



IZRAČUNAVANJE KOEFICIJENTA PROPUSNOSTI NUMERIČKOM METODOM TERZAGHIJA

prof. dr. sc. **Maja Prskalo**, dipl. ing. građ.
Građevinski fakultet Sveučilišta u Mostaru
Pero Franjičić, BSc. građ.

Sažetak: Na temelju laboratorijskih mjerenja granulometrijskog sastava tla s lokacije izračunati su koeficijenti propusnosti za dvije metode: metodu mokrog i suhog prosijavanja te metodu četvrtanja. Napravljena je usporedba rezultata dobivenih koeficijenata propusnosti ove dvije metode.

Ključne riječi: koeficijent propusnosti, granulometrijski sastav tla, numerička metoda

CALCULATION OF THE COEFFICIENT OF PERMEABILITY NUMERICAL METHOD OF TERZAGHI

Abstract: Based on laboratory measurements of grain size distribution of soil from the location, coefficients of permeability were calculated for two methods, the method of wet and dry sieving, as well as the method of quartering. A comparison of results of the coefficients of permeability obtained by these two methods was carried out.

Key words: coefficient of permeability, grain size distribution of soil, numerical method



1. ODREĐIVANJE KOEFICIJENTA PROPUSNOSTI "K"

Koeficijent k naziva se koeficijent propusnosti i fizički se interpretira kao brzina protjecanja kod jediničnog hidrauličkog gradijenta. Koeficijent propusnosti k predstavlja značajnu osobinu tla koji varira veoma širokim granicama od oko 10^{-2} cm/s za krupni i čisti šljunak do 10^{-12} cm/s za koloidnu glinu. Orijentacijske vrijednosti koeficijenta propusnosti za materijale različite granulacije date su u tablici ispod (Tablica 1).

Tablica 1. Približne vrijednosti koeficijenta propusnosti

koeficijent propusnosti k (cm/s)	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}
vrsta materijala	krupni i čisti šljunak		krupni pijesak		fini pijesak prah i smjese				homogene gline	
propusnost materijala	propustan			slabo propustan				praktički nepropustan		

Općenito se smatra da su sva koherentna i nekoherentna tla propustljiva za vodu, samo su različitog stupnja propusnosti. Brzina proticanja vode kroz tlo je imaginarna veličina, jer se uzima za pretpostavku da voda teče kroz tlo cijelom površinom. Međutim, voda teče samo kroz pore tla, i to većom brzinom. Efektivna brzina je ovisna o poroznosti tla n , jer se za proticanje ne može uzeti površina A , već samo dio presjeka $n \cdot A$. Koeficijent propusnosti "k" može se odrediti:

- U laboratoriju,
- Na terenu,
- Numerički (računski).

Laboratorijsko ispitivanje najviše je rasprostranjeno i vrši se na neporemećenim uzorcima. Točnost rezultata ovisi o reprezentativnosti uzorka, stupnju neporemećenosti uzorka i od načina ispitivanja.

Terensko ispitivanje daje točnije rezultate, jer u cijelosti odgovara terenskim uslovima tla, ali se zbog dugotrajnosti ispitivanja i velikih troškova rjeđe primjenjuju u našoj praksi.

Numeričko određivanje koeficijenta propusnosti daje najmanje točne rezultate, jer se pri proračunu ne mogu obuhvatiti svi faktori koji utječu na vodopropusnost tla. [5]

2. NUMERIČKO ODREĐIVANJE KOEFICIJENTA PROPUSNOSTI

Jedna od metoda numeričkog određivanja koeficijenta propusnosti se provodi po jednadžbi Terzaghi-ja :



$$K = n_t \frac{C \left[\frac{n-0,13}{\sqrt[3]{1-n}} \right]^2}{d_{ef}^2} \quad (\text{cm/sec}) \quad [4]$$

gdje su :

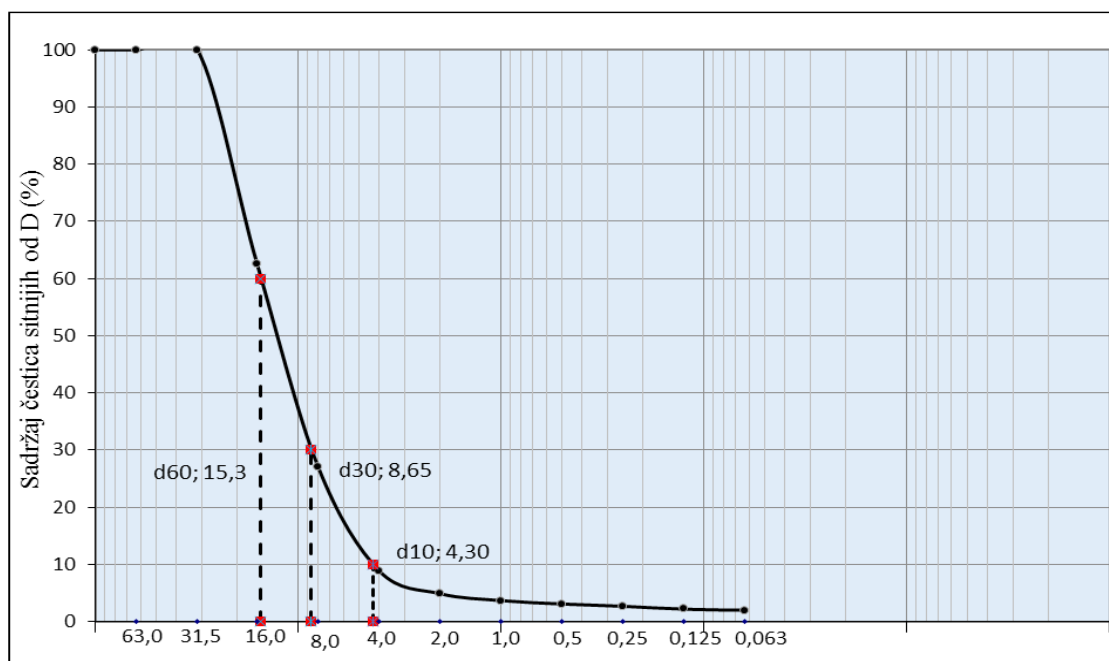
n_t - dinamički koeficijent viskoznosti vode pri $t=0$ °C je $n_t= 0,017$ i pri $t=15$ °C je $n_t= 0,114$,

d_{ef} – efektivni promjer u cm,

n – poroznost u dijelovima jedinice,

C – empirijski koeficijent zavisan od prirode površine zrna za glatka zrna 10,48
a za čoškasta zrna 6,02.

2.1. Određivanje koeficijenta propusnosti -metoda prosijavanja (uzorak 1)



Granulometrijski sastav tla:

Šljunak (G): 95,1 %

Pijesak (S): 2,9 %

Prah (M) i Glina (C): 2,0 %

Dimenzije čestice čiji je sadržaj u tlu manji od 10%, naziva se efektivni promjer čestice (d_{ef}).
Iz granulometrijskog dijagrama slijedi da je $d_{ef}= 4,3$ mm.

Dinamički koeficijent viskoznosti vode je $n_t= 0,0114$ pri $t=15$ °C

Empirijski koeficijent za čoškasta zrna $C=6,02$

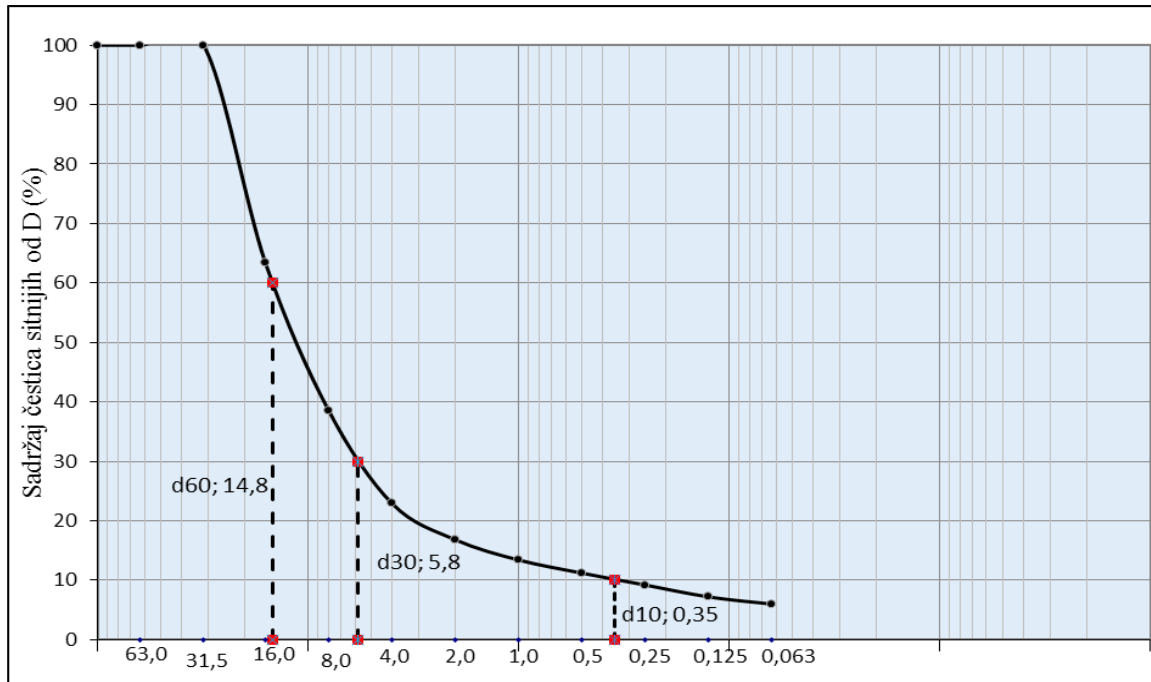
Poroznost u dijelovima jedinice $n=0,20$



$$K = \frac{6,02}{0,0114} \left[\frac{0,2 - 0,13}{\sqrt[3]{1 - 0,2}} \right]^2 * 0,43^2 = 0,555 \text{ cm/sec}$$

Koeficijent propusnosti izračunat po metodi "Terzaghi" iznosi: $K = 5,55 \cdot 10^{-1} \text{ cm/sec}$

2.2. Određivanje koeficijenta propusnosti -metoda prosijavanja (uzorak 2)



Granulometrijski sastav tla:

Šljunak (G): 83,2 %

Pijesak (S): 10,8 %

Prah (M) i Glina (C): 6,0 %

Dimenzije čestice čiji je sadržaj u tlu manji od 10%, naziva se efektivni promjer čestice (d_{ef}). Iz granulometrijskog dijagrama slijedi da je $d_{ef} = 0,35 \text{ mm}$.

Dinamički koeficijent viskoznosti vode je $n_r = 0,0114$ pri $t = 15 \text{ °C}$

Empirijski koeficijent za čoškasta zrna $C = 6,02$

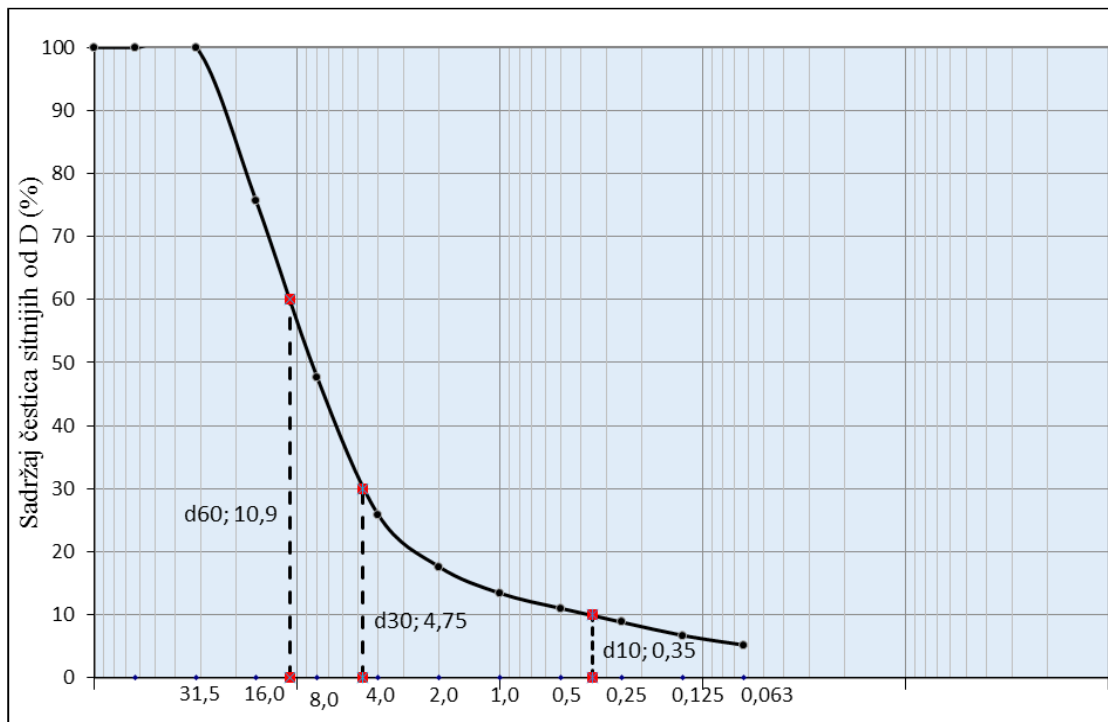
Poroznost u dijelovima jedinice $n = 0,20$

$$K = \frac{6,02}{0,0114} \left[\frac{0,2 - 0,13}{\sqrt[3]{1 - 0,2}} \right]^2 * 0,035^2 = 3,678 \cdot 10^{-3} \text{ cm/sec}$$

Koeficijent propusnosti izračunat po metodi "Terzaghi" iznosi: $K = 3,678 \cdot 10^{-3} \text{ cm/sec}$



2.3. Određivanje koeficijenta propusnosti -metoda prosijavanja (uzorak 3)



Granulometrijski sastav tla:

Šljunak (G): 82,4 %

Pijesak (S): 12,4 %

Prah (M) i Glina (C): 5,2 %

Dimenzije čestice čiji je sadržaj u tlu manji od 10%, naziva se efektivni promjer čestice (d_{ef}).

Iz granulometrijskog dijagrama slijedi da je $d_{ef} = 0,35$ mm.

Dinamički koeficijent viskoznosti vode je $n_t = 0,0114$ pri $t = 15$ °C

Empirijski koeficijent za čoškasta zrna $C = 6,02$

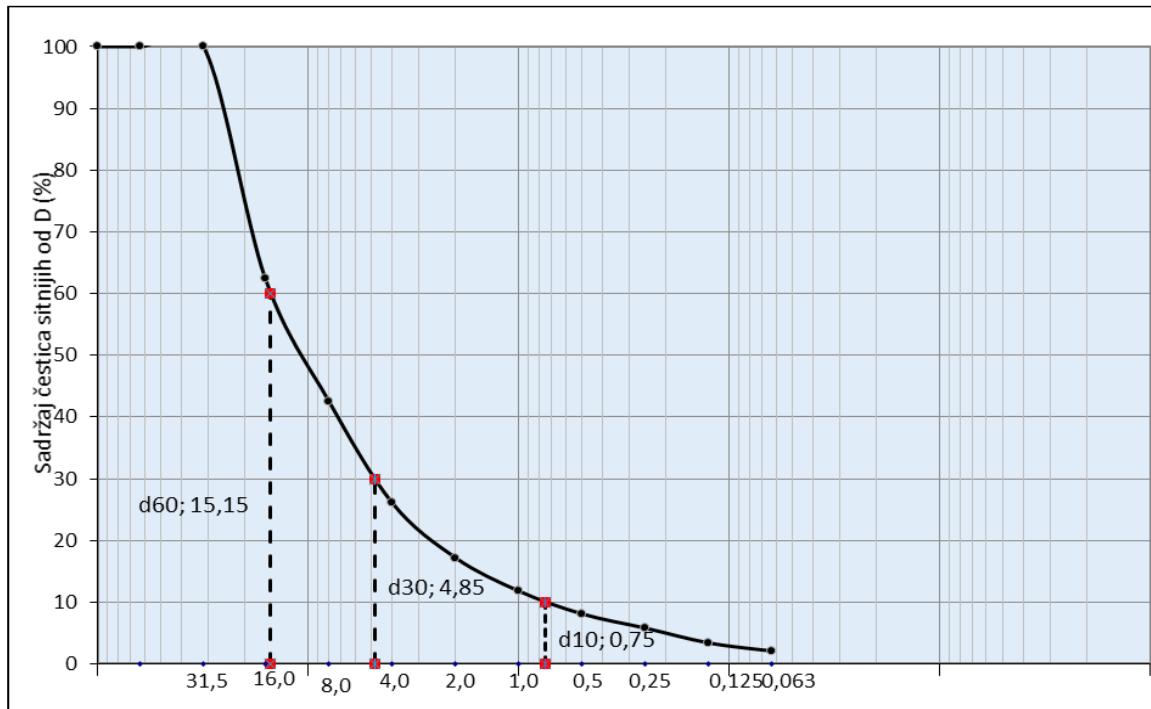
Poroznost u dijelovima jedinice $n = 0,20$

$$K = \frac{6,02}{0,0114} \left[\frac{0,2 - 0,13}{\sqrt{1 - 0,2}} \right]^2 * 0,035^2 = 3,678 * 10^{-3} \text{ cm/sec}$$

Koeficijent propusnosti izračunat po metodi "Terzaghi" iznosi: $K = 3,678 * 10^{-3}$ cm/sec



2.4. Određivanje koeficijenta propusnosti -metoda prosijavanja (uzorak 4)



Granulometrijski sastav:

Šljunak (G): 82,8 %

Pijesak (S): 15,1 %

Prah (M) i Glina (C): 2,1 %

Dimenzije čestice čiji je sadržaj u tlu manji od 10%, naziva se efektivni promjer čestice (d_{ef}).
Iz granulometrijskog dijagrama slijedi da je $d_{ef} = 0,75$ mm.

Dinamički koeficijent viskoznosti vode je $n_f = 0,0114$ pri $t = 15$ °C

Empirijski koeficijent za čoškasta zrna $C = 6,02$

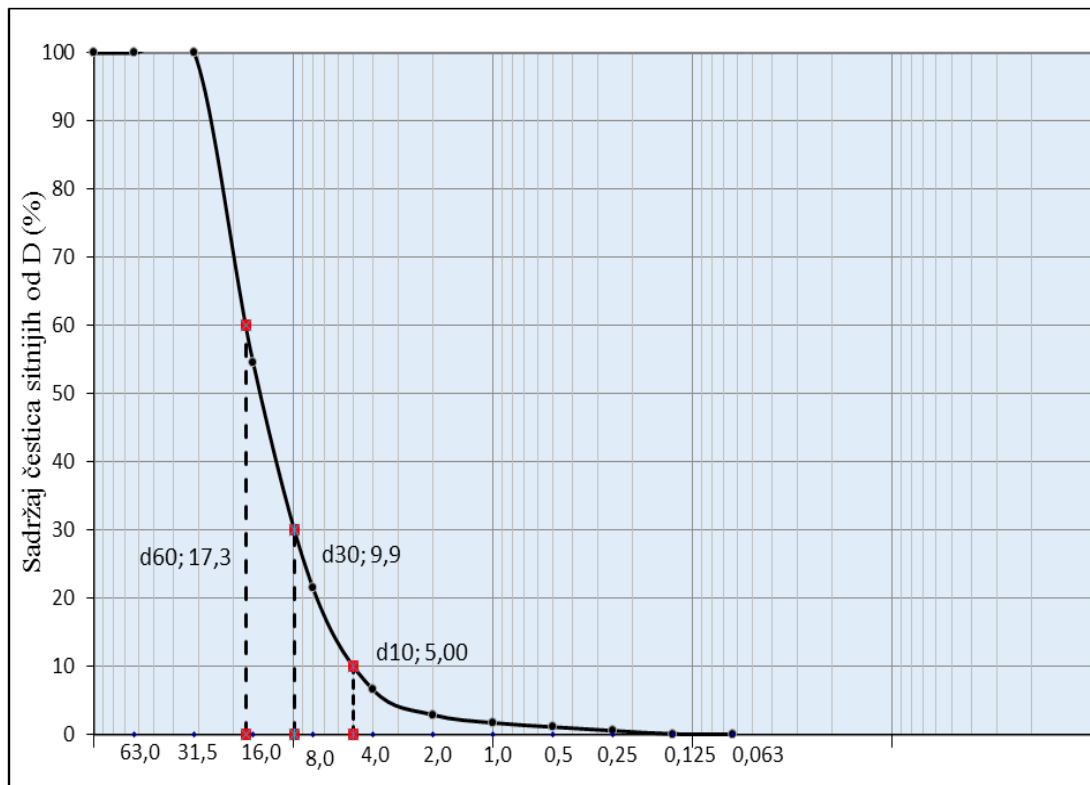
Poroznost u dijelovima jedinice $n = 0,20$

$$K = \frac{6,02}{0,0114} \left[\frac{0,2 - 0,13}{\sqrt{1 - 0,2}} \right]^2 * 0,075^2 = 0,0169 \text{ cm/sec}$$

Koeficijent propusnosti izračunat po metodi "Terzaghi" iznosi: $K = 1,69 * 10^{-2}$ cm/sec



2.5. Određivanje koeficijenta propusnosti -metoda četvrtanja (uzorak 1)



Granulometrijski sastav:

Šljunak (G): 97,1 %

Pijesak (S): 2,9 %

Prah (M) i Glina (C): 0,1 %

Dimenzije čestice čiji je sadržaj u tlu manji od 10%, naziva se efektivni promjer čestice (d_{ef}). Iz granulometrijskog dijagrama slijedi da je $d_{ef} = 5,0$ mm.

Dinamički koeficijent viskoznosti vode je $n_r = 0,0114$ pri $t = 15$ °C

Empirijski koeficijent za čoškasta zrna $C = 6,02$

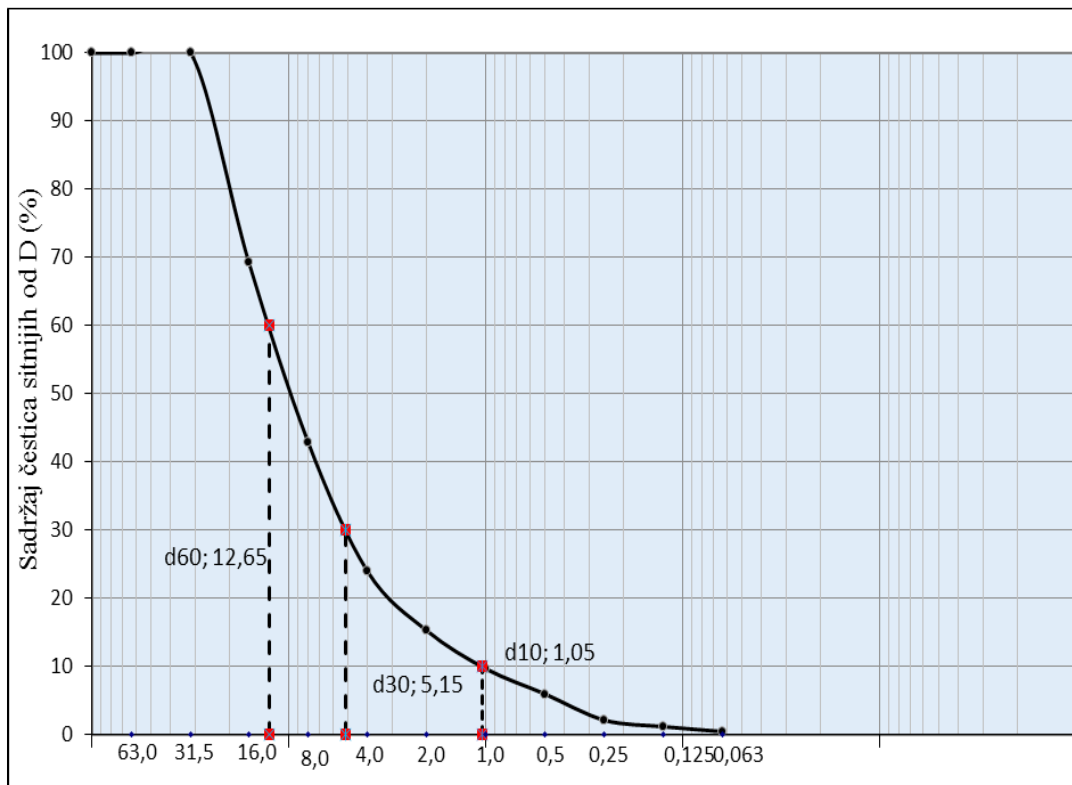
Poroznost u dijelovima jedinice $n = 0,20$

$$K = \frac{6,02}{0,0114} \left[\frac{0,2 - 0,13}{\sqrt{1 - 0,2}} \right]^2 * 0,5^2 = 0,751 \text{ cm/sec}$$

Koeficijent propusnosti izračunat po metodi "Terzaghi" iznosi: $K = 7,51 * 10^{-1}$ cm/sec



2.6. Određivanje koeficijenta propusnosti -metoda četvrtanja (uzorak 2)



Granulometrijski sastav:

Šljunak (G): 84,7 %

Pijesak (S): 14,8 %

Prah (M) i Glina (C): 0,5 %

Dimenzije čestice čiji je sadržaj u tlu manji od 10%, naziva se efektivni promjer čestice (d_{ef}). Iz granulometrijskog dijagrama slijedi da je $d_{ef} = 1,05$ mm.

Dinamički koeficijent viskoznosti vode je $n_f = 0,0114$ pri $t = 15$ °C

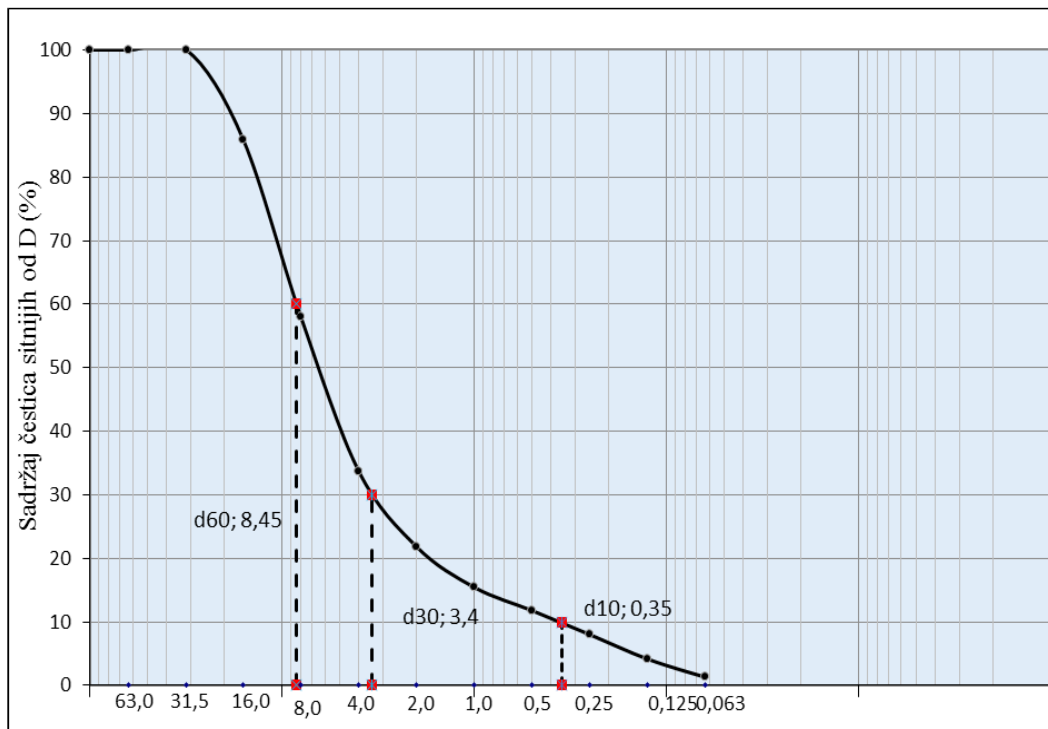
Empirijski koeficijent za čoškasta zrna $C = 6,02$

Poroznost u dijelovima jedinice $n = 0,20$

$$K = \frac{6,02}{0,0114} \left[\frac{0,2 - 0,13}{\sqrt{1 - 0,2}} \right]^2 * 0,105^2 = 0,0331 \text{ cm/sec}$$

Koeficijent propusnosti izračunat po metodi "Terzaghi" iznosi: $K = 3,31 * 10^{-2}$ cm/sec.

2.7. Određivanje koeficijenta propusnosti -metoda četvrtanja (uzorak 3)



Granulometrijski sastav:

Šljunak (G): 78,2 %

Pijesak (S): 20,5%

Prah (M) i Glina (C): 1,3 %

Dimenzije čestice čiji je sadržaj u tlu manji od 10%, naziva se efektivni promjer čestice (d_{ef}).

Iz granulometrijskog dijagrama slijedi da je $d_{ef} = 0,35$ mm.

Dinamički koeficijent viskoznosti vode je $n_t = 0,0114$ pri $t = 15$ °C

Empirijski koeficijent za čoškasta zrna $C = 6,02$

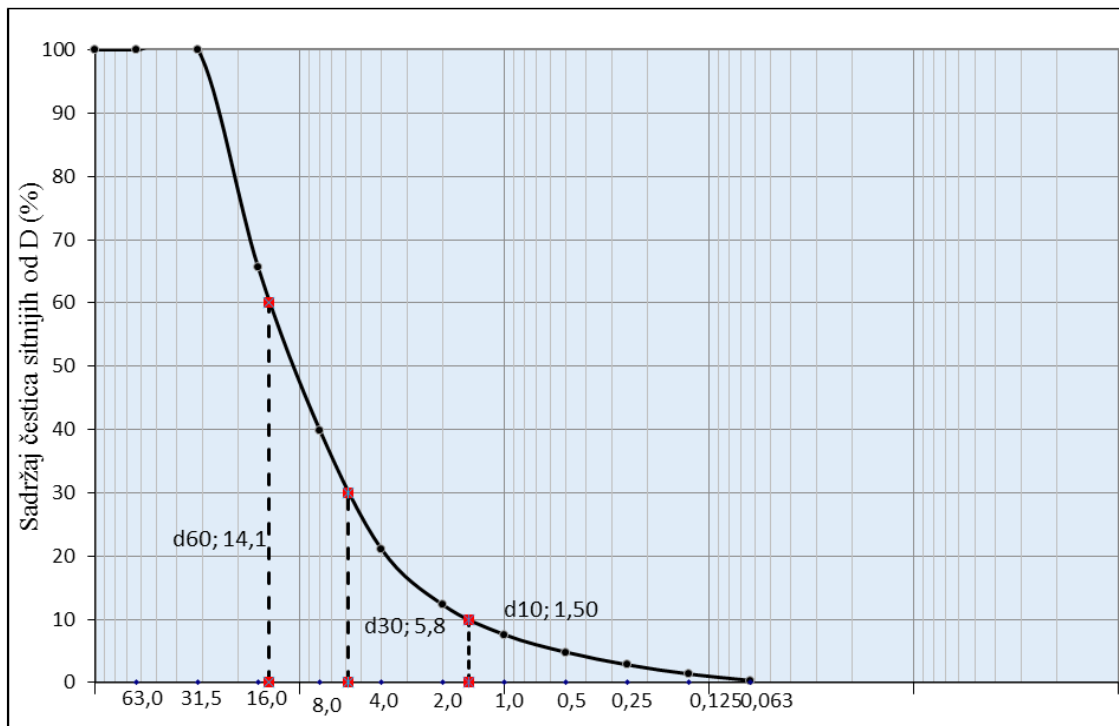
Poroznost u dijelovima jedinice $n = 0,20$

$$K = \frac{6,02}{0,0114} \left[\frac{0,2 - 0,13}{\sqrt[3]{1 - 0,2}} \right]^2 * 0,035^2 = 3,678 * 10^{-3} \text{ cm/sec}$$

Koeficijent propusnosti izračunat po metodi "Terzaghi" iznosi: $K = 3,678 * 10^{-3}$ cm/sec



2.8. Određivanje koeficijenta propusnosti -metoda četvrtanja (uzorak 4)



Granulometrijski sastav:

Šljunak (G): 87,7 %

Pijesak (S): 11,9%

Prah (M) i Glina (C): 0,4 %

Dimenzije čestice čiji je sadržaj u tlu manji od 10%, naziva se efektivni promjer čestice (d_{ef}).

Iz granulometrijskog dijagrama slijedi da je $d_{ef} = 1,5$ mm.

Dinamički koeficijent viskoznosti vode je $n_t = 0,0114$ pri $t = 15$ °C

Empirijski koeficijent za čoškasta zrna $C = 6,02$

Poroznost u dijelovima jedinice $n = 0,20$

$$K = \frac{6,02}{0,0114} \left[\frac{0,2 - 0,13}{\sqrt[3]{1 - 0,2}} \right]^2 * 0,15^2 = 0,0676 \text{ cm/sec}$$

Koeficijent propusnosti izračunat po metodi "Terzaghi" iznosi: $K = 6,76 \cdot 10^{-2}$ cm/sec



3. USPOREDBA KOEFICIJENATA PROPUSNOSTI

Usporedba rezultata prema provedenim laboratorijskim mjerenjima prikazane su u tablici 2.

Tablica 2. Prikaz rezultata koeficijenta propusnosti za korištene metode

Uzorak	Metoda mokrog i suhog prosijavanja	Metoda četvrtanja	Raspon prema tablici 1
1	$5,55 \cdot 10^{-1}$ cm/s	$7,51 \cdot 10^{-1}$ cm/s	krupni i čisti šljunak
2	$3,678 \cdot 10^{-3}$ cm/s	$3,31 \cdot 10^{-2}$ cm/s	krupni pijesak
3	$3,678 \cdot 10^{-3}$ cm/s	$3,678 \cdot 10^{-3}$ cm/s	krupni pijesak
4	$1,69 \cdot 10^{-2}$ cm/s	$6,76 \cdot 10^{-2}$ cm/s	krupni pijesak

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu dobivenih rezultata, a u usporedbi sa graničnim vrijednostima za koeficijent propusnosti u tablici broj 1 sva četiri uzorka su propusni materijali. Uzorak 1 ima koeficijente propusnosti po svim metodama $5,55 \cdot 10^{-1}$ te $7,51 \cdot 10^{-1}$ te prema tomu, spada u krupni i čisti šljunak. Uzorak 2 ima koeficijente propusnosti po svim metodama $3,678 \cdot 10^{-3}$ te $3,31 \cdot 10^{-2}$ te prema tomu spada u krupni pijesak. Uzorak 3 ima koeficijente propusnosti po svim metodama $3,678 \cdot 10^{-3}$ te $3,678 \cdot 10^{-3}$ te prema tomu spada u krupni pijesak. Uzorak 4 ima koeficijente propusnosti po svim metodama $1,69 \cdot 10^{-2}$ te $6,76 \cdot 10^{-2}$ te prema tomu spada u krupni pijesak. Prema ovim ispitivanjima i na osnovu dobivenih rezultata može se utvrditi da obje izvedene metode daju raspone rezultata prema tablici 1.

LITERATURA

- [1] Prof.dr ERVIN NONVEILLER, dipl.ing.građ. Mehanika tla i temeljenje građevina, Školska knjiga ZAGREB, 1979.
- [2] T.R. BONACCI, MEHANIKA TLA, GRAĐEVINSKI FAKULTET SPLIT, 2007
- [3] P.MIŠČEVIĆ, ZBIRKA RJEŠENIH ZADATAKA IZ MEHANIKE TLA, GRAĐEVINSKI FAKULTET SPLIT, 1999.
- [4] PRSKALO, M., MARJANOVIĆ, P., GALIĆ, A., Geološke, geomorfološke i geomehaničke odlike Parka prirode Blidinje, PRVI MEĐUNARODNI ZNANSTVENI SIMPOZIJ Blidinje, 2005
- [4] PRSKALO, M., MARJANOVIĆ, P., GALIĆ, A., Glacijalni i fluvioglacijalni materijali u Bosni i Hercegovini, PEMS, Sarajevo, 2006