

GAP-Şanlıurfa ili bireysel yağmurlama sulama sistemlerinin performans göstergeleri

Performance indicators of individual sprinkler irrigation systems in GAP-Şanlıurfa

Halil KIRNAK¹, Sıddık DEMİR², İsmail TAŞ³

¹Erciyes Üniversitesi Seyrani Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kayseri

²Hakan Plastik Proje Mühendisi, Şanlıurfa

³Çanakkale Onsekizmart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Çanakkale

Sorumlu yazar (Corresponding author): İ. Taş, e-posta (e-mail): tas_ismail@yahoo.com

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi 10 Ocak 2013
Düzeltilme tarihi 21 Mart 2013
Kabul tarihi 25 Mart 2013

Anahtar Kelimeler:

Yağmurlama sulama
Performans
CU
GAP
Şanlıurfa

ÖZ

Şanlıurfa ili, GAP kapsamında ilk sulamaya açılmış olan ildir. Bu nedenle de gerçekleştirilen çalışmaların sonuçları ilkönce bu alanda görülmektedir. Yürütülen bu çalışmada, Şanlıurfa il sınırlarında belirlenen pilot alanlarda, yapılan bireysel yağmurlama sulamaları izlenerek, sistemlerin performanslarının yanı sıra karşılaşılan sorunlar belirlenmiş ve bunların çözümüne yönelik önerilerde bulunulmuştur. Bu amaçla, sulama sezonu boyunca Bozova, Harran, Hilvan, Viranşehir’de ikişer adet, Ceylanpınar ve Siverek’te birer adet olmak üzere toplam 10 adet üretici sulaması izlenmiştir. Yapılan her bir sulama uygulamasında su dağılım testleri yapılarak; Christiansen Eşdağılım Katsayısı (CU), Dağılım Türdeşliği (DU), yağmurlama başlık basınçları ve değişimi, yağmurlama başlık debileri ve değişimi, uygulanan sulama suyu miktarları ve yağmurlama sistemindeki su kayıpları değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda; CU değerlerinin % 30.4 ile % 82.8 arasında, DU değerlerinin de %24.5 ile % 81.7 arasında değiştiği belirlenmiştir. Başlık basınçlarında ve akış debilerinde belirlenen yüksek değişkenliğin, aynı lateral üzerinde farklı tip başlıkların kullanılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

ARTICLE INFO

Received 10 January 2013
Received in revised form 21 March 2013
Accepted 25 March 2013

Keywords:

Sprinkling irrigation
Performance
CU
GAP
Şanlıurfa

ABSTRACT

Şanlıurfa province is the first province started irrigation within GAP. Therefore, the area shows the first results of the operation. In this study, in addition to performance of systems, problems encountered were also determined by monitoring individual sprinkle irrigated experiment area in selected pilot areas in Şanlıurfa province and advices to solve these problems were made. For this aim, total ten of producer irrigations were monitored during the irrigation session in Bozova (2), Harran, Hilva (2), Viranşehir (2), Ceylanpınar (1) and Siverek (1). By performing water distribution tests for each irrigation application, Christensen uniformity coefficient (CU), distribution uniformity (DU), sprinkler nozzle-pressure and variations, flow rate and variations, amount of applied irrigation water and water loss in sprinkle irrigation were assessed. As a result of the study, it is determined that Christensen uniformity coefficient (CU) and distribution uniformity (DU) values were varied from 30.4% to 82.8% and 24.5% to 81.7%, respectively. It is assumed that the high variations determined in nozzle-pressure and flow rates arisen from the use of different types of sprinkler nozzle on the same lateral.

1. Giriş

Bitkisel üretimde, kalite ve verimin artırılmasında en önemli girdilerden birisi sulama suyudur. Bitkinin gereksinim duyduğu suyun, ihtiyaç duyulan zamanda ve miktarda sağlanabilmesi ancak doğru verilerle tasarlanmış, inşa edilmiş ve işletilen sistemlerle mümkündür. Türkiye’de sulamaya yönelik yatırım projelerinde araştırma sonuçlarına dayanan projelendirmeler oldukça azdır. Bu sebepten dolayı projelendirmelerde teorik yaklaşımlar daha fazla yer almaktadır. Son yıllarda yaşanan

gelişmeler (kuraklık, iklim değişikliği, teknolojik gelişmeler, v.b.) tarımsal üretimde yüzey sulama yöntemlerinin yerine basınçlı sulama yöntemlerine geçişi zorunlu kılmaktadır. Basınçlı sulama sistemlerinde de yaygın olarak kullanılan yöntemlerin başında yağmurlama sulama yöntemi ilk sırayı almaktadır.

Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) kapsamında sulanması

planlanan 1.7 milyon ha alanın yaklaşık 950000 ha'lık kısmı GAP-Şanlıurfa sulamalarında yer almaktadır. GAP-Şanlıurfa sulamaları kapsamında, Atatürk barajından Şanlıurfa tünelleri yardımıyla Harran Ovası (150000 ha) ve Mardin-Ceylanpınar Ovalarının (326000 ha) sulanması planlanmıştır. Geriye kalan 474000 ha alan (Bozova, Siverek, Hilvan, GAP-Suruç, Yaylak-Baziki) ise doğrudan Atatürk barajından basınçlı sistemler yardımıyla sulanacaktır. Harran Ovası, Siverek ve Hilvan'da yağmurlama sulama sisteminin kullanıldığı alanların mevcut sulanan alanlara oranı yaklaşık % 5'in altındadır. Bozova'da ise Yaylak Baziki basınçlı sulama projesinin devreye girmesiyle birlikte oran % 20 civarına yükselmiştir. Viranşehir'de bu oran % 35, Ceylanpınar'da ise % 50-60 civarındadır (Demir 2005). Şanlıurfa bölgesinde 5179 adet kayıtlı derin kuyu mevcuttur. Bu kuyulardan elde edilen suyun yaklaşık % 30'u yağmurlama sulama amacıyla kullanılırken geri kalan % 70'i ise yüzey sulama uygulamalarında kullanılmaktadır (Anonim 2005).

Yağmurlama sulama sistemi, sulu tarımın yapıldığı çoğu iklime rahatça adapte olabilir. Ancak yüksek sıcaklık, rüzgâr hızı ve düşük nem koşullarında, özellikle sulama sularının önemli ölçüde erimiş tuz içerdiği yörelerde, bazı sorunlara neden olabilir. Rüzgâr hızının dağılım türdeşliğini bozduğu yerlerde, uygun bir tertip aralığı ve proje unsurlarının seçilmesi ile anılan sakınca ortadan kaldırılabilir (Heermann ve Kohl 1980). Sulama sistemlerinin performansı; (i) sulanan alanda suyun dağılım homojenliği, (ii) sulamaların bitki su gereksinimini karşılama açısından yeterliliği, (iii) bitki için uygulanan elverişli suyun toplam miktarı ve (iv) uygulanan suyun derine sızan kısmı gibi parametreleri kapsamaktadır (Wahdan ve El-Gayar 1988). Yağmurlama sulamada su uygulama randımanı özellikle havanın sıcak, kuru, damlacıkların küçük olduğu koşullarda önemli ölçüde rüzgâr hızından etkilenmektedir. Su dağılım yeknesaklığı ve uygulama randımanı rüzgâr hızının 2.8 m s^{-1} 'yi geçtiği koşullarda hızla azalır. Bu durum, en çok yüksek basınç altında çalışan ve geniş ıslatma yarıçapına sahip yağmurlama başlıklarının kullanıldığı koşullarda etkili olur (Kohl 1974). Hoffman et al. (1990), yağmurlama sulama sistemlerinde düşük basınçlı çalışan ve küçük ıslatma çapına sahip yağmurlama başlıklarının kullanılması durumunda, Christiansen Eşdağılım Katsayısı (CU)'ndaki düşüşler daha belirgin olmaktadır. Yağmurlama sistemlerinin etkinliğini ve sulamanın homojenitesini olumsuz yönde etkileyen diğer faktörler de buharlaşma ve suyun rüzgâr tarafından sürüklenmesidir.

Painter ve Carran (1978), ABD Toprak Koruma Servisinin kabul ettiği ölçütlere göre, sulama sisteminin mevsimlik DU değerleri % 90 veya daha yüksek değerlerde "çok iyi"; % 80-89 arasında "iyi"; % 70- 79 ile "zayıf" ve % 69'a kadar "kötü" olarak kabul edilmektedir. Araştırmacıların California'da toplam 240 ha büyüklüğünde 13 işletmede yaptıkları çalışmalarda, DU değerlerinin işletmeler ortalamasını % 58.8 ile % 84.6 arasında, alan ortalamasını da % 66.3 ile % 84.1 arasında saptamışlardır. Ahaneku (2010), Nijerya Ilorin'de Amerika Tarım ve Biyoloji Mühendisliği Derneğinin (ASABE) standartlarını dikkate alarak gerçekleştirdiği çalışmasında arazi koşullarında taşınabilir yağmurlama sisteminin performansını incelemiş, CU değerini % 86 ve DU değerini de % 87 olarak belirlemiştir.

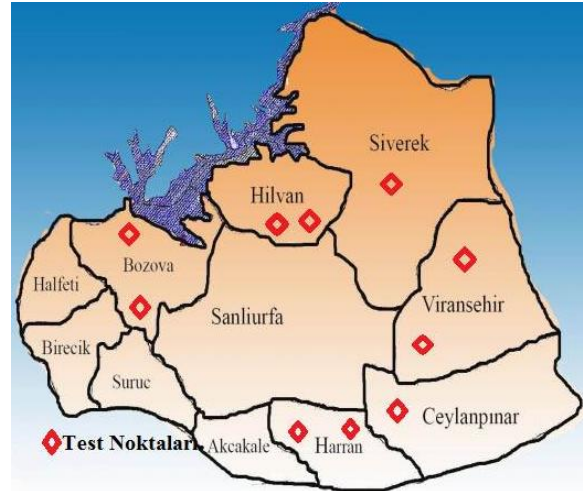
Sınırlı kaynaklardan birisi olan suyun daha verimli kullanılması için birim sulama suyundan maksimum faydanın sağlanacağı sulama yöntemlerine geçilmesi, özellikle de yaşanan kuraklık ve küresel ısınma sorunları göz önüne alındığında bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu

çalışmada, GAP-Şanlıurfa ili sınırlarında belirlenen pilot alanlarda yapılan yağmurlama sulama sistemleri ve sulamalarının incelenmesi ve izlenmesi, söz konusu alanlarda yapılan ölçümlerle bu sistemlerin performanslarının belirlenmesi, işletmelerde karşılaşılan sorunların tespit edilmesi ve çözüm önerileri sunulması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma alanı yeri ve toprakları

Araştırma, Şanlıurfa il sınırları içerisinde yürütülmüştür. Çalışma alanı $36^{\circ} 39'$ Kuzey enlemi, $38^{\circ} 41'$ Doğu boylamları arasında yer almaktadır. Çalışma kapsamında incelenen yağmurlama sulama sistemlerinin araştırma alanındaki dağılımları Şekil 1'de verilmiştir. Şanlıurfa-Harran Ovasındaki sulanabilir toplam 150000 ha alanın tamamı 2011 yılı itibarıyla sulanmaktadır. Bu alanda Karaata (1991) tarafından yapılan sulama etütlerinde sahanın kolluviyal ana materyalli eğimli, orta derin, derin topraklardan oluştuğu belirlenmiştir. Harran Ovasında iki yağmurlama testi yapılmış olup, test yapılan alanların bünye, infiltrasyon hızı, elverişli su tutma kapasiteleri ve hacim ağırlığı Çizelge 1'de verilmiştir. Araştırma, Bozova, Harran, Hilvan, Viranşehir'de ikişer adet, Ceylanpınar ve Siverek'te birer adet test alanında yürütülmüştür (Şekil 1). Viranşehir ve Ceylanpınar toprakları eğim, bünye, derinlik ve infiltrasyon bakımından Harran topraklarına benzerlik gösterir iken, diğer ilçe toprakları daha fazla eğimli, geçirgen, hafif bünyeli olup toprak derinliği daha yüzdendir (Anonim 1991).



Şekil 1. GAP-Şanlıurfa bölgesinde yağmurlama sulama testi yapılan pilot alanlar.

Figure 1. The pilot test sites over sprinkler irrigation areas of Şanlıurfa GAP region.

2.2. İklim özellikleri

Araştırmanın yapıldığı yörede geçit bölge iklimi hüküm sürmekte olup, yazları sıcak ve kurak kışları ılık ve az yağışlı geçmektedir. Çalışma alanının uzun yıllara ilişkin iklim verileri bölgede bulunan meteoroloji istasyonundan alınmıştır. Kimi iklimsel veriler ve uzun yıllar ortalama değerler Çizelge 2'de gösterilmiştir. Uzun yıllar iklim verileri incelendiğinde yörede uzun yıllık ortalama sıcaklık; 18.1°C ; en soğuk ay 2.2°C ile ocak ayı, en sıcak ay ise 38.4°C ile temmuz ayıdır. Uzun yıllık ortalama yağış 454.5 mm 'dir. Yağışların büyük bölümü kış aylarında düşmektedir. Uzun yıllara ortalama oransal nem % 50

Çizelge 1. Test alanı topraklarını temsil edebilecek bazı fiziksel özelliklerin ortalamaları.

Table 1. Average soil characteristics of testing sites.

Örneklem Yeri	T.K. (Pw) (%)	S.N. (Pw) (%)	As (g cm ⁻³)	Bünye Sınıfı	İnfiltrasyon hızı (mm h ⁻¹)	Elverişli su tutma kapasitesi mm/30 cm
Şanlıurfa Ovası Hancağız Köyü	31.53	22.15	1.32	C	116	45
Harran Ovası Dibe Köyü	31.79	22.57	1.34	C	88	47

Çizelge 2. Çalışma bölgesine ilişkin bazı iklim özelliklerinin uzun yıllık ortalamaları (Anonim 2011).

Table 2. Long-term averages for climate parameters of research site (Anonim 2011).

Aylar	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Yıllık
Ort. Sıcaklık	5.7	6.6	10.5	16.1	22.2	27.8	31.6	31	26.9	20.1	12.3	7.2	18.1
Ort. Yağış (mm)	72.3	68.6	74.5	52.2	30.6	3.2	0.5	1.4	1.1	27.3	47.2	75.6	454.5
Buharlaşma (mm)	0	0	0	92.9	157.8	240	297.8	267.5	182.7	108.3	46.5	0	1393.5
Ort. Güneş Süresi (h)	4	5.1	6.2	7.8	9.7	11.9	12.1	11.3	10	7.7	5.5	3.9	7.9
Ort. Rüzgâr Hızı (m s ⁻¹)	1	1.2	1.4	1.5	1.6	2	2.1	2	1.7	1.2	1	1	1.5
Ort. Nispi Nem (%)	69.6	65.8	62	58.7	47.7	37.1	34.1	35.9	37.7	48.7	63.9	71.7	52.8

dolayındadır. Oransal nem değerleri genellikle kış aylarında yüksek olarak gerçekleşirken hava sıcaklığının artmasıyla düşüş göstermektedir. Açık su yüzeyinden oluşan uzun yıllar ortalama toplam buharlaşma miktarı 1393.5 mm ve buharlaşmanın en yüksek olduğu ay 297.8 mm ile Temmuz'dur. Uzun yıllık ortalama rüzgâr hızı 1.5 m s⁻¹ dolayındadır. Ortalama rüzgâr hızı en yüksek 2.1 m s⁻¹ ile Temmuz ayında, en düşük ise 1 m s⁻¹ olarak Kasım, Aralık, ve Ocak aylarında ölçülmüştür.

2.3. Yağmurlama sulama sistemlerinde başlık debisi ve basınç ölçümü

Yağmurlama sulama sistemlerinde kullanılan yağmurlama başlıklarının debileri, hacmi bilinen bir kabın dolma süresinden yararlanılarak belirlenmiştir. Ölçümün en az hata ile yapılabilmesi için yeterince büyük bir kap seçilmiş ve dolma süresi bir kronometre ile saptanmıştır (Merriam ve Keller 1978). Lateral boyunca yağmurlama başlıklarındaki debi değişimini saptamak için Eşitlik (1)'den ve ortalama başlık debilerinin hesabında da Eşitlik (2)'den yararlanılmıştır.

$$q_{\text{var}} = \frac{q_{\text{max}} - q_{\text{min}}}{q_{\text{ort}}} 100 \quad (1)$$

Eşitlikte;

q_{var} : Debi değişimi (%),

q_{max} : Lateraldeki en yüksek başlık debisi (l s⁻¹),

q_{min} : Lateraldeki en düşük başlık debisi (l s⁻¹),

q_{ort} : Lateraldeki ortalama başlık debisi (l s⁻¹).

$$q_{\text{ort}} = \frac{q_1 + \dots + q_n}{n} \quad (2)$$

Eşitlikte;

q_{ort} : Ortalama debi (l s⁻¹),

q_1 : Lateral üzerindeki ilk başlığın debisi (l s⁻¹),

q_n : Lateral üzerindeki son başlığın debisi (l s⁻¹),

n : Lateral üzerindeki başlık sayısı.

Test edilen sistemlerde yağmurlama başlıklarında basınçların belirlenmesinde pitot tüpü bağlanmış basınç ölçerden yararlanılmıştır. Bu amaçla, bir pitot tüpüne 5 bar basınç ölçebilen manometre eklenmiş ve başlıkta olan basınç manometre ile ölçülmüştür. Başlıkların basınçları, pitot tüpü başlık memesi ile aynı doğrultuda ve meme ucundan 2-3 mm

uzaklıkta ve su hüzmesinin merkezine tutularak 3 tekrarlı şekilde ölçülmüştür. Lateral üzerinde bulunan başlıkların basınç değişimleri ve ortalama basınç değerleri Eşitlik (3) ve ortalama basınç değerleri Eşitlik (4) yardımıyla belirlenmiştir (Merriam ve Keller 1978).

$$P_{\text{var}} = \frac{P_{\text{max}} - P_{\text{min}}}{P_{\text{ort}}} 100 \quad (3)$$

Eşitlikte;

P_{var} : Basınç değişimi (%),

P_{max} : Lateraldeki en yüksek başlık basıncı (bar),

P_{min} : Lateraldeki en düşük başlık basıncı (bar),

P_{ort} : Lateraldeki ortalama başlık basıncı (bar).

$$P_{\text{ort}} = \frac{P_1 + \dots + P_n}{n} \quad (4)$$

Eşitlikte;

P_{ort} : Ortalama basıncı (bar),

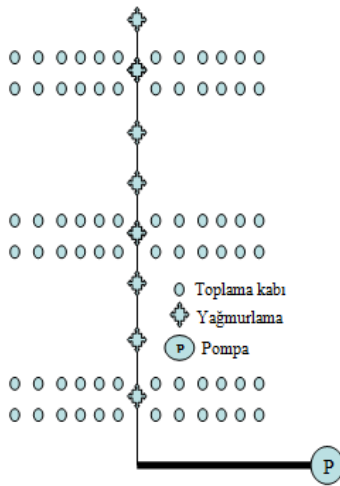
P_1 : Lateral üzerindeki ilk başlığın basıncı (bar),

P_n : Lateral üzerindeki son başlığın basıncı (bar),

n : Lateral üzerindeki başlık sayısı.

2.4 Uygulanan sulama suyu miktarı

İşletme koşullarında yağmurlama lateralinden su dağılımını belirlemek amacıyla, lateral uzunluğu üç eşit bölüme ayrılmıştır. Her bir bölüme lateraller arasındaki aralıklara bağlı olarak 16 ile 18 adet su toplama kabı yerleştirilmiştir. Kullanılan su toplama kapları 20 cm yüksekliğinde ve 10.5 cm çapındadır. Su toplama kaplarının ilk sırası laterale 1 m uzaklıkta olacak şekilde 2 x 2 m aralıklarla, her bölüme iki sıra halinde ve laterale dik doğrultuda konumlandırılmıştır (Şekil 2). Su toplama kapları, yağmurlama başlıklarından 10 cm düşük kotta ve yatay düzlemde paralele olmaları sağlanmıştır. Test sonunda kaplarda biriken su miktarları, dereceli silindire ölçülerek birim alana düşen sulama suyu miktarı hesaplanmıştır. Bu amaçla Eşitlik (5) 'den yararlanılmıştır.



Şekil 2. Tek lateral kullanılarak yapılan sulamalarda su toplama kaplarının yerleştirilme konumları.

Figure 2. Placement locations of irrigation water collection containers under a single lateral.

$$D = \frac{V.T}{A.t} \quad (5)$$

Eşitlikte;

D: Derinlik olarak sulama suyu miktarı (cm),
V: Su toplama kabında biriken su hacmi (cm³),
A: Su toplama kabının ağız alanı (cm²),
t: Test süresi (dk),
T: Sulama süresi (dk).

2.5. Sulama suyu eş dağılımı (CU)

Arazi yüzeyinde sulama suyu eşdağılımını belirlemek için Christiansen (1942) tarafından geliştirilen eşitlikten (Eşitlik 6) yararlanılmıştır. Anılan eşitliğe göre, her su toplama kabının temsil ettiği alanın eşit olduğu kabul edilir.

$$CU = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |x - \bar{x}|}{n \bar{x}} \right) \quad (6)$$

Eşitlikte;

CU: Christiansen katsayısı,
x: Su toplama kaplarında sulama süresince biriken su miktarı (mm),
 \bar{x} : Su toplama kaplarında biriken ortalama sulama suyu miktarı (mm),
n: Su toplama kaplarının sayısı.

2.6. Dağılım türdeşliği (DU)

Sulama uygulamalarının değerlendirilmesinde kullanılan bir diğer ölçüt ise dağılım türdeşliğidir (DU). Su toplama kaplarında biriken sulama suyu miktarları Eşitlik (7) ile değerlendirilerek su dağılım türdeşliği hesaplanmıştır.

$$DU = 100 \frac{\overline{X_{iq}}}{\overline{X}} \quad (7)$$

Eşitlikte;

DU: Dağılım türdeşliği,

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

$\overline{X_{iq}}$: Su toplama kaplarının en az su alan 1/4'ündeki ortalama su miktarını (mm).

2.7. Buharlaşma ve rüzgârla sürüklenme kayıpları

Sulamalar sırasında başlıktan oluşan buharlaşma ve rüzgârla sürüklenme kayıpları; su toplama kaplarında biriken suların verilen suya oranını (Eşitlik 8) şeklinde hesaplanmıştır.

$$E = \frac{E_{net}}{E_{büt}} \quad (8)$$

Eşitlikte;

E: Yağmurlama başlıklarından çıkan su miktarından oluşan buharlaşma ve rüzgârla sürüklenme kaybı (%),

E_{net} : Su kaplarında toplanan su miktarı (mm),

$E_{büt}$: Başlıktan çıkan su miktarı (mm).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Çalışma alanında kullanılan sistemlerin özellikleri

Ana hatları toprak üstünde olup lateraller taşınabilir özelliktedir. Ana hatlardaki borular PVC, Çelik ve PE iken lateraller sadece PE borulardan oluşmaktadır. Ana boru hattındaki boru çapları 110-400 mm arasında değişirken lateral çapları 75 ile 90 mm arasındadır. Yağmurlama başlıklarının tamamı çift memeli olup su çıkış açıklıkları genellikle 4.5×4.5, 4.5×4.8, 4.5×5.0 ve 4.5×5.5 mm arasında değişkenlik göstermektedir. Zamanla kırılan veya bozulan başlıklar değişime uygun parça olması durumunda parça değişimi yapılarak kullanılmakta veya farklı özelliklere sahip yeni bir başlıkla değiştirilmektedir. Buda kurulu sistemin homojenitesini etkilemektedir. Kullanılan yükseltici boyları genellikle 75 cm olup vanalıdır. Teknik bilgi eksikliği ve ekonomik nedenlerden kaynaklı olarak az da olsa farklı başlık ve yükselticiler saptanmıştır. Lateral uzunlukları 168 ile 300 m arasında değişmektedir. Sistemler 6 m uzunluğundaki lateral borularından oluşturulmakta ve 2 lateral boru arasına bir adet başlık yerleştirilmektedir. Sistem performanslarının izlenmesi amacıyla test yapılan parseller ve sulama sistemine ait bazı bilgiler Çizelge 3'de verilmiştir.

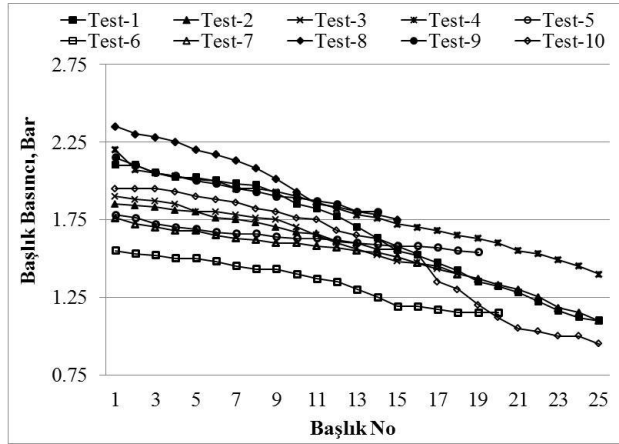
3.2. Başlık debi ve basınç değişimi

Ölçüm yapılan sistemlerde Şekil 3'den de görüleceği üzere lateral başından sonuna doğru gidildikçe başlık basınçlarında büyük oranlarda değişimler belirlenmiştir. Test edilen laterallere ilişkin ölçülen basınç değerleri ve bunlardan yararlanarak hesaplanan debi değişimleri Çizelge 4'de sunulmuştur. İyi planlanmış bir lateralde minimum ve maksimum başlık debileri ve basınçları arasındaki farkı % 10'u geçmemelidir (Merriam and Keller 1978). Bu çalışmada yapılan

Çizelge 3. Test edilen yağmurlama sistemlerine ilişkin bazı özellikler.**Table 3.** Tested sprinkler system characteristics.

Test No	Boru Cinsi	Lateral Çapı (mm)	Alan (da)	Lateral sayısı	Lateral Uzun. (m)	Başlık Sayısı (adet)	Düzenleme Aralığı (mxm)	Su Kaynağına Uzaklık (m)
T1	PE	90	210	3	300	75	12x12	600
T2	PE	75	200	3	180	45	12x12	1200
T3	PE	75	190	2	216	36	12x12	710
T4	PE	90	250	3	300	75	12x12	800
T5	PE	75	96	2	228	38	12x12	1200
T6	PE	75	250	4	240	80	12x12	2400
T7	PE	90	220	3	300	75	12x12	1500
T8	PE	75	120	3	180	45	12x12	600
T9	PE	75	120	3	168	42	12x12	1400
T10	PE	90	280	3	300	75	12x12	970

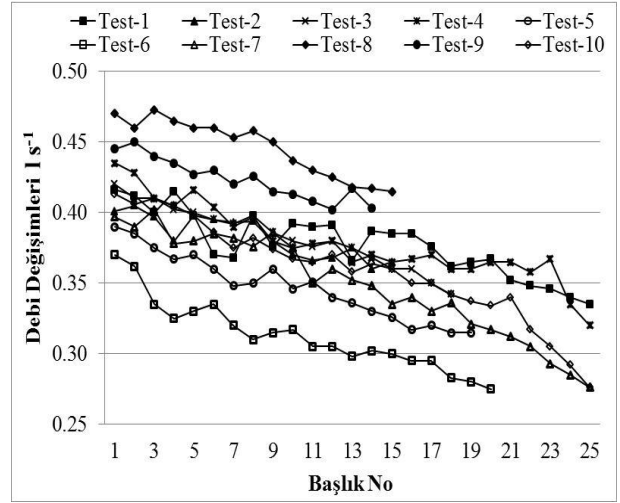
testlerin bazılarında belirlenen değişimler, izin verilen değişim değerinin çok üzerinde olduğu belirlenmiştir.

**Şekil 3.** Lateral hattı boyunca başlık basınç değişimleri.**Figure 3.** Variation of pressure in sprinkler heads along the lateral line.

Lateral hattı boyunca debide meydana gelen değişimler ölçülmüş ve Şekil 4'de gösterilmiştir. Lateral boyunca başlıklarda ölçülen en yüksek debi değeri 0.370-0.473 l/s ve en düşük ise 0.275-0.403 l/s arasındadır (Çizelge 4). Yapılan hesaplama sonucunda ortalama debi değişim oranı % 21 olarak hesaplanmıştır. Bu durum göz önüne alındığında kabul edilebilir değişim değerinin yaklaşık iki katı değişimin olduğu görülmektedir. Şekil 4 incelendiğinde başlık debileri lateral başından sonuna doğru inişler ve çıkışlar yaparak dalgalanma göstermektedir. Bu dalgalanmanın nedeni aynı lateral hattı üzerinde farklı başlıkların kullanılmasıdır.

Çizelge 4. Başlık basınç ve debi değerleri**Table 4.** Sprinkler head pressure and discharge values.

Test No	P _{max}	P _{min}	P _{ort}	P _{var}	q _{max}	q _{min}	q _{ort}	q _{var}
T1	2.10	1.10	1.65	60.06	0.416	0.335	0.377	21.480
T2	1.85	1.56	1.71	16.95	0.405	0.360	0.383	11.740
T3	1.90	1.40	1.67	29.94	0.420	0.342	0.383	20.360
T4	2.20	1.40	1.78	44.94	0.435	0.320	0.378	30.420
T5	1.78	1.54	1.64	14.63	0.390	0.315	0.347	21.610
T6	1.55	1.15	1.35	29.62	0.370	0.275	0.313	30.350
T7	1.76	1.10	1.49	44.29	0.402	0.276	0.348	36.200
T8	2.35	1.75	2.04	29.41	0.473	0.415	0.446	13.000
T9	2.15	1.80	1.95	17.94	0.450	0.403	0.423	11.110
T10	1.95	0.95	1.54	59.52	0.413	0.276	0.359	38.160
Ortalama	1.95	1.37	1.68	34.52	0.417	0.331	0.375	23.440

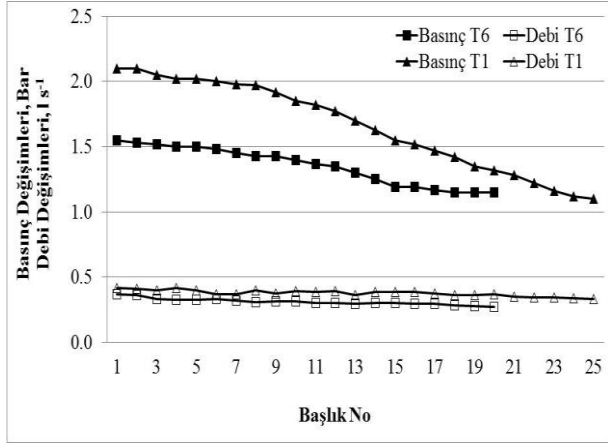
**Şekil 4.** Lateral hattı boyunca başlık debi değişimleri.**Figure 4.** Variation of discharge in sprinkler heads along the lateral line.

Basınç ile debi değişimi arasındaki fark T1, T4, T8 ve T10 testlerinde izin verilen değişim sınır değerinin üstünde gerçekleşmiştir. Diğer testlerde ise değişim, izin verilen değişim sınırları içerisinde (\pm %10) kalmıştır. Bu farkın sebebi ise yüksek sürtünme kaybı, suyun boru içerisindeki yüksek ilerleme hızı ve ana/lateral boru çapının çok küçük olması olarak sıralanabilir.

Basınçların lateral boyunca düzenli bir şekilde azalmasına karşılık debil değişimlerinde çok belirgin farklılıklar ortaya çıkmıştır. Değişimin en fazla (T1) ve en az (T6) olduğu testler belirlenmiş ve Şekil 5'de grafik olarak verilmiştir. Şekil incelendiğinde başlık basınçları, lateral başından sonuna doğru düzenli bir azalma göstermektedir. Ancak aynı durum başlık debilerinde için söz konusu değildir. Başlık debi değişimi lateral hat boyunca dalgalanma sergilemektedir. Bunun muhtemel nedeni, lateral üzerinde farklı başlık tiplerinin kullanılmış olmasıdır.

3.3. Sulama suyu eşdağılımı (CU)

Sulama suyunun araziye türdeş bir şekilde dağılıp dağılmadığı yapılan hesaplamalar sonucunda belirlenmiş ve Çizelge 5'de sunulmuştur. Burada görüldüğü gibi 12x12 m tertip aralığında CU değerleri % 30.4 ile % 82.8 arasında değişim gösterirken ortalama % 54.4 olarak belirlenmiştir. Tertip aralığını 10x12 m olması durumunda da CU değerleri % 41.6 ile % 84.8 arasında değişim göstermiş ve ortalama % 61.4



Şekil 5. Lateral boyunca en yüksek ve en düşük basınç - debi değişimi.

Figure 5. Variation of the highest and the lowest pressure-discharge along the lateral line.

olarak belirlenmiştir. Yapılan sulamaların üniform sayılabilmesi için CU değerinin % 84'ün üzerinde olması gerekmektedir (Balaban ve Korukçu 1970; Aküzüm, 1976; Merriam ve Keller 1978; Konca 1986; Vories ve Von Bernuth 1986; Keller ve Bliesner 1990). Yapılan testlerde 10x12 m tertip aralığında T9 testinin (% 84.8) dışında hiçbir testte uygun üniformite belirlenmemiştir. Belirlenen CU değerlerinin düşük olmasının nedenleri arasında; sistem basıncının düşük olması, aynı lateral üzerinde farklı başlıklarının kullanılması, bağlantı noktalarından su kayıplarının olması, lateral boylarının uzun tutulması, lateral boyunca engebelerin ve dalgalanmaların olması ve de tertip aralığının fazla tutulması sayılabilir.

3.4 Dağılım türdeşliği (DU)

Hesaplanan DU değerleri Çizelge 5'de sunulmuştur. Çizelgeden de anlaşılacağı üzere 12x12 m tertip aralığında DU değerleri % 24.5 ile % 81.7 arasında ve ortalama % 47 olarak belirlenmiştir. Başlıklar 10x12m olarak tertiplendiğinde DU değerler % 24.8 ile % 82.2 arasında olup ortalama % 47.6 olarak belirlenmiştir. Tertip aralığının düşürülmesi önemsiz sayılabilecek düzeyde (% 0.6) bir artış sağlayabilmiştir. Üniform bir sulama için DU değerinin % 75'den büyük olması gerekmektedir (Keller ve Bliesner 1990). Bu şart dikkate alındığında T9 testinin dışında hiçbir testin türdeş bir dağılım sağlamadığı görülmektedir. CU ile benzer biçimde bunun

Çizelge 5. Sulamaya ilişkin Christiansen eş dağılım katsayısı (CU) ve Dağılım Üniformitesi (DU) değerleri.

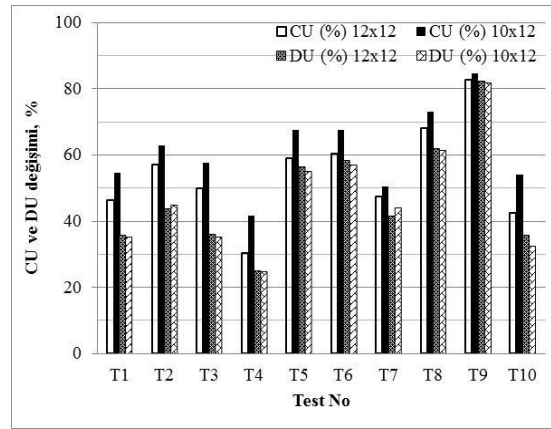
Table 5. Christiansen uniformity coefficient (CU) and distribution uniformity (DU) values.

Test No	Başlık Tertip Biçimi			
	CU (%) 12x12	CU (%) 10x12	DU (%) 12x12	DU (%) 10x12
T1	46.4	54.5	35.7	35.1
T2	57.2	62.9	43.6	44.7
T3	49.8	57.7	36	35.1
T4	30.4	41.6	24.8	24.5
T5	58.9	67.6	56.4	54.8
T6	60.4	67.5	58.1	56.9
T7	47.4	50.6	41.5	43.8
T8	68.1	73.1	61.9	61.3
T9	82.8	84.8	82.2	81.7
T10	42.5	54.1	35.6	32.3
Ortalama	54.4	61.4	47.6	47.0

nedenleri arasında; sistem basıncının düşük olması, aynı lateral üzerinde farklı başlıklarının kullanılması, bağlantı noktalarından su kayıplarının olması, lateral boylarının uzun tutulması, lateral boyunca engebelerin ve dalgalanmaların olması sayılabilir.

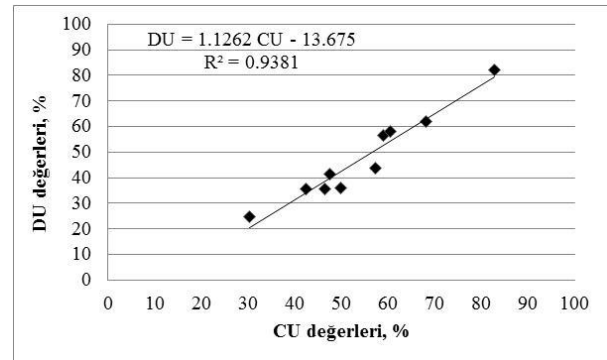
3.5 Eş dağılım ve dağılım türdeşliği ilişkisi

Sulama suyu eş dağılımı ve dağılım türdeşliği karşılaştırıldığında (Şekil 6) hem CU değerlerinde hem de DU değerlerinde de iniş ve çıkışlar bulunmaktadır. CU değerleri beklendiği gibi her zaman DU değerlerinden daha büyük bir değer olarak gerçekleşmiştir. Bunun nedeni CU değerinin hesaplanmasında ortalamadan olan sapmaların ortalaması kullanılırken, DU değerinin hesaplanmasında alt çeyreğin ortalamasının kullanılmasıdır. CU değeri ile DU değerleri arasında kuvvetli bir korelasyon vardır (Şekil 7). Söz konusu doğrusal ilişkinin determinasyon katsayısı 0.938 seviyesindedir.



Şekil 6. Sulama suyu eşdağılımı (CU) ve dağılım türdeşliği (DU) ilişkisi.

Figure 6. Relationship between irrigation water uniformity coefficient (CU) and distribution uniformity (DU).



Şekil 7. 12x12 m tertip aralığında Christiansen eş dağılım (CU) ile dağılım türdeşliği (DU) arasındaki ilişki.

Figure 7. Relationship between Christiansen uniformity coefficient (CU) and distribution uniformity (DU) on 12x12 m spacing arrangement.

3.6 Uygulanan sulama suyu miktarı

Yapılan ölçümlerde çalışma alanındaki sulamaların; sulama süreleri, su uygulama hızları, mevsimlik sulama sayıları ve mevsim boyunca her bir sistemin çalışma süreleri belirlenmiş ve mevsimlik uygulanan toplam sulama suyu miktarları hesaplanarak sonuçları Çizelge 6'de verilmiştir. Başlık tertip biçimi 12x12 m'dir. Sistemlerin çalışma süreleri 8 saattir ve

sulama sezon boyunca 10 sulama yapılmıştır. Harran Ovasındaki 3 ve 9 nolu test alanı için Karaata (1991), toprak infiltrasyon hızı sırayla 116 ve 88 mm h⁻¹ olarak bildirilmektedir. Çiftçi sulamasından elde edilen yağmurlama başlığı hızı ise sırasıyla 9.57 ve 10.57 mm h⁻¹'dir. Bu değerler dikkate alındığında mevcut yağmurlama hızında yüzey akış probleminin söz konusu olmayacağı görülmektedir. Toplamda en fazla sulama suyu T8 testinde 892 mm uygulanırken en az da T5 testinde 633.6 mm uygulanmıştır.

Çizelge 6. Test alanlarındaki sulamalara ilişkin bazı detaylar.

Table 6. Details for irrigations in test sites.

Test No	Ort. başlık debisi (l s ⁻¹)	Sulama süresi (h)	Ort. Yağmur. hızı (mm h ⁻¹)	Uyg. sulama suyu (mm)	Sulama sayısı (adet)	Toplam Sulama suyu (mm)
T1	0.377	8	9.42	75.36	10	753.6
T2	0.383	8	9.57	76.56	10	765.6
T3	0.383	8	9.57	76.56	10	765.6
T4	0.378	8	9.45	75.60	10	756.0
T5	0.347	8	6.67	53.36	10	533.6
T6	0.313	8	7.82	62.56	10	625.6
T7	0.348	8	8.7	69.60	10	696.0
T8	0.446	8	11.15	89.20	10	892.0
T9	0.423	8	10.57	84.56	10	845.6
T10	0.359	8	8.97	71.76	10	717.6

3.7. Buharlaşma ve rüzgârla sürüklenme kayıpları

Test edilen lateralın ortasındaki başlıklarda meydana gelen buharlaşma ve rüzgârla sürüklenme kayıpları ölçülmüş ve Çizelge 7'de sunulmuştur. Teste yapılan sulamalarda kullanılan malzeme ve çalıştırılma koşulları kendi içerisinde büyük oranda değişkenlik göstermektedir. Çizelge 7 incelendiğinde CU ve DU dağılımlarının düşük olduğu testlerde ölçülen kayıp oranlarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeni yağmurlama başlıklarının standart debi değerlerinden daha düşük debi değerlerinde çalıştırılmalarıdır. Kullanılan yağmurlama başlıklarının standart debileri 0.500 – 0.780 l s⁻¹ olmasına karşılık çiftçi uygulamalarında başlık debileri 0.275 – 0.470 l s⁻¹ arasında değişim göstermektedir.

Çizelge 7. Ölçülen buharlaşma ve rüzgâr kayıpları toplamı.

Table 7. Sum of evaporation and wind losses.

Test No	Ölçülen toplam kayıp (%)
T1	42.1
T2	25.4
T3	22.2
T4	31.6
T5	41.3
T6	20.2
T7	49.8
T8	22.4
T9	17.1
T10	54.1
Ortalama	32.6

4. Tartışma ve Sonuç

Yapılan gözlemler ve ölçümler sonucunda belirlenen en yaygın sorunlar şöyle sıralanabilir; sulamalar bilinçsiz yapılmakta, sistem debisi dikkate alınmadan başlık seçilmekte, sulamalarda bitki su ihtiyacı dikkate alınmamakta, lateraller uzun dolayısıyla basınç-debi değişimi fazla ve buna bağlı olarak sulama homojenitesi sağlanamamakta, rüzgârlı havalarda sulamalar yapılmakta, kullanılan pompalar ihtiyaca

göre olmayıp kuyudan alınan su doğrudan sisteme verilmekte, sistemlerin çalıştırılmasında su kaynağı kapasitesi dikkate alınmamakta, bölgede yaygın olarak gerçekleşen elektrik kesintileri dikkate alınmamakta, sulama süresini kısaltmak için artırılan lateral hattındaki başlık sayısı maliyeti artırırken aynı zamanda da su dağılım deseninin bozulmasına sulamaların eksik/hatalı olmasına ve buna bağlı olarak verim ve kalitenin düşmesine neden olmaktadır. Söz konusu olumsuzluklar nedeniyle CU değerleri % 30.4 ile % 82.8 arasında değişim göstermiş ve ortalama % 54.4 ile kabul edilebilir seviyenin oldukça altında gerçekleşmiştir. Benzer şekilde DU değerleri % 24.5 ile % 81.7 arasında değişim göstermiş ve ortalama % 47.2 ile yine düşük seviyede belirlenmiştir. Tüm test parsellerinde yağmurlama hızlarının toprak infiltrasyon hızlarından küçük olması nedeniyle her hangi bir yüzey akış oluşmamıştır. Bilinçli karık ve tava sulamada bölge için ortalama sulama kayıpları % 40 (Demir 2005) civarında iken çalışmada ölçülen ortalama buharlaşma ve rüzgârla sürüklenme kayıpları toplamının % 32.6 düzeyinde olması, mevcut koşullarda bölgede yağmurlama sulama sisteminin yanlış sistem tasarımı ve işletimi sonucunda randımanlı bir şekilde kullanılmadığı belirlenmiştir. Tasarım sırasında, yörede yaygın olarak kullanılan yağmurlama başlığı, boru cinsi, boru çapı, elektromotopomp ve de üreticinin sulama alışkanlıkları iyi etüt edilerek teknik olanaklar ölçüsünde değerlendirilmelidir. Sistem düşük basınç altında çalıştırılmamalı ve sisteme uygun boru, başlık ve sayısı, lateral uzunluğu, sulama aralığı ve sulama süresi elektrik kesintileri dikkate alınarak hesaplanmalıdır. Sıcak ve rüzgârlı gündüz saatlerinde yağmurlama sulamadan kaçınılmalı ve üretici yapılan hatalar konusunda mutlaka eğitilmelidir.

Şanlıurfa'da DSİ'ce kayıt altına alınmış derin kuyulardan elde edilen suyun ancak % 30'u yağmurlama sulamada kullanılmaktadır. Kuyu debilerini ortalama 30 l s⁻¹ olduğu dikkate alındığında iyi planlanmış ve işletilen bir yağmurlama sulama ile kaba bir tahminle yaklaşık 200-250 dekar alan sulanabilecekken yüzey sulama ile ancak 100-150 da arasında bir alan sulanabilir. Bu durumda üretici yüksek maliyetle elde ettiği suyu, sulama randımanı düşük olan yüzey sulamada kullanarak hem daha az alan sulayarak birim alan su maliyetini arttırmakta hem de düşük randımanlı yüzey sulama ile su erozyonu, çevre kirliliği, tuzluluk ve drenaj gibi problemlerin ortaya çıkmasına zemin hazırlamaktadır. Yağmurlama sulama sisteminin ilk yatırım masraflarının yüksek olması nedeniyle bölge üreticileri yüzey sulamayı tercih etmektedir. Ancak iyi planlanmış bir yağmurlama sulama sistemi ile elde edilecek verim ve kalite artışı ile maliyet kısa sürede (2-3 yıl) kendini amorti edebilir. Bu kapsamda çiftçilerin basınçlı sulama sistemini seçmeleri koşuluyla verilen teşvikler oldukça yerinde bir uygulamadır.

Kaynaklar

- Ahaneku IE (2010) Performance evaluation of portable sprinkler irrigation system in Ilorin, Nigeria. Indian Journal of Science and Technology 3: 0974- 6846
- Aküzüm T (1976) Türkiye'de imal edilen yağmurlama başlıklarının su dağılım özellikleri üzerinde bir araştırma. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü, Doktora Tezi, Ankara.
- Anonim (1991) Şanlıurfa Arazi Varlığı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü yayınları, Ankara
- Anonim (2011) Meteoroloji Bülteni, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Şanlıurfa.
- Anonim (2005) Devlet Su İşleri Yeraltı Suları Şube Müdürlüğü Teknik Notları, Şanlıurfa.

- Balaban A, Korukçu A (1970) Yağmurlama sulama sistemlerinde su dağılımının ölçülme metotları üzerinde bir inceleme. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yıllığı, Fasikül 4'den Ayrı Basım: 829-850
- Christiansen JE (1942) Irrigation by sprinkling. California Agricultural Experimental Station Bulletin 670, California.
- Demir S (2005) GAP-Şanlıurfa bölgesi bireysel yağmurlama sulama sistemlerinin bazı performans ölçütlerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Heerman DF, Kohl RA (1980) Dynamics of sprinkler systems. In: Jensen ME (Ed), Design and Operation of Farm Irrigation Systems, ASEA, pp. 583-618.
- Hoffman GJ, Howell TA, Solomon KH (1990) Management of Farm Irrigation Systems. American Society of Agricultural Engineers, Michigan.
- Karaata H (1991) Urfa-Harran Ovası Sulama Rehberi. TOKB, KHGM, Şanlıurfa Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Genel Yayın No:10, Rapor Yayın No: 8, II. Baskı, Şanlıurfa.
- Keller J, Bliesner RD (1990) Sprinkle and Trickle Irrigation. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Kohl RA (1974) Drop size distribution from medium sized agricultural sprinklers. Transactions of the ASAE 17: 690-693.
- Konca YS (1986). Polatlı Basri köyünde sulama alanlarında karşılaşılan sorunlar ve çözüm yolları. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Merriam JL, Keller J (1978) Farm Irrigation Systems Evaluation: A Guide for Management. 2. Printing, Utah State University, Logan, Utah.
- Painter D, Carran P (1978) What is irrigation efficiency? Soil And Water NZ 14: 15-17.
- Vories ED, Von Bernuth RD (1986) Single nozzle sprinkler performance in wind. American Society of Agricultural Engineers 29: 1325-1330.
- Wahdan AA, El-Gayar AM (1988). Spatial distribution of irrigation water application in sprinkler irrigation. American Society of Agricultural Engineers, Paper No. 882620.