

## Konya Ovası Topraklarının Doymun Hidrolik İletkenliğinin Paralel Drenler Yöntemi İle Kararlı Akış Eşitliği Kullanılarak Belirlenmesi

Bariş BAHÇECİ<sup>1\*</sup>

Adana Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Adana, TÜRKİYE

Alınış tarihi: 31 Ağustos 2021

Düzeltilme tarihi: 08 Aralık 2021

Kabul tarihi: 30 Aralık 2021

**Özet:** Bu çalışmada, Konya ovasında Hooghoudt denklemi kullanılarak paralel dren yöntemi ile toprakların ortalama doymun hidrolik iletkenliği ( $K_{sat}$ ) belirlenmiştir. Çalışmada dren boru çapı 0.1 m, derinliği 1.70 m ve uzunluğu 80 m olan, 40 m dren aralığına sahip, 3 dren hattı ve oluklu plastik borulardan oluşan bir pilot deneme alanından elde edilen veriler kullanılmıştır. Zarf malzemesi olarak, dren derinliğindeki toprağın özelliklerine göre belirlenen kum-çakıl karışımı kullanılmıştır. Testlerde, sistemde serbest akış sağlandıktan sonra drenaj çıkışlarındaki debiler ve iki dren orta noktasındaki hidrolik yükler aynı anda ölçülmüştür. Elde edilen veriler değerlendirilerek Konya Ovası'ndaki akiferin geçirgenliğinin  $7.282 \text{ m}^2 \text{ gün}^{-1}$ , ortalama hidrolik iletkenliğinin ( $K_{sat}$ )  $2.867 \text{ m gün}^{-1}$ , ve alt ve üst sınırlarının %90 olasılıkla  $2.461 < K_{sat} < 3.273 \text{ m gün}^{-1}$  olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Konya Ovası, hidrolik iletkenlik, paralel drenler, kararlı akış

### Determination Of Saturated Hydraulic Conductivity of Konya Plain Soils with Parallel Drains Method Using Steady-State Flow Equation

Received: 31 August 2021

Received in revised: 08 April 2021

Accepted: 30 December 2021

**Abstract:** In this study, the average saturated hydraulic conductivity ( $K_{sat}$ ) of the soils in the Konya plain was determined by the parallel drain method using the Hooghoudt equation. In the evaluations, data was obtained from a pilot trial area with a drain pipe diameter of 0.1 m, a depth of 1.70 m, and a length of 80 m, with 40 m drain spacings, 3 drain lines, and corrugated plastic pipes were used. The sand-gravel mixture determined according to the soil properties at the drainage depth was used as the envelope in the drainage system. In the tests, the drainage flows at the drainage outlets and the hydraulic heights at the midpoint of the two drains were simultaneously measured after free flow was achieved in the system. By evaluating the data obtained, it has been determined that the permeability of the aquifer in the Konya plain is  $7.282 \text{ m}^2 \text{ d}^{-1}$ , the average hydraulic conductivity ( $K_{sat}$ ) is  $2.867 \text{ m d}^{-1}$ , and its lower and upper limits are  $2.461 < K_{sat} < 3.273 \text{ m d}^{-1}$  with 90% probability.

**Key words:** Konya plain, hydraulic conductivity, parallel drain method, steady-state flow

**To Cite:** Bahçeci B. 2021. Determination of Saturated Hydraulic Conductivity of Konya Plain Soils with Parallel Drains Method Using Steady-State Flow Equation. Journal of Biosystems Engineering 2 (2) : 96-109

## 1. Giriş

Hidrolik iletkenlik ( $K_{sat}$ ), suyun topraktaki gözeneklerden ve çatlaklardan geçiş kolaylığı olup, drenaj sistemlerinin tasarlanması için gerekli olan temel parametrelerden biridir. Hidrolik eğime tabidir ve malzemenin doymunluk seviyesinden ve geçirgenliğinden etkilenir.

Hidrolik iletkenlik genellikle iki yaklaşımdan biri ile belirlenir. İlki ampirik yöntemler olup, hidrolik iletkenliği zemin özellikleriyle ilişkilendirir. İkincisi, deneysel yolla hidrolik iletkenliğin hesaplanmasıdır. Deneysel yöntemler laboratuvar ve arazi de uygulanırlar.

Arazide yapılan hidrolik iletkenlik testleri, kapladığı alanın büyüklüğüne göre, küçük ve büyük ölçekli; su tablasının konumuna göre ise, su tablasının altında ve üstünde olmak üzere sınıflandırılırlar. Arazide küçük ölçekli testlerle belirlenen doymuş hidrolik iletkenlik ( $K_{sat}$ ) değerlerinin güvenilirlikleri, toprakların mekansal özelliklerinin değişkenliği nedeniyle sınırlıdır. Diğer taraftan, örnekleme ve test sayısının veya örnek büyüklüğünün artırılması zaman alıcı ve yüksek maliyetlidir. Ayrıca elde edilen sonuçların aşırı değişkenliği, proje alanını temsil eden gerçek değer belirlenmesinde sorunlar yaratır.

Dieleman ve Trafford (1976) ölçülen hidrolik iletkenlik değerlerinin geniş bir varyasyon gösterdiğini, örneğin proje alanı için ortalama  $K_{sat}$  değerinin logaritmik ortalama ile, Bentley ve ark. (1989) alanı en iyi temsil edecek değer aritmetik ve geometrik ortalama ile belirlenmesini önermişlerdir.

Camp (1977) alüminyum silindirler kullanarak 3.8 hektarlık bir alanda yaptığı testlerde  $0.001 \text{ m gün}^{-1}$ 'den küçük ve  $0.12 \text{ m gün}^{-1}$ 'den daha büyük değerler elde etmiştir. Killi toprakların drene edilmesiyle, zamanla hidrolik iletkenliklerinin değiştiği (van Hoorn 1958; Kuntze, 1964; El-Mowelhi ve van Schilfgaard 1982), biyolojik aktivitenin artması ve toprak strüktürünün gelişmesi nedeniyle " $K_{sat}$ " değerlerinin arttığı belirtilmektedir. Anderson ve Cassel (1986), Portsmouth kumlu toprak örneklerinden belirlenen  $K_{sat}$ -değerlerinin değişkenlik katsayısının %130 ile 3300 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Wit (1967), nispeten büyük silindirler kullanarak (300 mm uzunluğunda ve 60 mm çapında) yaptığı testlerde toprağın yatay ve dikey hidrolik iletkenliklerinin, dikeyde  $0.9$  ve  $8.2 \text{ m gün}^{-1}$ , yatayda ise  $5.0$  ile  $8.2 \text{ m gün}^{-1}$  arasında değiştiğini, diğer taraftan, örnekleme aparatları büyüdükçe yöntem çok daha zahmetli olduğunu bildirmiştir. Warrick ve Nielsen, (1980)  $K_{sat}$  değerlerinin oldukça değişken olabileceğini, Öztekin ve Erşahin (2006)  $0.5 \text{ m}$  aralıklı alınan toprak örneklerinde yapılan  $K_{sat}$  ölçümlerinde  $2.5$  kat değişkenliğin olduğunu, Mallants ve ark., (2013) toprak sütunlarında yapılan testlerde  $K_{sat}$  değerinin geometrik ortalamasının sütun boyutu arttıkça azaldığını ve  $2.24$ , ten  $0.56 \text{ cm h}^{-1}$ 'e düştüğüne işaret etmiştir. Silva ve ark. (2019)  $K_{sat}$  değerlerinin alan ve derinlik için yüksek bir uzamsal değişkenlik gösterdiğini, Feki ve ark. (2020)  $K_{sat}$  tahmininin seçilen yöntemeye duyarlı olduğunu ve bu duyarlılık hidrolojik model simülasyonlarını etkilediğini, Gootman ve ark. (2020), sekiz çalışma bölgesinde ölçülen  $K_{sat}$ , değerlerinin  $0.35$ - $9.33 \text{ m gün}^{-1}$  gibi önemli ölçüde değiştiğini, ( $p < 0.05$ ), Usowicz, ve

Lipiec, (2021)  $K_{sat}$  değerlerinin 0.01 ile 11.54 m gün<sup>-1</sup> arasında değiştiğini ve yüksek mekansal değişkenlik (CV %77.3) sergilediğini bildirmişlerdir.

Yukarıda değinildiği gibi, verilerdeki değişkenlik, güvenilir sonuçlar elde etmek için çok fazla sayıda örnek alınması ve dolayısıyla temsil düzeyini artırmak için test sayısı ile hacminin artırılması gerektiğini, ancak, bu durumda, işgücü, zaman ve maliyetin artacağını bildirmektedir.

Laboratuvar testleri toprakların hidrolik özellikleri hakkında belli bir düzeyde fikir verirler, ancak, arazi koşullarını tam olarak yansıtmazlar. Ayrıca, elde edilen sonuçlar çok büyük değişkenlik gösterirler.  $K_{sat}$  değerleri, her ne kadar birçok değişik yöntemle ampirik ve laboratuvar testleri ile elde edilse de, doğru ve güvenilir sonuçlar, tarla denemeleri elde edilirler.

Büyük ölçekli testlerden biri dren boşalım veya paralel drenler yöntemidir. Geniş alan kapladığı için daha doğru ve güvenilir sonuçlar verir. Bu yöntemle belirlenen hidrolik iletkenlik değerleri, taban suyunun akış yollarının bozulmamış halini ve bunların doğal düzensizliğini otomatik olarak göz önüne alır. Ayrıca bu yöntemle elde edilen hidrolik iletkenlik (K) değerleri yatay ve düşey ölçekte bütün toprak katmanının hidrolik iletkenliğini verdiği için, elde edilen değer dren aralık eşitliklerinde doğrudan kullanılabilir niteliktedir (Oosterbaan, 1994).

Bu yöntem, drenaj sistemi inşa edilecek ovayı temsilen seçilen bir test alanında, emici borularda dren akışları ve drenler arası orta noktada taban suyu düzeyleri (hidrolik yükler), eş zamanlı olarak ölçülerek, aralarındaki ilişkiden hidrolik iletkenliğin belirlenmesine dayanır (Oosterbaan, 1990).

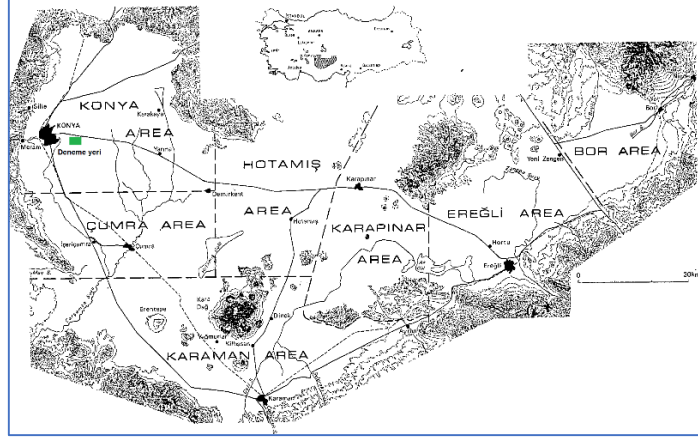
Drenaj ölçütlerini belirlemek için TOPRAKSU Araştırma kuruluşları tarafından yapılan tarla test sonuçları, araştırma raporları halinde yayınlanmıştır. Bu makalede, söz konusu çalışmalardan elde edilen ölçümlerden yararlanılarak (Bahçeci 1984), Konya Ovası için hidrolik iletkenlik değerleri, kararlı akış koşullarına ilişkin dren aralık eşitliği olan Hooghoudt eşitliği ile yeniden hesaplanmıştır.

Böylece bu çalışma ile ülkemizde TOPRAKSU Araştırma Enstitüleri tarafından yapılan tarla denemeleriyle elde edilen veriler değerlendirilerek, tarımsal drenaj mühendisliği uygulamalarına veri tabanı oluşturulmasına katkı sağlanması amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

## 2.1 Araştırma yeri

Deneme yeri Konya Ovası'dır. Denizden ortalama yüksekliği, yaklaşık 1000 m olup, topografik olarak taban arazisi özelliği gösteren Ova topraklarının eğimi %0-0,5 arasında değişir.



Şekil 1. Deneme yerinin coğrafik konumu, (Meester, 1970)

Deneme yeri toprakları Meram deresinin taşıdığı killi depozitler üzerinde oluşmuş alluvial topraklarla, Neojen devri lakustrin kökenli göl depozitleri üzerinde oluşmuş alluvial topraklardan oluşmuştur. Topraklar taban arazi durumunda olup, killi, killi-tın ve siltli tın bünyeli, ince granule yapıda çok kireçli, organik maddece fakir topraklardır (Çizelge 1) (Atalay ve Secerli, 1971).

Çizelge 1. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

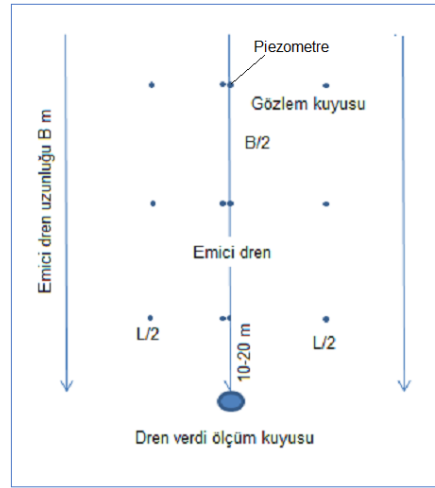
Derinlik (cm)	Kum	Silt (%)	Kil	Bünye	pH	Sat. (%)	EC <sub>e</sub> dS m <sup>-1</sup>	Kireç %	Vol. Ağ. g cm <sup>-3</sup>
0-30	20	75	5	SiL	8.3	53	1.24	53	1.24
30-60	21	72	7	SiL	8.3	57	1.26	57	1.26
60-90	19	72	7	SiL	8.3	46	1.36	46	1.36

## 2.2 İklim özellikleri

Konya Ovası, yazları kurak ve sıcak, kışları soğuk karasal bir iklime sahiptir. Yağışlar ağırlıklı olarak ilkbahar, sonbahar ve kışın düşmektedir. Yazları kurak geçen ovada, ortalama sıcaklık 11.7 °C uzun yıllık ortalama yağış 329.2 mm, yıllık buharlaşma ise yaklaşık 1170 mm dolayındadır (<https://konya.mgm.gov.tr/>).

### 2.3 Dren tahliye yöntemi

Tarla denemelerinde hidrolik iletkenlik (K) değerini belirlemek için üç dren hattından oluşan bir drenaj sistemi kullanılmıştır. Drenler arası orta noktada ve ortadaki dren borusu yanında ve drendeki su seviyelerini ölçmek için dren borusuna dik konumda iki dren orta noktasına ve hendek dışına gözlem kuyuları ve boru içine piyezometre boruları konuşlandırılmıştır (Şekil 2). Su tablasının yükselip dren akışlarının başlamasıyla, değişik zamanlarda dren boşalımaları ile su tablası yükseklikleri eş zamanlı olarak ölçülmüştür. Elde edilen hidrolik yük (h) ve dren debi (q) değerleri, kullanılarak hidrolik iletkenlikler belirlenmiştir (Hooghoudt, 1994).



Şekil 2. Test alanı ile ölçüm ve gözlem noktalarının şematik görünümü

### 2.4 Analiz ve değerlendirme

Dren aralık hesaplamalarında yaygın olarak kullanılan Hooghoudt eşitliği, Şekil 3'te verilen en kesit geometrisine dayalı olarak ve giriş dirençlerinin ihmal edilecek kadar küçük olduğu durumlarda aşağıdaki gibi yazılır.

$$q = \frac{2\pi K_b d h + \pi K_a h^2}{L^2} \quad (1)$$

Eşitlikte; q, dren verdisi, m gün<sup>-1</sup>; L, dren aralığı, m; K<sub>b</sub>, dren düzeyinin altındaki, K<sub>a</sub> dren seviyesinin üstündeki hidrolik iletkenlik m gün<sup>-1</sup>, d, Hooghoudt'un eşdeğer derinliği ve h hidrolik yük, m' dir

Giriş dirençleri ihmal edilmeyecek kadar büyük olduğunda eşitlik 2 şeklinde yazılır (Oosterbaan et al., 1989)

$$qL^2 = 2\pi K_b h' + \pi K_a h' h^* \quad (2)$$

$h_e$ = giriş yükü, drenaj seviyesine göre su tablasının drenaj borusu üzerindeki yüksekliği, m

$h' = h - h_e$ , drenler arası orta noktada mevcut hidrolik yük

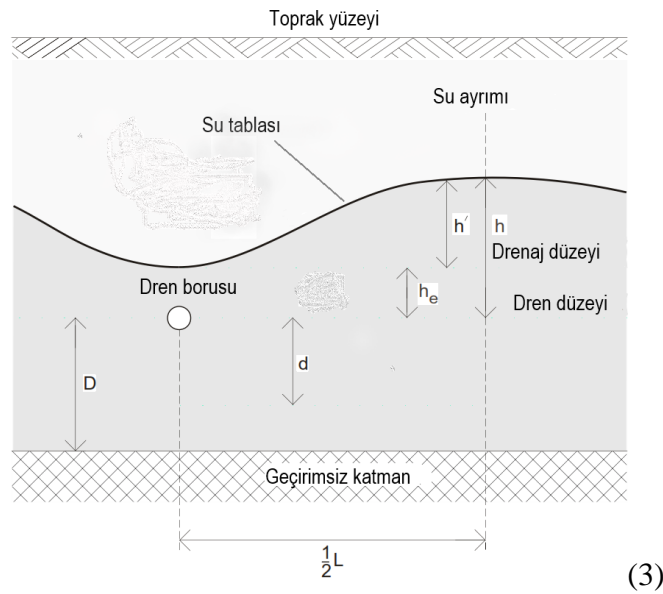
$$h^* = h + h_e$$

$$a = \pi K_a / L^2 \quad \text{and} \quad b = 2\pi K_b d / L^2 \quad \text{alınarak}$$

$$q = ah^2 + bh \quad \text{ve buradan}$$

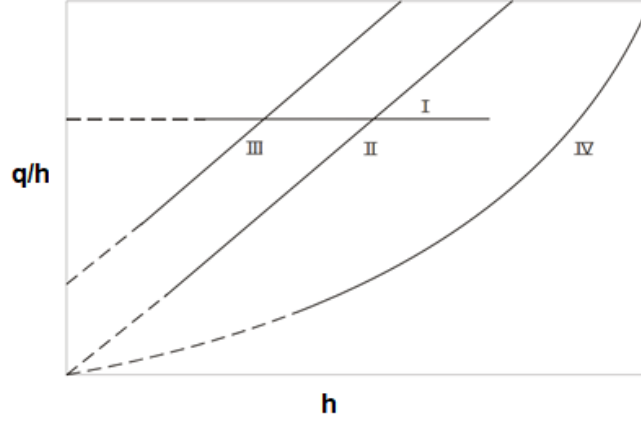
Eşitliğin her iki tarafı da  $h$  değerine bölünürse Eşitlik 3 elde edilir.

$$q/h = ah + b$$



Şekil 3. Dren boşalım yönteminde piyezometrelerin ve drenaj borusunun en kesit konumları (Osterbaan ve Nijland, 1994)

Görüldüğü üzere, bu son eşitlik bir doğru denklemi olup bir drenaj sisteminde  $q$  ve  $h$  değerleri ölçülerek,  $a$  ve  $b$  değerlerinin elde edilebileceği anlamına gelmektedir. Buradan aküferin geçirgenliği  $K_a$  veya eşdeğer tabaka kalınlığı ( $d$ ) biliniyorsa doymun hidrolik iletkenlik, ( $K_{sat}$ ), hesaplanabilir. Ölçülen  $q$  ve  $h$  değerlerine göre çizilen “ $q/h-h$ ” grafiğinde (Şekil 4) oluşabilecek farklı hatlara göre izlenecek işlemler aşağıda açıklanmıştır.



Şekil 4. Hidrolik yük (h) ve q/h arasındaki olası ilişkiler

Deneme alanında giriş dirençlerinin ihmal edilemeyecek derecede olması halinde değerlendirmelerde bunların da göz önüne alınması gerekir.

K değerini belirlemek için mevcut drenlerde, drenler arası orta noktada ve dren borusu yanında gözlemler yapılır. Drenler arası orta noktada ve dren borusu yanında yapılan ölçümler, sırasıyla hidrolik yük ve giriş direnci değerlerine dönüştürülür. Ayrıca  $m^3 d^{-1}$  olarak ölçülen debiler de birim alan dikkate alınarak  $m d^{-1}$  şekline dönüştürülür.”

Ölçümler birkaç dren hattında değişik zamanlarda akışın sonuna kadar yapılmalıdır. Dren boşalımları ile su tablası yükseklik ölçümleri eş zamanlı olarak yapılmalıdır.

### İşlem 1

Yük kayıpları önemsiz düzeyde olduğunda, elde edilen veriler yardımıyla, “q/h – h” grafiği çizilir ve elde edilen doğru I nolu hat (Şekil 4) gibi olursa, bu durumda dren üstündeki akışın önemsenmeyecek kadar küçük olduğu varsayılır. Bu durumda, drenlerin altındaki hidrolik iletkenlik  $K_b$  Eşitlik 4 ile hesaplanır.

$$K_b = \frac{qL^2}{2\pi dh} = \frac{L^2}{2\pi d} b \quad (4)$$

Bu durumda  $a=0$  olur ve bu da hidrolik direncin esas olarak dren düzeyinin altından gelen akıştan kaynaklandığını ifade eder. Her veri seti için  $K_b$  değerinin ortalaması, standart sapması ve standart hatası hesaplanır. Daha sonra Student’ın t dağılımı kullanılarak  $K_b$  değerinin güven aralığı hesaplanır.

### İşlem 2

Elde edilen veriler yardımıyla, “ $q/h - h$ ” grafiği çizilir ve elde edilen doğru II nolu hat (Şekil 4) gibi olursa “İşlem 2” kullanılır. Doğrunun eğimi “ $a$ ” drenlerin üzerindeki hidrolik iletkenliği gösterir. Doğru orijinden geçer. Bu durumda drenlerin altından oluşan akış ihmal edilecek kadar küçüktür. Bu durum, drenlerin geçirimsiz hattın üzerine yerleştirildiğini gösterir.

$$K_a = \frac{qL^2}{2\pi h^* h'} = \frac{L^2}{\pi} \quad (5)$$

Her veri seti için  $K_a$  değerinin ortalaması, standart sapması ve standart hatası hesaplanır. Daha sonra Student t dağılımı kullanılarak  $K_a$  değerinin güven aralığı hesaplanır.

### İşlem 3

“ $q/h' - h^*$ ” grafiği çizildiğinde doğru orijinden geçmeyen III nolu hat (Şekil 4) gibi olursa “İşlem 3” kullanılır. Bu durumda akışın hem drenlerin üstünden hem de altından oluştuğu varsayılır. Bu durumda, ne  $K_a$  ne de  $K_b$  ihmal edilebilir. İki değişkenli regresyon analizi yapılarak  $K_a$  ve  $K_b$  hesaplanır.

$$\frac{q}{h'} = ah^* + b \quad (6)$$

$$h^* = a' \frac{q}{h'} + b' \quad (7)$$

Eşitlik 7, Eşitlik 6 gibi yazılırsa aşağıdaki Eşitlik 8 elde edilir:

$$\frac{q}{h'} = \frac{h^*}{a'} - \frac{b'}{a'} \quad (8)$$

Yukarıdaki eşitliklerden “ $a$ ” ve  $1/a'$  olmak üzere iki adet regresyon katsayısı elde edilir. Bunların geometrik ortalaması alınarak  $a^*$  diye ara bir regresyon katsayısı elde edilir. Aynı zamanda ara bir  $b^*$  katsayısı da elde edilir. Daha sonra bu  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri  $a$  ve  $b$  değerleri yerine konarak  $K_a$  ve  $K_b$  değerleri bulunur.  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin güven aralıklarından  $K_a$  ve  $K_b$  değerlerinin güven aralıkları bulunur. Bulunan bu güven aralıklarının genişliği tahmin edilenin biraz altında olacaktır. Çünkü hem  $h'$  hem de hem de  $h^*$  parametreleri  $h$  ve  $h_e$  parametrelerini içerdiğinden  $q/h'$  ve  $h^*$  parametreleri tam bağımsız değildir.



Güven aralıklarını belirlemek için genellikle daha basit bir işlem uygulanabilir. Çünkü  $a$  ve  $1/a'$  değerleri  $a^*$ 'nın güven sınırlarına uygun değerler verir. Benzer şekilde  $b$  ve  $b'/a'$  değerleri de  $b^*$ 'nin güven sınırlarına uygun değerler verir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1 Konya Ovası uygulaması

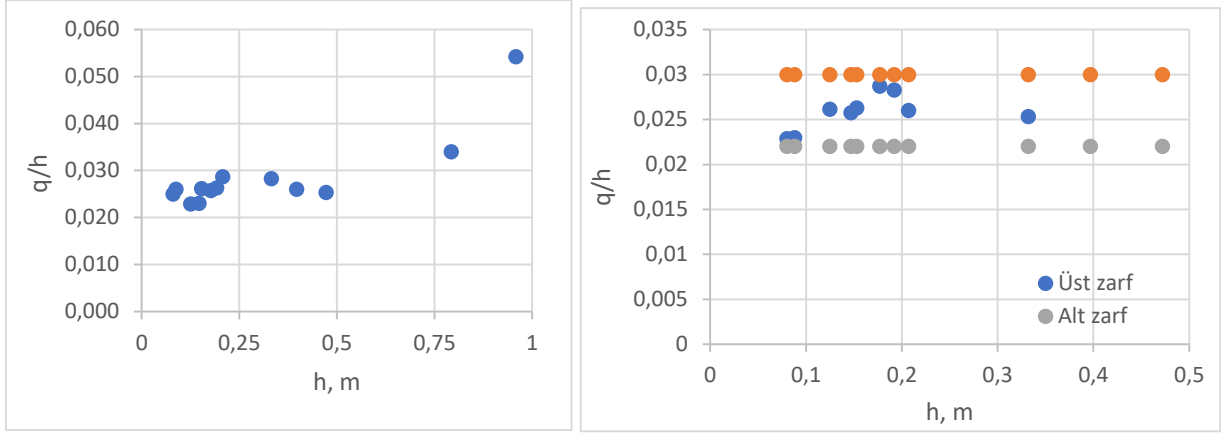
Denemeler drenaj sorunun olduğu alanlarda, proje alanını temsil eden bir alanda yapılmıştır. Seçilen bir emici (lateral) drenin başında, ortasında ve sonunda olmak üzere emicinin iki yanında, ona dik konumda ve iki drenin orta noktasında gözlem kuyuları oluşturularak, taban suyu düzeylerinin ve dren boşalımlarının eş zamanlı olarak ölçülmesi ile elde edilen  $h$ - $q$  değerleri, kararlı dren aralığı belirleme eşitliklerinde yerine konularak hidrolik iletkenlik değerleri belirlenmiştir.

Deneme alanındaki 3 paralel emici drenin etki alanı yağmurlama sulama sistemi ile sulanarak su tablasının yükselmesi sağlanmıştır. Yağmurlama sonrası, belirli aralıklarla, su tablası yükseklikleri ve dren verdileri eş zamanlı olarak ölçülerek toplam 13 değer alınmıştır. Su tablası yükseklikleri ortadaki drenin sağında ve solunda, drenler arası orta noktada, dren boyunca 3 yerde, toplam 6 noktada ölçüm yapılmıştır. Bu ölçümlerin ortalaması alınarak tek bir hidrolik yük elde edilmiştir. Giriş dirençlerini minimum düzeye indirmek için, ölçümlerden önce çıkış noktasında serbest akış sağlanmış ve ölçümler bundan sonra yapılmıştır. Dolayısıyla giriş yük kaybı önemsenmeyecek düzeyde küçük olduğundan, elde edilen bu değerlerden,  $q/h'-h^*$  yerine  $q/h-h$  grafiği çizilmiştir (Oosterbaan ve Nijland, 1994). Şekil 5'te görüldüğü gibi, anılan grafikteki eğri yukarı doğru artan bir eğilim göstermiştir.

Yüksek hidrolik yükün ölçüldüğü iki değer göz önüne alınmazsa, elde edilen verilerin çizilmesiyle elde edilen eğri Şekil 4'teki 1. duruma uygun düşmektedir.  $q/h$  ile  $h$  arasındaki ilişki yatay bir hat oluşturduğundan (I nolu hat), dren üstündeki akışın önemsenmeyecek kadar küçük olduğu varsayılmıştır (Oosterbaan ve Nijland, 1994).

Dren akışlarının drenlerin altından oluştuğu ve hidrolik direncin esas olarak dren düzeyinin altından gelen akıştan kaynaklandığı göz önüne alınarak, drenlerin altındaki hidrolik iletkenlik ( $K_b$ ), her veri seti için, Eşitlik 4 ile hesaplanmıştır (Çizelge 1).

$$K_b = \frac{qL^2}{2\pi dh} = \frac{L^2}{2\pi d} b$$



Şekil 5. Konya Ovası test alanında, test sırasında yapılan ölçümlerde belirlenen h ve q/h ilişkisi

Bu durumda “İşlem 1”de belirtilen,  $K_b = qL^2 / (2 \times 3.14 \times d \times h)$  eşitliği kullanılarak, farklı hidrolik yükler ve Hooghoudt’un eşdeğer derinliği,  $d_e = 2.54$  m,  $r_o = 0.1$  m (Bahçeci, 1984) için hidrolik iletkenlik değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 1).

Ortalama bir  $K_b$  değeri hesaplamak için, ortalamanın standart sapması ve standart hatası ve  $K_b$ 'nin alt, ortalama ve üst güvenlik sınırları hesaplanmıştır.

Student'ın %90 olasılıklı  $N-1=12$  için t değeri 1.782 bulunur. Buradan K değerinin

Alt sınırı  $= 2.867 - 1.782 \times 0.0.228 = 2.461$  m  $d^{-1}$ , üst sınırı  $= 2.867 + 1.782 \times 0.228 = 3.273$  m  $d^{-1}$  olarak hesaplanır.

Bu durumda, K değerinin %90 olasılıkla  $2.461 < K_{sat} < 3.273$  m  $d^{-1}$  arasında olduğu bulunur.

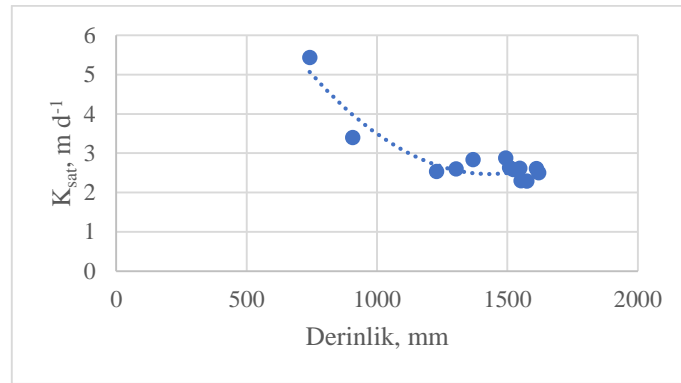
Çizelge 1. Konya Ovası'nda yapılan ölçümlerden elde edilen q, h ve  $K_{sat}$  değerleri

N	Hidrolik yük h (m)	Dren verisi q (m gün <sup>-1</sup> )	q h <sup>-1</sup> (gün <sup>-1</sup> )	K <sub>d</sub> <sub>sat</sub> (m <sup>2</sup> gün <sup>-1</sup> )	K <sub>sat</sub> (m gün <sup>-1</sup> )
1	0.958	0.05192	0.054	13.808	5.436
2	0.793	0.02692	0.034	8.649	3.405
3	0.472	0.01196	0.025	6.456	2.542
4	0.397	0.01032	0.026	6.623	2.607
5	0.332	0.00939	0.028	7.206	2.837
6	0.207	0.00594	0.029	7.311	2.878
7	0.192	0.00505	0.026	6.701	2.638
8	0.177	0.00456	0.026	6.564	2.584
9	0.153	0.004	0.026	6.661	2.622
10	0.147	0.00338	0.023	5.858	2.306

11	0.125	0.00286	0.023	5.829	2.295
12	0.88	0.00229	0.0026	6.630	2.610
13	0.80	0.0020	0.0025	6.369	2.508
Ortalama			7.282		2.867
S <sub>t</sub> sapma			2.086		0.821
S <sub>e</sub>			0.579		0.228

Verilerin değerlendirilmesiyle deneme alanı topraklarının ortalama doygun hidrolik iletkenlik değerleri ortalama  $2.867 \text{ m d}^{-1}$  olduğu söylenebilir.

Belirlenen hidrolik iletkenlik değerlerinin derinlikle azaldığı ve dren döşeme derinliğinde  $2-3 \text{ m d}^{-1}$  arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil, 6). Benzer durum Nil deltasında da görülmüştür (Oosterbaan ve Nijland, 1994).



Şekil 6. K<sub>sat</sub> değerlerinin toprak derinliği ile değişimi

#### 4. Sonuç

Daha önce yapılan araştırmalarda, Ova topraklarının yüksek hidrolik iletkenlik değerlerine sahip olduğu belirtilmiştir. Bahçeci (1984) bu alan için aküferin geçirgenliğini  $K_d=7.62 \text{ m}^2 \text{ d}^{-1}$ , hidrolik iletkenlik değerini Glover-Dum eşitliğinin çözülmesiyle  $K_{sat}=3.17 \text{ m d}^{-1}$  olarak belirlerken; Ertaş (1979) Konya ovası topraklarının orta ve yüksek infiltrasyon hızına sahip olduğunu; DSİ, (1966) Ovada yapılan hidrolik iletkenlik testlerinin %76'sında K değerlerinin hızlı ve çok hızlı sınıfına girdiğini belirtmişlerdir.

Paralel dren yöntemi kapsamlı zaman alıcı külfetli bir yöntem olup, alansal olarak yinelenmesi oldukça güçtür. Ancak, açıklandığı gibi, laboratuvar test sonuçları çok büyük değişkenlik gösterdiği için güvenilirlikleri çok düşüktür (Camp, 1977; van Hoorn 1958; Kuntze, 1964; El-Mowelhi Anderson ve Cassel, 1986; Wit, 1967; Warrick ve Nielsen, 1980; Öztekin

ve Erşahin, 2006; Mallants ve ark., 2013; Silva ve ark., 2019; Gootman ve ark., 2020; Usowicz ve Lipiec, 2021). Anılan testlerle karşılaştırıldığında, paralel dren yönteminin çok büyük bir alanı temsil ettiği, ayrıca test sırasında toprağın doğal durumunun bozulmadığı, dolayısıyla taban suyunun akış yollarının bozulmamış halini ve bunların doğal düzensizliğini yansıttığı söylenebilir.

Dolayısıyla, bu yöntemle elde edilen hidrolik iletkenlik ( $K_{sat}$ ) değerleri, yatay ve dikey ölçekte bütün toprak katmanının hidrolik iletkenliğini verdiği için, elde edilen bu değer, dren aralık eşitliklerinde doğrudan kullanılabilir nitelikte olduğu söylenebilir.

**Teşekkür:** Yazar; bu çalışmada yararlanan testlerin yapıldığı Konya Bölge TOPRAKSU Araştırma Enstitüsünün tüm çalışanlarına, teknik elemanlarına, işçilerine teşekkürlerini ve saygılarını sunar.

**Finansal Destek:** Bu çalışma için herhangi bir kurumdan finansal destek alınmamıştır.

**Yazar Katkısı:** Makalenin yazım sürecinde gerçekleştirilen literatür taraması çalışması tek yazarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Tüm işlemler tek yazar sorumluluğunda gerçekleştirilmiştir.

**Çıkar çatışma beyanı:** Yazar, çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığı beyan eder.

**Etik Kurul:** Makale etik kurul onayı gerektiren bir çalışma değildir.

## Kaynaklar

Anderson, S.H., Cassel, D.K., 1986. Statistical and autoregressive analysis of soil physical properties of Portsmouth sandy loam. Soil Science Society of American Journal 50, pp. 1096-1104.

Atalay, M., Secerli, L., 1971. Konya arazi tasnif raporu, Topraksu Bölge Müdürlüğü, Konya  
Bahçeci, İ. 1984. Konya ovası kapalı drenaj projelendirme kriterleri, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Konya Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Yayınları. Gen.Yayın No:96, Rapor serisi no: 78

Bentley, W.J., Skaggs, R.W., Parsons, J.E., 1989. The effect of variation in hydraulic conductivity on water table drawdown. Technical Bulletin, North Carolina Agricultural Research Service, North Carolina State University, 288, Raleigh, 23 p.

Camp, C.R., 1977. Determination of hydraulic conductivity for a Louisiana alluvial soil. Third National Drainage Symposium Proceedings. American Society Agricultural Engineers, Michigan, pp. 1-77.

DMİ, 2020. Meteoroloji 8. Bölge Müdürlüğü- Konya <https://konya.mgm.gov.tr>

- DSİ, 1966. Konya Çumra Ovası arazi tasnif raporu, DSİ Etüd Plan Dairesi, Ankara
- Dieleman, P.J., Trafford, B.D., 1976. Drainage testing. Irrigation and Drainage Paper 28, FAO, Rome, 172 p.
- El-Mowelhi, N.M., van Schilfgaarde, J., 1982. Computation of soil hydrological constants from field drainage experiments in some soils in Egypt. Transaction of the American Society Agricultural Engineers, pp. 77-79.
- Ertaş, M.R., 1979. Konya ovası sulama şebekesi, sulama rehberi, Konya Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Yayınları, GN Yayın no:60 Rapor serisi :60
- Feki, M., Ravazzani G., Barontini S., Ceppi A., Mancini M., (2020). A comparative assessment of the estimates of the saturated hydraulic conductivity of two anthropogenic soils and their impact on hydrological model simulations. Soil & Water Res., 15: 135-147. <https://doi.org/10.17221/33/2019-swr>
- Gootman, K., Kellner, S.E., Hubbart, J.A., 2020. A Comparison and Validation of Saturated Hydraulic Conductivity Models, Water 2020, 12, 2040; doi:10.3390/w12072040
- Kuntze, H., 1964. Einfluss der Dränung auf die Struktur des Marsch Bodens. Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung 5 (3), pp. 129-134.
- Mallants, D., Mohanty, B.P., Vervoort, A., Feyen, J., 2013. Spatial analysis of saturated hydraulic conductivity in a soil with macropores. Soil Technology 10(2):115-131, DOI:[10.1016/S0933-3630\(96\)00093-1](https://doi.org/10.1016/S0933-3630(96)00093-1)
- Meester, T., de (Ed.), 1970. Soils of the Great Konya Basin, Türkiye, Agricultural Research Reports 740, Agricultural University, Department of Tropical Soil Science, Wageningen, the Netherlands
- Oosterbaan, R.J., Pissarra, A., van Alphen J.G., 1989. Hydraulic head and discharge relations of pipe drainage systems with entrance resistance. Proceedings 15th European Regional Conference on Agricultural Water Management. Vol. III. ICID, Dubrovnik, pp. 86-98.
- Oosterbaan, R.J., 1990. Parallel pipe drains with entrance resistance above a semi-confined aquifer with upward seepage. In: Symposium on Land Drainage for Salinity Control, Vol. 3. Cairo, pp. 26-35.
- Oosterbaan, R.J., Nijland, H.J., 1994. Drainage Principles and Applications. International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI), Chapter 12 in: H.P.Ritzema (Ed.), Publication 16, second revised edition, 1994, Wageningen, The Netherlands. ISBN 90 70754 3 39, Web sitesi: [www.waterlog.info](http://www.waterlog.info)
- Öztekin T., Erşahin S., 2006. Saturated Hydraulic Conductivity Variation in Cultivated and

- Virgin Soils, Turk J Agric For 30 (2006) 1-10
- Silva, G.S., Silva, J.S., Pereira, F.A.C., Santana, R.A., Firmo, R.S., Sobrinho, P.L.O., 2019. Spatial variability of the saturated hydraulic conductivity of soil in cocoa farming in recôncavo baiano Sobrinho. <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n323rc>
- Usowicz, B., Lipiec, J., 2021. Spatial variability of saturated hydraulic conductivity and its links with other soil properties at the regional scale. *Sci Rep* 11,8293 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86862-3>
- Van Hoorn, J.W., 1958. Results of a groundwater level experimental field with arable crops on a clay soil. *Netherlands Journal Agricultural Science*, 6, pp. 1-10. <https://doi.org/10.18174/njas.v6i1.17718>
- Warrick, A.Q., Nielsen D.R., 1980. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: *Applications of soil physics* (Ed. D. Hillel), Academic Press, Inc. New York, USA. pp. 319-344.
- Wit, K.E., 1967. Apparatus for measuring hydraulic conductivity of undisturbed soil samples. Technical Bulletin 52. Institute for Land and Water Management Research, Wageningen, 12 p.