiansen 1942, Keller ve Bliesner 1990, Yıldırım 1996).

Amir ve ark. (1986), doğrusal hareketli yağmurlama sulama makinesinin işletiminin birçok faktöre bağlı olduğunu altını çizmişlerdir. Özellikle, makine, boru ağı, hidrolik işletim becerisi ve ekipmanın bunlar arasında önemli olduğu açıklanmıştır. Ayrıca, doğrusal hareketli yağmurlama sulama makinesinin enerji analizi sonuçlarına göre, gerekli toplam enerjinin % 60- 70' nin suyun dağıtımını için gerekli olduğu, makinenin hareketi ve boru toplanması için gerekli enerjinin % 3' den ve küçük makinelerin enerji tüketimlerinin büyük makinelerden % 30 daha az olduğu belirtilmiştir.

Vories ve Von Bernuth (1986), kullandıkları modelden elde ettikleri sonuçları dört farklı meme çapı ve farklı tertip aralıkları açısından elde edilen sonuçlar ile karşılaştırmışlardır. Araştırma sonucunda, rüzgar hızı arttıkça eş su dağılım katsayısı (CU) küçük çaplı başlıklarda azalmıştır. Düşük rüzgar hızı koşullarında 4.37 mm' lik başlıklara ait CU değerleri, karşılaştırılan diğer başlıklara göre daha düşük bulunmuştur. Ayrıca, rüzgar hızındaki artışlara karşılık, CU değerlerinde oluşan düşüşler, en fazla küçük çaplı başlıklarda meydana gelmiştir. En yüksek CU değeri en yüksek rüzgar hızında, 4.37 mm çaplı başlıktan elde edilmiştir.

Wahdan ve El-Gayar (1988) yürüttükleri araştırmada, sulama sistemlerinin performansını; (i) sulanan alanda suyu dağılım üniformitesi, (ii) sulamaların bitki su

gereksinimini karşılama açısından yeterliliği, (iii) bitki için uygulanan elverişli suyun toplam miktarı ve (iv) uygulanan suyun derine sızan kısmı gibi parametrelerle tanımlanabileceğinin altını çizmişlerdir.

Da Silva Paz ve ark. (1991) tarafından Portekiz’ de yürütülen çalışmada, yağmurlama sulama sistemlerinde eş su dağılım düzeyi araştırılmıştır. Araştırmada, 12 x 12 m ve 12 x 18 m tertip aralıklarında 1.5 ile 2.5 m/s arasında değişen rüzgar hızlarında yapılan testlerde Christiansen eş su dağılım katsayısı (CU) % 84 olarak elde edilmiştir. Ayrıca, 18 x 18 m tertip aralığında 1.5 m/s rüzgar hızı koşullarında eş su dağılım katsayısı (CU) % 84’ den büyük ve 1.5 m/s’den 2.7 m/s’ ye kadar rüzgar hızlarında ise CU katsayısı % 80 olarak hesaplanmıştır. Araştırma sonucunda, 18 x 18 m’ lik tertip aralığı, 1.5 m/s üzerindeki rüzgar hızı koşulları için önerilmemiştir.

Israr (1991), Pakistan’da sulama sistem performansını iyileştirmek amacıyla yaptığı araştırmada, sulama yönetim problemlerini; yetersiz sulama, tersiyerlerden su kaybı, arazinin tesviyesiz olması, çiftçilerin aşırı su kullanımı, sulama randımanının düşük olması, tarımsal yayım servisinin etkin olmayışı ve kurumsal kısıtlar olarak açıklamıştır.

Ruzicka (1992), yağmurlama sulamada performans değerlendirmesinin rüzgar hızının çok düşük veya hiç olmadığı durgun hava şartlarında yapılması gerektiğini belirtmiştir. Yürütülen çalışmada, kareler ağı şeklinde yerleştirilen su toplama kaplarını ortasına 0.75 m yüksekliğinde bir yağmurlama başlığı yerleştirmiştir. Su toplama kapları arasındaki mesafe 1.0 m olarak alınmış ve farklı basınç değerleri altında 12, 14, 16, 18, 20, 22 ve 26 mm meme çaplarında yağmurlama baslıklarının denemeleri yapılmıştır. Denemeler sonunda, en yüksek su dağılım yeknesaklığı (DU) % 72.9 olarak hesaplanmıştır.

Andırınlioğlu (1993), Adana Bölgesinde çiftçi arazisinde yürüttüğü araştırmada, doğrusal hareketli yağmurlama sulama sisteminin performansını değerlendirmiştir. Çalışma sonucunda, sulamadan önce etkili kök bölgesinde ortalama olarak kullanılabilir nem miktarı en düşük % 0, en yüksek % 2, su uygulama randımanı en düşük % 95, en yüksek % 97, eş su dağılım katsayısı % 87.2, sistemin debisi 7714 L/h, su uygulama hızı 106 mm/h, yakıt tüketim oranı 5.61 L/da, enerji kullanım randımanı 0.026 L/kg ve su kullanım randımanı 0.66 kg/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, lateral basıncının uzaklıkla azaldığı, bununla birlikte



yağmurlayıcılar basınç düzenleyicilerle donatıldığından basınç değişiminin olmadığı, yağmurlama debilerinin meme çapına ve basınca bağlı olduğu açıklanmıştır.

Chawla ve Narda (1995), üç ayrı yağmurlama başlığıyla, farklı işletme koşullarında denemeler gerçekleştirmiştir. Her bir başlığı 2.1, 2.8, 3.5 ve 4.2 atm işletme basıncında ve 1.4, 2.7 ve 3.3 m/s olmak üzere düşük, orta ve yüksek rüzgar hızlarında çalıştırmışlardır. Kareler ağı şeklinde oluşturulan arazide 10.5 cm çapındaki, 1 litrelik su toplama kabı aralıklarını 3 m olarak belirlemişlerdir. Sonuçta, düşük rüzgar hızı (0-1.38 m/s) altında 12x12 m tertip aralığında CU değeri % 95.5, yüksek rüzgar hızında (>2.7 m/s) ise % 85.6 olarak ortaya çıkmıştır. Araştırma sonucunda, yüksek rüzgar hızı altında lateral ve başlıkların birbirine daha yakın ve hakim rüzgar yönüne göre tertip edilmesi sistemin performansını arttırdığı belirtilmiştir.

Topak (1996), gerçekleştirdiği araştırmada, Konya-Çumra Ovasındaki yağmurlama sulama uygulamalarını değerlendirmiştir. Araştırmada, sulanan alanlarda yağmurlama sulama uygulanma oranı, uygulanan yağmurlama sistemlerinin ve elemanlarının özellikleri, yağmurlama yöntemi ile su uygulamaları, su dağılım performansı ve tarla su uygulama randımanı araştırılmıştır. Çalışmada, 73 adet yağmurlama tesisinde, tarla su uygulama randımanının belirlenmesi için 17, su dağılım performansı belirlenmesi için 8, infiltrasyon hızının belirlenmesi için 10 adet deneme ve test yapılmıştır. Araştırma sonucunda, değerlendirilen yağmurlama sistemlerinin taşınabilir özellikte olduğu ve tek lateral şeklinde tertiplendiği belirtilmiştir. Diğer yandan, çiftçilerin fazla su kullanma eğiliminde olmadıkları fakat sulamayı zamanında yapmadıkları belirlenmiştir. Araştırmada, tarla su uygulama randımanı ortalama olarak % 81, su dağılım performansı (CU) % 72.86 ile % 91.37 arasında bulunmuştur.

Tarı (1998), Ilgın ovasında yürüttüğü araştırmada, patates ve şekerpancarı alanlarında kullanılan yağmurlama başlıklarının performanslarını değerlendirmiştir. Araştırma sonucunda, eş su dağılım katsayısı (CU) değerlerinin % 58 ile % 82 arasında değiştiğini, su dağılım yeknesaklığı katsayısı (DU) değerlerinin ise % 37 ile % 82 arasında değiştiğini belirtmiştir. Ayrıca, kullanılan yağmurlama sistemlerinde basınç ve debi değişimlerinin izin verilen sınırdan daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Kutlar ve Tokgöz (2003), Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Çiftliğinde yürüttükleri araştırmada, seçilen yağmurlama başlığının farklı tertip aralıkları için eş su

dağılım katsayılarını (CU) hesaplamışlardır. Araştırma sonucunda, CU katsayısının % 84' den büyük olma koşullunun 2.0 ve 3.0 atm. çalışma basınçlarında 12 x 18 m tertip aralığında sağlandığı belirtilmiştir.

Baum ve ark. (2005), Florida'da yürüttükleri araştırmada, peyzaj sulama sistemlerinde kullanılan sprej ve rotor başlıklarının su dağılım yeknesaklığı (DU) değerlerini hesaplamışlardır. Araştırma sonucunda, başlıkların ortalama DU değerleri sprej başlıklarda % 41, rotor başlıklarda ise % 49 olarak hesaplanmıştır.

Demirel (2005), peyzaj alanlarında kullanılan 13 adet farklı yağmurlama başlığının (sprej, pop-up ve klasik yağmurlama başlıkları) farklı basınç (minimum, optimum ve maksimum) ve farklı rüzgar hızı aralıklarındaki (0-3, 3-6, 6-9 m/s) eş su dağılım katsayısı (CU) ve su dağılım yeknesaklığı (DU) değerlerini belirlemiştir. Araştırma sonucunda, eş su dağılım katsayısı değerleri (CU), sprej yağmurlama başlıklarının % 89' unda, pop-up yağmurlama başlıkları için % 50' sinde ve klasik yağmurlama başlıklarında ise % 26' sı uniform su dağılımı için önerilen CU % 84 koşulunu sağladığı belirtilmiştir. Diğer yandan, denemeye alınan tüm sprej yağmurlama başlıklarının su dağılım yeknesaklığı (DU) değerleri istenilen sınır olan % 50' yi geçtiği açıklanmıştır. Bu değer, denemeye alınan pop-up yağmurlama başlıklarının % 55' inde, klasik yağmurlama başlıklarının ise % 37' sinde istenilen sınır olan % 70 koşulunu sağlamıştır.

Bahçeci (2006), Harran Üniversitesi, Makine Fabrikası tarafından üretilen doğrusal hareketli yağmurlama sulama sisteminin performansını belirlemek amacıyla yürüttüğü araştırma sonucunda, uygun başlıklarda ve hızlarda eş su dağılım katsayılarının (CU) % 61 - 88 aralığında, su dağılım yeknesaklığının ise (DU) % 34-72 arasında değiştiğini açıklamıştır. Ayrıca, seçilen ilerleme hızlarıyla birlikte 20 - 133 mm derinlikte su verilebileceğini ve derine sızma kayıplarının % 6 - 12 arasında değiştiğini belirtmiştir. Araştırma sonucunda, yerli üretim doğrusal hareketli yağmurlama sulama sisteminin, Harran Ovasının infiltrasyon gruplarına göre sınıflandırılmış her türlü toprak bünyesinde kullanılabileceği ayrıca, sistemin işgücü gereksiniminin çok az olması ve yüksek eş su dağılımı sağlaması gibi önemli avantajlarının olduğu açıklanmıştır.

Dukes (2006) doğrusal hareketli yağmurlama sulama sistemi performansının üzerine basınç ve rüzgar etkisi araştırmıştır. Araştırma sonucunda, arazi koşullarında 2 farklı meme

çapı, 3 farklı rüzgar hızı aralığı (1.7 m/s <, 3.3-3.9 m/s, 5.0-6.6 m/s) ve 2 atm basınç altında çalıştırılan başlıklarda, eş su dağılım katsayılarını (CU) % 70-93 arasında bulmuşlardır.

Nasap SB. (2007), İran' da yapmış oldukları çalışmada, 9 farklı sabit ve hareketli yağmurlama sulama sistemini test etmişlerdir. Araştırma sonucunda, sabit yağmurlama sulamada eş su dağılım katsayısı (CU) % 76.1, su dağılım yeknesaklığı (DU) % 64.5 bulunurken, hareketli yağmurlama sulama sistemlerinde ise bu değerler sırasıyla % 82.9 ve 76.0 olarak hesaplanmıştır.

Zapata ve ark. (2007), İspanya'da yürütmüş oldukları çalışmada, 2.8 m/s rüzgar hızında 2 farklı (18x18) ve (18x15) sulama tertibinde başlık testi yapmışlardır. Araştırma sonucunda, eş su dağılım katsayısı (CU) değerlerini % 89.3 - 92.1 arasında bulmuşlardır.

Bahçeçi ve ark. (2008), yağmurlama sulama sistemlerinin bazı performans parametrelerinin belirlenmesi amacıyla, Konya ovasında 38 yağmurlama laterali izlenmiş ve değerlendirmişlerdir. Araştırmada, yağmurlama başlık basınçları, debi ve başlık basınç değişimleri ile sulama suyu miktarları belirlenmiştir. Ayrıca, optimum su kullanımını etkileyen bir çok faktör arasından uygulama ve dağılım üniformitesi, sulama yeterliliği ve uygulanan sistem karakteristikleri üzerinde durulmuştur. Araştırma sonucunda, Christiansen eş su dağılım katsayısı (CU) % 41 - 88 ve su dağılım yeknesaklığı (DU) % 18-81 arasında bulunmuştur. Başlık basınçlarında ve akış debilerinde belirlenen yüksek değişkenliğin, aynı lateral üzerinde farklı başlıkların kullanılmasından ileri gelmesi şeklinde yorumlanmıştır. Ayrıca, dar lateral aralıklarının su dağılım üniformitesini ve sulama yeterliliğini önemli düzeyde artıracaklarını göstermiştir.

Bahçeçi ve Aydın (2008), Mardin-Kızıltepe Ovasında çiftçi koşullarında kullanılan yağmurlama sulama sistemlerinin su dağılım desenlerini değerlendirmek, sistemlerin etkin çalışıp çalışmadığını ortaya koymak ve sistem performanslarını iyileştirmek amacıyla yürüttükleri araştırmada, altı farklı çiftçi arazisinde ölçümlerde bulunmuşlardır. Araştırmada, eş su dağılım katsayısı (CU), su dağılım yeknesaklığı (DU) ve yağmurlama başlıklarının basınç ve debi değişimleri belirlenmiştir. Araştırma sonucunda, CU değerleri % 58 – 75 arasında, DU değerleri ise % 44 ile 61 arasında bulunmuştur.

Kara ve ark. (2008),Samsun' da yürüttükleri araştırmada, bölge koşullarında yaygın olarak kullanılan beş farklı tipteki yağmurlama başlığının performansını belirlemişlerdir. Araştırma sonucunda, her bir başlık tipi için, eş su dağılım katsayısı dikkate alınarak, uygun tertip aralıkları önerilmiştir.

Osei (2009),Gana' da yürüttüğü araştırmada yağmurlama başlıklarının farklı tertip aralıklarında eş su dağılım katsayılarını (CU) hesaplamıştır. Araştırma sonucunda, ortalama başlık debisi 1.5 m<sup>3</sup>/h olan yağmurlama başlığın, 12 x 12 m ve 18 x 18 m tertip aralıklarında CU değerleri sırasıyla % 86 ve % 83 olarak hesaplanmıştır.

### 3. MATERYAL ve METOD

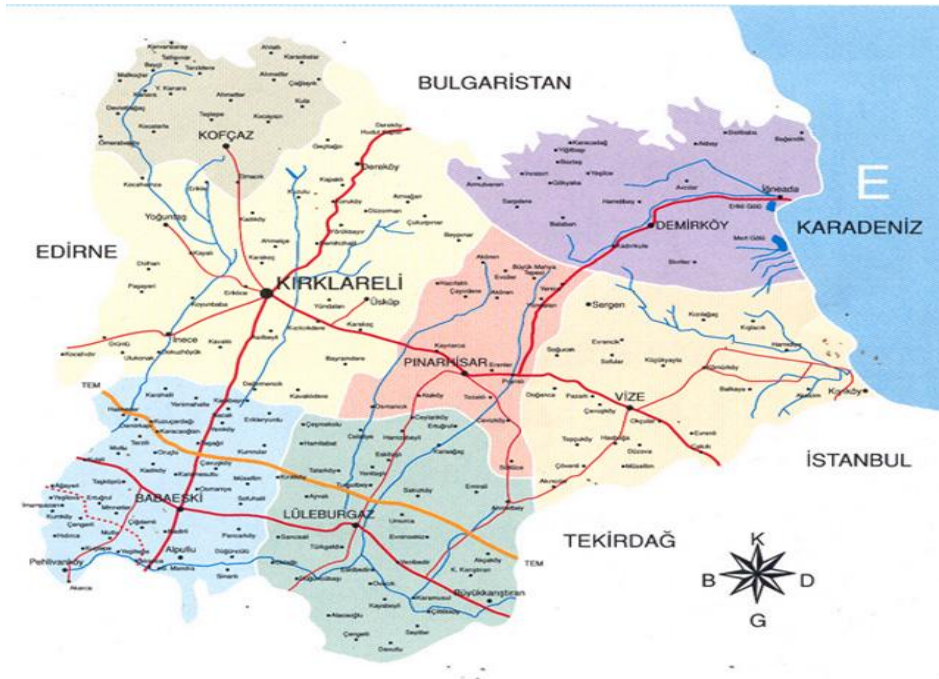
Bu bölümde, araştırmada kullanılan materyal ile uygulanan yöntemler açıklanmıştır.

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Trakya bölgesinin konumu

Trakya bölgesi, Türkiye'nin Avrupa kıtasında 26 - 29<sup>0</sup> doğu boylamları ve 40 – 42<sup>0</sup> kuzey enlemleri arasında yer almaktadır (Şekil 1). Deniz kıyıları boyunca Akdeniz ikliminin, iç kesimlerde ise karasal iklimin etkisi altındadır. Bölgenin deniz seviyesinden ortalama yüksekliği 50-150 m arasındadır. Trakya Bölgesini kapsayan illerinin toplam yüzölçümü 1.904.383 ha olup, bu değer Türkiye yüzölçümünün yaklaşık % 2.43' ünü oluşturmaktadır. Bu alanın % 54.76' sı tarım alanı, % 23.54 'ü ormanlık alan, % 11.89 'u tarım dışı alan, % 9.81' i ise çayır ve mera şeklinde oluşmaktadır (Semerci 2006).

Trakya Bölgesinde buğday ve ayçiçeği tarımı yapılan alanlar toplam tarım alanlarının % 81,90' ını oluşturmaktadır. Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illeri 2005 verilerine göre Türkiye buğday üretiminin % 11,82' sini, ayçiçeği üretiminin % 80,63' ünü, pirinç üretiminin ise % 56,83' ünü üretmektedir (Semerci 2006).



Şekil 3.1. Trakya bölgesi haritası

Trakya bölgesinde artan nüfusa paralel olarak arazilerin artmaması, miras paylaşımı, alım-satım, kiracılık ve ortakçılık arazilerin parçalanmasına neden olmaktadır. Bölgedeki işletmelerin % 6.6'sı 100 dekar altı işletmelerdir. Bunun % 37'si 0-50 dekar arazi büyüklük grubunda yer almakta olup, ortalama işletme büyüklüğü 25.3 dekadır. Diğer yandan, 51 - 100 dekar arasında yer alan işletmelerin oranı % 29 olup, ortalama işletme büyüklüğü 70.7 dekadır. Bölge, ülke geneline göre her iki grup içerisinde de işletme büyüklükleri açısından ortalamanın üzerindedir (19.5 da; 68.1 da). Ayrıca, bölgede faaliyet gösteren mevcut tarım işletmelerinin faaliyet konularına göre dağılımına bakıldığında, bölgede faaliyet gösteren tarım işletmelerinin genellikle bitkisel ve hayvansal üretimi birlikte yaptıkları görülmektedir (Anonymous 2010).

### **3.1.2. Trakya bölgesinin iklim özellikleri**

Trakya bölgesinin yıllık ortalama yağış miktarı 500 ile 800 mm olmasına karşın, yağışın tamamına yakını yağmur şeklinde olup, çok yıllık ortalamalara göre kar yağışlı gün sayısı 4-10 ve karla örtülü gün sayısı 6-17'dir. Ayrıca bölgenin çok yıllık ortalamalara göre; yıllık ortalama sıcaklığı 13.0-14.6°C, yıllık ortalama bağıl nemi % 70-76, yıllık toplam buharlaşma miktarı 600-1100 mm ve yıllık ortalama rüzgâr hızı 1.6-4.1 m/s arasındadır. Rüzgârlar çoğunlukla kuzeyden (poyraz) esmektedir. İlk don Kasım ayının ilk haftasında, son don ise Mart ayının son haftasında görülmektedir (İstanbuluoğlu ve ark. 2006). Ayrıca, Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illeri için bazı iklim verilerinin uzun yıllar ortalaması değerleri Çizelge 3.1, 3.2 ve 3.3' de verilmiştir.

### **3.1.3. Trakya bölgesi toprak özellikleri ve topografya**

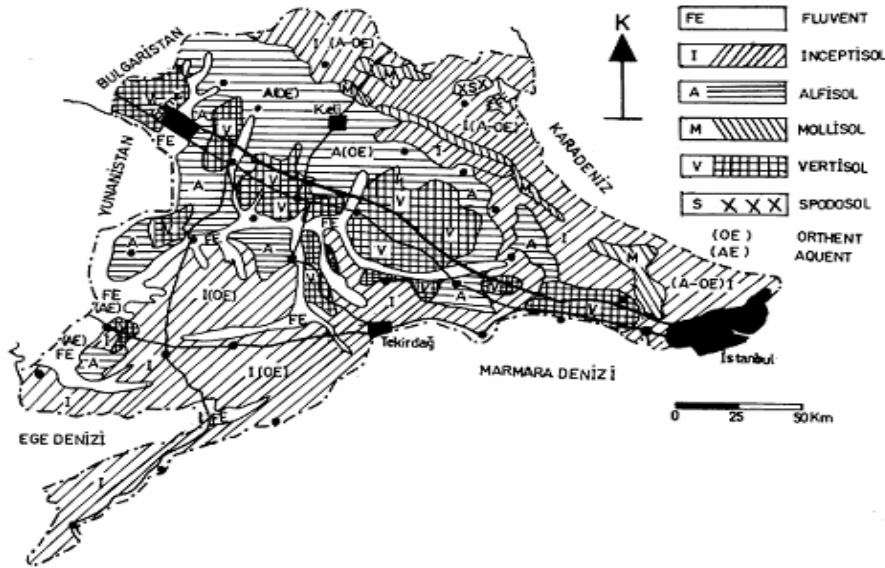
Trakya bölgesi; humus, demir ve alimünyum bileşiklerinin yıkandığı; asidik; beyazımsı renkli ağarmış; kumlu, hafif tekstürlü bir horizon altında, orta derece, kuvvetli asidik; kırmızımsı; demirli/ demirsiz organik madde ve alimünyumca zengin horizonla sahip topraklara sahip bir bölgedir. Ayrıca Trakya'da, Güney Marmara'da da yer olarak kilin anlamlı oranda alt katlara yıkanıp, toplandığı; Ultisol'lerden, farkı asidik olmayan bitki besin elementlerince zengin, kalevi reaksiyonlu topraklar bulunmaktadır (Şekil 3.2) (Haktanır ve ark 2005).

Trakya bölgesi genellikle düz bir topografyadan oluşmakta fakat 100 m civarında yükseltilerde bulunmaktadır. Trakya bölgesinin kuzeyinde yer alan Istranca dağları genellikle plato görünümünde olup, ortalama yükseklikleri 350 – 450 m arasında değişirken, maksimum olarak 850 m' ye uzanmaktadır. Ayrıca, Gaziköy-Mürefte arasında 750 – 850 m' ye varan yükseklikler bulunmaktadır (Etiz 2007).

### 3.1.4. Trakya bölgesinin su kaynakları

Trakya bölgesinin su kaynakları potansiyeli Çizelge 3.4' de özetlenmiştir. Trakya bölgesinin kuzeyindeki dağlık ve platoluk kesim, Karadenizin ve Balkanların etkisi altında olup, güneye ve güneydoğuya doğru gidildikçe bunların etkisi azalmaktadır. Bölgedeki yıllık ortalama yağış miktarı 651 mm'dir. Kırklareli ilinin ortalama akış/yağış oranı arazi eğiminden dolayı diğer illere göre yüksektir. Bölgede yaz ayları kurak olmasına rağmen, tüm yıl boyunca yağış görülmektedir.

Trakya bölgesi iki alt havzaya sahiptir: 14.560 km<sup>2</sup>'lik Meriç-Ergene Havzası ve 4.105 km<sup>2</sup>'lik Kuzey Marmara Havzasıdır, Trakya bölgesi su kaynakları açısından fakir bir bölgedir. Ayrıca artan nüfus, sanayileşme ve kentleşme sonucunda bölge, yakın bir zamanda su krizi yaşama riski ile karşı karşıyadır. Orantısız su çekimi ve kirlilik riski açısından Ergene, yeraltı suyu havzasının en kritik kesimini Çorlu-Çerkezköy hattı oluşturmaktadır.



Şekil 3.2. Trakya bölgesinin toprak taksonomisine göre genelleştirilmiş toprak haritası (Haktanır ve ark. 2005)

Çizelge 3.1. Tekirdağ iline ait bazı iklim elemanlarının uzun yıllar aylık ortalama değerleri (2005-2010 yılları arası)\*

İklim Elemanları	Aylar												Yıllık ortalama
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ortalama sıcaklık (°C)	4.3	5.2	6.7	11.5	16.6	20.9	23.4	23.5	19.7	15.1	11.4	7.3	13.8
Ortalama rüzgâr hızı (m/s)	3.8	3.5	3.3	2.6	2.3	2.5	2.9	3.1	3.1	3.2	3.1	3.6	3.1
Ortalama bağıl nem (%)	81	79	77	74	74	70	66	66	71	76	81	82	75
Güneşlenme süresi (h)	2.8	3.6	4.2	5.8	7.6	9.1	9.8	8.9	7.5	5.1	3.3	2.2	5.8
Buharlaşma (mm)	30.7	33.6	46.8	59.6	73.1	93.4	138.2	147.9	104.5	71.3	44.2	33.9	877.2
Yağış miktarı (mm)	71.8	57.7	56.0	43.1	35.7	37.5	19.2	9.2	29.8	52.2	82.6	95.8	590.5

\* Veriler Devlet Meteoroloji İşleri Müdürlüğünden elde edilmiştir.



Çizelge 3.2. Edirne iline ait bazı iklim elemanlarının uzun yıllar aylık ortalama değerleri (2005-2010 yılları arası)\*

İklim Elemanları	Aylar												Yıllık ortalama
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ortalama sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ )	1.9	3.8	6.9	12.6	17.9	21.9	24.6	24.1	19.6	14.3	9.4	4.5	13.5
Ortalama rüzgâr hızı (m/s)	2.0	2.3	2.2	1.9	1.6	1.5	1.6	1.6	1.4	1.4	1.5	1.9	1.7
Ortalama bağıl nem (%)	81	77	73	68	67	63	56	56	63	73	81	83	70
Güneşlenme süresi (h)	2.6	3.8	4.6	6.6	8.2	9.8	11.3	10.6	8.3	5.6	3.3	2.3	6.4
Buharlaşma (mm)	19.2	27.4	48.1	72.9	92.9	116.5	158.6	159.1	108.4	64.5	31.5	23.5	922.5
Yağış miktarı (mm)	65.1	50.7	45.6	47.8	47.0	49.5	32.3	22.0	31.0	55.3	72.4	80.6	599.3

\* Veriler Devlet Meteoroloji İşleri Müdürlüğünden elde edilmiştir.

Çizelge 3.3. Kırklareli iline ait bazı iklim elemanlarının uzun yıllar aylık ortalama değerleri (2005-2010 yılları arası)\*

İklim Elemanları	Aylar												Yıllık ortalama
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ortalama sıcaklık ( <sup>0</sup> C)	1.7	4.2	6.2	11.9	17.1	21.5	23.6	22.9	19.1	13.9	10.2	5.6	13.2
Ortalama rüzgâr hızı (m/s)	3.4	3.2	3.3	2.9	2.8	2.8	3.0	2.4	2.7	2.9	2.9	3.4	3.0
Ortalama bağıl nem (%)	81	82	78	73	69	63	61	62	68	75	82	85	73
Güneşlenme süresi (h)	2,6	3,8	4,6	6,6	8,2	9,8	11,3	10,6	8,3	5,6	3,3	2,3	6,4
Yağış miktarı (mm)	68.6	53.0	47.5	41.6	48.7	49.1	25.8	21.2	25.4	45.1	69.2	80.5	575.8

\* Veriler Devlet Meteoroloji İşleri Müdürlüğünden elde edilmiştir.

Bölgedeki akarsuların kuzeyde Istranca dağlarından doğup, güney ve güneybatıya doğru yönelerek aktığı; dolayısıyla yüzeysel akış ve yeraltı suyu beslenmesinin kuzeyden güneye doğru olduğu düşünüldüğünde, bölgenin kuzeyindeki alanlarına yeni sanayi yerleşmelerinin getirilmemesi ve bu alanlarda kimyasal gübre ve ilaç kullanımının sınırlandırılması büyük önem taşımaktadır.

Trakya bölgesinde yeraltı su rezervinin %80 'i sulama amaçlı, içme-kullanma suyu sağlama amaçlı ya da sanayi için su sağlama amaçlı olarak tahsis edilmektedir. Bu tahsisin % 60'ı yalnızca içme-kullanma ya da sanayi suyu olarak kullanılmaktadır. Bölgede yeraltı su kaynaklarının kontrolsüz kullanımı, kısıtlı su kaynaklarının sürdürülebilirlikten uzak şekilde kullanılmasına yol açmaktadır (Anonymous 2010).

### **3.1.5. Araştırmanın yürütüldüğü alanın toprak özellikleri**

Araştırmanın yürütüldüğü Kırklareli Atatürk Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsünün toprakları ince bünyeli, tuzluluk sorunu olmayan, organik maddece düşük, fosforca orta düzeyde, potasyumca zengin kireçsiz kahverengi topraklardır. Alanda, taban suyu problemi bulunmamaktadır. Denemenin yürütüldüğü toprakların bazı fiziksel özellikleri Çizelge 3.5' de verilmiştir (Karaata 1991). Ayrıca, araştırmanın yürütüldüğü toprağın infiltrasyon hızı 15 mm/h dir.

### **3.1.6. Araştırmada kullanılan doğrusal hareketli yağmurlama sulama sistemi**

Araştırmada kullanılan yerli üretim doğrusal hareketli yağmurlama sulama sistemi Şekil 3.3' de verilmiştir. Sulama sisteminde makaraya sarılan boruların çapları genellikle 90 mm den başlayıp 125 mm kadar değişmektedir. Araştırmada boru çapı 90 mm çapına sahip tamburlu sistem kullanılmıştır. Sistemde kullanılan boru 10 atm basınca kadar dayanıklı olup, uzunluğu 200 m' dir. Doğrusal hareketli yağmurlama sulama sistemi; ana makine, yumuşak polietilen boru, su türbini, şanzıman, elektronik kontrol ünitesi ve şasi birimlerinden oluşmaktadır. Sistem düşük basınçlarda bile çalıştırabilmektedir. Makineye sağ ve sol sulayıcı kolda olmak üzere toplam 36 adet başlık takılabilmektedir. Denemelerde 200 m uzunlukta, 90 mm çapında, 10 atm basınca dayanıklı esnek hortum kullanılmıştır. Doğrusal hareketli yağmurlama sulama sistemi 0 - 100 m/h arasındaki hızlarda hareket edebilmektedir. Sistemde, sprej tipi yağmurlama başlıkları kullanılmakta ve başlıklarda kullanılan meme çapları değişik tipte olabilmektedir.

Çizelge 3.4. Trakya bölgesi su kaynakları potansiyeli (Anonymous 2008).

		Trakya	Tekirdağ	Edirne	Kırklareli
Yerüstü suyu	hm <sup>3</sup> /yıl	2.461	713	611	1.137
Yeraltı suyu	hm <sup>3</sup> /yıl	392	170	128	94
Toplam su potansiyeli	hm <sup>3</sup> /yıl	2.853	883	739	1.231
Meriç Nehri (sınır girişi)	hm <sup>3</sup> /yıl	5.842	-	5.842	-
Meriç Yunanistan kesiminden	hm <sup>3</sup> /yıl	1.158	-	1.158	-
Bölge toplam su potansiyeli	hm <sup>3</sup> /yıl	9.853	883	7.739	1.231
Doğal göl yüzeyleri	ha	3.860	273	3.224	363
Baraj rezervuar yüzeyleri	ha	5.551	2.211	1.433	1.907
Gölet rezervuar yüzeyleri	ha	1.781	143	1.584	54
Akarsu yüzeyleri	ha	1.250	-	1.136	114
Toplam su yüzeyleri	ha	12.442	2.627	7.377	2.438

Çizelge 3.5. Deneme alanı toprakların bazı fiziksel özellikleri (Karaata 1991).

Toprak derinliği (cm)	Tarla kapasitesi		Solma noktası		Hacim ağırlığı g/cm <sup>3</sup>	Bünye
	%	mm	%	mm		
0-30	21.46	92.71	12.20	52.70	1.44	Killi-tın
30-60	23.33	106.38	13.44	61.29	1.52	Killi-tın
60-90	24.17	115.29	10.61	50.61	1.59	Killi-tın



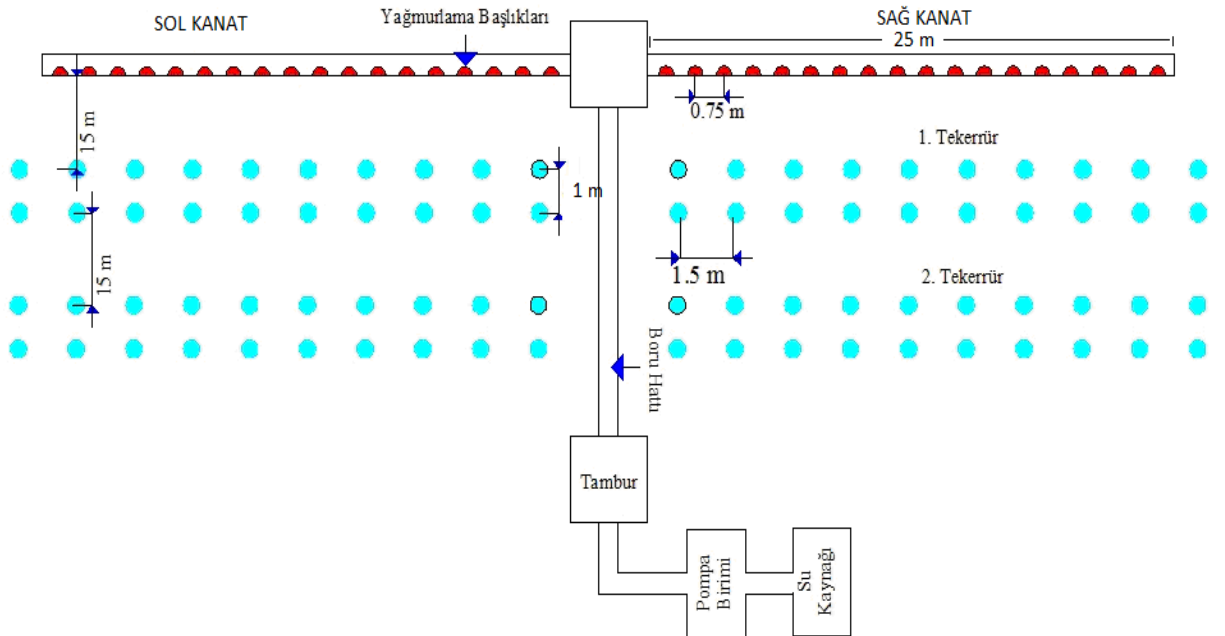
Şekil 3.3. Araştırmada kullanılan yerli üretim doğrusal hareketli yağmurlama sistemi

Su kaynağından elde edilen su, basınçlı sulama borusuyla doğrusal hareketli yağmurlama sulama makinesine bağlanmaktadır. Kombine olarak çalışmayı düzenleyen mekanik gruplar (su türbini, şanzıman, tambur, dişli gurubu) sayesinde pompadan gelen su makine üzerindeki boruların çatallaşmasıyla bir kısmı türbine diğer kısmı da bypass vanasının olduğu boruya ulaşmaktadır. Diğer yandan, bypass vanası sayesinde türbine giden su miktarı ayarlanıp tamburun dönüş hızı yavaşlatıp hızlandırılabilir. Türbin milinin çıkışı farklı hız kademeleri olan bir şanzıman ile birleştirilmiştir. Bu şanzımanın görevi, çıkışında bulunan dişliler sayesinde tamburu çevirme ve çevirme hızını ayarlayabilmektir. Hortumun çapı arttıkça, tamburun dönme hızı artmakta bunu düşürmek için ya mekanik ya da bypass vanasının açılmasıyla sabitleştirme işlemi gerçekleştirilir. Sistem çalışmaya başladıktan sonra sabit bir yerde duran makinenin tamburası istenilen hızda döndürülebilir. Sulama, sulayıcı kolların üzerine takılan yağmurlama başlık ekipmanlarıyla yapılmaktadır. Sistemin yağmurlama hızı; işletme basıncına, makinenin hareket hızına ve yağmurlayıcıların meme çaplarına göre değişmektedir.

## 3.2. Metod

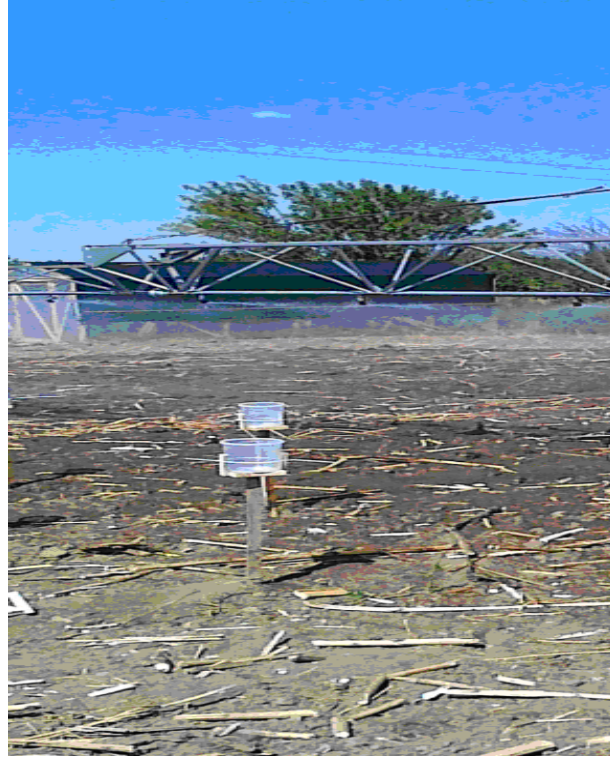
### 3.2.1. Deneme düzeni ve deneme konuları

Denemede kullanılan yerli üretim doğrusal hareketli yağmurlama sisteminin performansının belirlenmesine yönelik ASAE S436.1 nolu standartlarına (Anonymous 2003) göre hazırlanmış deneme düzeni Şekil 3.4’ de verilmiştir. Deneme düzeninde 17 cm boyunda 10.5 cm çapında silindir şeklinde plastik su toplama kapları kullanılmıştır. Su toplama kapları sulama makinesinin kollarına paralel, ana boruya dik olacak şekilde yerleştirilmiştir. ASAE standartlarında ve Bahçeci (2006)’ da belirtildiği gibi su toplayıcı kapların sıra üzeri aralıklarının yağmurlama başlıklarının ıslatma çapının % 30’ undan fazla olmaması önerilmektedir. Yağmurlama başlıklarının ıslatma çapı, 6 mm meme çapı için 6 m, 8 mm meme çapı için 8 m olarak ölçüldüğünden, toplayıcıların sıra üzeri mesafesi  $6 \times 0.30 = 1.8$  m den fazla olmaması gerekmektedir. Dolayısıyla, denemede su toplama kapları arasındaki mesafe 1.5 m olarak alınmıştır. Ayrıca, su toplama kaplarının yerden yüksekliği 0.60 m ile 1.20 m arasında önerildiğinden, kaplar yerden 0.60 m yüksekliğe yerleştirilmiştir. Bu nedenle, su toplama kapları için ahşaptan yapılmış yükselticiler kullanılmıştır.



Şekil 3.4. Deneme düzeni

Denemede, her sırada sağ ve sol sulayıcı kolların önünde toplam 26 adet ve her tekerrürde 2 sıra olacak şekilde  $26 \times 2 = 52$  adet su toplama kabı ve yükseltici çubuk kullanılmıştır. Ölçme aletleri yardımıyla su toplama kaplarının bir doğru üzerinde olması sağlanmış olup tekerrürler arası mesafe 15 m mesafe bırakılmıştır. (Şekil 3.5). Su toplama kaplarında biriken sular, 0.1 ml' ye duyarlı ölçüm kapları ile ölçülmüştür (Şekil 3.6).



Şekil 3.5. Su toplama kaplarının görünümü



Şekil 3.6. Su toplama kaplarındaki ölçüm

Yerli üretim doğrusal hareketli yağmurlama sistemlerinde genellikle 6, 8 ve 10 mm olmak üzere 3 farklı meme çapı kullanılmaktadır. Fakat 10 mm çaplı memeler sistemin işletme debisini artırdığından, 90 mm çapa sahip sulama borusunun çapını 110 mm' ye çıkartmak gerekmektedir. Bu nedenle, Trakya bölgesi' nin su kaynakları potansiyeli de göz önüne alınarak, araştırmada, 6 ve 8 mm çapa sahip memelerin performans analizi belirlenmiştir. Ayrıca, farklı hız koşullarının etkisini de belirlemek amacıyla 22 ve 30 m/h koşullarında denenmiştir. Sulama sistemi 3 atm işletme basıncında çalıştırılmıştır. Diğer yandan, test sürecince rüzgar hızı ve yönü ölçülmüştür.

### 3.2.2. Su dağılım performansı belirleme kriterleri

#### 3.2.2.1. Eş su dağılım katsayısının (CU) belirlenmesi

Su dağılım performansının belirlenmesinde kullanılan en önemli kriterlerden biri olan eş su dağılım katsayısı Christiansen (1942) tarafından geliştirilmiş ve aynı zamanda literatürde Christiansen eş su dağılım katsayısı (CU) olarak ifade edilmektedir. Yağmurlama başlıklarında eş bir su dağılımın sağlanması açısından, eş su dağılım katsayısı (CU) değerlerinin % 84' den az olması istenmemektedir. Christiansen eş su dağılım katsayısı (CU);

$$CU=100 \times \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X - \bar{X}|}{n\bar{X}} \right] \quad (3.1)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır (Anonymous 2003, Bahçeci 2006).

Eşitlikte:

CU : Christiansen eş su dağılım katsayısı, %,

X: Su toplama kaplarında biriken su miktarı, mm,

$\bar{X}$  : Su toplama kaplarında biriken ortalama su miktarı, mm,

n: Su toplama kapları sayısı, adettir.



### 3.2.2.2. Su dağılım yeknesaklığı katsayısının (DU) belirlenmesi

Doğrusal hareketli yağmurlama sulama sistemlerinin performans değerlendirmesinde kullanılan ikinci önemli parametre ise su dağılım yeknesaklığı katsayısının (DU) belirlenmesidir (Christiansen ve Davis 1967). Bu değerin ise % 75' den büyük olması gerekmektedir (Keller ve Bleisner 1990). Su dağılım yeknesaklığı katsayısı (DU);

$$DU=100 \frac{\overline{X}_{1q}}{\overline{X}} \quad (3.2)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır (Anonymous 2003, Bahçeci 2006).

Eşitlikte;

DU: Su dağılım yeknesaklığı, %,

$\overline{X}$  : Su toplama kaplarında biriken ortalama sulama suyu miktarı, mm,

$\overline{X}_{1q}$ : Su toplama kaplarının en az su alan 1/4'ündeki ortalama su miktarı (mm) göstermektedir.

### 3.2.2.3. Başlık debilerinin ve yağmurlama hızının belirlenmesi

Yağmurlayıcı başlık debileri sağ ve sol sulayıcı kollarda olmak üzere 3 tekerrürlü olarak ölçülmüştür. Debi ölçümler, kronometre yardımı ile kabın içerisinde biriken suyun debisinin ölçümü şeklinde bulunmuştur. Su kaynaklarının optimum su kullanımı açısından, yağmurlama sulama sistemlerde birim zamanda uygulanan su miktarının (yağmurlama hızı) toprağın su alma hızından büyük olmaması gerekmektedir (Yıldırım 1996). Bu nedenle doğrusal hareketli yağmurlama sulama sistemlerinde yağmurlama hızı aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır (James 1993, Bahçeci 2006).

$$I_y = \frac{qxn}{LxS} \times 1000 \quad (3.3)$$

Eşitlikte;

$I_y$ : Sistemin ortalama yağmurlama hızı, mm/h,

$q$ : Başlık debisi, m<sup>3</sup>/h,

$n$ : Başlık sayısı, adet,

$L$ : Sistemin ıslattığı alanın genişliği, m,

$S$ : Sistemin birim zamanda aldığı yol, m.

göstermektedir.

#### **3.2.2.4. Sulama yeterliliğinin belirlenmesi**

Cuenca (1989) ve Bahçeci (2006)'da belirttikleri üzere, özellikle yağmurlama sulama sistemlerinde sulama alanının bazı kısımlarında eksik sulama, bazı kısımlarında aşırı sulama uygulanabilmesi mümkündür. Bu nedenle, sulama alanında sulama yeterliliğinin belirlenmesi gerekmektedir. Sulama yeterliliği oranı hesaplanırken, toplam alan içerisinde ne kadar alanın istenilen su miktarı kadar sulandığı hesaplanır ve bu miktar, toplam alana oranlanarak belirlenmektedir. Ayrıca, ortalama ile uygulanan sulama miktarları arasındaki farklar alınarak, aşırı sulama olan kaplardaki toplam su miktarları, toplam uygulanması gereken su miktarına oranlanarak derine sızma miktarı bulunmaktadır.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

### 4.1. Su toplama kaplarında biriken su miktarları

Yerli üretim doğrusal hareketli yağmurlama sulama sistem performansını belirlemek üzere yapılan testler sonucunda, kaplarda toplanan sulamaların mm cinsinden su derinlikleri Çizelge 4.1 – 4.8’ de verilmiştir. Metod kısmında da anlatıldığı üzere 2 farklı meme çapı ve 2 farklı ilerleme hızında test edilen sistemin performans ölçümleri 2 farklı tekerrürde gerçekleştirilmiştir. Test sırasında ölçülen rüzgar hızı değerleri 1.0 ile 3.5 m/s arasında değişmiştir. Rüzgar hızı değerleri açısından ASAE S436.1’ de açıklanan maksimum 5 m/s’ lik değer aşılmamıştır. Yapılan testler sonucunda ortalama su derinliği, 6 mm meme çapında 22 m/h çalışma hızında 38 mm, 30 m/h çalışma hızında ise 29 mm olarak ölçülmüştür. Anılan değer, 8 mm meme çapında, 22 m/h çalışma hızında 44 mm ve 30 m/h çalışma hızında 29 mm olarak ölçülmüştür.

### 4.2. Eş su dağılım katsayısına (CU) ilişkin sonuçlar

Materyal ve yöntem kısmında 3.1 nolu eşitlik ile hesaplanan Christiansen eş su dağılım katsayısına ilişkin sonuçlar Çizelge 4.9’ da özetlenmiştir. Çizelgeden görüleceği gibi, ortalama CU değerleri; 6 mm meme çapı için 22 m/h sistem hızı için % 68, 30 m/h sistem hızı için % 72 olarak hesaplanmıştır. Adı geçen değer, 8 mm meme çapı için 22 m/h sistem hızında % 76, 30 mm/h sistem hızında % 78 olarak belirlenmiştir. Performans değerlendirmesine tabi tutulan yerli üretim doğrusal hareketli yağmurlama sulama sisteminin eş su dağılım katsayısı (CU) değerleri, literatürde önerilen % 84 koşulunu sağlamamaktadır. Diğer yandan, Keller ve Bliesner (1990), CU değerinin % 75 den büyük olması koşullarında ise sistemin ancak ekonomik değeri düşük olan yem bitkileri sulamasında kullanılabileceğini önermişlerdir. Ayrıca, benzer sonuçlar, Bahçeli (2006) tarafından Harran Ovasında yürütülen çalışmada da elde edilmiştir. Bu çalışmada, bölgede üretilen doğrusal hareketli yağmurlama sulama sisteminde CU değerleri % 61 ile 79 arasında hesaplanmıştır. Bunun nedenlerini , uç kısımlar da bulunan kaplarda biriken düşük su derinliklerine bağlamışlar ve uç kısımlardaki her iki sırada birer kabın hesaplamaya katılmaması ile  $CU_1$ , her iki sırada ikişer kabın hesaplamaya katılmaması ile  $CU_2$  değerleri hesaplamışlardır. Yeni hesaplanan değerler ile eş su dağılım katsayısı değerlerinin arttığını belirtmişlerdir.

Çizelge 4.1. Meme çapı 6 mm ve 22 m/h hareket hızı için ölçülen su derinlikleri (mm)  
(1.Tekerrür)

Kap no	Su derinliği (mm)	Kap no	Su derinliği (mm)
1	17	27	61
2	40	28	17
3	61	29	62
4	66	30	63
5	51	31	46
6	53	32	62
7	33	33	26
8	61	34	57
9	39	35	37
10	42	36	43
11	56	37	53
12	52	38	52
13	32	39	32
14	43	40	47
15	61	41	58
16	25	42	36
17	32	43	32
18	47	44	40
19	24	45	24
20	45	46	44
21	45	47	35
22	24	48	17
23	32	49	26
24	45	50	39
25	34	51	33
26	28	52	24

Rüzgar hızı : 2.3 m/h İşletme basıncı : 3.0 atm

Çizelge 4.2. Meme çapı 6 mm ve 22 m/h hareket hızı için ölçülen su derinlikleri (mm)  
(2.Tekerrür)

Kap no	Su derinliği (mm)	Kap no	Su derinliği (mm)
1	0	27	32
2	11	28	31
3	47	29	76
4	41	30	68
5	42	31	46
6	45	32	68
7	26	33	31
8	49	34	62
9	37	35	39
10	41	36	41
11	45	37	48
12	39	38	56
13	24	39	36
14	46	40	18
15	48	41	31
16	36	42	27
17	35	43	21
18	44	44	31
19	19	45	14
20	41	46	26
21	29	47	27
22	16	48	12
23	22	49	18
24	25	50	18
25	29	51	17
26	52	52	12

Rüzgar hızı : 1.0 m/h İşletme basıncı : 3.0 atm

Çizelge 4.3. Meme çapı 6 mm ve 30 m/h hareket hızı için ölçülen su derinlikleri (mm)  
(1.Tekerrür)

Kap no	Su derinliği (mm)	Kap no	Su derinliği, (mm)
1	11	27	12
2	34	28	33
3	42	29	55
4	38	30	39
5	28	31	32
6	35	32	33
7	27	33	28
8	37	34	28
9	26	35	37
10	22	36	33
11	48	37	43
12	23	38	31
13	12	39	18
14	25	40	34
15	21	41	29
16	18	42	26
17	27	43	14
18	32	44	22
19	14	45	34
20	39	46	23
21	33	47	15
22	12	48	10
23	22	49	12
24	24	50	21
25	25	51	18
26	28	52	15

Rüzgar hızı: 1.0 m/h İşletme basıncı: 3.0 atm

Çizelge 4.4. Meme çapı 6 mm ve 30 m/h hareket hızı için ölçülen su derinlikleri (mm)  
(2.Tekerrür)

Kap no	Su derinliği (mm)	Kap no	Su derinliği (mm)
1	18	27	18
2	51	28	51
3	53	29	53
4	32	30	32
5	32	31	32
6	47	32	47
7	26	33	26
8	30	34	30
9	32	35	32
10	35	36	35
11	46	37	46
12	27	38	27
13	28	39	28
14	27	40	27
15	46	41	46
16	25	42	25
17	25	43	25
18	47	44	47
19	16	45	16
20	39	46	39
21	43	47	43
22	14	48	14
23	22	49	22
24	38	50	38
25	37	51	37
26	26	52	26

Rüzgar hızı: 1.0 m/h İşletme basıncı: 3.0 atm

Çizelge 4.5. Meme çapı 8 mm ve 22 m/h hareket hızı için ölçülen su derinlikleri (mm)  
(1.Tekerrür)

Kap no	Su derinliği (mm)	Kap no	Su derinliği (mm)
1	19	27	25
2	47	28	55
3	35	29	27
4	55	30	43
5	42	31	50
6	49	32	50
7	50	33	58
8	49	34	44
9	38	35	42
10	38	36	42
11	39	37	41
12	49	38	59
13	26	39	44
14	32	40	34
15	53	41	64
16	59	42	69
17	41	43	43
18	45	44	46
19	38	45	39
20	45	46	58
21	36	47	46
22	41	48	46
23	29	49	29
24	50	50	55
25	46	51	62
26	25	52	32

Rüzgar hızı : 2.5 m/h İşletme basıncı : 3.0 atm



Çizelge 4.6. Meme çapı 8 mm ve 22 m/h hareket hızı için ölçülen su derinlikleri (mm)  
(2.Tekerrür)

Kap no	Su derinliği (mm)	Kap no	Su derinliği (mm)
1	28	27	29
2	47	28	64
3	89	29	77
4	62	30	51
5	66	31	51
6	67	32	60
7	51	33	37
8	54	34	48
9	68	35	44
10	46	36	29
11	53	37	52
12	52	38	40
13	72	39	49
14	31	40	23
15	54	41	43
16	48	42	47
17	33	43	33
18	39	44	33
19	34	45	33
20	35	46	44
21	28	47	33
22	32	48	32
23	21	49	26
24	32	50	33
25	32	51	35
26	16	52	17

Rüzgar hızı: 3.0 m/h İşletme basıncı: 3.0 atm

Çizelge 4.7. Meme çapı 8 mm ve 30 m/h hareket hızı için ölçülen su derinlikleri (mm)  
(1.Tekerrür)

Kap no	Su derinliği (mm)	Kap no	Su derinliği (mm)
1	18	27	13
2	51	28	33
3	53	29	39
4	32	30	27
5	32	31	24
6	47	32	36
7	26	33	21
8	30	34	34
9	32	35	24
10	35	36	29
11	46	37	39
12	27	38	28
13	28	39	18
14	27	40	33
15	46	41	39
16	25	42	26
17	25	43	19
18	47	44	31
19	16	45	17
20	39	46	21
21	43	47	32
22	14	48	14
23	22	49	15
24	38	50	27
25	37	51	36
26	26	52	25

Rüzgar hızı: 2.5 m/h İşletme basıncı: 3.0 atm

Çizelge 4.8. Meme çapı 8 mm ve 30 m/h hareket hızı için ölçülen su derinlikleri (mm)  
(2.Tekerrür)

Kap no	Su derinliği (mm)	Kap no	Su derinliği (mm)
1	14	27	22
2	33	28	35
3	43	29	26
4	36	30	27
5	24	31	24
6	34	32	32
7	26	33	22
8	34	34	34
9	27	35	25
10	24	36	26
11	32	37	28
12	24	38	19
13	14	39	21
14	28	40	27
15	39	41	37
16	36	42	33
17	19	43	25
18	26	44	33
19	19	45	24
20	23	46	34
21	23	47	21
22	21	48	13
23	13	49	15
24	21	50	27
25	26	51	29
26	14	52	16

Rüzgar hızı: 2.5 m/h İşletme basıncı: 3.0 atm

Bahçeli (2006)' da belirtilen metotlara göre hesaplanan  $CU_1$  ve  $CU_2$  değerleri Çizelge 4.9' da verilmiştir. Çizelgeden izleneceği gibi,  $CU_1$  ve  $CU_2$  değerleri CU değerlerinden biraz daha yüksek olmuş ve 6 mm meme çapı için % 70 ile 73, 8 mm meme çapı için % 78 ile 80 arasında değişmiştir. Elde edilen yeni CU değerlerinin de, önerilen % 84 sınırını aşmadığı görülmüştür.

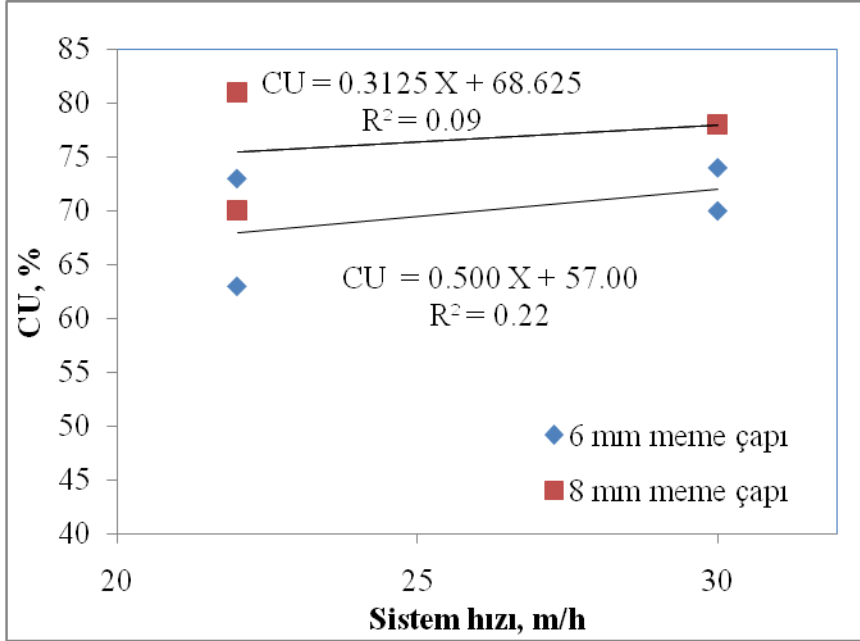
Elde edilen  $CU_1$  ve  $CU_2$  değerlerinin CU değerinden daha yüksek olması, doğrusal hareketli yağmurlama sulama sistemi ile sulama alanının uç kısımlarında, tüm alana göre daha az sulanmış bir alanın kaldığı anlamını doğurmaktadır. Bu nedenle, ya sulayıcı kolları uzunluğunu azaltmak, ya da uç kısımlara daha yüksek debili yağmurlama başlıklarının takılması önerilebilir.

Doğrusal hareketli yağmurlama sisteminin farklı çalışma hızlarında elde edilen eş su dağılım katsayıları (CU) arasındaki ilişkiyi gösteren grafik Şekil 4.1' de verilmiştir. Şekil 4.1' de görüleceği gibi her iki meme çapında da hız miktarları arttıkça CU değerlerinde artış gözlenmiştir. Fakat bu ilişkiler istatistiksel açıdan incelendiğinde, bu artışın önemlilik düzeylerinde olmadığı görülmüştür ( $R^2= 0.22$  ve  $0.09$ ). Bu nedenle, elde edilen sonuçlar ile doğrusal hareketli yağmurlama sulama sisteminin çalışma hızının eş su dağılımı üzerine etkili olmadığı söylenebilir.

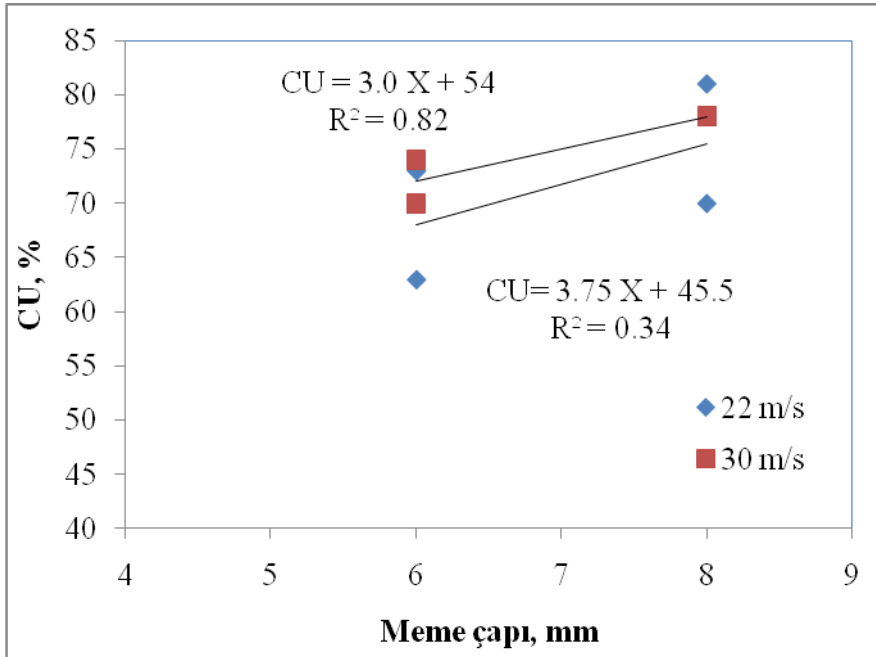
Çizelge 4.9. Deneme sonucu elde edilen eş su dağılım katsayıları (CU)

Test	1			2			3			4		
Meme çapı	6 mm						8 mm					
Sistem hızı	22 m/h			30 m/h			22 m/h			30 m/h		
Tekerrür	1	2	Ort.	1	2	Ort.	1	2	Ort.	1	2	Ort.
CU	73	63	68	70	74	72	81	70	76	78	78	78
$CU_1$	75	65	70	71	74	73	83	73	78	80	80	80
$CU_2$	76	67	72	71	74	73	83	73	78	80	79	80

Aynı şekilde farklı meme çaplarının yağmurlama sisteminde su dağılımı üzerine etkilerini belirlemek üzerine yapılan regresyon analizi grafikleri Şekil 4.2’ de verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi, meme çapı arttıkça CU değerlerinde bir artış elde edilmiştir. Elde edilen regresyon denklemlerinin belirtme katsayıları ( $R^2$ ) yüksek olmasına karşın, istatistiksel açıdan önemlilik yaratmamıştır. Bu nedenle, yapılan performans testinde, farklı meme çaplarının eş su dağılımı üzerine etkili olmadığı söylenebilir.



Şekil 4.1. CU değerleri ile farklı sistem hızları arasındaki ilişkiler



Şekil 4.2. CU değerleri ile farklı meme çapları arasındaki ilişkiler

### 4.3. Su dağılım yeknesaklığı katsayısına (DU) ilişkin sonuçlar

Su dağılım yeknesaklığı katsayısına (DU) ilişkin değerler, materyal ve yöntem kısmında verilen 3.2 nolu eşitlik ile hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.10' da özetlenmiştir. Çizelgeden görüleceği gibi, ortalama DU değerleri; 6 mm meme çapı ve 22 m/h sistem hızı için % 52, 30 m/h sistem hızı için % 56 olarak hesaplanmıştır. Adı geçen değer, 8 mm meme çapı ve 22 m/h sistem hızında % 65, 30 mm/h sistem hızında % 66 olarak belirlenmiştir. Performans değerlendirmesine tabi tutulan yerli üretim doğrusal hareketli yağmurlama sulama sisteminin su dağılım yeknesaklığı katsayısı (DU) değerleri, literatürde önerilen % 75 koşulunu sağlamamaktadır. Diğer yandan, Keller ve Bliesner (1990), DU değerinin % 60 den büyük olması koşullarında ise sistemin ancak ekonomik değeri düşük olan yem bitkileri sulamasında kullanılabileceğini önermişlerdir. Ayrıca, benzer sonuçlar Bahçeli (2006) tarafından Harran Ovasında yürütülen çalışmada da elde edilmiştir. Bu çalışmada, bölgede üretilen doğrusal hareketli yağmurlama sulama sisteminde DU değerleri % 34 ile 67 arasında değişmiştir. Bu nedenini de, eş su dağılım katsayısında (CU) olduğu gibi uç kısımlar da bulunan kaplarda biriken düşük su derinliklerine bağlamışlar ve uç kısımlardaki her iki sırada birer kabın hesaplamaya katılmaması ile  $DU_1$ , her iki sırada ikişer kabın hesaplamaya katılmaması ile  $DU_2$  değerleri hesaplamışlardır. Yeni hesaplanan değerler ile eş su dağılım katsayısı değerlerinin arttığını belirtilmişlerdir.

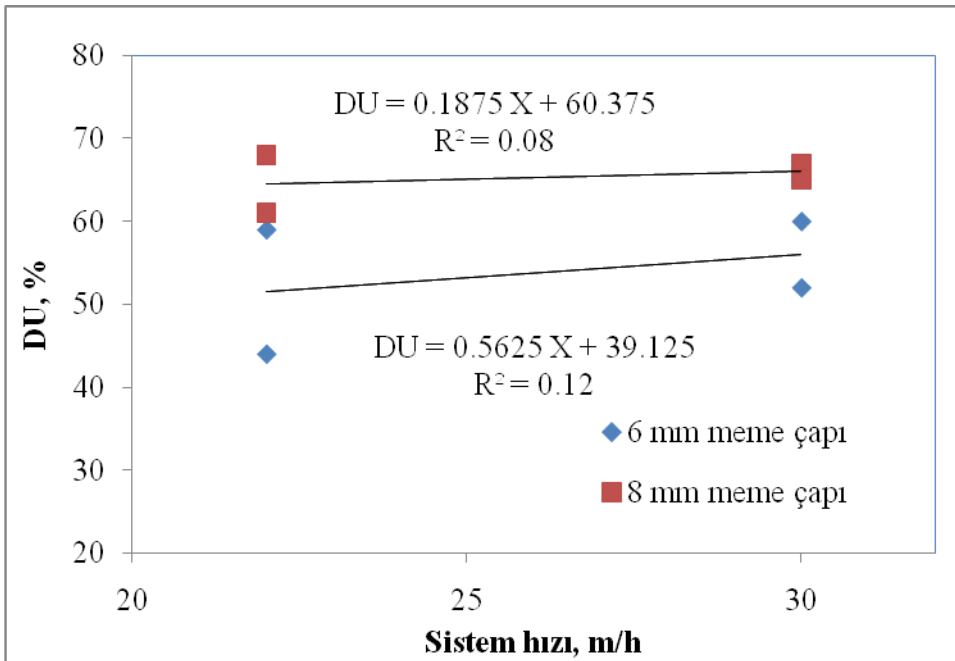
Çizelge 4.10. Deneme sonucu elde edilen su dağılım yeknesaklığı katsayıları (DU)

Test	1			2			3			4		
Meme çapı	6 mm						8 mm					
Sistem hızı	22 m/h			30 m/h			22 m/h			30 m/h		
Tekerrür	1	2	Ort.	1	2	Ort.	1	2	Ort.	1	2	Ort.
DU	59	44	52	52	60	56	68	61	65	67	65	66
$DU_1$	62	50	56	49	61	55	74	65	70	71	68	70
$DU_2$	62	51	57	55	62	59	75	64	70	71	69	70

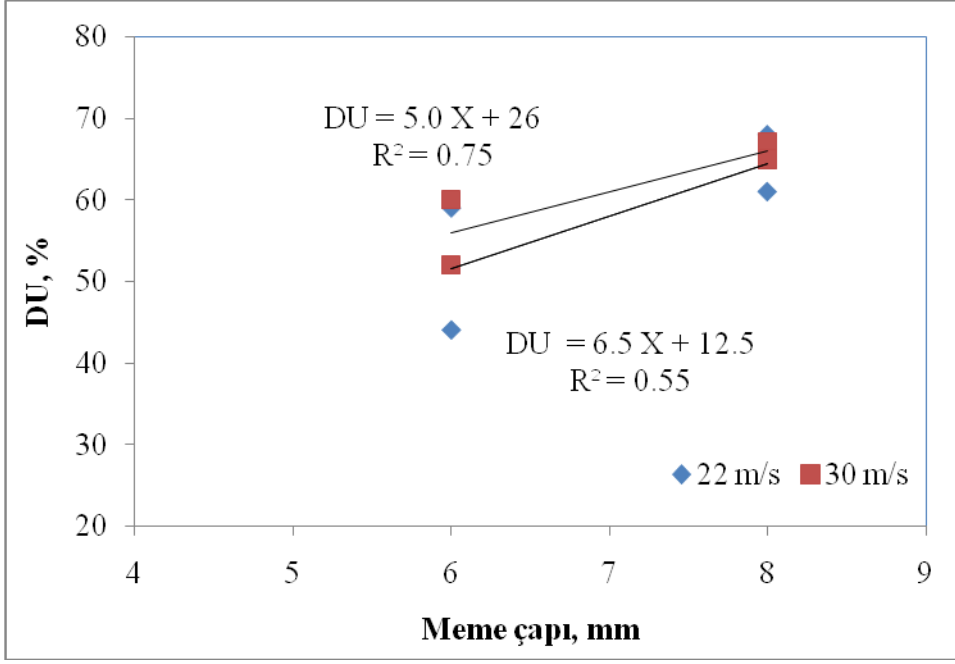
Çizelgeden izleneceği gibi, ortalama  $DU_1$  ve  $DU_2$  değerleri  $DU$  değerlerinden biraz daha yüksek olmuş ve 6 mm meme çapı için % 56 ile 58 arasında değişirken, 8 mm meme çapı için % 70 olmuştur. Elde edilen yeni  $CU$  değerlerinin de önerilen % 75 sınırını aşmadığı görülmüştür.

Elde edilen  $DU_1$  ve  $DU_2$  değerlerinin  $DU$  değerinden daha yüksek olması, doğrusal hareketli yağmurlama sulama sistemi ile sulama alanının uç kısımlarında, tüm alana göre daha az sulanmış bir alanın kaldığı anlamını doğurmaktadır. Bu nedenle, ya sulayıcı kolları uzunluğunu azaltmak, ya da uç kısımlara daha yüksek debili yağmurlama başlıklarının takılması önerilebilir.

Doğrusal hareketli yağmurlama sisteminin farklı çalışma hızlarında elde edilen su yeknesaklığı katsayıları ( $DU$ ) arasındaki ilişkiyi gösteren grafik Şekil 4.3' de, farklı meme çaplarında elde edilen ilişkiyi gösteren grafik ise Şekil 4.4' de verilmiştir. Şekiller incelendiğinde, çalışma hızları ve meme çapları arttıkça,  $DU$  değerleri artmıştır. Fakat yapılan istatistiksel analizler sonucunda, bu artışların su dağılım yeknesaklığı üzerinde etkili olmadığı söylenebilir.



Şekil 4.3.  $DU$  değerleri ile farklı sistem hızları arasındaki ilişkiler



Şekil 4.4. DU değerleri ile farklı meme çapları arasındaki ilişkiler

#### 4.4. Başlık debisi ve yağmurlama hızına ilişkin sonuçlar

Doğrusal hareketli yağmurlama sulama sisteminde kullanılan yağmurlama başlıklarının ortalama debileri 6 mm meme çapı için 1.08 m<sup>3</sup>/h ve 8 mm meme çapı için 1.35 m<sup>3</sup>/h olarak ölçülmüştür.

Doğrusal hareketli yağmurlama sulama sisteminin yağmurlama hızı (I<sub>y</sub>) materyal ve yöntem kısmında verilen 3.3 nolu eşitlik hesaplanmış ve Çizelge 4.11’ de özetlenmiştir. Çizelgeden görüleceği gibi, farklı meme çapı ve işletme hızlarında hesaplanan I<sub>y</sub> değerleri 26 – 44 mm/h arasında değişmiştir. Ayrıca, elde edilen bu değerler, testlerde elde edilen ortalama su yüksekliği değerleri ile karşılaştırıldığında, ortalama % 10’ luk fazla ve eksik su uygulamasının meydana geldiği söylenebilir. Bu sonuç, doğrusal hareketli yağmurlama sulama sisteminin özellikleri ile hesaplanan yağmurlama hızlarının uygulamada rahatlıkla kullanılabilmesi sonucunu çıkarmaktadır. Ayrıca, Bahçeci (2006)’ da yürüttüğü araştırmada da ortalama su yüksekliği ile hesaplanan yağmurlama hızları arasında % 5’ lik bir fark bulmuştur.



Çizelge 4.11. Ortalama su derinlikleri ve yağmurlama hızı değerleri

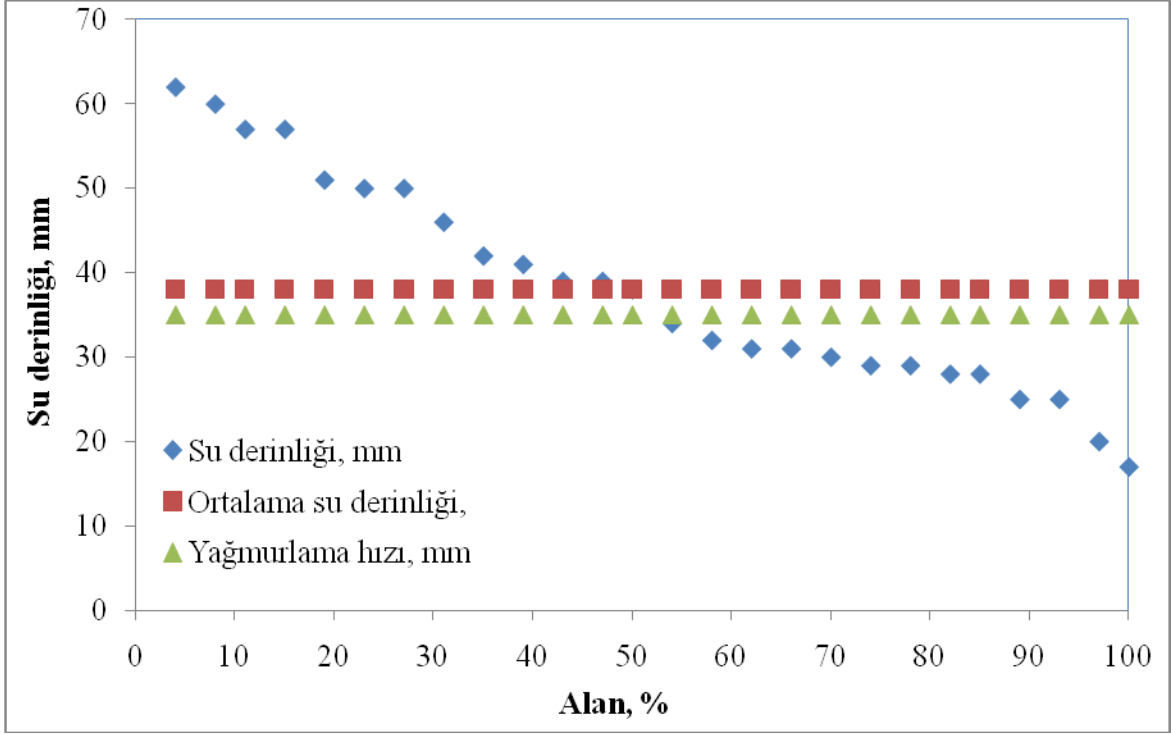
Meme çapı, mm	İşletme hızı, m/h	Ortalama su derinliği (mm)	Yağmurlama hızı, mm/h	Karşılama yüzdesi %
6	22	38	35	109
	30	29	26	112
8	22	44	44	100
	30	29	32	90

#### 4.5. Sulama yeterliliğine ilişkin sonuçlar

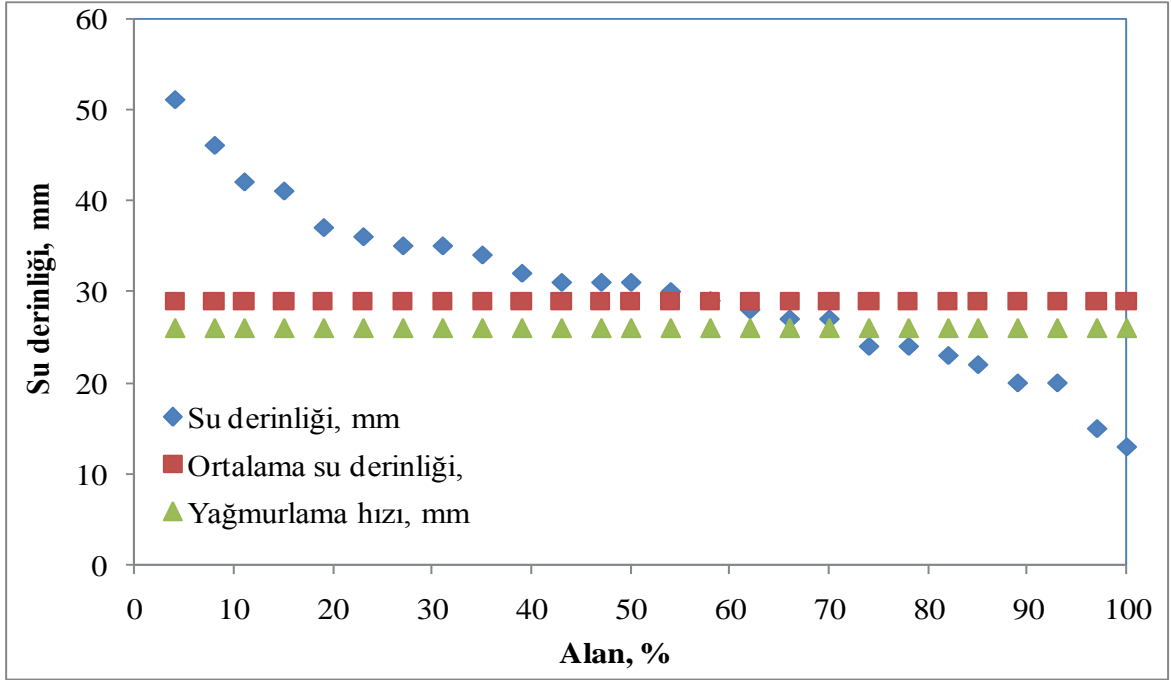
Doğrusal hareketli yağmurlama sulama sisteminin sulama yeterliliğini belirlemek için farklı meme çapı ve işletim hızı uygulamaları için hazırlanan grafikler Şekil 4.5, 4.6, 4.7 ve 4.8’ de verilmiştir. Grafikler hazırlanırken, Bahçeli (2006)’ da belirtilen esaslar dikkate alınmıştır. Bu nedenle, araziye yerleştirilmiş olan su toplama kaplarının her birinin eşit alanı temsil ettiği kabul edilerek bir su toplama kabının temsil ettiği alanın % olarak değeri belirlenmiştir. Bu alanlara karşılık gelen su derinlikleri büyükten küçüğe doğru sıralanarak derinlik-alan yüzde değerleri belirlenmiştir. Su toplama kaplarında ölçülen ortalama su derinliği, uygulanacak su derinliği olarak kabul edilmiş, bu değerler üzerindeki aşırı sulama, altındaki ise eksik sulama olarak nitelendirilmiştir.

Şekil 4.5’ de verilen, 6 mm meme çapı ve 22 m/h işletme hızı için sulama yeterliliği grafiği incelendiğinde, en yüksek su uygulamasının 62 mm, en düşük su uygulamasının ise 17 mm olduğu görülmektedir. Sulama alanının, % 35’ lik bir alanda aşırı su uygulaması, % 46’ lık bir alanda eksik sulama ve % 19’ luk bir alanda tam sulama uygulaması görülmektedir. Ayrıca, bu uygulamada % 13’ lük bir derine sızma kaydedilmiştir.

En yüksek su uygulamasının 51 mm ve en düşük su uygulamasının 13 mm olarak ölçüldüğü, 6 mm meme çapı ve 30 m/h işletme hızının test edildiği deneme konusu için elde edilen sulama yeterliliği grafiği Şekil 4.6’ da verilmiştir. Grafik incelendiğinde, sulama



Şekil 4.5. Meme çapı 6 mm ve 22 m/h işletme hızı altında sulama yeterliliği grafiği



Şekil 4.6. Meme çapı 6 mm ve 30 m/h işletme hızı altında sulama yeterliliği grafiği

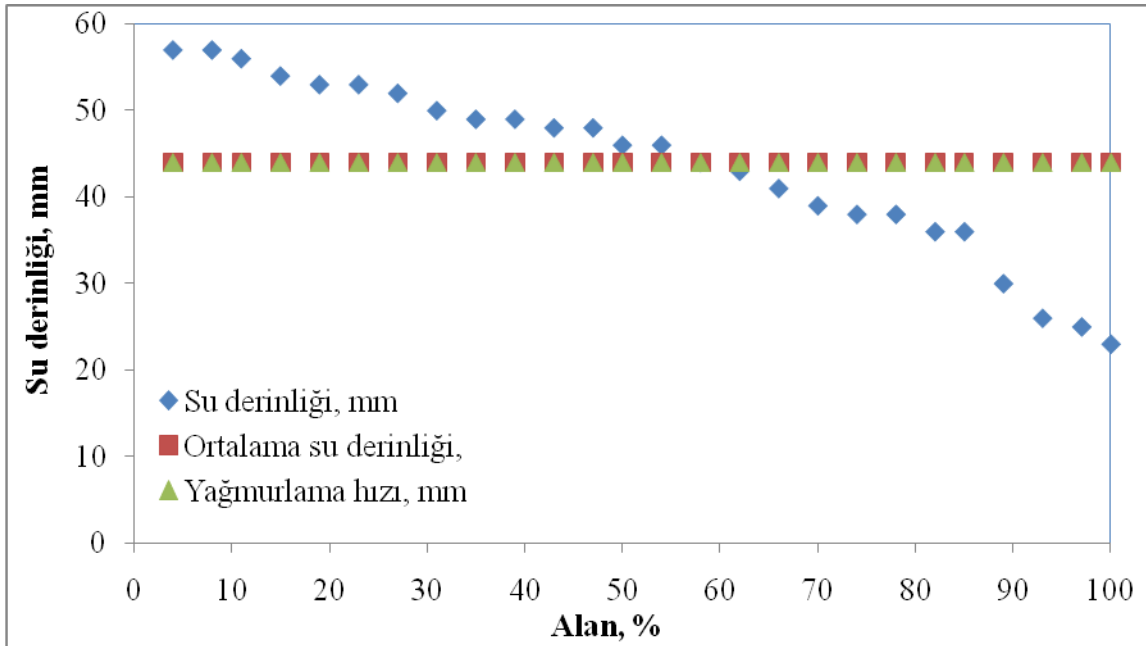
alanının % 35' inde aşırı sulama, % 30' unda eksik sulama, % 35' inde ise tam sulama uygulaması ile % 8' lik derine sızmanın gerçekleştirildiği görülmektedir.

Şekil 4.7' de verilen, 8 mm meme çapı ve 22 m/h işletme hızı için sulama yeterliliği grafiği incelendiğinde, en yüksek su uygulamasının 57 mm, en düşük su uygulamasının ise

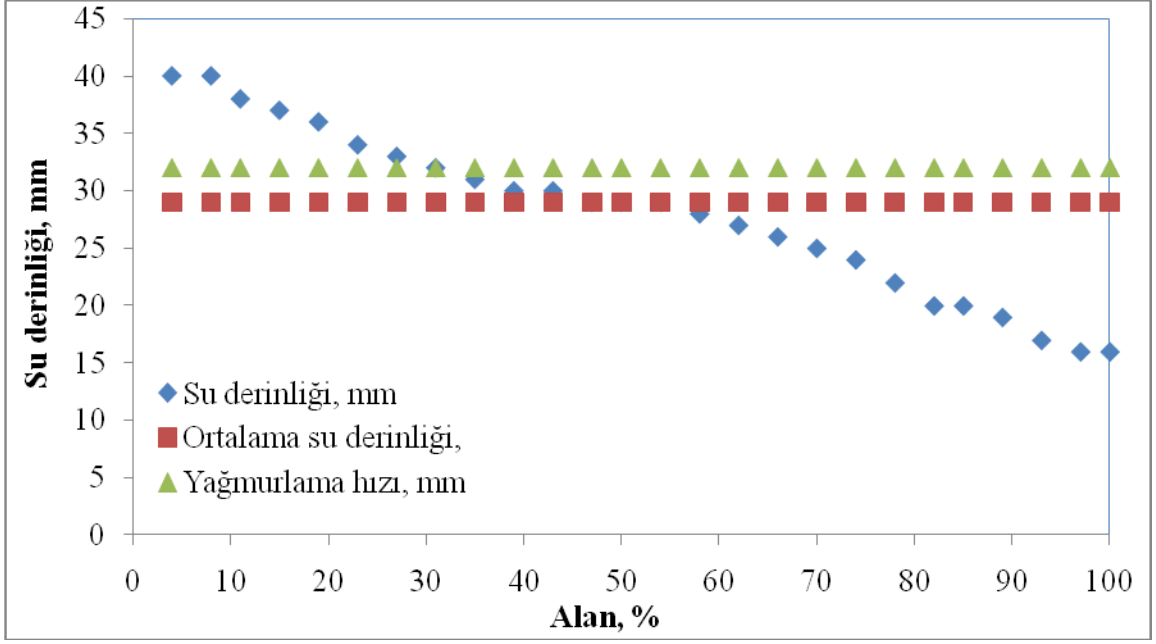
23 mm olduğu görülmektedir. Sulama alanının, % 47' lik bir alanda aşırı su uygulaması, % 30' luk bir alanda eksik sulama ve % 23' lük bir alanda tam sulama uygulaması görülmektedir. Ayrıca, bu uygulamada % 7' lik bir derine sızma kaydedilmiştir.

En yüksek su uygulamasının 40 mm ve en düşük su uygulamasının 16 mm olarak ölçüldüğü, 8 mm meme çapı ve 30 m/h işletme hızının test edildiği deneme konusu için elde edilen sulama yeterliliği grafiği Şekil 4.8' de verilmiştir. Grafik incelendiğinde, sulama alanının % 27' sinde aşırı sulama, % 34' ünde eksik sulama, % 29' unda ise tam sulama uygulaması ile % 8' lik derine sızmanın gerçekleştirildiği görülmektedir.

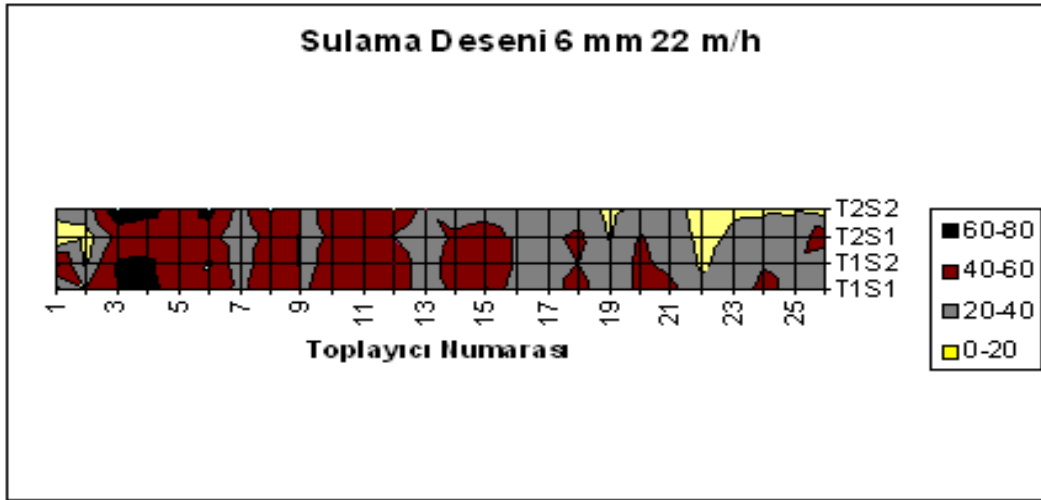
Doğrusal hareketli yağmurlama sulama sisteminin farklı meme çaplarında ve işletme hızlarında elde edilen sulama desenlerine ilişkin grafikler Şekil 4.9, 4.10, 4.11 ve 4.12' de verilmiştir. Şekiller incelendiğinde, sulayıcı kolların uç kısımlarında bulunan su toplama kaplarında diğer kaplara göre daha az miktarlarda su toplandığı görülebilir. Diğer yandan, kolların tam ortasındaki kaplarda da toplanan su miktarları diğerlerine göre daha az olmuştur. Bu nedeni olarak, Bahçeci (2006)' da belirtildiği gibi, doğrusal hareketli yağmurlama sulama sisteminin sulama alanının tam ortasından geçen hareketli kısmının gövdesinin ve tekerleklerinin başlıklardan çıkan suyu engelleyerek kaplarda toplanan su miktarlarını değiştirmesi söylenebilir.



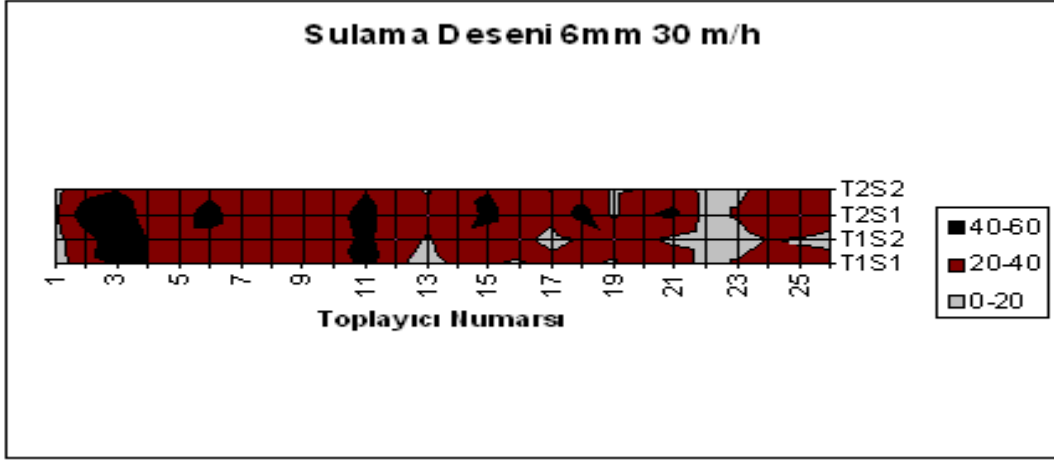
Şekil 4.7. Meme çapı 8 mm ve 22 m/h işletme hızı altında sulama yeterliliği grafiği



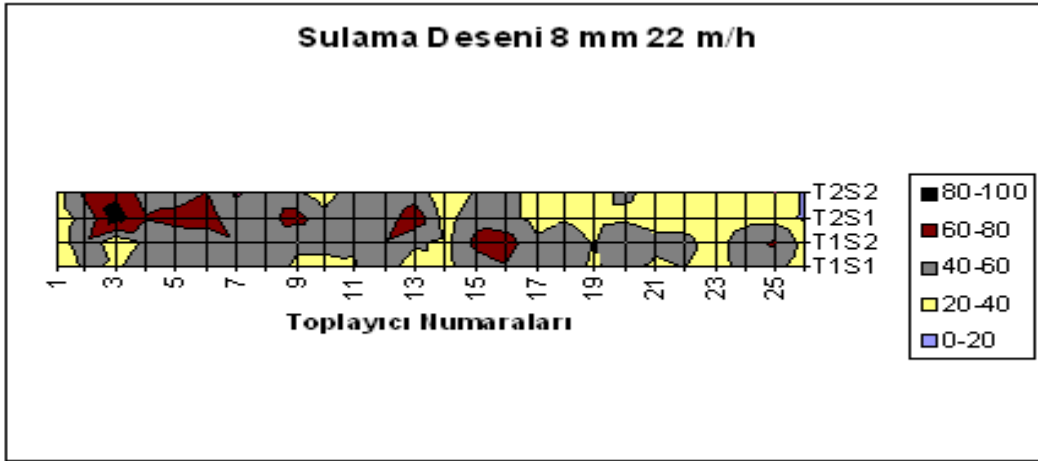
Şekil 4.8. Meme çapı 8 mm ve 30 m/h işletme hızı altında sulama yeterliliği grafiği



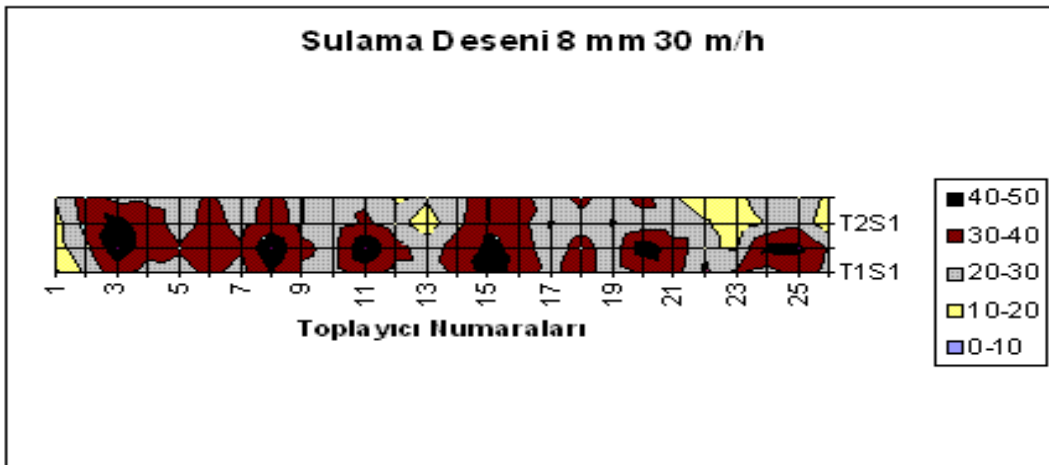
Şekil 4.9. Meme çapı 6 mm ve 22 m/h işletme hızı altında su dağılım deseni



Şekil 4.10. Meme çapı 6 mm ve 30 m/h işletme hızı altında su dağılım deseni



Şekil 4.11. Meme çapı 8 mm ve 22 m/h işletme hızı altında su dağılım deseni



Şekil 4.12. Meme çapı 8 mm ve 30 m/h işletme hızı altında su dağılım deseni

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Yağmurlama sulama yöntemi, bitkinin ihtiyacı olan sulama suyunun kullanılmasında en etkili sulama yöntemlerinden birisidir. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de yağmurlama sulama yönteminin kullanım alanları oldukça geniştir. Diğer yandan, yağmurlama sulama yöntemi artan teknolojik koşullar ve çiftçi istekleri göz önüne alınarak kendini devamlı olarak yenileyen sistem özelliklerine sahiptir. Yağmurlama sulama yönteminin özellikle, rüzgar hızından önemli düzeyde etkilenmesi, ilk yatırım masrafları ve işletim zorluğu, yeni işletim şekillerinin doğmasına neden olmaktadır. Taşınabilir tarla tipi yağmurlama sulama sistemleri ile başlayan değişim center pivot uygulamalarına ve doğrusal hareketli sistemlerinin kullanılmasına kadar devam etmiştir. Özellikle, hareketli yağmurlama sulama sistemleri adını verdiğimiz uygulamalarda, daha fazla miktarda tarımsal alan aynı anda sulanmakta, işletim daha kolay olmaktadır. Dünya uygulamalarına bakıldığında bu sistemler, büyük alanlarda tarımı yapılan, ekonomik değeri yüksek olmayan ve genellikle destekleme sulama adını verdiğimiz yılda bir veya iki kez sulama uygulamasının gerçekleştirildiği bitkilerde tercih edilmektedir. Bu uygulamalarının özellikle, Amerika Birleşik Devletlerinde geniş alanlarda tarımı yapılan hububatlar, yağ bitkileri ve hayvancılığa paralel mısır ve yem bitkilerinin sulanmasında kullanıldığı görülmektedir.

Ülkemizdeki tarımsal makineleşme düzeyinin Trakya bölgesinde yüksek olması nedeniyle, tarımsal makine üreticilerinin bölgede yoğunlaşması ve yeni gelişmeleri yakından takip ettikleri bir gerçektir. Bu nedenle, bölge tarımsal makine üreticileri, dünyada kullanımı giderek artan doğrusal hareketli yağmurlama sulama sistemlerini bölge ve ülke pazarına sokulabilmek için rekabet halindedirler.

Tarla sulama uygulamalarında temel amaç, bitkinin ihtiyacı olan su miktarını fazla kayıp oluşturmaktan bitkinin etkili kök bölgesine ulaştırmak, tarım arazisinde eş bir su dağılımı gerçekleştirmektir. Özellikle, son yıllarda, azalan su kaynakları koşullarında ve birim alandan elde edilecek veriminin maksimum olması gibi zorunluluklardan dolayı, sulanan alanlarda eş bir su dağılımının sağlanması kaçınılmazdır.

Bu çalışmada, Trakya bölgesi tarımsal makine üreticileri tarafından üretilen yerli üretim doğrusal hareketli yağmurlama sulama sistemlerinin performans kriterleri

değerlendirilmiştir. Araştırmada, performans değerlendirmesinde eş su dağılım katsayısı (CU), su dağılım yeknesaklığı katsayısı (DU) ve sulama yeterliliği değerleri incelenmiştir.

Doğrusal hareketli yağmurlama sulama sisteminde performans değerlendirilmesi çiftçi uygulamalarında yoğun olarak kullanılan, iki farklı meme çapı ve iki farklı işletme hızı koşullarında gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonunda, eş su dağılım katsayısı (CU) değerleri; % 68 ile 78 arasında değişmiş ve literatürde önerilen % 84 koşulunu sağlamamıştır. Diğer yandan, her iki baştan birer su toplama kabının atılması ile hesaplanan  $CU_1$  değerleri % 70 ile 80, her iki baştan ikişer su toplama kabının atılması ile hesaplanan  $CU_2$  değerleri % 72 ile 80 arasında değişmiştir. Ayrıca, meme çapı ve işletim hızı arttıkça CU değerlerinde bir artış elde edilmesine karşın, bu artışın istatistiksel açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir. Su dağılım yeknesaklığı (DU) incelendiğinde ise, değerlerin; uygulama farklılıklarında % 52 ile 66 arasında değiştiği hesaplanmıştır. Elde edilen DU değerlerinin, literatürde verilen % 75 koşulunu sağlamadığı görülmüştür. CU katsayısının değerlendirilmesinde olduğu gibi, DU değerlendirmesi içinde  $DU_1$  ve  $DU_2$  değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler sırasıyla, % 55 ile 70 arasında ve % 57 ile 70 arasında değişmiştir. Aynı şekilde, meme çapı ve işletim hızı arttıkça DU değerlerinde bir artış elde edilmesine karşın, bu artışın istatistiksel açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir. Sonuçta, doğrusal hareketli yağmurlama sistemlerinde literatürde verilen CU ve DU değerlerinin elde edilebilmesi için, ya sulayıcı kanat uzunluklarının yeniden düzenlenmesi, ya da uç noktadaki başlık debilerinin artırılması gerekmektedir. Diğer yandan, sistemin bu şekilde kullanılması durumunda en az 5 m' lik örtüşmenin yapılması ve sulama uygulamalarının bu düzende gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Yapılan performans değerlendirmesinde, su toplama kaplarında biriken su miktarlarının ortalaması, uygulanan ortalama su derinliği olarak ele alınmıştır. Bu değerler, hesaplama ile elde edilen yağmurlama hızları ile karşılaştırıldığında, birbirlerine yakın değerler elde edilmiştir. Hesaplamalar sonucunda, farklı meme çapları ile işletim hızları için yağmurlama hızları 26 ile 44 mm/h arasında değişmiştir. Bu değerler artan meme çapları ile artarken, artan işletme hızlarında azalmıştır. Bu nedenle, kullanılacak meme çapının ve işletim hızının seçilmesinde toprağın infiltrasyon hızı değerlerinin arazi koşullarında belirlenmesi ve doğrusal hareketli yağmurlama sistemlerinde başlık debisinin ve işletme hızının bu değerlere göre ayarlanması gerekmektedir. Sulama yeterliliği değerleri incelendiğinde ise, yüksek işletme hızlarında daha yüksek eş su dağılımı elde edilirken, tüm alan dikkate alındığında düşük oranlarda eş su dağılımı kaydedilmiştir.

Doğrusal hareketli yağmurlama sulama sistemlerinin Trakya bölgesi koşullarında kullanılabilirliği incelendiğinde ise, sistemin bölge koşullarına uygun olduğu söylenebilir. Bölgenin hakim bitkileri, buğday, ayçiçeği ve son yıllarda hayvancılığının yoğunlaşması ile II. ürün silajlık mısır ve yem bitkileridir. Ayrıca, bölgenin su varlığı ve sulama ekonomisi göz önüne alınarak yürütülen araştırmalarda, bitkinin ihtiyacı olduğu gelişme dönemlerinde yapılacak olan destekleme sulama ile elde edilecek verimde ve gelirlerde önemli düzeylerde artış olmaktadır. Bölgenin hakim bitkileri, bölgenin belirli kesimler hariç düz topografyası ve destekleme sulama koşulları dikkate alındığında, doğrusal hareketli yağmurlama sulama sistemleri, bölge için en ideal sulama yöntemlerinden birisidir. Fakat yukarıda açıklanan faydaların sağlanabilmesi için, su kaynağı, bitki özellikleri, toprak özellikleri ve iklim özellikleri dikkate alınarak ve doğrusal hareketli yağmurlama sulama sisteminin, bu koşullara uygun çalıştırılması gerekmektedir.



## 6. KAYNAKLAR

- Anonymous, (2003). ANSI/ASAE S436.1 DEC 01. Test Procedure for Determining the Uniformity of Water Distribution of Center Pivot and Lateral Move Irrigation Machines Equipped with Spray and Sprinkler Nozzles.
- Anonymous, (2008). T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Meriç-Ergene Havzası Koruma Eylem Planı.
- Anonymous, (2010). Trakya Bölge Planı. Trakya Kalkınma Ajansı, Tekirdağ.
- Andırmıoğlu A (1993). Doğrusal Hareketli (Linear Move) Yağmurlama Sulama Sisteminin Değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Amir I, Mc Farland MJ, Reddell DL, (1986). Energy analysis of lateral move irrigation machines. *Energy in Agriculture*, 5 (4): 325 – 337.
- Bahçeci B, (2006). Tamburlu Yağmurlama Sulama Sistemlerinin Performans Analizi ve Harran Ovası Koşullarında Kullanım Olanakları. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Bahçeci İ, Aydın Ş, (2008). Mardin-Kızıltepe Ovası yarı taşınabilir yağmurlama sulama sistemlerinin bazı performans parametrelerinin belirlenmesi.Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 12(1): 27 -37.
- Bahçeci İ, Tarı AF, Dinç N, Bahçeci P, (2008). Performance analysis of collective set-move lateral sprinkler irrigation systems used in Central Anatolia.Turk. J. Agric. For., 32 (2008) 435 – 449.
- Baum MC, Dukes MD, Miller GL, (2005). Analysis of residential irrigation distribution uniformity, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 131: 336 – 341.
- Chawla JK, Narda NK, (1995). Sprinkler pattern as influenced by climatic and operating conditions. *J. Res Punjab Agric. Univ.*, 32 (4): 426-438.
- Christiansen JE, (1942). Irrigation by Sprinkling. California Agricultural Experiment Station Bulletin 670, University of California, Berkeley, CA.
- Christiansen JE, Davis JR, (1967). Sprinkler Irrigation Systems. Irrigation of Agricultural Lands Ed. R.M. Hagan ve ark. ASA Pub.
- Cuenca RH, (1989). Irrigation System Design: An Engineering Approach. Prentice Hall.
- Da Silva Paz VP, Bernardo S, Sediya GC, Ramos MM, De Azevedo H.M. Repazzi A.J, Azevedo HM, De ve Silva VP, (1991). Analysis of the uniformity of sprinkler

- irrigation water under the conditions of the Sao Goncalo Irrigation Project. *Revista Ceres*, 38.
- Demirel K, (2005). Peyzaj Projelerinde Kullanılan Farklı Yağmurlama Sulama Başlıklarının Performanslarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Dukes MD, (2006). Effect of wind speed and pressure on linear move irrigation system uniformity. *Applied Engineering in Agriculture*, 22 (4) : 541-548.
- Erdem T, Delibas L, Orta AH, (2001). Water – use characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under deficit irrigation. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 4 (7) : 766 - 769.
- Etiz A, (2007). Trakya Bölgesinin Havadan Mağnetik Anomalilerinin İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Haktanır K, Cangir C, Boyraz D, (2005). Toprak kaynakları ve kullanımı. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi 2-7 Ocak 2005, Ankara.
- Israr M, (1991). Improved irrigation system performance in Pakistan. *Proceedings of the Regional Workshop Organized by FAO in Bangkok, Thailand 22-26 October*, pp 270 – 276.
- İstanbuluoğlu A, Konukcu F, Kocaman İ, (2006). Trakya bölgesi su kaynaklarının geliştirilmesi ve sulu tarım uygulamaları: mevcut verilerin sorunların çözümü için analizi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* (2)3: 139-152.
- James LG, (1993). *Principles of Farm Irrigation System Design*. Krieger Publishing Company Malabar.
- Kanber R, (2002). Sulama. Çukurova Üniversitesi Yayın No: 174, Adana.
- Kara T, Ekmekçi E, Apan M, (2008). Determining the uniformity coefficient and water distribution characteristics of some sprinklers. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11 (2): 214 – 219.
- Karaata H, (1991). Kırklareli Koşullarında Ayciçeği Bitkisinin Su-Üretim Fonksiyonları. Köy Hizmetleri Atatürk Araştırma Enstitüsü Yayınları No:28, Kırklareli.
- Keller J, Bleisner RD (1990). *Sprinkle and Trickle Irrigation*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Korukçu A, (1992). Sulamadaki gelişmelerin Türkiye'ye yansımaları. *Topraksu Dergisi*, 2:4-5.
- Kutlar İ, Tokgöz MA, (2003). Yağmurlama sulama sistemlerinde su dağılımı ile tasarım kriterleri arasındaki ilişkiler. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 9(3): 296-304.

- Nasap SB, (2007). Technical evaluation of sprinkler irrigation system in Arak, Iran. *Journal of Applied Sciences* 7 (21), 3338 – 3341.
- Pekcan V, Erdem T, (2005). Edirne koşullarında destekleme sulamının ayçiçeğinin su kullanımı ve verimine etkileri, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 59-66,
- Ruzicka M, (1992). The uniformity of application rate of the irrigation sprinkler. *Pedologie a Meliorance*, 28 (2).
- Orta AH, (1997). Bag Sulamasında Damla ve Karık Yöntemlerinin Ekonomik Yönden Karşılaştırılması. Tarım ve Köy işleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müd. Bağcılık Araştırma Enstitüsü Müd. Yayınları: 151 : 26 s, Tekirdag.
- Orta AH, Şehirli S, Baser İ, Erdem T, Erdem Y, Yorgancılar Ö, (2002). Water yield relation and water – use efficiency of winter wheat in Western Turkey”, *Cereal Research Communications*, Vol: 30: 367-374.
- Osei FKB, (2009). Evaluation of Sprinkler Irrigation System for Improved Maize Seed Production for Farmers in Ghana. Master of Science in Soil and Water Engineering. Nkrumah University of Science and Techology.
- Semerci A, (2006) Trakya’da tarımsal yapı, verimlilik ve gelişmişlik düzeyi. *Tarım ve Mühendislik Dergisi*, sayı 76-77:
- Tarı AF, (1998). Konya – Iğın Ovasında Kullanılan Yağmurlama Sulama Sistemlerinin Etkinliğinin Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Adana.
- Topak R, (1996). Konya Çumra Ovasındaki Yağmurlama Sulamalarında Uygulama Sorunları. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Konya.
- Wahdan AA, El-Gayar AM, (1988). Spatial distribution of irrigation water applican in sprinkler irrigation. *American Society of Agricultural Engineers*; 29 (5): 1325 – 1330.
- Vories ED, Von Bernuth RD, (1986). Single nozzle sprinkler performance in wind. *American Society of Agricultural Engineers*, 29(5): 1325 – 1330.
- Yıldırım O, (1996). Sulama Sistemleri II. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1449.
- Zapata N, Playan E, Martinez-Cob A, Sanchez I, Faci JM, Lecina S, (2007). Form on, farm solid-set sprinkler irrigation design to collective irrigation network design in windy areas. *Agric. Water. Manag.*, 87: 187-199.

## **ÖZGEÇMİŞ**

1985 yılında İstanbul’ da doğdu. İlk ve orta öğretimini İstanbul’ da tamamladı. 2003 yılında Trakya Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat Mühendisliği bölümünde lisans eğitime başladı. Trakya Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünü 2007 yılında bitiren Oktay ÇALGICI aynı yıl 2007 Eylül döneminde Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında yüksek lisans eğitime başladı.