



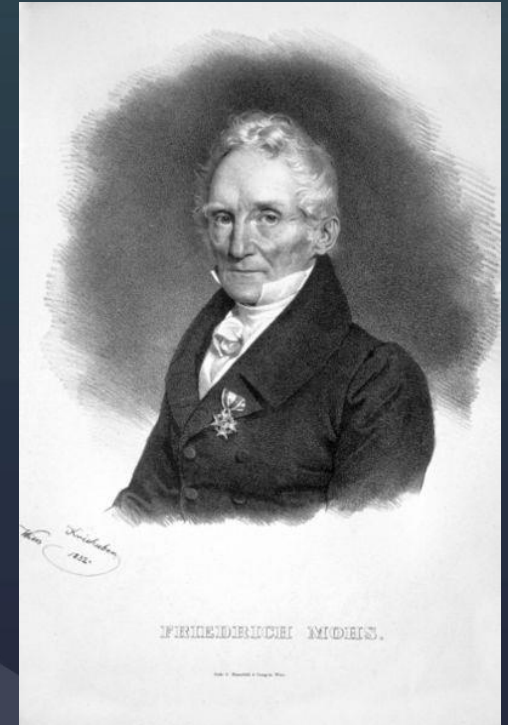
# Stavební hmoty

## Přednáška 4



# Tvrdost

- odpor proti vnikání cizího tělesa do povrchu
- závisí na teplotě a vlhkosti
- Metody:
  - vrypové
  - vnikací
  - odrazové





# Vrypové metody - Mohsova

1. mastek 
2. sůl kamenná (sádrovec) 
3. vápenec 
4. kazivec - fluorit 
5. apatit 
6. živec 
7. křemen 
8. topas 
9. korund 
10. diamant 



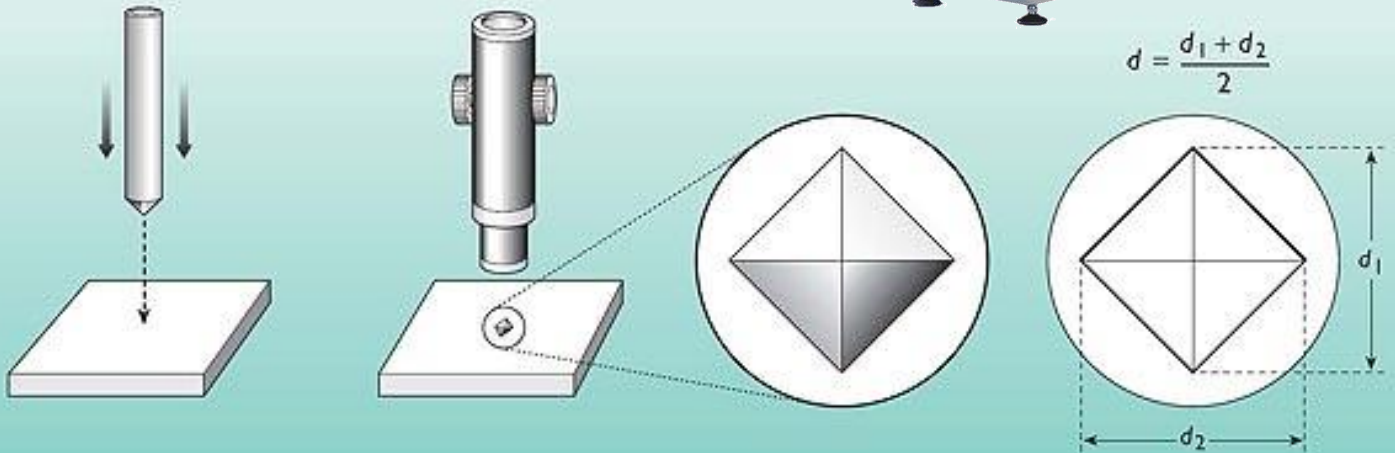


# Vnikací metody - Vickersova

- diamantový jehlan
- označení **HV**
- tvrdé kovy, slinuté karbidy



$$HV = 0,102 \times \frac{2F \sin \frac{136^\circ}{2}}{d^2} = 0,1891 \frac{F}{d^2}$$



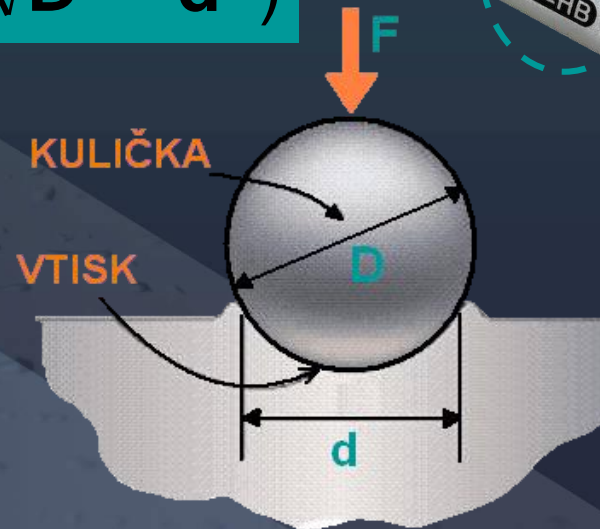
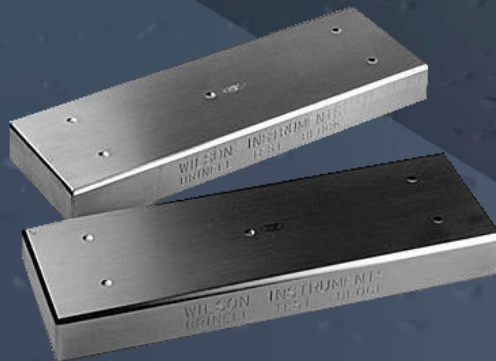
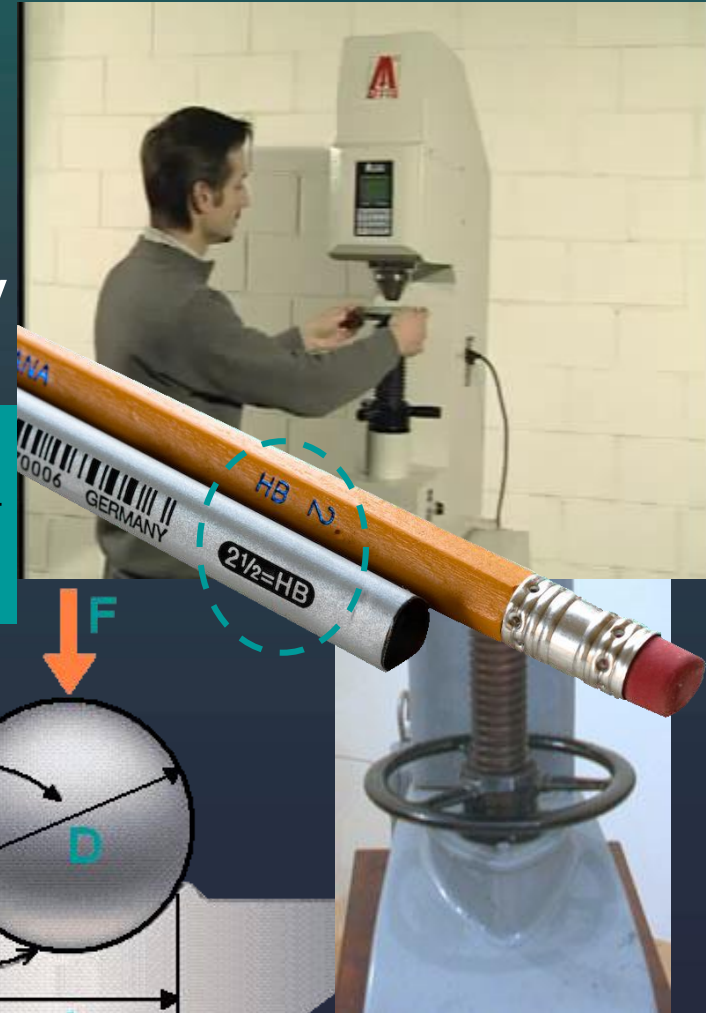




# Vnikací metody - Brinellova

- kulička z tvrzené oceli
- označení **HB**
- kovy, dřevo, tvrdé plasty

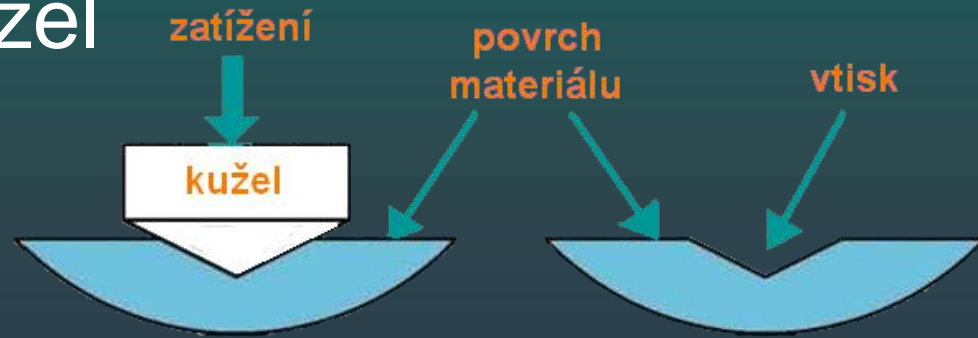
$$HB = 0,102 \frac{2F}{\pi \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$





# Vnikací metody - Rockwellova

- diamantový kužel
- označení **HRC**
- tvrdé kovy



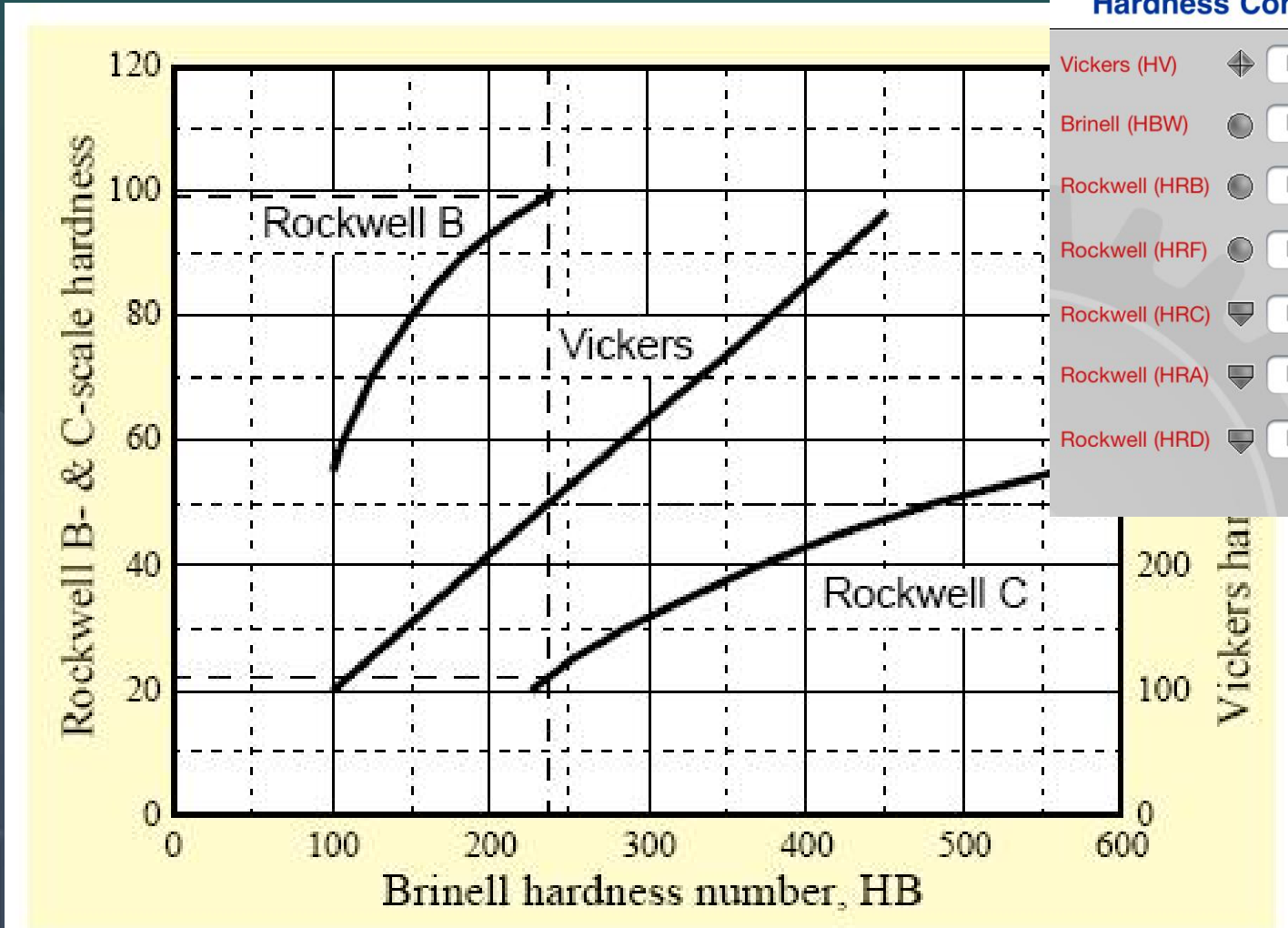
## Shoreova

- pružinový tvrdoměr s ocelovým hrotem
- označení **SH**
- měkké plasty, pryže





# Převod Brinellovy tvrdosti (HB) na tvrdost podle Vickerse (HV) nebo Rockwella



Hardness Conversion

Vickers (HV)

Brinell (HBW)

Rockwell (HRB)

Rockwell (HRC)

Rockwell (HRA)

Rockwell (HRD)





# Vnikací metoda – **POLDI** kladívko

- porovnání vtisků na porovnávací tyčince známé tvrdosti a zkoušeném materiálu



porovnávací tyčinka

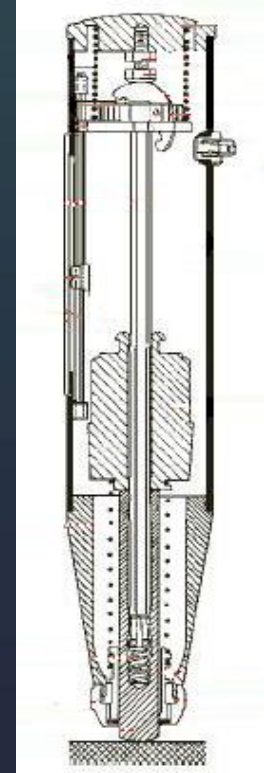
zkoušený materiál





# Odrazové metody – Schmidtův tvrdoměr

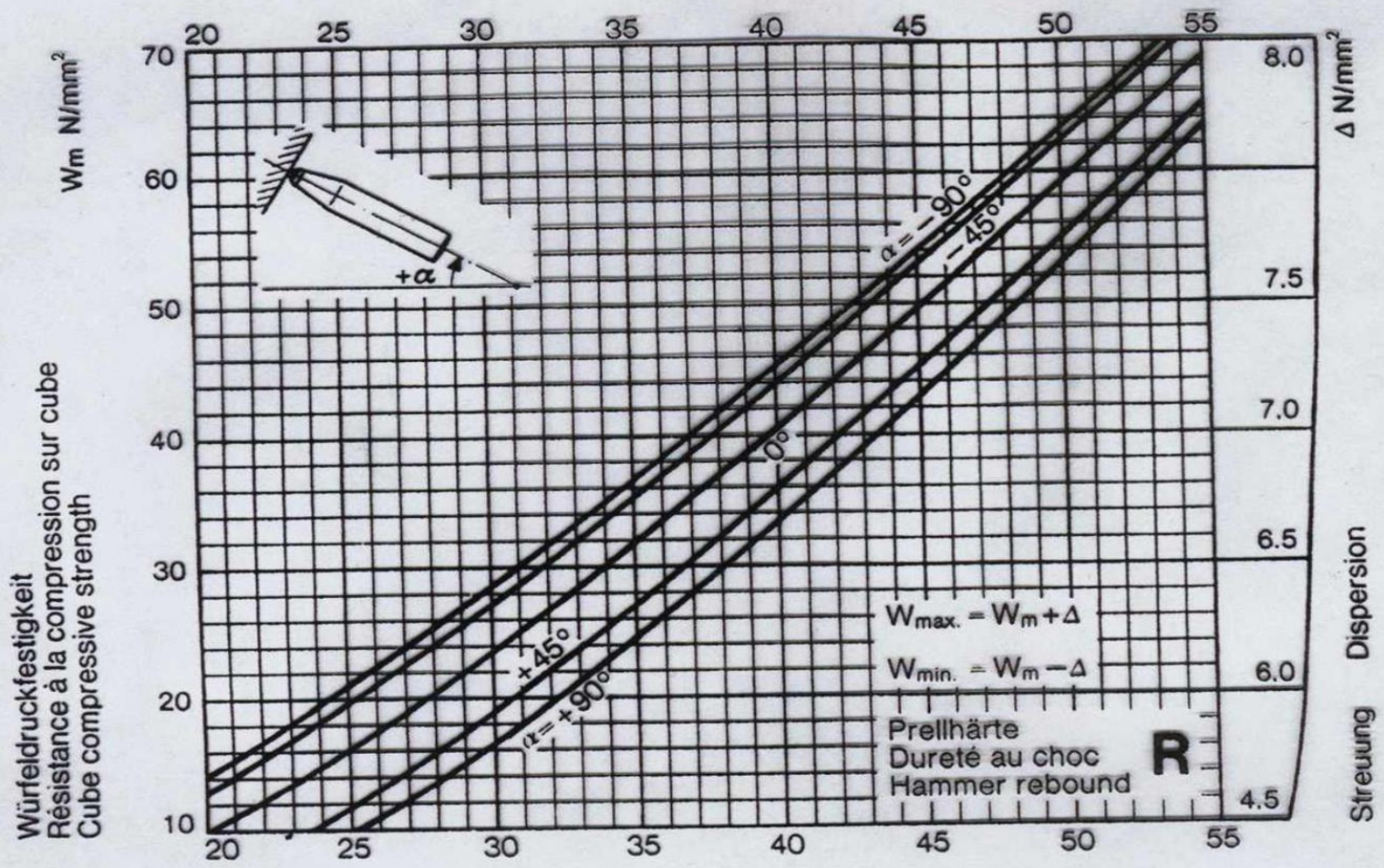
- měření velikosti pružné reakce od vyvozeného úderu
- rychlost a velikost odrazu







# Přepoččet na pevnost betonu





# Únavová pevnost

- Důsledek opakovaného namáhání materiálu
- Na rozdíl od pevnosti jednorázové je vlivem postupného narušování struktury stále nižší







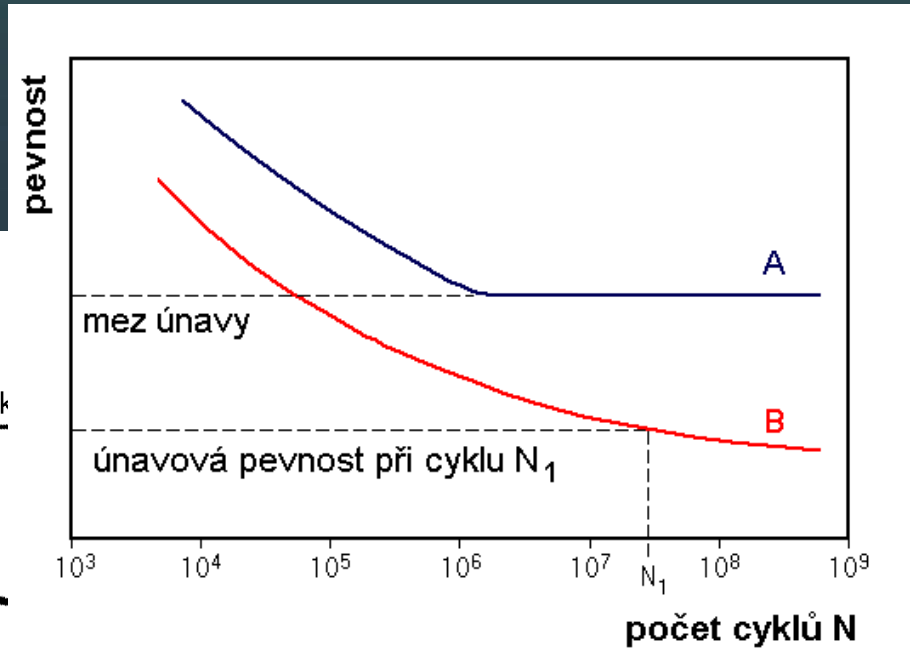
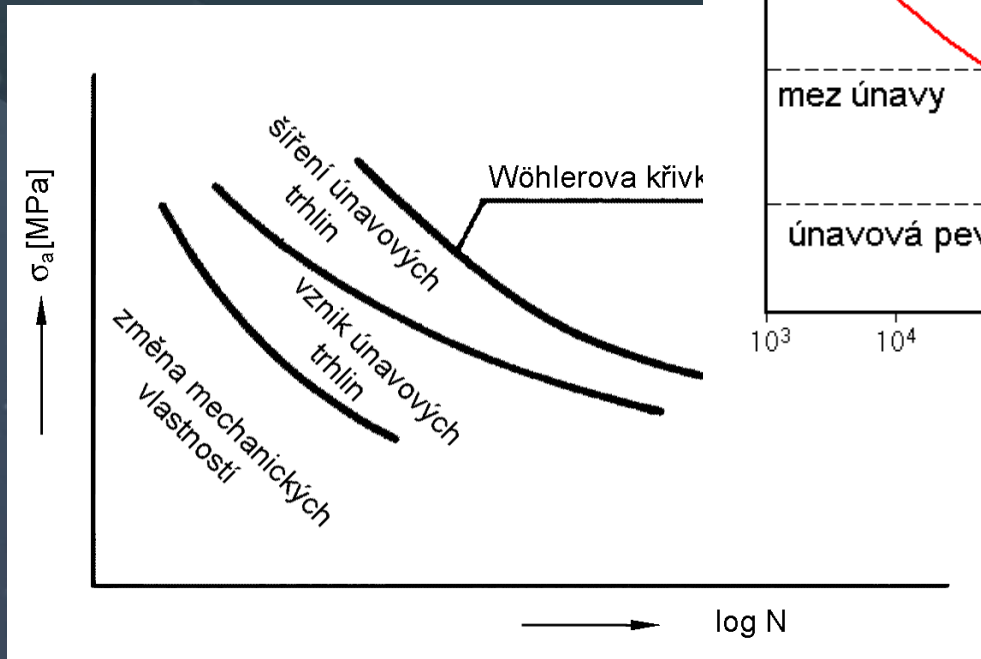
# Únava

- způsobuje náhlé poruchy konstrukcí po dlouhé době spolehlivého provozu
- nejčastější příčina provozních havárií
- postupná inicializace a šíření únavové trhliny
- únavová trhlina probíhá v mikroskopických objemech materiálu a proto je v provozu často velmi špatně detekovatelná
- závěrečný lom se proto může objevit neočekávaně a může mít katastrofální následky



# Wöhlerova křivka

- pokles pevnosti v závislosti na počtu zatěžovacích cyklů



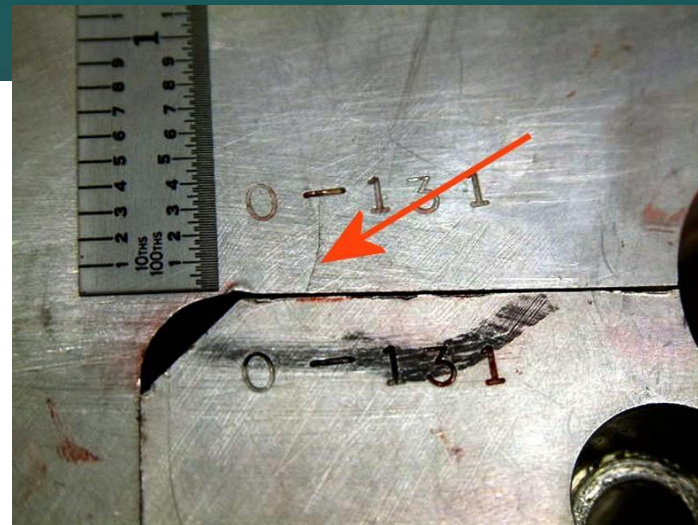
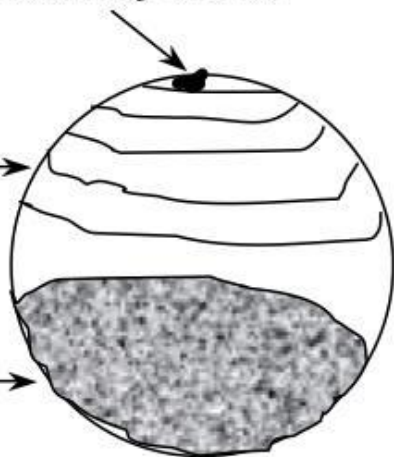


# Únavové trhliny

počátek trhliny:  
mikroskopický  
povrchový defekt

růst únavové trhliny:  
"beach marks"

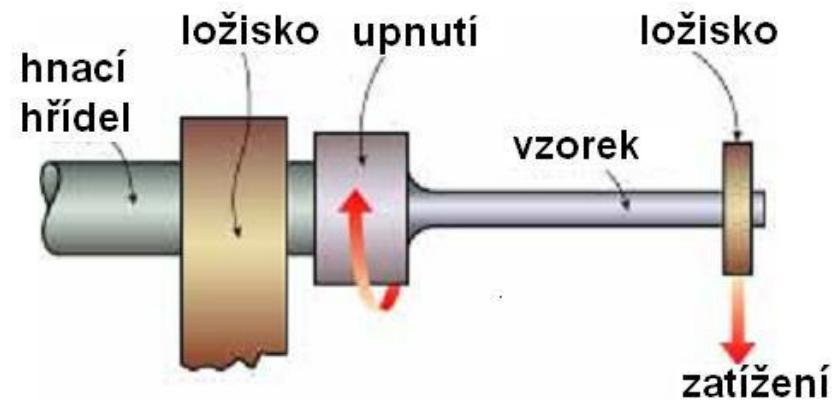
přetížená oblast







# Únavové zkoušky





# Co způsobila únava materiálu...

- velká melasová záplava (Boston, 1919)
- 19 „Liberty Ships“ (Atlantik, 1943– 45)
- InterCity expres (Eschede, 1998)







# Dynamická pevnost

- mžiková zatížení
- most přes úžinu Tacoma (USA, Washington, 1940)





**Katedra materiálového inženýrství  
a chemie**

Stavební fakulta ČVUT v Praze

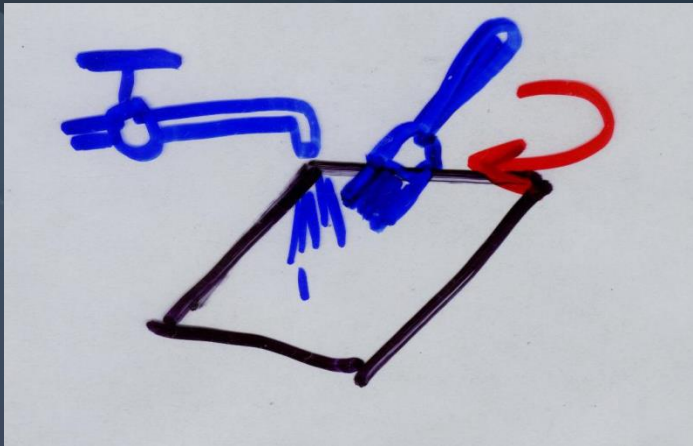


**Stavební hmoty**



# Povrchová soudržnost

- **otěr** (pro malby) - za sucha  
- za mokra
- zkouška otěruvzdornosti (ČSN 73 2582)

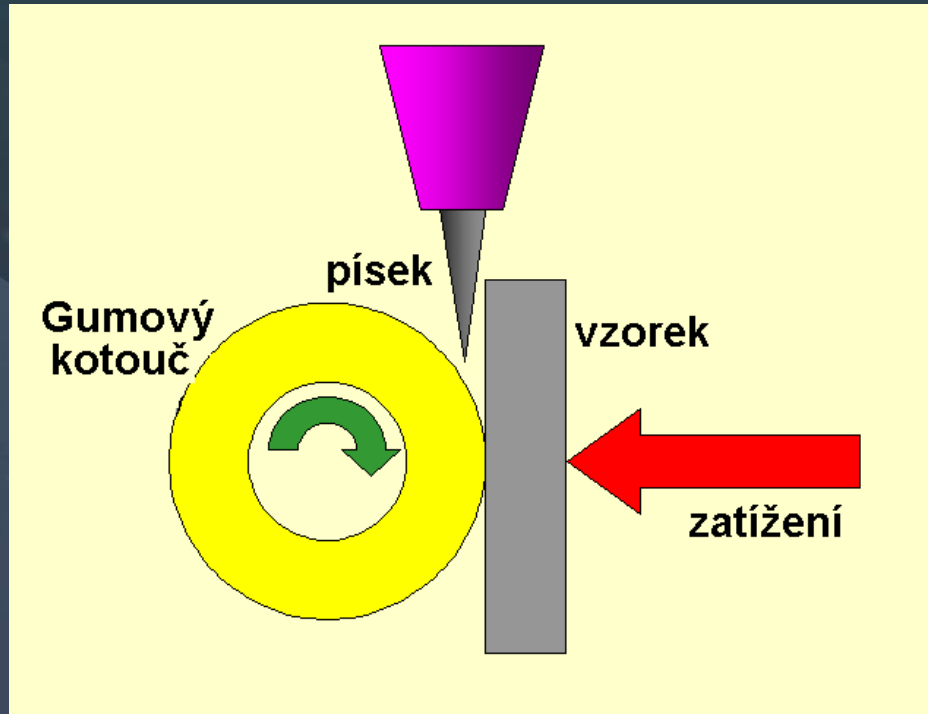


↓ 0,5 N – 2 ot./s  
měří se čas



# Odolnost proti obrušování

- pískem
- broky





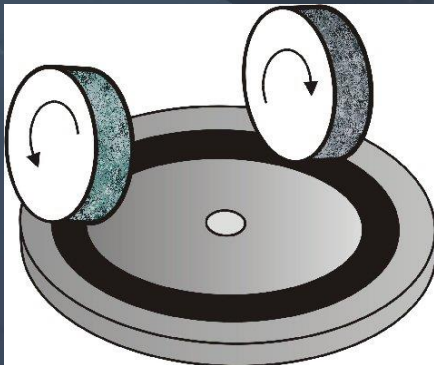


# Obrusnost

- úbytek materiálu z povrchu při obrusné zkoušce

## Taber Abraser

- měří se úbytek hmotnosti při daném počtu otáček

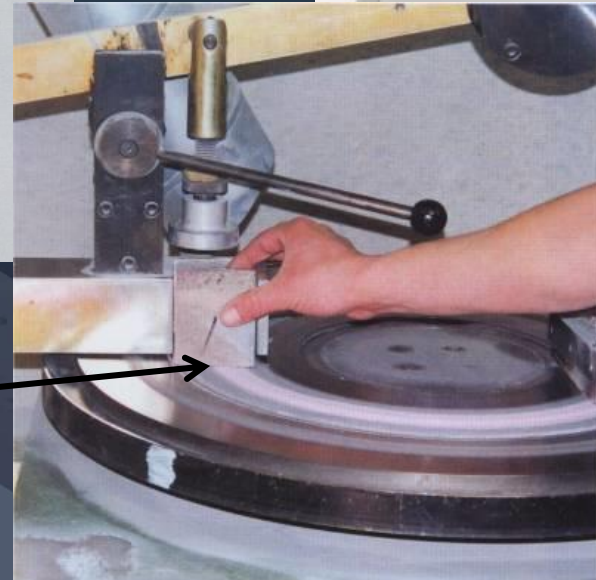
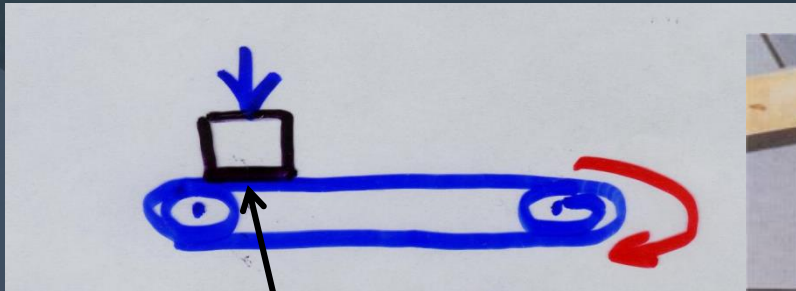




# Obrusnost

## Amsler/Böhm

- měří se obroušený objem v  $\text{cm}^3$
- brusná dráha



7,07 x 7,07 cm



# Obrusnost (Amsler / Böhm)

## PODLAHY (DIN 1100)

## DLAŽDICE (ČSN 72 5128)

- A:  $1,5 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$
- B:  $3,0 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$
- C:  $6,0 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$
- křemen: 9-10  $\text{cm}^3/50 \text{ cm}^2$
- rula: 4-10  $\text{cm}^3/50 \text{ cm}^2$

- kamenina: 3,3  $\text{cm}^3/50 \text{ cm}^2$
- vápenec: 15-40  $\text{cm}^3/50 \text{ cm}^2$
- cementová malta: 17-25  $\text{cm}^3/50 \text{ cm}^2$

- # Adheze a koheze
- **adheze** – přilnavost materiálu k podkladu (materiálu)
  - **koheze** – vnitřní soudržnost materiálu

**adheze < koheze**





# Soudržnost

- spojení dvou materiálů (ocel + beton, cement + kamenivo)





# Přídržnost

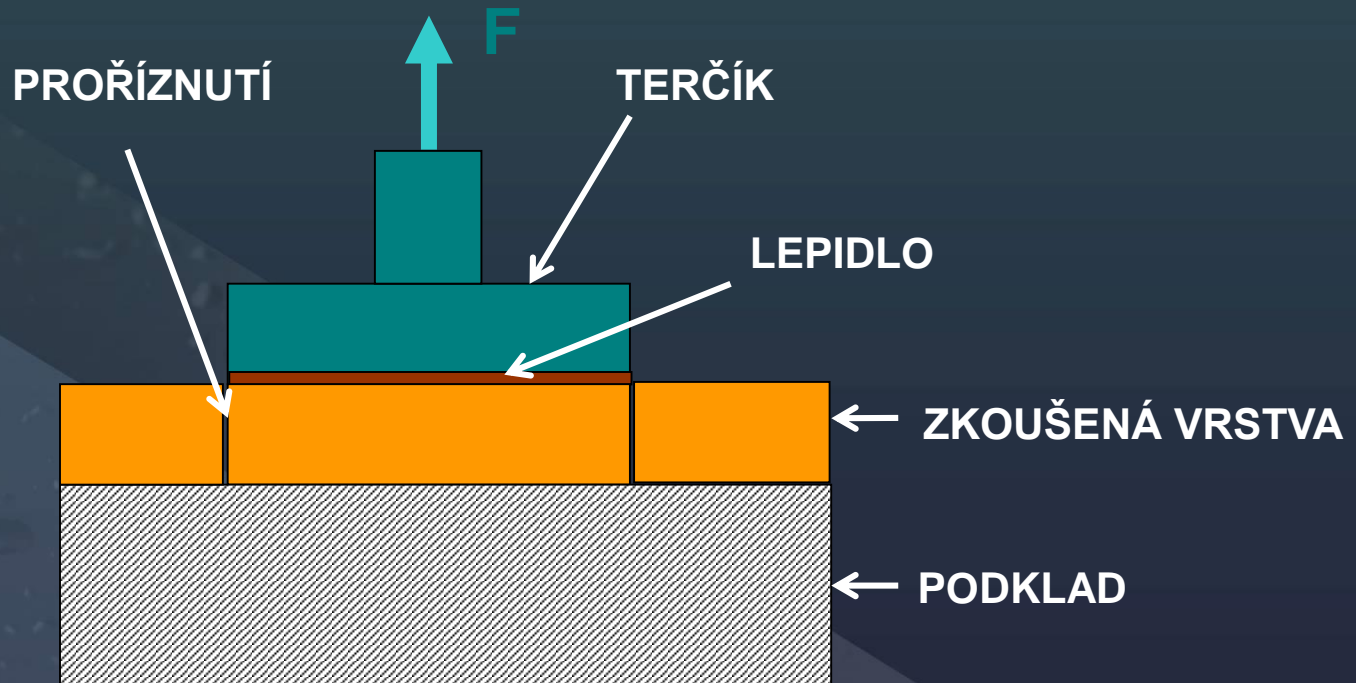
- vrstvy k podkladu (omítky, nátěru...)





# Odtrhová zkouška

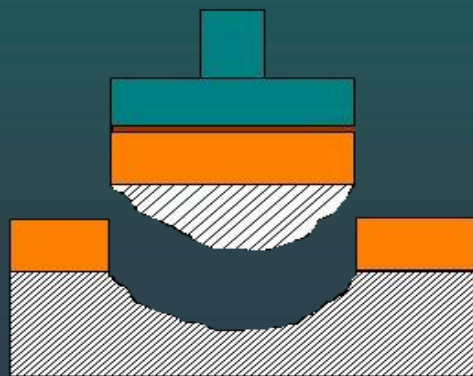
- přilepení ocelových terčů
- proříznutí zkoušené vrstvy po obvodu terče



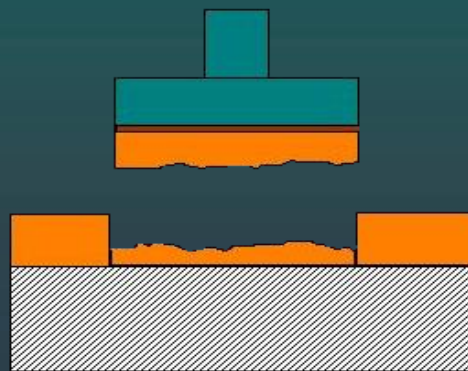




# Výsledky odtrhové zkoušky



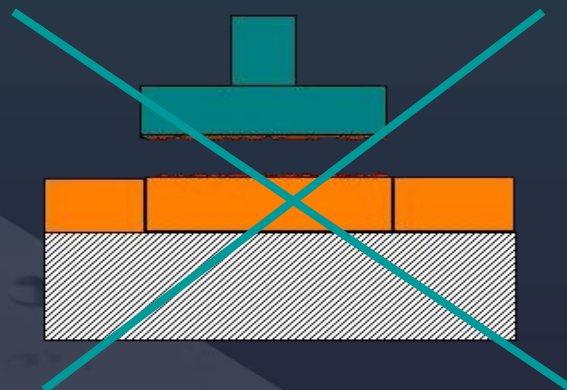
$$R_a > R_p$$



$$R_a > R_v$$



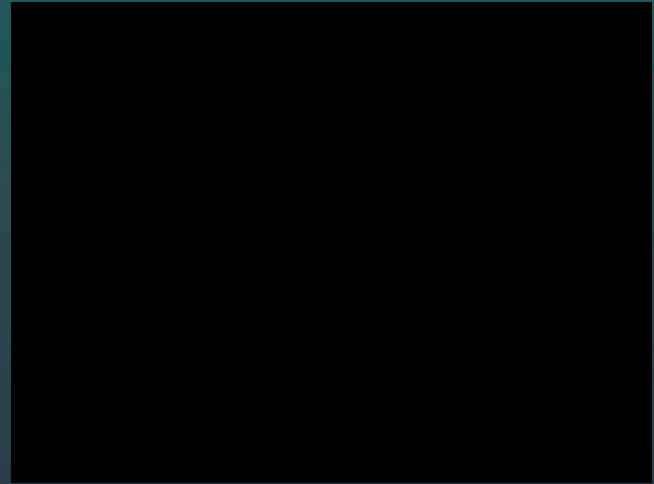
$$R_a$$







# Odtrhová zkouška



**Katedra materiálového inženýrství  
a chemie**

Stavební fakulta ČVUT v Praze



**Stavební hmoty**



# Vlhkostní vlastnosti





# Vlhkost

- Obsah vody, odstranitelný sušením
- Jaké množství vody (volné nebo fyzikálně vázané) materiál obsahuje

- žádný pórovitý materiál se v konstrukci nevyskytuje ve zcela suchém stavu



"...a nemovitost se nalézá  
v překrásném údolí  
na břehu řeky ..."

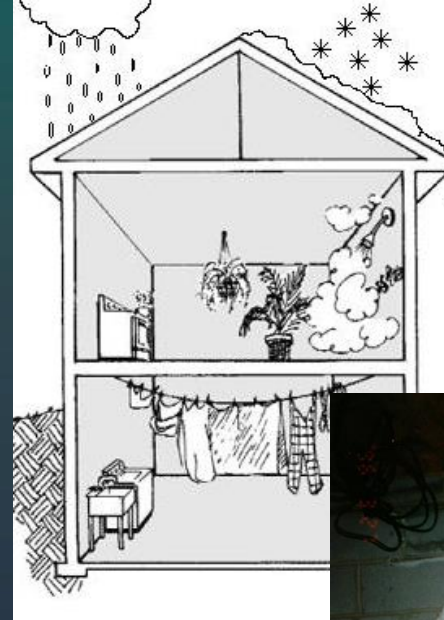




# Druhy vlhkosti

Podle původu:

- výrobní (z mokrého výrobního procesu)
- zemní (z podloží)
- sorpční (z okolního vzduchu)
- zkondenzovaná (vysrážená)
- provozní (podle typu provozu)





# Produkce vodních par v objektu

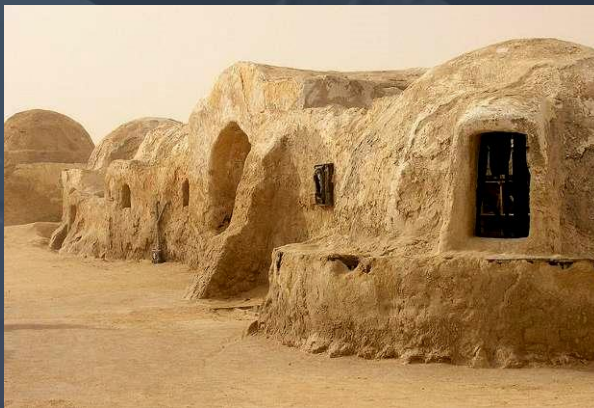
druh činnosti	množství	Produkce par
osoby - $\varnothing 40 \text{ g / os / h} - \Sigma 72 \text{ hod / den}$	2 800 g / den	vývin do obyt. prostoru
rostliny - $10 \text{ g / ks / hod} - 5 \text{ ks} = 50 \text{ g/h} \times 24$	1 200 g / den	do obyt. prostoru
mytí podlah - nárazově	200 g / den	do obyt. prostoru
kuchyně $500 \text{ g / h (průměrně)} \times 2,0 \text{ h / den}$	1 000 g / den	do obyt. prostoru
sušení prádla - $200 \text{ g / h} / 5 \text{ kg} \times 4 \text{ h / den}$	800 g / den	lokálně odtah
koupelna - $1200 \text{ g / h} \times 2,5 \text{ h / den}$	1 500 g / den	lokálně odtah
Celková produkce =	$\Sigma M_c$ 7 500 g / den	
Z toho produkce do obytného prostoru: $\Sigma Z_{\text{OBYT}} = 5 200 \text{ g / den}$ (přímo ovlivňuje relativní vlhkost obytného prostoru).		



# Druhy vlhkosti

Časově:

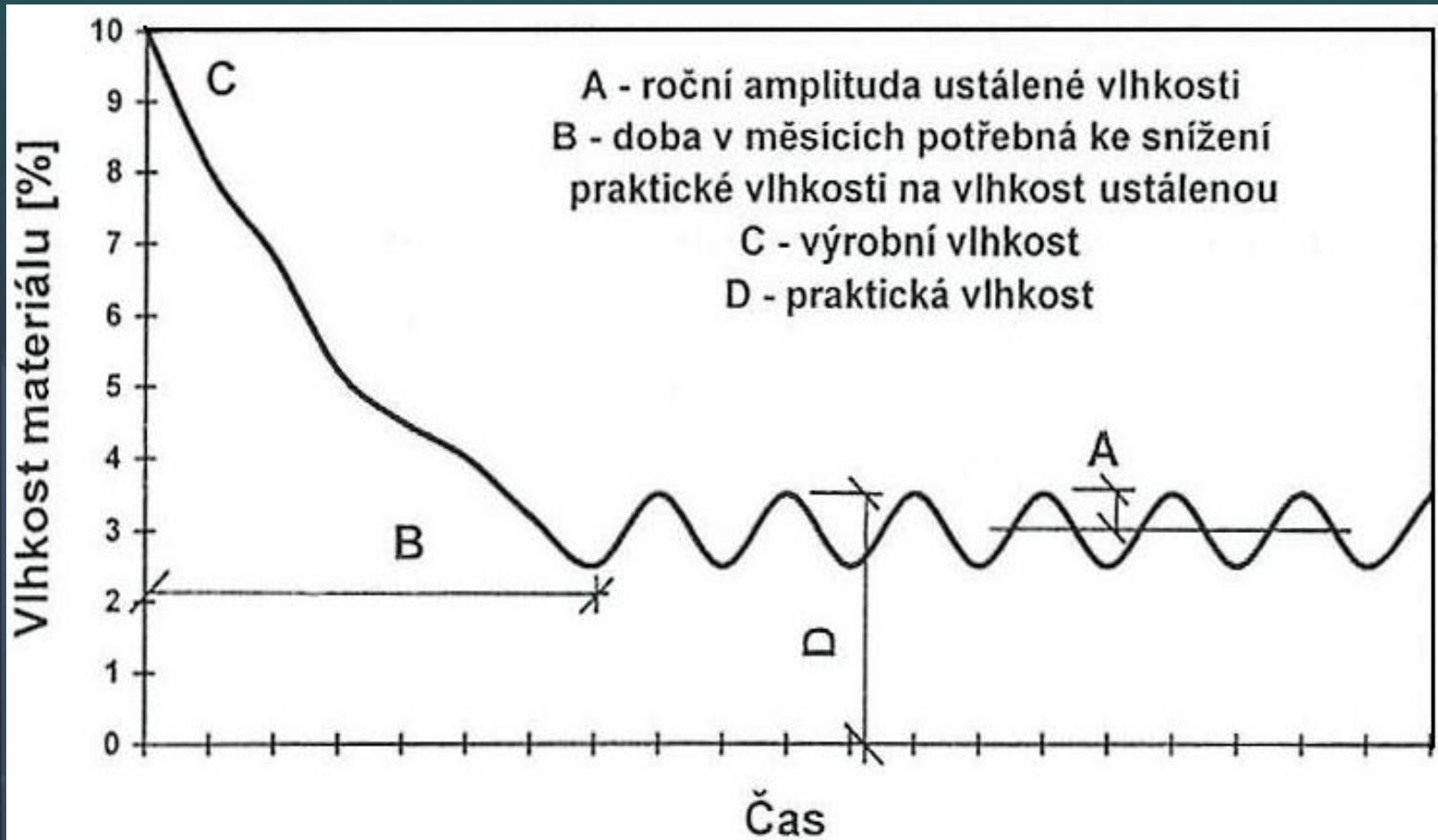
- počáteční (přírozená, výrobní)
- skladovací
- ustálená (trvalá - po delším čase od zabudování – cca po 2 - 7 letech)







# Změna vlhkosti materiálu v čase





# Vlhkost hmotnostní

$$w_m = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{m_s} = \frac{m_w - m_s}{m_s} (*100)$$

$m_s$  .. hmotnost suchého vzorku

$m_w$  .. hmotnost vlhkého vzorku

$m_{\text{H}_2\text{O}}$  .. hmotnost nasáklé vody



# Vlhkost objemová

$$w_v = \frac{V_{H_2O}}{V} = \frac{m_w - m_s}{\rho_{H_2O} * V} (*100)$$

$m_s$  ... hmotnost suchého vzorku

$m_w$  ... hmotnost vlhkého vzorku

$V_{H_2O}$  .. objem nasáklé vody

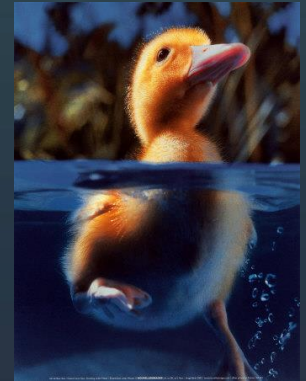
$V$  ..... objem vzorku





# Nasákavost

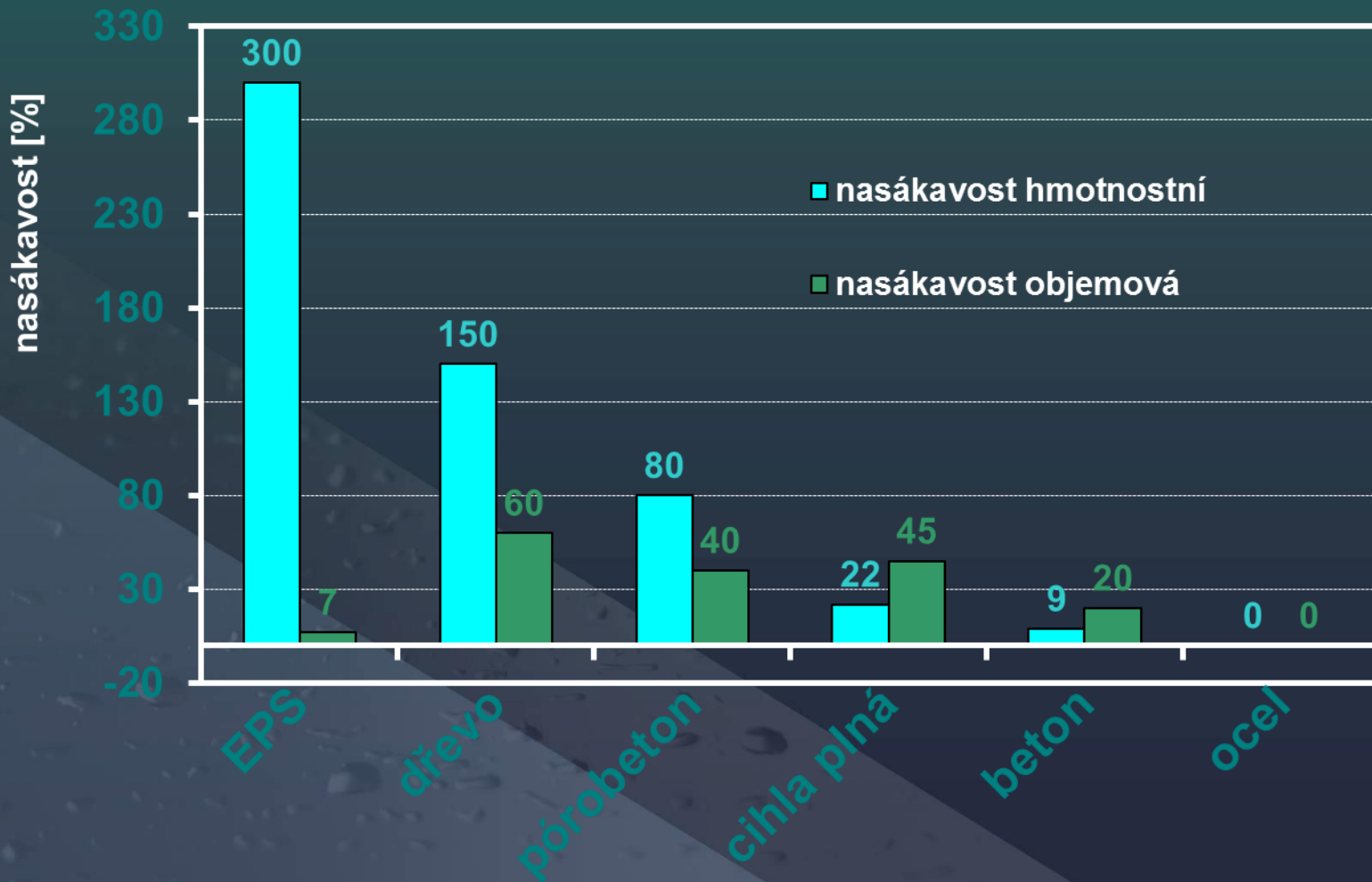
- vlhkost získaná ponořením
- maximální množství vody, které v materiálu může být obsaženo



- nasákavost objemová: 0 - 100 %
- nasákavost hmotnostní: i více než 100 %



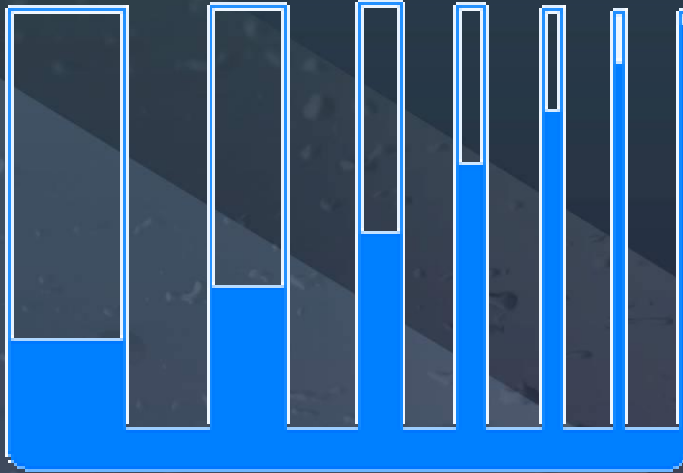
# Nasákavost některých materiálů





# Vzlínavost

- kapilarita
- schopnost vody vystoupat nad čáru ponoru







# Vzlínavost

- v praxi – výška, do které voda vystoupá





# Vzlínavost

- v laboratoři – hmotnostní přírůstek



Materiál	Objemová hmotnost v suchém stavu	Hmotnostní vzlínavost C [kg.m <sup>-2</sup> ] za čas		
		2 hodiny	8 hodin	24 hodin
Pěnový polystyren	16	1,1	1,2	1,2
Pěnový polyuretan	35	0,3	0,4	0,4
Plynosilikát	540	12,7	19,9	29,7



# Navlhavost a vysýchavost

- vlhkost, kterou materiály mohou přijímat ze vzduchu (sorpční vlhkost)
- **rovnovážná sorpční vlhkost**
- opačný proces –  
**vysýchavost**



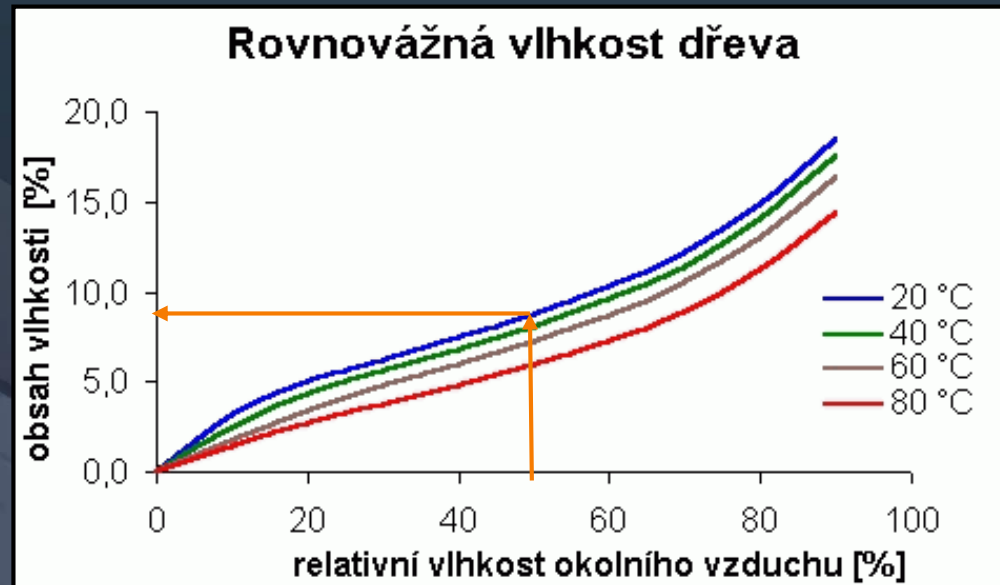




# Rovnovážná sorpční vlhkost

Závisí na:

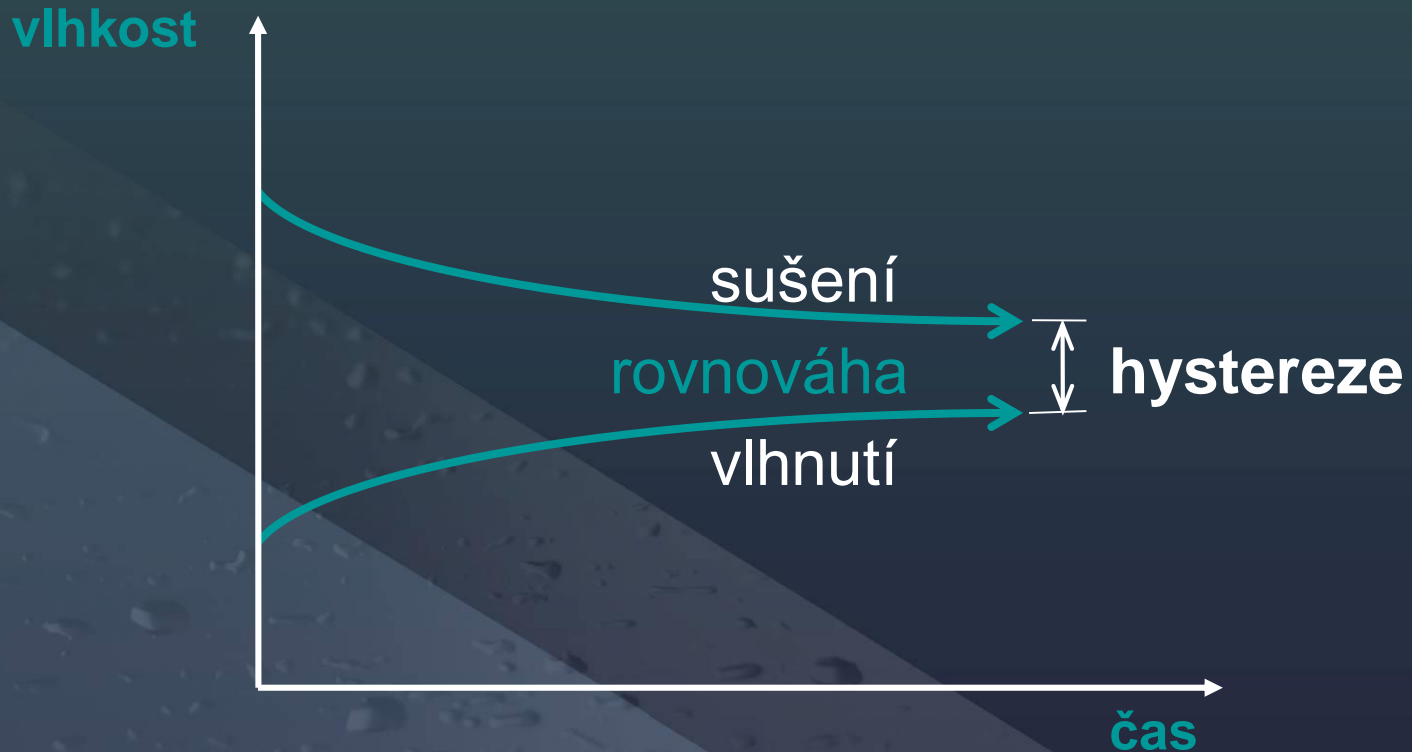
- teplotě a vlhkosti a tlaku vzduchu
- na velikosti a tvaru pórů
- na předchozí vlhkovostní historii





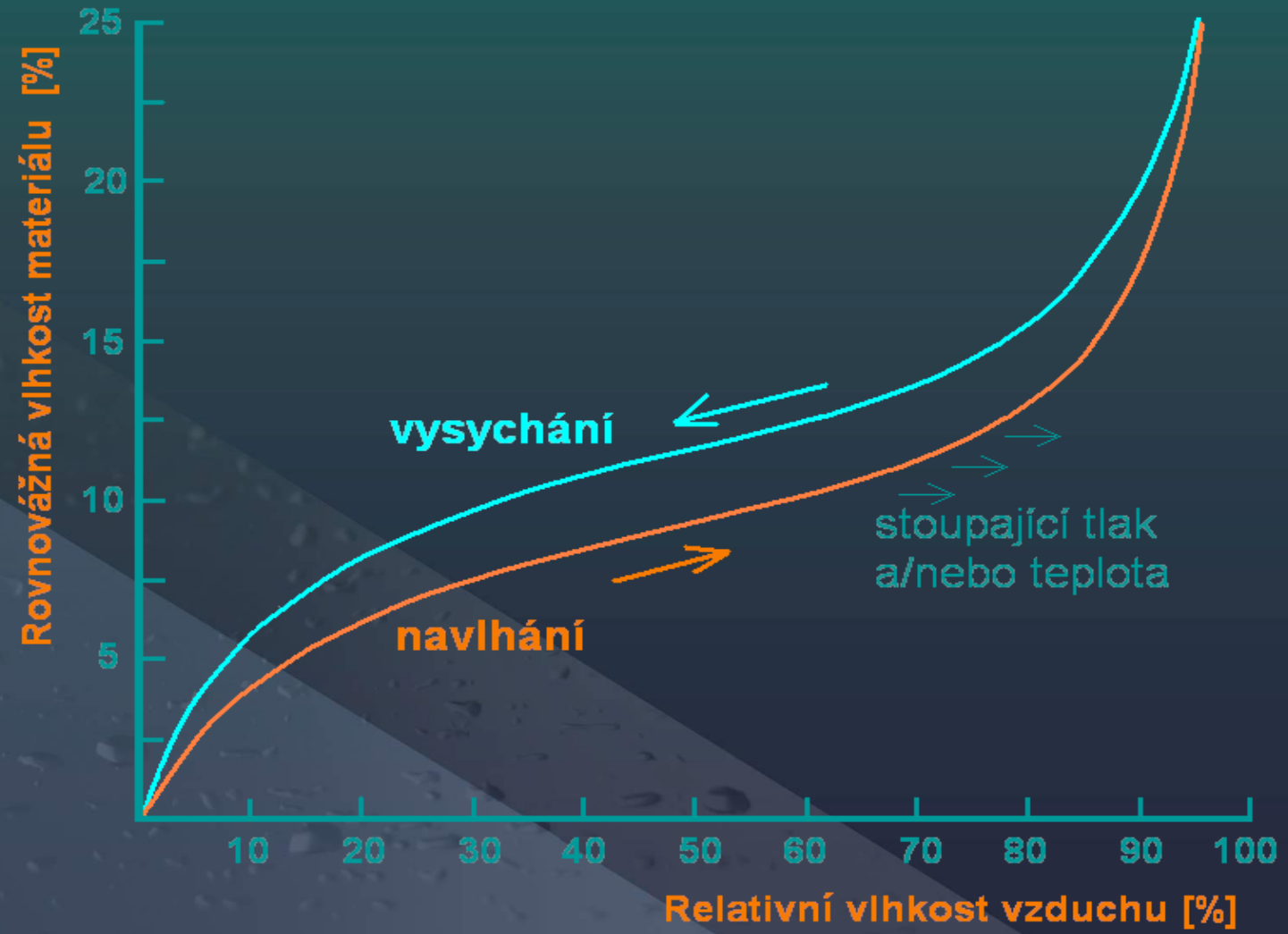
# Velikost sorpce

- Sorpční hystereze





# Hysterezní smyčka







# Prosákavost





# Prosákavost

- zejména u střešních krytin (pálené a betonové střešní tašky)
- závisí na množství a velikosti kapilárních pórů a trhlinek (velikosti 0,01 – 0,5 mm)

**Střešní tašky vždy prosáknou  
– půdní prostor musí být větraný**





# Prosákavost - zkoušení

ČSN EN 539-1 (pálené střešní tašky) :

- **Faktor prosákavosti** - množství vody, které prosákne 1 cm<sup>2</sup> plochy tašky za 48 hodin při zatížení 10 cm vody [cm<sup>3</sup>.cm<sup>-2</sup> .den<sup>-1</sup>]
- **Doba odkápnutí první kapky** z rubu tašky při zatížení sloupcem vody předepsané výšky [hod]







# Prosákavost - požadavky

- **pálené tašky** – doba odkápnutí min 4 hod
- **betonové tašky** – doby odkápnutí min 24 hod





**Katedra materiálového inženýrství  
a chemie**

Stavební fakulta ČVUT v Praze



**Stavební hmoty**



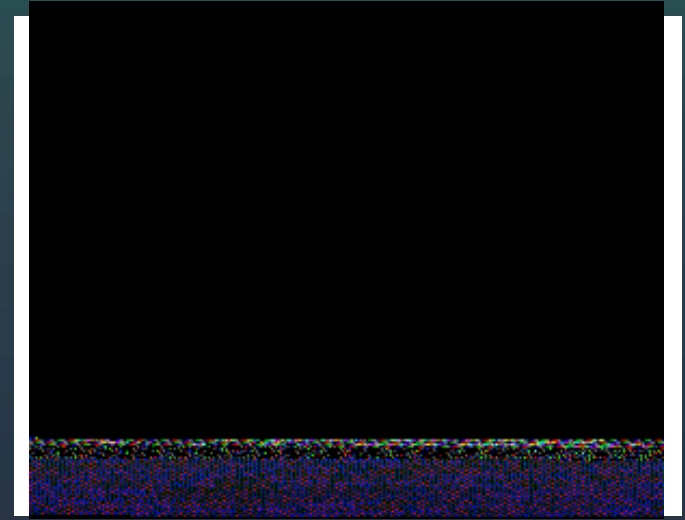


# Difúzní vlastnosti



# Difúze

- transport plynů a par
- Důležité např. pro:
  - parozábrany
  - protiradonové izolace
  - sanační materiály
  - nátěry





# Součinitel difúze

- schopnost materiálu propouštět vodní páru

$\delta$

- jednotky:  $[\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{s}\cdot\text{Pa})] = [\text{s}]$
- $\delta = 0 \text{ s}$  - dokonale parotěsné materiály (kovy, sklo, hydroizolace)
- $\delta = 0,17 \cdot 10^{-9} \text{ s}$  – rohože z min. látek
- $\delta = 0,178 \cdot 10^{-9} \text{ s}$  - vzduch





# Faktor difúzního odporu

- relativní schopnost materiálu propouštět vodní páru
- poměr difúzního odporu materiálu a difúzního odporu vrstvy vzduchu téže tloušťky

$$\mu = \frac{1}{N \cdot \delta}$$

$N$  .... přibližná hodnota difúzního odporu vzduchu

$N = 5,45 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}$  (závisí na teplotě)

$\mu = 1 - 160\,000$  (max. hydroizolační materiály)



# Ekvivalentní difúzní tloušťka

$$r_d(s_d) = \mu \cdot d$$

- používá se pro povrchové úpravy

## Difúzní odpor materiálu

$$R_d = \mu \cdot d \cdot N = r_d / N = d / \delta$$

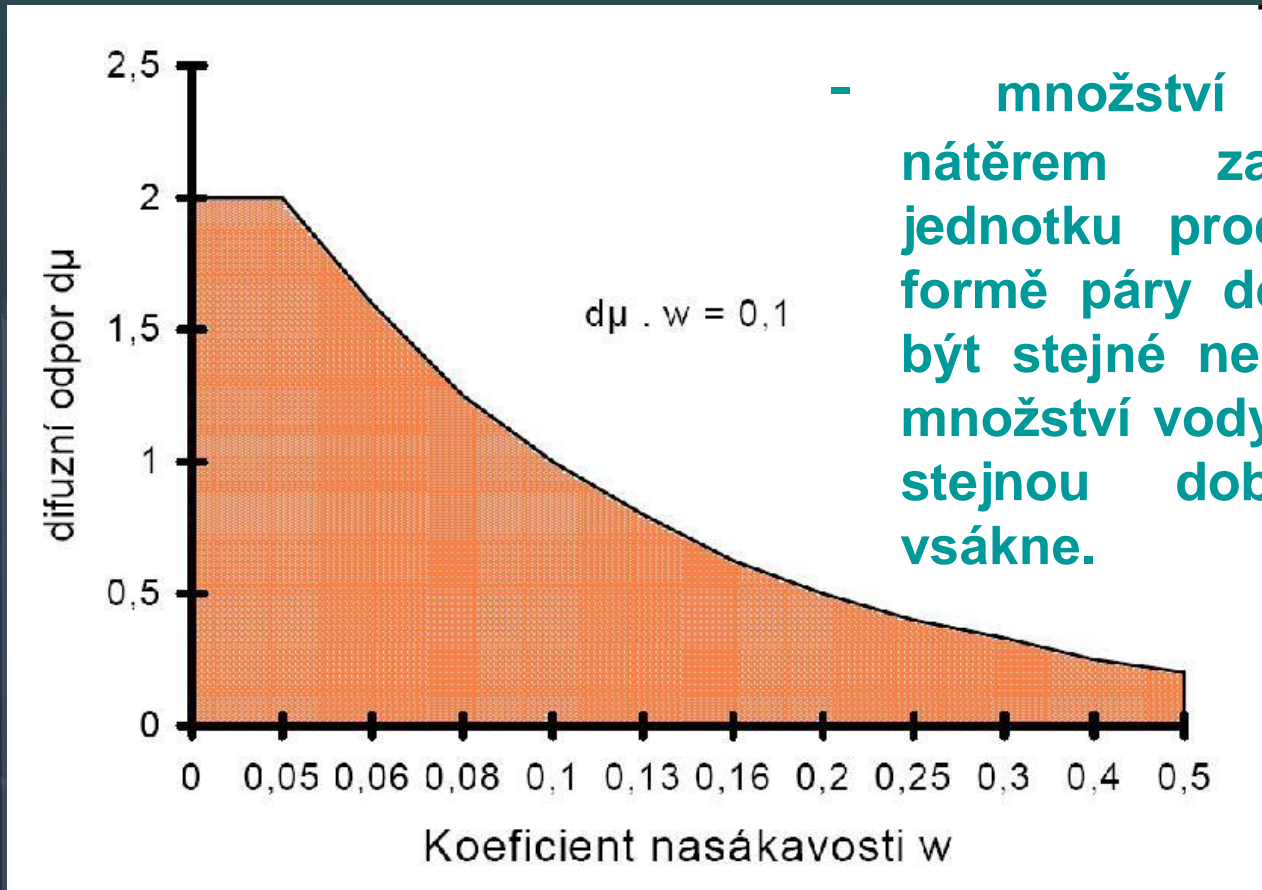


# Omítky a nátěry

- vztah mezi nasákavostí a paropropustností:

Künzelův vztah:

$$s_d \cdot w < 0,1 \text{ kg/m.h}^{0,5}$$



- množství vody které nátěrem za časovou jednotku prodifunduje ve formě páry do okolí musí být stejné nebo větší než množství vody, které se za stejnou dobu nátěrem vsákne.



# Propustnost zemin

- důležitá v oblastech s radonovým rizikem
- závisí na
  - velikosti a tvaru částic
  - velikosti a distribuci pórů
  - vlhkosti





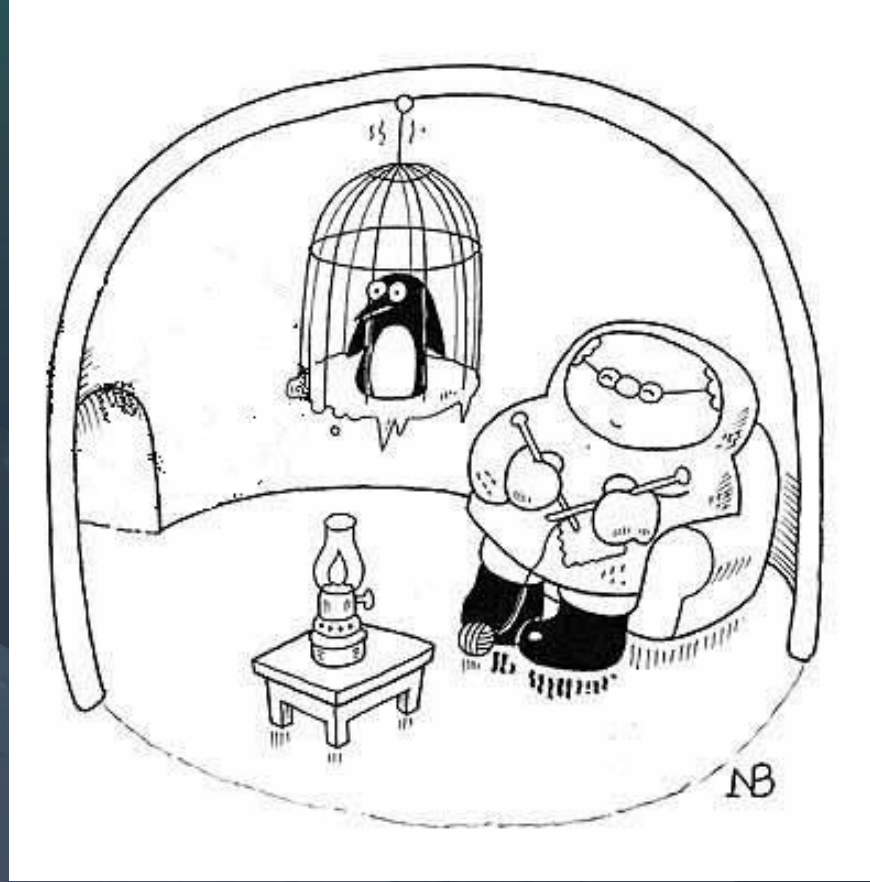
**Katedra materiálového inženýrství  
a chemie**

Stavební fakulta ČVUT v Praze



**Stavební hmoty**

# Tepelné vlastnosti





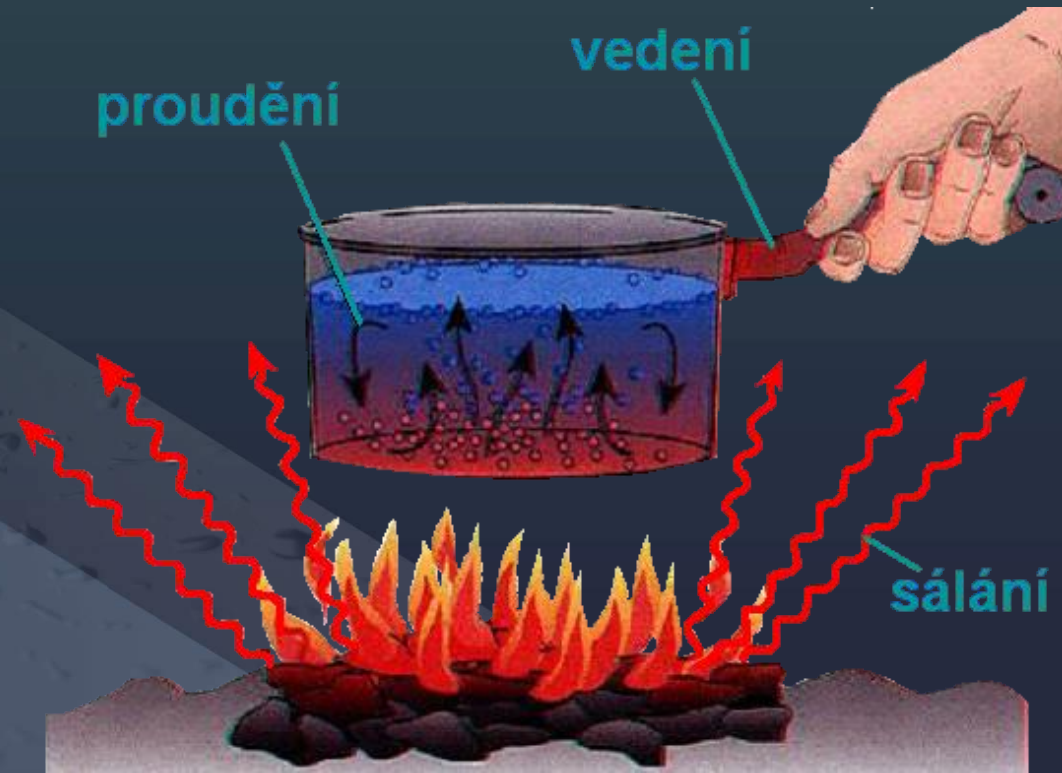
# Interakce teplo - materiál

- má-li okolí jinou teplotu než materiál, dochází k přenosu tepelné energie
1. materiál ovlivňuje přenos a šíření tepelné energie (skladba, struktura, pórovitost)
  2. tepelná energie ovlivňuje vlastnosti materiálu



# Šíření tepla

- vedení (konduktce) - pevné látky
- proudění (konvekce) - plyny, kapaliny
- sálání (radiace)







# Šíření tepla v materiálech

Závisí na:

- pórovitosti
  - struktuře
  - teplotě
  - typu materiálu
- 
- v pórovitém materiálu se teplo šíří kombinací všech typů šíření



# Tepelná vodivost

- schopnost materiálu vést teplo



- součinitel tepelné vodivosti



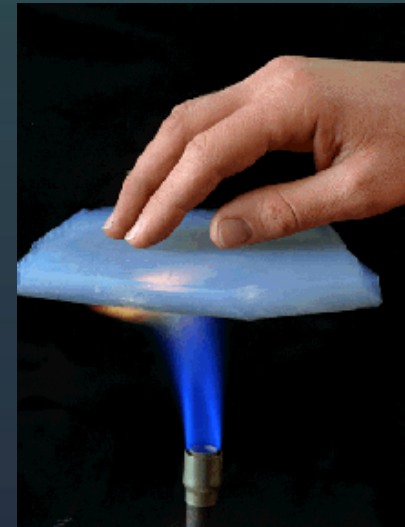


# Součinitel tepelné vodivosti

- množství tepla, které přeneseme materiál plochou  $1 \text{ m}^2$  do vzdálenosti  $1 \text{ m}$  při teplotním rozdílu  $1 \text{ K}$

→ jednotky  $[\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$

- čím nižší  $\lambda$ , tím lepší izolant  
(tepelně izolační materiály  $\lambda < 0,15 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ )
- Rozsah  $\lambda$  :  $10^{-2}$  až  $10^2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$





Stavební hmoty

Látka	$\lambda$ [W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]
• Měď.....	~370
• Hliník.....	~200
• Uhlíková ocel.....	~50
• Beton .....	~1,4
• Sklo.....	~0,75
• Cihla plná .....	~0,7
• <b>Voda (20° C, v klidu).....</b>	<b>~0,60</b>
• Dřevo .....	~0,15
• Minerální vlákna .....	~0,05
• Polystyrén pěnový.....	~0,035
• <b>Vzduch (suchý, v klidu).....</b>	<b>0,025</b>
• Argon (v klidu) .....	~0,015

↓ tepelně izolační materiály





# Tepelná vodivost - porovnání





# Tepelná vodivost

- Organické látky jsou vesměs špatné vodiče
- Krystalické látky vedou lépe než amorfní látky (stejného složení)
- Látky s menší objemovou hmotností obvykle vedou hůře
- Mimořádně dobře vedou kovy
- Anizotropní látky mají různou vodivost v různých směrech



# Součinitel tepelné vodivosti

Závisí na:

- chemickém složení
- struktuře
- pórovitosti (objemové hmotnosti)
- vlhkosti
- teplotě



# Vliv pórovitosti

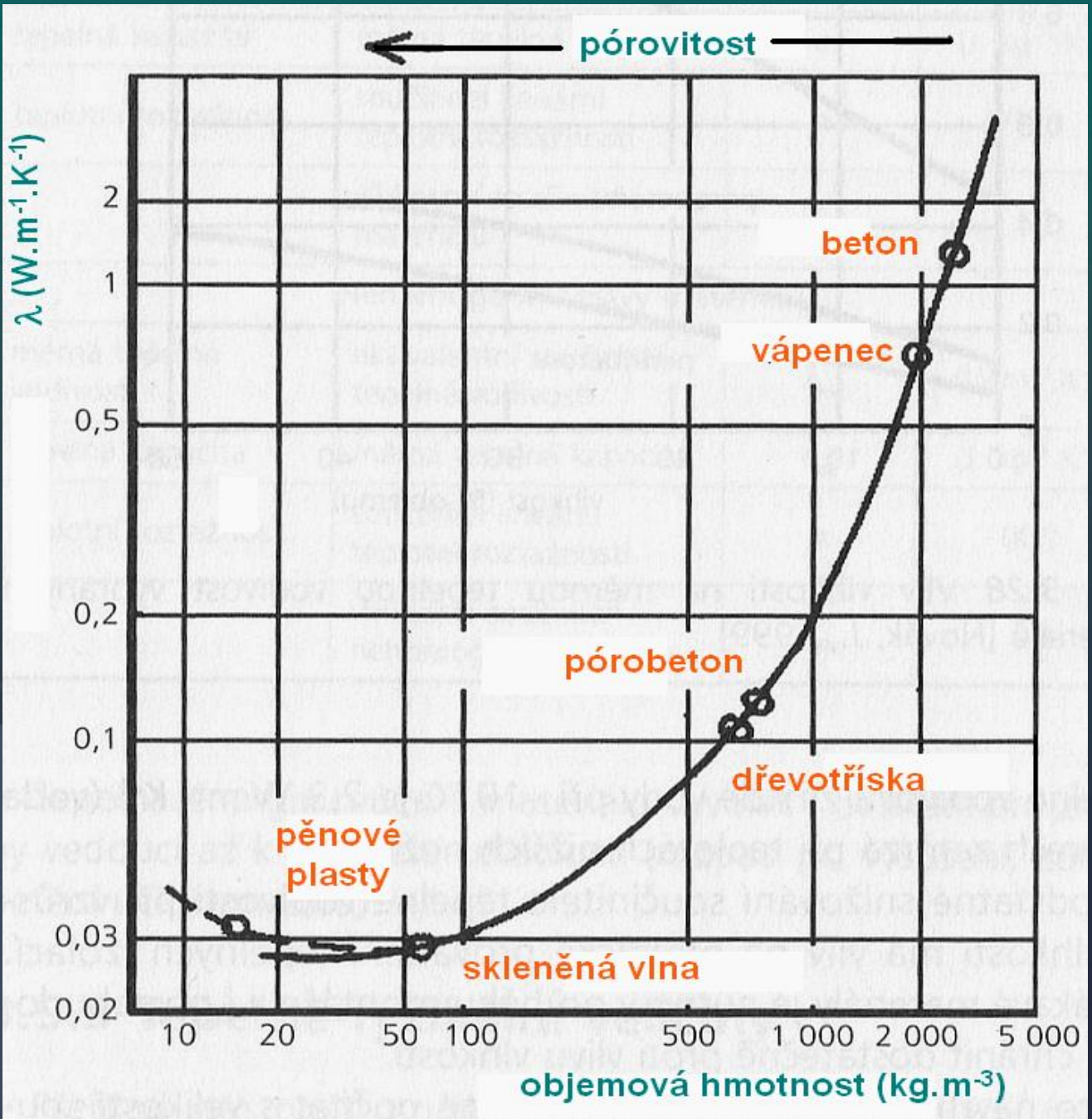
- $\lambda_{\text{VZDUCHU}} = 0,025 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- čím vyšší obsah vzduchu v materiálu (pórovitost), tím nižší objemová hmotnost i tepelná vodivost
- velikost pórů je omezena (nejlépe 0,1 – 1 mm)







# Stavební hmoty





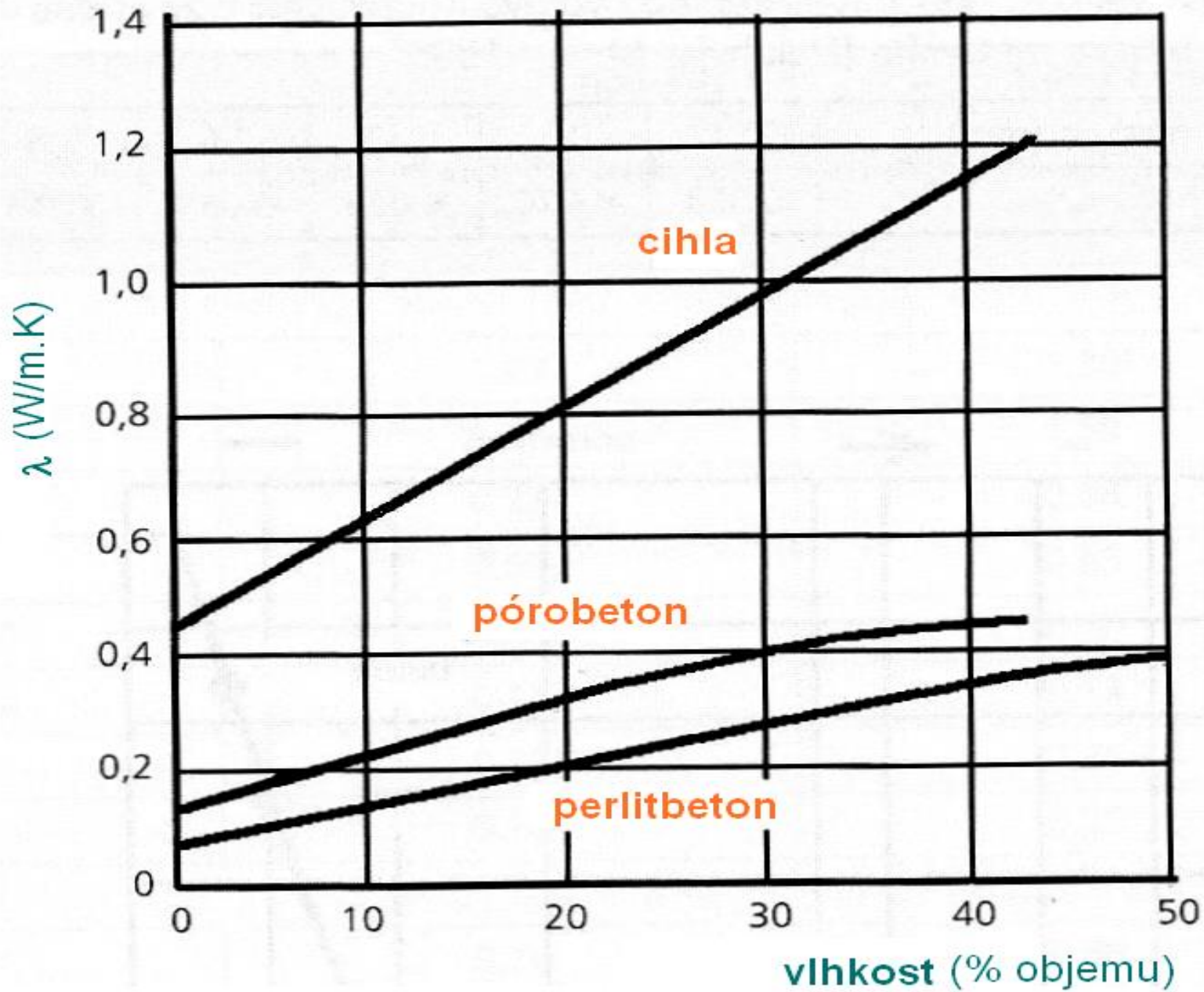
# Vliv vlhkosti

$\lambda$  vody je cca 25 x vyšší než  $\lambda$  vzduchu



- zvlhnutím se materiály určené jako tepelná izolace znehodnocují
- velmi malé póry díky kapilaritě snadno navlhnou – pro izolační materiály jsou proto nejlepší póry s průměrem:

0,1 – 1 mm





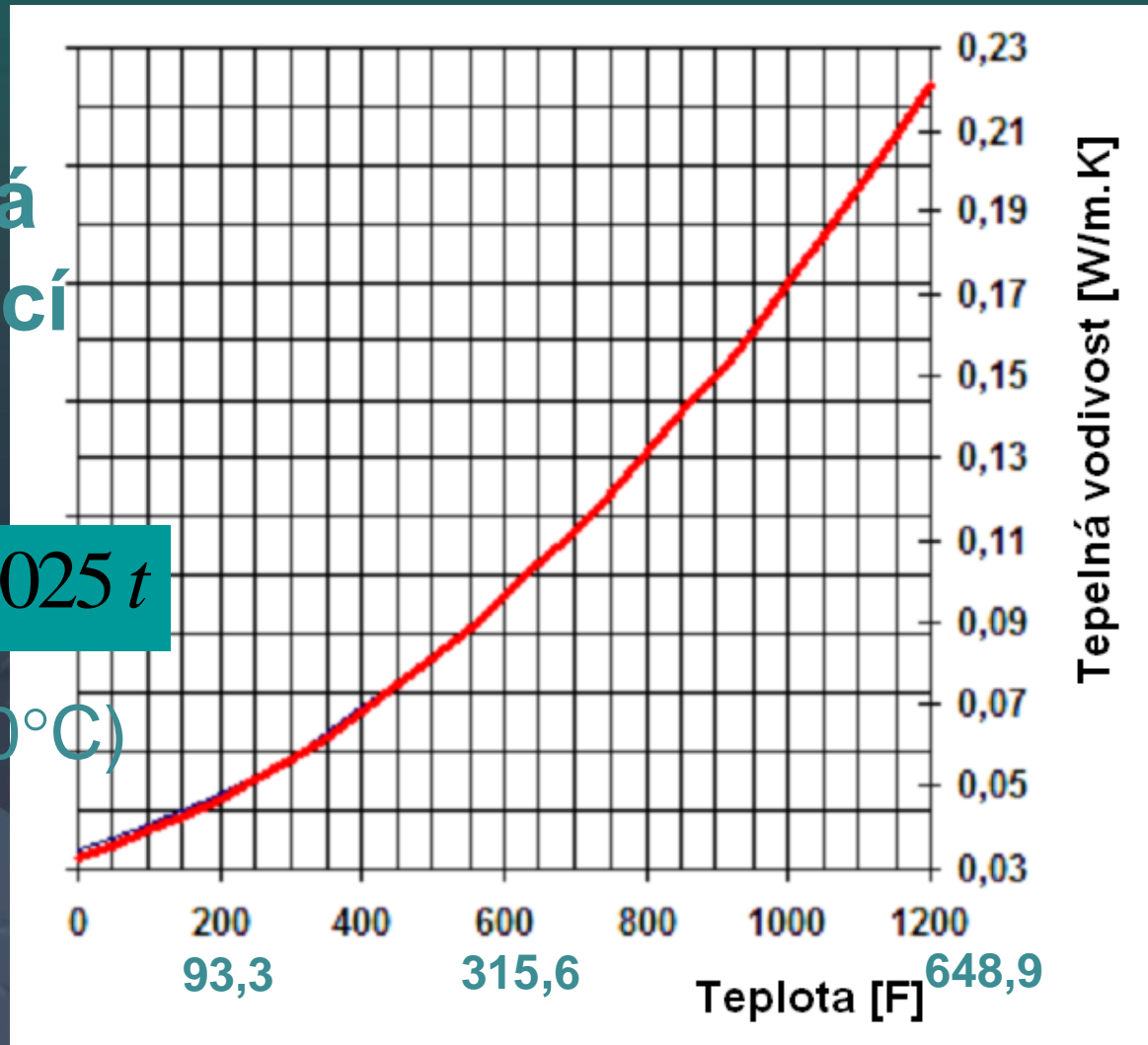


# Vliv teploty

- $\lambda$  vzrůstá s rostoucí teplotou

$$\lambda_t = \lambda_0 + 0,0025 t$$

(pro  $t = 0-100^\circ\text{C}$ )





**Katedra materiálového inženýrství  
a chemie**

Stavební fakulta ČVUT v Praze



**Stavební hmoty**



# Tepelně izolační materiály

- **vláknité** - minerální a skleněná vlákna
  - dřevěná vlna (heraklit),
  - celulózová vlákna
  - rozvlákněný papír
  - sláma (balíky, panely)



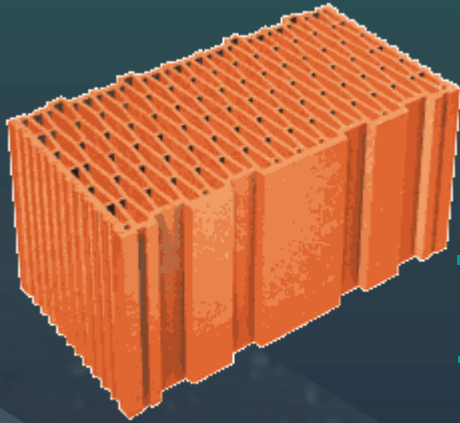
- **sypké** - keramické kamenivo (keramzit)
  - expandovaný perlit
  - popílkové kamenivo
  - škvára





# Tepelně izolační materiály

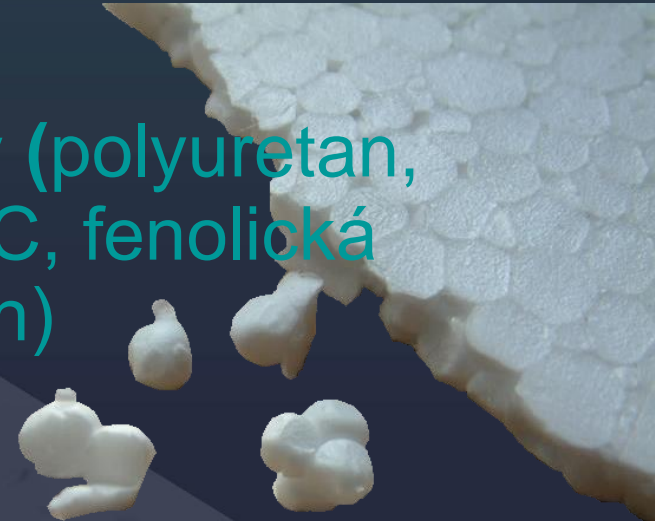
- **tvarové**



- **lehké betony** (s lehkým kamenivem, polystyrenbeton, mezerovité betony, pěnobeton, pórobeton)
- **cihelné tvárnice** typu Therm
- **křemelina**

- **pěnové**

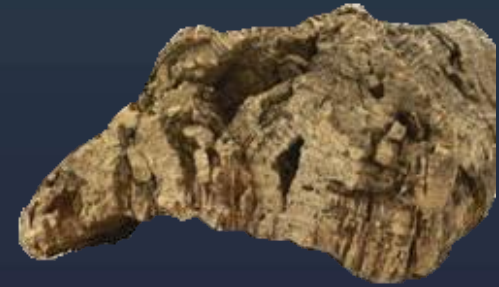
- **pěnové plasty** (polyuretan, polystyren, PVC, fenolická pěna, polyetylen)
- **pěnové sklo**





# Tepelně izolační materiály

- ostatní
  - korek (expandovaný)
  - masivní dřevo
  - materiály na bázi dřeva (hobra, dřevotříska)
  - ovčí vlna







# Nejlepší izolace?

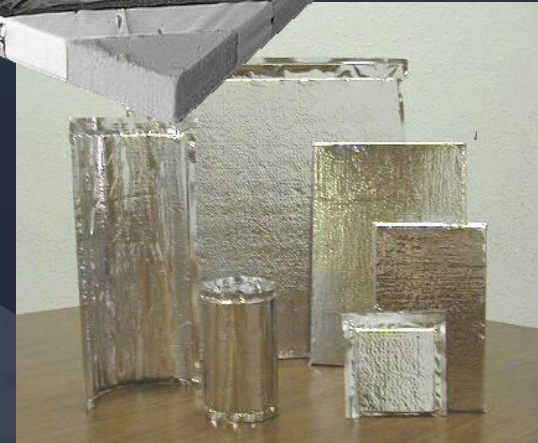
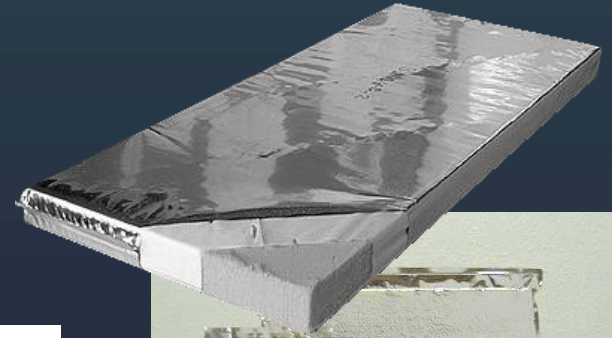
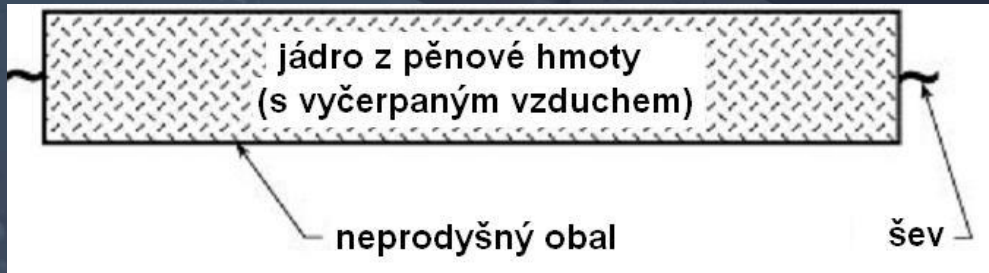


?



## VIP

= Vacuum Insulated Panel



**Katedra materiálového inženýrství  
a chemie**

Stavební fakulta ČVUT v Praze



**Stavební hmoty**



# Měření součinitele tepelné vodivosti

- **stacionární metody** - měření v ustáleném stavu
- **nestacionární metody** – měření v neustáleném teplotním stavu
- **ustálený teplotní stav** - tepelný výkon je stálý, teploty na obou stranách měřeného materiálu se nemění (ale nemusí být stejné)



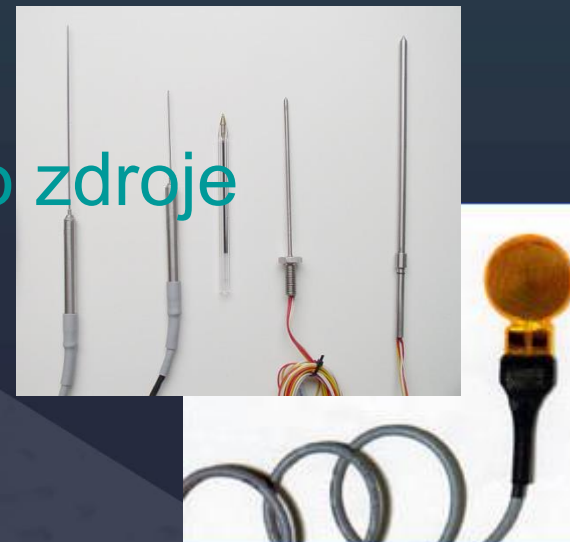
# Stacionární metody:

- Metoda chráněné teplé desky
- Metoda koule
- Metoda válce
- Metoda teplé skříně



# Nestacionární metody:

- Metoda topného drátu
- Metoda plošného pulsního zdroje
- Metoda jehlové sondy
- Laserová metoda

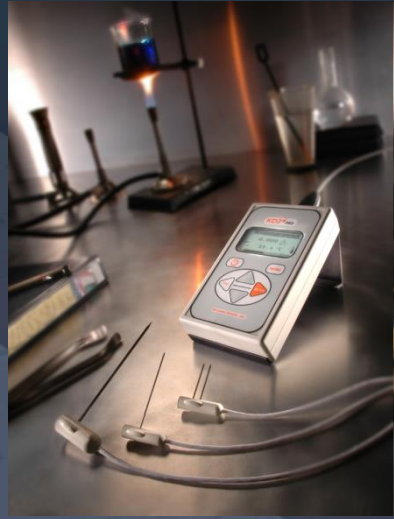






Stavební hmoty

# Měření tepelné vodivosti



Katedra materiálového inženýrství a chemie

Stavební fakulta ČVUT v Praze



# Měření součinitele tepelné vodivosti

- Stacionární metoda

$$\lambda = \frac{q \times d}{T_1 - T_2}$$

$$q = \frac{Q}{A}$$

- $q$  ..... hodnota hustoty tepelného toku [W/m<sup>2</sup>]  
 $d$  ..... průměrná hodnota tloušťky vzorku [m]  
 $T_1$  ..... povrchová teplota teplé plochy zkušební vzorku [K]  
 $T_2$  ..... povrchová teplota chladné plochy zkušební vzorku [K]  
 $Q$  ..... hodnota tepelného toku [W]  
 $A$  ..... vztažná plocha vzorku [m<sup>2</sup>]

# Měření $\lambda$ ve stacionárním stavu

## Chráněná teplá deska





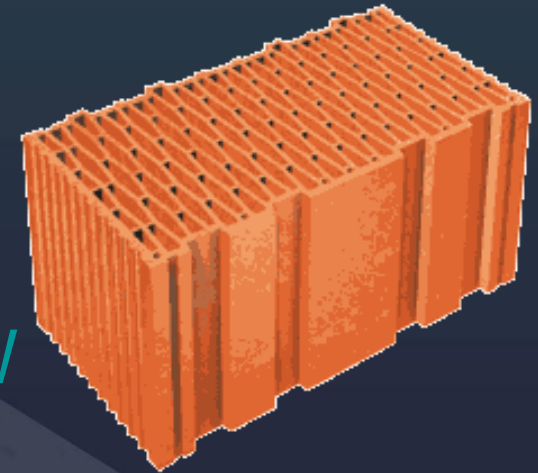


# Tepelný odpor

- týká se konstrukce, nikoliv materiálu

$$R = d / \lambda \quad [(\text{m}^2 \cdot \text{K}) / \text{W}]$$

- lze ho použít pro hodnocení kusových staviv



$$R = 0,65 \quad (\text{m}^2 \cdot \text{K}) / \text{W}$$

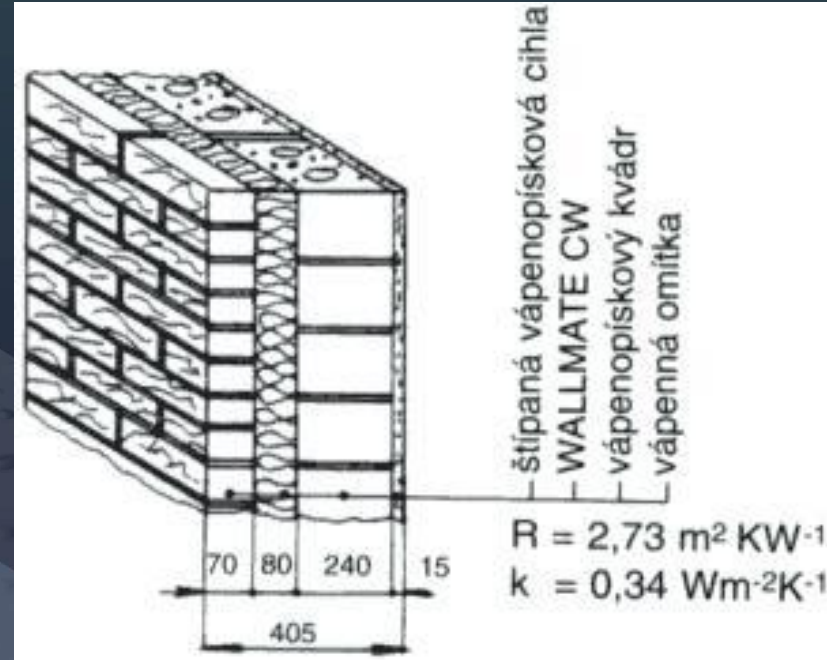




# Tepelný odpor

- tepelný odpor vícevrstvé konstrukce (souvrství) lze aproximovat jako součet dílčích tepelných odporů jednotlivých vrstev

$$R \approx \sum R_i$$



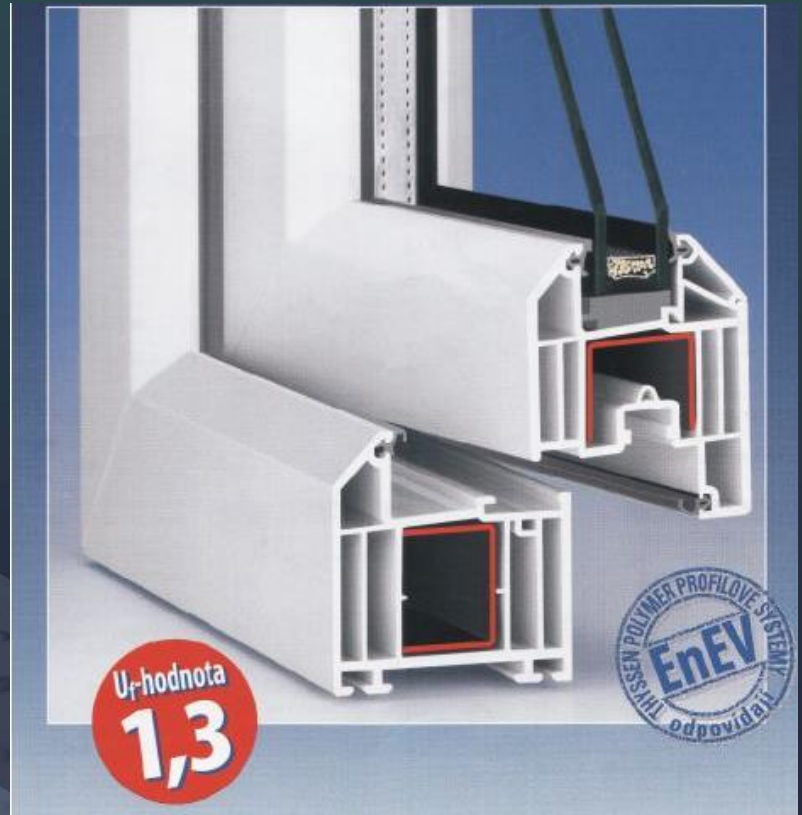


# Koeficient prostupu tepla

- prostup tepla konstrukcí

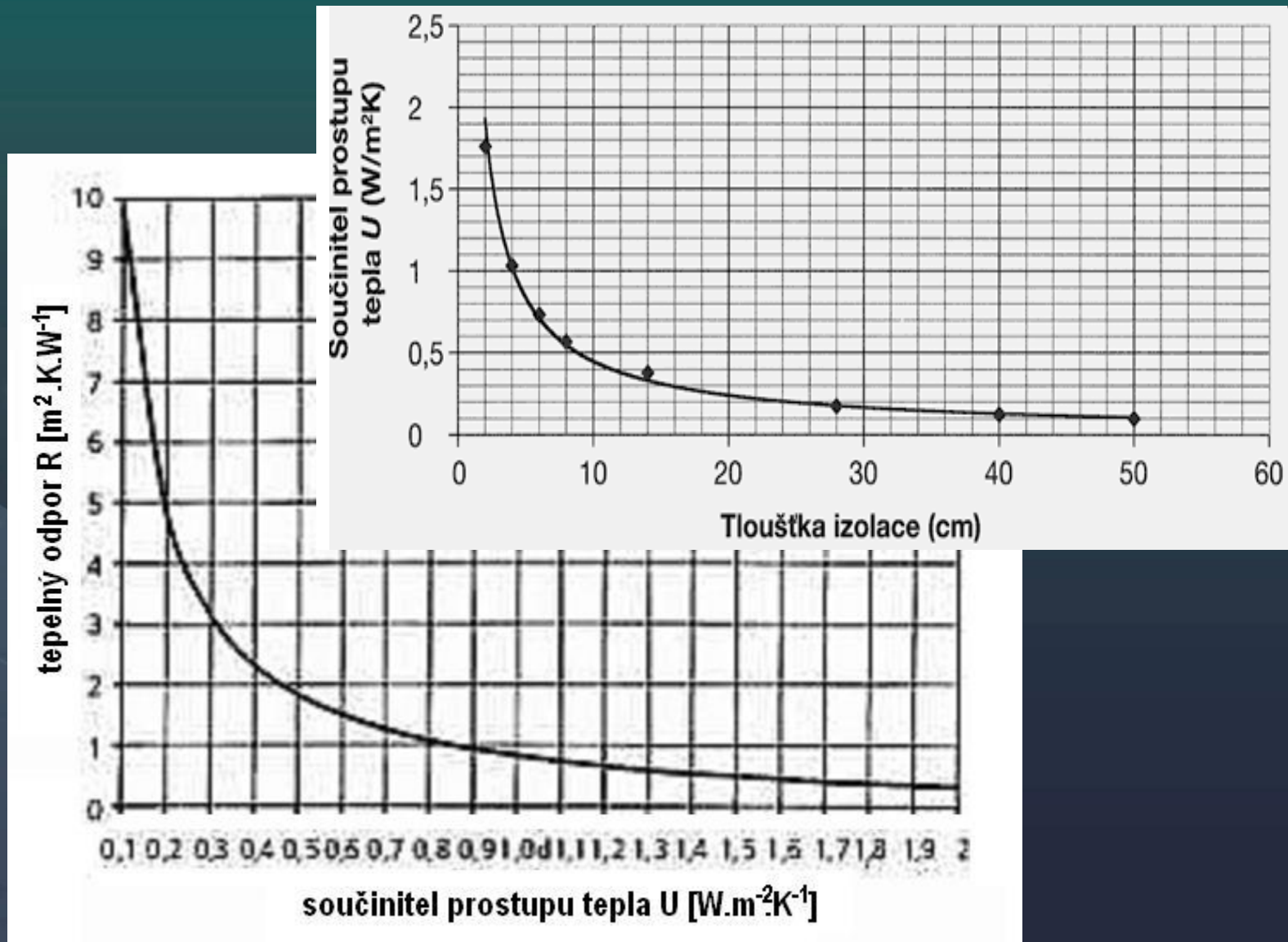
$$K (U) = 1 / R$$

[ W / m<sup>2</sup> · K ]





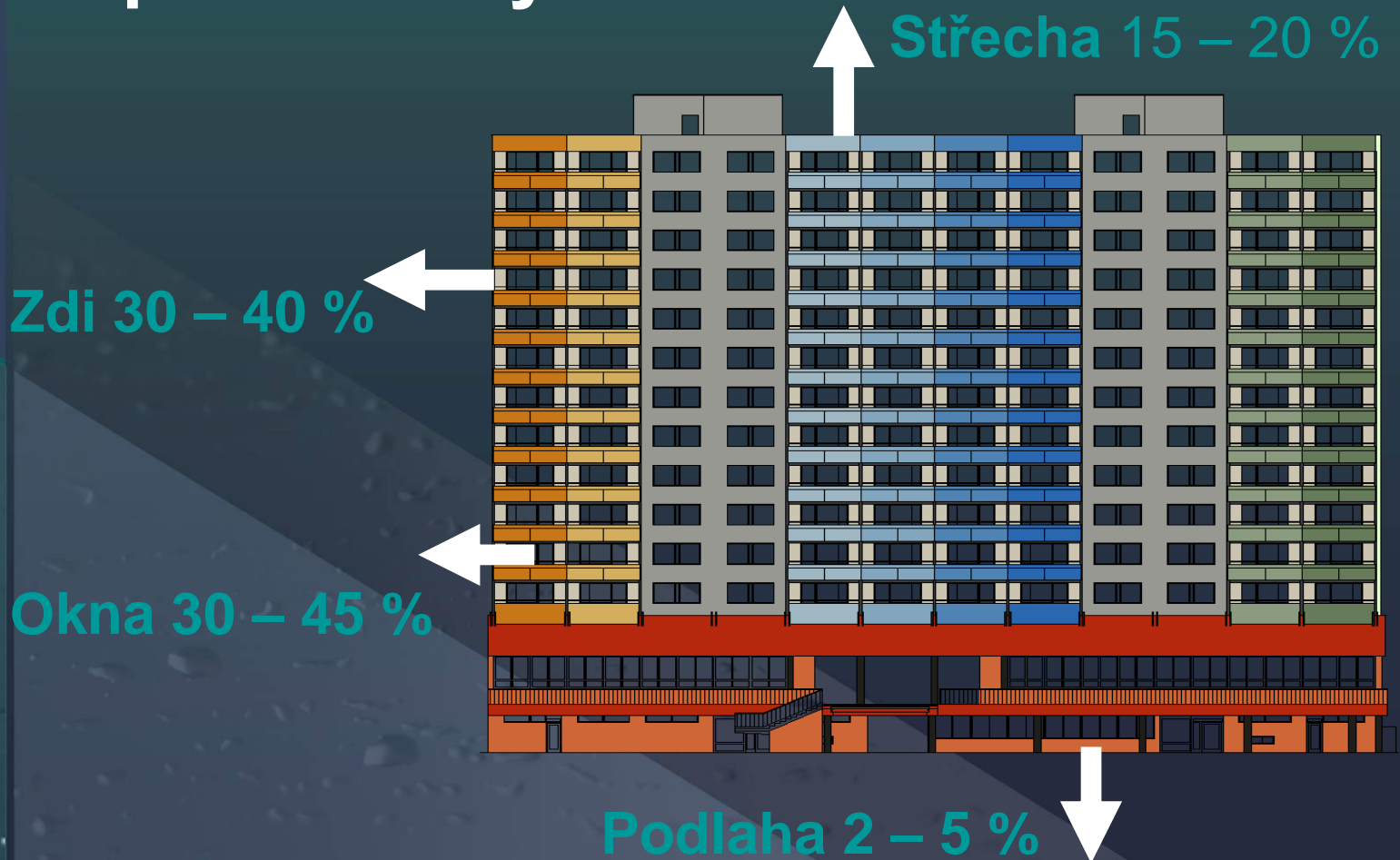
# Koeficient prostupu tepla





# Bytový dům

## Tepelné ztráty

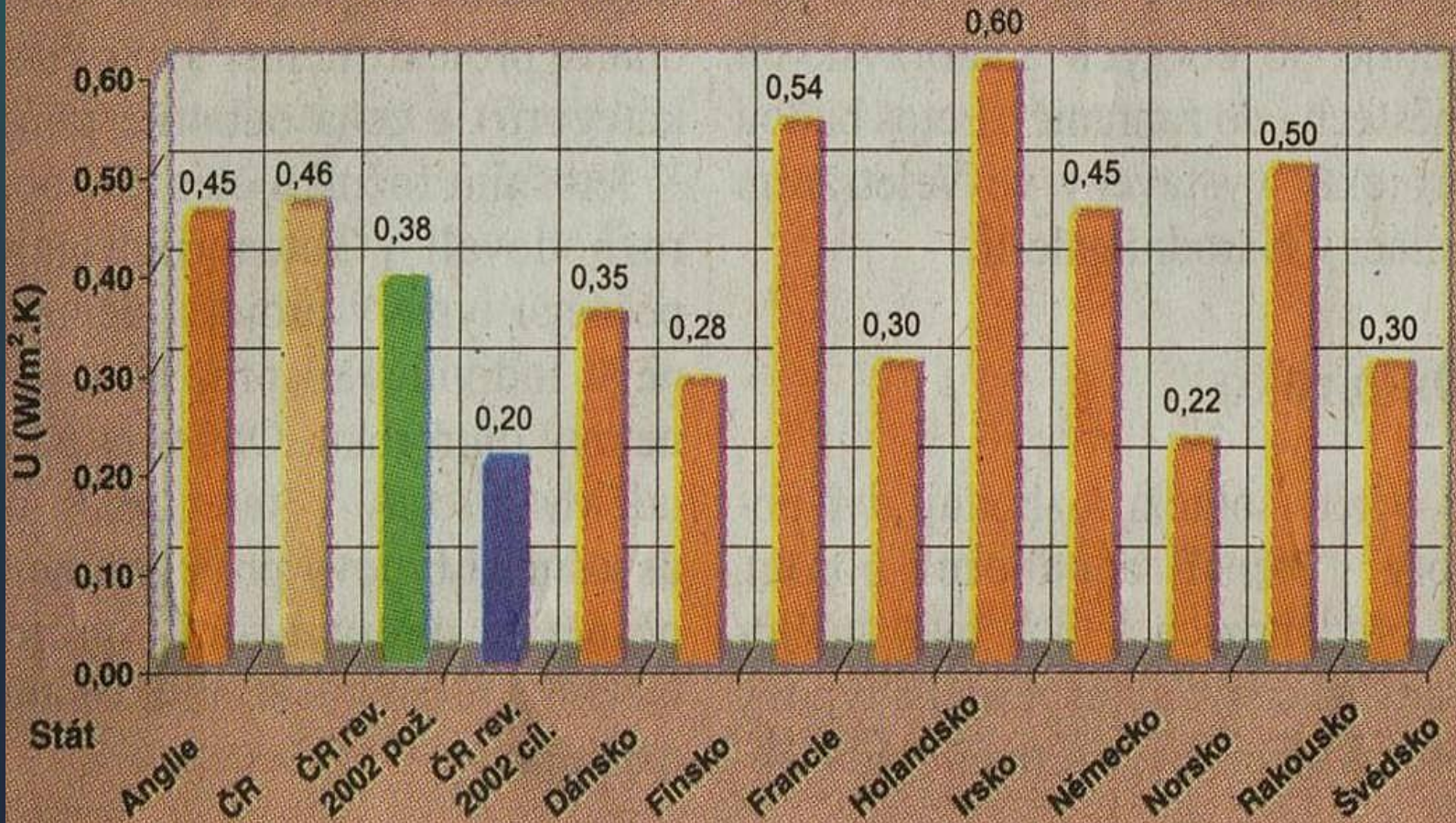






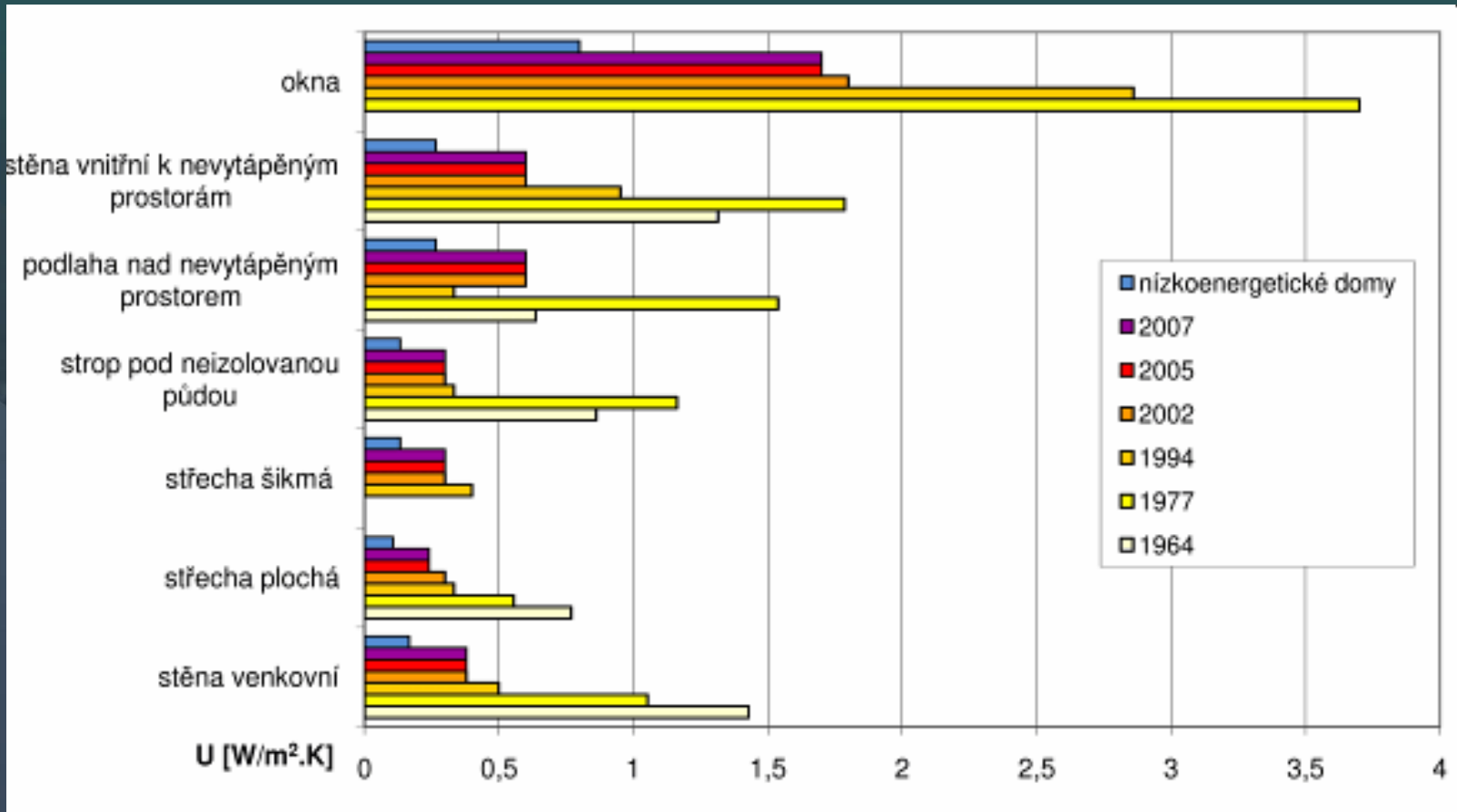
# Požadavky na součinitel U

Součinitel prostupu tepla stěnou v některých státech Evropy pro běžnou výstavbu





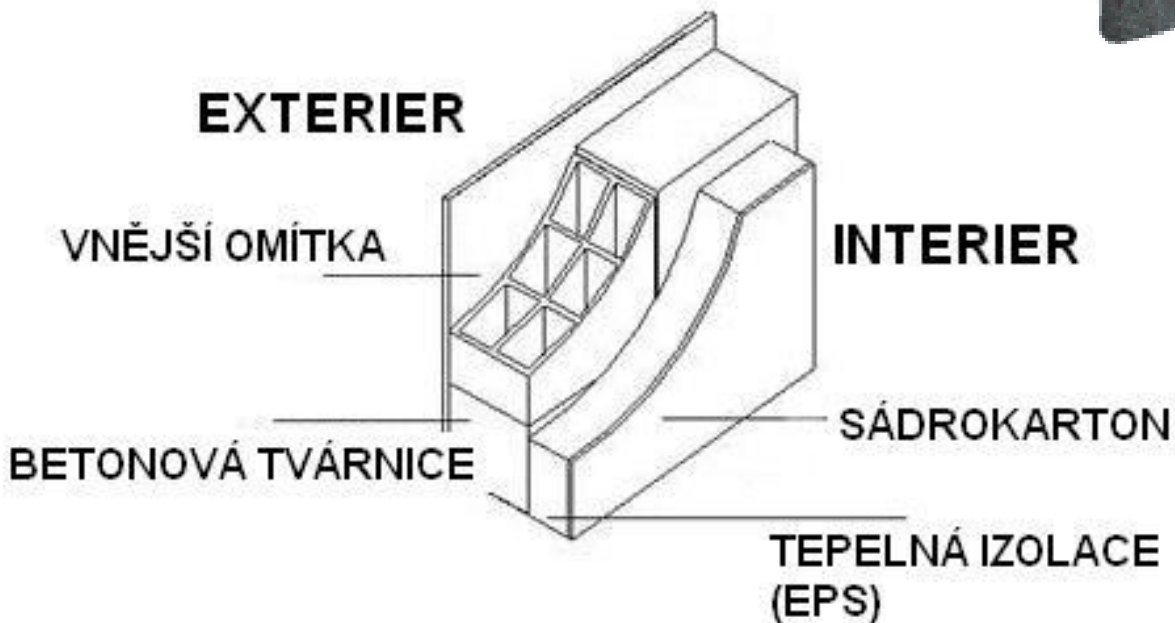
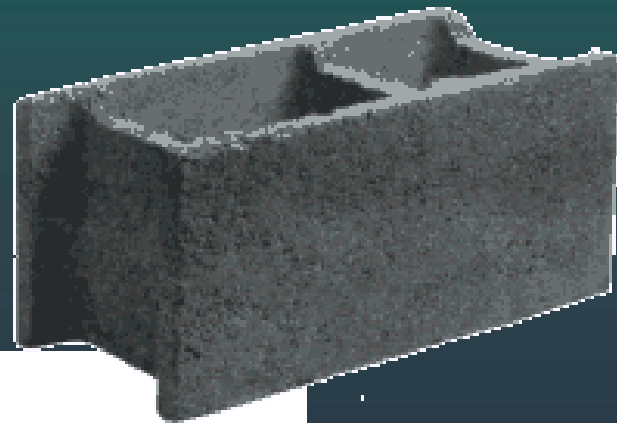
# Požadavky na součinitel U







# Tepelná akumulace stěny





# Energetický audit

- zhodnocení energetického hospodářství objektů a technologií

(zákon o hospodaření energií č. 406/2006 Sb., prováděcí vyhláška č. 213/2001 Sb.)

- povinný pro subjekty, které žádají o dotace a mají určitou celkovou spotřebu energie





# Energetický audit

- vyhodnocuje energetické hospodářství, provádí jeho analýzu a na jejím základě navrhuje zlepšení v oblasti hospodaření energie a paliv
- návod jak postupovat, aby se snížila spotřeba a zvýšila efektivnost využití paliv a energie

→ od 1. 7. 2007 **Průkaz energetické náročnosti budovy** (povinný od 2009)



# PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

Zařízení sociální péče - administrativní budova a budova pro bydlení		Hodnocení budovy			
Kubíkova 11 a Modřínová 1, Praha 8		stávající stav		po realizaci doporučení	
Celková podlahová plocha: 8626 m <sup>2</sup>					
kWh/m <sup>2</sup>	<b>VELMI ÚSPORNÁ</b>	kWh/m <sup>2</sup>	třída EN	kWh/m <sup>2</sup>	třída EN
0	A				
108	B				
109					
210	C				
211		218,3	<b>C</b>		
310					
311	D				
415					
416	E				
520					
521	F				
625					
625	G				
> 286	<b>MIMOŘÁDNĚ NEHOSPODÁRNÁ</b>				
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m <sup>2</sup> rok		218,28			
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ		6778,40			
<b>Podíl dodané energie připadající na:</b>					
Vytápění	Chlazení	Větrání	Teplá voda	Osvětlení	<b>Celkem</b>
72%	0%	0%	27%	0%	<b>100%</b>
Doba platnosti průkazu		10. prosinec 2017			
Průkaz vypracoval		Ing. Miroslav Urban			
		Osvědčení č.:		uvedeno	

Třída energetické náročnosti budovy	Slovní vyjádření energetické náročnosti budovy
A	Mimořádně úsporná
B	Úsporná
C	Vyhovující
D	Nevyhovující
E	Nehospodárná
F	Velmi nehospodárná
G	Mimořádně nehospodárná



# Měrné teplo $c$

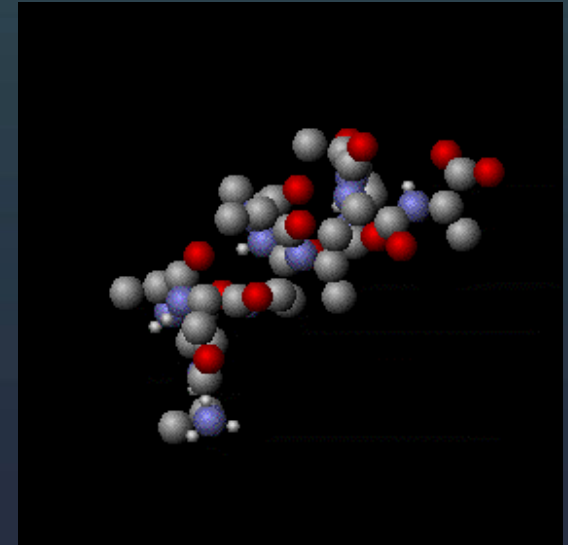
= měrná tepelná kapacita

- množství tepla, které je potřeba na ohřátí 1 kg materiálu o 1 K

- jednotky:  $[\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$

Závisí na:

- teplotě
- vlhkosti :  $c = c_0 + 0,42 w_m$





# Měrné teplo některých materiálů

Materiál	C [ kJ.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]
asfalt	0,92
beton	0,88
cihla	0,84
sklo	0,84
žula	0,79
sádra	1,09
voda	4,18
dřevo s vlákny	0,42



**Katedra materiálového inženýrství  
a chemie**

Stavební fakulta ČVUT v Praze



**Stavební hmoty**



# Tepelná jímavost

- schopnost materiálu přijímat nebo vydávat teplo

$$b = \lambda \cdot c \cdot \rho_v$$

- jednotky: [  $W^2 \cdot s \cdot m^{-4} \cdot K^{-2}$  ]

- čím je  $b$  nižší, tím se látka snadněji ohřeje i vychladne





# Tepelná jímavost podlahy (ČSN 73 0540)

- jaký je materiál na „omak“ (pocit)

$$b^{0,5} = \sqrt{b}$$

- jednotky:  
[  $W \cdot s^{0,5} \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$  ]





# Tepelná jímavost podlahy

- **podlahy velmi teplé** - pokles povrchové teploty  $t_{10}$  do  $2,5 \text{ } ^\circ\text{C} / 10\text{min}$ .
- **podlahy teplé** - pokles povrchové teploty  $t_{10}$   $2,5$  až  $3,4 \text{ } ^\circ\text{C} / 10 \text{ min}$ .
- **podlahy méně teplé** - pokles povrchové teploty  $t_{10}$   $3,4$  až  $5,0 \text{ } ^\circ\text{C} / 10 \text{ min}$ .
- **podlahy studené** - pokles povrchové teploty  $t_{10}$   $5,0 \text{ } ^\circ\text{C} / 10 \text{ min}$  a více

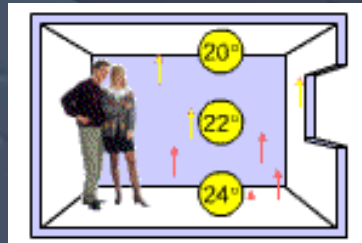
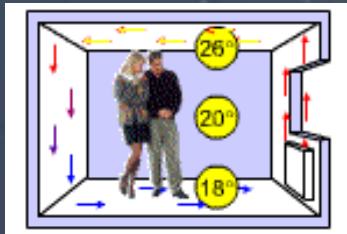
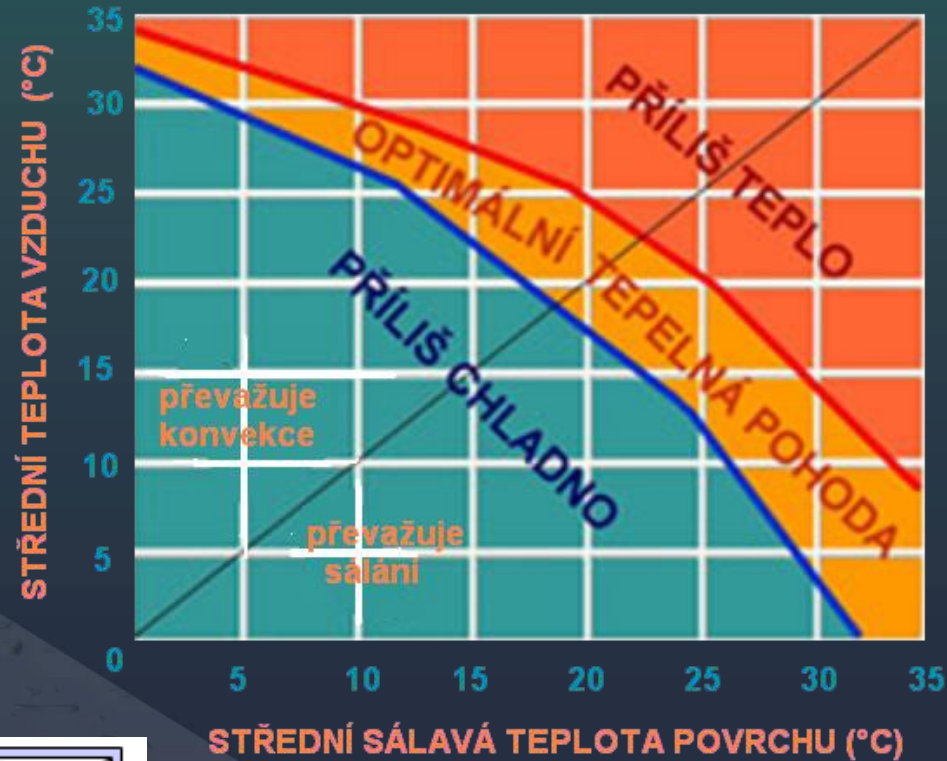






# Tepelná pohoda vnitřního prostředí

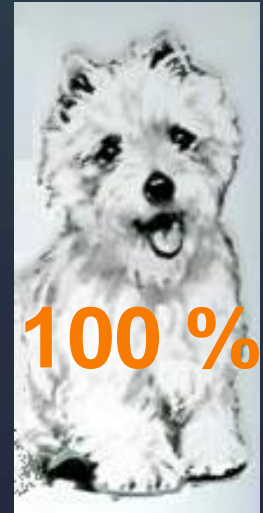
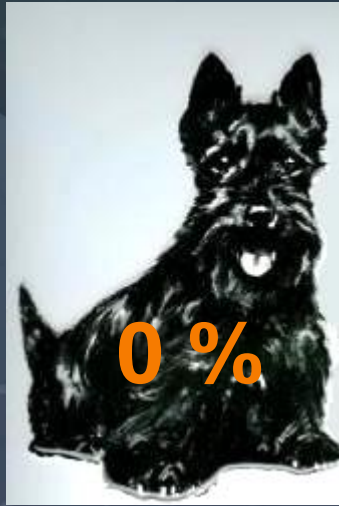
- teplota vzduchu
- povrchová teplota stěn
- vlhkost vzduchu
- rychlost proudění vnitřního vzduchu





# Odrazivost

- Světelná = jaké množství světla dopadajícího na povrch je odraženo zpět





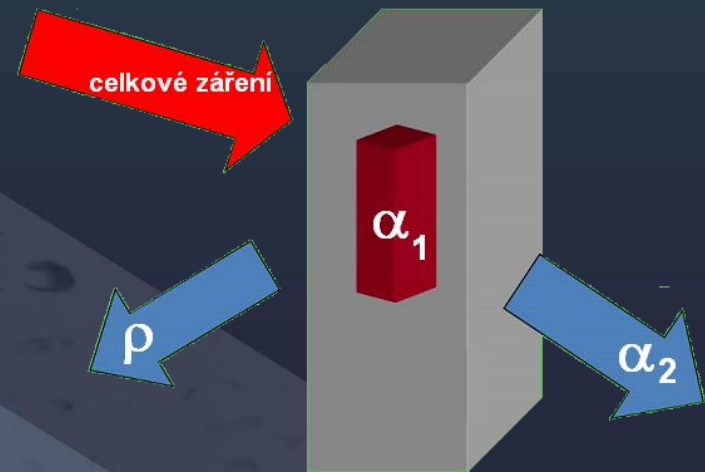
# Tepelná odrazivost a pohltivost

- Odrazivost  $\rho$
- Pohltivost  $\alpha$

$$\alpha + \rho = 1$$

$$k_p = \frac{\alpha}{\text{celkové záření}}$$

- absolutně černé těleso  $k_p=1$
- bílá  $k_p = 0,5$







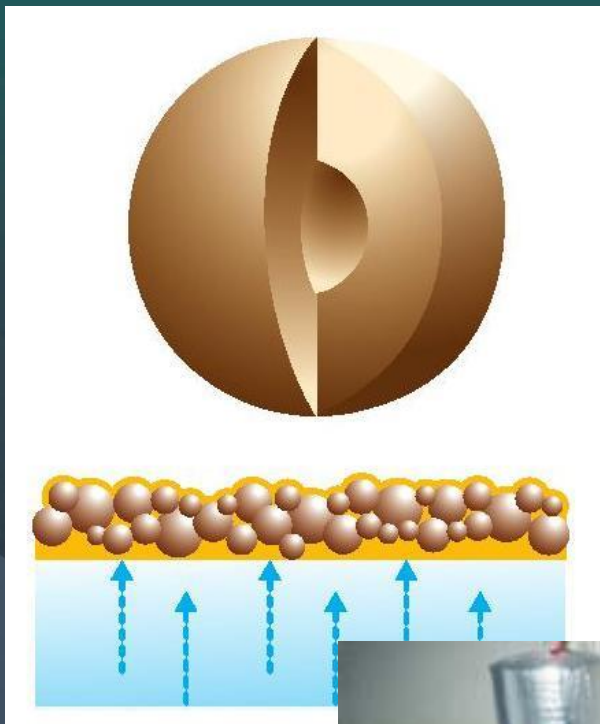
# Tepelná odrazivost



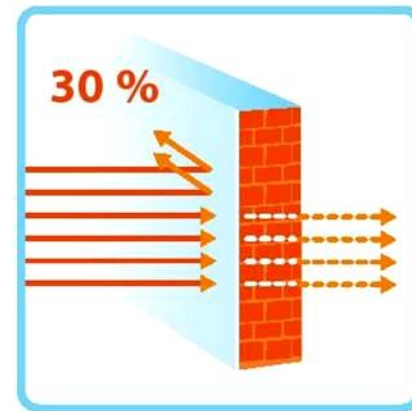




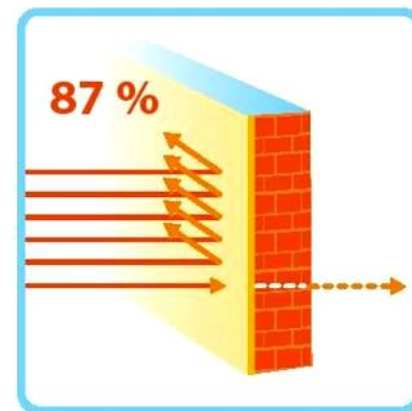
# Termoreflexní nátěry



Odraz tepla u klasických povrchů



Odraz tepla po aplikaci termoizolačního nátěru





# Reflexní ochrana tepelné izolace ve střeších a fasádách

- cca 30% tepla v izolaci se šíří sáláním – omezení vlivu sálání v izolaci



Součinitel tepelné vodivosti  $\Lambda$  minerální izolace bez ochrany a s reflexní ochranou

