



Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi

Anadolu Journal of Agricultural Sciences

<http://dergipark.ulakbim.gov.tr/omuanajas>



Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 30 (2015) 118-125

ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)

doi: 10.7161/anajas.2015.30.2.118-125



Mini yağmurlama sulama başlıklarının teknik özelliklerinin incelenmesi ve debi değerlerinin tahminlenmesinde kullanılabilecek bir matematiksel modelin geliştirilmesi

Çimen Demirel^{a*}, Vedat Demir^b

^aOndokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Samsun

^bEge Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, İzmir

*Sorumlu yazar/corresponding author: cimen.demirel@omu.edu.tr

Geliş/Received 21/04/2015

Kabul/Accepted 13/07/2015

ÖZET

Bu çalışmada, ülkemizde kullanılmakta olan yerli ve yabancı yapım bazı mini yağmurlama sulama başlıklarının teknik özelliklerinin ortaya konması için basınç-debi ilişkisi ve yapım farklılığı değerlerinin belirlenmesi ile farklı işletme şartlarında debi değerlerinin tahminlenmesinde kullanılabilecek matematiksel modelin oluşturulması amaçlanmıştır. Bu amaçla ülkemizde yaygın olarak kullanılan, farklı meme çaplarındaki mini yağmurlama sulama başlıkları temin edilerek, 4 farklı başlık tipinden (A, B, C ve D) farklı meme çaplarındaki toplam 21 değişik başlık çalışmada ele alınmıştır. Çalışmada ele alınan her bir başlık için aynı meme çapına sahip 20 adet mini yağmurlayıcının debileri, hazırlanan bir deneme düzeni yardımıyla 1.0-1.5-2.0-2.5 ve 3.0 bar olmak üzere beş farklı basınç değerinde ölçülmüştür. Çalışmada ele alınan tüm başlıklar için yapım farklılığı (V_m) değerleri ise 0.0102-0.0693 arasında bulunmuş olup en düşük yapım farklılığı B ve C tipi başlıklarda olmuştur. Aynı teknoloji ile üretilen aynı tip iki mini yağmurlama başlığının sabit basınç altındaki debilerinin farklı olabileceği görülmüştür. Çalışmanın ikinci aşamasında tüm mini yağmurlama başlıklarında farklı meme çapları için çeşitli çalışma basınçlarını da dikkate alarak debiyi tahminleyebilecek birer model eşitliği ortaya konulmuştur. Geliştirilen model eşitlikleri, A, B, C ve D tipi mini yağmurlama başlıkları için debi değerlerinin sırasıyla %99.60, %99.94, %96.65 ve %99.83 doğrulukla tahminlenmesi amacıyla kullanılabilir. Çalışmanın son aşamasında, tüm başlık tiplerini kapsayacak model eşitliği ortaya konmuştur. Ele alınan tüm mini yağmurlama sulama başlıklarını kapsayan bu model eşitliği, meme çapları 1.3 ile 2.59 mm ve çalışma basıncı 1.0-3.0 bar sınırları için başlık debi değerini %98.50 doğrulukla tahminleyebilmektedir.

Anahtar Sözcükler:
Matematiksel model
Mini yağmurlama
Sulama
Yapım farklılığı

Evaluation of technical specification of mini sprinklers and derivation of mathematical model for flow rates prediction

ABSTRACT

In this study, it is aimed to compose mathematical model that can be used in predicting flow rate values, pressure-flow rate relationships and making difference within different operating conditions to demonstrate technical characteristics of local made and imported strange made mini sprinkler irrigation nozzles that has been used in our country. For this reason, different nozzle diameters are widely used in our country by providing mini sprinkler irrigation nozzles in 4 different nozzle types (A, B, C and D) in different nozzle diameters of total of 21 varied nozzle in this study were discussed. Used in this study for each nozzle, flow rates of 20 mini sprinklers that have the same nozzle diameter prepared with the help of a trial method up to 1.0-1.5-2.0-2.5 and 3.0 pressure levels were measured five different pressure values. In this study for all sprinklers, the difference is found between 0.0102-0.0693 and the lowest value of these manufacturing variations (V_m) are type B and C. Produced with the same technology of the same type may have seen to be different flow rates of the two mini-sprinkler nozzles under constant pressure. All mini sprinkler nozzles for different nozzle diameters in deference to operating pressures a model equation which can predict the flow were introduced. For mini sprinkler nozzles of A, B, C and D types that developed model equalities with flow rate values, respectively, 99.60%, 99.94%, 96.65% and 99.83% can be used to prediction. In last period of this study, including all nozzle types have been revealed model equality. This model equality included all the mini sprinkler irrigation nozzles, nozzle diameter 1.3 and 2.59 mm and working pressure 1.0-3.0 bar to limits, flow rate values can be predicted 98.50%.

Keywords:
Mathematical model
Mini sprinkler irrigation
Irrigation
Manufacturing variation

© OMU ANAJAS 2015

1. Giriş

Mini yağmurlama (düşük basınçlı yağmurlama) sistemlerinde ince borularla iletilen su, küçük yağmurlama başlıkları ile araziye dağıtılmakta olup, bitki besin elementlerinin sulama suyu ile kök bölgesine rahatlıkla uygulanması sağlanabilmektedir. Düşük basınçlı yağmurlama sulama sistemlerinin yaygınlaşmasında geleneksel yağmurlama başlıklarından daha az enerjiye gereksinim duymaları ve damlatıcılara göre tıkanma probleminin az olması gibi nedenler etkili olmuştur (Çakmak ve ark., 2005; Yerdani ve Rubinstein, 1991).

Geleneksel yağmurlama başlıklarından daha küçük yapıda olan bu başlıklar; çalışma özelliklerine göre mikro jet (dağıtma başlığı sabit-çarpma plakalı) ve mini yağmurlama (dağıtma başlığı döner) olarak sınıflandırılmakta olup, genel olarak 1.5 – 2.5 bar gibi düşük basınç altında çalışmaktadır. Başlık debileri, başlık tipi ve özelliğine göre değişmekle birlikte 30 - 350 L/h, ıslatma çapları 3 - 8 m arasında olup genellikle 5 m civarındadır (Benami ve Ofen, 1993; Post ve ark., 1985).

Mini yağmurlama başlıkları damlatıcılara göre daha geniş su çıkış kesitleri olmakla birlikte geleneksel yağmurlama başlıklarına göre su çıkış kesitleri çok küçüktür. Bu küçük kesitlerde meydana gelen çok küçük değişimler debiyi etkilemektedir. Ayrıca başlık debisi üzerinde çalışma basıncı önemli derecede etkili olmaktadır. Bu bakımdan mini yağmurlama başlıklarında debi çalışma basıncının bir fonksiyonu olarak karakterize edilmekte ve aralarındaki ilişki;

$$q = kh^x \quad (1)$$

eşitliği ile ifade edilmektedir (Boman, 1991; Hills ve ark., 1986; Karmeli ve Keller, 1975; Singh ve ark., 1990). Eşiklikte; q , başlık debisi (L/h); k , meme boyut katsayısı; h , başlık basıncı (bar) ve x , meme akış rejimi katsayısıdır.

Meme akış rejimini karakterize eden x katsayısı, laminar akışta $x=1.0$, türbülanslı akışta $x=0.5$, dengelenmiş (basınç dengeleyici) akışta $x=0.0$ değerini alır (Boman, 1991; Bralts, 1986; Singh ve ark., 1990).

Ayrıca çeşitli araştırmacılar tarafından belirli bir meme

Çizelge 1. Yapım farklılığı katsayılarına göre damlatıcıların sınıflandırılması (Anonymous, 1995)

Damlatıcı tipi	Yapım farklılığı katsayısı (V_m)	Damlatıcıların sınıflandırılması
Nokta Kaynaklı	0.05 veya daha az	mükemmel
	0.05 - 0.07	orta
	0.07 - 0.11	sınırdan
	0.11 - 0.15	çok kötü
	0.15 veya daha fazla	kabul edilemez
Hat Kaynaklı	0.10 veya daha az	iyi
	0.10 - 0.20	orta
	0.20 veya daha fazla	yetersiz (kabul edilemez)

Yukarıda açıklanan başlık parametreleri ve yapım farklılığı değerlerinin deneysel çalışmalarla ortaya konması; üretim teknolojisi, projelendirme mühendisi ve kullanıcı açısından büyük önem taşımaktadır.

Ayyıldız ve Yaralı (1985), değişik meme çaplarında 10

çapı için yağmurlama başlıklarının debisinin başlık basıncının karekökü ile doğru orantılı olduğu ifade edilmiş ve bu durum;

$$q = 3600C_d \frac{\pi D^2}{4} (2gh)^{0.5} \quad (2)$$

eşitliği ile gösterilmiştir (Güngör ve Yıldırım, 1989; Keller ve Bliessner, 1990; Korukçu ve Yıldırım, 1981). Eşiklikte; q , başlık debisi (m^3/h); C_d , başlık yapım biçimine bağlı katsayı; D , meme çapı (m); h , başlık basıncı (mSS) ve g , yerçekimi ivmesi (m/s^2)'dir.

Mini yağmurlama sulama başlıklarında küçük çaptaki değişimin debiyi etkilemesi üretim teknolojisini de ön plana çıkarmaktadır. Mini yağmurlama sulama başlığı sektöründe, plastik sulama elemanı imalatında tezgahlar giderek modernleşmekte ve teknolojisi gelişmektedir. Buna rağmen aynı teknoloji ile üretilen iki başlığın sabit basınç ve sıcaklıktaki debileri farklı olabilmektedir. Damlatıcılar için yapım farklılığının belirlenmesinde kullanılan varyasyon katsayısı terimi, mini yağmurlama başlıkları için de başlık yapım farklılığı olarak ifade edilerek bu parametrenin belirlenmesinde, varyasyon katsayısı kullanılmakta ve aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır (Solomon, 1977; Solomon, 1979).

$$Vm = \frac{S_q}{q} \quad (3)$$

Eşiklikte; V_m , yapım farklılığı katsayısı; S_q , bir çalışma basıncında başlıklardan ölçülen debilerin standart ...sapması ve q , başlıklardan ölçülen debilerin ortalamasıdır.

Yapım farklılığı katsayısı aynı zamanda suyun arazi boyunca ne ölçüde düzgün dağılacakını da ifade eden bir katsayıdır. Solomon (1979), damlatıcılar için yapım farklılığı katsayısının 0.01-0.02 arasında değiştiğini bildirmiştir. Amerikan Ziraat Mühendisliği Birliği'nin (ASAE) hazırladığı standarda göre damlatıcıların yapım farklılığı sınıflandırması Çizelge 1'de verilmiştir (Anonymous, 1995).

adet tesadüfi olarak seçilmiş yağmurlama başlıklarının farklı işletme basınçlarında denemelerini yapmıştır. Yapım farklılığına bağlı varyasyon katsayısı değerleri 2.119-7.255 arasındaki değişik değerler olarak hesaplamıştır. Yapım farklılıklarının hem firmalar arasında hem de aynı firmanın

ürettiği yağmurlama başlıklarının meme çapları arasında değişik düzeyde olduğu bulunmuştur.

Tüzel (1990), çalışmasında 1.3 mm ve 1.8 mm meme çaplarındaki sabit ve döner tipteki 10 adet mini yağmurlama başlığı kullanmıştır. Başlıkların debi-basınç ilişkilerini bulmak için yapılan denemeler 1.0-1.5-2.0-2.5-3.0 bar olmak üzere beş farklı işletme basıncında gerçekleştirilmiştir. Denemeye alınan başlıklar için debi-basınç ilişkisini veren 1 nolu eşitlikte yer alan katsayılar 1.3 mm meme çapında $k=18.16$, $x=0.4801$; 1.8 mm meme çapında ise $k=35.94$, $x=0.4847$ bulunmuştur.

Demir (1997), ülkemizde yaygın olarak kullanılan farklı yapım özelliklerine sahip 15 adet mini yağmurlama sulama başlığını çalışmasında ele almıştır. Başlıkların debi-basınç ilişkilerini belirlemek için yapılan denemeler 1.5-2.0-2.5-3.0 bar olmak üzere dört farklı işletme basıncında gerçekleştirilmiştir. Genel olarak kullanılan mini yağmurlama sulama başlığı çalışma basıncı olan 2.0 bar basınç altında en düşük ortalama debi değeri 37.0 L/h, en yüksek ortalama debi değeri 214.7 L/h olarak elde edilmiştir. Memenin akış üssü değeri (x) on bir mini yağmurlama başlığı için 0.5 değerine çok yakındır, bu nedenle başlıkların çoğunluğunun tam türbülanslı olduğu görülmüştür. Çalışmada ele alınan üç mini yağmurlama başlığının da kısmi basınç dengeleme özelliğinde olması

nedeniyle akış üssü değerleri 0.0 ile 0.05 değerleri arasında bulunmuştur. Bir yağmurlama başlığında ise akış üssü değeri 0.5-1.0 sınırları arasında kaldığından akış rejiminin kısmi türbülans ve kararsız akış rejimli olduğu belirlenmiştir. Kısmi basınç dengeleme özelliği bulunan mini yağmurlama başlıklarının debi değerleri basınç değişimine bağlı olarak daha az değişim gösterdiği belirlenmiştir.



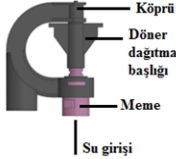

Bu çalışmada, ülkemizde kullanılmakta olan yerli ve yabancı yapım bazı mini yağmurlama sulama başlıklarının teknik özelliklerinin ortaya konması, basınç-debi ilişkileri ve yapım farklılığı değerlerinin belirlenmesi ayrıca farklı işletme şartlarında debi değerlerinin tahminlenmesinde kullanılabilecek matematiksel model ortaya konulması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışmada, ülkemizde yaygın olarak kullanılmakta olan farklı yapım özelliklerine sahip üç firmaya ait 4 farklı mini yağmurlama sulama başlıklarından (A, B, C ve D), farklı meme çaplarındaki toplam 21 adet başlık kullanılmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Denemeye alınan mini yağmurlama başlıklarının genel özellikleri

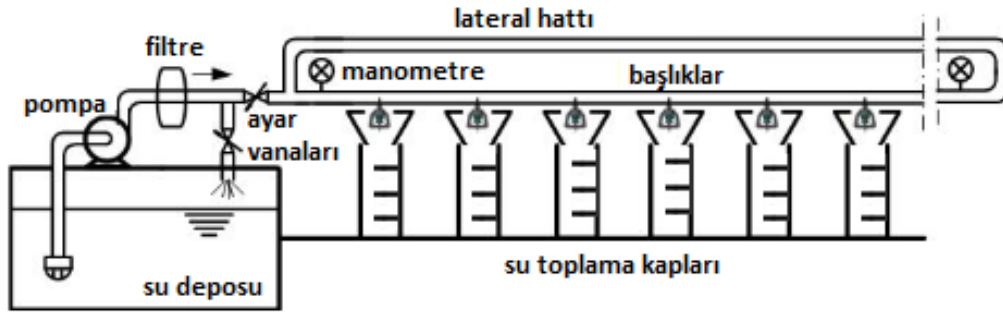
Başlık tipi	Başlık özelliği	Yapım	Meme tipi	Meme rengi
A	 <p>dairesel çıkışlı</p>	Yabancı	A1	Siyah
			A2	Yeşil
			A3	Mavi
			A4	Kırmızı
			A5	Pembe
			A6	Kahverengi
			A7	Sarı
			A8	Beyaz
			A9	Zeytuni
B	 <p>iki yönde çıkışlı</p>	Yabancı	B1	Yeşil
			B2	Mavi
			B3	Kırmızı
C	 <p>iki yönde çıkışlı</p>	Yabancı	C1	Kırmızı
			C2	Pembe
			C3	Kahverengi
			C4	Sarı
			C5	Beyaz
			C6	Zeytuni
D	 <p>iki yönde çıkışlı</p>	Yerli	D1	Yeşil
			D2	Pembe
			D3	Kahverengi

2.2. Yöntem

2.2.1. Mini yağmurlama başlıklarının basınç-debi ilişkilerinin belirlenmesi

Denemeye alınan yerli ve yabancı yapım mini yağmurlama başlık tiplerinin basınç-debi ve yapım farklılığı katsayılarının saptanması amacıyla laboratuvarında bir deneme düzeni kurulmuştur (Şekil 1). Çalışmada aynı tip 21 adet başlığın yer aldığı lateral, eğimsiz olarak deneme düzenine yerleştirilmiştir. Başlıklar 25 cm aralıklarla boruya yerleştirilerek ölçümler yapılmıştır. Deneme düzenine su, bir dalgıç pompa yardımıyla filtreden geçirildikten sonra verilmiş, basınç değerleri pompa çıkışındaki vanalar yardımıyla ayarlanmış ve lateral girişine filtreden sonra yerleştirilen manometreler yardımıyla ölçülmüştür. Denemeler 1.0-1.5-2.0-2.5 ve 3 bar olmak

üzere beş farklı basınç değerinde gerçekleştirilmiştir. Her bir basınç değerinde başlıkların debi değerleri üç tekrarlı olarak bütün başlık tiplerinde ölçülmüştür. Başlık debilerinin ele alınan çalışma basınçlarında ölçülmesi için, başlıkların altına gelecek şekilde 1000 mL'lik şeffaf plastik ölçü silindirleri (hassasiyet 10 mL) düz bir profil üzerine yerleştirilmiştir. Başlıktan çıkan suyun dağılımdan toplama kabında toplanabilmesi için başlık lateral üzerine yerleştirilirken ters huni içinde olacak şekilde laterale monte edilmiştir. Sistem istenilen çalışma basıncında sabit kaldıktan sonra, başlıkların her birinin altına debi ölçüm kapları gelecek şekilde kaydırılarak başlıklardan çıkan suyun akışı sağlanmış ve kapların dolma zamanı kronometre yardımıyla ölçülmüştür. gerçekleştirilmiştir. Çalışma anındaki su sıcaklığı da termometre ile ölçülüp kaydedilmiştir. Bu işlem denemeye alınan bütün başlık tipleri için aynı şekilde uygulanmıştır (Demirel, 2013).



Şekil 1. Mini yağmurlama başlıklarının basınç-debi ilişkilerinin belirlenmesinde kullanılan deneme düzeni

2.2.2. Mini yağmurlama başlıklarının meme çapları ölçümleri

Mini yağmurlama başlıklarının meme çaplarının ölçülmesi amacıyla, Olympus marka SZ61 model mikroskoba bağlı bulunan Moticom Marka 2000 model kamera yardımıyla belirli oranda büyütülmüş resimleri çekilmiştir. Bu resimler bilgisayara aktarılırken Moticom Images Plus2.0 programı kullanılmıştır. Bu program yardımıyla meme çapları μm cinsinden ölçülerek bulunmuştur (Demirel, 2013).

2.2.3. Mini yağmurlama başlıklarında matematiksel modelleme

Denemeye alınan mini yağmurlama başlıklarının, eşitlik 2'de verilen model eşitliğinde yer alan başlık yapım biçimine bağlı katsayı (C_d) değerleri her bir başlık için her bir çalışma basıncında meme çapı ve debi değeri dikkate alınarak belirlenmiştir. Belirlenen bu katsayılar benzer başlıklar için yapılan çalışma sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Eşitlik 2'den görüleceği gibi başlık debisi, çalışma basıncının ve su çıkış kesitinin bir fonksiyonudur.

$$q = f(D, h) \quad (4)$$

Her bir başlık için ayrı ayrı C_d katsayıları yerine tüm başlıkların meme çapları ve basınçlarını içerecek bir modelin geliştirilmesi amacıyla Microsoft Office Excel programı yardımıyla regresyon analizi yapılmıştır. Analizler yardımıyla çalışmada ele alınan 4 adet başlığın 21 adet meme çapı ve 5 farklı basınç değeri dikkate alınarak model eşitliği oluşturulmuştur.

$$q = KD^m h^n \quad (5)$$

Çalışmadaki tüm başlıkları içeren modelin " K " katsayıları kullanım açısından bar ve mSS basınç değerleri cinsinden de hesaplanmıştır. Her bir basınç değeri için ayrı ayrı regresyon analizi yapılarak farklı çap ve basınca bağlı olarak debi değerlerinin tahminlenmesinde kullanılacak modelin oluşturulması sağlanmıştır (Demirel, 2013).

3. Bulgular ve Tartışma

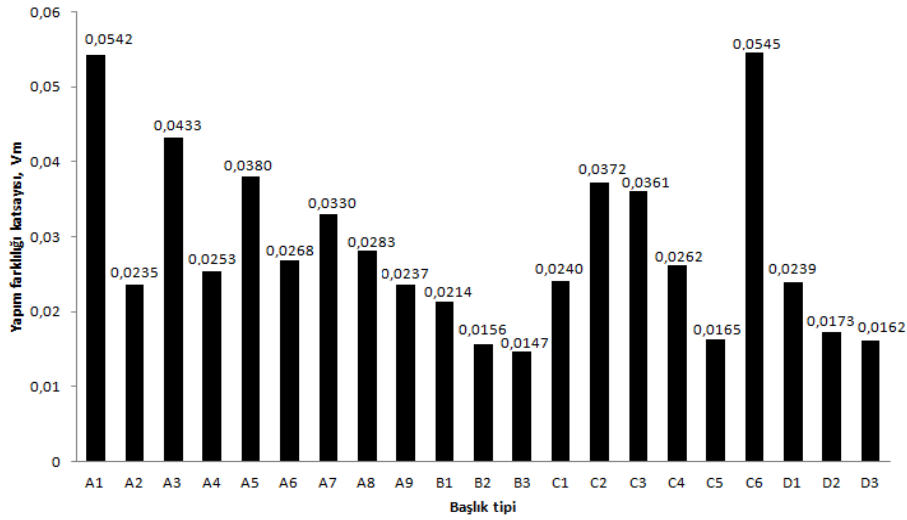
3.1. Mini yağmurlama başlıklarının yapım farklılığı katsayıları

Yerli imalat D başlığı ile yabancı imalat diğer başlıklar, yapım farklılığı katsayısı dikkate alınarak karşılaştırıldığında; yerli D tipi başlığın farklı çaplar için

yapım farklılığı katsayısı değerlerinin 0.0162...0.0239 aralığında olduğu bu değerlerin, yabancı imal olan A tipi için 0.0235...0.542 ve C tipi için 0.0240...0.545 aralığında olduğu bulunmuştur. Buna göre D tipi başlıkların yapım farklılığı katsayısı değeri A ve C tipi başlıklara göre çok daha düşük, yabancı imal B tipi başlığın yapım farklılığı katsayısı (0.0147...0.0214) değerlerine çok yakın olduğu görülmüştür (Şekil 2). Çalışmada ele alınan tüm başlıklar için yapım farklılığı katsayısı değerleri incelendiğinde; A1 ve C6 başlıklarının dışındaki tüm başlıkların yapım farklılığı katsayısı değerleri Çizelge 1’de verilen sınıflandırmaya göre mükemmel sınırlar içerisinde kalmıştır. A1 ve C6 başlıklarının ise yapım farklılığı katsayısı yönünden orta sınırlar içerisinde kalmıştır. Bulunan sonuçlar incelendiğinde, yapım farklılığının başlık çalışma basıncı ile ilişkisinin olmadığı görülmüş ve farklı çalışma basınçlarında ele alınan başlık meme çapı için birbirine yakın değerler olduğu saptanmıştır.

3.2. Mini yağmurlama başlıklarında matematiksel model

Yağmurlama başlıklarında debi (m^3/h) değerleri, Güngör ve Yıldırım (1989), Keller ve Bliesner (1990), Korukçu ve Yıldırım (1981) tarafından da belirtildiği gibi (2) nolu eşitlik yardımıyla meme kesit alanı (m^2), basınç (mSS) ve yerçekimi ivmesine (m/s^2) bağlı olarak hesaplanabilmektedir. Eşitlikte C_d katsayısı, başlık yapım biçimine bağlı katsayı olup, çalışmada ele alınan tüm başlıkların ölçülen her bir basınç değerindeki debi değeri ve meme çapı dikkate alınarak hesaplanmış ve genel olarak mini yağmurlama başlıkları için nominal çalışma basıncı kabul edilen 2.0 bar basınç değerinde hesaplanan C_d katsayıları Çizelge 3’de verilmiştir. Çizelge 3’ten de görüleceği gibi ölçümü yapılan 21 adet mini yağmurlama başlığı için hesaplanan C_d katsayı değerleri 0.8823–1.0209 değerleri arasında değişmektedir.



Şekil 2. Mini yağmurlama başlıklarında ortalama yapım farklılığı katsayıları

Çizelge 3. Denemeye alınan mini yağmurlama sulama başlıklarının 2 bar çalışma basıncında hesaplanan C_d katsayıları

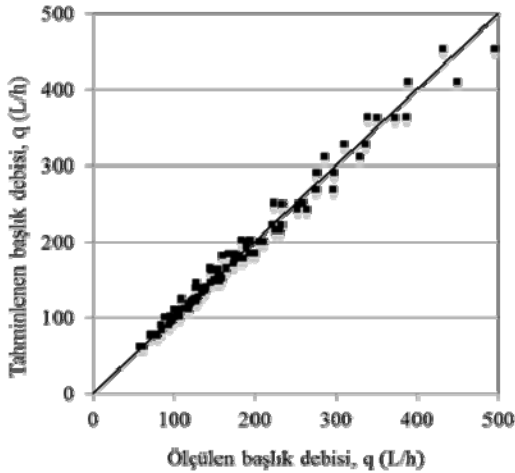
Başlık tipi	Meme tipi	Meme çapı D (mm)	C_d^*
A	A1	1.30	0.8823
	A2	1.45	0.9642
	A3	1.50	0.9535
	A4	1.65	0.9465
	A5	1.74	0.9030
	A6	1.82	0.9995
	A7	2.00	0.9972
	A8	2.32	0.9781
	A9	2.59	1.0209
B	B1	1.45	0.9642
	B2	1.50	0.9535
	B3	1.65	0.9465
C	C1	1.65	0.9465
	C2	1.74	0.9030
	C3	1.82	0.9995
	C4	2.00	0.9972
	C5	2.32	0.9781
	C6	2.59	1.0209
D	D1	1.30	0.9886
	D2	1.60	0.9632
	D3	1.70	0.9548

*: debi, m^3/h ; meme kesit alanı, m^2 ; basınç, mSS

Bulunan C_d katsayı değerleri, Keller ve Bliesner (1990)'in yağmurlama başlıkları için verdikleri en düşük meme çapı (2.4 mm) değerindeki $C_d=1.151$ değeri ile yakın benzerlik göstermektedir. Farklılıklar, meme çapı yanında başlığın yapım biçiminden ve diğer basınçların da dikkate alınmasından kaynaklandığı ile açıklanabilir.

Tüm başlık tiplerini kapsayacak model eşitliğinin ortaya konması amacıyla denemeye alınan yerli ve yabancı yapım 4 farklı başlık tipinden (A, B, C ve D) farklı meme çaplarındaki 21 adet mini yağmurlama başlığı için ölçülen beş farklı işletme basıncındaki debi değerleri ve başlıkların meme çapları ile yerçekimi ivmesi dikkate alınarak yöntem (2.2.3) bölümünde açıklandığı şekilde, (6) nolu debi eşitliğini veren model katsayıları (K , m ve n) tüm başlık tipleri için hesaplanmıştır. Tüm başlık tipleri için hesaplanan model katsayıları, tahminleme katsayısı (R^2) değerleri ve model kısıtları Çizelge 4'te verilmiştir.

Çalışmada ele alınan A, B, C ve D tipi mini yağmurlama başlıkları için oluşturulan modelin tahminleme katsayısı %98.50 olarak hesaplanmış ve modelde yer alan değişkenlerin her biri %95 seviyesinde önemli bulunmuştur. A, B, C ve D tipi mini yağmurlama başlıkları için değişik çalışma basınçlarında ve meme çaplarında ölçülen tüm debi değerleri ile bulunan model yardımıyla hesaplanan debi değerlerinin karşılaştırılması Şekil 3'te verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, modelle tahminlenen başlık debi değerleri ile denemelerde ölçülen başlık debi değerleri birbirine yakındır. Örneğin çalışma basıncı 2 bar



Şekil 3. A, B, C ve D tipi mini yağmurlama başlıkları için ölçülen ve geliştirilen model yardımıyla tahmin edilen debi değerlerinin karşılaştırılması

veya 20.4 mSS olan A1 başlık tipinin 1.30 mm meme çapı için tahminlenen başlık debisi hesabı ($q=KD^m h^n$, L/h) bar/mSS için;

$$q = 36.1908 \cdot 1.30^{2.0291} \cdot 2^{0.5413} \quad (\text{bar için})$$

$$q = 10.2943 \cdot 1.30^{2.0291} \cdot 20.4^{0.5413} \quad (\text{mSS için})$$

$$q = 89.69 \text{ L/h}$$

A, B, C ve D mini yağmurlama başlıklarının tümü için nominal çalışma basıncı olan 2.0 bar basınç değerinde, ölçülen ve tahminlenen debi değerleri Çizelge 5'te verilmiştir. Tüm başlık tipleri için ölçülen debi değerleri 84.31-387.19 L/h arasında ve hesaplanan debi değerleri ise 89.69-363.26 L/h arasında değişmektedir. En düşük sapma değeri A4, B2 ve D3 tipleri için ortalama %1, en yüksek sapma değerinin ise C1 başlık tipinde ortalama %13 olduğu görülmektedir. Söz konusu farklılığın, meme çapları ölçümü sırasındaki hatalardan kaynaklandığı söylenebilir. Genel olarak yapılan hata, başlık tipleri için ortalama %5 düzeyinde bulunmuştur.

A, B, C ve D mini yağmurlama başlıklarının her bir tip için 5 farklı çalışma basıncında ölçülen ve tahminlenen başlık debisi değerleri Şekil 4, 5, 6 ve 7'de verilmiştir. Tüm başlık tipleri için 1.0-1.5-2.0-2.5 ve 3 bar olmak üzere beş farklı basınç değerinde ölçülen ve tahminlenen başlık debisi değerleri oldukça yakındır. Çizelge 2'de verilen farklı meme çaplarına sahip dağıtma başlığı tiplerinin aynı basınç altında aynı debiyi verdiği belirlenmiş ve farklı dağıtma başlığı tiplerinin debiye herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Yerli imalat D başlığı ile yabancı imalat diğer başlıklar yapım farklılığı yönüyle karşılaştırıldığında; yerli yapım D başlığının yapım farklılığı değerleri, yabancı imal olan A ve C tipi başlıkların yapım farklılığı değerine göre çok daha düşük, yabancı imal B tipi başlığın yapım farklılığı değerine çok yakın olduğu görülmüştür.

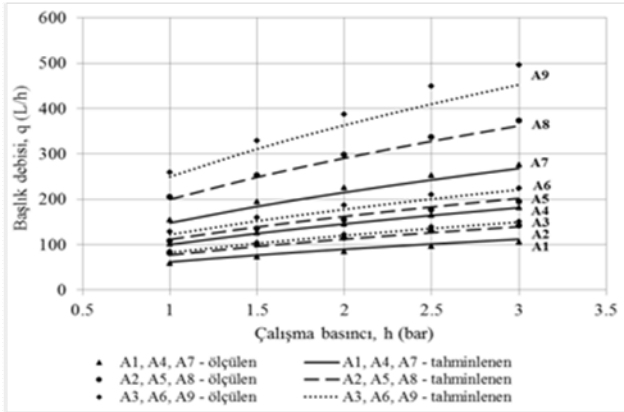
Çalışmanın son aşamasında, tüm başlık tiplerini kapsayacak model eşitliği ortaya konmuştur. Ele alınan tüm mini yağmurlama sulama başlıklarını kapsayan bu model eşitliği, meme çapları 1.3 ile 2.59 mm ve çalışma basıncı 1.0-3.0 bar basınç sınırları için başlık debi değerini %98.50 doğrulukla tahminleyebilmektedir.

Çizelge 4. Tüm mini yağmurlama sulama başlıklarının basınç-debi ilişkilerini veren model katsayıları (K , m ve n), tahminleme katsayısı (R^2) değerleri ve model kısıtları

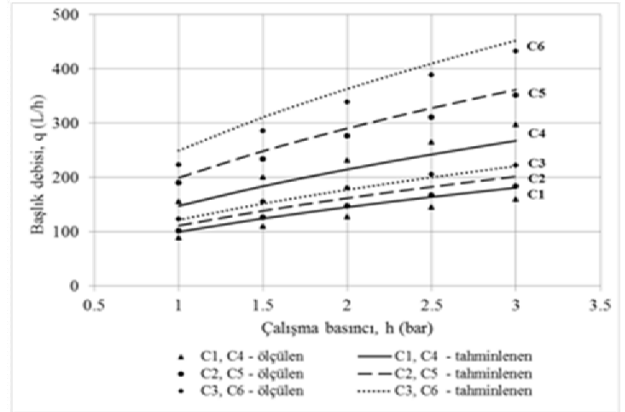
Başlık tipi	Model kısıtları	Başlık katsayıları ($q=KD^m h^n$, L/h)			Tahminleme katsayısı R^2
		K	m	n	
A, B, C, D	D (mm)	h (bar): $1.0 \leq h \leq 3.0$	36.1908	2.0291	0.9850
	$1.30 \leq D \leq 2.59$		h (mSS): $10.2 \leq h \leq 30.6$		

Çizelge 5. Denemeye alınan tüm mini yağmurlama sulama başlıklarının farklı meme çapı ve 2 bar çalışma basıncında ölçülen ve tahminlenen debi (q) değerleri

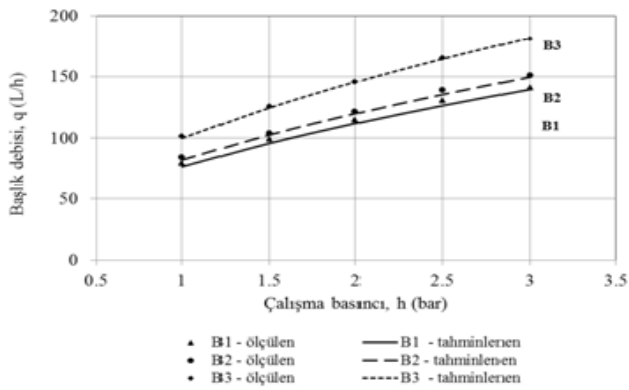
Başlık tipi	Meme tipi	Meme çapı D (mm)	Ölçülen başlık debisi q (L/h)	Tahminlenen başlık debisi q (L/h)	Hata Yüzdesi (%)
A	A1	1.30	84.31	89.69	6
	A2	1.45	114.63	111.94	3
	A3	1.50	121.30	119.91	2
	A4	1.65	145.69	145.50	1
	A5	1.74	154.57	162.06	5
	A6	1.82	187.20	177.53	5
	A7	2.00	225.52	214.98	5
	A8	2.32	297.67	290.53	3
	A9	2.59	387.19	363.26	7
B	B1	1.45	114.86	111.94	3
	B2	1.50	120.90	119.91	1
	B3	1.65	148.54	145.50	3
C	C1	1.65	127.68	145.50	13
	C2	1.74	147.05	162.06	10
	C3	1.82	180.94	177.53	2
	C4	2.00	232.10	214.98	7
	C5	2.32	276.34	290.53	5
	C6	2.59	339.28	363.26	7
D	D1	1.30	94.46	89.69	5
	D2	1.60	139.42	136.69	2
	D3	1.70	156.02	154.59	1



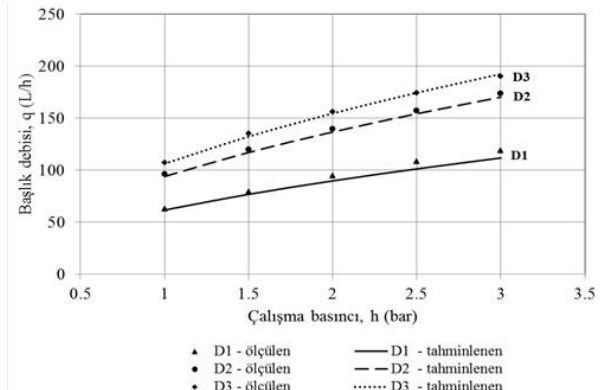
Şekil 4. A tipi mini yağmurlama başlığı için her bir basınçta ölçülen ve geliştirilen model yardımıyla tahmin edilen debi değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 6. C tipi mini yağmurlama başlığı için her bir basınçta ölçülen ve geliştirilen model yardımıyla tahmin edilen debi değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 5. B tipi mini yağmurlama başlığı için her bir basınçta ölçülen ve geliştirilen model yardımıyla tahmin edilen debi değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 7. D tipi mini yağmurlama başlığı için her bir basınçta ölçülen ve geliştirilen model yardımıyla tahmin edilen debi değerlerinin karşılaştırılması

4. Sonuç

Ülkemizde yerli olarak imal edilip kullanılan D tipi mini yağmurlama başlığının, yabancı yapım A, B ve C tipi mini yağmurlama başlıklarının eşdeğerleriyle boy ölçülebilecek düzeyde hatta daha iyi olduğu söylenebilir. Çalışmada ele alınan tüm başlıklar incelendiğinde ise, ülkemizde yapım farklılığı katsayısı yönüyle mükemmel sınırlar içerisinde kalan başlıkların kullanılması, hem gerçekleştirilen mini yağmurlama sulama sistemlerinin projelerinin düzgün hem de su kullanım etkinliği yönüyle tarım açısından iyi bir sonuç ortaya koyabileceği söylenebilir.

Gerçekleştirilen çalışma sonucunda mini yağmurlama sulama başlıkları için ortaya konulan matematiksel modelle, imalatçılar istedikleri debi değerini verecek meme çapını doğrudan hesaplayarak, bu meme çapında başlık imal edebileceklerdir. Böylelikle istenilen debi değeri yüksek bir doğrulukla kısa zamanda sağlanabilecek, bu da dolaylı olarak üretimde verim artışına ve maliyetlerin düşürülmesine yardımcı olacaktır.

Semboller	
A	Meme kesit alanı (m^2)
C_d	Başlık yapım biçimine bağlı katsayı
D	Meme çapı (mm)
g	Yerçekimi ivmesi ($m s^{-2}$)
h	Başlık basıncı (bar, mSS)
k	Meme boyutlarını karakterize eden katsayı
K	Başlık ve meme yapım özelliklerine bağlı debi katsayısı
m, n	Katsayı
q	Başlık debisi ($L h^{-1}$)
\bar{q}	Başlıklardan ölçülen debilerin ortalaması ($L h^{-1}$)
S_q	Bir çalışma basıncında başlıklardan ölçülen debilerin standart sapması
V_m	Yapım farklılığı katsayısı
x	Meme akış üssü

Kaynaklar

- Anonymous 1995. Design and Installation of Microirrigation System. ASAE Standards: EP405, pg. 720-723.
- Ayyıldız, M., Yaralı, E. 1985. Yağmurlama Başlıklarında Yapımcı Farklılıklarının Eş Su Dağılımı Düzeyine Etkisi. Doğa Bilim Dergisi, 2: 204-211.
- Benami, A., Ofen, A. 1993. Irrigation Engineering. Irrigation Engineering Scientific Publications, Hafia, Israel.

- Boman, B.J. 1991. Micro Tubing Effects on Microsprinkler Discharge Rates. Transactions of the ASAE, 34(1):51-56.
- Bralts, V.F. 1986. Operational Principles-Field Performance and Evaluation. In: Nakayama; F.S. and D.A.Bucks (Ed.), Trickle Irrigation for Crop Production. Elsevier Science Publishers B.V., P.O.Box 211, 1000 AE Amsterdam, Netherlands.
- Çakmak, B., Kendirli, B., Yıldırım, M. 2005. Türkiye'de Sulama Uygulamaları ve Basıncılı Sulama Uygulama Olanakları. II. Ulusal Sulama Sistemleri Sempozyumu. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, s: 25-37, 9-11 Kasım 2005, Ankara.
- Demir, V. 1997. Mikro Sulama Sistemlerini Oluşturan Elemanların Teknik Özelliklerinin ve Bu Sistemlerdeki Sürtünme Kayıplarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Doktora tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İzmir.
- Demirel, Ç. 2013. Mini Yağmurlama Sulama Başlıklarının Teknik Özelliklerinin İncelenmesi ve Debi Değerlerinin Tahminlenmesinde Kullanılabilecek Bir Matematiksel Modelin Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İzmir.
- Güngör, Y., Yıldırım, O. 1989. Tarla Sulama Sistemleri. A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, No.1155, Ders Kitabı:325, Ankara.
- Hills, D.J., Silveria, R.C.M., Wallender, W.W. 1986. Oscillating Pressure for Improving Application Uniformity of Spray Emitters. Transactions of the ASAE, 29 (4):1080-1085.
- Karmeli, D., Keller, J. 1975. Constructions and Characteristics of Emitters. In: Trickle Irrigation Desing. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation. Glendora, California.
- Keller, J., Bliesner, R. D. 1990. Sprinkler and Trickle Irrigation. An Avi Book, Van Nostrand Reinhold Pub., New York. Pereira L.S.
- Korukçu, A., Yıldırım, O. 1981. Yağmurlama Sistemlerinin Projelenmesi. Topraksu Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Post, S. E. C., Peck, D. E., Abrenoler, R., Sakovich, N. J., Waddle, L. 1985. Evaluation of Non-Overlapping, Low-Flow Sprinklers. Drip/Trickle Irrigation in Action, Proc. Third Inter'l. Drip/Trickle Irrig. Cong. 1: Pg.294-305, ASAE St.Joseph, Michigan, 49085.
- Singh, J., Singa A.K., Jain S., Gars R., Nathur I.N. 1990. Micro Sprinklers Performance Evaluation and Constraint for Its Adaption. XI. International Congress on the Use of Plastics in Agriculture Pg.B.79-B.87. New Delhi.
- Solomon, K. 1977. Manufacturing Variation of Emitters in Trickle Irrigation System. ASAE Paper No: 77-2009. ASAE, St. Joseph, Michigan, 49085.
- Solomon, K. 1979. Manufacturing Variation of Trickle Emitters. Transaction of the ASAE 22 (5): 1034-1038, 1043.
- Tüzel, İ. H. 1990. Yerli Yapım Damla ve Düşük Basıncılı Yağmurlama Sistemlerinin Bazı Teknik Özellikleri ve Projelendirme Kriterleri Üzerinde Bir Araştırma. E. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Bornova, İzmir.
- Yerdani, A., Rubinstein, Z. 1991. Development of Dynamic Mini-Sprinkler With High Clogging Resistance. Pg. 53-56. Agroteam Consultans Ltd., P.O.B 116, Kiryat Tivon, Israel.