



STAVEBNÍ HMOTY

Přednáška 2

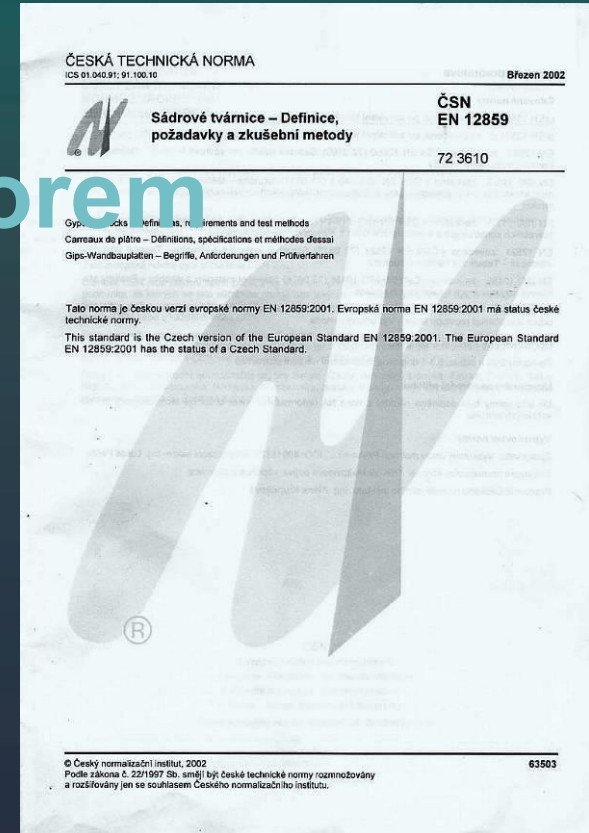


Zkušebnictví

- ke zjištění vlastností materiálu je třeba ho vyzkoušet



- # Materiál se zkouší
- podle zkušebních norem
 - na vhodném vzorku





Principy materiálového zkušebnictví

- zkoušíme za **definovaných** podmínek a **definovaným** postupem (podle zkušební normy)
- prováděná zkouška **simuluje** namáhání, kterému je materiál vystaven v praxi
- **stupeň namáhání** (míra namáhání) jsou často extrémní – **výsledek** pak poskytuje **určitou záruku**
- k dostatečné charakterizaci výrobku je potřeba **více různých zkoušek**



Zkušební laboratoř

- musí být způsobilá provádět příslušné zkoušky
 - kvalifikovaný personál
 - vybavení a přístroje

→ **AKREDITACE**

- státní zakázky
- povinné certifikace



Akreditace

Accredere = dávatí víru

- Posouzení dokumentace
- Posouzení na místě akreditační komisí
- Na omezenou dobu
- Pravidelné prověřování



Cena cca 100 000 – 300 000 Kč



NÁRODNÍ AKREDITAČNÍ ORGÁN
Český institut pro akreditaci,
obecně prospěšná společnost
110 02 Praha 1 - Nové Město, Opletalova 41

vydává

OSVĚDČENÍ O AKREDITACI

č. 177 / 2007

pro

zkušební laboratoř č. 1096

SVÚOM s.r.o.

Zkušebna SVÚOM s.r.o.

U Měšťánského pivovaru 934/4, 170 00 Praha 7

Předmět akreditace:

Zkoušení korozní odolnosti materiálů v kapalných a plyných prostředcích a zkoušení protikorozních a fyzikálně-mechanických vlastností povlaků a nátěrových hmot v rozsahu uvedeném v příloze tohoto osvědčení.

Jménem akreditované zkušební laboratoře jedná Ing. Jaroslava Benešová a za správnost protokolů odpovídají Ing. Jaroslava Benešová a Ing. Eva Kalabisová.

Toto osvědčení o akreditaci vydal Český institut pro akreditaci, o.p.s. na základě posouzení splnění akreditačních kritérií podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2005

a po zjištění, že zkušební laboratoř je odborně způsobilá objektivně a nezávisle vykonávat činnosti uvedené v rozsahu předmětu akreditace.

Adresát tohoto osvědčení je oprávněn používat při své činnosti v rozsahu tohoto osvědčení a po dobu jeho platnosti vedle svého názvu označení „akreditovaná zkušební laboratoř č. 1096“, pokud dodržuje veškeré příslušné předpisy vztahující se k činnosti akreditované zkušební laboratoře, včetně předpisů vydaných Českým institutem pro akreditaci, o.p.s..

Prokáže-li se, že adresát tohoto osvědčení neplní akreditační kritéria rozhodná pro jeho vydání a závazky podmiňující akreditaci, může Český institut pro akreditaci, o.p.s. účinnost tohoto osvědčení pozastavit nebo osvědčení o akreditaci zrušit nebo změnit.

Toto osvědčení platí do: 28.02.2009

a v plném rozsahu nahrazuje osvědčení o akreditaci vydané ČIA č. 54/2004 ze dne 03.02.2004

V Praze dne: 21.03.2007



Ing. Jiří Růžička, MBA
ředitel
Českého institutu pro akreditaci, o.p.s.

Poučení:

Proti tomuto osvědčení, pokud jde o rozsah předmětu akreditace, má adresát možnost podat písemné námítky do 10 dnů od jeho převzetí. Včas podané námítky nemají odkladný účinek.

©2007 VICTORIA SECURITY PRINTING s.r.o. PRAHA



L 1180



CENTRUM STAVEBNÍHO INŽENÝRSTVÍ a.s.
Certifikační orgán č. 3048
akreditovaný Českým institutem pro akreditaci, o.p.s.
pracoviště ZLÍN, K Cibelně 304, 764 32 ZLÍN - Louky
v y d á v á



CERTIFIKÁT

č. CO/C - 05 - 0139/Z

Zadatel: Dřevořádkové závody 3J+K s.r.o., Bílá Třešněná 277, 544 72 BÍLÁ TŘEŠEŇSKÁ

Výrobce: dito zadatel

Výrobek: Dřevěné okno typ EURO IV-68

Popis: Rám a křídlo okna vyrobeno z třívrstvého lepeného borovicového dřevěného hranolu podélně nenapojovaného tl. 68 mm, středové celooobvodové těsnění THERMOPLASTICKY ELASTOMER typ 5150 AC; IS: dvojsklo, složení: planibel TOP N 4 mm- nerezový distanční profil Chromatec 16 mm, Argon - F 4; okapnice: typ DONAU 22/24-F-Ti THERMO okapnice; kování MACO MULTI TREND 2000.

Název ověřovaného parametru	Zkušební metoda	Výsledek
Součinitel prostupu tepla U_w	ČSN EN ISO 12567-1	1,3 W/(m ² .K)
Vnitřní povrchová teplota θ_{si}	ČSN 73 0546	$\theta_{si} = 10,5 \text{ } ^\circ\text{C}$; $\theta_{sp} = 21 \text{ } ^\circ\text{C}$; $\theta_e = -15 \text{ } ^\circ\text{C}$

Tímto certifikátem se potvrzuje shoda uvedených vlastností výrobku s hodnotami požadovanými ČSN 73 0540-2 tabulka 3:

- maximální požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{w(max)} \leq 1,7 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$
 - požadovaná hodnota nejnížší vnitřní povrchové teploty $\theta_{si} \geq \theta_{si,N}$ = 10,2 °C
- pro $\theta_{sp} = 21 \text{ } ^\circ\text{C}$, $\theta_e = -15 \text{ } ^\circ\text{C}$ a $\phi_{gl} = 50 \text{ } \%$.

Podklady: žádost CO č. 0005/05/Z, protokol č. 337/05 o zkouškách, CSI, a.s., pracoviště Zlín.

Podmínky platnosti: platnost certifikátu je podmíněna periodickou kontrolou rozhodných vlastností v roční lhůtě.

Tímto certifikátem se potvrzuje shoda výše uvedených vlastností a neznamená ani nenahrazuje certifikaci podle zákona 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky.

Datum vydání: 10.11.2005
Vypracoval: Ing. Nizar Al-Hajjar



RNDr. Josef Vrána, CSc.
zástupce ředitele CO



Zkušební vzorek

- **Reprezentativní** co do struktury zkoumané látky
- **Průměrný** co do výskytu ve zkoumaném souboru (charakterizuje celou zásobu nebo zdroj)
- **Dostatečný** z hlediska zkoušení a případného opakování zkoušek



Reprezentativní vzorek

- obsahuje všechny podstatné strukturní znaky

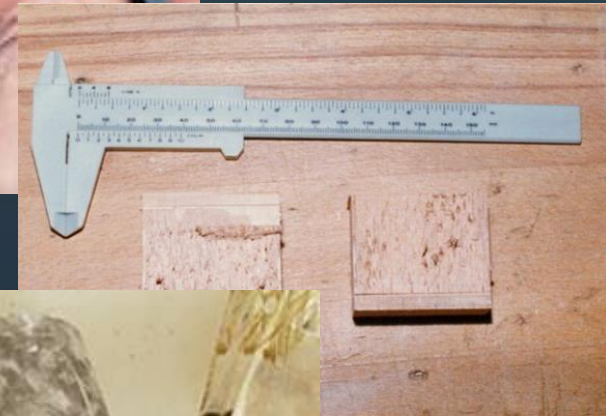




Velikost vzorku

U jednotlivých materiálů se může podstatně lišit:

- **Ocel** – 10^{-3} mm
- **Dřevo** – desítky mm
- **Beton** – min. 100 mm





Počet zkoušek

„ Jedno měření = žádné měření “

- většinou dán zkušební normou
- obvykle 3 - 6 měření
- statistické vyhodnocení
(minimalizace chyb měření)



Odběr vzorku

Závisí na struktuře materiálu

- **Kapaliny** – homogenní a nehomogenní
- **Kusové materiály** – plán odběru, odběr podle náhodných čísel
- **Sypké materiály** – dělení většího vzorku



Stavební hmoty

Odběr kapalin



Katedra materiálového inženýrství a chemie

Stavební fakulta ČVUT v Praze



Odběr pevných vzorků



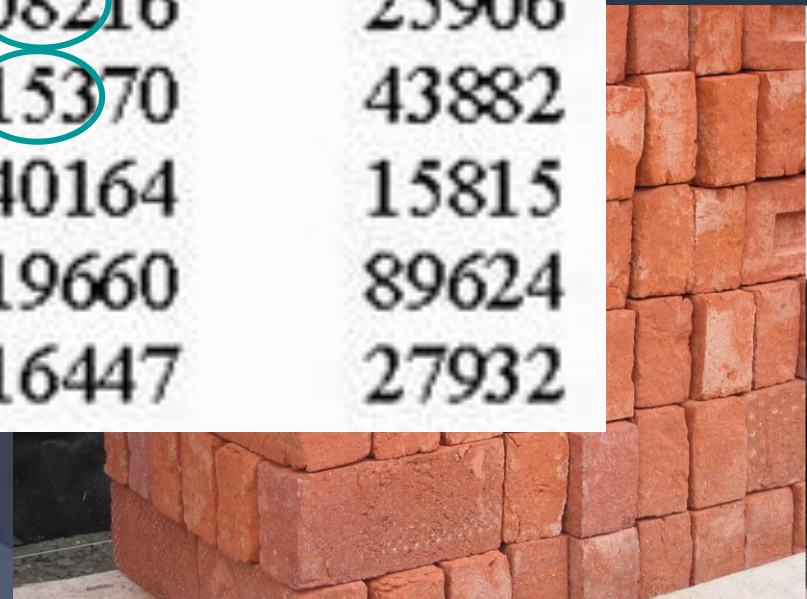


Výběr podle tabulky náhodných čísel

- 200 prvkový soubor, vybrat 5

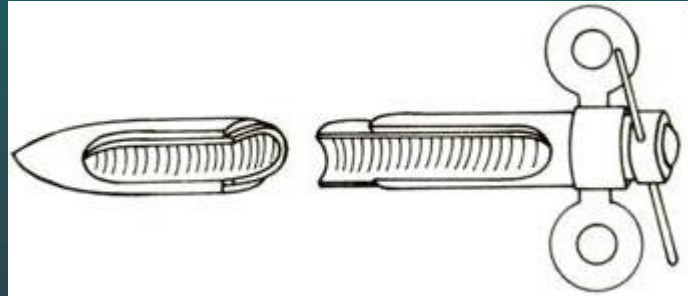
61424	20419	86546	00517
90222	27993	04952	66762
50349	71146	97668	86523
85676	10005	08216	25906
02429	19761	15370	43882
90519	61988	40164	15815
20631	88967	19660	89624
89990	78733	16447	27932

100, 197, 49, 82, 153





Odběr a dělení sypkých vzorků



Žlábkový dělič

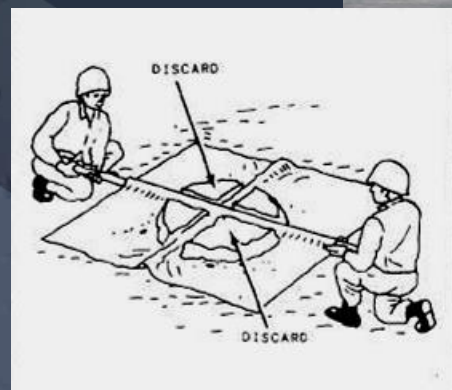
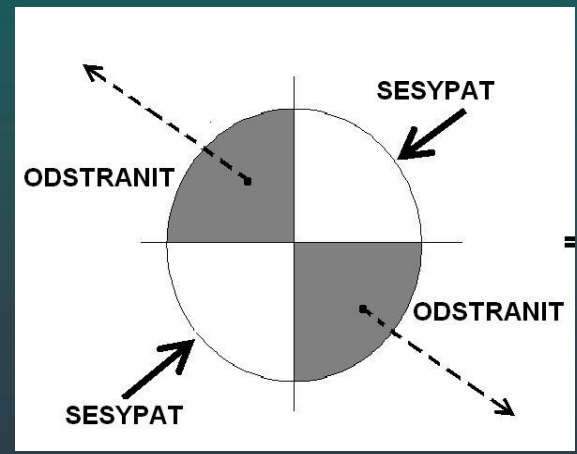
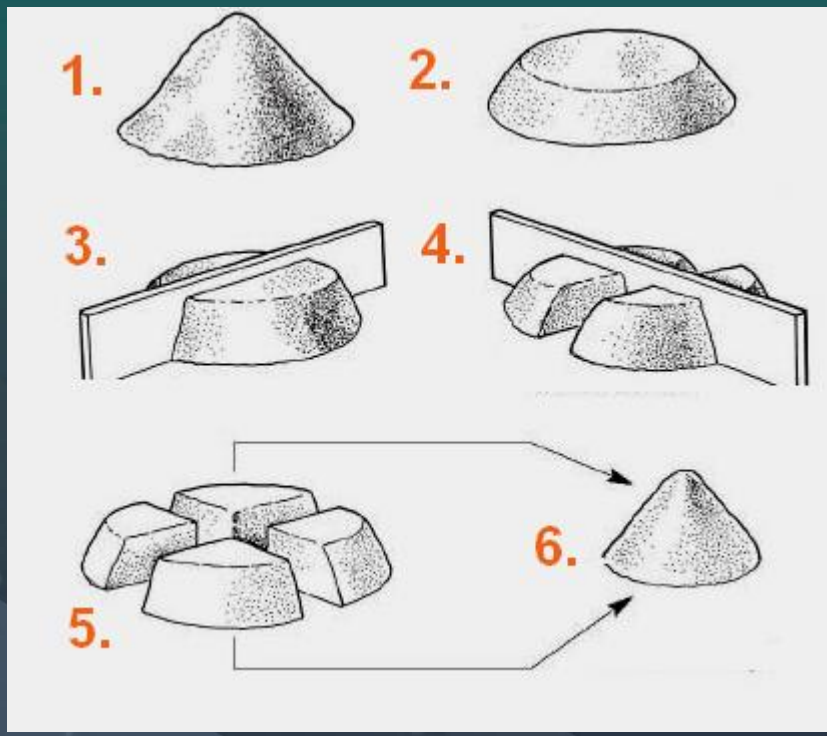


Rotační dělič





Kvartace





Chyby měření

Každé měření je nepřesné



Chyby

- soustavné (přístroj, obsluha, metoda)
- náhodné (minimalizace opakováním)
- hrubé

*„Schopnost spokojit se s právě
postačující přesností je známkou
vyspělého ducha !“*

Kniha **Stavební hmoty**, str.317



Laboratorní prostředí

- složení, tlak, teplota
- **stavební materiály:** většinou v běžné atmosféře
 - vlhkost vzduchu
 - teplota vzduchu



Normální laboratorní prostředí

- teplota: $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$
- relativní vlhkost vzduchu: **55 – 80 %**



Skladování vzorků

- Ošetřování vzorků
- Označení vzorků
- Jednoznačná evidence



Vlastnosti stavebních materiálů

- rozhodují o použití materiálu
- zjišťují se zkouškami



Základní fyzikální vlastnosti

= vlastnosti související s hmotností a rozměry vzorku:

- objemová hmotnost
- hustota
- pórovitost
- vlhkost
- zrnitost



Hmotnost

Výběr vhodného typu vah (mechanické, digitální)

- **váživost** (max. navážka)
- **citlivost**





Váhy

Mechanické , digitální

- **Analytické** (citlivost 10^{-4} g, váživost do 200g)
- **technické laboratorní** (0,01 g)
- **předvážky** (0,1 - 0,2 g, 200 – 1000 g)
- **obchodní** (2-5 g, 5-25 kg)
- **průmyslové** (stovky kg)

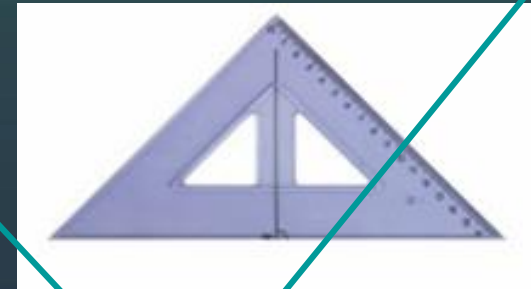




Rozměry

Délková měřidla: cejchovatelná

- Ocelové měřítko
- Ocelové pásmo
- Posuvné měřidlo
- Mikrometr
- Síta





Objem

- Výpočet z rozměrů

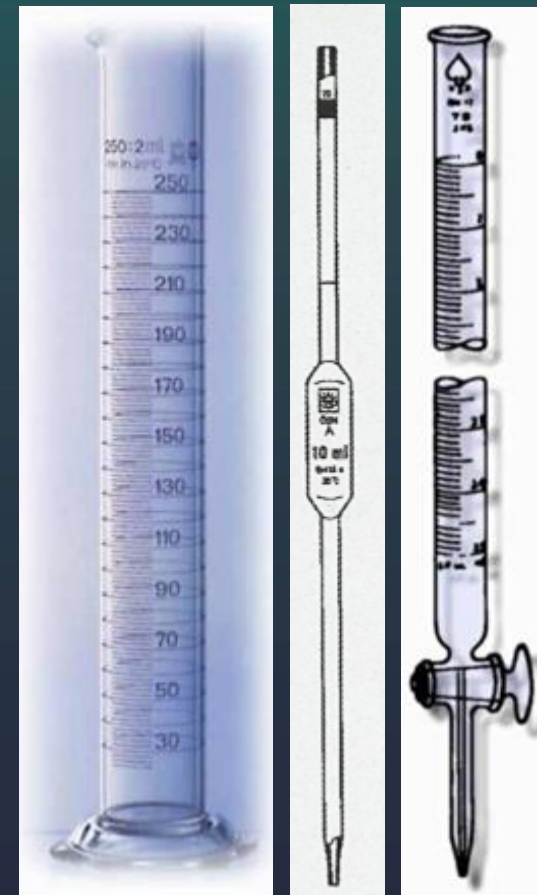
- Ponoření do kapaliny

- odměrný válec
- pyknometr



- Objem kapaliny

- odměrná baňka
- pipeta
- bireta



Objemová
hmotnost

X

Hustota
(měrná hmotnost)

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$[\text{kg.m}^{-3}]$$



Objemová hmotnost

$$\rho_v = \frac{m}{V_h + V_p}$$

m ... hmotnost materiálu

V_h ... objem vlastního materiálu bez dutin

V_p ... objem dutin a pórů

Hustota

$$\rho = \frac{m}{V_h}$$

m ... hmotnost materiálu

V_h ... objem vlastního materiálu bez dutin



Objemová hmotnost není hustota !

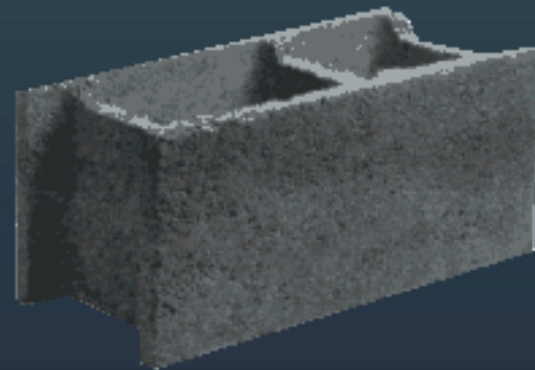
$$\rho_v = 500 \text{ kg.m}^{-3}$$



$$\rho = 2500 \text{ kg.m}^{-3}$$

pórobeton

$$\rho_v = 2400 \text{ kg.m}^{-3}$$



$$\rho = 2500 \text{ kg.m}^{-3}$$

beton



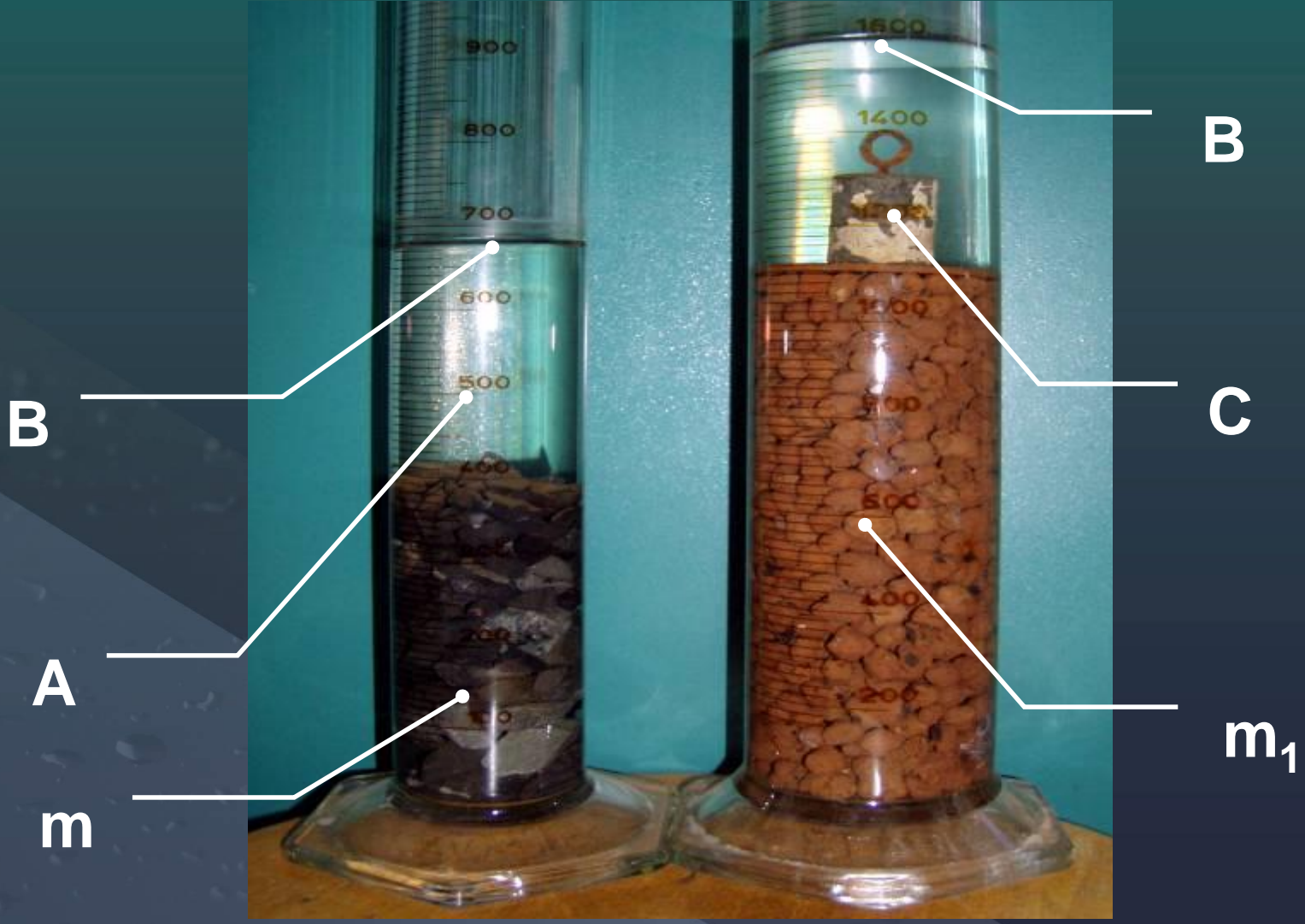
Stanovení objemové hmotnosti

$$\rho_v = \frac{m}{V_h + V_p}$$

- hmotnost vážením
- objem
 - změřením (pravidelný tvar)
 - v odměrném válci
 - na hydrostatických vahách



Metoda odměrného válce



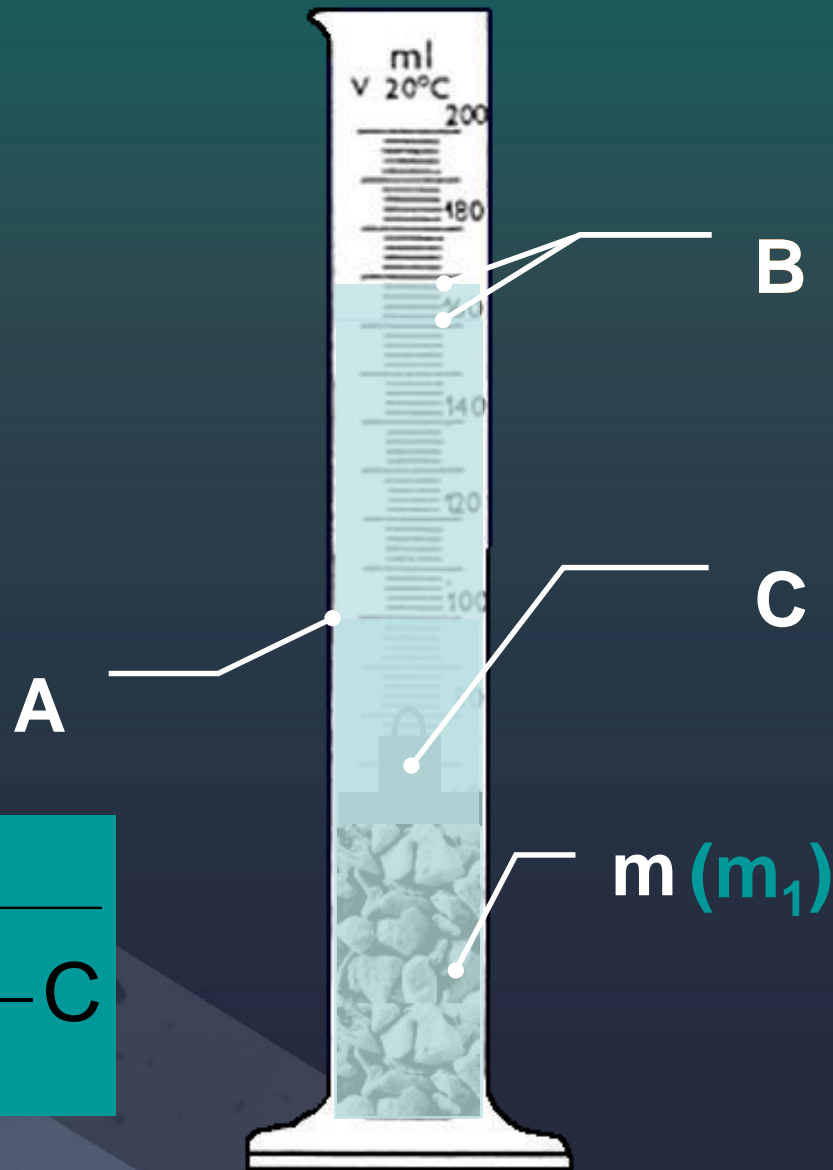


Metoda odměrného válce

$$\rho_v = \frac{m}{B - A}$$

$$\rho_v = \frac{m}{B - A + \frac{(m_1 - m)}{\rho_{\text{voda}}}}$$

$$\rho_v = \frac{m}{B - A + \frac{(m_1 - m)}{\rho_{\text{voda}}} - C}$$





Metoda drátěného koše



Hydrostatické váhy





Metoda drátěného koše

- ČSN EN 1097-1

$$\rho_v = \rho_w \frac{M_3}{M_3 - (M_1 - M_2)}$$

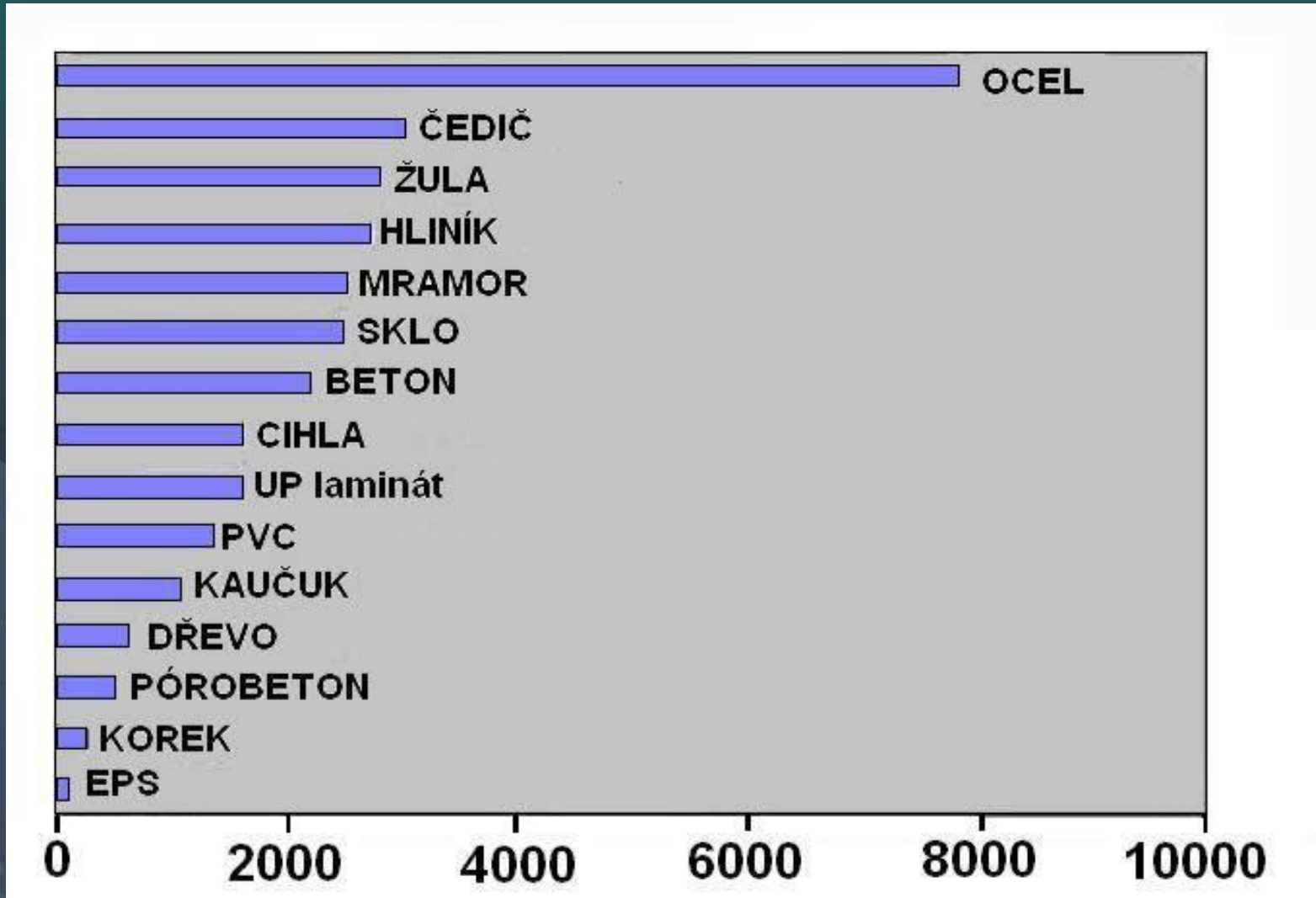
[Mg.m⁻³]

1 Mg.m⁻³ = 1000 kg.m⁻³

- **M₁** hmotnost vzorku ponořeného v koši ve vodě (g)
- **M₂** hmotnost prázdného koše ve vodě (g)
- **M₃** hmotnost vysušeného vzorku (g)
- **ρ_w** hustota vody při teplotě zkoušení (Mg.m⁻³)



Objemové hmotnosti různých materiálů



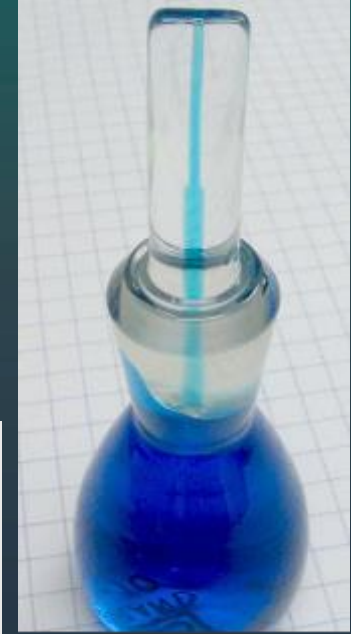
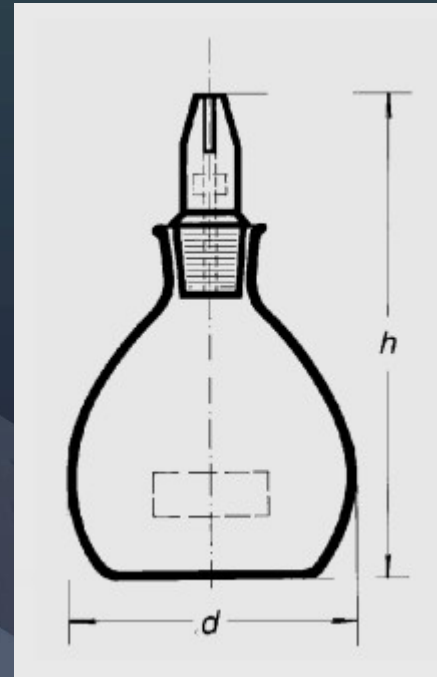


Stanovení hustoty

$$\rho_v = \frac{m}{V_h}$$

- **Hmotnost** vážením
- **Objem** nejčastěji pyknometricky
 - pro zjištění objemu bez pórů nutno rozemlít !

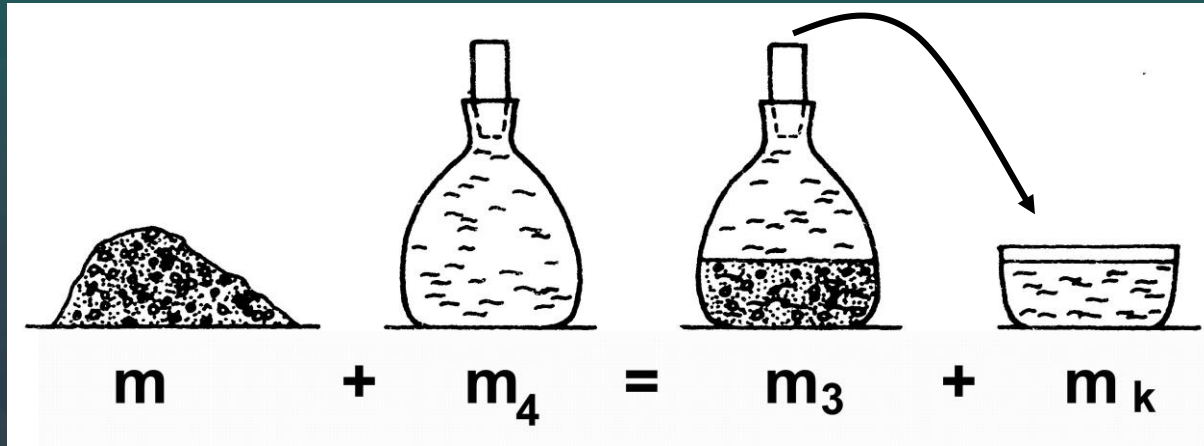
- při úplném naplnění a uzavření zábrusovou zátkou s kapilárou pojme vždy stejný, snadno reprodukovatelný objem kapaliny



Pyknometr



Pyknometrické stanovení hustoty



$$m_k = (m_2 - m_1) + m_4 - m_3$$

$$\rho = \frac{m}{V_h} = \frac{m}{V_k} = \frac{m \times \rho_k}{m_k}$$

$$V_k = \frac{m_k}{\rho_k}$$

$$\rho = \frac{m \times \rho_k}{m + m_4 - m_3}$$

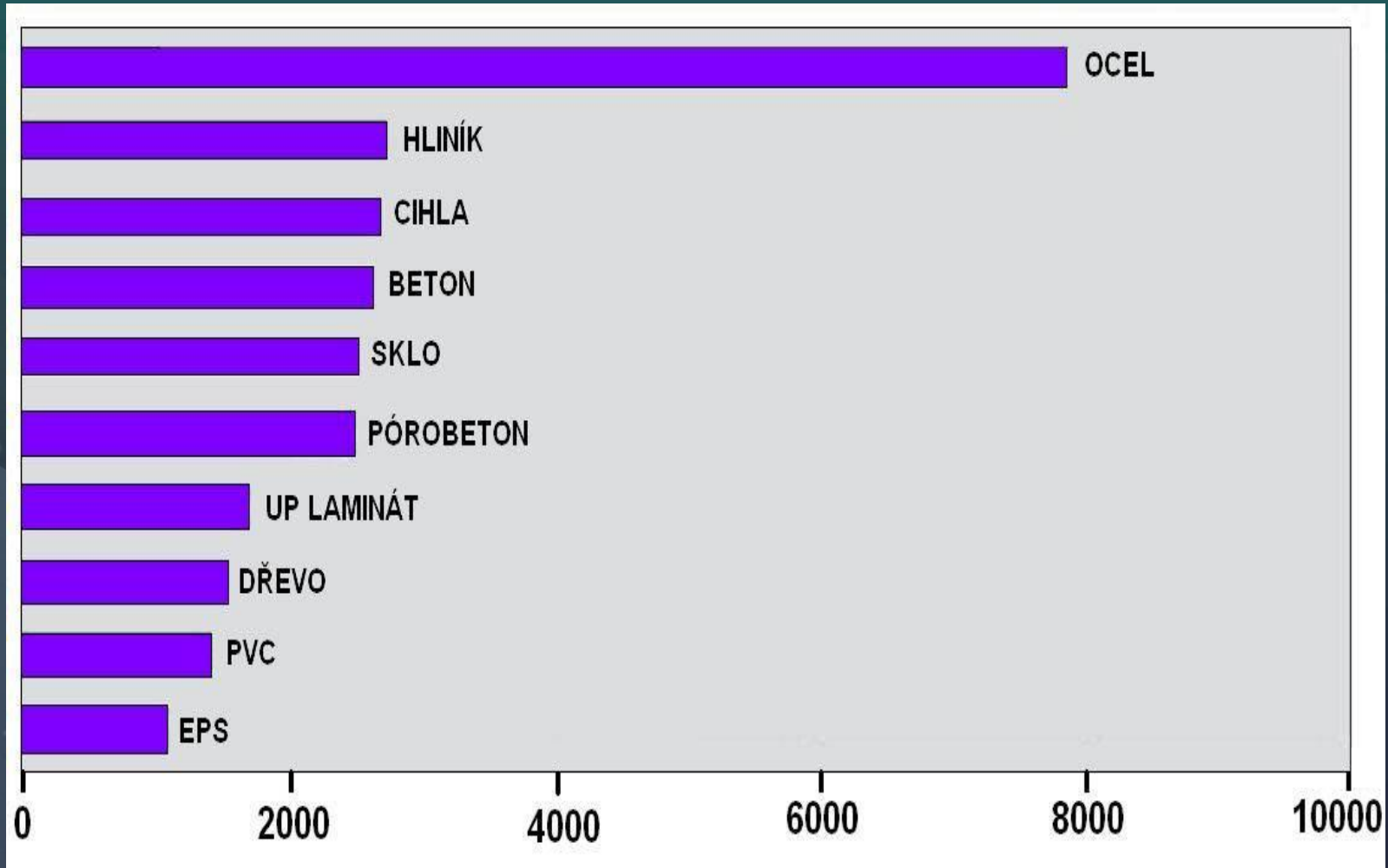


Heliový pyknometr





Hustota různých hmot



**Katedra materiálového inženýrství
a chemie**

Stavební fakulta ČVUT v Praze



Stavební hmoty





Hutnost



- míra vyplnění objemu pevnou fází
- bezrozměrná nebo %

$$h = \frac{V_h}{V} = \frac{\rho_v}{\rho}$$



Pórovitost

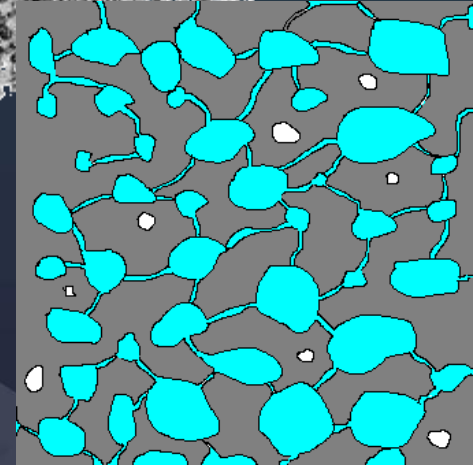
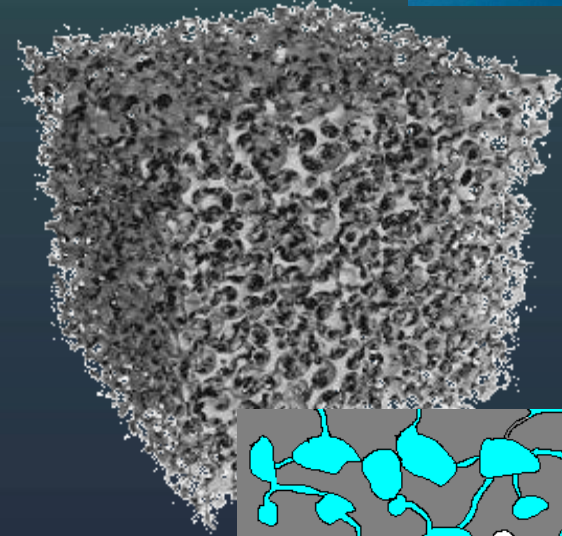
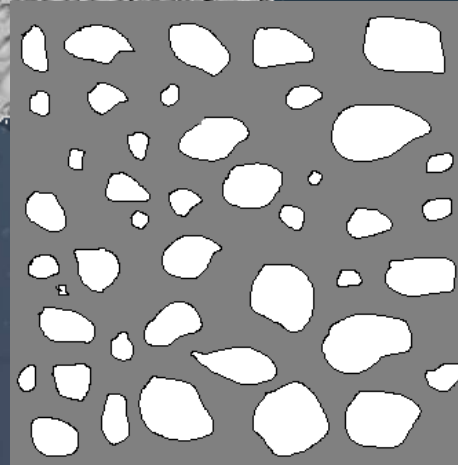
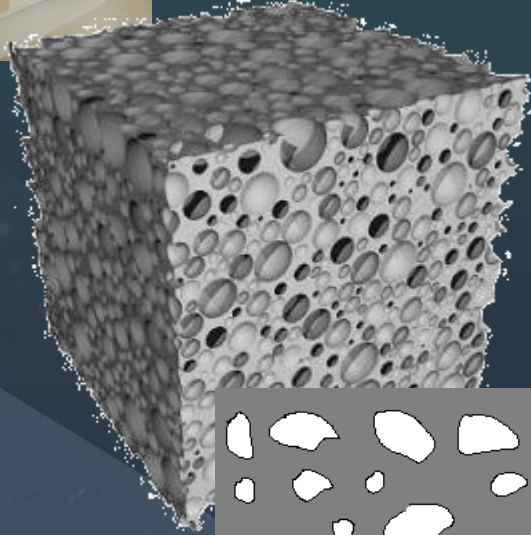
- poměr pórů k celkovému objemu materiálu

$$p = 1 - h = 1 - \frac{\rho_v}{\rho}$$

- bezrozměrná nebo %



- uzavřená
- otevřená



Vlastnosti související s pórovitostí

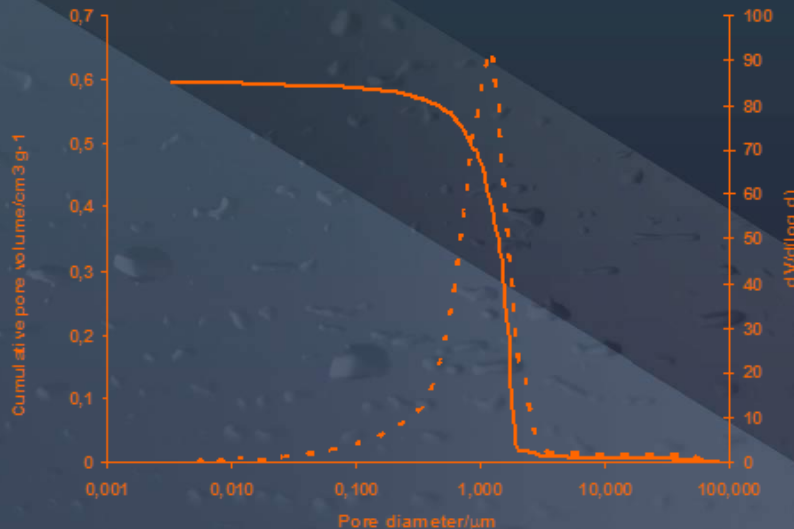
- Navlhavost → mrazuvzdornost
- Difúze kapalin a plynů
- Zvuková pohltivost
- Tepelně fyzikální vlastnosti
- Mechanické vlastnosti



Stanovení pórovitosti

Rtuťová porozimetrie

- rtuť je vtlačována do pórů a míra tlaku je úměrná rozměru pórů
- 400 MPa \rightarrow \varnothing 1,5 nm





Vlastnosti sypkých materiálů

Sypké látky = pevná fáze je rozdělena do relativně malých částí - zrn

- vykazují soudržnost v důsledku tření mezi zrny => poloha zrn není zcela fixována



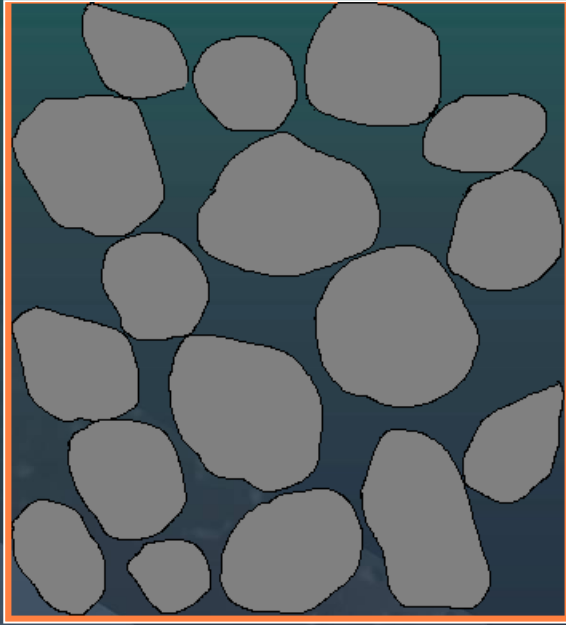


Mezerovitost

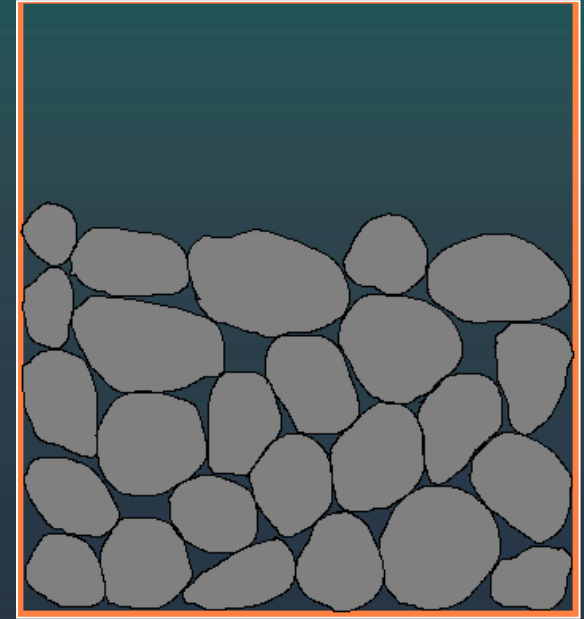
- Sypké látky mají mezi zrny mezery
- Podíl objemu mezer k celkovému objemu = **mezerovitost**
- Mezerovitost též látky závisí na **zhutnění**



Zhutnění



Volně sypaný
materiál → **nejvyšší
mezerovitost**



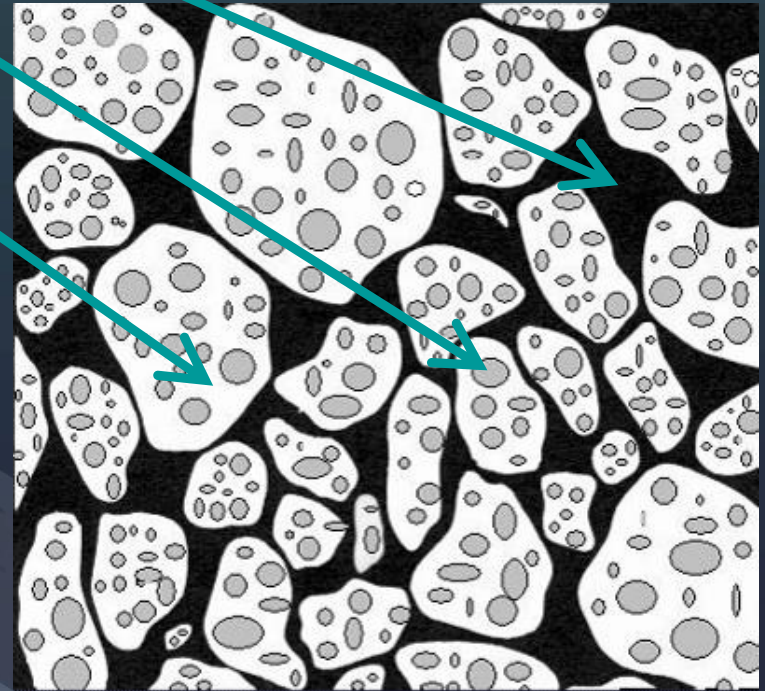
Maximálně zhutněný
materiál → **nejnižší
mezerovitost**



Sypná hmotnost

$$\rho_s = \frac{m}{V_h + V_p + V_m}$$

- ve stavu volně sypaném
- ve stavu setřeseném (zhutněném)





Měření sypné hmotnosti



- do předepsané nádoby (objem podle max. zrna)
- seříznutí přebytku
- předepsaný počet zhutňovacích vpichů



Rozdíly v sypné hmotnosti



CLIMATIZER PLUS:

- sypná hmotnost při volném zásypu bez stroje: **35 - 45 kg.m⁻³**
- při volném zasypání strojem na volné vodorovné plochy: **26 - 30 kg.m⁻³**
- při zhutněné aplikaci strojem za sucha: **38 - 45 kg.m⁻³**
- při max. zhutnění: **45 - 90 kg.m⁻³**

**Katedra materiálového inženýrství
a chemie**

Stavební fakulta ČVUT v Praze



Stavební hmoty



Sypké materiály, používané ve
stavebnictví se označují jako

KAMENIVO

- anorganický zrnitý materiál
- velikost zrn < 125 mm
- spotřeba 100 Mt/rok



Zrnitost

Poměrná procentní skladba zrn jednotlivých velikostí

- Zjišťuje se proséváním na sadě kontrolních sít
- **Velikost zrna** - odpovídá velikosti otvoru síta, kterým zrno ještě propadne





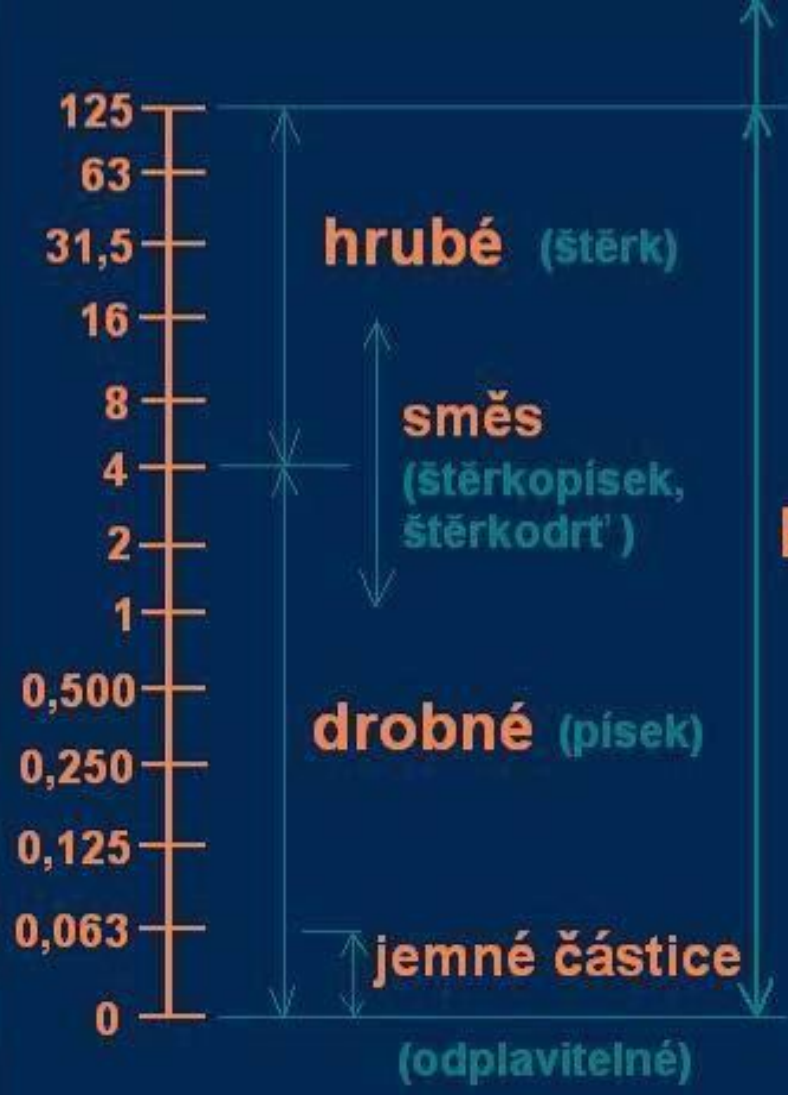
Normová sada sít (ČSN EN 933-2)

125 mm
63 mm
31,5 mm
16 mm
8 mm
4 mm
2 mm
1 mm
0,500 mm
0,250 mm
0,125 mm
0,063 mm





Rozdělení kameniva



lomový kámen

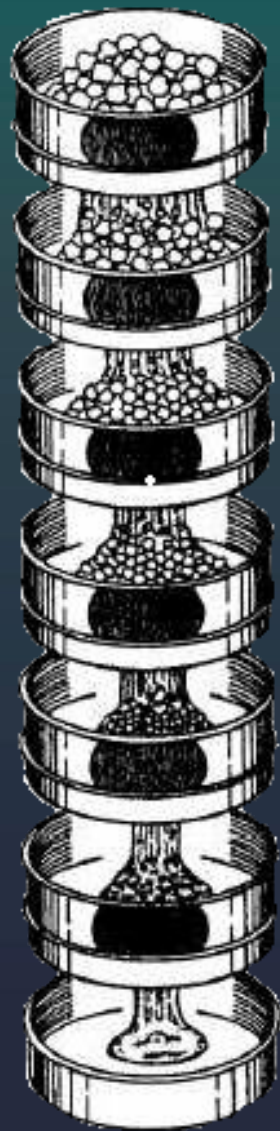


kamenivo





Prosévací zkouška





Prosévací zkouška - definice

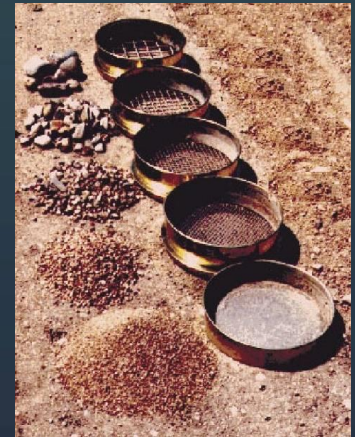
Frakce - kamenivo se zrna v určitém rozmezí velikostí - souhrn zrn určité velikosti, která propadla horním sítem frakce a byla zadržena dolním sítem frakce

- **široká frakce** ($D > 2.d$): např. 4-16, 8-32
- **úzká frakce** ($D \leq 2.d$): např. 4-8, 8-16



Prosévací zkouška - definice

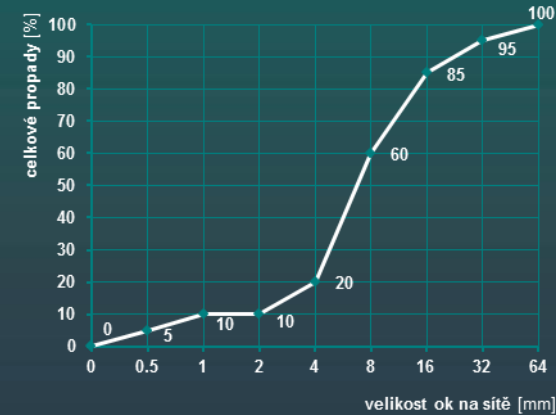
- **Dílčí zbytek [kg, %]** – množství zrn, které zůstalo na síťě po zkoušce
- **Celkový zbytek [%]** – součet dílčího zbytku na síťě a dílčích zbytků na všech síťech s většími otvory
- **Celkový propad [%]** – součet dílčího propadu síťem a dílčích propadů na všech síťech o menších otvorech





Čára zrnitosti

- Grafické vyjádření zrnitosti
- Lomená spojitá čára –
 - osa X – velikosti ok na sítích
 - osa Y – celkové propady na příslušném sítě
- Pouze **stoupající** charakter !
- Chybějící frakce – vodorovná čára
- Svislá čára – **nikdy!**





Příklad:

Je dáno kamenivo frakce d/D (např. 4/16)

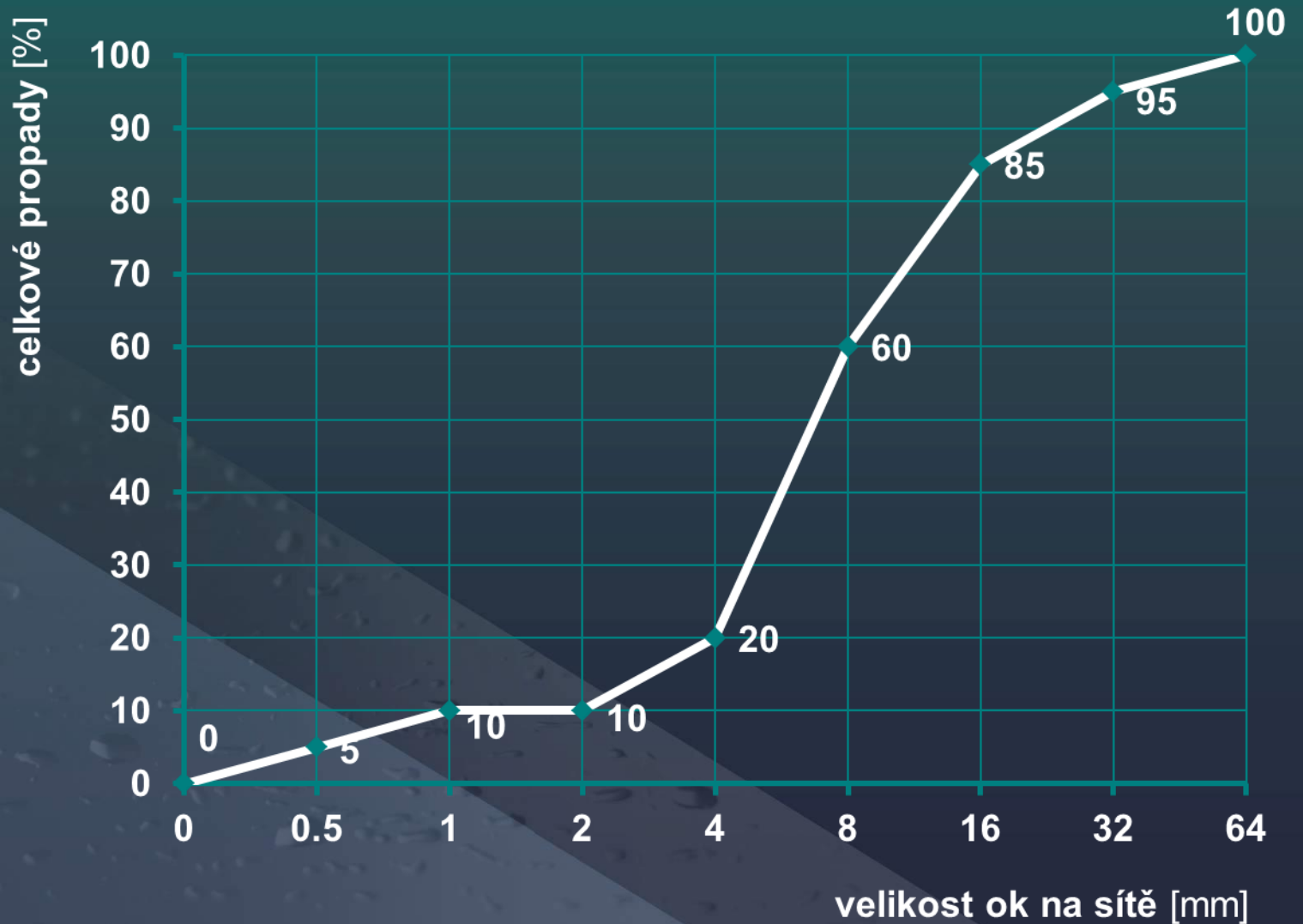
- Sestrojte čáru zrnitosti tohoto kameniva, jestliže po prosévací zkoušce byly při navážce 1000 g zjištěny tyto zbytky na sítích:

Velikost sítá	Dílčí zbytky	
	g	%
64	0	0
32	50	5
16	100	10
8	250	25
4	400	40
2	100	10
1	0	0
0,5	50	5
< 0,5 (dno)	50	5

Celkové zbytky	Celkové propady
%	%
0	100
5	95
15	85
40	60
80	20
90	10
90	10
95	5
100	0



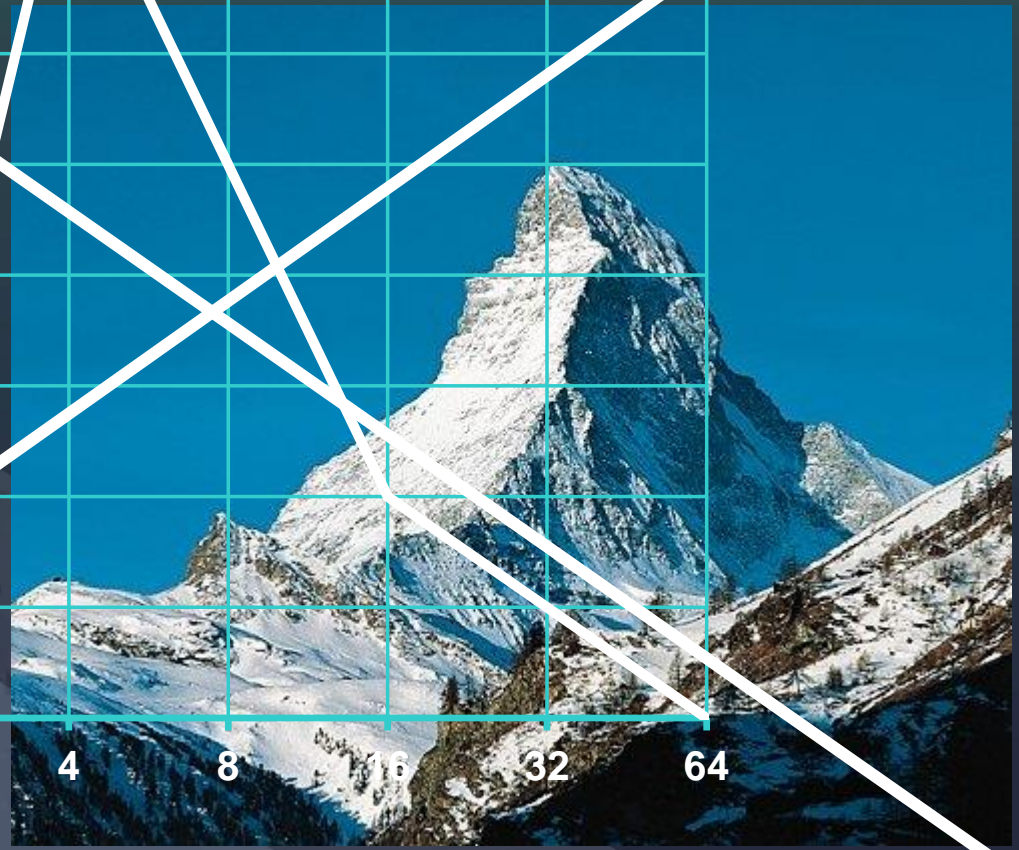
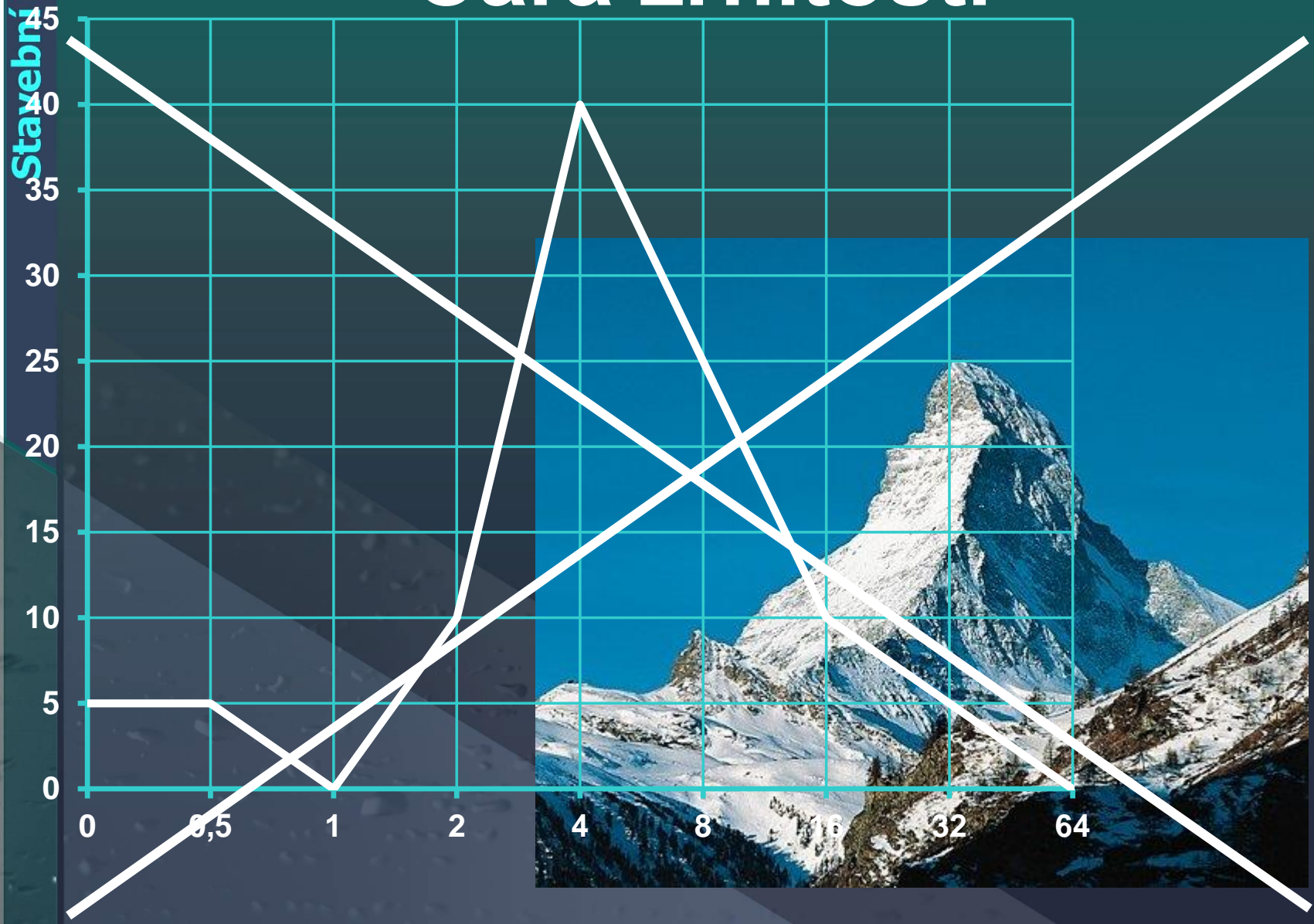
Čára zrnitosti





Čára zrnitosti

Stavební hmoty





Modul zrnitosti (modul jemnosti)

Jednočíselné vyjádření zrnitosti

$$FM = \frac{\text{suma celkových zbytků [\%]}}{100 \%}$$

$$FM = \frac{\text{suma celkových zbytků [g]}}{\text{celková hmotnost vzorku [g]}}$$



Stavební hmoty

$$FM = \frac{\text{suma celkových zbytků [\%]}}{100 \%}$$



Z₁₆

Z₈

Z₄

Z₂

Z₁

Z_{0,5}

Z₀

Z₁₆

+

Z₁₆ + Z₈

+

Z₁₆ + Z₈ + Z₄

+

Z₁₆ + Z₈ + Z₄ + Z₂

+

Z₁₆ + Z₈ + Z₄ + Z₂ + Z₁

+

Z₁₆ + Z₈ + Z₄ + Z₂ + Z₁ + Z_{0,5}

+

Z₁₆ + Z₈ + Z₄ + Z₂ + Z₁ + Z_{0,5} + Z₀



Modul zrnitosti (ČSN EN 12620)

na 6 sítech základní řady (4; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,125)

$$FM = \frac{\sum [(\ >4) + (\ >2) + (\ >1) + (\ >0,5) + (\ >0,25) + (\ >0,125)]}{100}$$

$$1 < FM < 6$$

- čím je FM větší, tím hrubší je kamenivo



Jemné částice (dříve odplavitelné)

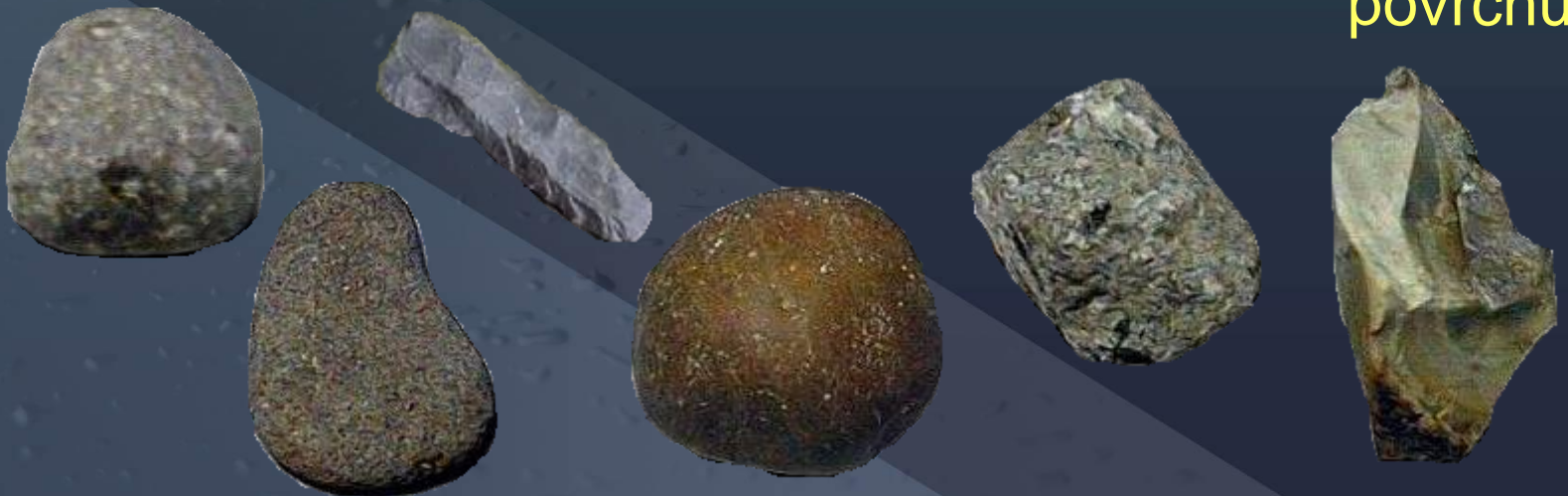
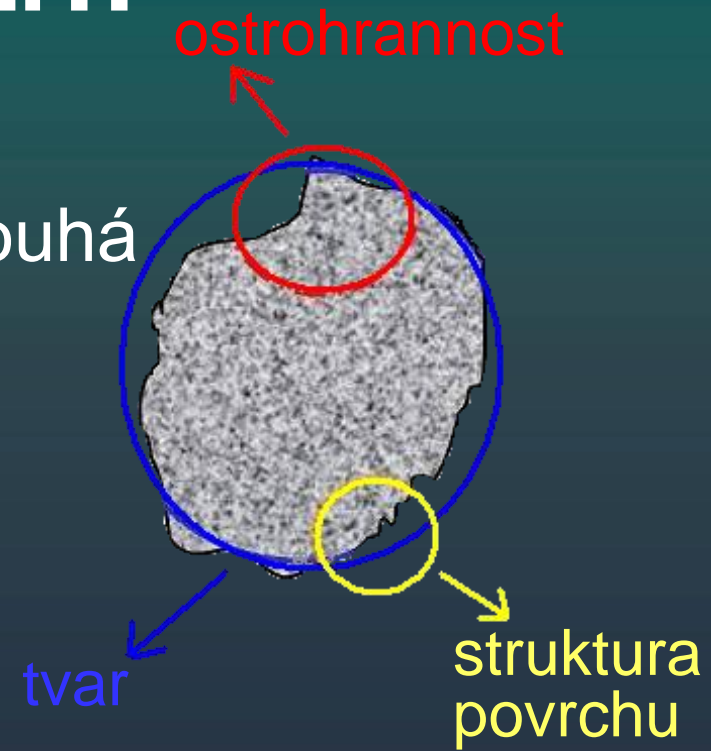
- = zrna menší než 0,063
- stanovení proplachováním přes síto 0,063
- zkouška methylenovou modří, prosévání proudem vzduchu, zkouška ekvivalentu písku
- přípustné množství:
 - drobné kamenivo < 3 %
 - hrubé kamenivo < 1,5 %
- při vyšším množství
 - vyšší spotřeba cementu
 - menší pevnost



Tvar zrn

Zrna:

- třírozměrná / plochá / dlouhá
- s povrchem hladkým / drsným
- s hranami zaoblenými / ostrohranná





Index plochosti

- ČSN EN 933-3
 - úzké frakce d/D se prosévají na tyčových sítích s mezerami $D/2$



- **Souhrnný index plochosti** = procento zrn propadlých síty z celkové hmotnosti zkoušených zrn





Tvarový index

- ČSN EN 933-4

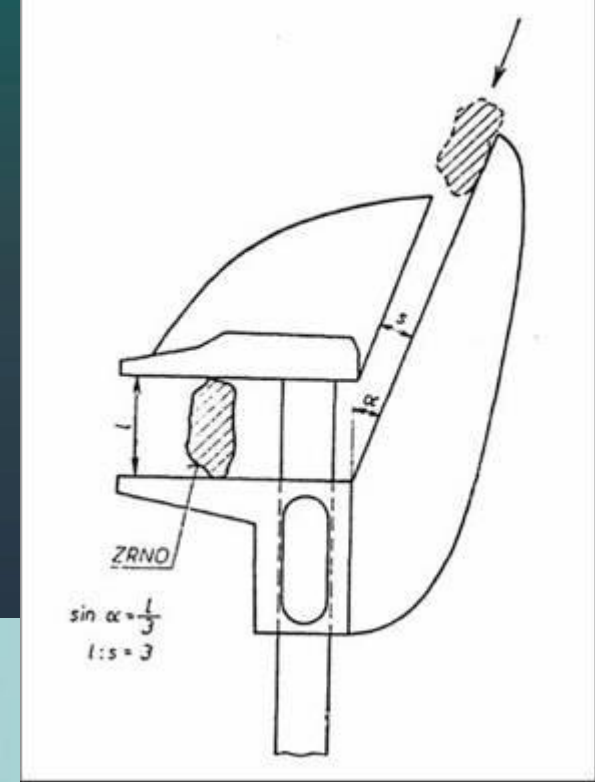
hmotnostní podíl zrn, jejichž poměr rozměrů L/E je větší než 3 z celkové hmotnosti zkoušených zrn [%]

– **rozměrový součinitel L/E** - poměr délky L ku tloušťce E

– **L/E > 3** - zrna nekubického formátu



Měření tvarového indexu





Měrný povrch

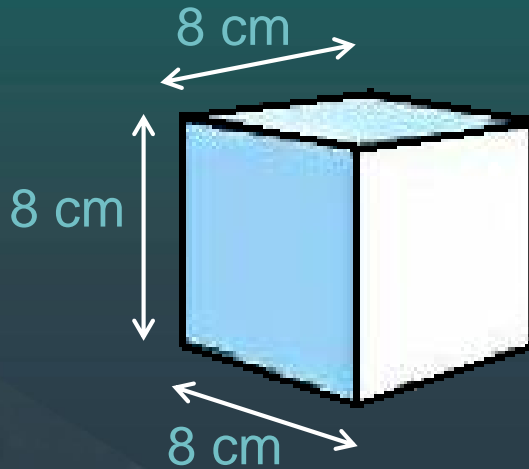


Povrch všech zrn v jednotce hmotnosti

- Jednotky: m^2/kg (cm^2/g)
- Čím je materiál jemnější, tím je měrný povrch větší



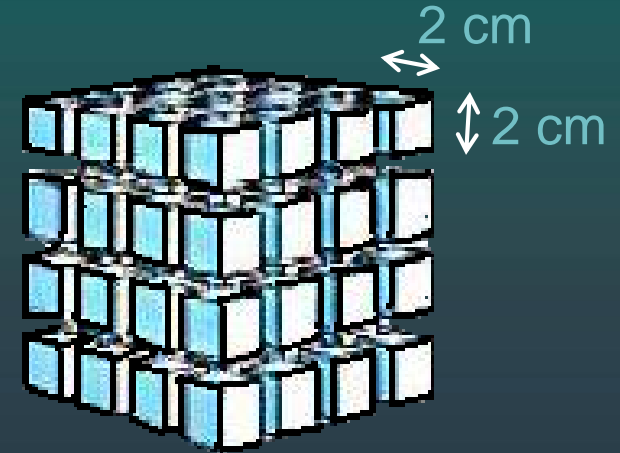
Měrný povrch



a) Povrch

$$6 \times 8 \times 8 \text{ cm} = 384 \text{ cm}^2$$

$$a_b = 1/4 a_a$$



b) Povrch

$$64 \times (6 \times 2 \times 2) = 1536 \text{ cm}^2$$

$$S_b = 4 S_a$$



Stavební hmoty

Materiál	Velikost částic (mm)	Počet částic na gram	Měrný povrch cm^2/g
hrubé kamenivo	≥ 4	90	11
drobné kamenivo	1 - 2	90 - 720	11 - 23
	0,5 - 1	720 - 5800	23 - 45
	0,25 - 0,5	5800 - 46000	45 - 91
	0,1 - 0,25	$4,6 \cdot 10^4 - 7,2 \cdot 10^5$	91 - 227
	0,05 - 0,1	$7,2 \cdot 10^5 - 5,8 \cdot 10^6$	227 - 454
prach	0,002 - 0,05	$5,8 \cdot 10^6 - 9,0 \cdot 10^6$	454 - 11300
jíl	$\leq 0,002$	$9 \cdot 10^{10}$	11 300
montmorillonit	$\leq 0,002$	$9 \cdot 10^{10}$	$8 \cdot 10^6$



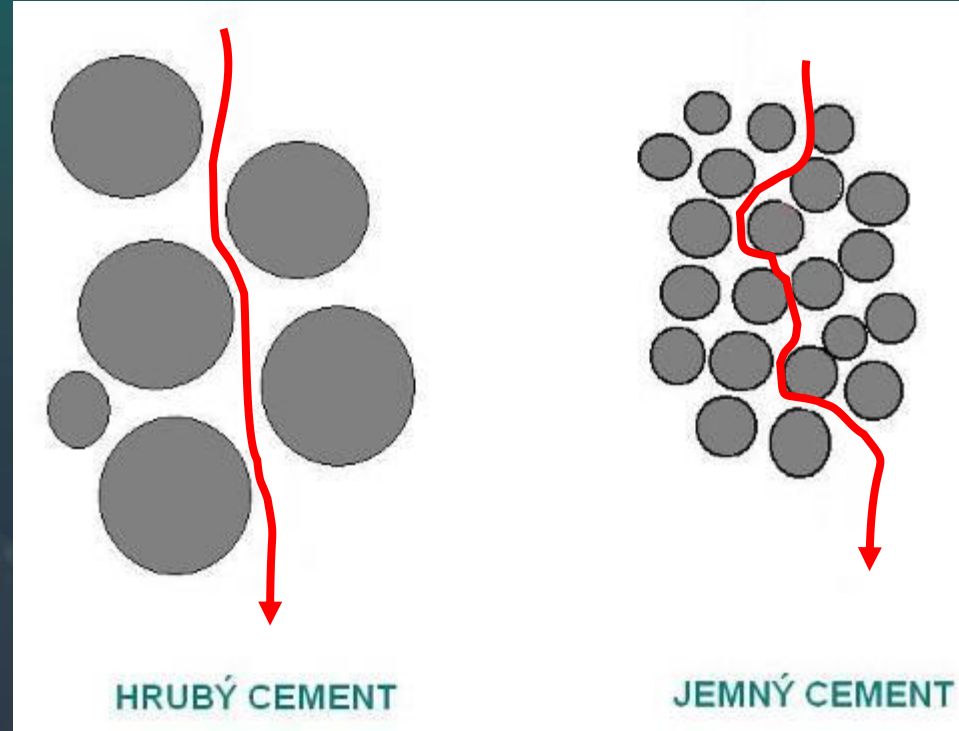
Měření měrného povrchu

- prosévací metoda
- permeabilitní metoda
- adsorpce plynu





Permeabilitní metoda

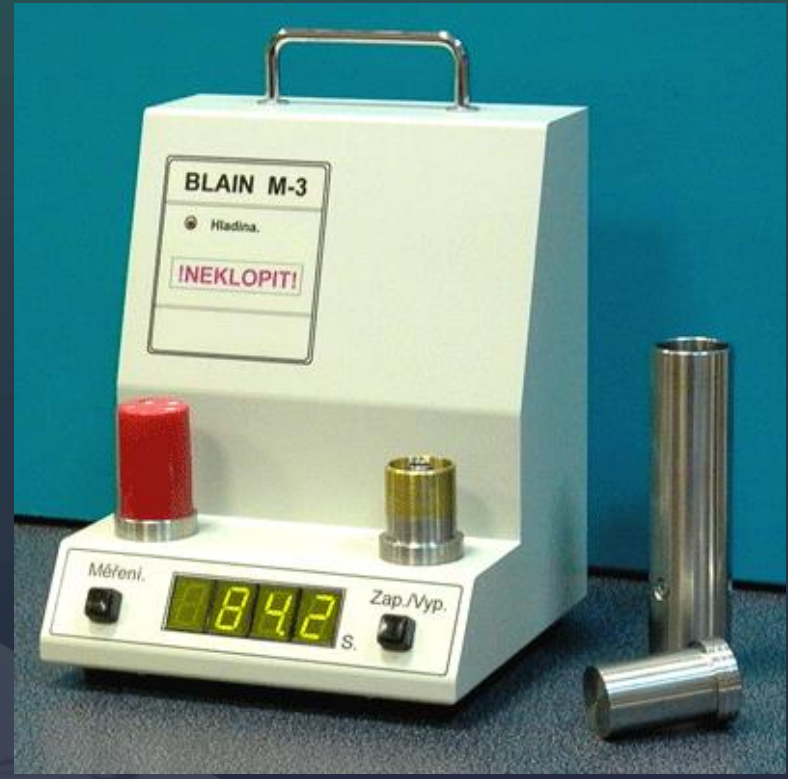


Princip – měření času, po který prochází určené množství vzduchu cementovým lůžkem



Stavební hmoty

Blainův přístroj

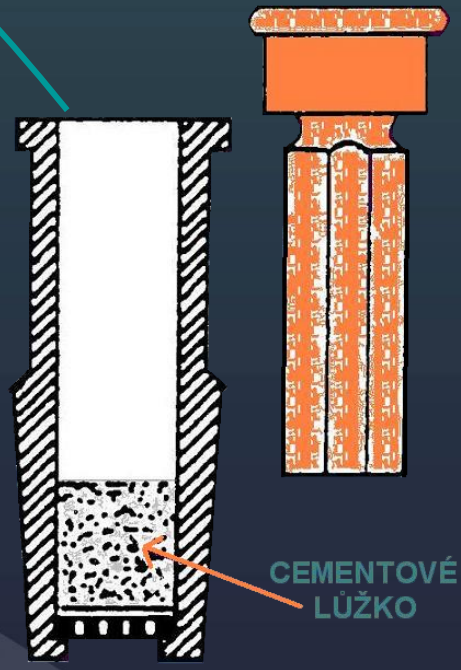


Katedra materiálového inženýrství a chemie

Stavební fakulta ČVUT v Praze



Blainův přístroj





Výpočet měrného povrchu

$$S = \frac{K}{\rho} \times \frac{\sqrt{e^3}}{(1-e)} \times \frac{\sqrt{t}}{\sqrt{0,1\eta}}$$

- **K** konstanta přístroje
- **e** porozita cementového lůžka (obvykle $e = 0,500$)
- **t** čas poklesu kapaliny [s]
- **ρ** hustota cementu [g.cm^{-3}]
- **η** viskozita vzduchu při teplotě měření [Pa.s]



Výpočet měrného povrchu - kalibrace přístroje

$$K = S_0 \times \rho_0 \times \frac{(1 - e)}{\sqrt{e^3}} \times \frac{\sqrt{0,1\eta_0}}{\sqrt{t_0}}$$



- S_0 měrný povrch referenčního cementu [$\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$]
- ρ_0 hustota referenčního cementu [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$]
- t_0 doba poklesu kapaliny [s]
- η_0 viskozita vzduchu při teplotě měření [Pa.s]



Jemnost mletí

- Pomocí měrného povrchu se udává jemnost mletí, např. cementů
- Měrný povrch běžných cementů
250 – 350 m²/ kg



**Katedra materiálového inženýrství
a chemie**

Stavební fakulta ČVUT v Praze



Stavební hmoty