

VLHKOST HORNIN

Definice :

Vlhkost horniny je definována jako poměr hmotnosti vody k hmotnosti pevné fáze horniny. Pro inženýrskou praxi se používá definice vlhkosti na základě vody, která se uvolňuje při vysoušení při teplotě 105-110°C.

Dělení vlhkostí :

- Váhová (hmotnostní) vlhkost w
- poměr hmotnosti vody ve vzorku k hmotnosti pevné fáze (hmotnosti vysušeného vzorku)

$$w = \frac{m_w}{m_d} \cdot 100\% = \frac{m - m_d}{m_d} \cdot 100\%$$

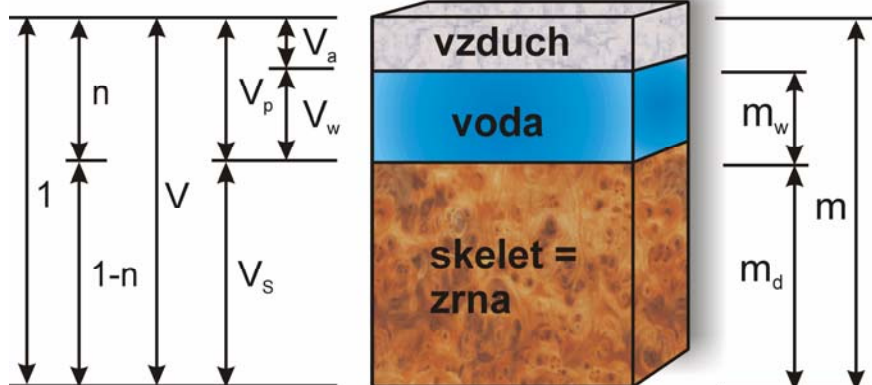
- objemová vlhkost w_v
- poměr objemu vody vzorku k objemu pevné fáze horniny

$$w_v = \frac{\rho_d}{\rho_w} \cdot w$$

kde m je celková hmotnost vzorku
 m_d je hmotnost vysušeného vzorku
 m_w je hmotnost vody ve vzorku
 ρ_d je objemová hmotnost horniny po vysušení
 ρ_w je objemová hmotnost vody

Rozsah použití :

Metoda je vhodná pro všechny typy hornin.



Technické podmínky zkoušky (seznam zařízení):

- laboratorní váhy s váživostí do 200g, citlivostí 0,01g
- elektrická sušárna s teploměrem a termostatem (105°C)
- laboratorní nádobí
- exsikátor

Příprava zkušební vzorku :

- příprava vzorku se provádí alespoň na třech souběžných navážkách horniny.
- je nutné poznamenat, zda se jedná o vlhkost v přirozeném stavu nebo o umělý stav

Postup zkoušky pro stanovení vlhkosti w :

1. do zvážené vysoušecí nádoby se vloží vzorek horniny
 m ... hmotnost vysoušecí nádoby [g]
2. nádoba se vzorkem se zváží s přesností na 0,01g
 m_1 ... hmotnost vysoušecí nádoby se vzorkem [g]
3. suší se při teplotě 105 – 110°C do ustálené hmotnosti (při odklopeném víku)
4. po vysušení se nechá vychladnout při nasazeném víku a opět se zváží
 m_2 ... hmotnost vysoušecí nádoby s vysušenou zeminou [g]
(ustálená hmotnost je = rozdíl mezi dvěma váženými po 24hod je menší než 0,01g)
5. výpočet vlhkosti vzorku horniny

$$w = \frac{m_w}{m_d} \cdot 100\% = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m} \cdot 100\% \quad \dots \text{na tři desetinná místa}$$

kde m_d je hmotnost vysušeného vzorku

m_w je hmotnost vody ve vzorku

Výsledná hodnota se uvádí pro vlhkosti do $w < 1\%$ s přesností **0,01%** a pro $w \geq 1\%$ s přesností **0,1%** .

STUPEŇ NASYCENÍ

Definice :

Stupeň nasycení neboli saturace horniny vodou je poměr objemu vody v pórech ku celkovému objemu pórů.

Jedná se o bezrozměrné číslo, udává se v procentech nebo prostým číslem (např. 0,75 = 75%).

Přímým způsobem se nezjišťuje. K jeho stanovení je třeba znát čtyři z následujících fyzikálních veličin, jež jsou nezávislé, z toho vždy je jednou z nich měrná hmotnost vody ($\rho_w = 1 \text{ g/cm}^3$).

Při označení ρ_s měrná hmotnost horniny
 ρ_d objemová hmotnost vysušené horniny
 ρ objemová hmotnost horniny
 ρ_w měrná hmotnost vody
 n pórovitost
 w váhová vlhkost

a při použití zvolených veličin bude stupeň nasycení S_r :

$$\rho, \rho_s, \rho_d, \rho_w \quad S_r = \frac{\rho_s \cdot (\rho - \rho_d)}{\rho_w \cdot (\rho_s - \rho_d)}$$

$$\rho, \rho_d, \rho_w, n \quad S_r = \frac{\rho - \rho_d}{n \cdot \rho_w}$$

$$\rho, \rho_s, \rho_w, n \quad S_r = \frac{\rho - (1 - n) \cdot \rho_s}{n \cdot \rho_w}$$

$$\rho, \rho_s, \rho_w, w \quad S_r = \frac{w \cdot \rho \cdot \rho_s}{\rho_w \cdot [(1 + w) \cdot \rho_s - \rho]}$$

$$\rho, \rho_w, n, w \quad S_r = \frac{w \cdot \rho}{n \cdot (1 + w) \cdot \rho_w}$$

$$\rho_w, \rho_s, \rho_d, w \quad S_r = \frac{w \cdot \rho_d \cdot \rho_s}{\rho_w \cdot (\rho_s - \rho_d)}$$

$$\rho_d, \rho_w, n, w \quad S_r = \frac{w \cdot \rho_d}{n \cdot \rho_w}$$

ρ_s, ρ_w, n, w

$$S_r = \frac{w \cdot (1 - n) \cdot \rho_s}{n \cdot \rho_w}$$

V každé alternativě je obsažena známá objemová hmotnost vody. K určení stupně nasycení je tedy nutno použít 3 nezávislé veličiny z pěti, jež jsou k dispozici. Takových možností je $\binom{5}{3} = 10$. Z toho jsou ale dvě kombinace na sobě závislé / $\rho, \rho_s, \rho_d; w, \rho_d, \rho$ /. Existuje pouze 8 možností výpočtu stupně nasycení, jak je uvedeno.

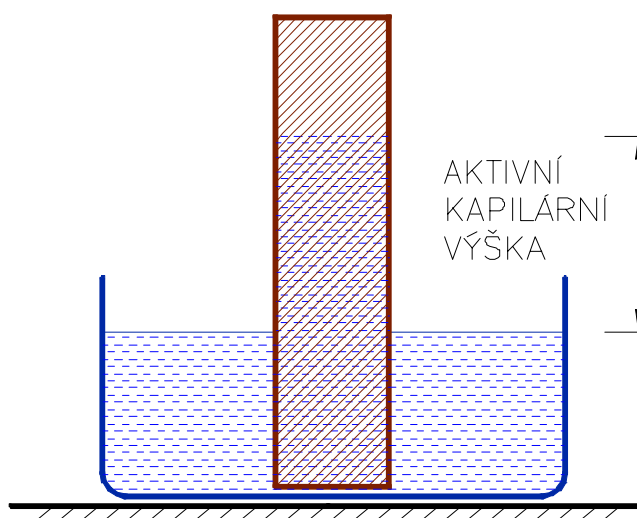
Stupeň nasycení se určuje s přesností 0,5%. Stanovuje se u hornin méně často.

KAPILARITA

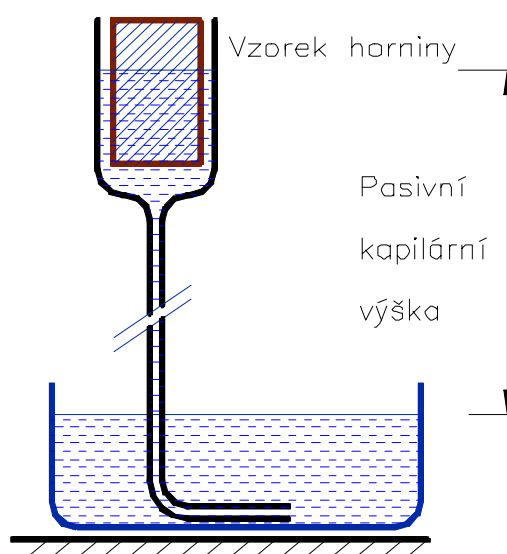
Definice :

Kapilarita hornin je jejich schopnost rozvádět a udržovat v kapilárních dutinách kapaliny, jež se vyznačují tzv. **kapilární elevací**. Kapilární elevace je důsledkem povrchového napětí kapaliny. Nejvíce se posuzuje kapilarita ve vztahu k vodě. Velikost kapilarity je závislá na rozměrech a tvaru kapilár.

Schopností rozvádět kapilární vodu se vyznačuje **kapilarita aktivní**. Zjišťuje se tak, že do nádoby s vodou se ponoří spodním koncem vzorek horniny. Voda vzlíná a nejvyšší výška zavlhčení horniny nad hladinou vody v nádobě se nazývá aktivní kapilární výška.



Pasivní kapilární výška je schopnost udržet sloupec vody nad souvislou hladinou v hornině. Vzorek horniny se nasýtí vodou a těsně se vloží do trubice s vodou, jejíž druhý konec je ponořen do misky. Největší výška vzorku nad hladinou vody, jíž se dosáhne, aniž kapilárními otvory pronikne do trubice vzduch je pasivní výška.



Zjišťování kapilární výšky u hornin je velmi náročné a obtížné jak v laboratorním prostředí, tak i v terénních podmínkách. Výsledky nebývají zcela spolehlivé.

NASÁKAVOST

Definice :

Nasákavost je schopnost horniny přijímat do svých pórů kapalinu (vodu).

dle ČSN 72 11 55, nasákavost - poměr hmotnosti vody přijaté vzorkem k hmotnosti vysušeného kamene (v % hmotnosti)

Stanoví se jako přírůstek vody, kterou vzorek v určité době za určitého tlaku a teploty přijme. Toto množství je vztaženo buď k :

- počáteční hmotě vzorku ve stavu vysušeném při teplotě 105°C
- počáteční hmotě vzorku s určitou počáteční vlhkostí

Měrná jednotka je bezrozměrná stejně jako vlhkost a vyjadřuje se v procentech (%).

Příprava :

Pro zkoušku se připraví 3 až 5 vzorků horniny o hmotnosti každého kusu 50 až 200g.

Zkouška se provádí buď za :

- a) normálního atmosférického tlaku
- b) sníženého atmosférického tlaku
- c) varu

Stanovení nasákavosti a zdánlivé pórovitosti přírodního stavebního kamene

a) Za normálního atmosférického tlaku

1. Nasákavost po 48 hodinách

- hornina je vystavena nasakování po dobu 48 hodin za normálního atmosférického tlaku

Zkušební pomůcky :

- Sušárna 105-110°C
- Váhy s přesností 0,05g
- Nádoby na vaření a nasakování vzorku
- Tkanina na osušování
- Drátěný kartáč
- Vakuový zvon s vývěvou
- Plynový kahan
- Exsikátor
- Destilovaná voda – převařená voda zbavená vzduchu

Zkušební vzorek :

- 5 vzorků nepravidelného tvaru, hmotnost 150 – 200g, minimální objem 50cm³

- ostré hrany a rohy se otlučou, drátěným kartáčem očistí, omyjí pod tekoucí vodou
- vzorky se očíslovají a vysuší do ustálené hmotnosti při 105°C

(Ustálená hmotnost je pokud změna hmotnosti mezi dvěma váženími po 24hodinách je menší než 0,1% hmotnosti tělesa. Kámen, který vyšší teplotě mění své vlastnosti (např. sádrovec) se suší při nižších teplotách tj. cca 35°C.)

Průběh zkoušení :

- vysušené a zvážené vzorky vložíme na 2 hodiny do ¼ výšky do kapaliny (převařené destilované vody) při teplotě $20 \pm 5^\circ\text{C}$
- na další 2 hodiny se kapalina dolije na ½ výšky vzorku
- na další 2 hodiny se kapalina dolije na ¾ výšky vzorku
- po 8 hodinách se voda doplní na 2 cm nad vzorek
- po 48 hodinách se vzorky vyjmou, osuší a zvaží

Stanovení nasákavosti (výpočet) :

Nasákavost po 48 hodinách v % hmotnosti vysušeného kamene :

$$NV_{48} = \frac{m_{48} - m_s}{m_s} \cdot 100\%$$

kde m_s je hmotnost vzorku vysušeného do ustálené hmotnosti [g]

m_{48} je hmotnost vzorku nasáklého vodou po 48 hodinách [g].

Za výsledek je považován aritmetický průměr z měření na 5 vzorcích zaokrouhlený na 2 desetinná místa.

2. Nasákavost do ustálené hmotnosti

Zkouška probíhá stejně jako v předchozím případě pouze s tím rozdílem, že se zkoušené vzorky ponechají ve vodě dalších 5 dnů.

Postup nasakování se sleduje až do ustálené hmotnosti.

Stanovení nasákavosti (výpočet) :

$$NV = \frac{m_n - m_s}{m_s} \cdot 100\%$$

kde m_s je hmotnost vzorku vysušeného do ustálené hmotnosti [g]

m_n je hmotnost nasáklého vzorku do ustálené hmotnosti [g].

Za výsledek je považován aritmetický průměr z měření na 5 vzorcích zaokrouhlený na 2 desetinná místa.

b) Nasákavost za sníženého atmosférického tlaku

Průběh zkoušení :

- Vysušené a zvážené vzorky se vloží do vakuového zvonu ponořeného ve vodě
- Ve vývěvě se udržuje podtlak 3kPa po dobu než přestanou unikat v vzduchové bublinky
- Vzorky se potom nechají ponechají 2 hodiny ve vodě
- Vzorky vyjmeme, osušíme a zvážíme

Stanovení nasákavosti (výpočet) :

$$NV_{at} = \frac{m_{at} - m_s}{m_s} \cdot 100\%$$

kde m_s je hmotnost vzorku vysušeného do ustálené hmotnosti [g]

m_{at} je hmotnost nasáklého vzorku za sníženého atmosférického tlaku [g].

Za výsledek je považován aritmetický průměr z měření na 5 vzorcích zaokrouhlený na 2 desetinná místa.

c) Nasákavost za varu

Průběh zkoušení :

- Vysušené a zvážené vzorky se v nádobě na vaření zalijí vodou do ½ výšky
- Po 2 hodinách se voda dolije na 2cm nad vzorek
- Vaří se 3 hodiny a po celou dobu se udržuje hladina 2cm nad vzorek
- Nádoba spolu se vzorkem se nechají 24 hodin chladnout
- Vzorek se vyjme, osuší a zváží

Stanovení nasákavosti (výpočet) :

$$NV_{100} = \frac{m_{100} - m_s}{m_s} \cdot 100\%$$

kde m_s je hmotnost vzorku vysušeného do ustálené hmotnosti [g]

m_{100} je hmotnost nasáklého vzorku za varu [g].

Za výsledek je považován aritmetický průměr z měření na 5 vzorcích zaokrouhlený na 2 desetinná místa.

Lze také stanovit tzv. nasákavost objemovou nebo-li zdánlivou pórovitost.

Objemová nasákavost

Objemová nasákavost se stanovuje výpočtem podle vzorce :

$$NV_V = NV \cdot \rho_V$$

kde NV je nasákavost do ustálené hmotnosti [%]

ρ_V je objemová hmotnost zkoušeného vzorku kamene [g/cm³].

Zkušební metody přírodního kamene – Stanovení součinitele nasákavosti vodou působením vzlínavosti

ČSN
EN 1925
72 1141

Předmět normy :

Tato evropská norma určuje metodu pro stanovení součinitele nasákavosti vodou přírodního kamene působením vzlínavosti.

Podstata zkoušky : Po vysušení na konstantní hmotnost (ustálená hmotnost) je zkušební těleso ponořeno jednou svojí stranou (nikdy ne opracovanou stranou) do (3 ± 1) mm vody a poté je měřen nárůst hmotnosti v závislosti na čase.

Značky :

m_d hmotnost vysušeného zkušební tělesa, v gramech
 m_i následující hmotnosti zkušební tělesa během zkoušení, v gramech
A plocha strany ponořené ve vodě, ve čtverečních metrech
 t_i doby, uplynulé od počátku zkoušky bez prodlev, při nichž byly měřeny následující hmotnosti m_i , v sekundách
 C_1 součinitel nasákavosti vodou působením vzlínavosti kolmo k plochám anisotropie kamene, $\text{g/m}^2 \cdot \text{s}^{0,5}$
 C_2 součinitel nasákavosti vodou působením vzlínavosti rovnoběžně s plochami anisotropie kamene, $\text{g/m}^2 \cdot \text{s}^{0,5}$

Přístroje a pomůcky :

- Zakrytá nádoba s plochým dnem, obsahující neoxidující a nenasákavé podložky zkušebních těles.
- Zařízení, umožňující udržet stálou výšku hladiny vody v nádobě.
- Sušárna s ventilací, umožňující udržet teplotu (70 ± 5) °C.
- Časoměřič s přesností 1s.
- Váhy s přesností 0,01 g.
- Měřidlo s přesností 0,05 mm.
- Klimatizovaná místnost na teplotu (20 ± 5) °C.

Příprava zkušebních těles :

Vzorkování :

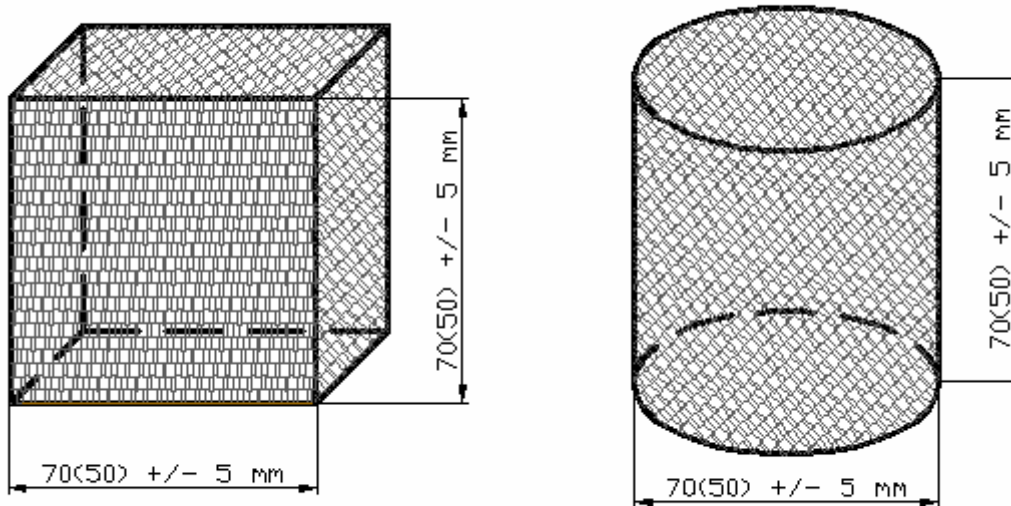
Zkušební laboratoř neodpovídá za vzorkování, pokud o to není výslovně požádána.

Z homogenních vzorků se vybere nejméně šest těles a zkouší se na vzestup vody v každém směru ve vztahu k orientaci jakýchkoliv ploch anisotropie (např. vrstevní plochy atd.), jež mají být označeny ve všech zkušebních tělesech nejméně dvěma rovnoběžnými čarami.

Zkušební tělesa se nahrubo oříznou nebo mohou mít jednu nebo dvě zabroušené strany. Tyto strany mají být orientovány kolmo. (opracovaná strana nemá nikdy být ponořenou základnou)

Rozměry zkušebních těles :

Zkušební tělesa mají tvar krychle o hraně (70 ± 5) mm či (50 ± 5) mm nebo válce s kruhovým průřezem, jejichž průměr a výška se rovnají (70 ± 5) mm či (50 ± 5) mm.



Vysoušení zkušebních těles :

Zkušební tělesa se vysouší na ustálenou hmotnost v sušárně s ventilací při teplotě (70 ± 5) °C. Ustálené hmotnosti je dosaženo, když rozdíl mezi dvěma následujícími váženými v intervalu (24 ± 2) hodin není větší než 0,1% hmotnosti zkušebního tělesa.

Postup zkoušky :

1. Vysoušení a zvážení zkušebních těles s přesností na 0,01 g
 m_d [g]
2. Výpočet plochy ponořené základny s přesností na 0,1 mm
 A [m^2]
3. Tělesa se vloží do nádoby na připravené podložky, tak aby z nich spočívala jen částí své základny. Zajistí se, aby orientace ploch anisotropie ve vztahu k vztlínající vodě odpovídala požadavkům.
4. Základna se ponoří do hloubky (3 ± 1) mm.
5. Spustí se časoměřič.
6. Udržuje se ustálená hladina vody.
7. Nádoba po dobu zkoušky musí být uzavřená (odpar vody)
8. V časových intervalech se vyjme těleso, osuší a zváží
9. Tento postup se opakuje do ustálené hmotnosti

Pozn.: Výběr časů závisí na druhu kamene.

- Pro vysoce nasákové kameny je vhodná doba t_i : 1,3,5,10,15,30,60,480 (tj. 8 h) a 1440 (tj. 24 h) minut.
- Pro málo nasákové kameny jsou vhodné časy : 30,60,180,480,140,2880 (48 h) a 4320 (3 dny) minut.

Tyto časy mají být měřeny s přesností 5%. Minimálně je zapotřebí 7 měření.

Vyjádření výsledků :

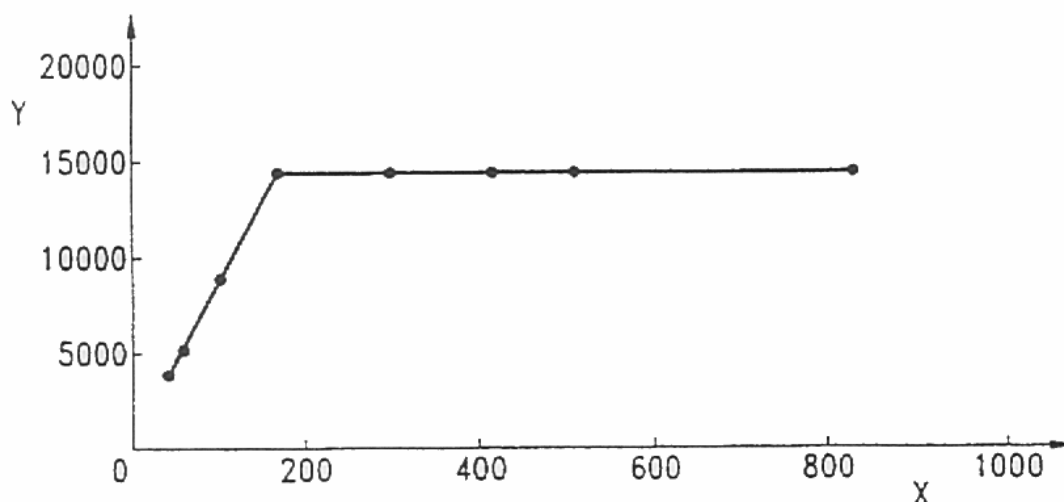
Hmotnost nasáklé vody v gramech, dělená plochou ponořené základny zkušební tělesa ve čtverečních metrech jako funkce druhé odmocniny času vyjádřeného v sekundách, se vyjádří pomocí grafu.

Grafy se konstruují viz. Obrázek

Pokud korelační součinitel mezi měřenými body v první části grafu a regresní přímka této první části jsou větší než 0,90 (v případě provedené 5ti měření) nebo než 0,95 (4 měření), součinitel nasákavosti vodou působením vztlínivosti C_1 a C_2 je vyjádřen jako sklon regresní přímky C_1 či C_2 . Může být vypočten jako poměr mezi pořadnicí a souřadnicí kteréhokoliv bodu na této přímce pomocí následující rovnice :

$$C_1 \text{ nebo } C_2 = \frac{m_i - m_d}{A \cdot \sqrt{t_i}}$$

Získané hodnoty C_1 a C_2 jsou zaokrouhleny na tři platné číslice.



Legenda :

X ... nasákavost vodou g/m²

Y ... druhá odmocnina času s^{0,5}

Graf 1 : Nasákavost vodou působením vztlínivosti kolmo k rovinám anisotropie jako funkce druhé odmocniny času pro zkušební těleso s nízkým součinitelem nasákavosti ($C_1 = 86,0 \text{ g/m}^2 \cdot \text{s}^{0,5}$)

Výpočet součinitele nasákavosti vodou působením vztlínivosti pomocí nelineární regresní funkce :

Znaky :

$y_i \left(= \frac{m_i - m_d}{A} \right)$ - hmotnost vody vztažená na plochu povrchu ponořené základny a nasáklá do času t_i g/m².

m_f - konečná hmotnost zkušebního tělesa na konci zkoušky [g]

$a \left(= \frac{m_f - m_d}{A} \right)$ - maximální hmotnost vody vztažená na plochu povrchu ponořené základny a nasáklá do času t_i g/m².

b - součinitel penetrace vodou vztažený k délce, odpovídá druhé odmocnině času t_i v [s]

Vyjádření výsledků :

Níže uvedená rovnice se použije tehdy, když graf, ukazující hmotnost nasáklé vody vztažené k ploše povrchu zkušebního tělesa jako funkce druhé odmocniny času zjištěné při zkoušce, nemůže být uspokojivě aproximován dvěma přímkami.

Pro graf 2. je vhodnější následující rovnice :

$$y_i = a \cdot \left(1 - e^{-b \cdot \sqrt{t_i}} \right)$$

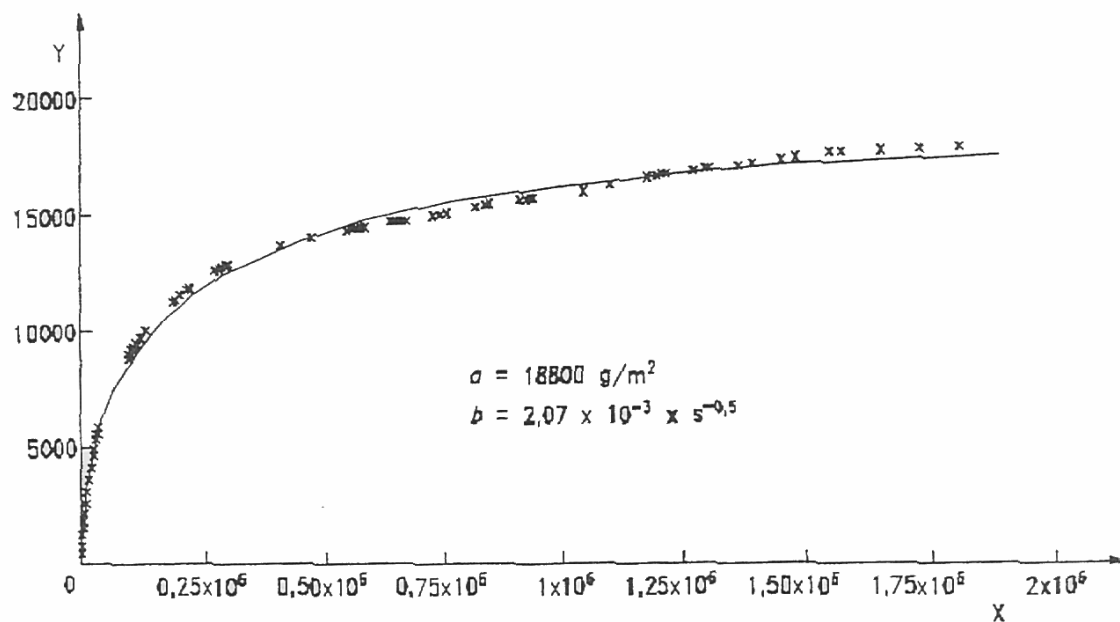
Linearizací exponenciální funkce (pro nízké hodnoty t_i je $e^{-b \cdot \sqrt{t_i}} = (1 - b \cdot \sqrt{t_i})$) se rovnice (1) mění na :

$$y_i = a \cdot b \cdot \sqrt{t_i}$$

a

C_1 nebo $C_2 = a \cdot b$

Získané hodnoty C_1 nebo C_2 jsou zaokrouhleny na tři platné číslice.



Legenda :

X ... nasákavost vodou g/m^2

Y ... čas s

Graf 2 : Nasákavost vodou působením vztlakovosti kolmo k rovinám anisotropie podle regresní funkce (rovnice (2)) pro zkušební těleso s nízkým součinitelem nasákavosti ($C_1 = 38,9 \text{ g/m}^2 \cdot \text{s}^{0,5}$)