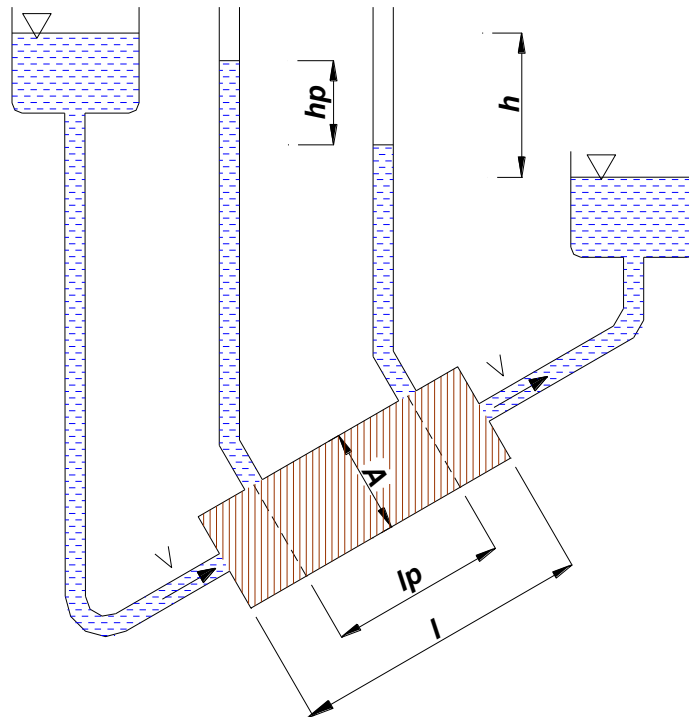


TEORIE STANOVENÍ PROPUSTNOSTI

Propustnost je charakterizována filtračním součinitelem (součinitelem filtrace) k . Stanovení propustnosti vychází z Darcyho filtračního zákona, který vyjadřuje vztah mezi průsakem q , celkovou průřezovou plochou A a hydraulickým sklonem i .



obrázek 1

schéma ustáleného proudění vzorkem (Darcyho zákon)

Průsak vzorkem se stanoví na základě vzorce ... $q = k \cdot i \cdot A$

kde hydraulický sklon $i = \frac{\Delta H}{\Delta L} = \frac{hp}{lp} = \frac{h}{l}$, tj. rozdíl hladin celkových výšek ΔH

ku dráze ΔL , kterou musí vodní částice projít zeminou.

Lze tedy říci, že propustnost je vlastnost zeminy propouštět póry a dutinami vodu účinkem hydraulického sklonu. Filtrační součinitel se určí ze vzorce.....

$$k = \frac{v}{i} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (1)$$

kde v je filtrační rychlost v $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

1. Rozdělení zemin podle propustnosti

Norma ČSN 72 1020 dělí zeminy podle propustnosti do pěti kategorií.

Zemina (podle relativní propustnosti - ČSN 73 6850)	Přibližné rozmezí filtračního součinitele $k \text{ m.s}^{-1}$	Třída zeminy podle ČSN 73 1001	Příklady druhů zemín
velmi nepropustná	$<10^{-10}$	F6 F7 F8	jíl s nízkou a střední plasticitou jíly a hlíny s vysokou až extrémně vysokou plasticitou
nepropustná	10^{-8} až 10^{-10}	F1 F2 F4 F5	hlíny šterkovité jíly hlinité a písčité hlíny s nízkou a střední plasticitou
málo propustná	10^{-6} až 10^{-8}	F3 S4 S5 G4 G5	hlíny písčité písky hlinité a jílovité šterky hlinité a jílovité
propustná	10^{-4} až 10^{-6}	S3 G3	písky a šterky s příměsí jemnozrnné zeminy (5 až 15 %)
Velmi propustná	$>10^{-4}$	S1 G1 S2 G2	písky a šterky dobře i špatně zrněné, tj. čisté šterky a písky, písčité šterky, písky a šterky s velmi malou příměsí jemnozrnných zemín (<5 %)

Tabulka 1

Dělení zemin dle propustnosti

U bentonitů se z důvodu jejich extrémní plasticity předpokládá, že budou velmi nepropustné. Z tabulky č. 1 pak vyplývá, že součinitel filtrace k bentonitů by měl být menší než $10^{-10} \text{ m.s}^{-1}$.

2. Určování propustnosti

Způsoby určování filtračního součinitele je možné rozdělit do několika hlavních skupin :

- Laboratorní měření
- Polní zkoušky
- Stanovení propustnosti z empirických vzorců
- Stanovení výpočtem z časového průběhu konsolidace

Výběr metody závisí na druhu zeminy, pro kterou je nutné určit filtrační součinitel. Laboratorní metody jsou pak vhodné pro zeminy v rozsahu filtračního součinitele $k \in \langle 10^{-1}; 10^{-11} \rangle$. Nesnadné je určování propustnosti u velmi nepropustné skupiny zemin. Do této skupiny patří i bentonit. Podrobněji budou laboratorní metody popsány v kapitole 2.1. Laboratorní měření.

Polními zkouškami je možné stanovit propustnosti velmi propustných a propustných zemin s přibližným rozmezím filtračního součinitele $k \in \langle 10^{-1}; 10^{-6} \rangle$. Především to jsou různé štěrky, písky, písčité štěrky s příměsí jemnozrnných zemin. Polní zkoušky nebyly dosud vzhledem k rozsahu jejich použitelnosti pro stanovení propustnosti využity.

Stanovení propustnosti z empirických vzorců se používá pro nesoudržné zeminy propustné a velmi propustné v rozsahu $k \in \langle 10^{-1}; 10^{-5} \rangle$. Empirické vzorce byly převážně sestavovány pro písky a z tohoto důvodu je pro stanovení propustnosti bentonitů nelze použít. Pro zjišťování propustnosti bentonitů pro konstrukci hlubinného úložiště je **velmi vhodné stanovit filtrační součinitel výpočtem z časového průběhu konsolidace**. Základem těchto metod je stanovení součinitele konsolidace z edometrických zkoušek. Tímto postupem lze stanovit i filtrační součinitele menší než 10^{-10} .

2.1. Laboratorní měření

V laboratořích se k zjišťování propustnosti používá tzv. propustoměrů. Podle konstrukce a druhu použití známe tři základní druhy propustoměrů:

- Klasický propustoměr s konstantním sklonem
- Klasický propustoměr s proměnným sklonem
- Univerzální propustoměr

2.1.1. Klasický propustoměr s konstantním sklonem

A) Pro hrubozrnné, velmi propustné zeminy

Zkouška je vhodná pro velmi propustné nesoudržné zeminy se součinitelem filtrace větším než 10^{-4} m.s^{-1} . Užívá se především pro kamenité štěrky a hrubé písčité štěrky buď zcela čisté, anebo pouze s nepatrnou příměsí jemnozrnných částic (<5%), tedy zeminy, u nichž je zapotřebí velký průměr propustoměrného válce a velmi malý hydraulický sklon.

Podrobnější popis propustoměru je znázorněn na obr.č.2

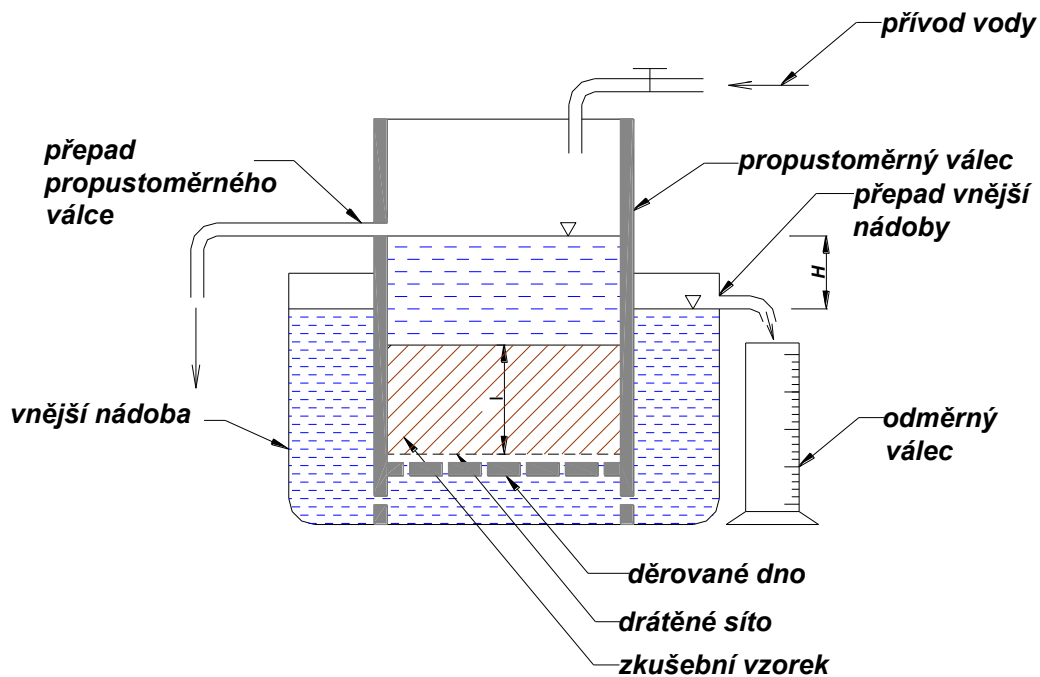


Schéma propustoměru s konstantním hydraulickým sklonem pro hrubozrnné, velmi propustné zeminy

obrázek 2

Voda zde pod stálým tlakem, daným rozdílem hladin h , prosakuje zeminou a měří se množství vody Q proteklé za čas t .

$$Q = v \cdot A \cdot t = k \cdot i \cdot A \cdot t$$

$$Q = k \cdot A \cdot t \cdot H/L$$

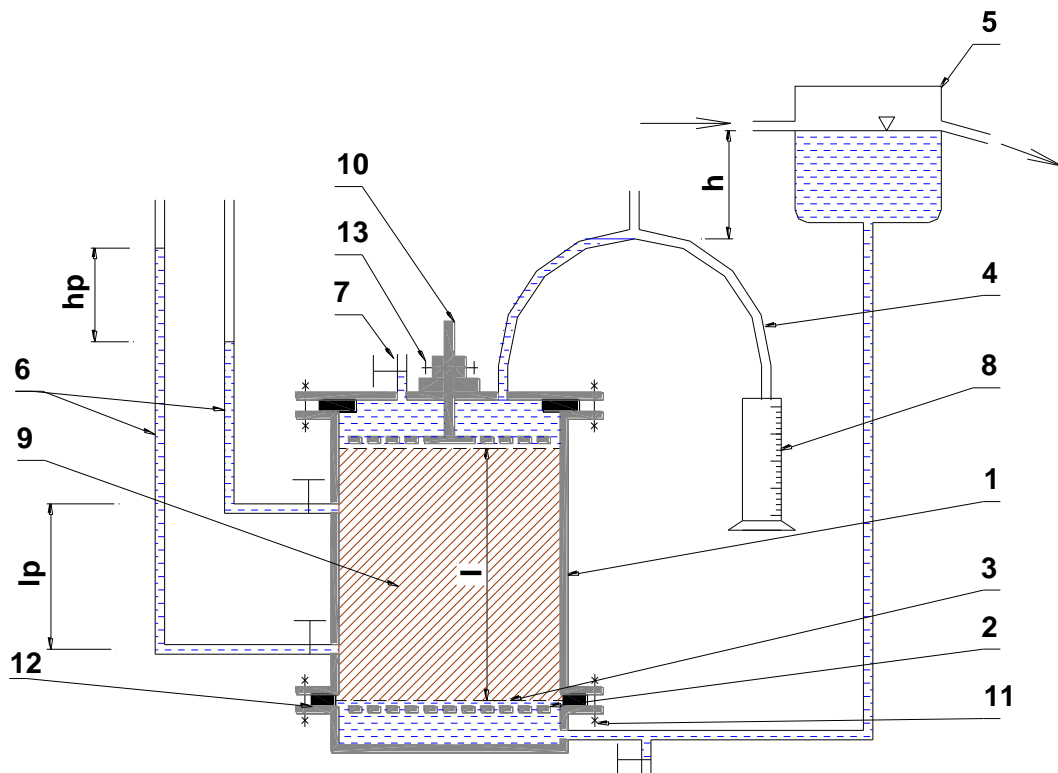
$$k = \frac{Q \cdot L}{A \cdot t \cdot H}$$

kde L je výška zkušební vzorku a A je průtočná plocha.

B) Pro propustné zeminy

Zkouška je vhodná pro propustné nesoudržné a velmi propustné zeminy se součinitelem filtrace $k > 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$. Je vhodný především pro drobné šterky, písčité šterky a písky s příměsí jemnozrnné zeminy (5 až 15%).

Pro málo propustné zeminy je možné užití této metody ovlivněno průtokem podél stěny propustoměrného válce.



- 1 - propustoměrný válec
- 2 - dno
- 3 - drátěné síto
- 4 - přepad válce s uzavíracím kohoutem
- 5 - nádržka pro vyvození konstantní tlakové výšky s
přivodním potrubím a ovládacími kohouty
- 6 - hladinoměrné trubice s uzavíracími kohouty
- 7 - odvzdušňovací ventil
- 8 - odměrný válec
- 9 - zkušební vzorek
- 10 - přitlačný píst s děrovanou deskou
- 11 - stahovací svorníky
- 12 - těsnění
- 13 - šroub k zajištění pístu

**Schéma propustoměru s konstantním
hydraulickým sklonem pro propustné zeminy**

obrázek 3

2.1.2. *Klasický propustoměr s proměnným hydraulickým sklonem*

A) Pro velmi propustné zeminy

Zkouška je vhodná pro velmi propustné a propustné nesoudržné zeminy se součinitelem filtrace $k > 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$. Jedná se tedy o čisté písky a štěrky, písčité štěrky a pro písky a štěrky s příměsí jemnozrnné zeminy (5 až 15%).

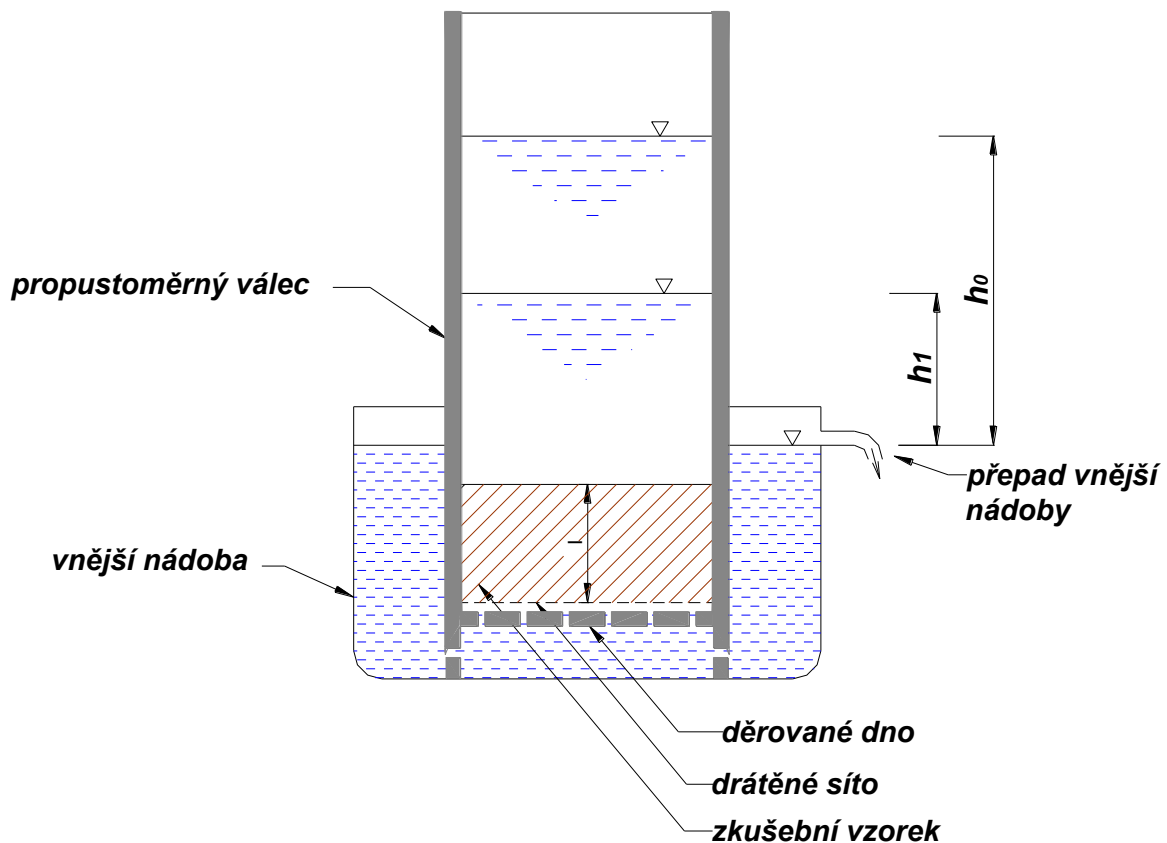


Schéma propustoměru s proměnným hydraulickým sklonem pro velmi propustné zeminy

obrázek 4

B) Pro propustné zeminy

Zkouška je vhodná pro propustné nesoudržné zeminy se součinitelem filtrace k v rozmezí 10^{-4} až 10^{-6} m.s^{-1} . Tuto metodu je možné použít také pro velmi propustné zeminy pokud zajistíme požadovanou přesnost měření h_1 a t .

Měření propustnosti pro velmi málo propustné zeminy se příliš nedoporučuje, protože v daném typu propustoměru je velice obtížné vzorek zeminy zcela nasytit vodou.

Dále je možný průtok vody podél stěn propustoměrného válce a to by velice zkreslovalo výsledný filtrační součinitel.

Doporučená sestava měřicího přístroje viz. Obr.č.5

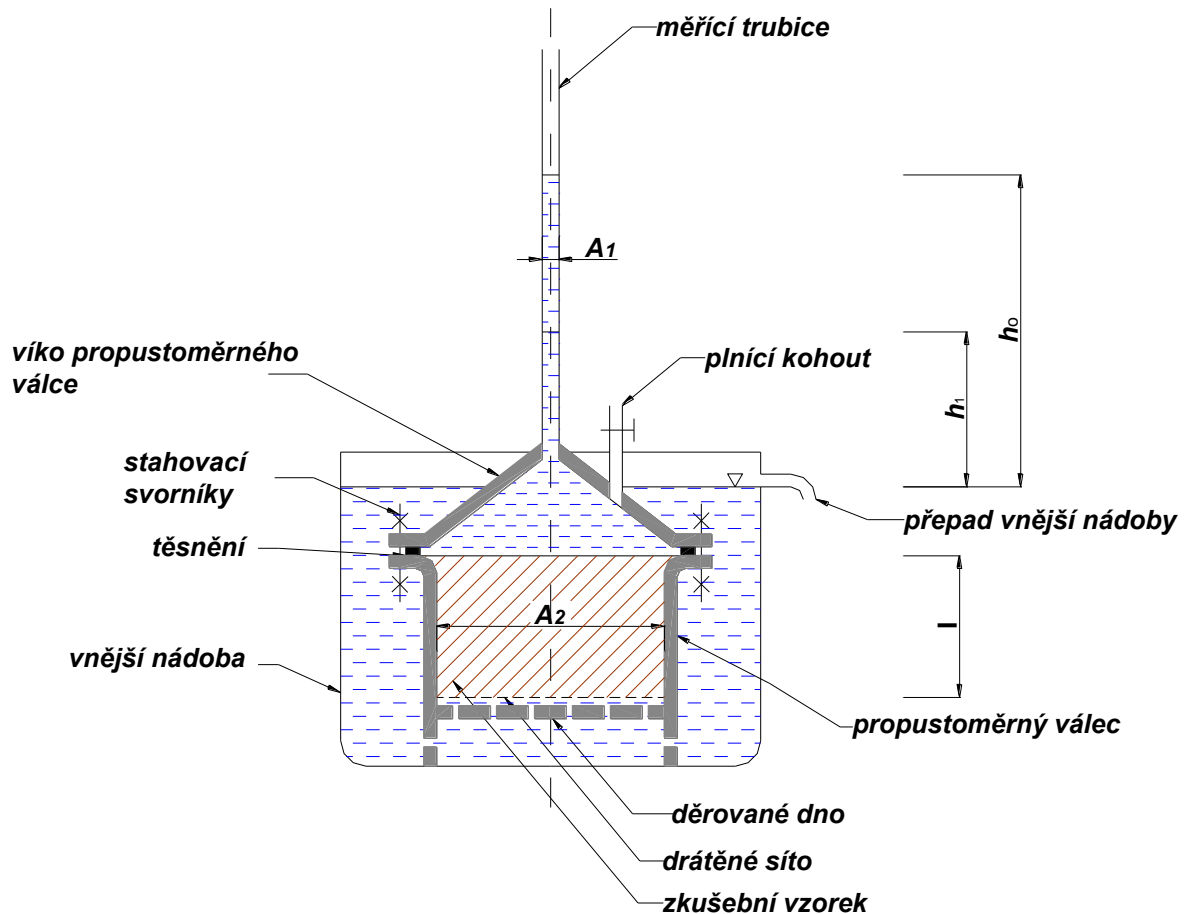


Schéma propustoměru s proměnným hydraulickým sklonem pro propustné zeminy

obrázek 5

Množství prosáklé vody se měří jako pokles hladiny vody v trubici z h_0 na h_1 za čas t .

Výpočet filtračního součinitele propustnosti vychází ze srovnání objem trubice a Darcyho zákona.

$$k = \frac{A_1 \cdot L}{A_2 \cdot t} \cdot \log \frac{h_0}{h_1}$$

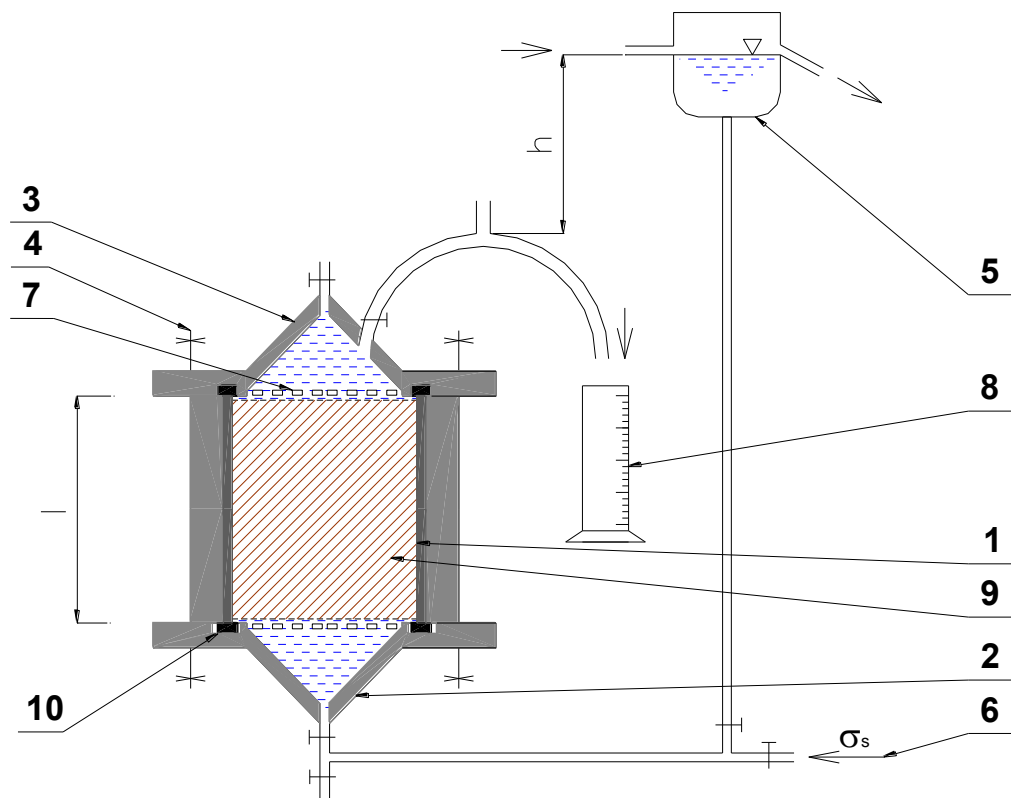
Závěrem lze konstatovat, že vzhledem k nemožnosti vzorek všesměrně zatěžovat, k obtížnosti odstraňování vzduchu z pórů a propustnosti mezi zeminou a pláštěm se klasické propustoměry hodí spíše pro propustnější zeminy.

2.1.3. Propustoměr pro odběrná pouzdra

Metoda se používá pro měření propustnosti málo propustných, popř. i propustných zemin se součinitelem filtrace od 10^{-4} do 10^{-8} m.s⁻¹. Vhodná je zejména pro málo soudržné zeminy v přirozeném uložení (stmelené písky, popílky atd.), ze kterých nelze připravit neporušený zkušební vzorek vyřezáváním bez podstatného narušení původní struktury.

Metody nelze použít u vzorku, který se smrští vysycháním nebo byl v odběrném pouzdru příliš dlouho.

Zkouška je podmíněčně vhodná i pro neporušené nebo zhutněné zkušební vzorky nepropustné soudržné zeminy, pokud není k dispozici propustoměr s tlakovou komorou. Nadměrný filtrační součinitel může být ovlivněn neúplným nasycením zkušebního vzorku a možným průtokem vody podél stěn odběrného válce. Propustoměr je znázorněn na Obrázku č.6.



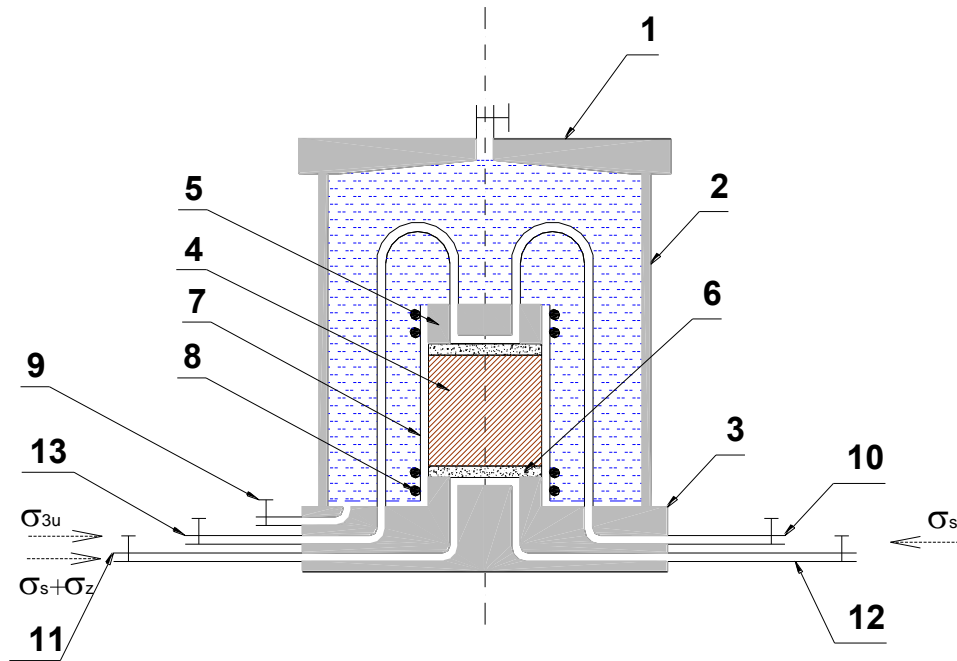
- 1- odběrné pouzdro
- 2- dolní podstava
- 3- horní podstava (víko) s přepadem a odvodušňovacím ventilem
- 4- drátěné síto, popř. filtrační destička
- 5- nádržka pro vyvození konstantní tlakové výšky s přívodním potrubím a ovládacími kohouty
- 6- přívod od zdroje tlaku přitékající vody
- 7- stahovací svorníky
- 8- odměrný válec
- 9- zkušební vzorek
- 10- těsnění

obrázek 6

B) Metoda měření propustnosti v tlakové komoře se syčením zpětným tlakem a v triaxiální komoře

Zkouška je vhodná pro všechny typy soudržných zemin od málo propustných až po velmi nepropustné a umožňuje přesné měření filtračního součinitele v podmínkách izotropní, popř. i anizotropní trojosé napjatosti.

Používá se zejména u jílu, jílovitých hlín a nenasyčených hlinitých zemin.



- 1- horní příruba s odvodušňovacím ventilem
- 2- válcový plášť
- 3- základna komory s rozvodnými kanálky a dolní podstavou zkušební vzorku
- 4- zkušební vzorek
- 5- horní podstava s odvodňovacími trubičkami
- 6- filtrační destičky
- 7- pružný návlek (membrána)
- 8- těsnící kroužky
- 9- přívod od zdroje komorového tlaku
- 10- přívod od zdroje zpětného syčícího tlaku
- 11- přívod od zdroje zpětného syčícího tlaku a zkušební tlaku
- 12- vývod pro odvodušnění dolní podstavy
- 13- vývod pro odvodušnění horní podstavy

obrázek 8 - Schema propustoměrné tlakové komory