

## TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ

The Sixth coal congress of TURKEY

### LAVUAR ARTIĞIMDAN URETİLEN HİDROLİK DOLGU MALZEMELERİNDE AKIŞ ÖZELLİKLERİ

### THE FLOW CHARACTERISTICS THROUGH HYDRAULIC PILLING MATERIALS PRODUCED FROM COAL WASHERS REJECTS

Gürel ENJÜR\*

#### ÖZET

Bu çalışmanın konusu, sistematik olarak tane boyu dağılımı değiştirilen lavuar artıca dolgu malzemelerinde su akışı özelliklerinin incelenmesidir. Özel permeabilite deney sistemi geliştirilmiştir. Basınç gradyeni ( $dP/dL$ )-eu akışı hızı ( $v$ ) ilişkileri, ortamların gerçek permeabilite değerleri ( $K_0$ ) ve bu permeabilite değerlerinin kare kokunu karakteristlik uzunluk alarak fanning sürtünme faktörleri ( $f_k$ ) ve Reynold ( $R_k$ ) sayıları arasında ilişki incelenmiştir. Ortamların gerçek permeabilite değerlerini ( $K_0$ ) tane boyu dağılımı parametrelerine bağlayan bir eşitlik geliştirilmiştir. Gerçek permeabilite değeri  $K_0=1 \times 10^{-9}$  ( $m^2$  değerinden büyük olan ortamlarda laminer akışın hakim olduğu düzensiz veya geçiş akış, küçük olan ortamlarda Darcy kuralının tamamıyla geçerli olduğu laminer akış gözlenmiştir.

#### ABSTRACT

The subject of this paper is concerned with the investigating water flow characteristics through the backfill materials of coal washery rejects with respect to systematic variation in their particle-size distribution. A special permeability test system has been developed. Followings have been inspected: Relationships between pressure gradient ( $dP/dl$ ) and flow velocity ( $v$ ), True permeabilities ( $K_0$ ), Relationship between Fanning friction factor ( $f_k$ ) and Reynold number ( $R_k$ ) by using the square root of permeability as characteristic length. An equation which expresses the true permeability ( $K_0$ ) in terms of particle-size distribution parameters has been developed. It has been observed that, the non-linear or transition flow in which laminar flow dominant exists through materials which have true permeabilities ( $K_0$ ) greater than  $K_0=1 \times 10^{-9}$  ( $m^2$ ) and complete laminar flow governed by Darcy law exists through materials, which have true permeabilities ( $K_0$ ) smaller than  $K_0=1 \times 10^{-9}$  ( $m^2$ )

x) Dr.Maden İlik.Müh. ,H.Ü.Mühendislik Fak.,Maden Müh.Böl., Beytepe-AHKARA

## 1. GİRİŞ

İladan ocaklarında hidrolik dolgu olarak kullanılan malzemelerde su akışı Darcy kuralının geçerli olduğu tam laminar akış olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, özellikle tana boyu dağılımına bağlı olarak büyük farklılık gösteren su akışı özelliklerinin anlatımı ve değişimi konusunda bilgi sahibi olmak üzere bir seri deney programlanmıştır. Çalışma malzemesi olarak lavuar artıklarının seçilmesi nedeni, bu malzemelerin ocaklarda en yaygın hidrolik dolgu malzemesi olarak kullanılmalarıdır. Armutçuk Bölgesi lavuar artıklarından geni-, hacimde örnek getirilmiştir. Eleme» grunlandırma ve karıştırma yöntemleri ile çeşitli tana boyu dağılımında malzemeler üretilip, özel olarak dizayn edilen test sistem ve programında çalışmalar yürütülmüştür.

## 2. TEORİK BİLGİ

### 2.1. Poroz Ortamda Akış

Fİ, Nuskat, poroz ortamda turbülanslı akışı aşağıdaki şekilde ifade etmiştir(1):

$$\frac{dP}{dL} = r v + u v^2 \quad [1]$$

Burada,  $dP/dL$  birim mesafede basınç düşmesini,  $v$  ise makroskopik akış hızını gösterir,  $r$  ve  $u$  akışkana ve poroz ortama bağlı sabit sayılardır.

Laminar ve turbülanslı akımlar için verilen genel boyutsal ifade;

$$\frac{dP}{dL} = f(v, K, \rho, \mu) \dots \quad [2]$$

Burada,  $f$  bilinmeyen fonksiyonu,  $K$  poroz ortamın permeabilitesini,  $\rho$  akışkanın (su) kütle yoğunluğunu, ve  $\mu$  akışkanın mutlak viskozitesini sembolize etmektedirler.

öyutsal analize yore (-0 :

$$\left[ \frac{dP}{dL} \right] = \left[ v^a K^b \rho^c \mu^d \right] \quad [3]$$

Eşitliğin iki tarafındaki parametrelerin ana boyutlar kütle, M, uzunluk, L ue zaman T ile belirlenen karşılıkları yerleştirilirse;

$$\left[ M L^{-2} T^{-2} \right] = \left[ M^{c+d} L^{a+2b-3c-d} T^{-a-d} \right]$$

elde edilir, a ussuna bağlı olarak b, c ve d çözümlenirse;

$$\frac{dP}{dL} = \rho \left( v^a K^{\frac{a-3}{2}} \mu^{2-a} \right) \quad [5]$$

ue 1 ue 5 denklemleri birleştirilirse;

$$\frac{dP}{dL} = \sum_{a=1}^{a=2} C_a v^a K^{\frac{a-3}{2}} \mu^{2-a} = C_1 \frac{v}{K} + C_2 \frac{\rho}{K^{1/2}} v^2 \quad [6]$$

Paraz ortamda laminer akış, Darcy kuralına göre verilmiştir (3) :

$$\frac{dP}{dL} = \frac{\mu v}{K} \quad [7]$$

Du^uk hızlarda, 6. denklemindeki (C<sub>2</sub>ρv /K ' ) tarımı onamsiz kalmakta va b va 7 ifadeleri eşitlenmektedir, üü nedenle, C<sub>2</sub>= 1 olmaktadır. Basit sakilde yazılırsa, 6 ifadesi,

$$\frac{dP}{dL} = \frac{v}{K} + \frac{c\rho v^2}{\sqrt{K}} \quad [8]$$

olmaktadır •

Yüksek hızlarda 8 ifadesi,

$$\frac{dP}{dL} = \frac{c_P v^2}{\sqrt{K}} \quad [9]$$

ifadesine yaklaşmaktadır.

Çok araştırmacı, poraz ortamda akış özelliğini belirlemede kullanılan boyutsuz Reynold sayısını karakteristik uzunluğu  $\sqrt{K}$  olarak ifade etmektedirler (4)(5).  
Permaoilite Reynold sayısı,

$$R_k = \frac{v \sqrt{K} \rho}{\mu} \quad [10]$$

Diğer taraftan, borulardaki akışa benzer olarak poraz ortamda sürtünme kaybını belirlemede boyutsuz Fanning sürtünme faktörü ( $f_k$ ) kullanılmaktadır (6);

$$f_k = \frac{dP}{dL} \frac{\sqrt{K}}{v^2 \rho} \quad [11]$$

Öylece, eşitlik 7 de verilen Darcy kuralı,

$$f_k = \frac{1}{R_k} \quad [12]$$

olarak yazılabilir. Eşitlik 11 den

$$f_k = \frac{1}{R_k} + C \quad [13]$$

Eşitlik 9 dan

$$f_k = C \quad [14]$$

elde edilir.

Bu sonuçlara göre, deneylerde elde edilen  $R_k$  değerlerine karşı  $f_k$  değerleri, (düzgün) akış koşulunda eşitlik 11 ile verilen ilişkide, düzensiz (non-linear) akış

koşullarında eşitlik 13 ile verilen ve türbilanslı akış durumunda eşitlik 14 da verilen ilişkide dağılım göstereceklerdir .

### 1.1. Perméabilité (K) Değerlerinin Bulunması

Dolgu karışımlarının meydana getirdiği poroz ortamların permeabiliteleri  $\frac{v_p}{\mu}$  vs karşılık eşitlik 12 den elde edilen  $l/K$  nin grafik olarak çizilmesi ile elde edilir. Bu ilişki düzgün doğrusal, ilişkidir. Doğrunun,  $l/K$  ordinatını.,  $\frac{v_p}{\mu}=0$  başlangıcında kestiği  $l/K$  değerinin tersi ortamın gerçek permeabilitesini ( $K_0$ ) vermektedir. Doğrusal ilişki şu şekilde verilebilir;

$$\frac{l}{K} = \frac{l}{K_0} + \epsilon \frac{v_p}{\mu} \quad [15]$$

veya

$$\frac{dl}{\mu v} = \frac{l}{K_0} + \epsilon \frac{v_p}{\mu} \quad [16]$$

$$\frac{dl}{dL} = \frac{l}{K_0} \mu v + \epsilon \rho v^2 \quad [17]$$

Görüleceği üzere, eşitlik 17,  $E = C/\rho K$  alınmak suretiyle, eşitlik 8 ile aynı olmaktadır. Laminer akış koşulunda,  $E \rho v = \mu$  veya  $E = \mu / \rho v$  ( $c=0$ ) olacağından,  $\frac{v_p}{\mu} = l/K$  doğrusu apsise paralel doğru durumuna gelecektir ( $l/K = l/K_0$  ).

### 3.1.1. Malzeme Tane Boyu Dağılımı

Poroz ortamın özellikleri, ortamı meydana getiren tanelerin şekil ve yapılarına, malzemenin tane boyu dağılımına bağlıdır(7). Tek tip malzeme kullanıldığında, ortamları Dinlerce tane meydana getirdiğinden istatistiksel olarak ortamların tane şekil ve yapılarının farklılaşması önemsiz olmaktadır(3).

Literatürde, tane boyu dağılımını belirlemek üzere aşağıdaki parametreler kullanılmaktadır,

$d$  = En büyük tane boyu

$d$  . = En küçük tane boyu

$d, Q$  = Etkin tane boyu» malzemenin ağırlıkça % 60'unun geçtiği elek açıklığında tane boyu

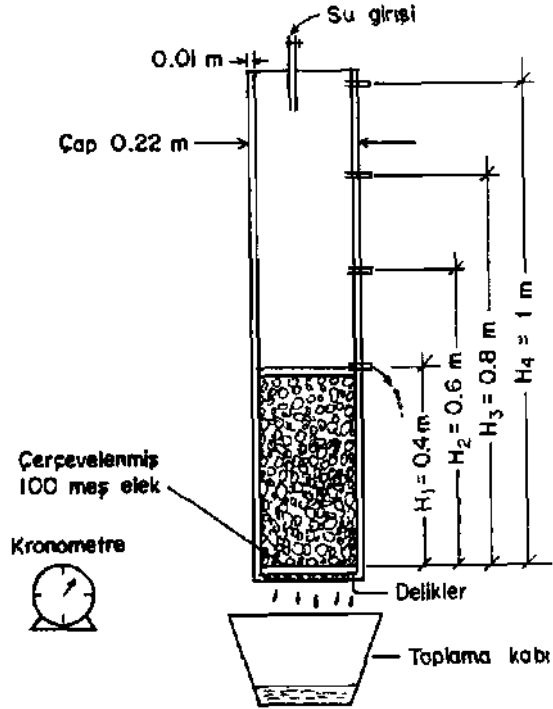
$c$  = Ünlformluluk katsayısı,  $c = d_{60}/d_{10}$

$c$  = Derecelenme katsayısı,  $c = d_{60}/d_{30}$

Burada,  $d_{60}$  ve  $d_{30}$  malzemenin ağırlıkça % 60 ve % 30'unun geçtiği elek açıklığındaki tane boylarıdır\*

### 3. PERMEABILITE DENEYLERİ

Permeabilite deneyleri düşey tipte ve sabit seviyeli olarak yapılmıştır. Kullanılan sistem ve artan seviye kademeleri Şekil.1 de gösterilmektedir.



Şekil.1. Laboratuvarda kullanılan Permeabilite test sistemi.

Kullanılan malzemedeki en büyük tane boyutuna ( $d_{max}$ ) göre silindirik kabın çapı (D) belirlenmiştir ( $D > 10 d_{max}$ ) (9j)» Malzeme kolan yüksekliği (L) 35-40 cm arasında değişmektedir. Deney malzemesinin, hazırlanması ve deney kabına yerleştirilmesinde uayment ve Nicholson tarafından öngörüler» işlemler uygulanmıştır!ü)• Dabi okuma dağerleri asit zaman aralıklarında (5 dakika) 4 ila 5 defa alınmış ve bunların ortalaması alınmıştır» Dort su yüksekliği kademesinde ( $h = Q \cdot 4, Q \cdot 6, \dot{U} \cdot a, l \text{ m}$ ) elde edilen akış hızları u (m/san) ile basınç gradyeni  $rP/dL$  (Neuton/nı /m) ve hız u (m/san) ilişkileri incelenmiştir. Her saviyade hesaplanan, permaabilita (K) değerleri ile daha önce verilmiş olan yöntemle ortamın gerçek permeabilite dageri (K) bulunmuştur. Perméabilité (K) değerinin hesaplanması ve kullanılan birimler aşağıda verilmiştir :

$$K = \frac{Q \cdot L \cdot \mu}{H \cdot A \cdot \rho^2 \cdot g}$$

2

Burada, K = Perméabilité, m  
Q = Süzülen su kütlesi kg/san  
L = Gözenekli ortamın yüksekliği, m  
H = Su sütununun yüksekliği, m  
A = Gözenekli ortamın akış yönüne dik kesit alanı, m<sup>2</sup>  
/\* = Akan suyun dinamik viskozitesi, kg/m.san  
p = Akan suyun yoğunluğu, kg/m<sup>3</sup>  
g = Yer çekimi ivmesi, m/san

#### 4» DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Armutçuk Bölgesi lavuar artıklarından alınan numuneler genelde siltaşı ve kumtaşı karışımıdır. Siltaşları miktarca çok daha fazladır. Bu numunelerden hazırlanan deney malzemelerindeki taneler değişik ve farklı biçimlerde. Genellikle, köşeli ve düzgün olmayan yüzey ve kenarlara sahip, uzun, yassı., prizmatik şekiller hakim olup, taneler arasında en/bay, Bn/kalınlık oranları farklılık göstermektedir. Üzgül ağırlık değeri, G =2.57 olarak bulunmuş ve su emme yüzdesi A=% 1.7 olarak elde edilmiştir.

Deneyleri yapılan malzemeler numaralanmış ve tane boyu dağılımını belirleyen parametreler ve ortam porozite-  
leri n (boşluk hacmi/toplam hacım) Tablo.1-de verilmiştir.

Tablo 1. Deneylerde kullanılan malzemelerin Özellikleri

| Malzeme No. | En büyük tane boyu max (mm) | % 30 mal. geçen boy $d_{80}$ (mm) | Uniform. katsayısı $C_u$ | DereceİBn. katsayısı $C_c$ | Etkin çap $d_{10}$ (mm) | En küçük tang boyu min (mm) | Porozite n |
|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------------|------------|
| 1           | U.2                         | 6.52                              | 3.04                     | 0.71                       | 0.197                   | 0.15                        | 0.427      |
| 2           | 19-0                        | 9.5                               | 17.7                     | 0.226                      | 0.22                    | 0.15                        | 0.378      |
| 3J          | 19.0                        | 11. U5                            | 14.25                    | 1.23                       | • .36                   | 0.15                        | 0.374      |
| 4           | 19.0                        | 10.44                             | 13.06                    | 2,37                       | 0.5                     | 0.15                        | 0.43       |
| 5           | 19.0                        | S.25                              | 3.9                      | 0.77                       | 0.96                    | 0.5                         | 0.489      |
| 6           | 19.0                        | 9.09                              | 5.02                     | 0.757                      | 0.BÜ                    | 0.5                         | 0.439      |
| 7           | 19.0                        | 15.76                             | 12.33                    | 0.9                        | 0.97                    | 0.5                         | 0.429      |
| <b>a</b>    | 13.2                        | B.59                              | 7.2                      | 1.033                      | 0.B7                    | 0.5                         | 0.451      |
| 9           | 19.0                        | 15.23                             | 6.59                     | 1.93                       | 1.64                    | 0.5                         | 0.46       |
| 10          | 19.0                        | 12.13                             | <b>a.6a</b>              | 1.3                        | 1.13                    | 0.5                         | 0.448      |
| 11          | 19.0                        | 10.0                              | 4.53                     | 1.11                       | 1.52                    | 0.5                         | 0.462      |
| 12          | 19.0                        | 12.23                             | 4.33                     | 1*26                       | 2.35                    | 0.5                         | 0.476      |
| 13          | 19.0                        | 12.33                             | 3.43                     | 1.38                       | 3.23                    | 0.5                         | 0.485      |
| 14          | 19.0                        | İS.46                             | 3.0                      | 1.09                       | 4.03                    | 3.36                        | 0.483      |
| 15          | 19.0                        | 12.2                              | 3.27                     | 1.47                       | 3.2                     | 0.5                         | 0.484      |
| 16          | 19.Ü                        | 15.43                             | 5.J5                     | 0.9                        | 2.26                    | 0.5                         | 0.462      |
| 17          | 19.0                        | 16.0                              | 2.9                      | 0.93                       | 4.33                    | 3.36                        | 0.494      |
| 18          | 19.0                        | 12.23                             | 2.04                     | 1.0                        | 5.1                     | 3.35                        | 0.498      |
| 19          | 19.0                        | 16.1                              | 1.73                     | 0.9                        | 7.63                    | 6.7                         | 0.513      |



Yükselen dört su basıncı (dP/dL) değerlerinde sdd& edilen su akış hızları (v) ile hesaplanan permeabilitB (KJ değerlerinden bulunan l/K ve vpw ilişkileri Şekil 2 ve Şekil S da verilmektedir. Şekil 2 dgn 1 den İÜ a kadar numaralanmış malzeme modellerinde su akışının tamamıyla laminer olduğu, görülmektedir. Şekil 3 de ise, doğruların eğimlerinin mevcut olması, eşitlik 16 da verilen E nin sıfırdan büyük değerinin olduğunu va eşitlik 17 de verilen. ilişkinin geçerliliğini göstermektedir. D hal.de 11 den 19 a kadar numaralanan malzeme modellerinde laminer ve türoilanslı akım karışımı düzensiz akım koşulları mevcuttur.

Şekil 4 de, oasinç gradyeni (dP/dL) ve akış hızı v ilişkileri görülmektedir. 1 den İÜ a kadar numaralanan malzemelerdeki ilişki Darcy kuralı ile verilmektedir. Diğer malzemelerde parabolik ilişkiler, Darcy kuralından ayrılmaları göstermektedir »

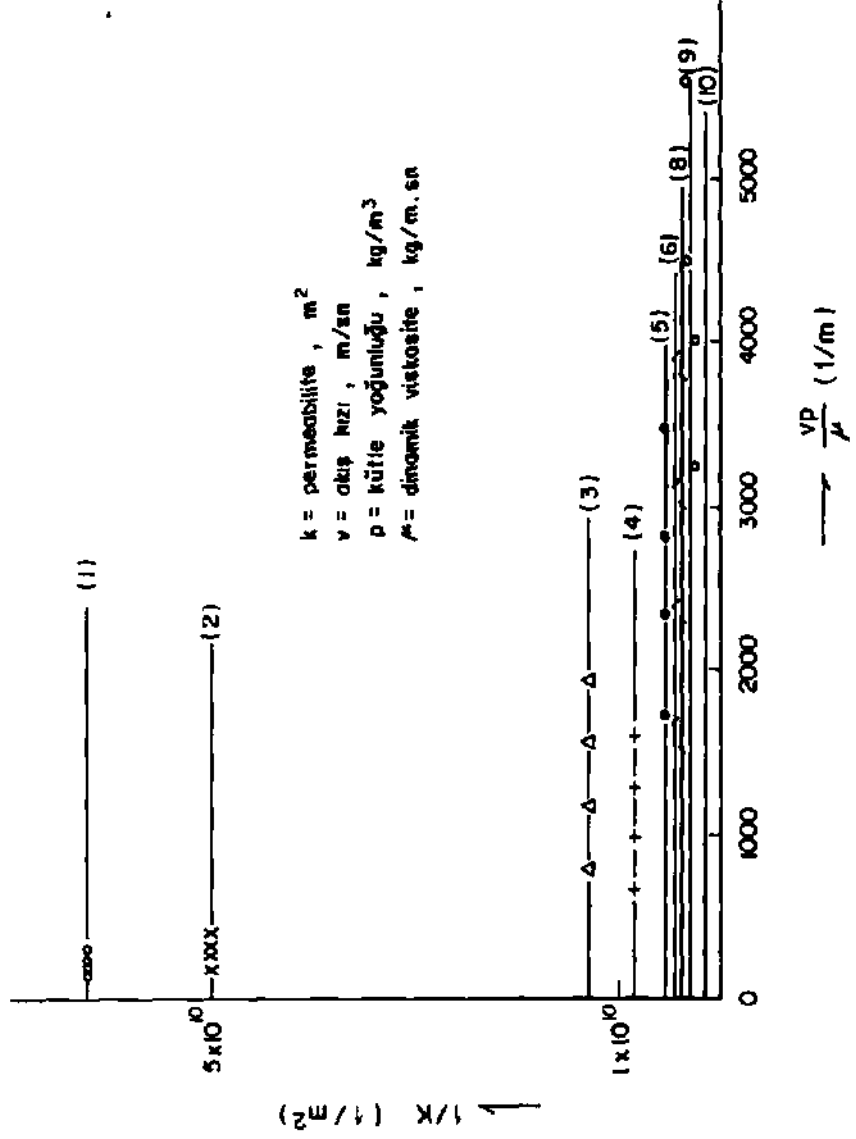
Taalo 2 de ise, numaralanmış malzemelerin gerçek perméabilité değerleri (K ), basınç gradyeni /dP/dL)-hız(v) fonksiyonlarının parametreleri ve permeabilite Reynold sayıları (R.J ve Fanning sürtünme faktörleri ( f.) verilmektedir.

Şekil 4 ve Taalo 2 deki verilerden 11 no.lu malzemede çok küçük oranda düzensiz akış başlangıcı olduğu görülmektedir, üenel olarak, gerçe\* HB<sup>rf</sup>neaD<sub>1±</sub>ite (K ) değerleri K = 1x10 delerinden yüksek olan, malzemelerde düzensiz akış etkisi, gerçek, perméabilité (K ) değerleri bu değer, altında olan malzemelerde Darcy kuralı ile ifade edilen laminer akışın tamamıyla geçeri olduğu görülmektedir.

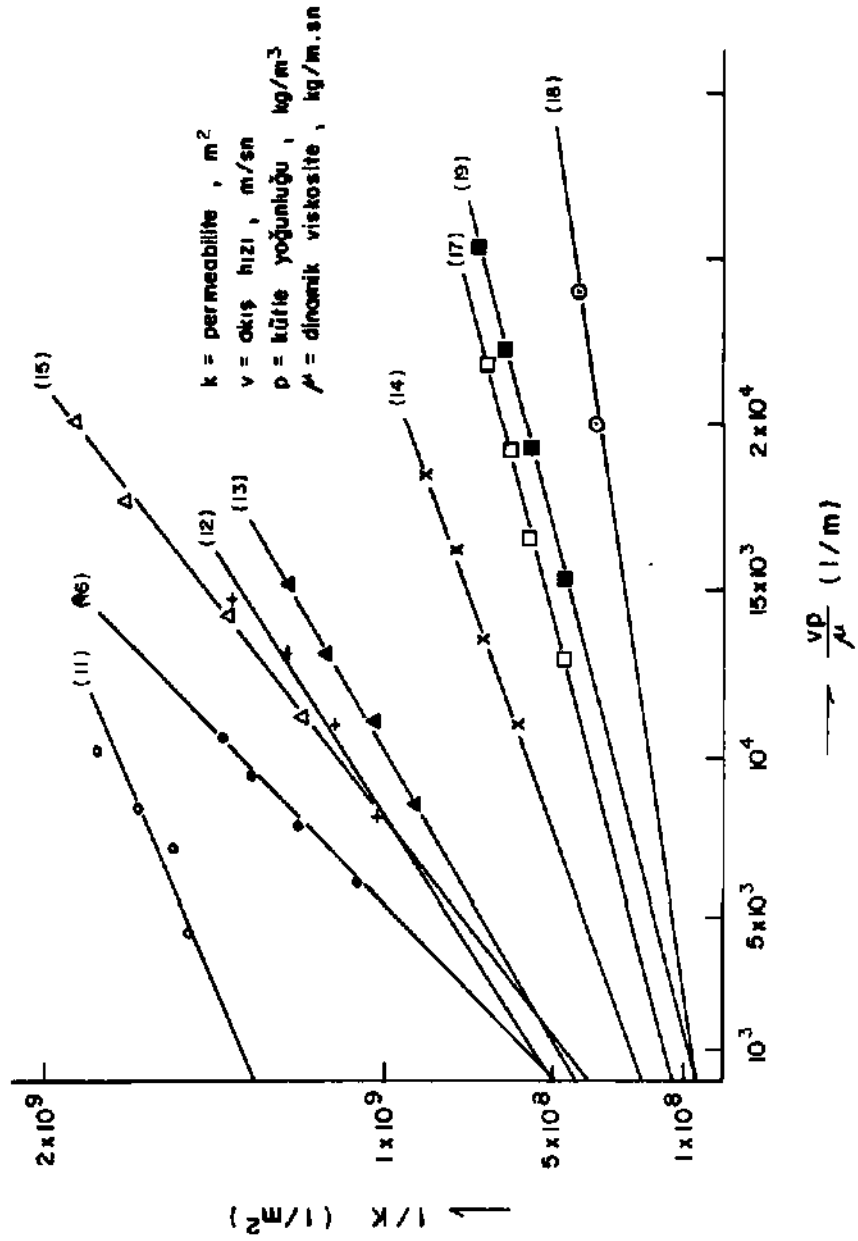
Gerçek permaabilite (K J değerlerinin Tablo 1 deki verilerle yapılan istatistik matematiğine göre değerlendirilmesinde

$$K_d = 3.348 \times 10^{-11} (d_{10})^{2.07} (C_p)^{-0.01} (n)^{-2.83} \quad [IB]$$

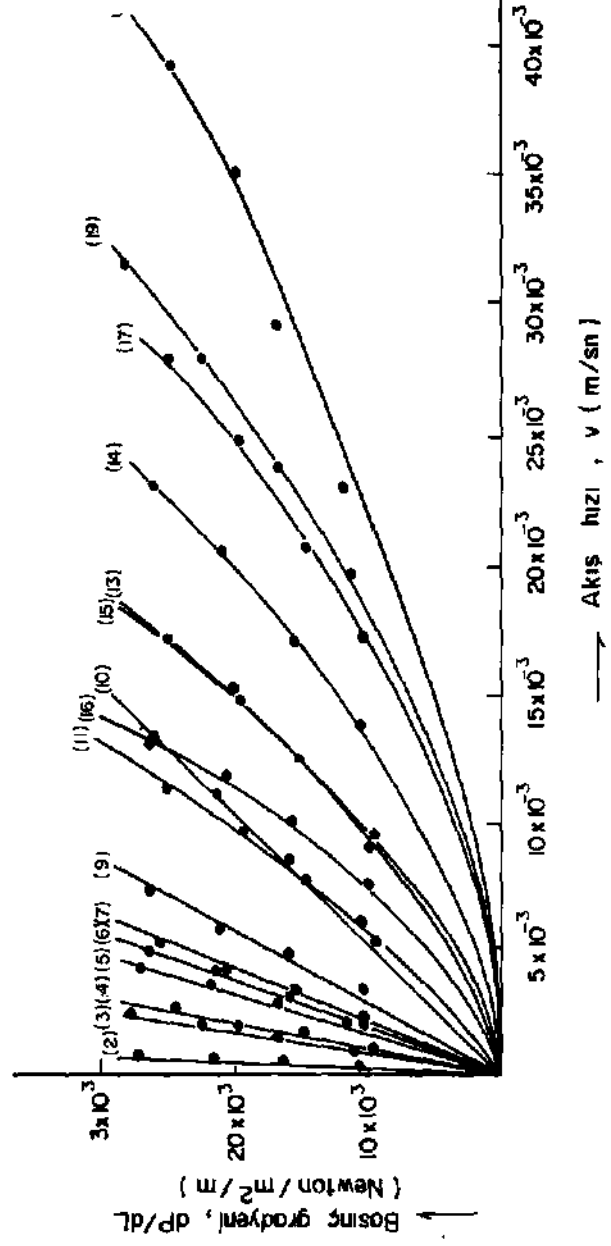
korelasyon i fades i elde edilmiştir(korelasyon katsayısı, r=Ü.97). Buradaki d, ^, C , n parametreleri Tablo 1 de verilmektedir.



Şekil 2. Gerçek permeabilite değerlerinin (K) bulunması (rakamlar malzeme numarasını göstermektedir).



Şekil 3. Grafik yöntemle gerçek permeabilite değerlerinin (K) bulunması (rakamlar malzeme numarasını göstermektedir).



Şekil 4. Basıncı gradyanı (dp/dL)-akış hızı (v) grafikleri (rakamlar malzeme numarasını göstermektedir).

Taio 2. Permeabilite deneylen sonuçları

| Matzeme No. | Gerçek Permeabilite $K_0$ ( $m^2$ ) | Basiç gradyanı, $dP/dL$ (Newton/ $m^2/m$ )-hiz, $v$ (m/san) fonksiyonu |            | hidrolik gradyan $dh/dL \approx 1$ |                                |
|-------------|-------------------------------------|--|------------|------------------------------------|--------------------------------|
|             |                                     | $dP/dL = r v + w v^2$  |            | Reynold sayısı $R_k$               | Fanning sirtunme faktörü $f_k$ |
|             |                                     | r  | w          |                                    |                                |
| 1           | $1.6 \times 10^{-11}$               | 81 180 017   | -          | $4 \times 10^{-4}$                 | 2554                           |
| 2           | $1.97 \times 10^{-11}$              | 59 090 910   | -          | $6.44 \times 10^{-4}$              | 1601                           |
| 3           | $7.64 \times 10^{-11}$              | 14 928 298   | -          | 0.007                              | 143                            |
| 4           | $1.17 \times 10^{-10}$              | 11 418 309   | -          | $9.7 \times 10^{-3}$               | 106                            |
| 5           | $1.76 \times 10^{-10}$              | 6 488 476  | -          | 0.023                              | 43                             |
| 6           | $2.18 \times 10^{-10}$              | 5 636 596  | -          | 0.02453                            | 41                             |
| 7           | $2.24 \times 10^{-10}$              | 5 347 347  | -          | 0.045                              | 23                             |
| 8           | $2.51 \times 10^{-10}$              | 5 174 415  | -          | 0.024                              | 41.2                           |
| 9           | $3.4 \times 10^{-10}$               | 3 620 457  | -          | 0.061                              | 16.1                           |
| 10          | $6.37 \times 10^{-10}$              | 1 976 778  | -          | 0.12                               | 8.3                            |
| 11          | $7.17 \times 10^{-10}$              | 1 633 651  | 42 618 339 | 0.114                              | 15.5                           |
| 12          | $1.92 \times 10^{-9}$               | 577 200  | 61 745 193 | 0.354                              | 5.57                           |
| 13          | $2.28 \times 10^{-9}$               | 499 089  | 56 423 520 | 0.398                              | 5.44                           |
| 14          | $4.29 \times 10^{-9}$               | 303 392  | 35 248 716 | 0.69                               | 3.69                           |
| 15          | $2.5 \times 10^{-9}$                | 456 000  | 59 940 000 | 0.39                               | 6.17                           |
| 16          | $2.0 \times 10^{-9}$                | 632 500  | 99 970 000 | 0.265                              | 8.2                            |
| 17          | $6.67 \times 10^{-9}$               | 190 500  | 25 000 000 | 1.06                               | 3.0                            |
| 18          | $1.25 \times 10^{-8}$               | 96 000   | 12 987 000 | 2.26                               | 1.91                           |
| 19          | $1.33 \times 10^{-8}$               | 10 252   | 41 970 009 | 1.78                               | 3.55                           |

Akış özelliklerinin daha iyi anlaşılması için Tablo 2'de verilen Reynold sayısı,  $R^*$  değerleri ile Fanning sürtünme faktörü  $f$  değerlerinin ilişkisi Şekil 5'de yerleştirilmiştir.  $f$  ve  $R^*$  değerleri, ocaklardaki hidrolik gradyene en yakın olan ve deneylerde ilk yüksekliğe tekabül eden  $dH/dl - 1$  hidrolik gradyeninde hesaplanmıştır (Burada  $dH$  su sütunu yüksekliğini ve  $dL$  malzeme yüksekliğini göstermektedir). Şekilde geçiş zonu olarak yazılmış olgü görülmektedir. Bu geçiş zonu, tam laminar akış ile tam turbulanslı akış arasındaki zondur. Literatürdeki çalışmalara bakılırsa çeşitli malzemelerde geçiş zonu sonu değişik  $R^*$  değerlerinde olabilmektedir ( $R^* = 15-20$ )(1)(4)(7). Şekil 5'de geçiş zonu üzerindeki deney noktaları geçiş zonu başlangıç bölümünde yer almaktadır. O halde, bu noktaların temsil ettiği akış, laminar ağırlıklı, yer yer turbulanslı akışın görüldüğü bir düzensiz akış modeli olarak açıklanabilir.

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

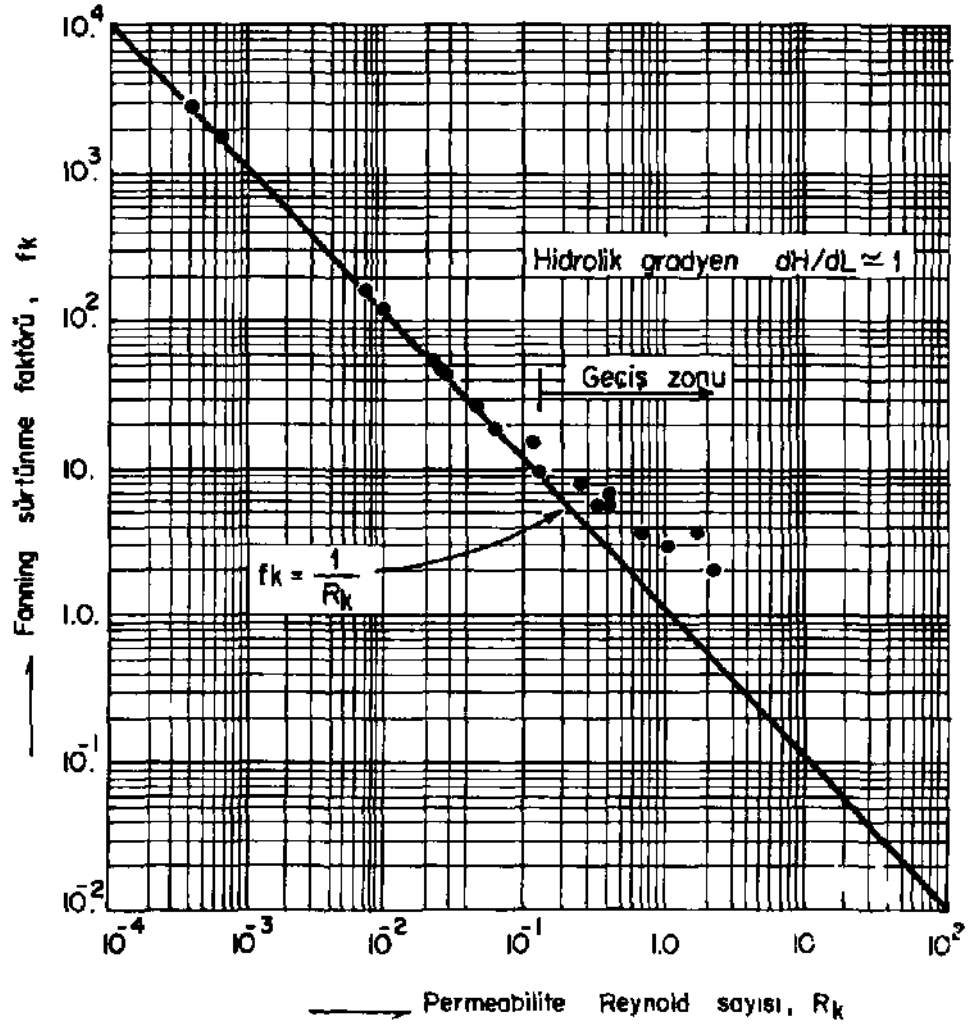
Dolgu ortamlarının su akış özelliklerini belirtmede kullanılan parametrelerde Reynold sayısı  $R^*$ , Fanning sürtünme faktörü  $f$  karakteristیک uzunluk olarak ortamın permeabilite değeri  $K$  kare kökünü alınması anlamlı sonuçlar vermiştir.

Malzemenin permeabilite,  $K$  (m) değerini malzeme tane boyu dağılımını ifade eden parametrelere bağlayan bir ilişki geliştirilmiştir.

$$K = 3.348 \times 10^{-11} (C_c)^{-0.01} (n)^{-2.85} (d_{10})^{2.07}$$

Burada,  $C_c$  derecelenme katsayısı,  $d_{10}$  (mm) etkin çap ve  $n$  porozitedir. Anlamları metin içinde verilmiştir.

Perméabilité değerleri,  $K = 1 \times 10^{-9} / (m^2)$  değerinden büyük alan malzemelerde tam laminar akıştan sapma görülmekte ve laminar akış ağırlıklı düzensiz akış başlamaktadır.



Şekil 5. Permeabilite Reynold sayısı,  $R_k$ -Fanning sürtünme faktörü,  $f_k$  ilişkisi

#### KAYNAKLAR

- 1 • JARÜ,3.C,Turbulent Flou in Porous Media, Journal of Hydraulic Division, Proceedings of ASCE,Vol 90, 'No,4Q19, September 1964, pp. 11-L2.
2. ŞErtYUR.G.,Statik va Dinamik, Ders Notları, H.U. mühendislik fak., Maden Böl., 19B6, 200 sayfa.
- 3\* HUdBERT,K.G.,The Theory of Groundwater Motion, The Journal of Geology, Volume XLUIII, No.5, November-December 1940, pp. 901-911.
- 4» ARBHABHIRAMA,A.,ANTaNID,A., Friction Factor and Reynolac Numöer in Porous Media flou-, Journal of the Hydraulics Division, Proceedings of ASCE, l/ol 9.5, No.9784, June 1973, pp. 901-911.
- 5.. HARLEMAN,D.R.F.,MEHLHURN,F.F. and RuMER,R.R.»Dispersion-Permeability Correlation in Porous Media, Journal of tf-3 Hydraulic Division, Proceeding\* of the ASCE, Vol.69, No.3459, harch 1965, pp. 57-84\*
6. DE UIEST,R.J.M., Flou Through Porous Media, Academic Piess, mauYork, 19D9, 53Ü p,
7. BEAR,J.,Dynamics of Fluids in Porous Media, American Elsevie Puti. Lomp., Nau York, 1972, 756 p.
- a. (\*1ARSAL,K.J.jContact Forces in Sails, and Roakfill Materials, Proceedings of 2 nd. Pan. Am\* Conf. on Soil Mech. and Found. tn-g-, Vol. II, Sao Paulo, Brasil, 1353, pp. 67-9a.
9. ŞENYUR,G.,The Behaviour of Pneumatic Filling Materials in One-DifBBnsJonal Compression, Ph.D. Thesis, METU, Ankara, 19B5, 27a p.
10. UAYI1ENT,U.R. and NICH0LS0N,D.E., A Proposed Modified Percolation. Rate Test for Use in Physical Property Testing of Pline Backfill, U.S. Bur. Mines.Kept. Inv. 6552, 1964.