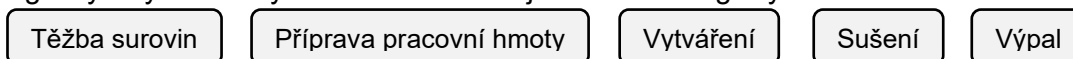


## 2 STAVEBNÍ KERAMIKA

Do kategorie stavební keramiky patří výrobky pevně spojené se stavební konstrukcí. Jedná se o tři základní skupiny keramických výrobků:

- krytina, zdící materiály, překlady, stropní dílce
- obklady a dlažby
- sanitární keramika

Technologie výroby keramiky sestává z následujících technologických kroků:



Suroviny používané na výrobu keramiky dělíme na

- pojiva - jíly, hlíny
- ostřiva - křemenný písek, odpadní materiály (popílek, brusné kaly, atd.)
- taviva - různé druhy, pomocí nichž je korigována teplota výpalu keramických výrobků.

### Příprava pracovní hmoty

Všechny technologické úkony, prováděné v této části technologie výroby, vedou k maximální homogenizaci přírodní, velmi nehomogenní suroviny. Jedná se o odležení, mletí, mísení, haldování a homogenizaci směsi za přídavku různého množství vody a přísad.

Tím, jaké množství vody je do suroviny přidáno, je dána výsledná konzistence pracovní hmoty. Při výrobě stavební keramiky používáme pracovní hmoty definované právě svojí konzistencí.

- Drolenka – nízká vlhkost 5 - 8 %, zavlhlá směs, zpracovává se lisováním do forem na hydraulických lisech tlakem 20 - 40 MPa. Tato technologie je používána především pro výrobu obkladových prvků a dlažby.
- Plastické těsto – vlhkost 18 – 26 %, zpracovává se na vakuovém šnekovém lisu, tlak na ústí šnekového lisu se pohybuje okolo 1 - 2 MPa. Tažením na vakuovém šnekovém lisu jsou vyráběny především zdící materiály a stropní dílce.
- Licí břečka – vysoká vlhkost 60 - 90 % jedná se o hustou, tekutou suspenzi. Výrobky jsou odlévány do sádrových forem na střep nebo na jádro. Touto technologií je vyráběna sanitární keramika – umyvadla, záchodové mísy a další.

### Vytváření

Při tomto technologickém kroku je hmotě dáván tvar konečného výrobku. Ke tvarování slouží hydraulické lis, šnekové lis nebo sádrové formy, podle toho, jaká pracovní hmota je zpracovávána.

### Sušení

Probíhá v tunelových nebo komorových sušárnách vlhkým vzduchem, výjimečně spaliny. Sušení je technologicky i energeticky náročné a nesmí při něm dojít k poruchám výrobku.

### Výpal

Probíhá v tunelových, či válečkových nebo komorových pecích, teplota výpalu je závislá na druhu páleného zboží, pohybuje se od 900 °C až do 1300 °C. Výpalem získává keramický výrobek svoje výjimečné vlastnosti. Jedná se o nejvíce energeticky náročný krok v technologii výroby keramiky.

## 2.1 Zkoušky na surovinách

Na keramických surovinách provádíme řadu fyzikálně mechanických i technologických zkoušek, mezi které patří chemický rozbor, mineralogický rozbor a stanovení granulometrie. Stanovení granulometrického složení je jedna z nejrozšířenějších zkoušek, prováděných na plastických i neplastických keramických surovinách.

- neplastické suroviny: síťový rozbor

- plastické suroviny:
  - síťový rozbor plavením, nejčastěji na síť 0,063 mm,
  - Andreasenova sedimentační analýza (stanovení distribuce velikosti částic menších než 0,063 mm)

## 2.2 Zkoušky na pracovních hmotách

Největší objem keramických výrobků je vyráběn z plastického těsta. Proto je obsahem následující kapitoly popis základních zkoušek, prováděných na plastickém těstě. Jedná se o tyto tři základní zkoušky:

- Stanovení vlhkosti
- Stanovení optimální vlhkosti podle Pfefferkorna
- Stanovení kritické vlhkosti a citlivosti k sušení podle Bigota

### 2.2.1 Stanovení vlhkosti

Princip stanovení vlhkosti plastického těsta je následující: Vzorek plastického těsta zvážíme  $m_n$ , vysušíme v sušárně při 105°C do konstantní hmotnosti, tedy vlhkost je nulová a po vysušení opět zvážíme  $m_s$ , z naměřených hodnot vypočítáme vlhkost plastického těsta podle vzorce:

$$w = \frac{m_z - m_s}{m_s} \cdot 100 \quad [\%] \quad 2.1$$

$m_z$  hmotnost vlhkého vzorku v gramech s přesností na 0,01 [g]

$m_s$  hmotnost suchého vzorku v gramech s přesností na setiny 0,01 [g]

$w$  vlhkost těsta s přesností na 0,1 [%]

Pomůcky: hodinové sklíčko, váhy, sušárna

### 2.2.2 Stanovení optimální vlhkosti keramických těst (Pfefferkorn) ČSN 72107

Jedná se o stanovení optimální vlhkosti pro tváření pracovní hmoty (plastického těsta) na šnekovém vakuovém lisu. Tuto vlhkost - optimální vlhkost těsta  $w_{opt}$ , určíme ze závislosti plastické deformace na vlhkosti.

Pomůcky:

- Pfefferkornův deformační přístroj
- Forma na přípravu vzorku
- Posuvné měřítko
- Zařízení na stanovení vlhkosti viz stanovení vlhkosti

Postup zkoušky:

Vytvořím dva zkušební vzorky průměru 33 mm, výšky  $h_0 = 40$  mm, jeden vzorek bude tužší, vzorek č. 1 (nižší vlhkost) a druhý bude plastičtější vzorek č. 2 (vyšší vlhkost), vzorek č. 1 vložím do přístroje a zdeformuji, po deformaci změřím výšku vzorku  $h_1$ . Vzorek č. 2 vložím do přístroje a zdeformuji, po deformaci změřím výšku vzorku  $h_2$ . Z každého vzorku odeberu kousek hmoty na stanovení vlhkosti  $w_1, w_2$ .



Obrázek 2.1.: Pfefferkornův deformační přístroj, vzorek před deformací.



Obrázek 2.2.: Pfefferkornův deformační přístroj, vzorek po deformaci.

Stanovím vlhkosti  $w_1$ ,  $w_2$  s přesností na 0,01 [%]. Viz kapitola 1.3.1.  
Vypočítám deformační poměry  $d_1$  a  $d_2$  podle vztahu:

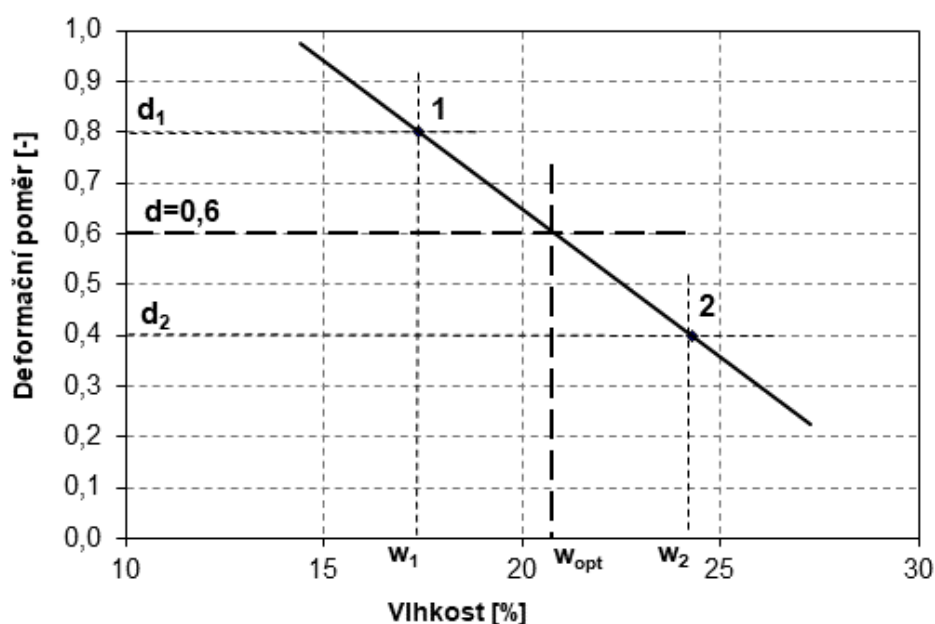
$$d_1 = \frac{h_1}{h_0} \quad d_2 = \frac{h_2}{h_0} \quad [-] \quad 2.2$$

$h_1, h_2$  výška vzorku (válečku) po deformaci s přesností na 0,1 [mm]  
 $h_0$  výška vzorku (válečku) před deformací s přesností na 0,1 [mm]  
 $d_1, d_2$  deformační poměr těsta s přesností na 0,01 [mm]

Stanovení optimální vlhkosti  $w_{opt}$  se z těchto hodnot provádí buď graficky (méně časté), nebo výpočtem podle vzorce:

$$w_{opt} = w_1 + \frac{w_2 - w_1}{d_2 - d_1} \cdot (d - d_1) \quad [%] \quad 2.3$$

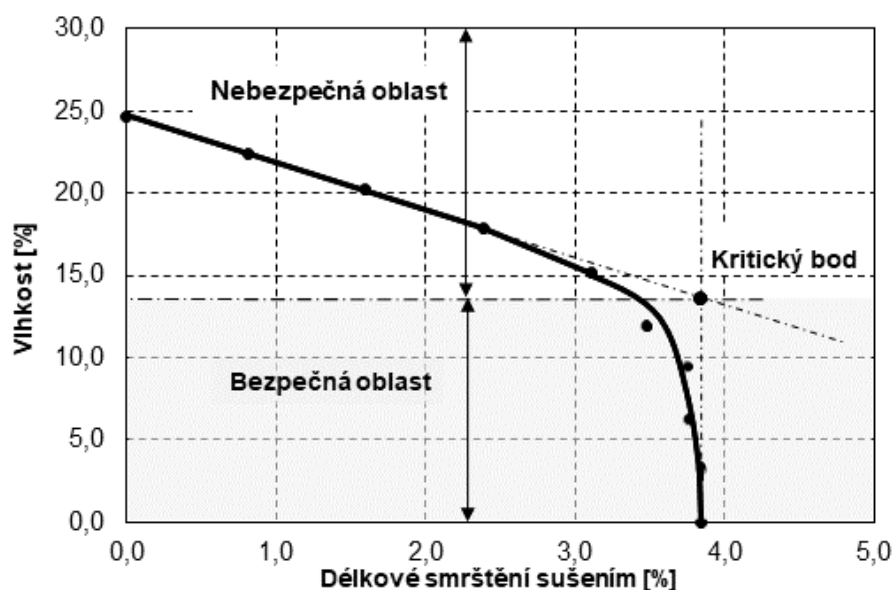
$w_{opt}$  optimální vlhkost těsta s přesností na 0,1 [%]  
 $d$  optimální deformační poměr, pro keramická těsta  $d = 0,4$ , pro cihlářská těsta  $d = 0,6$



Obrázek 2.3.: Grafické stanovení optimální vlhkosti podle Pfefferkorna.

## 2.2.3 Stanovení kritické vlhkosti a citlivosti k sušení (Bigot) ČSN 721565

Při sušení keramických výrobků se snižuje jejich vlhkost a současně se výrobek smršťuje, dochází u něj k délkové změně, záporné, kterou označujeme jako smrštění. Zejména v počáteční fázi sušení je potřeba výrobky sušit opatrně, aby nedocházelo ke vzniku technologických trhlinek a prasklin. Vlhkost, do které je nutné sušení provádět opatrně a se zřetelem na délkové smrštění materiálu, označujeme jako vlhkost kritického bodu a značíme ji  $w_{KB}$ . Když vlhkost při sušení výrobku klesne pod hodnotu  $w_{KB}$ , nehrozí již nebezpečí vzniku poruch, protože ke smrštění výrobku již nedochází nebo pouze ve zcela minimální míře. Vlhkost  $w_{KB}$  rozděluje celé sušení na dvě části, na oblast nebezpečného sušení a na oblast bezpečného sušení. Z tohoto pohledu je proces sušení nejlépe popsán Bigotovou křivkou.



Obrázek 2.4.: Bigotova křivka.

Stanovení kritické vlhkosti a citlivosti k sušení je zkouška časově značně náročná. Nejdříve je potřeba stanovit vlhkost kritického bodu  $w_{KB}$  a následně vypočítat citlivost k sušení CSB (citlivost k sušení podle Bigota)

Pomůcky:

Forma na výrobu keramických cihel

Posuvné měřítko

Zařízení na stanovení vlhkosti viz stanovení vlhkosti kapitola 2.3.1.

Postup zkoušky:

Vytvořím zkušební tělísko ve tvaru cihelky, po jeho vytvoření (odformování) do vzorku otisknu posuvné měřítko nastavené na vzdálenost  $l_z=80$  mm a cihelku zvažím.

Vytvořený zkušební vzorek - cihelku nechám schnout v laboratoři za normální teploty a atmosférického tlaku (volnoprostorové sušení) a každou hodinu tělísko vážím a měřím vzdálenost otisků posuvného měřítka na vzorku. Když tři za sebou jdoucí měření otisků vykazují stejnou hodnotu, dosuším zkušební těleso v laboratorní sušárně do konstantní hmotnosti. Při nulové vlhkosti zkušební tělesa opět změřím vzdálenost otisku posuvného měřítka. Veškeré naměřené hodnoty zaznamenávám do tabulky.

Tabulka 2.1: Naměřené a vypočítané hodnoty při stanovení citlivosti k sušení podle Bigota.

	Hmotnost [g]	Vzdálenost rysek [mm]	Vlhkost [%]	Smrštění sušením [%]
Výlisek	197,25	$l_z = 80,00$	$w_a = 24,7$	0,0
	193,68	79,35	22,4	0,8
	190,25	78,72	20,2	1,6
	186,54	78,09	17,9	2,4
	182,25	77,51	15,2	3,1
	177,12	77,22	11,9	3,5
	173,25	77,00	9,5	3,8
	168,15	76,99	6,3	3,8
	163,33	76,93	3,2	3,8
Výsušek	$m_s = 158,24$	76,93	0,0	$DS_{max} = 3,8$

Z naměřených hodnot vypočítám vlhkost tělesa při jednotlivých měřeních s přesností na 0,1 % a délkové smrštění DS při jednotlivých měřeních.

Výpočet vlhkosti je již znám, výpočet délkového smrštění provedu podle vztahu:

$$DS_i = \frac{l_i - l_z}{l_z} \cdot 100 \quad [\%] \quad 2.4$$

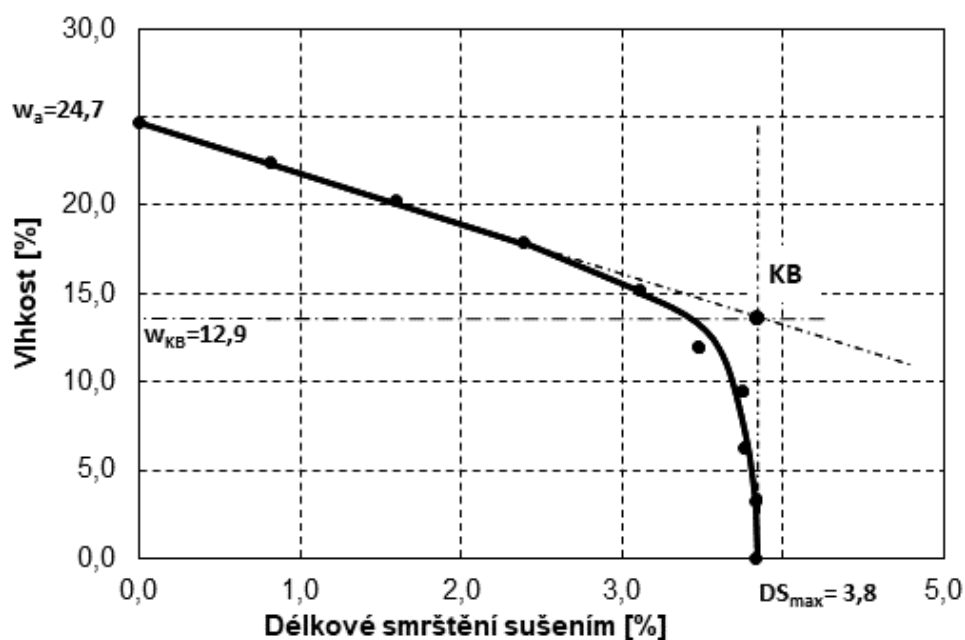
$l_z$  vzdálenost rysek po odlišování s přesností na 0,01 [mm]

$l_i$  vzdálenost rysek při jednotlivých měřeních s přesností na 0,01 [mm]

$DS_i$  smrštění sušením při daném měření s přesností na 0,1 [%]

Pokud známe hodnoty vlhkostí a délkového smrštění v jednotlivých bodech měření, přikročíme z vynesení grafické závislosti - Bigotovy křivky. Nejdříve graficky stanovíme kritický bod KB a z grafu odečteme  $w_{KB}$  - vlhkost kritického bodu.

Postup grafického řešení je následující: Vyneseme uspořádané dvojice (vlhkost, DS) jednotlivých měření, jednotlivé body na obr. 2.5. Z maximálního smrštění  $DS_{max}$  vyneseme kolmici k ose x. Z bodu  $w_a$  na ose y se snažíme proložit přímkou naměřenými body tak, aby odchylka od jednotlivých bodů byla minimální. V průsečíku těchto dvou přímek se nachází kritický bod KB, na ose „y“ můžeme pak odečíst vlhkost kritického bodu.



Obrázek 2.5: Bigotova křivka, konstrukce kritického bodu (Tab. 1.1.).

**Citlivost k sušení stanovím podle vztahu:**

$$CSB = \frac{W_a - W_{KB}}{W_{KB}} \quad [-] \quad 2.5$$

$W_a$  vlhkost vzorku na počátku měření [%]

$W_{KB}$  vlhkost kritického bodu [%]

$CSB$  citlivost k sušení podle Bigota [-]

Podle hodnoty  $CSB$  následuje zařídění zeminy do určité kategorie:

$CSB < 1$  – zeminy málo citlivé k sušení

$CSB 1 - 1,5$  - zeminy středně citlivé k sušení

$CSB 1,5 - 2$  - zeminy citlivé k sušení

$CSB > 2$  - zeminy silně citlivé k sušení

Citlivost k sušení je technologická vlastnost keramických surovin, kterou můžeme ovlivnit zejména přidavkem ostřiva.

## 2.3 Zkoušky na vypáleném keramickém střepu

Posledním, avšak nejdůležitějším, technologickým krokem při výrobě keramiky je výpal. Výpalem, jeho délkou, průběhem a maximální teplotou můžeme významným způsobem ovlivnit výsledné fyzikálně mechanické a užité vlastnosti materiálu. Výpal probíhá v kontinuálních nebo v periodických pecích. Jedná se o pece tunelové, či válečkové a o pece komorové, či vozokomorové. Každé z těchto tepelných zařízení má své výhody i nevýhody, každé je vhodné pro výpal jiného druhu keramického zboží. Teplota výpalu je různá, podle vypalovaného zboží, 860 °C až 1000 °C (1200°C). Průběh výpalu popisuje pálicí křivka.



Obrázek 2.6: Vozokomorová pec.



Obrázek 2.7: Tunelová pec.

### 2.3.1 Zkoušky prováděné na vypáleném keramickém střepu

- Nasákavost NV [%]
- Objemová hmotnost OH [kg.m<sup>-3</sup>]
- Zdánlivá pórovitost PZ [%]
- Zdánlivá hustota ZH [%]
- Skutečná pórovitost PS [%]
- Slínavost
- Hustota (měrná hmotnost)  $\rho$  [kg.m<sup>-3</sup>]
- Pórovitost uzavřená PU [%]
- Celková délková změna DC [%]
- Pevnost v tahu za ohybu [Pa]

- Pevnost v tlaku [Pa]
- Vzlínavost a další

### 2.3.2 Nasákavost

Definice: Nasákavost je schopnost vypáleného keramického materiálu přijímat kapalinu. Nasákavost (NV) je jedním z nejdůležitějších parametrů, který charakterizuje mikrostrukturu keramického střepe. Vysoká nasákavost odpovídá pórovité struktuře, zatímco hutný a slinutý výrobek má nasákavost nízkou. Nasákavost se stanovuje v %, jako poměr hmotnosti vody pohlcené zkušební vzorkem ke hmotnosti vysušeného vzorku.

Výpočet nasákavosti:

$$NV = \frac{m_n - m_s}{m_s} \cdot 100 \quad [\%] \quad 2.6$$

$m_n$  hmotnost vzorku po zkoušce nasákavosti, nasáklého [g]  
 $m_s$  hmotnost vysušeného vzorku [g]

Postup zkoušky:

- Stanovení nasákavosti varem

Vzorky vysušené při 110°C do ustálené hmotnosti se zváží a uloží na rošt do varné nádoby s vodou tak, aby se nedotýkaly stěn nádoby, ani vzájemně mezi sebou a byly zcela ponořeny. Voda se během půl hodiny až jedné hodiny přivede k varu, který se dále udržuje 2 hodiny. Odpařená voda se během varu doplňuje tak, aby vzorky byly stále minimálně 20 mm pod hladinou. Po ukončení varu se nádoba nechá vychladnout na teplotu místnosti. Po vychladnutí jsou vzorky postupně vyjímány z nádoby, na povrchu otírány vyždímanou vlhkou tkaninou a ihned váženy.

- Stanovení nasákavosti vakuovou metodou

Zvážené, vysušené vzorky se umístí do exikátoru, ze kterého je následně odčerpán vzduch. Po dosažení 80% vakua jsou vzorky zaplaveny vodou. Po 10 minutách vakuum zrušíme, vzorky jsou postupně vyjímány z exikátoru, na povrchu otírány vyždímanou vlhkou tkaninou a váženy.

### 2.3.3 Objemová hmotnost

Definice: Objemová hmotnost (OH) udává hmotnost objemové jednotky vysušeného vzorku včetně uzavřených a otevřených pórů.

Vyjadřuje se v  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a je vždy nižší než měrná hmotnost vzorku. U keramických střepe se nejčastěji stanovuje hydrostatickým vážením. Vzorky nasycené při zkoušce nasákavosti se potom hydrostaticky váží na vytárovaném závěsu (dbá se na to, aby se vzorky při vážení nedotýkaly stěn, ani dna nádoby). Objemová hmotnost střepe se vypočítá ze vztahu:

$$OH = \frac{m_s}{m_n - m_{nv}} \cdot \rho_v \quad [\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}] \quad 2.7$$

$m_s$  hmotnost suchého vzorku [g],  
 $m_n$  hmotnost nasáklého vzorku váženého na vzduchu [g],  
 $m_{nv}$  hmotnost nasáklého váženého hydrostaticky (pod vodou) [g],  
 $\rho_v$  hustota kapaliny v níž je prováděno hydrostatické vážení [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ], pro vodu dosazují 1000  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$

### 2.3.4 Zdánlivá pórovitost

Definice: Zdánlivá pórovitost udává, jaký je poměr objemu otevřených pórů vzorku k jeho celkovému objemu včetně pórů

Ne vždy musí být stěp s větší měrnou hmotností při stejné nasákavosti pórovitější. *Zdánlivá pórovitost (PZ)* je přesnějším ukazatelem pórovitosti mikrostruktury než nasákavost (stěp s větší měrnou hmotností bude vždy pórovitější než vzorek s měrnou hmotností nižší při stejné nasákavosti). Stanovuje se společně se zjišťováním nasákavosti a objemové hmotnosti.

$$PZ = \frac{m_n - m_s}{m_n - m_{nv}} \cdot 100 = NV \cdot \frac{OH}{1000} \quad [\%] \quad 2.8$$

$m_n$  hmotnost vzorku nasáklého [g],  
 $m_s$  hmotnost suchého vzorku [g],  
 $m_{nv}$  hmotnost nasáklého vzorku pod vodou [g]

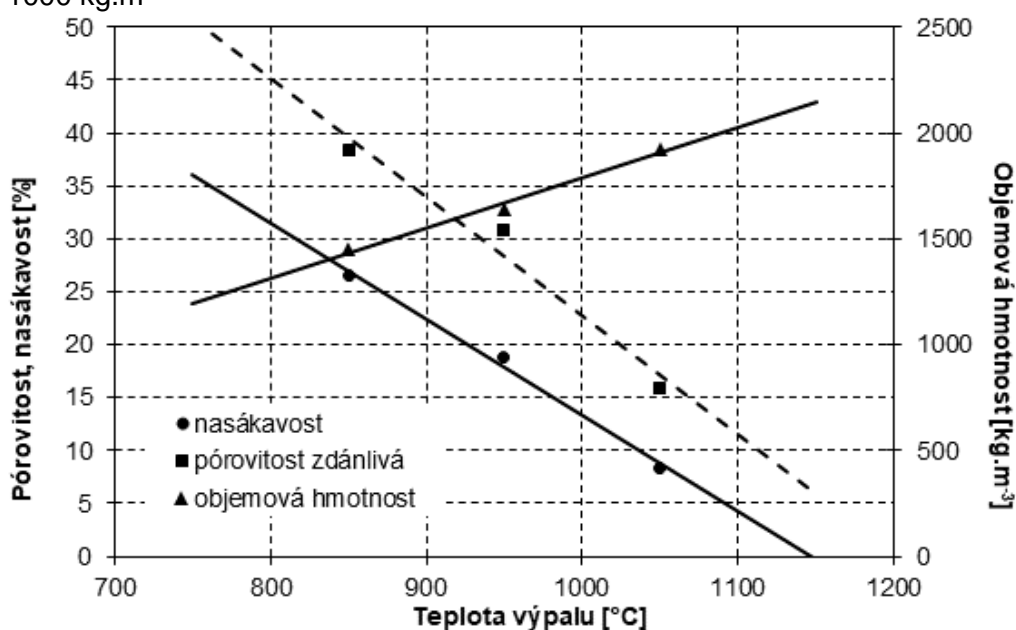
### 2.3.5 Zdánlivá hustota

Definice: Zdánlivá hustota (ZH) udává hmotnost vysušeného vzorku na jednotku jeho objemu včetně uzavřených pórů.

Pokud vzorek nemá uzavřené póry, pak se zdánlivá hustota rovná měrné hmotnosti (hustotě). Stanovuje se současně se stanovením nasákavosti, objemové hmotnosti a zdánlivé pórovitosti podle vzorce:

$$ZH = \frac{m_s}{m_s - m_{nv}} \cdot \rho_v \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}] \quad 2.9$$

$m_s$  hmotnost suchého vzorku [g],  
 $m_{nv}$  hmotnost nasáklého vzorku pod vodou [g],  
 $m_n$  hmotnost nasáklého vzorku na vzduchu [g].  
 $\rho_v$  hustota kapaliny, v níž je prováděno hydrostatické vážení [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ], pro vodu dosazují  $1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$



Obrázek 2.1.: Obrázek 2.8: Nasákavost a pórovitost s teplotou výpalu klesá, objemová hmotnost keramického stěpu s teplotou roste.



### 2.3.6 Skutečná pórovitost

Definice: Skutečná pórovitost (PS) udává poměr otevřených i uzavřených pórů zkušebního vzorku k jeho objemu včetně všech pórů.

Vyjadřuje se v procentech objemu zkušebního vzorku. Postup určuje ČSN 72 5010. Skutečná pórovitost je vždy větší, než zdánlivá pórovitost, poněvadž zahrnuje také objem uzavřených pórů. K posouzení mikrostruktury cihlářského střepu z hlediska podílu pórů vystačíme často pouze s hodnotou zdánlivé pórovitosti, protože u těchto pórovitých výrobků je relativně menší objem uzavřených pórů. Pouze u výrobků hutných a slinutých se vyskytují uzavřené póry častěji, takže je stanovení skutečné pórovitosti účelné.

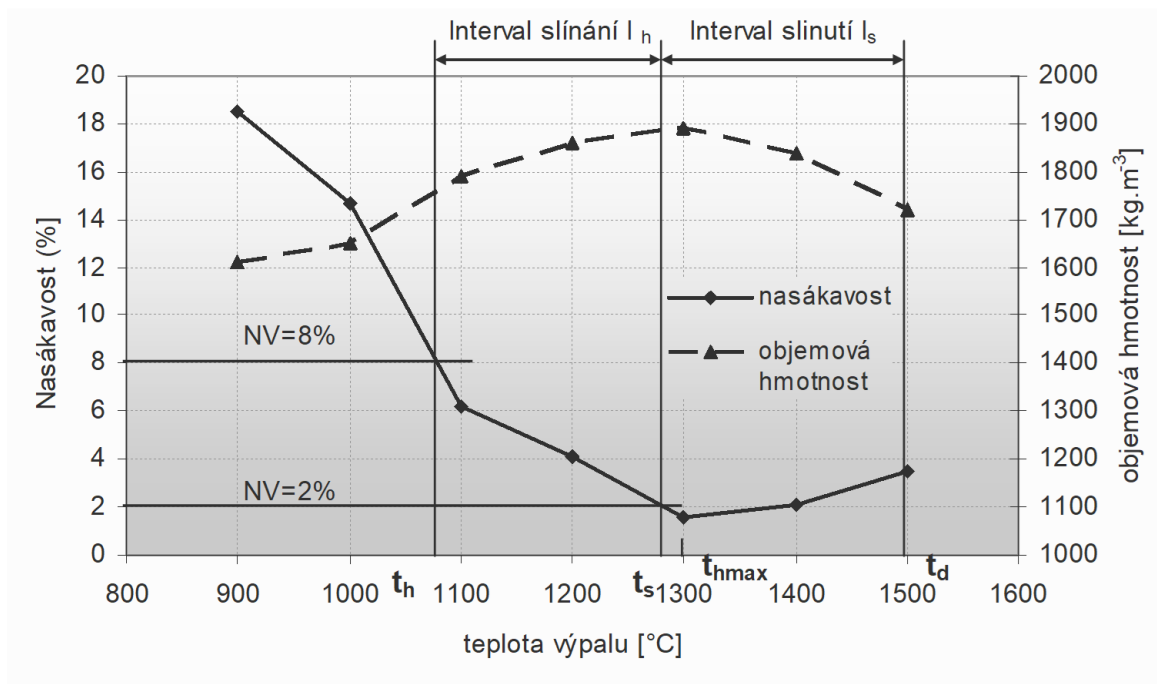
$$PS = \left( 1 - \frac{OH}{\rho} \right) \cdot 100 \quad [\%] \quad 2.10$$

$OH$  objemová hmotnost [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ],  
 $\rho$  hustota [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]

### 2.3.7 Slínavost

Každá zemina je charakterizována svou slínavostí, která se vyjadřuje teplotou slinutí, intervalem slinutí, resp. slínání.

- **Teplota slinutí ( $t_s$ )** – teplota ve  $^{\circ}\text{C}$ , při níž má vypálený vzorek po vychladnutí na teplotu místnosti nasákavost  $NV = 2\%$ .
  - **Interval slinutí ( $I_s$ )** – rozdíl mezi teplotou slinutí a teplotou deformace:  $I_s = t_d - t_s$
  - **Interval slínání ( $I_h$ )** – rozdíl mezi teplotou slinutí a zhutnění,  $I_h = t_s - t_h$
- **Teplota zhutnění ( $t_h$ )** – teplota, při níž má vzorek po výpalu a vychladnutí nasákavost  $NV=6\%$  ( $8\%$ )
- **Teplota deformace ( $t_d$ )** – teplota, při níž nastane deformace žároměrky připravené ze vzorku.
- **Teplota maximálního zhutnění ( $t_{hmax}$ )** – teplota  $t$ , při níž má vzorek nejmenší nasákavost, v každém případě menší než  $2\%$ .



Obrázek 2.9: Slínavost keramického materiálu.

Při stanovení slínivosti se postupuje podle ČSN 72 1072 – zjistí se nejprve teplota slinutí  $t_s$  takovým způsobem, že se na vzorcích, vypálených na různé teploty, určí nasákavost NV. Dále se stanoví teplota deformace (žároměrné shody) a z jejich rozdílu interval slinutí  $I_s$ . Pokud je třeba stanovit ostatní intervaly, postupuje se obdobně. To znamená, že se řada zkušebních cihel vypaluje na různé teploty. Vypalovací teploty se volí podle typu materiálu a jsou odstupňovány po 100 °C. V blízkosti očekávané teploty slinutí se jejich intervaly zmenšují. Na každou teplotu se vypalují tři zkušební cihelky. Po vychladnutí cihel na teplotu místnosti se stanoví jejich nasákavost.

Z výsledku zkoušky se sestaví křivka závislosti nasákavosti na vypalovací teplotě tak, že jednotlivé body křivky jsou aritmetickým průměrem tří stanovení. Z křivky se čtou příslušné teploty zaokrouhlené na nejbližších 5°C. Z odečtených teplot je možno určit intervaly zhutňování  $I_p$ , slínání  $I_h$  a slinutí  $I_s$ .

### 2.3.8 Hustota (měrná hmotnost)

Definice: Hustota ( $\rho$ ) je poměr hmotnosti látky a jejího objemu bez pórů.

Ke stanovení hustoty musíme znát hmotnost vzorku a jeho objem. Hmotnost vzorku určíme vážením, objem nepřímo vážením v pyknometru za použití vhodné kapaliny.

Ke stanovení hustoty vypálených střepů se používá metoda kapalinového pyknometru za použití vody (podle ČSN 72 5011).

Vzorek se ke zkoušce připraví pomletím tak, aby prošel sítím 0,063 mm, a nechá se vysušit při 110 °C. Pomletý vzorek se poté přesype do zváženého pyknometru (na analytických vahách s přesností 0,0001 g) tak, aby zaplnil asi 1/5 jeho objemu a opět zváží. Poté se vzorek v pyknometru zaleje vodou tak, aby hladina dosahovala přibližně 1 cm nad vzorek. Aby kapalina dokonale vyplnila mezery mezi zrny vzorku, musí se vzorek odvzdušnit za použití vývěvy a to tak, že se pyknometr bez uzávěru umístí do exsikátoru, který je připojen na odvzdušňovací vodní vývěvu. Odvzdušňování poté probíhá asi 10 minut. Po zrušení podtlaku se pyknometr doplní vodou asi 5 mm pod okraj ústí hrdla a nechá se sedimentovat. Poté se pyknometr uzavře zátkou, aby došlo k výtoku přebytku vody kapilárou v zátku. Osušený pyknometr se zváží. Poslední hmotnost se určí při naplnění pyknometru vodou.

### 2.3.9 Pórovitost uzavřená

Definice: Pórovitost uzavřená udává poměr uzavřených pórů vzorku k jeho objemu včetně pórů.

Uzavřená pórovitost se vypočítá podle vzorce:  $PU = PS - PZ$  [%] 2.11

$PS$  skutečná pórovitost [%]

$PZ$  zdánlivá pórovitost [%]

### 2.3.10 Celková délková změna

V průběhu výpalu a především sušení dochází k délkovým změnám střepu (při sušení vždy smrštění), Celkovou délkovou změnu označujeme jako (DC). Kladná hodnota DC znamená prodloužení vzorku (méně časté), záporná DC naopak smrštění střepu. Pokud původní velikost výlisku byla dána velikostí formy ( $l_z = 100$  mm), lze hodnotu DC vypočítat následovně:

$$DC = \frac{l_p - l_z}{l_z} \cdot 100 \quad [\%] \quad 2.12$$

$l_p$  délka trámečku po výpalu [mm]

**Poznámka:** Pokud známe délkovou změnu sušením DS, potom je možno vypočítat délkovou změnu pálením  $DP = DC - DS$

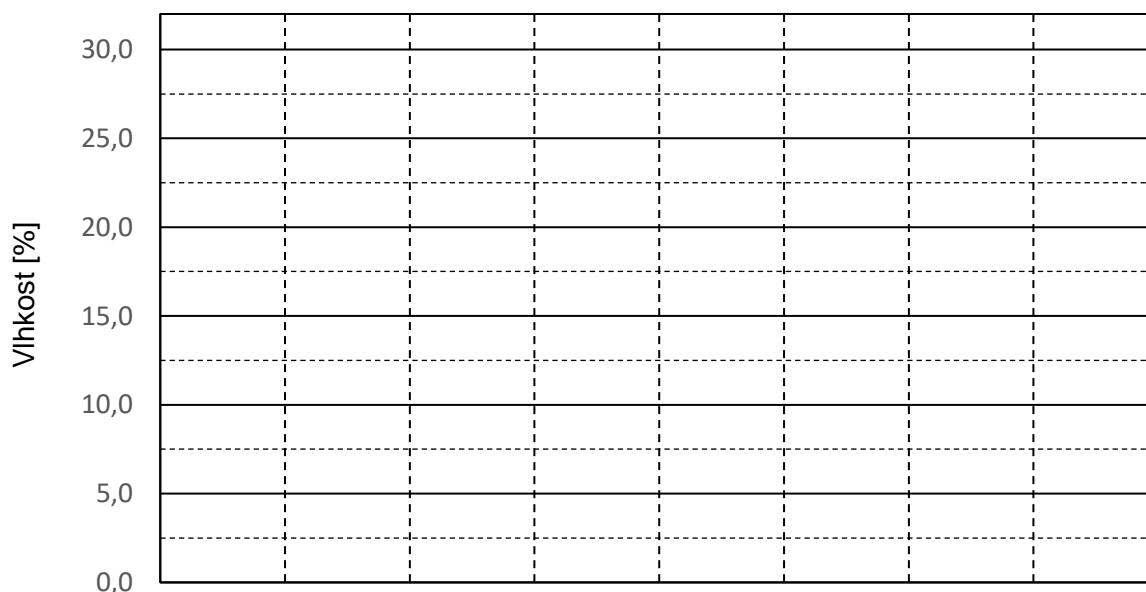
Protokol <b>STAVEBNÍ KERAMIKA</b>	<b>K</b>
Vyučující:	

**Stanovení maximální porovnávací rychlosti nezávadného sušení.  
Stanovení kritické vlhkosti [ČSN 72 1565 – 11]**

Stanovte vlhkost kritického bodu a zeminu zatřídíte podle koeficientu CSB.  
Zadání:

	Vlhkost [%]	Smrštění sušením [%]
Výlisek		
Výsušek		

Konstrukce Bigotovy křivky:



Délkové smrštění sušením [%]

Kritická vlhkost  $w_{KB}$ =.....

Výpočet koeficientu citlivosti k sušení dle Bigota: CSB=.....

Závěr, zatřídění suroviny:.....

.....

Označte správnou odpověď:

Výroba pálené keramiky má v České Republice mnohaletou tradici. Hojně je vyráběna keramika užitková i keramika stavební.

Největší objem keramické výroby představují:

- a) zdící prvky a střešní krytina,
- b) obklady a dlažba,
- c) sanitární keramika.

Tyto výrobky se vyrábějí z plastického těsta, které má vlhkost:

- a) 5-15 %,
- b) 15-30%
- c) 60-80%.

V současné době jsou v provozu cihelny firmy Heluz (Hevlín, Libochovice) a Wienerberger (Šlapanice, Kostelec nad Orlicí, České Budějovice, Novosedly a Jezernice). Výrobou cihlářských výrobků se zabývá ještě několik malých cihelen (Vysoké Mýto, Zlín, Polom,...)

Velkou tradici má v České Republice také výroba obkladových prvků a dlažby, např. RAKO Rakovník.

Obklady a dlažba se vyrábí z pracovní hmoty, které říkáme:

- a) licí břecha,
- b) plastické těsto,
- c) zavlhá směs (lisovací granulát).

Poslední skupinou výrobků stavební keramiky je sanitární keramika, která se vyrábí odléváním keramické suspenze do forem. Používají se formy:

- a) sádrové,
- b) ocelové,
- c) keramické.

Technologie výroby stavební keramiky se skládá z následujících kroků:

1. Těžba suroviny
2. Homogenizaci suroviny a vytvoření pracovní hmoty
3. Vytvoření tvaru výrobku - výlisek
4. Vysušení výlisku
5. Vypálení výsušku

Před vlastním výpalem je nutné výrobek vysušit. Vlhkost výsušků se pohybuje mezi:

- a) 0-3 %,
- b) 3-5 %,
- c) 3-10 %.

Sušení probíhá v periodických sušárnách (komorových), nebo v sušárnách kontinuálních (tunelových, kanálových). Chování plastického těsta při sušení popisuje:

- a) Pfefferkornova křivka,
- b) sušící křivka,
- c) Bigotova křivka.

Posledním technologickým krokem je výpal, při kterém probíhají různé chemické reakce a dochází ke slinování keramického střepu. Keramika získává své vynikající užité vlastnosti. Výpal probíhá podle pálicí křivky v komorových, tunelových nebo válečkových pecích. Chování pracovní hmoty při výpalu popisuje vlastnost, které říkáme:

- a) plasticita,
- b) žáruvzdornost,
- c) slínavost.

Při výrobě keramiky je potřeba znát základní charakteristiky použitých surovin jako je granulometrie, chemické a mineralogické složení. U vypálených keramických výrobků je garantována rozměrová přesnost výrobků, nasákavost, pórovitost, mrazuvzdornost, tepelně izolační vlastnosti, obrusnost, otěruvzdornost a další vlastnosti specifické pro daný druh keramického výrobku.