

Harran Ovasında Çiftçi Sulamalarının Bazı Performans Göstergeleri

Some Performance Indicators of Farmer Irrigation in Harran Plain

Bariş BAHÇECİ**Öz**

Bu çalışmada, Harran Ovasında rastgele seçilen çiftçi sulamaları izlenerek, tarla eğimleri, akış debileri, tarla sulama uzunlukları, Christiansen tekdüzelik katsayısı (CU) ve dağılım türdeşliği (DU), derine süzülme oranı (DP_R), su uygulama randımanı (E_a), sulama yeterliliği (I_a), su ihtiyacı verimliliği (E_r), kuyruk suyu oranı (TW_R) belirlenmiştir. Sulamalarda tarlaların büyük bölümleri yetersiz su alırken akış debilerinin büyüklüğü ve sulama sürelerinin sulamacının deneyimine göre tahmin edildiği gözlenmiştir. Border sulamalarında üç karıktan oluşan şeritler teşkil edilmektedir. Su önu karık veya borderde tarla sonuna geldiğinde su kesilmekte ve gündüz sulamalarında genellikle kuyruk suyu oluşmamaktadır. Çiftçi sulamalarında mevcut nem dikkate alınmadığı, sulama yapılırken, arazi tesviyesinin yüzey sulaması için genellikle yeterli olmadığı ve hatta aynı tarlada yer yer eğim farklılıklarının olduğu belirlenmiştir. Harran Ovasında sulama sisteminde aşırı su kayıplarının ana nedenlerinden biri ve belki de en önemlisinin kontrolsüz gece sulamaları olduğu görülmüştür. Sulama suyu ihtiyacının yoğun olduğu zamanlarda bile, sulama suyunun bütün gece doğrudan drenaj kanallarına akması bu görüşü doğrulamaktadır. Bazı sulamalarda tarlanın tamamının yetersiz sulandığı belirlenirken, E_a değeri %88 olan bir sulamada, arazinin yarısının aşırı, diğer yarısının ise yetersiz su aldığı belirlenmiştir. Tarla içi yüzey sulama uygulamalarında derine süzülme değerleri %9 ile 38 arasında değişirken, izlenen sulamalarda CU değerleri %66-96 aralığında bulunmuştur. Öte yandan, DU değerleri %46-85, sulama randımanları (E_a) %62-91 arasında bulunmuştur. Bu sulamalarda yüksek E_a değerleri, eksik sulamadan kaynaklanmıştır. Karık ve borderlerin sonunda, sulama suyunun açık drenaj kanallarına akmasını sınırlamak veya durdurmak için karık ve border sonları genellikle kapatılmaktadır. Gözlemler, tarla ve toprak özelliklerinin benzer olmasına rağmen, farklı karık/border uzunlukları kullanıldığını göstermiştir. Genel olarak tarla uzunluğu ile karık veya bordür uzunluğunun, yani sulama uzunluğunun eşit olduğu, sulama boylarının 108-570 m arasında değiştiği belirlenmiştir. Sulama suyu fiyatı, su hacmine göre değil, alansal büyüklüğe ve ürün türüne bağlı olduğundan, özellikle denetimsiz gece sulamalarında aşırı miktarlarda sulama suyu denetimsiz bir şekilde drenaj kanallarına akmaktadır. Dolayısıyla yüksek su kayıpları oluşmakta, devasa miktarlarda su drenaj kanallarıyla tahliye edilirken, bir bölümü Harran Ovasının mansabındaki düşük kotlu arazilerde birikerek, yeraltı suyunun yükselmesine drenaj ve tuzlanma sorunlarının yaygınlaşmasına neden olmaktadır.

Anahtar kelimeler: Harran ovası, Yüzey sulama, Performans göstergesi, Sulama randımanı, Derine süzülme

¹*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Bariş Bahçeci, Çukurova Üniv. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Adana.-mail: baris_bahceci@hotmail.com  ORCID: 0000-0002-9693-0653.

Atıf/Citation: B.Bahçeci. Harran Ovasında Çiftçi Sulamalarının Bazı Performans Göstergeleri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 343-353.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2022

Abstract

In this study, randomly selected farmer irrigations in the Harran plain were monitored, field slopes, flow rates, field irrigation lengths, Christiansen uniformity coefficient (CU) and distribution homogeneity (DU), deep percolation rate (DP_R), water application efficiency (E_a), irrigation efficiency (I_a), water requirement efficiency (E_r), tail water ratio (TW_R) were determined. It has been observed that large parts of the fields receive insufficient water during irrigation, the size of the flow rates and the irrigation times are estimated according to the experience of the irrigation. In border irrigations, strips consisting of three furrows have been formed. When the water reaches the end of the field in the furrow or border, the water is cut off and there is usually no tailwater in daytime irrigation. moisture deficit in the soil is not taken into account in irrigation. During irrigation, it has been determined that the land levelling is generally not sufficient for surface irrigation and there are even slope differences in the same field. It has been observed that one of the main and perhaps the most important causes of excessive water losses in the irrigation system in the Harran Plain is uncontrolled night irrigations. Even when the need for irrigation water is intense, the fact that the irrigation water flows directly into the drainage channels all night confirms this view. In some irrigations, it was determined that half of the land was over-irrigated and the other half received insufficient water. In the field surface irrigation applications, the deep infiltration values varied between 9 and 38%, while CU values were found in the range of 66-96% in all irrigations monitored. On the other hand, while DU values generally vary between 46 and 85%, irrigation efficiency (E_a) varies between 62-91%, it is understood that high E_a values are due to incomplete irrigation. At the end of furrows and borders are usually had been closed to limit or stop irrigation water from flowing into open drainage channels. Observations have shown that although field and soil characteristics are similar, different furrow/border lengths are used. In general, it was observed that the length of the field and the length of the furrow or border were equal, and the irrigation lengths vary between 108-570 m. Since the price of irrigation water depends on the areal size and product type, not the water volume, a lot of water have been flowing into the drainage channels in an uncontrolled manner, especially in uncontrolled night irrigations. Therefore, high water losses occur, while huge amounts of water are discharged through drainage channels, some of it accumulates in the low-lying lands downstream of the Harran plain, causing groundwater to rise and drainage and salinization problems become widespread.

Keywords: Harran plain, Surface irrigation, Performance indicators, Irrigation efficiency, Deep percolation

1.GİRİŞ

Yüzey sulama yöntemi, dünyadaki sulanan alanların %83'ünden fazlasını kapsayan en eski ve en yaygın yöntemdir. Yüzey sulama, binlerce yıl boyunca geliştirilen geleneksel sistemleri, mekanize ve genellikle otomatikleştirilmiş su uygulamalarını ve hassas arazi düzenlenmesini benimseyen modern sistemleri kapsar (Pereira ve Gonçalves, 2018).

Yüzey sulama, işletimi basit olmasına rağmen fazla su kayıpları nedeniyle diğer tüm sulama sistemleri arasında daha fazla dikkat edilmesi gereken bir sistemdir. Yüzey sulamanın kullanımını destekleyen ve sınırlayan birçok etmen vardır. Düşük infiltrasyon hızlarına sahip düz arazilere gereksinim duyan bu yöntemin uygulanması basittir. Sistem, kanal ve düşük basınçlı boru sistemleri ile su iletimi ve dağıtımını sağlar. Düşük sermaye yatırımı ile düşük enerji gereksinimi gibi olumlu özellikleri nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır (Kanber, 1997; USDA-SCS,1983).

Yöntemin en önemli sınırlamaları, arazide yüksek ve değişken infiltrasyon hızı, arazi tesviye gereksinimleri, sabit bir su giriş hızını kontrol etme ihtiyacı, sulama sırasında sulama süresinin toprak su açığı ile eşleştirilmesindeki zorluklar, mekanize veya otomatik su uygulaması ile dağıtımındaki zorluklardır.

Yaklaşık 150 bin hektarlık düz arazilere sahip Harran Ovası sulaması, yüzey sulama sistemiyle Türkiye'nin en büyüklerinden biridir. Ancak ova topraklarının infiltrasyon hızları yüksektir (Karaata, 1991). Son yıllarda özellikle aşırı su kayıpları yanında ovanın mansabı başta olmak üzere, değişik yerlerde ortaya çıkan drenaj ve tuzlanma sorunları, sulamanın sürdürülebilirliği ve çevre üzerindeki etkileri konusunda kuşkulara neden olmaktadır.

Düz arazilerde karık, uzun tava (border) veya tava gibi yüzey sulama yöntemleri uygulanır. Yüzey sulamada derine süzülme kayıplarını en aza indirmek için, sulama suyunun mümkün olan en kısa sürede, erozyona neden olmadan, karık, border veya tavanın alt ucuna ulaşması gerekir. Böylece tüm tarla boyunca infiltrasyon fırsat süresi eşit olur.

İnfiltrasyon hızlarının yer ve mevsime bağlı yüksek değişkenliği nedeniyle sulama verimliliği önemli ölçüde azalır (Linderman ve Stegman, 1971; Viera ve ark., 1981; Shafique ve Skogerboe, 1983; Ley ve Clyma, 1981; Jaynes ve Clemmens, 1986). Anthony (1995), yüksek kil içeriğine sahip toprakların, kök bölgesi altına, yani derine sızma kayıplarının daha düşük olması nedeniyle, yüzey sulama yöntemleri için daha uygun olduğunu belirtmiştir.

Yüzey sulama performansları üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır (Criddle ve ark., 1956; Jensen ve Howe, 1965; Hart ve ark., 1980; ASAE,1994). Şener ve ark., (2007), Hayrabolu sulama sisteminde sulama oranı ve sürdürülebilir sulama alanı olarak değerlendirilen fiziksel performans değerini, zayıf olarak belirlemiştir. Şener ve Kurç, (2012) sulama şebekelerinin yanlış, yetersiz ve uygun olmayan bir şekilde yönetilmeleri nedeniyle, beklenen düzeyde fayda sağlanamadığına değinirken, Horst ve ark., (2005) Aral Gölü Havzasında sulama performansını belirlemek için yaptıkları çalışmada en iyi performanslar, sırasıyla %80 ve %83'e kadar yüksek E_a ve DU üreten ve 1.8 l s^{-1} giriş debisi olan alternatif uzun oluklar için elde edildiğini ve 200'den 300 mm'ye kadar mevsimsel su tasarrufu sağladığını, Azmi ve Sarmadi, (2012), Sistem Dinamik yaklaşımını kullanarak yüzey sulama sistemi performansını değerlendirmiş ve uygulama randımanını tasarım değişkenleri ile iyi bir ilişki içinde olduğunu ve yeraltı sularında derine sızma ve sulamanın kirlenmesini değerlendirirken kullanılacak en önemli parametre olduğunu bildirmişlerdir.

Sulama verimliliğini artırmak için araziye sulamaya hazırlamanın yanı sıra yüzey sulamada farklı akış modelleri kullanılmaktadır. Yüzey sulama karıklarında azalan su uygulama oranlarının sulama randımanı açısından daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmektedir (Kanber ve ark., 2001).

Yapılan gözlemlere göre Harran Ovasının yaklaşık %90'ında yüzey sulama yöntemlerinden biri kullanılmaktadır. Ovada en yaygın yüzey sulama yöntemi sürekli akışlı karık ile üç karıktan oluşan uzun tava yöntemidir. Bu çalışmada, rastgele seçilmiş çiftçi tarlalarında sulama uygulamaları izlenerek bazı performans göstergeleri belirlenmiştir. Böylece sistem performansının düşmesine neden olan etmenlerin ortadan kaldırılması ile sistem performansının geliştirmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

2.1.1. Çalışma yeri

Çalışma alanı, Harran Ovası olup, Güneydoğu Anadolu bölgesinde yer almakta olup, konumu 36.90 enlem ve 39.01 boylam olarak haritada gösterilmektedir. Ova kuzeyinde Şanlıurfa ve Germüş dağları, güneyinde Türkiye-Suriye devlet sınırı, doğusunda Tekttek Dağları, batısında Fatik Dağları ile çevrilmiştir. En geniş yeri güneyde 60 km, en dar yeri ortada, Tekttek Dağları ile Fatik Dağları arasında 30 km, uzunluğu kuzey-güney yönünde yaklaşık 65 km'dir. Topoğrafik yapı yönünden genel olarak düz ya da düze yakındır. Eğim %0-2 arasında olup, yaklaşık 500 m yüksekliğinden, Suriye sınırına doğru 335 m'ye kadar düşmektedir. Toplam alanı 225 000 ha olup, öngörülen sulama alanı 151 000 ha'dır (DSİ, 2004). Ovanın deniz seviyesinden yüksekliği 335-460 m arasında değişmekte olup, yüksek tuzlanma riski olan yaklaşık 20.000 hektarlık arazi vardır.

2.1.2. Toprak özellikleri

Harran Ovası, alüviyal ana materyale, düz ve düze yakın eğime, derin topraklara sahiptir. Tipik kırmızı profilli ve kil bünyelidir. Tüm profil çok kireçli olup, aşağılara doğru artan yoğunlukta kireç cepleri içermektedir. Organik madde içeriği düşük, kation değişim kapasitesi kil içeriğine bağlı olarak alt katmanlara doğru artmaktadır (Dinç ve ark., 1991). Ova topraklarının infiltrasyon hızları 12-116 mm h⁻¹ arasında değişmekte olup, genellikle yüksektir (Karaata, 1991).

2.1.3. İklim

Harran Ovası'nda kurak iklim koşulları hâkim olmakla birlikte, Akdeniz ikliminin etkisi de görülmektedir. Yaz ayları sıcak ve kurak, kış ayları ise soğuk ve yağışlıdır. Gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farkı oldukça fazladır. Yıllık ortalama yağış 463.3 mm, ortalama sıcaklık 18.5°C'dir. Yazları sıcak ve kurak geçen bölgenin en sıcak ayının (Temmuz) ortalaması 38.8°C olarak ölçülmüştür ve açık su yüzeyinden buharlaşması 1850 mm'dir. Yağışların %56'sı kış, %30'u ilkbahar, %13'ü sonbahar ve %1'i ise yaz mevsiminde düşmektedir (DMİ, 2015).

2.2. Yöntem

Sulama performans değerlendirmesi, sulama uygulamalarına (sulama süresi ve miktarları) hiçbir etki olmadan arazi koşullarında yapılmıştır. Değerlendirmeler, akış hızı (kesik boğaz savak kullanılarak), karıkların genişliği ve uzunluğu (şerit metre ile), tarla eğimi (nivo ile), sulama aralığı, infiltrasyon hızları ve toprağın bazı fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Sulama izlemeleri ve değerlendirmeleri, herhangi bir tercih veya ayırım gözetmeksizin rastgele seçilen 9 tarlada, pamuk sulamalarının yapıldığı Temmuz-Ağustos aylarında yapılmıştır.

2.2.1. Tarla içi sulama performans göstergeleri

$$\text{Tarla içi sulama randımanı; } E_a = \left[\frac{(SMD)(s) + Z_i(L-s)}{(L)(D_{app})} \right] \quad (\text{Eş. 1})$$

Eşitlik (Eş.1)'de, E_a, uygulama randımanı, %; SMD, toprak nem açığı, mm; L, sulanan karık uzunluğu, m; s, toprak nem açığına eşit infiltrasyonun olduğu karık uzunluğu, m; Z_i, yetersiz sulamanın yapıldığı alanda infiltre olan ortalama su derinliği, mm; D_{app}, karığa uygulanan su derinliği, mm'dir.

$$\text{Tekdüzelik katsayısı; } CU = 100 \left(1.00 - \frac{\sum |d|}{\bar{x}.n} \right); \quad d = |x - \bar{x}| \quad (\text{Eş. 2})$$

Eşitlik (Eş.2)'de n, ölçüm sayısı, x, istasyonlarda ölçülen sızan su ve ortalama sızan su derinliği ve d, ölçümler arasındaki farktır.

$$\text{Dağılım üniformitesi, } DU_a = 100 \frac{\bar{X}_{lq}}{\bar{X}} \quad (\text{Eş. 3})$$

Eşitlik (Eş.3)'de DU_a, tarlanın en düşük su alan çeyreğindeki ortalama infiltre olan su derinliğinin, tüm tarladaki ortalama su derinliğine bölünmesi ile hesaplanabilir (Kamber ve ark., 2003; Pereira ve ark., 2012).

\bar{X}_{1q} Ölçülen tüm sızma miktarlarının düşük çeyreği, \bar{X} ölçülen sızma miktarlarının genel ortalamasıdır.

$$\text{Derine sızma oranı, } DP_r = 100 \left[\frac{s(Z_{za} - SMD)}{(L)(D_{app})} \right] \quad (\text{Eş. 4})$$

Eşitlik (Eş.4)'de DP_r , derine sızma oranı, %; Z_{za} , toprak nem açığından daha fazla su alan arazi kesiminde infiltre olan ortalama su derinliği, mm veya cm^3 'tür.

Uygulanan ve gerekli olan sulama suyu derinlikleri arasında fark olduğunda derine sızma kayıpları 4 no'lu eşitlik ile hesaplanmıştır (Kanber, 2003; Pereira ve ark, 2012).

Sulama yeterliliği (I_a), Karık boyunca kök bölgesinde depolanan su, arazinin ne kadarının yeterli su aldığını belirler.

$$\text{Su ihtiyacı verimliliği, } E_r = 100 \left[\frac{(SMD)(s) + Z_i(L - s)}{(L)(SMD)} \right] \quad (\text{Eş. 5})$$

Eşitlik (Eş.5)'de E_r , kök bölgesinde depolanan su ile kök bölgesinin potansiyel su depolama kapasitesi arasındaki orandır.

$$\text{Kuyruk suyu oranı, } TW_R = 100 \frac{D_{TW}}{D_{app}} \quad (\text{Eş. 6})$$

Eşitlik (Eş.6)'da, TW_R , yüzey akış oranı, %; D_{TW} , yüzey akışla araziye terk eden sulama suyu eşdeğer derinliği, mm'dir.

Tarla sonundaki yüzey akışından kaynaklanan sulama sisteminden kaynaklanan kayıplar kuyruk suyu oranında belirtilir.

2.3. Ölçümler ve işlemler

Sulama uygulamaları üzerinde araştırmacı etkisi olmaksızın, pamuk sulanırken tercih veya ayırım gözetmeksizin rastgele seçilen tarlalarda Temmuz-Ağustos aylarında yüzey sulama gözlem ve ölçümleri yapılmıştır. Sulama öncesi karık ve borderlerin eğimi, genişliği ve uzunluğu belirlenmiş, karık veya border girişine kesik boğaz savak yerleştirilmiş ve karık boyunca, sulama uzunluğu göz önüne alınarak 20-30 m aralıklarla istasyonlar oluşturulmuştur. Sulama süresince su akış debisi, suyun istasyonlara varış ve çekiliş zamanları, ilerleme ve çekilme süreleri kaydedilmiştir. Test yapılan arazinin infiltrasyon özellikleri border sulamalarında çift silindri infiltrometre ile karık sulamaları yapılanlarda ise, karığın 20. metresine ikinci bir savak konuşlandırılarak giren çıkan akış yöntemi ile belirlenmiştir.

2.3.1. İnfiltrasyon testlerinin değerlendirilmesi.

Border sulaması yapılan tarlalarda infiltrasyon hızları çift silindri infiltrometre ile belirlenirken (James, 1988); infiltrasyon eşitliğini elde etmek için zamana dayalı Kostiakov modeli kullanılmıştır.

$$Z = Kt^b \quad (\text{Eş. 7})$$

Eşitlik (Eş.7)'de Z , toprağa infiltre olan su derinliği (cm), t , infiltrasyon süresi (dak); K ve b , toprak hidrolik katsayılarıdır.

İnfiltrasyon eşitliğinin katsayıları K ve a , regresyon teknikleri kullanılarak, K , katsayısı Walker ve Skogerboe (1987) yöntemi kullanılarak gerçek ortalama infiltrasyon derinliği ile düzeltilmiştir. Her testte, su önü ve arkası karık/border boyunca 30 metre aralıkla oluşturulan istasyonlara varış süreleri belirlenmiş ve akış debileri kesik-boğaz savaklarla ölçülerek, derinlik birimlerine dönüştürülmüştür (Kanber ve ark, 2003).

Karıklarda ve borderlerde giren ve çıkan su miktarındaki farkın toprağa sızdığı varsayılmıştır. Toprağa sızan suyun derinliğini (Z_{typ} mm), D_{avtyp} değerlerini belirlemek için 8, 9, 10 ve 11 no'lu eşitlikler kullanılmıştır.

Test yapılan her tarlanın her istasyonundaki derine süzülme, infiltrasyon fırsat süresi için süzülen derinlikler arasındaki farktan hesaplanmıştır (Walker, 1989; Walker ve Skogerboe, 1987; Kanber ve ark, 2003).

$$\bar{Z}_a = \frac{V_{ap} - V_{out}}{A} = D_a - D_{RF} \quad (\text{Eş. 8})$$

Karık ve border sonunda akış olmadığına, $D_a = Z_a$ ve

$$Z_{typ} = 1/n ((Z_1 + Z_n)/2) + Z_2 + \dots + Z_{n-1} \quad (\text{Eş. 9})$$

$$K_{adj} = D_{avtyp} / Z_a \quad (\text{Eş. 10})$$

$$Z_{adj} = K_{adj} (t)^b \quad (\text{Eş. 11})$$

Eşitliklerde; D_a infiltre olan su derinliği, D_{RF} yüzey akış mm, V_{ap} giren su miktarı, V_{out} çıkan su miktarı ve A alan, Z_a uygulanan su derinliğidir (mm). K_{adj} , D_{avtyp} ve Z_a ile düzeltilmiştir.

Sulama suyunun karıklar/borderlere göre dağılımı, her istasyonda karık/borderdeki infiltrasyon derinliklerini belirlemek için infiltrasyon fonksiyonları kullanılmıştır. Daha sonra aşağıdaki eşitlik 12 ile her istasyonda sızan su derinlikleri hesaplanmıştır.

$$Z = \frac{1}{n} \left(\frac{Z_1 + Z_n}{2} + Z_2 + Z_3 + \dots + Z_{n-1} \right) \quad (\text{Eş. 12})$$

Z , her istasyonda infiltre olan su derinliği, mm, n , istasyon sayısıdır.

3.3. Sulamaların değerlendirilmesi

Örnek olarak 3 numaralı testte killi toprağa pamuk ekilen bir tarla yapılan sulama değerlendirilmesi verilmiştir. İnfiltrasyon testi sonunda belirlenen eşitlik,

$$Z_{typ} = 3.12 t^{0.53}, \text{ olup burada } K = 3.12; b = 0.53 \text{ tür.}$$

Ölçülen ilerleme (T_a) ve çekilme (T_r) verileri ile çizilen grafikten her istasyondaki net infiltrasyon süreleri $T_n = T_r - T_a$ eşitliği ile hesaplanmıştır (Kanber, 2003).

1. istasyonda $T_n = 135$ dakika olup infiltre olan su derinliği;

$$Z_{1typ} = 3.12 \times 153^{0.53} = 42 \text{ mm bulunmuştur.}$$

İstasyon 2'de

$Z_{2-typ} = 3.12 \times 153^{0.53} = 44.88$ mm olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde her istasyon için infiltre olan su derinlikleri hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar *Tablo 1*'de verilmiştir.

Daha sonra eşitlik 10 kullanılarak, hesaplanan sızma değerleri (Z_{adj}) düzeltilmiştir (Kanber, 1997; 2003). Toplam sızan sulama suyu miktarının, tarlalara giren su miktarı ile drenaj kanallarına akan miktar arasındaki fark olduğu varsayılmıştır.

Tablo 1. 3 numaralı test alanı için hesaplanan sulama parametreleri

Table 1. Calculated irrigation parameters for test field no:3

Uzunluk m	T_{adv} dak	T_r dak	T_n dak	Z_{typ} mm	Z_{adj} mm	Z_{req} mm
0	0	135	135	42.00	76.73	120
30	12	165	153	44.88	81.99	120
60	15	169	142	43.14	78.81	120
90	21	175	127	40.66	74.28	120
120	17	182	117	38.93	71.12	120
150	16	187	106	36.95	67.50	120
180	16	197	100	35.82	65.44	120
210	13	205	95	34.86	63.69	120
240	16	215	89	33.68	61.52	120

$D_a = V_{in} - V_{out} / A$ eşitliği kullanılarak, $D_a = 95.7$ mm bulunmuştur.

Daha sonra aşağıdaki adımlar yinelenmiştir.

$$D_{avtyp}=Z_{typ} = 1 / n ((Z_1 + Z_n) / 2) + Z_2 + \dots + Z_{n-1}) = 52.37 \text{ mm}$$

Karık sonunda akış olmadığından, ($D_a = Z_a$), alınmıştır.

$$D_a = 95.7 - 0 = 95.7$$

$$K_{adj} = D_{avtyp} / Z_a = 95.7 / 52.37 \times 3.12 = 5.70$$

Eşitlik 11'de hesaplanan Z_{adj} ve Çizelge 2'deki infiltrasyon süreleri (T_n) kullanılarak tüm istasyonlar için infiltre olan sulama suyu derinlikleri yeniden hesaplanmıştır. Örneğin 120. metredeki istasyonda $t_n=117$ dakika olduğundan infiltre olan sulama suyu derinliği,

$$Z_{adj} = 5.70 \times t^{0.53} \text{ kullanılarak, } Z_2 = 71.12 \text{ mm bulunmuştur.}$$

İşlem tüm istasyonlar için yinelenerek, infiltre olan sulama suyu derinlikleri hesaplanmış ve *Tablo 2*'de verilmiştir.

2.3.2. Su ihtiyacının kestirimi

Temmuz ve ağustos aylarında, Harran Ovasında pamuğun günlük maksimum su tüketiminin 10.6 mm olduğu (Karaata, 1991) ve 12-15 günde bir sulama yapılacağı göz önüne alınarak, her sulamada su ihtiyacının 120 mm olacağı öngörülmüştür. Diğer taraftan, pamuğun etkili kök bölgesi 120 cm ve ova topraklarının elverişli neminin ortalama 300 mm olduğu ve toprak neminin %40 seviyesinde sulama yapıldığı göz önüne alınarak, sulama suyu ihtiyacı (Z_{req}) 120 mm olarak alınmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Ekim deseni ve sulama yöntemi

Harran Ovasının tamamına yakınında pamuk, buğday, arpa mısır ekilmekte olup, sebze ve meyve ve diğer tarım ürünlerinin ekim alanı çok düşüktür. İzlenen sulamalarda, karık veya border yönteminin uygulanmakta olduğu ve sulama uzunluklarının (karık ve border) 108 m ile 570 m arasında değiştiği, ancak ova genelinde sulama uzunluklarının tarla boyu ile eşit olduğu söylenebilir. Yüzeysel akış miktarlarını sınırlamak için karık ve border sonları yükseltilecek kapatılmıştır (*Tablo 2*).

Sulanan tarlaların yüzeysel sulama için yeterince hazırlanmadığı, ince tesviye yapılmadığı görülürken, izlenen 9 sulama olayının biri dışında, test edilen tarlalardaki eğimler ortalama %0.05 ile 1.68 arasındadır. Ancak tarla içinde eğim değişkenliklerine ve ters eğimlere rastlanmaktadır (*Tablo 2*).

3.2. Akış debileri.

Test yapılan tarlalarda uygulanan birim akış debileri 2.19 ile 3.10 l s⁻¹-m arasında değişmiştir (*Tablo 2*). Bu değerler, toprak bünyeleri ve tarla eğimleri için kabul edilebilir bir aralık içinde kabul edilmektedir (Kanber, 1997).

Tablo 2. Test yapılan tarlaların bazı fiziksel özellikleri

Table 2. Some of the physical characteristics of tested fields

Test no	Bünye	Sulama yöntemi	L, m	q, l s ⁻¹	q l s ⁻¹ -m	Max	Eğim, %	
							Min	Ortalama
1	C	B	340	6.50	3.10	1.17	0.20	0.68
2	C	K	200	1.54	2.20	0.78	0.14	0.25
3	C	B	240	6.50	3.10	0.51	0.20	0.31
4	C	K	270	1.53	2.19	3.00	-0.09	1.68
5	C	K	108	1.97	2.81	0.30	0.02	0.05
6	C	K	390	1.58	2.26	0.70	0.50	0.25
7	C	B	343	4.6	2.19	1.00	-0.40	0.38
8	C	B	570	5.93	2.82	0.40	-0.08	0.10
9	C	K	480	1.58	2.26	0.60	0.10	0.27

*B; border, K, karık, L, uzunluk, q, debi

3.3. Sulama performans göstergeleri

Elde edilen verilerle, yaklaşık olarak eşit sulama uzunluklarına sahip 3 sulama olayının grafikleri Şekil 1'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, Test 1'de, tüm tarlada aşırı sulama nedeniyle derine süzülme artmış ve E_a değeri %62'ye düşmüştür. Test 3'te, E_a değeri %88 iken, tarlanın tamamı yetersiz sulanmıştır. Yedi numaralı testte tarlanın yarısı aşırı sulanmış ve diğer yarısı yetersiz sulanmıştır (Şekil 1).

Tarla içi yüzey sulama uygulamalarında derine süzülme değerlerinin %9 ile 38 arasında değiştiği görülmüştür. Tüm test tarlaları için CU değerleri %66-96 aralığında bulunmuştur. Öte yandan, genel olarak DU değerleri %46 ile 85 arasında, sulama randımanları (E_a) %62-91 arasında değişirken, yüksek E_a değerlerinin, eksik sulamadan kaynaklandığı anlaşılmaktadır (Tablo 3).

Sulama yeterliliği (I_a); bir sulamada tarlanın tamamının yeterli su aldığı, ancak derine süzülmenin en yüksek olduğu, 2 sulamada ise tarlaların tamamının yetersiz su aldığı, diğer sulamalarda sulama yeterliliğinin %20-60 arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 3).

Su ihtiyacı verimliliği; bir sulama olayı dışında E_r yetersiz bulunmuştur. Genellikle karık ve borderlerin menba kısmının aşırı, mansap kısımlarının eksik sulandığı belirlenmiştir.

Kuyruk suyu oranı; tarla sonunda karıklar ve borderlerin sonu kapalı olduğu için yüzey akışı ölçülmemiştir. Bu yüzden TW_r hesaplanmamıştır. Ancak ovada gece yapılan sulamalarda aşırı miktarda kuyruk suyunun drenaj kanallarına aktığı görülmüştür.

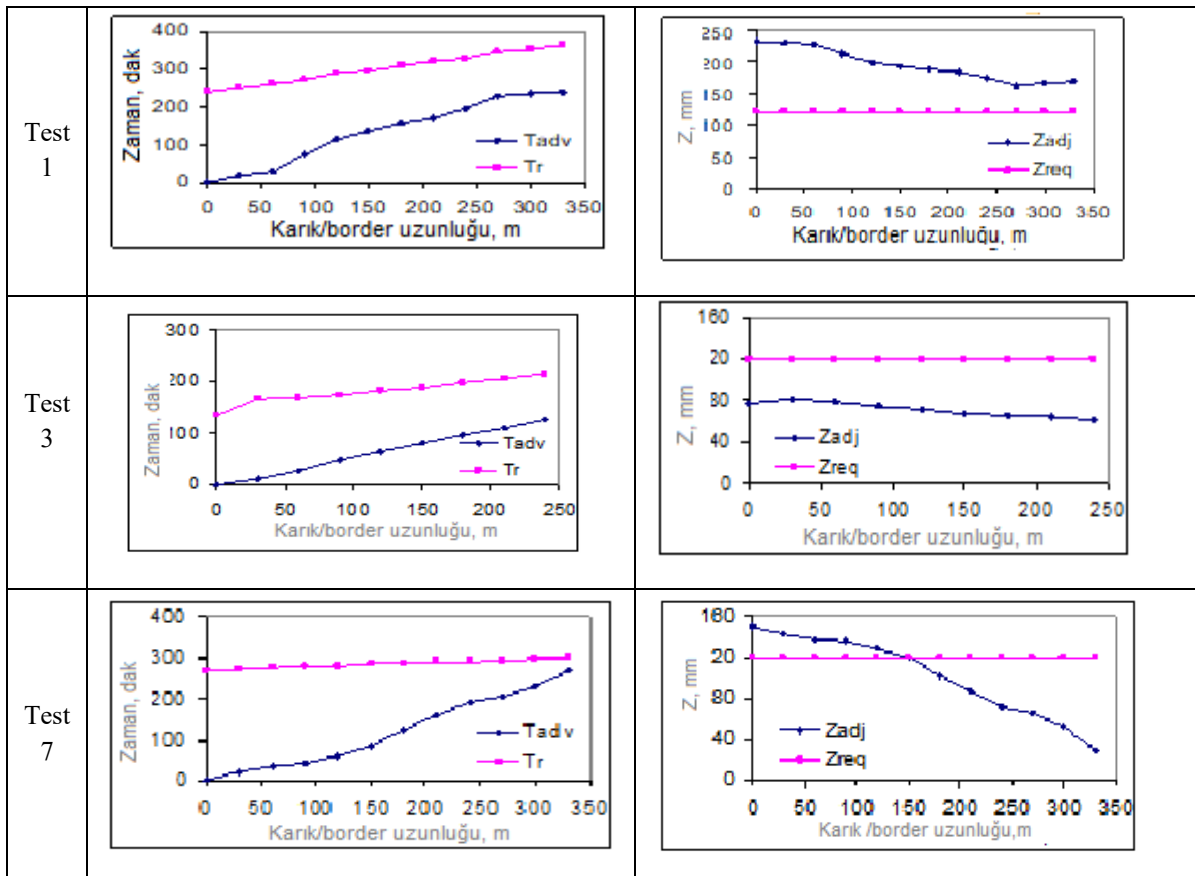


Figure 1. Examples of excessive, deficit and partially full and partially deficit irrigation applications
Şekil 1. Aşırı, eksik ve kısmen tam ve kısmen eksik sulama uygulamalarına örnekler

CU ve DU arasında pozitif yüksek bir korelasyona sahip bir ilişki bulunurken, sulama uzunlukları ile CU ve DU arasında ise olumsuz eğilimli ilişkiler bulunmuştur. Testlerden elde edilen değerlere göre karık ve border uzunluklarının artırılması, DU değerlerinde CU değerlerine göre daha yüksek düşüslere neden olmaktadır (Şekil 2).

Horst ve ark., (2005) Aral Gölü Havzasında 1.8 l s^{-1} giriş debisi olan alternatif uzun karıklar ile %80 ve %83'e kadar ulaşan yüksek E_a ve DU elde edildiğini belirtmiştir.

Karık veya border uzunluğu 150 m'yi aşarsa, CU ve DU değerlerindeki düşüşün önemli ölçüde arttığı bildirilmiştir (Holzapfel ve ark. 2010). Sulama uzunluğundaki artış, arazinin son çeyreğinin yetersiz sulanmasına neden olmaktadır. Regresyon analizleri, bu çalışmada karık uzunluğu ile CU ve DU arasında negatif bir ilişki olduğunu göstermiştir (Şekil 3).

Karık uzunluğunun arttırılması E_a , CU ve DU değerlerinin azalmasına neden olurken (Holzapfel ve ark., 2010), akış hızının artması derine süzülme ve depolama verimliliği dışındaki tüm göstergelerin artış eğilimi göstermesine neden olmuştur (Assefa ve ark., 2017).

Tablo 3. Harran ovasında yüzey sulamasına ilişkin bazı performans göstergeleri

Table 3. Surface irrigation some performance indicators in Harran plain

Test no	L, m	S, %			Yöntem	T_a	D, mm			E_a	CU	DU	E_r	I_a	DPr
		max	min	Ort.			max	min	Ort.						
1	180	1.17	0.20	0.68	B	240	233	168	194	62	89	85	100	100	38
2	200	0.78	0.14	0.25	K	142	163	48	119	75	72	46	99	60	25
3	240	0.51	0.20	0.31	B	255	105	95	102	88	96	94	85	0	12
4	270	3.00	1.60	0.09	K	273	135	98	105	85	80	68	88	60	15
5	108	0.30	0.02	0.05	K	41	42	32	40	91	87	82	33	40	9
6	390	0.70	0.50	0.25	K	136	34	10	24	88	66	49	20	45	12
7	343	1.00	0.20	0.40	B	280	102	29	72	80	72	51	60	20	20
8	570	0.40	0.08	0.10	B	270	150	30	102	84	66	48	85	45	16
9	480	0.60	0.10	0.27	K	285	150	25	102	78	75	56	85	0	22

*B, Border, K, Karık, L, Uzunluk, S, eğim, q, debi, T_a , infiltrasyon süresi, D_a , infiltrasyon derinliği

Şener ve ark., (2007) Hayrabolu sulama sisteminde sulama oranı ve sürdürülebilir sulama alanı olarak değerlendirilen fiziksel performans değerini zayıf bulurken, Şener ve Kurç, (2012) sulama şebekelerinin beklenen düzeyde fayda sağlanmadığını, Azmi ve Sarmadi, (2012), su uygulama randımanının tasarım değişkenleri ile iyi bir ilişki içinde olduğunu bildirmişlerdir.

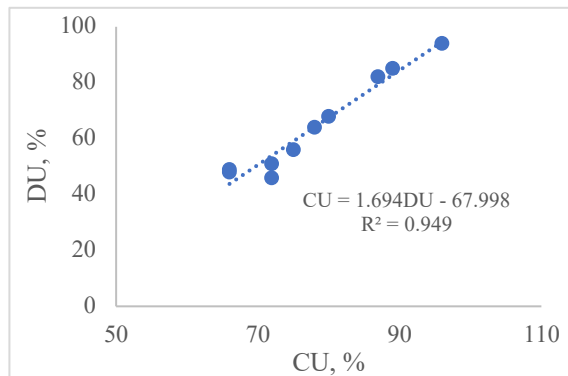


Figure 2. Relationship between CU and DU
Şekil 2. CU ve DU arasındaki ilişki

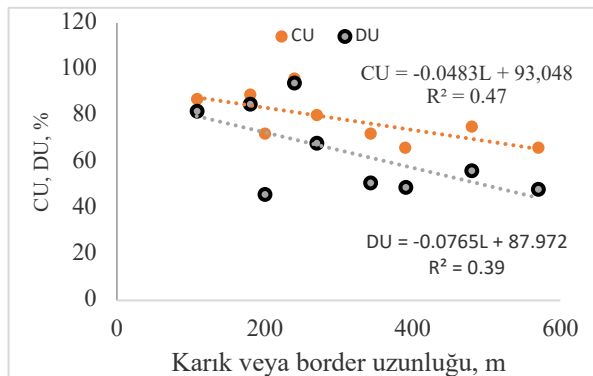


Figure 3. Variation of CU and DU values with irrigation length
Şekil 3. CU ve DU sulama uzunluğu ile değişimi

4. Sonuç

İzlenen sulamalarda çiftçilerin su temini konusunda probleminin olmadığı söylenebilir. Ancak su dağıtım rotasyon yöntemi ile yapıldığından, tersiyerlerde her zaman su bulunmamaktadır. Oadaki işletim sistemine göre tersiyerlere 15 günde bir su verilmektedir. Onun için belirlenen bir zamanda ve sürede sulama yapılması gerekmektedir.

Gözlemlenen tüm sulamaların karık veya border yöntemi ve sürekli akış ile yapıldığı görülmüştür. Sulayıcılar kürek dışında herhangi bir alet veya ekipman kullanmamaktadır. Karık ve borderlerde akış debisi, suyun saptırılması ve dağıtım göz kararı ile yapılmaktadır. Su önu karık sonuna ulaştığında sulama sonlandırılmaktadır. İzlenen sulama olaylarında tarla içinde sulamadan ileri gelen önemli bir su erozyonu gözlenmemiştir. Ancak gece boyunca kontrolsüz olarak drenaj kanallarına akış nedeniyle kanallarda önemli düzeyde siltasyon olduğu belirlenmiştir.

Sonuçlar, sulamaların 2 tarlanın %100'ünde, bir tarlanın %80'inde, bir sulama olayında tarlanın %60'ında yetersiz olduğunu, 6 sulama olayında tarlaların %30-40'ının yetersiz olduğunu, kalan kısımların aşırı olduğunu göstermiştir.

Karık ve borderlerin sonunda, sulama suyunun açık drenaj kanallarına akmasını sınırlamak veya durdurmak için karık ve border sonları kapatılmaktadır. Gözlemler, tarla ve toprak özelliklerinin benzer olmasına rağmen, farklı karık/border uzunlukları kullanıldığını göstermiştir. Genellikle tarla uzunluğu ile karık veya border uzunluğunun eşit olduğu görülmüştür.

Sulama suyu fiyatı, su hacmine göre değil, alansal büyüklüğüne ve ürün türüne bağlı olduğundan, özellikle denetimsiz gece sulamalarında ihtiyaçtan çok daha fazla su drenaj kanallarına akmaktadır. Dolayısıyla yüksek su kayıpları, Harran ovasının mansabındaki düşük kotlu arazilerde birikerek, yeraltı suyunun yükselmesine ve tuzlanma sorunlarının artmasına neden olmaktadır.

Kaynakça

- Anthony, D. (1995). On-farm productivity, current and potential: options, outcomes and costs, *Irrig. Aust.* 10 (1995), pp. 20–23.
- ASAE (1994). Standards Engineering Practices Data. ASAE Standards. EP409.1 DEC93. St Joseph, MI., p: 738-740, 724-727, 760-765
- Assefa, S., Kedir, Y., Alamirew, T. (2017). Effects of Slopes, Furrow Lengths and Inflow Rates on Irrigation Performances and Yield of Sugarcane, *Plantation at Metehara*, Ethiopia, January 2017. DOI: 10.4172/2168-9768.1000179
- Azmi, M., Sarmadi, L.F. (2012). Evaluation of surface irrigation system performance using System Dynamics (SD) approach, *Irrigation and Drainage Systems* 25(4) DOI: 10.1007/s10795-011-9123-0
- Criddle, W.D., Davis, S., Pair, CH, Shockley, D.G. (1956). Methods for Evaluating Irrigation Systems. Agricultural Handbook No. 82, SCS, USDA, Washington, D.C.
- Dinç, U., Şenol, S., Sayın, M., Kapur, S., Yılmaz, K., Sarı, M., Yeğingil, İ., Yeşilsoy, M.Ş. Çolak, A.K. Özbek, H. Kara, E.E. (1991). The physical, chemical and biological properties and classification-mapping of soils of the Harran Plain. In (Eds. U.Dinç and S.Kapur) Soils of the Harran Plain. TUBITAK Pub. Project N. 534. Ankara. 1-10.
- DMİ (2015). Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Şanlıurfa, İklim verileri (1929-2020), <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme>
- DSİ, (2004). Şanlıurfa Harran Ovası Sulama Drenaj İzleme Raporu, Devlet Su İşleri XIV. Bölge Müdürlüğü, Şanlıurfa.
- Hart, W.E., Collins, H.G., Woodward, G., Humpherys, A.S. (1980). Design and Operation of Gravity or Surface Irrigation Systems. “Design and Operation of Farm Irrigation Systems, M.E. Jensen (ed).” *ASAE Monograph 3*, St. Joseph, MI: 501-580.
- Holzapfel, E.A., Leiva, C., Marino, M.A., Arumí, J.L., Billib, M.H.A. (2010). Furrow Irrigation Management and Design Criteria Using Efficiency Parameters and Simulation Models, *Chilean Journal of Agricultural Research* 70(2) DOI: [10.4067/S0718-58392010000200012](https://doi.org/10.4067/S0718-58392010000200012)
- Horst, M.G., Shamutalov, S.S., Pereira, L.S., Gonçalves, J.M. (2005). Field assessment of the water saving potential with furrow irrigation in Fergana, Aral Sea Basin. *Agric Water Management*, 7: 210-231.
- James, L.G. (1988). *Principles of Farm Irrigation System Design*. John Wiley and Sons Inc., New York, 543 p.
- Jaynes, D.B., Clemmens, A.J. (1986). Accounting for spatially variable infiltration in border irrigation models. *Water Resources Research*, 22(8): 1257-1262.
- Jensen, M.E., Howe, O.W. (1965). Performance and design of border-checks on a sandy soil. *Transactions of the ASAE*, 8(1): 141-145.
- Karaata, H. (1991). Urfa Harran Ovası Sulama Rehberi. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı. Topraksu Gen. Md., Bölge Topraksu Araştırma Enst. Yayınları Genel No.874 s, Urfa.
- Kanber, R., Köksal, H., Önder, S., Kapur, S., Sahan, S. (2001). Comparison of surge and continuous furrow methods for cotton in the Harran plain, *Agricultural Water Management*, 47(2): 119-135.
- Kanber, R. (2003). Sulama ve Drenaj Mühendisliği, (Editörler: KANBER, R., ÇAKIR, R. ve TARI A.F.), Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü APK Dairesi Başkanlığı. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müd., Yayın No:122, 531p.
- Ley, T.W., Clyma, W. (1981). Furrow irrigation practices in northern Colorado. *Transactions of the ASAE*, 24(3): 610-616.
- Linderman, C.L., Stegman, E.C. (1971). Seasonal variation of hydraulic parameters and their influence upon surface irrigation application efficiency. *Transactions of the ASAE*, 15(5): 914-918.
- Pereira, L.S., Cordery, I., Iacovides, I. (2012). Improved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving. *Agricultural Water Management*, 108: 39-51.
- Pereira, L.S., Gonçalves, J.M. (2018). Surface Irrigation, Sustainability and Solutions, Agriculture and the Environment, Online Publication Date: Feb 2018. *Oxford Research Encyclopedias* DOI:10.1093/acrefore/9780199389414.013.248
- Shafique, M.S., Skogerboe, G.V. (1983). Impact of seasonal infiltration function on furrow irrigation performance. In Advances in infiltration. Proceedings of a national conference on advances in infiltration, St Joseph, MI, ASAE: 292-301.
- Şener, M., Yüksel, A.N., Konukcu, F. (2007). Evaluation of Hayrabolu Irrigation Scheme in Turkey Using Comparative Performance Indicators. *JOTAF, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 4(1): 43-54.
- Şener, M., Kurç, H.C. (2012). Küçük Sulama Şebekelerinde Performans Değerlendirmesi: Trakya Bölgesi Örneği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9 (2), 82-91, Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jotaf/issue/19039/201372>
- USDA-SCS. (1983). Furrow irrigation. National Engineering Handbook. Section 15, chapter 5, U.S. Gover. Print. Office, Washington, D.C.
- Viera, S.R., Nielsen, D.R., Biggar, J.W. (1981). Spatial variability of field measured infiltration rate. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45: 1040-1048.
- Walker, W.R., Skogerboe, G.V. (1987). Surface Irrigation: Theory and Practice. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 375 p.
- Walker, W.R. (1989). Guidelines for Designing and Evaluation “Surface Irrigation Systems”. *FAO Irrigation and Drainage Paper*, No: 25, Rome, 167 p.