



# Stavební hmoty

## Přednáška 8



# Beton - dokončení





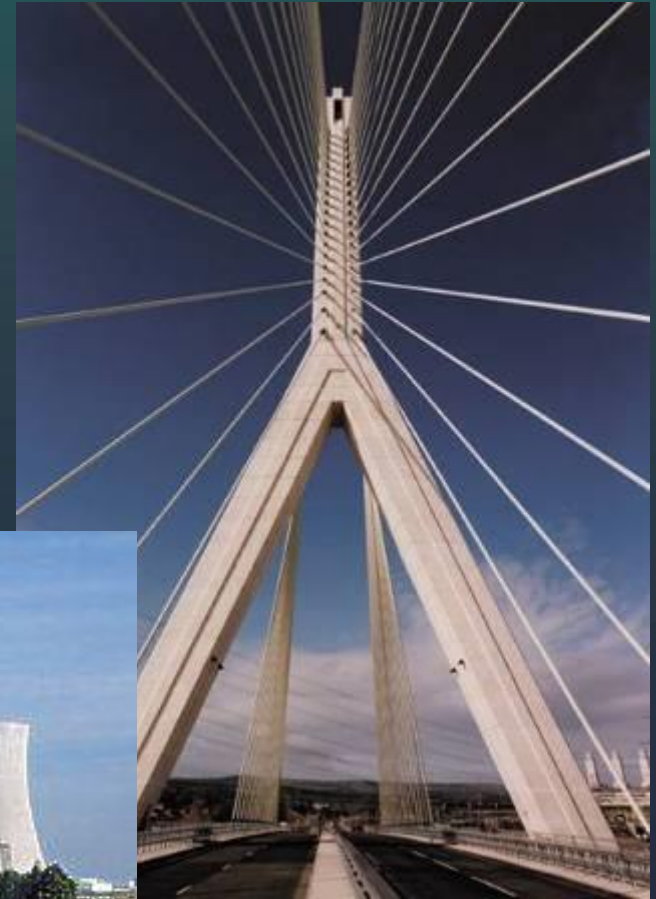
# Druhy betonu

- prostý beton
- železobeton
- předpjatý beton
- b. s rozptýlenou výztuží
- lehký b. ( $\rho_v < 2000 \text{ kg.m}^3$ )
- vysokohodnotné a speciální b.
  - samozhutnitelné
  - vysokopevnostní
  - vodotěsné
  - stříkané





# Železobeton a předpjatý beton



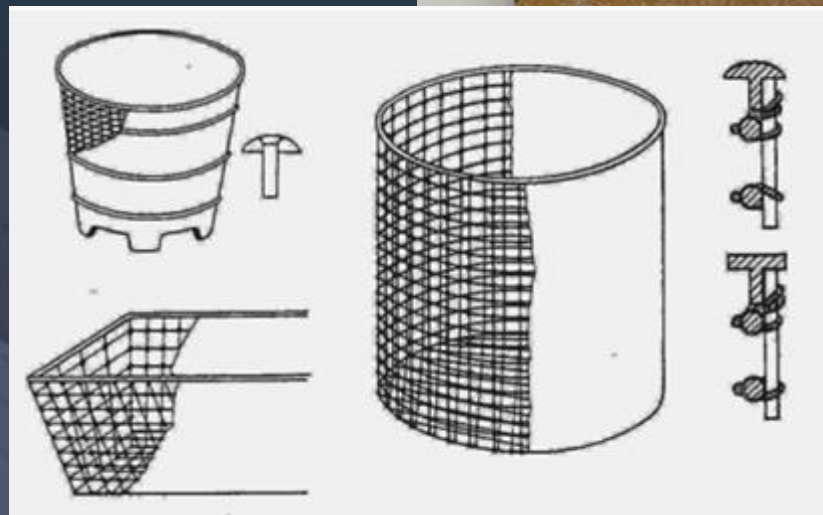




# Železobeton

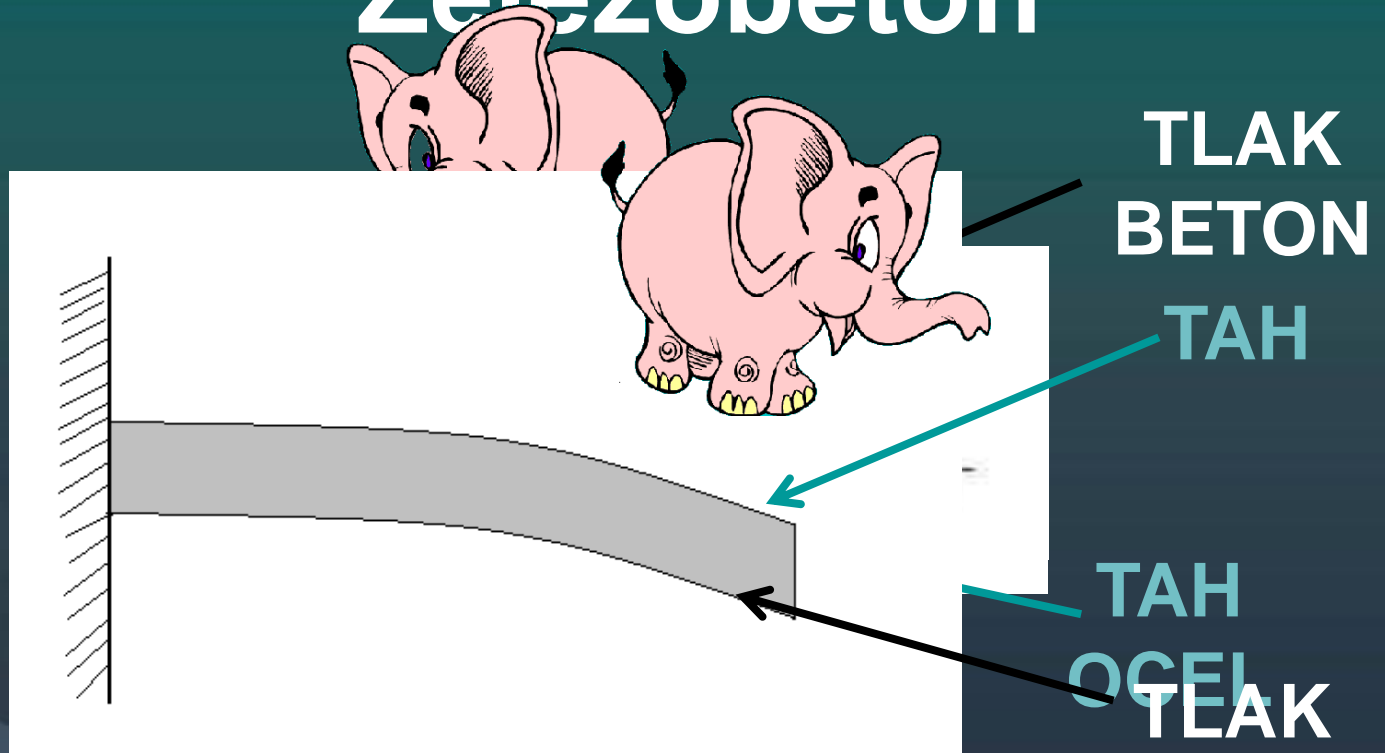


Joseph Monier  
1823-1906





# Železobeton



- dobrá soudržnost oceli s betonem
- stejná tepelná roztažnost ( $\alpha_t \cong 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ )
- vzájemná snášlivost

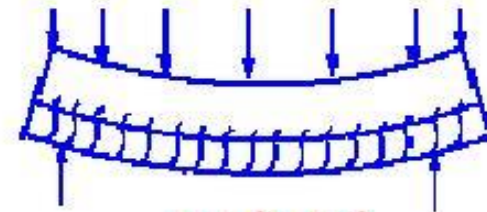


# Předpjatý beton

- do prvku je předem vneseno napětí v tlaku



NEZATÍŽENÝ

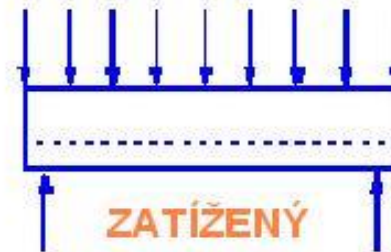


ZATÍŽENÝ

ŽELEZOBETON



NEZATÍŽENÝ



ZATÍŽENÝ

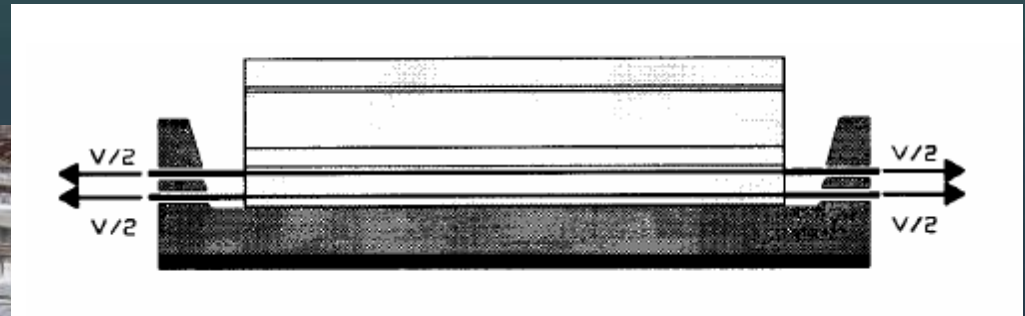
PŘEDPJATÝ BETON





# Předpjatý beton

- předem předpjatý

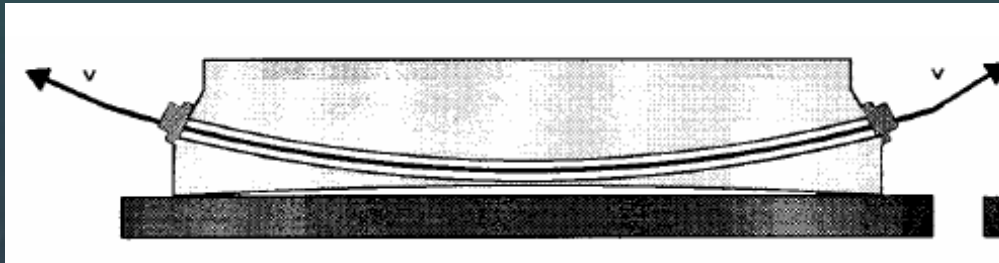






# Předpjatý beton

- dodatečně předpjatý





# Výztuž v železobetonu

- pruty
- sítě
- drátky
- pramence  
(předpínání)

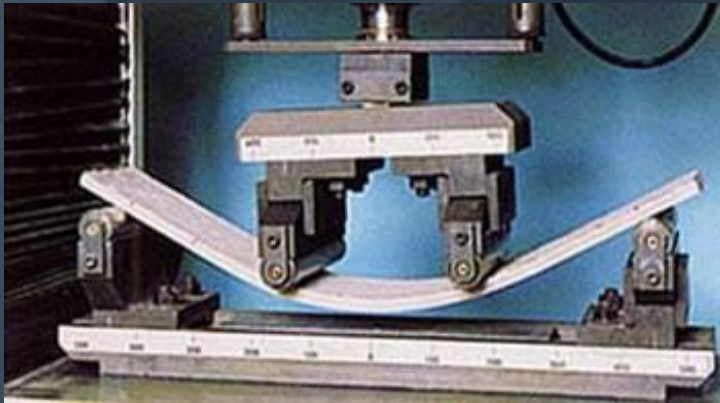






# Beton s rozptýlenou výztuží

- > pevnost v tahu (ne vždy) → omezení trhlin
- < deformace (> modul pružnosti)
- < křehkost (> houževnatost a pevnost v rázu)
- > únavová pevnost







# Beton s rozptýlenou výztuží

- výztuž:
  - ocelové drátky
  - skelná vlákna (alkalivzdorná)
  - PP vlákna (d.6-12mm, tl.18 $\mu$ m)

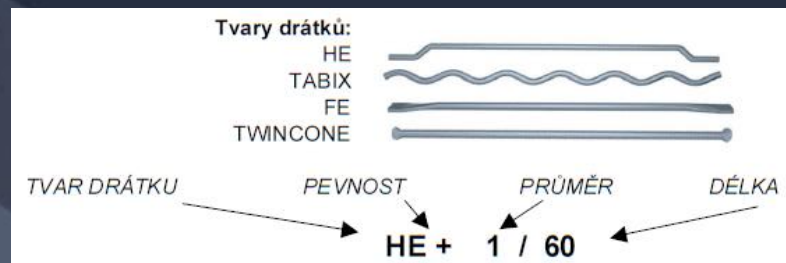
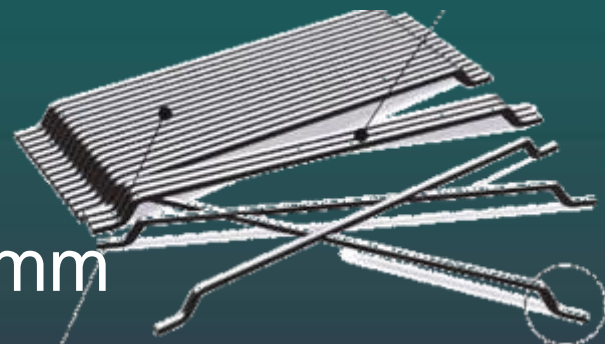




# Drátky do betonu

## Drátky:

- d. 12-60 mm, tl. 0,25 – 1 mm
- poměr délky k tloušťce 50 až 100.
- různé tvary (zalomená, na koncích zploštělá, ohnutá, profilovaná nebo ocelové třísky z obrábění oceli)
- dávkování 0,8-1,8 % (hladké), 0,3 – 0,9 % (tvarované) → cca 20 - 40 kg na 1 m<sup>3</sup>





# Koroze výztuže







# Koroze výztuže

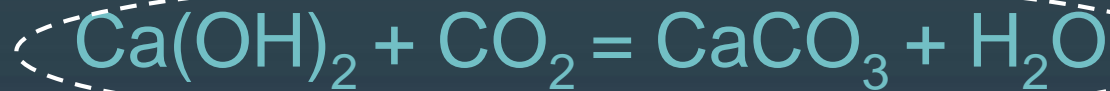
- čerstvý beton je silně alkalický ( $\text{pH} > 12$ ) (vzniká velké množství  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )
- v alkalickém prostředí je výztuž **pasivována** → nekoroduje





# Karbonatace betonu

- beton vlivem  $\text{CO}_2$  z ovzduší ztrácí alkalitu ( $\text{pH} < 9$ )

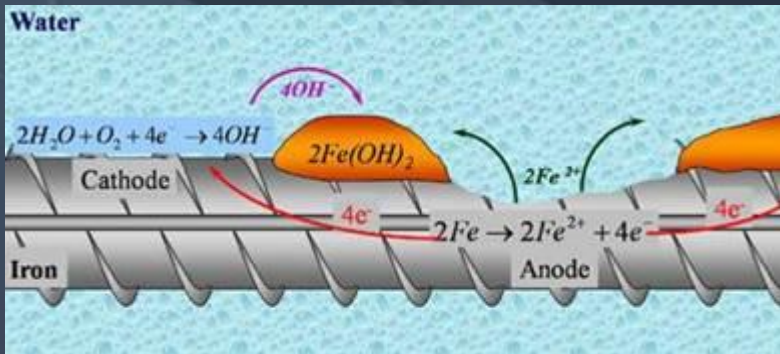


- dochází k vyčerpání **alkalické rezervy** (dobíhající hydratační procesy  $\rightarrow \text{Ca(OH)}_2$ )
- karbonatace neprobíhá v suchém prostředí (vlhkost  $< 30\%$ ) a pod vodou



# Koroze výztuže

- při  $\text{pH} < 9,5$  dochází ke korozi výztuže  
$$2\text{Fe} + 1,5\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{FeO}(\text{OH})$$
- vzniklý produkt má **2,5 x větší objem** než Fe

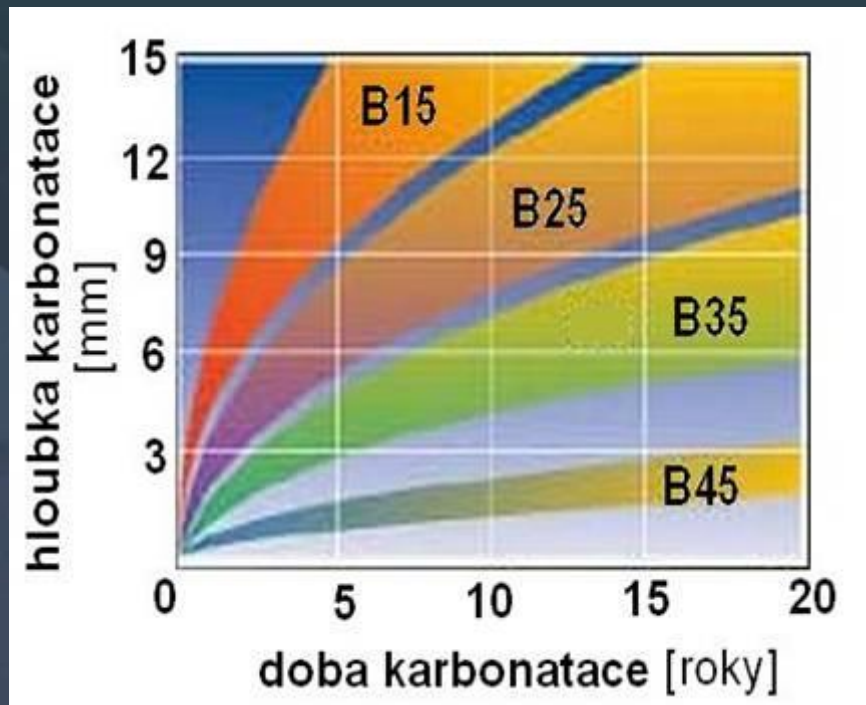






# Průběh karbonatace betonu

- hloubka karbonatace:  $h_k = k_k \cdot t^{0,5}$
- za 1 rok cca 4 - 8 mm
- za 60-70 let hloubka 30 - 60 mm





# Hloubka karbonatace betonu

- zkouška roztokem fenolftaleinu (při  $\text{pH} > 9,8$  červený)





# Koroze betonu

## Agresivní prostředí :

- „hladová voda „ - koroze I. druhu (vyplavování hydroxidu vápenatého)
- **kyselé prostředí** – koroze II. druhu (rozpuštění vápenatých solí, vzniklých z  $\text{CaCO}_3$ )
- **síranová koroze** - koroze III. druhu–



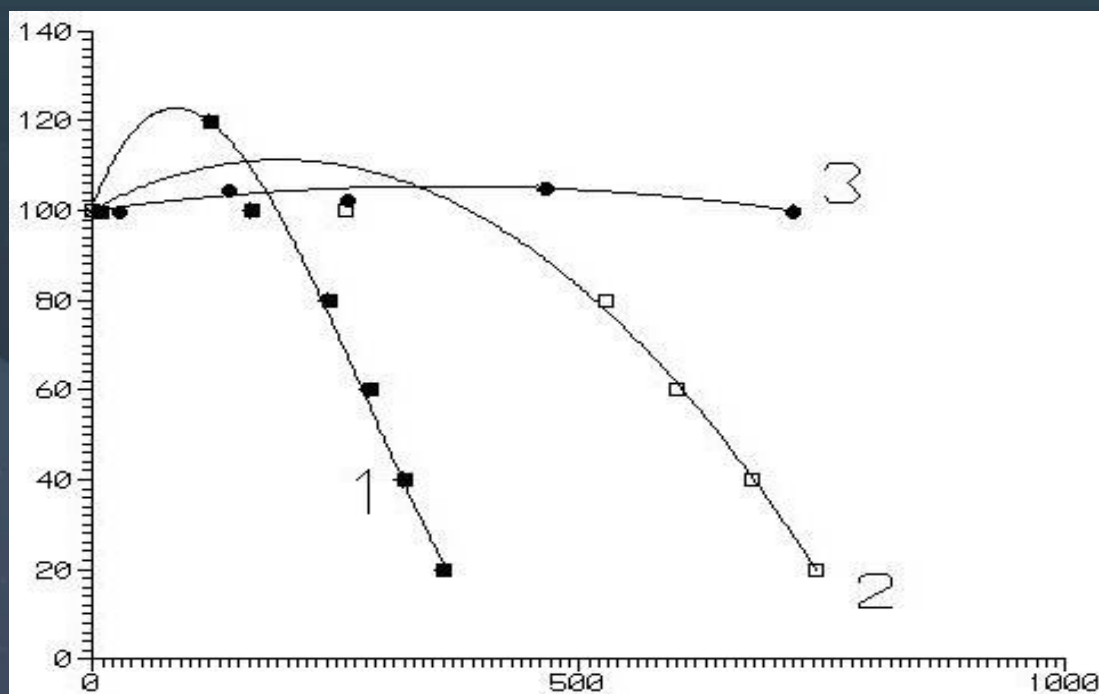




# Síranová koroze

- závisí na obsahu  $C_3A$  → vznik ettringitu  
 $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaSO_4 \cdot 31H_2O$

Relativní  
pevnost  
[%]



Doba expozice v síranovém roztoku [dny]



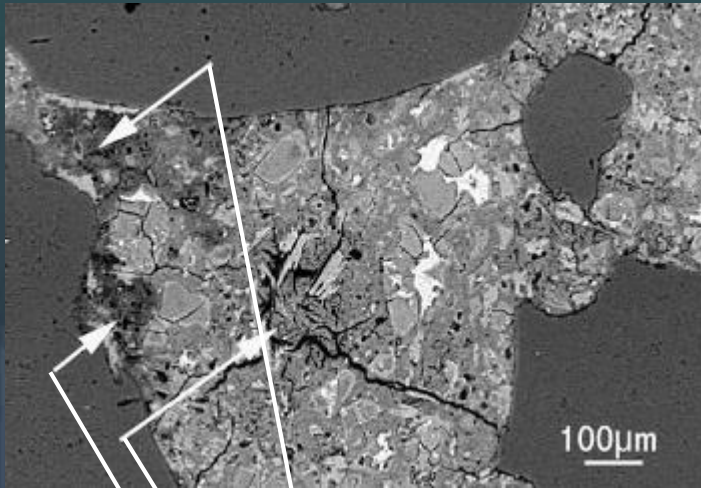
# Přípustný obsah $C_3A$ v cementu

- v závislosti na stupni agresivity prostředí

Stupeň agresivity vody	Obsah iontů $SO_4^{2-}$ [mg/dm <sup>3</sup> ]	Přípustný obsah $C_3A$ [ % ]
slabě agresivní <b>XA1</b>	200-600	není limitován
středně agresivní <b>XA2</b>	600-3000	max. 3,5
silně agresivní <b>XA3</b>	3000-6000	max. 3,5



# Síranová koroze



ettringit





Katedra materiálového inženýrství  
a chemie

Stavební fakulta ČVUT v Praze



Stavební hmoty

# Vysokohodnotné a speciální betony (HPC)





# Samozhutnitelný beton (SCC)

- vysoce tekutý beton, nese segreguje
- není třeba vibrovat – menší hluk a pracnost
- vhodný pro složité konstrukce s hustou výztuží
- hladký povrch







# Samozhutnitelný beton

- složení:
  - **cement** (portlandský)
  - **kamenivo** (drobné a hrubé)
  - **jemnozrnné příměsi** (mleté vápence, popílký, strusky a silika)
  - **superplastifikátor** (na bázi polykarboxylátů - PCL)





# Samozhutnitelný beton - zkoušení

- rozlití kužele
- L-box, U-box
- J-ring
- Orimet, V-funnel





# Vysokopevnostní beton (HSC)

- pevnost v tlaku **60- 90 MPa** (HSC), **100-180 MPa** (UltraHSC)
- vysoký obsah velmi jemných částic
- superplastifikační přísada
- nízký vodní součinitel ( $< 0,35$ )
- velmi rychlý nárůst pevnosti v tlaku (po 24 hod až 50 MPa)



Burj Khalifa, 824 m





# Vodotěsný beton (vodostavební)

- pro konstrukce, které jsou dlouhodobě jednostranně vystaveny vodnímu tlaku
- odolnost vůči agresivnímu prostředí, mrazuvzdornost a odolnost vůči proudění vody





# Stříkaný beton

- beton, který je ukládán na podklad pomocí proudu stlačeného vzduchu, čímž vytváří hutnou homogenní vrstvu

**Suchá technologie** - voda je k suché směsi přidávána v ústí trysky

**Mokrá technologie** - v ústí trysky přidáván pouze urychlovač





# Stříkaný beton



## Výhody

- dokonalé přilnutí stříkaného materiálu k podkladu
- vyplnění všech trhlin a nerovností
- vysoká pevnost hotového betonu již po 28 dnech
- úspora bednění
- vysoká vodotěsnost
- jednoduchá volba tloušťky vrstvy podle situace
- rychle proveditelné zpevnění ohrožených konstrukcí





# Lehké betony

- objemová hmotnost  $< 2000 \text{ kg.m}^3$ 
  - mezerovité
  - nepřímo lehčené (kamenivo)
  - přímo lehčené (póry, pěna)





# Třídy lehkých betonů

- třídy pevnosti: LC 8/9, LC 12/13, LC 16/18, LC 20/22.....LC 50/55...LC 80/88

vysokopevnostní lehké betony

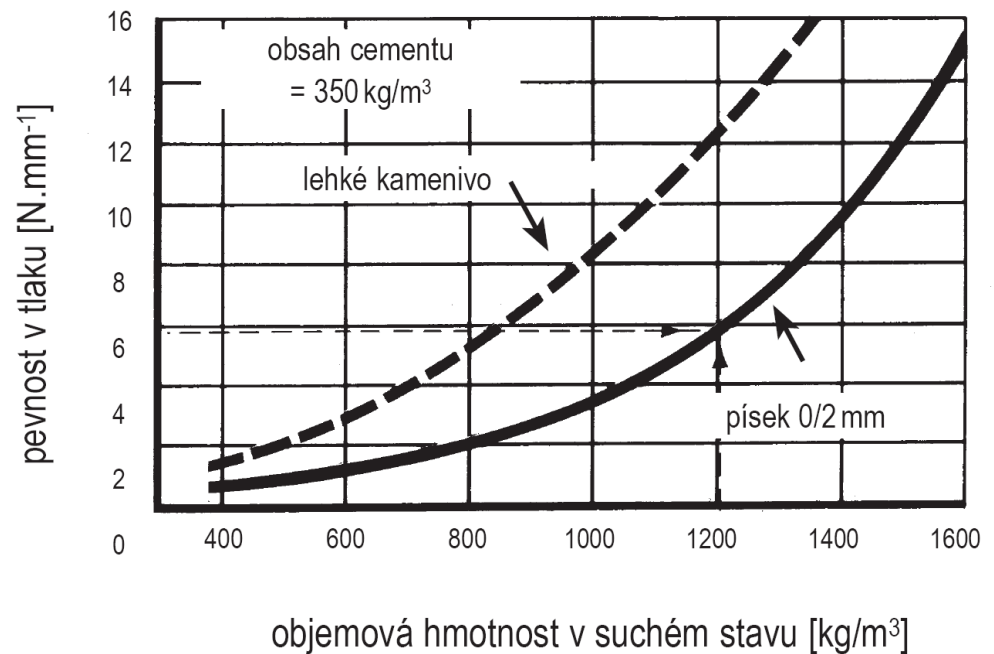
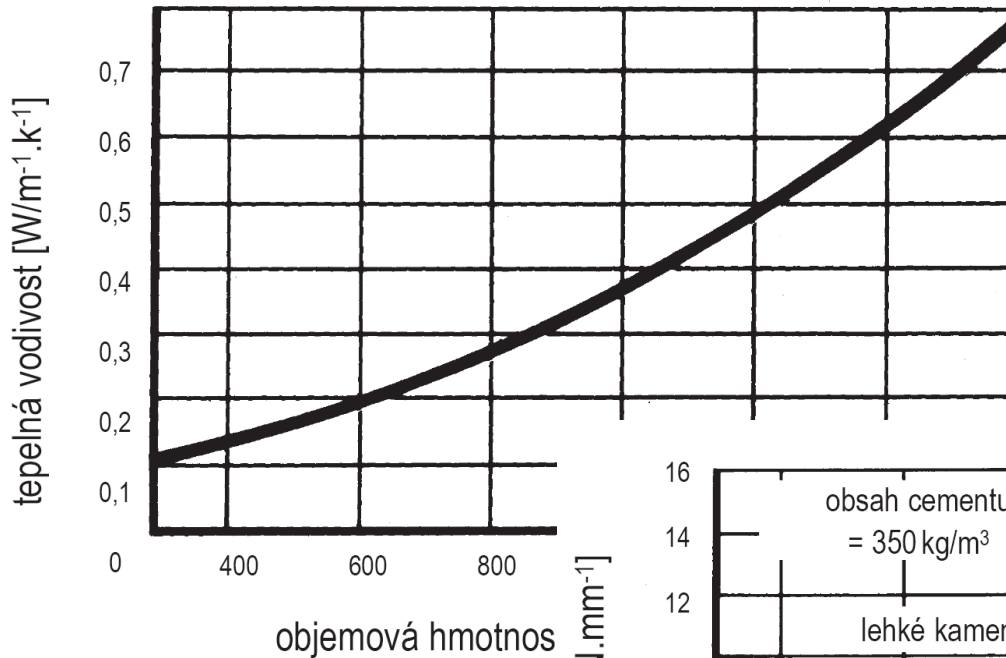
- třídy objemové hmotnosti:

třída obj. hmotnosti	D 1,0	D 1,2	D 1,4	D 1,6	D 1,8	D 2,0
[kg.m <sup>-3</sup> ]	≥ 800	≥ 1000	≥ 1200	≥ 1400	≥ 1600	≥ 1800
	≤ 1000	≤ 1200	≤ 1400	≤ 1600	≤ 1800	≤ 2000

\* obj. hm. lehkého betonu může být předepsána i jako konkrétní hodnota.



# Vlastnosti lehkých betonů







# Lehké betony

Podle použití:

- **konstrukční** (monolitické i prefabrikované)
  - $\lambda > 0,5 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ ,  $R > 15 \text{ MPa}$
- **konstrukčně - tepelněizolační** (tvárnice a dílce)
  - $\lambda = 0,25 - 0,5 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ ,  
 $R = 3 - 15 \text{ MPa}$
- **tepelněizolační** ( $\rho_v < 400 \text{ kg.m}^3$ )
  - $\lambda < 0,25 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ ,  $R < 3 \text{ MPa}$





# Mezerovité betony

## Výroba:

- vynechání drobných frakcí – monofrakční beton
- snížení obsahu cementového tmelu



## Vlastnosti:

- pevnost v tlaku 1-10 MPa
- objemová hmotnost 900 - 1400 kg.m<sup>3</sup>





# Mezerovité betony - použití

- povrchy vozovek
- protihlukové stěny
  - rychlé vysychání
  - tlumí hluk







# Betony s lehkým kamenivem

## Pórovité kamenivo:

- přírodní (pemza, tufy)
- umělé z přír. materiálů (jíly, břidlice, perlit)
- umělé z průmyslových odpadů (škvára, struska, popílek)





# Betony s lehkým kamenivem

- pevnost v tlaku do 45 MPa
- $\rho_v = 1000 - 2000 \text{ kg.m}^3$
- **vysokopevnostní** lehké betony (LWAC) – pevnost až 90 MPa
- vyšší nasákavost  
kameniva - vyšší  
vodní součinitel  
nebo  
předvlhčování

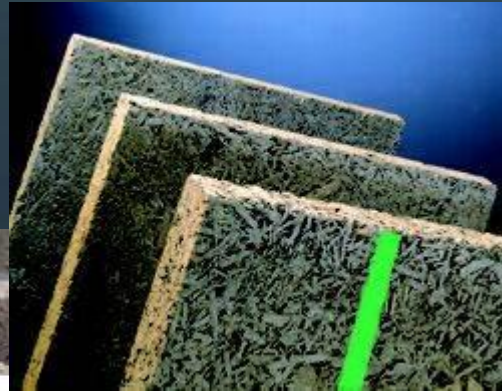






# Betony s organickým plnivem

- dřevěné štěpky, hobliny, třísky
- rostlinná vlákna (pazdeří, juta, konopí)
- polystyren

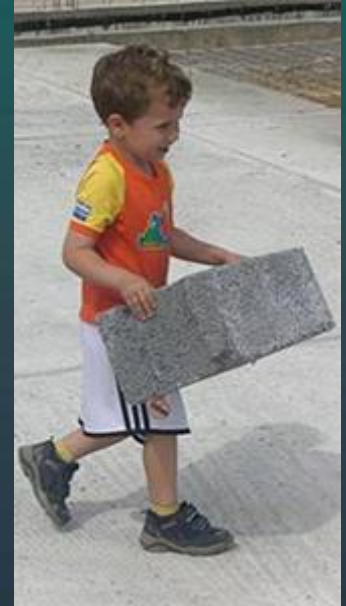






# Polystyrenbeton

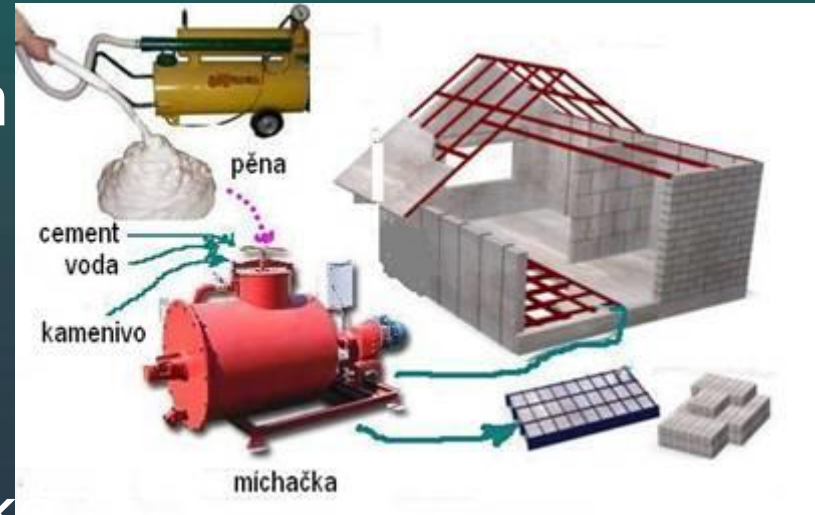
- potěry, vyrovnávací vrstvy
  - $\lambda \cong 0,07 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
  - $\rho_v = 200 - 500 \text{ kg.m}^{-3}$
- tvárnice





# Přímo lehčené betony

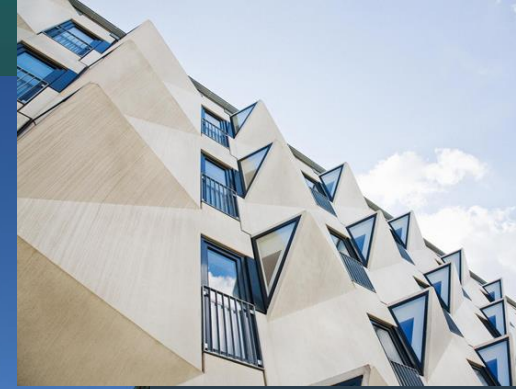
- **pěnobeton** – předem připravená pěna
- **pórobeton** – chemická reakce přímo ve směsi (autoklávovaný pórobeton)







# Prefabrikovaný beton







# Betonové prefabrikáty

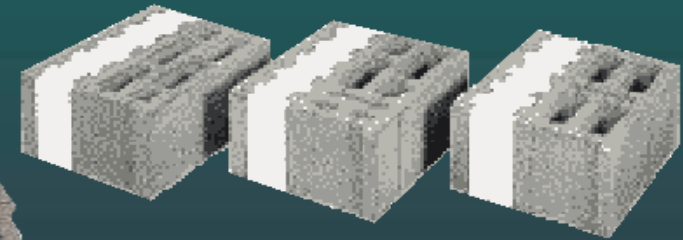
- panely stropní, stěnové
- sloupy
- skruže, roury
- schodiště



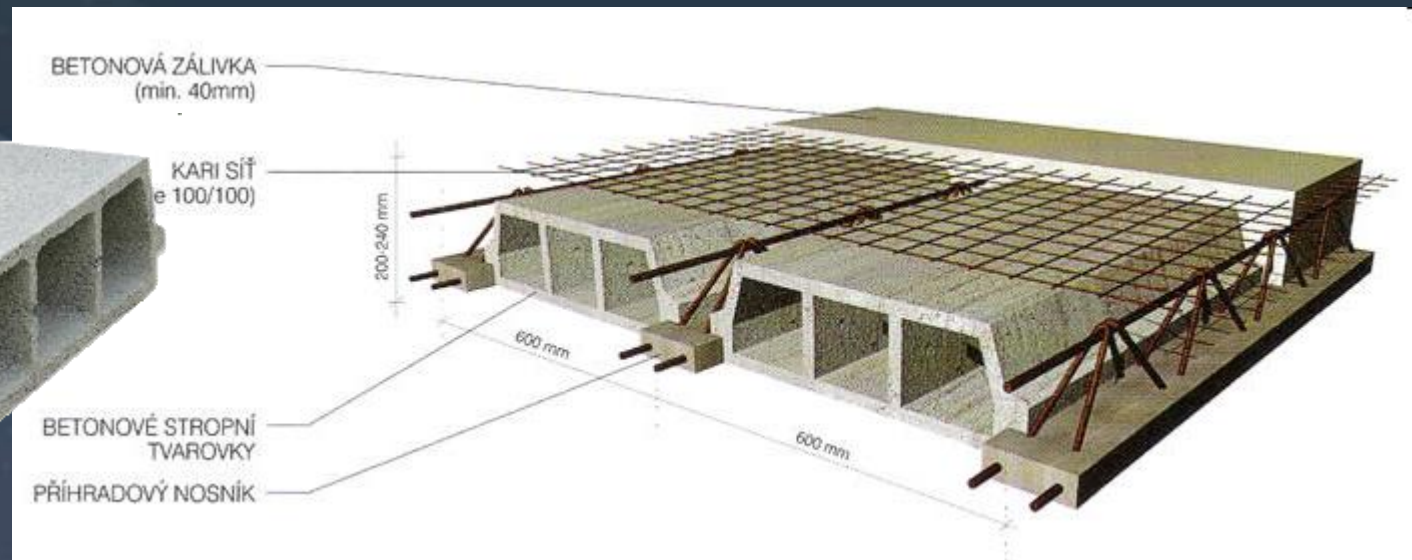


# Betonová kusová staviva

- stěnové tvárnice



- stropní prvky

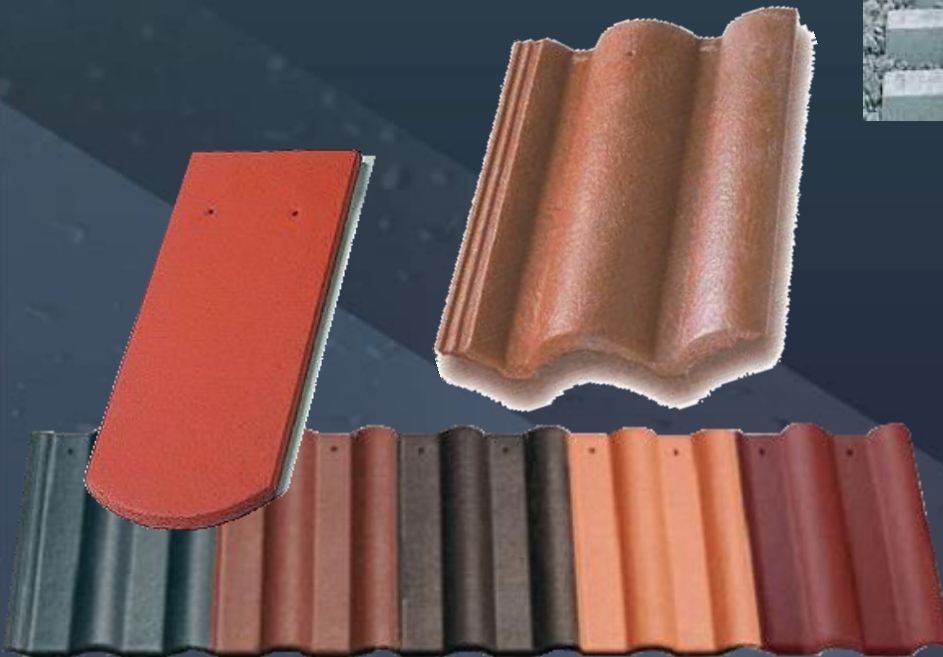






# Betonová kusová staviva

- **střešní krytina** (cca 50 kg/m<sup>2</sup>, jednoduchá pokládka, dlouhá životnost, nestálost vzhledu)
- **dlažba**







# Průsvitný beton

- obch. název: **Litracon**
- 4 % optických vláken
- objemová hmotnost  $2100 - 2400 \text{ kg.m}^3$
- pevnost v tlaku 50 MPa
- cena: tl.100 mm – **1900 € / m<sup>2</sup>**





# Grafický beton

- použití speciálního filmu - nanesení zpomalovače tuhnutí (tisk, štětec)
- po sloupnutí folie vymytí neztuhlých částí povrchu rozdílná struktura povrchu



**Katedra materiálového inženýrství  
a chemie**

Stavební fakulta ČVUT v Praze



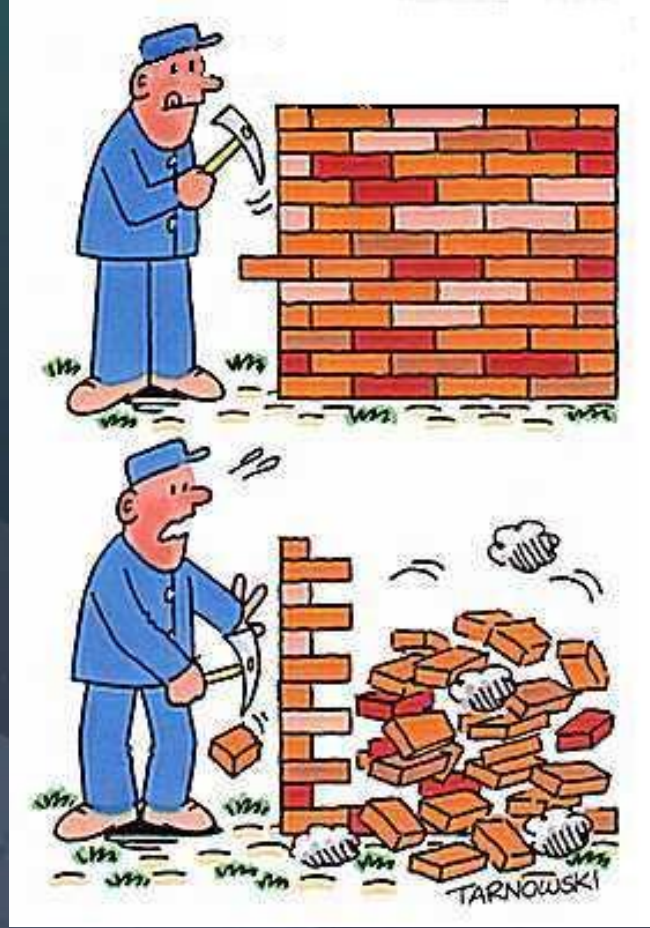
**Stavební hmoty**







# Malty





# Malty

- **pojivo + drobné kamenivo + (přísady a příměsi) + voda**

Podle účelu:

- pro zdění
- pro omítky
- kladení dlažeb, spárování, zálivky, sanační



Podle způsobu výroby:

- staveništní
- suchá maltová směs
- mokrá maltová směs





# Složky malt

## Pojivo:

- hlína
- cement
- cement + vápno
- vápno
- sádra
- sádra + vápno

## Přísady:

- plastifikační (hlína, vápenná kaše)
- pigmenty

## Plnivo

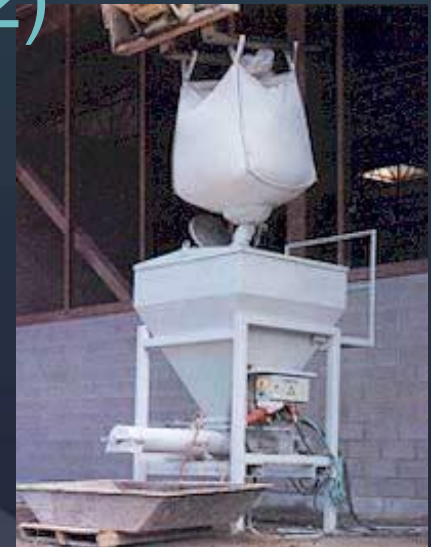
- přírodní kamenivo
- struska
- škvára
- popílek
- perlit
- polystyren





# Malty pro zdění

- staveništní
  - písek : cement : vápenný hydrát =  
= 6 : 1 : 1
  - písek : cement = 4 : 1
- průmyslové (ČSN EN 998-2)





# Malty pro zdění - definice

Podle výroby:

- **návrhová malta** (podle volby výrobce) - malta, pro níž výrobce volí složení a výrobní postup tak, aby byly zajištěny předepsané vlastnosti (záměr užitné hodnoty).
- **předpisová malta** (podle receptury) - malta, která je vyráběna ve stanoveném poměru složek a jejíž vlastnosti se posuzují podle použitého poměru složek (záměr receptury).



# Malty pro zdění - definice

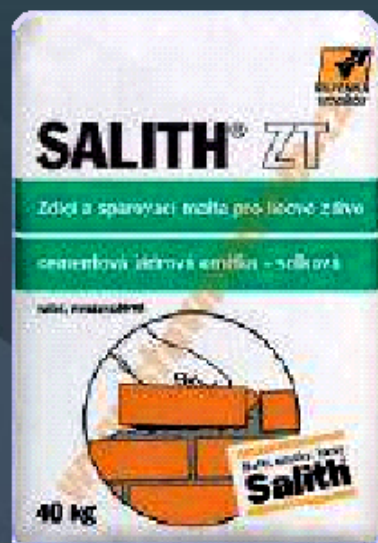
Podle vlastností nebo použití:

- **obyčejná malta pro zdění (G)** - malta, pro níž nejsou předepsány speciální vlastnosti.
- **malta pro zdění pro tenké spáry (T)** - návrhová malta pro zdění s největší zrnitostí kameniva rovnou nebo menší než 2 mm.
- **lehká malta pro zdění (L)** - návrhová malta, jejíž objemová hmotnost v suchém stavu je menší než  $1300 \text{ kg.m}^{-3}$





# Příklad označení zdící malty



Výrobce: Vápenka Vitošov, s.r.o.  
Hrabová - Vitošov 54, 789 71 Leština

**05**

EN 998-2

**SALITH ZT**

Návrhová obyčejná malta pro zdění  
(G)

Pevnost v tlaku po 28 dnech (třída M 15)	min. 15 MPa
Soudržnost (poč. smyková pevnost)	min. 0,3 MPa
Kapilární absorpce vody	max. 0,2 Kg/m <sup>2</sup> min.
Objemová hmotnost zatvrdlé malty	1700 - 1850 Kg/m <sup>3</sup>
Faktor dif. odporu vodní páry $\mu$	max. 20
Tepelná vodivost	0,83 W/mK Tabulková hodnota
Reakce na oheň	třída A1f
Trvanlivost	min. 25

# Maltování vodorovných spár







# Malty pro vnější a vnitřní omítky

- **staveništní** – výjimečně (restaurátorské práce)
- **průmyslové**
  - vápenné, cementové, vápenocementové - ČSN EN 998-1
  - sádrové – ČSN EN 13279







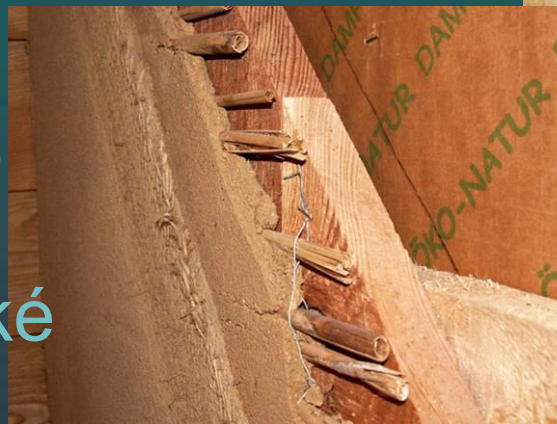
# Omítkové malty

- **obyčejné malty** pro vnitřní nebo vnější omítky **(GP)**
- **lehké malty** pro vnitřní nebo vnější omítky **(LW)**
- **zabarvené malty** pro vnější omítky **(CR)**
- **malty pro jednovrstvé vnější omítky (OC)**
- **tepelně izolační malty** pro vnitřní i vnější omítky **(T)**
- **sanační malty** pro vnitřní i vnější omítky **(R)**



# Hliněné malty

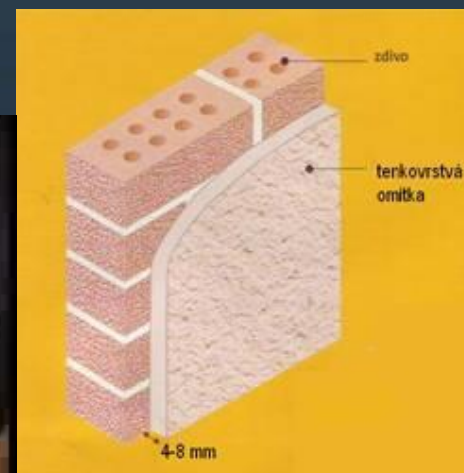
- jíl + písek + (vlákna)
- vnější – restaurátorské práce (můrl)
- vnitřní – i v moderním interiéru (regulace vlhkosti)





# Tenkovrstvé omítky

- klasická omítka
  - 15-40 mm  
(podhoz + jádro + štuk)
- tenkovrstvá omítka
  - 4-8 mm
    - sádrové
    - vápenocementové
    - akrylátové
    - silikonové
    - silikátové

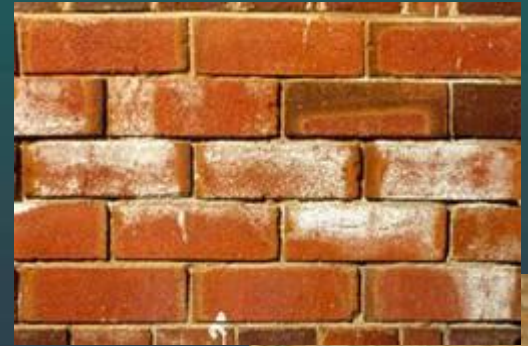






# Sanační omítky

- vlhké a zasolené zdivo
- vyšší pórovitost (napěňující přísady, pórovité kamenivo)
- vyšší propustnost vodní páry
- vyšší kapilární nasákavost





# Tepelněizolační malty

- **pro zdění** ( $\lambda = 0,2 - 0,6 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ )
  - pro tepelněizolační zdivo
- **omítkové** ( $\lambda = 0,09 - 0,12 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ )
  - nižší efekt než zateplení (cca 1/4)
- **lehčená plniva** (perlit, keramzit, mikrodutinky, polystyren) nebo **nadouvání**

