

Doygun Koşullarda Hidrolik İletkenlik Belirleme Yöntemlerinin Karşılaştırılması

K. Sulhi GÜNDOĞDU*
Attila YAZAR**

ÖZET

Arazide doymuş koşullarda hidrolik iletkenliğin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan auger-hole, piezometre, dren verdisi yöntemleri ve laboratuvar yöntemiyle (Hollanda tipi permeametre) elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve her bir yöntem uygunluk, güvenilirlik, işgücü ve ekipman gereksinimi, zaman gereksinimi ve temsil edilen toprak hacmi yönünden irdelenmiştir.

Anılan yöntemlerle yapılan ölçümler sonucu elde edilen ortalama doymuş hidrolik iletkenlik değerleri, sırasıyla 0.58 cm/h, 0.37 m/h, 0.67 cm/h ve 0.30 cm/h dir. Arazi koşullarında en uygun sonucu çok büyük bir toprak hacmini temsil eden dren verdisi yöntemi vermiştir. Bunu auger-hole yöntemi izlemiştir.

Anahtar Sözcükler: Hidrolik iletkenlik, Auger-Hole, Piezometre.

SUMMARY

Comparison of the Methods for Determining Saturated Hydraulic Conductivity in Field

Saturated hydraulic conductivity values determined in situ by augerhole, piezometer and drain-flow methods were compared with the laboratory method (Holland type permeameter) and the methods were eva-

* Uzman; U.Ü. Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü.

** Doç. Dr.; Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü.

luated on basis of accuracy, reliability, labor and equipment requirement, time requirement and volume of soil represented.

Mean saturated hydraulic conductivities obtained from the utilization of the above mentioned techniques are 0.58 cm/h, 0.37 cm/h, 0.67 cm/h and 0.30 cm/h, respectively. The drain-flow method of hydraulic conductivity determination resulted in most reliable value in comparison to others due to the representing a large soil volume; Followed by the Auger-hole method.

Key Words: Hydraulic Conductivity, Auger-hole, Piezometer.

GİRİŞ

Drenaj sistemlerinin projelenmesi ve kontrol altına alınacak hidrolik eğim değerine göre gerekli akış hızının belirlenmesi herşeyden önce toprakların doygun hidrolik iletkenlik değerlerinin doğru bir şekilde belirlenmesini gerektirir (Berkman, 1968). Darcy yasasının geçerli olduğu koşullarda, toprağın bünyesinden suyu iletme yeteneği doygun hidrolik iletkenlik ile karakterize edilir. Doygun hidrolik iletkenlik (K) değerinin kullanıldığı alanlar, sulama ve drenaj sistemlerinin projelenmesinden toprak suyunun hareketinin ve toprak profilinin gelişiminin karakterize edilmesine dek değişir (Bouwer and Jackson, 1974; Mein and Larson, 1973). Hidrolik iletkenlik değeri ayrıca doygun olmayan koşullardaki akışla ilgili çalışmalarda da kullanılmaktadır.

Laboratuvarda kullanılan hidrolik iletkenlik ölçüm yöntemleri ise K değerini yatay ve düşey yönde, taban suyu düzeyi altında veya üstünden alınmış, bozulmuş veya bozulmamış toprak örneğinde ölçümlerini esas almaktadır. Bu nedenle bu yöntem geniş bir uygulama alanına sahiptir. Ancak bu yöntemin kullanılmasını sınırlayıcı iki faktör vardır. Bunlardan birincisi yöntemin zaman alıcı olması, uygun laboratuvar koşulları istemesi ve dikkatli bir ölçme tekniği istemesi; ikinci sınırlama ise örneklenen hacmin çok küçük olmasıdır (Kessler and Oosterbaan, 1974).

Herman and Jackson (1974)'nın belirttiğine göre bu konuda çalışan çok sayıda araştırmacıların elde ettikleri sonuçlar şu şekilde özetlenebilir. Johnson ve ark., Dren verdi ve Auger-hole yöntemleriyle benzer K değerlerini bulmuşlardır. Talsma, piezometre ve auger-hole yöntemlerini kullanarak (aynı burgu deliği için) benzer K değerlerini elde etmiştir. Kessler and Oosterbaan (1974) kovan burgu deliği yönteminde burgu deliği dibinden 20 cm. altına kadar ve 30 cm. yarıçaplı toprak kolonlarının hidrolik iletkenlik değerinin ölçülebildiğini belirtmişlerdir. Piezometre yönteminde ise dikey yönde oluşturulan boşluktan bir veya iki oyuk uzunluğundaki yarıçap içinde toprağın K değerinin ölçülebildiğini vurgulamışlardır.

Bu çalışmada, arazide Auger-Hole, Piezometre ve Dren Verdisi Yöntemleri ile belirlenen K değerleri ile toprak profilinden yatay ve düşey örneklemeyle

alınan bozulmamış toprak örnekleri üzerinde laboratuvarda ölçülen K değerlerinin karşılaştırılması ve yöntemlerin irdelenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOD

Araştırma, Köy Hizmetleri Tarsus Araştırma Enstitüsü M. Alap alt istasyonunda yürütülmüştür. Araştırma yeri, tuzluluk ve alkalilik ıslahı için drenaj laboratuvarı olarak düzenlenmiş olup burada yapılan çalışmalardan elde olunan veriler Tarsus ovasında yeni kurulacak kapalı drenaj sistemlerinin projelenmesinde kriter olarak kullanılmaktadır (Yarpuzlu ve Doğan, 1986). Deneme yeri toprağının bazı fiziksel özelliklerine ilişkin veriler Tablo 1'de verilmiştir. Kil tipi 2:1 kristal yapıya sahip şişme özelliği gösteren montmorillonit'tir (Yarpuzlu ve Doğan, 1986).

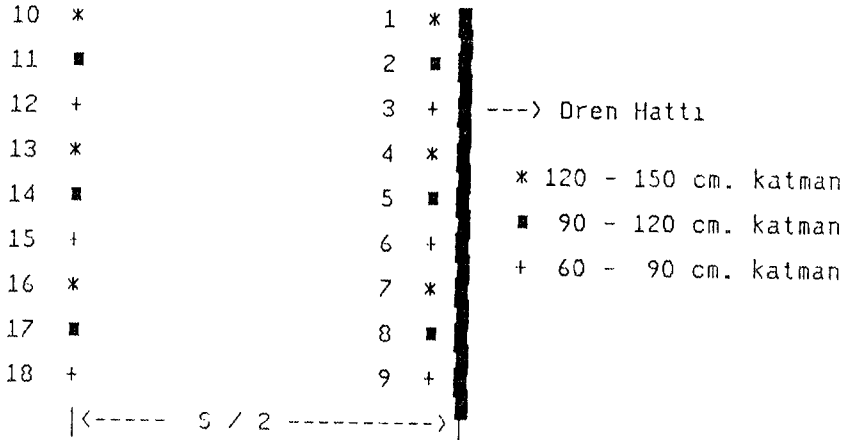
Tablo: 1
Araştırma Yeri Toprağının Bazı Fiziksel Özellikleri

Toprak Derinliği (cm)	Tarlâ Kapas. (% PV)	Solma Noktası (% PV)	Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)	Tane İril. Dağılımı			Bünye Sınıf.
				KUM (%)	SİLT (%)	KİL (%)	
0 - 30	42.71	25.46	1.23	3.53	23.10	73.37	C
30 - 60	44.25	25.67	1.21	2.50	16.17	81.33	C
60 - 90	45.30	27.22	1.2	8.05	42.31	49.64	SC
90 - 120	45.73	27.42	1.14	4.29	32.61	63.10	C/SC
120 - 150	43.98	26.82	1.18	1.59	3.18	95.23	C

Kovan burgu ve piezometre deliklerinin açılmasında sırasıyla 10 cm ve 4.9 cm. çaplı augerler kullanılmıştır. Piezometre yönteminde boru olarak ucu keskinleştirilmiş 5 cm çapında çelik borular kullanılmıştır. Kovan burgu deliğindeki ve piezometre borusundaki su düzeyinin karşılaştırma noktasına göre yüksekliğinin ölçmesinde elektriksel iletkenlik ilkesine göre çalışan Ohm-Metre kullanılmıştır. Bozulmamış toprak örneklerinin alınmasında çapı 5 cm uzunluğu 5.1 cm. olan çelik silindirler kullanılmıştır.

Taban suyu altındaki toprak katmanlarının K değerinin farklı yöntemlerle belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada Auger-Hole (burgu deliği), Piezometre, Dren verdisi ve laboratuvar yöntemleriyle toprağın hidrolik iletkenlik değerleri belirlenmiştir. Araştırmada uygulanan yöntemler aşağıda açıklanmıştır. Auger-hole yöntemi, taban suyu düzeyi altındaki toprak katmanlarının K'nın belirlenmesinde çok yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Çalışmanın yürütüldüğü alan topraklarının ağır bünyeli olması nedeniyle burgu deliği açılmasında

açık tip (Hollanda tipi) 10 cm. çaplı auger kullanılmıştır. Bu amaçla toprak yüzeyinden itibaren 75, 105 ve 135 cm derinliklerde ve deneme alanında kurulu bulunan ve özellikleri (Yarpuzlu ve Doğan, 1986) tarafından verilen kapalı dren hattı üzerinde 10 metre aralıklarla 3 adet ve dren aralığının yarısında 3 adet olmak üzere toplam 6 konumda ölçüm kuyuları açılmıştır (Şekil: 1). Elde olunan veriler, Johnson and Ark., (1952)'nin geliştirdiği eşitlikte yerine konularak hidrolik iletkenlik değerleri hesaplanmıştır.



Şekil: 1
*Auger-Hole ve Piezometre yöntemleriyle
 açılan kuyuların kapalı dren hattına göre konumları*

Piezometre yönteminde esas toprak içerisine çakılan piezometre borusunun hemen altına açılan 10 cm. derinliğindeki burgu deliğinde suyun yükselme hızının belirlenmesidir. Bu amaçla çapı 4.9 cm olan auger yardımıyla K değerinin belirleneceği katmanı katedecek şekilde burgu deliği açılmıştır. Anılan burgu deliğine 5 cm. çapındaki piezometre, altında 10 cm. boşluk kalacak şekilde çakılmıştır. Piezometre'ye dolan su burgu deliği boşluğunun çeperindeki gözeneklerin açılması amacıyla iki defa boşaltılmış ve daha sonra piezometre'deki su düzeyinin taban suyu düzeyine yükselmesi beklenmiştir. Karşılaştırma noktası ile piezometre borusundaki su seviyesi arasındaki uzaklık ölçülmüştür. Piezometre borusundaki su, bailer yardımıyla boşaltılarak değişik zaman aralıklarında suyun piezometre borusunda yükselme hızı ölçülerek kaydedilmiştir. Piezometre yöntemiyle hidrolik iletkenlik ölçümleri, Auger-hole (burgu deliği) yöntemiyle ölçüm yapılan noktaların hemen yakınında yapılmıştır.

Piezometre borusundaki suyun yükselmesi Boersma (1965)'nin belirttiği gibi taban suyu düzeyine 20 cm. yaklaşınca ölçümlere son verilmiştir. Her bir ölçüm noktasında Piezometrede suyun yükselme hızı en az üç zaman aralığında be-

lirlenmiştir. Arazide elde olunan veriler Luthin ve Kirkham (1948) tarafından geliştirilen eşitlikte yerine konularak K değerleri hesaplanmıştır.

Dren verdisi yönteminin esası; arazideki hidrolik yük ile drenaj çıkış ağız su debisi arasındaki ilişkiden yararlanarak drenaj hattının temsil ettiği alanın K değerinin belirlenmesidir. Tarsus Köy Hizmetleri elemanlarınca 1986 yılında aynı alanda dren verdisi yöntemiyle ilgili çalışma yapılmış olup burada çalışma yinelenmeyip önceki çalışmanın sonuçları (Yarpuzlu ve Doğan, 1986)'dan alınmıştır.

Laboratuvar yönteminde araştırma alanından çapı 5 cm., uzunluğu 5.1 cm olan silindirlerle 15, 45, 75, 105 ve 135 cm toprak katmanlarından yatay ve düşey örneklemeye alınan bozulmamış toprak örneklerinde "Hollanda tipi permeametre" aygıtı ile K değeri ölçümleri yapılmıştır. Doyurulan bozulmamış toprak örneklerinde K değeri belirlemeleri değişken düzeyli yük altında yapılmış ve Hil-lal (1980)'e göre K değerleri (cm/saat olarak) saptanmıştır. Profil boyunca yatay ve düşey yöndeki K değerleri (Oğuzer ve ark., 1982) tarafından verilen eşitlikle hesaplanmıştır.

ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Auger-Hole Yöntemi: Bu yöntemde taban suyu düzeyi, arazide ölçüm derinliğini belirleyen en önemli etkidir. Ölçümlerin yapıldığı Şubat-1987 ve Ocak-1988 tarihlerinde taban suyu düzeyinin toprak yüzeyinden 42 cm aşağıda olması nedeniyle bu yöntemle ancak 60-90 cm., 90-120 cm ve 120-150 cm katmanlarının K değerleri belirlenebilmiştir. Taban suyu düzeyinin üzerindeki katmanlarda (0-60 cm) ise K değerleri belirlenememiştir. Auger-Hole yöntemiyle değişik noktalarda ve farklı katmanlarda belirlenen K değerleri Tablo: 2'de verilmiştir. Toprak profilinin 60-90 cm. lik katmanlarında açılan burgu deliklerinden biri dışında diğerlerinde su yükselmesi gözlenememiştir. Bu katmanda ölçüm yapılabilen tek burgu deliğinde burgu deliği tabanına çamur dolması nedeniyle sağlıklı bir ölçüm yapılamamış ve 1 adet ölçümle yetinilmiştir.

Tablo 2'de görüldüğü gibi burgu deliği yöntemi ile belirlenen K değerleri 60-90 cm lik katmanın K değeri 0.78 cm/h olarak belirlenmiştir. Toprak profilinin 90-120 cm lik katmanında K değerleri 0.08 ile 0.17 cm/h arasında, 120-150 cm.lik katmanda ise K değeri 0.38 ile 0.90 cm/h arasında değişmektedir.

Piezometre Yöntemi: Bu yöntemde piezometre boruları Auger-Hole yöntemiyle ölçüm yapılan noktalardan 2-3 m. uzaklıkta ancak drenden aynı uzaklıkta çakılmış ve her bir Piezometre kuyusu için Auger-Hole yöntemindeki kuyu numaraları verilmiştir. Piezometre yöntemiyle belirlenen K değerleri Tablo 3'de verilmiştir.

Ölçümlerde toprak profilinin 60-90 cm lik katmanına çakılan piezometre borularından ancak ikisinde ölçüm yapılabilmiştir. Piezometre yöntemiyle 60-90 cm katmanda ortalama K değeri 0.07 cm/h; 90-120 cm. de ise 0.22 cm/h ve 120-150 cm. katmanda ise 1.14 cm/h olarak belirlenmiştir.

Tablo: 2
Auger-Hole Yöntemiyle Belirlenen Doygun Hidrolik İletkenlik Değerleri

Katman Derinliği (cm)	Kuyu No.	Hidrolik İletkenlik (K cm/saat)					Ortalama Hidrolik İletkenlik (cm/h)	Standart Sapma (cm/h)
		1.	Y i n e l e m e l e r					
			2.	3.	4.	5.		
60-90	3	0.78					0.78	
90 - 120	2	0.17	0.16	—	—	—	0.17	0.01
	5	0.13	0.07	0.09	—	—	0.10	0.03
	8	0.11	—	—	—	—	0.11	—
	11	0.07	0.06	0.10	—	—	0.08	0.02
GENEL ORTALAMA							0.12	0.04
120 - 150	1	0.38	0.25	0.57	0.31		0.38	0.14
	4	0.47	0.39	0.36			0.41	0.06
	7	0.88	0.48	0.48			0.61	0.23
	10	0.97	0.92	0.58	1.00	0.93	0.90	0.16
	13	0.10	0.89	0.78			0.59	0.43
	16	0.07	0.79	0.83			0.56	0.43
	18	0.58					0.58	
GENEL ORTALAMA							0.58	0.17

Tablo: 3
Piezometre Yöntemiyle Belirlenen Doygun Hidrolik İletkenlik Değerleri

Katman Derinliği (cm)	Kuyu No.	Hidrolik İletkenlik (K cm/saat)					Ortalama Hidrolik İletkenlik (cm/h)	Standart Sapma (cm/h)	
		1.	Y i n e l e m e l e r						6.
			2.	3.	4.	5.			
60-90	15	0.03	0.01				0.02	0.01	
	18	0.11					0.11		
GENEL ORTALAMA							0.07	0.06	
90 - 120	2	0.35	0.34	0.37	0.39	0.36	0.36	0.02	
	11	0.07	0.07	0.12	0.07	0.29	0.12	0.10	
	14	0.31	0.30	0.37	-	-	0.33	0.04	
	17	0.07	-	-	-	-	0.07		
GENEL ORTALAMA							0.22	0.15	
120 - 150	1	1.53	1.53	1.44			1.50	0.05	
	4	1.14	0.94	1.10	1.12		1.08	0.09	
	10	0.89	0.91	0.99	0.92	1.01	0.94	0.05	
	13	1.08	1.03	0.98	0.97		1.02	0.05	
GENEL ORTALAMA							1.14	0.25	

Dren Verdisi Yöntemi: Araştırma yerindeki yüksek taban suyu düzeyinin zaman içindeki düşüşü sırasında ölçülen hidrolik yük ve buna bağlı olarak bulunan dren verdileri Tablo: 4'de verilmiştir.

Tablo: 4
M. Alap Deneme İstasyonuna İlişkin Zaman, Hidrolik Yük ve Dren Verdileri

Zaman (Gün)	Hidrolik Yük (m)	Dren Verdisi	
		m ³ /gün	mm/gün
0.00	1.207	20.563	4.284
1.00	1.172	11.664	2.430
2.00	1.087	8.640	1.800
3.00	1.040	6.506	1.368
4.00	1.012	5.616	1.170
5.00	0.958	5.357	1.116
6.00	0.915	4.147	0.864
7.00	0.853	3.888	0.810
8.00	0.793	3.456	0.720
9.00	0.747	2.851	0.590
10.00	0.700	2.592	0.540
11.00	0.653	2.246	0.468
12.00	0.593	2.074	0.432
13.00	0.558	1.728	0.360
14.00	0.508	1.555	0.324

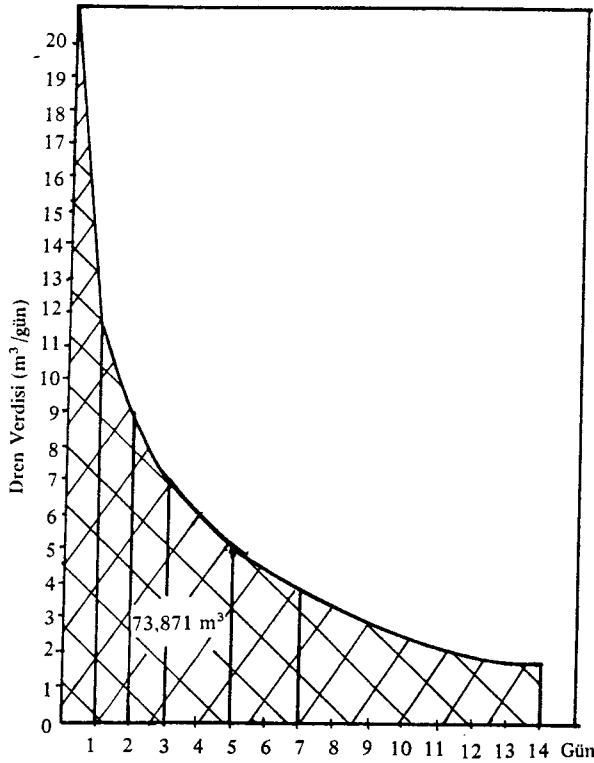
Tablo 4'teki zaman (gün) ve Dren verdileri (m³/gün) değerlerinden yararlanarak dren verdisi-zaman ilişkisini gösteren eğri Şekil 2'de çizilmiştir (Yarpuzlu ve Doğan, 1986).

Tablo 4'teki hidrolik yük (mm) ve dren verdisi (mm/gün) değerlerinden yararlanarak araştırma alanına ilişkin hidrolik yük (h)-dren verdisi (q) ilişkisi bulunmuştur.

$$K = (q/h \times s^2/2\pi)/d$$

Eşitlikte, q/h, Şekil 2'deki eğrinin eğimi, s, Dren aralığı (m), d, Hooghoudt eşdeğer bariyer derinliği'dir (Yarpuzlu ve Doğan, 1986).

Araştırma alanında dren derinliği 1.37 m., dren çapı 0.16 m ve toprak yüzeyinden itibaren bariyer derinliği 10.0 m olduğundan Hooghoudt eşdeğer bariyer derinliği d = 3.76 m olarak hesaplanmıştır (Yarpuzlu ve Doğan, 1986). Buradan K değeri 0.67 (cm/saat) olarak bulunmuştur.



Şekil: 2
Deneme alanı dren verdisi ($m^3/gün$)-Zaman (gün) ilişkisi

Laboratuvar Yöntemi: Toprak profilinin 150 cm derinliğine dek her 30 cm lik katmandan yatay ve düşey yönde bozulmamış örnekler alınarak laboratuvar-da Hollanda Tipi Permeametre ile K ölçümleri yapılmış ve sonuçlar Tablo 5'de verilmiştir. Profil boyunca ortalama yatay ve düşey K değerleri (Oğuzer ve Ark., 1982) tarafından verilen eşitlikler yardımıyla bulunmuştur. Tablo 5'deki değerler kullanılarak yatay ve düşey ortalama K değerleri sırasıyla 1.26 cm/h ve 0.12 cm/h olarak hesaplanmıştır.

Profilin ortalama K değeri (Wu, 1976) tarafından verilen eşitlik yardımıyla 0.39 cm/h olarak bulunmuştur. Auger Hole yönteminde profil boyunca ortalama K değeri 0.58 cm/h'dir. Piezometre yöntemi yatay yönlerdeki K'yı temsil ettiği için ortalama iletkenlik değeri 0.48 cm/h olarak bulunmuştur. Dren verdisi yönteminde söz konusu değer 0.67 cm/h ve laboratuvar yönteminde ise 0.39 cm/h olarak bulunmuştur (Tablo: 6).

Araştırmada elde olunan bulgulardan auger-hole yönteminin, gerçeğe en yakın değeri verebilen dren verdisi yöntemine oldukça yakın bir uygunluk gösterdiği anlaşılmıştır. Diğer taraftan dren verdisi yöntemi ile elde edilen K değerlerinin, bozulmamış örneklerde ölçüm yapılan laboratuvar yöntemiyle elde edilen

Tablo: 5
Laboratuvar Yöntemiyle Belirlenen Hidrolik İletkenlik Değerleri

Katman Derinliği (cm)	Kuyu No.	Hidrolik İletkenlik (K cm/saat)					Ortalama Hidrolik İletkenlik (cm/h)	Standart Sapma (cm/h)	
		1.	Y i n e l e m e l e r						6.
			2.	3.	4.	5.			
0 - 30	Yatay	0.02					0.02	–	
	Düşey	0.08	0.56				0.32	0.34	
	Yatay	0.42	0.12	2.79			1.11	1.46	
	Düşey	0.05	0.03	0.16			0.08	0.07	
0 - 60	Yatay	1.72					1.72	–	
	Düşey	0.12	0.01				0.07	0.08	
	Yatay	0.18	0.13	1.44			0.58	0.74	
	Düşey	0.07	–	–			0.07	–	
60 - 90	Yatay	0.61	0.24	0.12			0.32	0.26	
	Düşey	0.38	0.03	0.27			0.23	0.18	
	Yatay	0.24	1.70	0.14			0.69	0.87	
	Düşey	0.10	0.03	–			0.07	0.05	
90 - 120	Yatay	6.05	0.07	–			3.06	4.23	
	Düşey	0.10	0.39	–			0.25	0.21	
	Yatay	0.38	0.17	0.79	0.79	0.66	0.50	0.28	
	Düşey	4.18	6.00	0.06			3.41	3.04	
120 - 150	Yatay	1.81	0.02	–			0.92	1.27	
	Düşey	0.02	0.03	–			0.03	0.01	
	Yatay	2.04	11.13	0.72			4.63	5.67	
	Düşey	0.05	0.11	0.08			0.08	0.03	

değerlere oranı 1.72 gibi büyük bir orandır. Bu sonuç laboratuvar yöntemleriyle elde edilen ölçüm sonuçlarını arazi yöntem değerlerine çevirmek için bir katsayı ile düzeltilmesi gerektiği söylenebilir. Diğer bir deyişle, laboratuvar da elde olunan sonuçların doğrudan drenaj sistemlerinin projelenmesinde kullanılması çok büyük hatalara neden olabilir.

Sonuç olarak aynı toprak özelliklerini taşıyan alanlarda drenaj sistemlerinin projelenmesinde drenaj verdisi yöntemiyle elde edilen değerlerin kullanılması

Tablo: 6
Dört Yöntemde Profil Boyunca Elde Edilen Hidrolik
İletkenlik Değerleri ve Laboratuvar Yöntemi Değerine Oranları

Yöntem	Profilde Ortalama	Oran
	Hidrolik İletkenlik (cm/h)	
Auger Hole	0.58	1.49
Piezometre	0.48	1.23
Dren Verdisi	0.67	1.72
Laboratuvar	0.39	1.00

en uygun olacaktır. Ancak, drenaj sisteminin bulunduğu yerlerde dren verdisi yönteminin en yakın değerleri veren auger-hole yöntemi değerlerinin kullanılması drenaj sistemlerinin planlanmasında sağlıklı bir kriter oluşturacaktır.

Hidrolik iletkenlik ölçümlerinde arazinin ortalama K değerini en gerçekçi şekilde dren verdisi yöntemi vermektedir. Buna karşılık yöntemin işgücü, malzeme isteği fazladır ve arazide kurulu bir kapalı drenaj sistemi gerektirmektedir. Bu sebeple yöneme alternatif olarak auger-hole yöntemi önerilebilir. Auger-hole yöntemiyle elde edilecek K değerlerinin arazinin tümünü en iyi şekilde temsil edebilmesi ve gerekli istatistiksel analizlerin yapılabilmesi için arazide yeteri kadar örnekleme yapılması önerilir.

KAYNAKLAR

- BERKMAN, İ., 1968. Toprak Fiziği Ders Notları. Atatürk Üniv. Yay. Erzurum, s. 114.
- BOERSMA, L., 1965. Field measurement of hydraulic conductivity below a water table. In: *Methods of Soil Analysis* (ed. C.A. Black), Argonomy No: 9(1), 222-233.
- BOUWER, H. and JACKSON, R.D., 1974. Determining soil properties (611-672) s. *Drainage for Agriculture* (ed. J. Van Schifgaarde), 17. Am. Soc. Agr. Madison Wis. U.S.A.
- HERMAN, B. and JACKSON, R.D., 1974. Drainage for Agriculture. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA, No: 17, 611-645.
- HILLEL, D., 1980. Fundamentals of Soil Physic. Academic Press, U.S.A.
- JOHNSON, H.P., FREVERT, R.K. and EVANS, D.D., 1952. Simplified Procedure for the Measurement and Computation of Soil Permeability Below the Water Table. Agr. Eng.: 33, 283-289.

- KESSLER, J. and OOSTERBAAN, R.J., 1974. Drainage Principles and Applications. International Institute for Land Reclamation and Improvement. The Netherlands.
- LUTHIN and KIRKHAM, D., 1948. "A piezometer method for measuring permeability of soil in situ below a water table", In: *Soil Sci.* Vol. 68, 341-358.
- MEIN, R.G. and LARSON, C.L., 1973. Modelling Infiltration During a Steady Rain. *Water Resour Res.*: 9, 384-397.
- OĞUZER, V., KUMOVA, Y., KIRDA, C., DİNÇ, G., TÖLÜCÜ, K., 1982. Drenaj Mühendisliği Seminer Notları. Topraksu Eğitim Merkezi, Tarsus.
- WU, T.H., 1976. Soil Mechanics. Ohio State University. Allyn and Bacon, Inc. London, s. 440.
- YARPUZLU, A. ve DOĞAN, D., 1986. Tarsus Ovası Kapalı Drenaj Projeleme Kriterleri, Tarsus Araş. Ens. Yay. 115, Tarsus, s. 37.

