

m 60
A 70

Výtvarné umění jako součást architektury 60. a 70. let 20. století

WORKSHOP konaný v rámci projektu NAKI II

Analýza a prezentace hodnot moderní
architektury 60. a 70. let 20. století jako
součásti národní a kulturní identity ČR

m 60
A 70

Geopolymer – materiál pro opravy a doplňky kamenných monumentů

Pavel Rovnaník

Co je to geopolymery?

- amorfni až semikrystalický materiál vznikající polykondenzační reakcí vhodného aluminosilikátového prekurzoru s alkalickým aktivátorem
- GEOPOLYMER – (J. Davidovits 1973) minerální polymer založený na geochemické syntéze
- alternativní názvy – geocement, groutocement, anorganický polymerní cement, hydrokeramika



**aluminosilikátový
prekurzor**

(pucolán – metakaolin, popílek,
vulkanická skla...)

+



**alkalický
aktivátor**

(roztok alkalického hydroxidu,
křemičitanu, uhličitanu...)



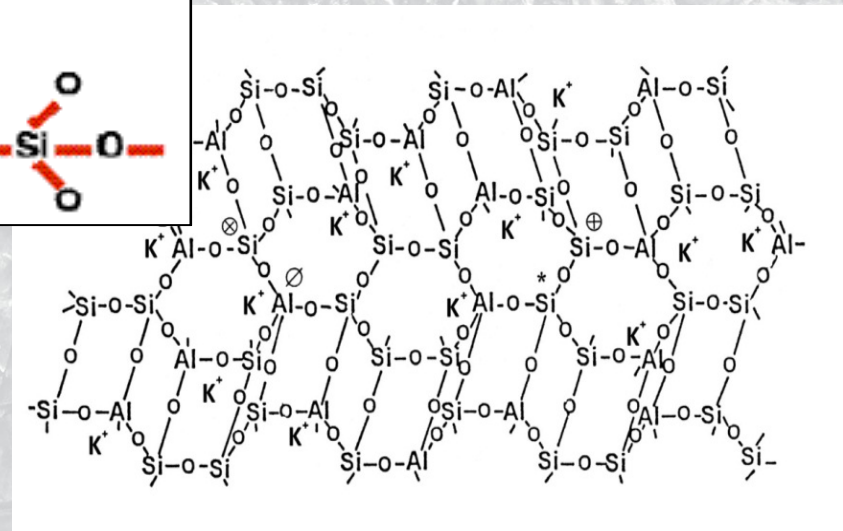
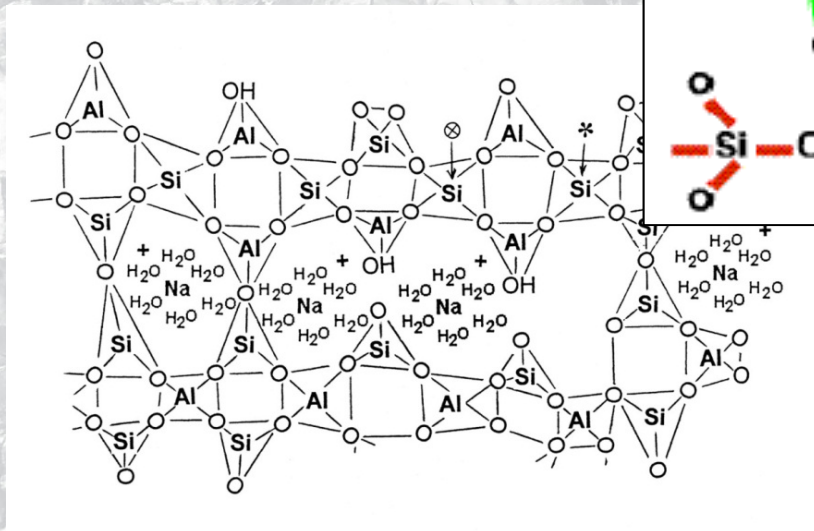
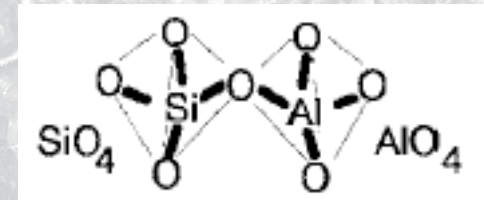
GEOPOLYMER

- + nižší emise CO₂, stabilizace/solidifikace, chemická odolnost,
odolnost vůči požáru
- technologická náročnost, cena

Příprava geopolymery

m 60
A 70

Geopolymer má chemické složení odpovídající vzorci



Barbosa, V. F. F. et al. 2000

Davidovits J. 2008

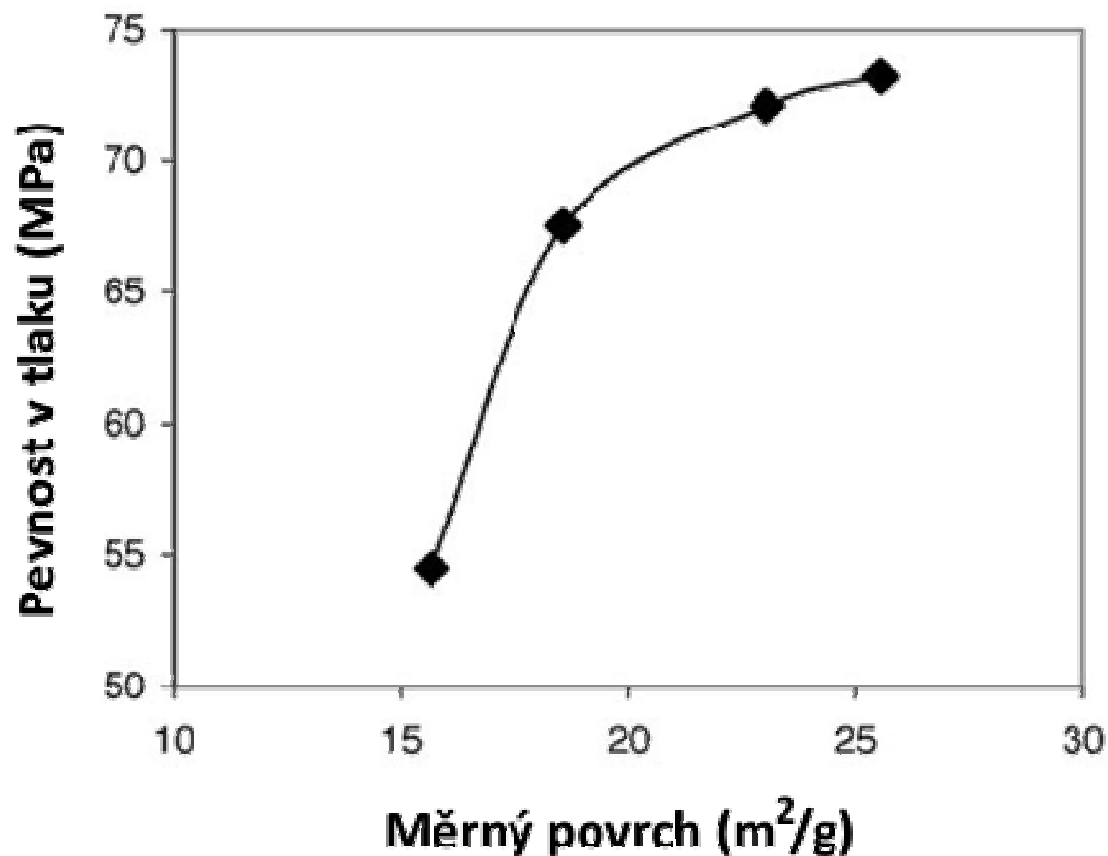
Složení geopolymérů

$$\begin{array}{r} m \ 60 \\ \hline A \ 70 \end{array}$$

Mezi hlavní parametry, které nejvíce ovlivňují vlastnosti zatvrdlého geopolymeru, patří:

- složení aluminosilikátového prekurzoru
- jemnost mletí a míra amorfního charakteru aluminosilikátu
- druh alkalického aktivátoru
- dávka a koncentrace alkalického aktivátoru (v případě vodního skla jeho silikátový modul)
- teplota a způsob ošetřování čerstvého geopolymeru.

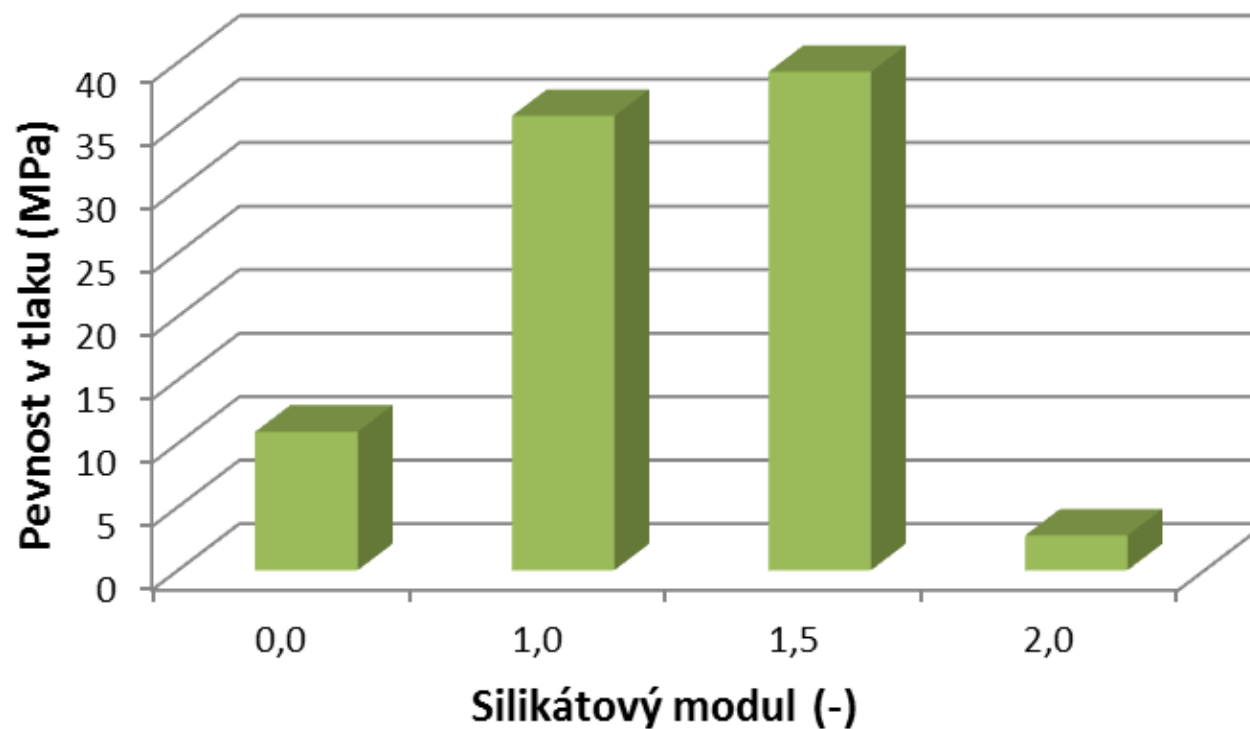
Vliv měrného povrchu metakaolinu na pevnost v tlaku geopolymeru



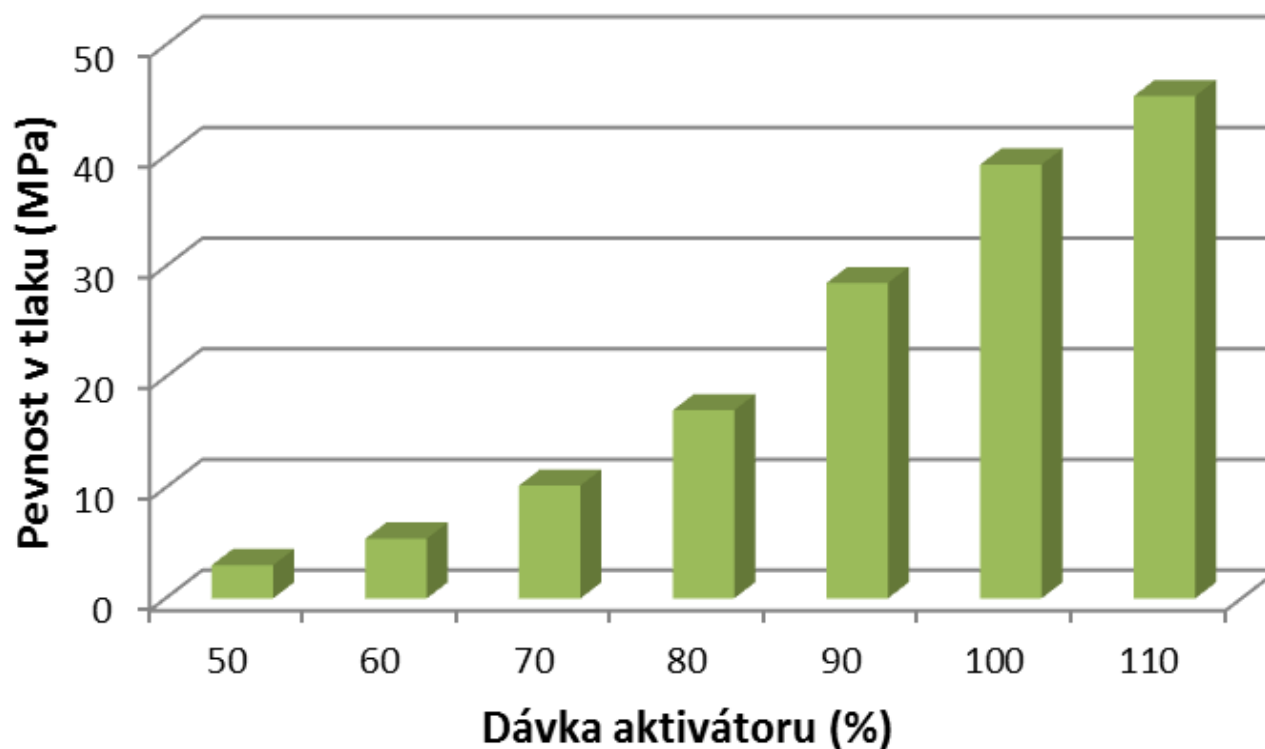
Vlastnosti geopolymerů

m 60
A 70

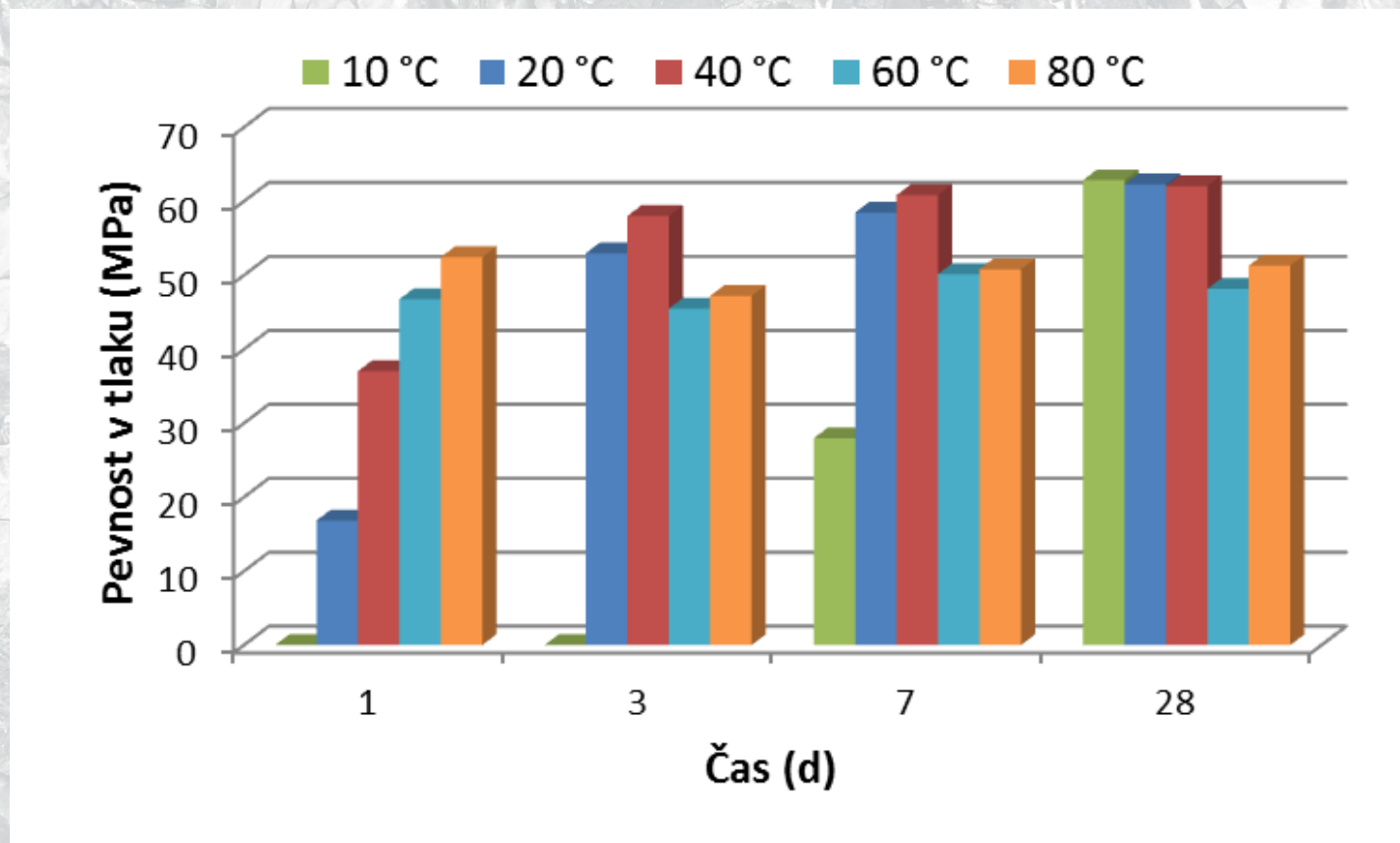
Vliv silikátového modulu vodního skla sodného na tlakové pevnosti geopolymery při obsahu 10 % Na_2O



Vliv dávky aktivátoru (vodní sklo sodné, $M_s = 1,5$) vztaženého na hmotnost metakaolinu na tlakové pevnosti



Vliv teploty ošetřování na tlakové pevnosti geopolymery



Vlastnosti geopolymery

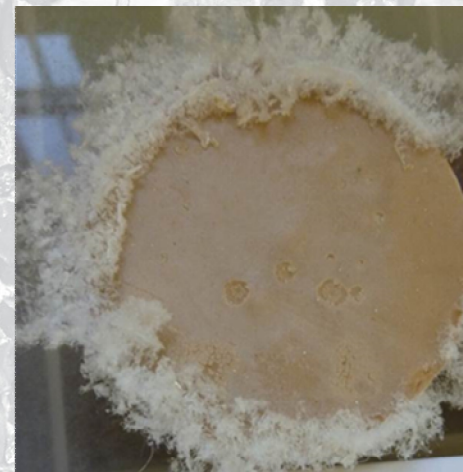
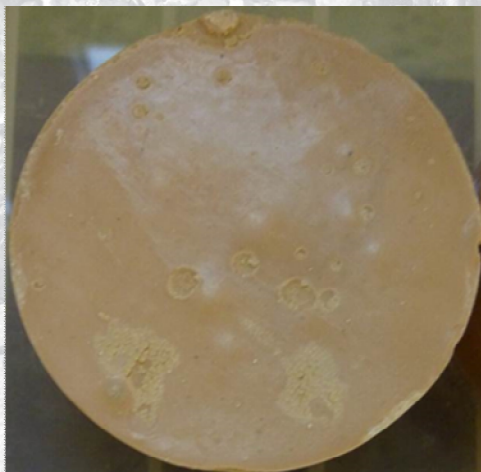
m 60
A 70

- pH pórového roztoku → 11,5 až 12,5 (v závislosti na složení)
- při nesprávné technologii → transport vlhkosti → tvorba výkvětů
- estetický problém – nemá vliv na trvanlivost
- lze omezit použitím draselného aktivátoru (cena) nebo částečná náhrada alkalických iontů za Ca^{2+}
- **při dodržení správné technologie se výkvěty netvoří** → alkalické ionty jsou vázány ve struktuře

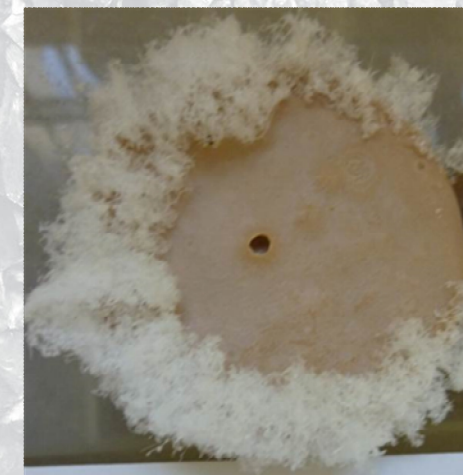


- MK aktivovaný vodním sklem $M_s = 1,5$ – uloženo ve vodě (vzlínání)

Na^+/K^+



Na^+



1 den

3 dny

1 měsíc

Tvorba výkvětů

m 60
A 70

- kostel sv. Mikuláše Znojmo – substituce litografického vápence



pojivo: Baucis H160
plnivo: vápenec moučka
dobarveno pigmenty

Příklady použití geopolymérů

m 60
A 70

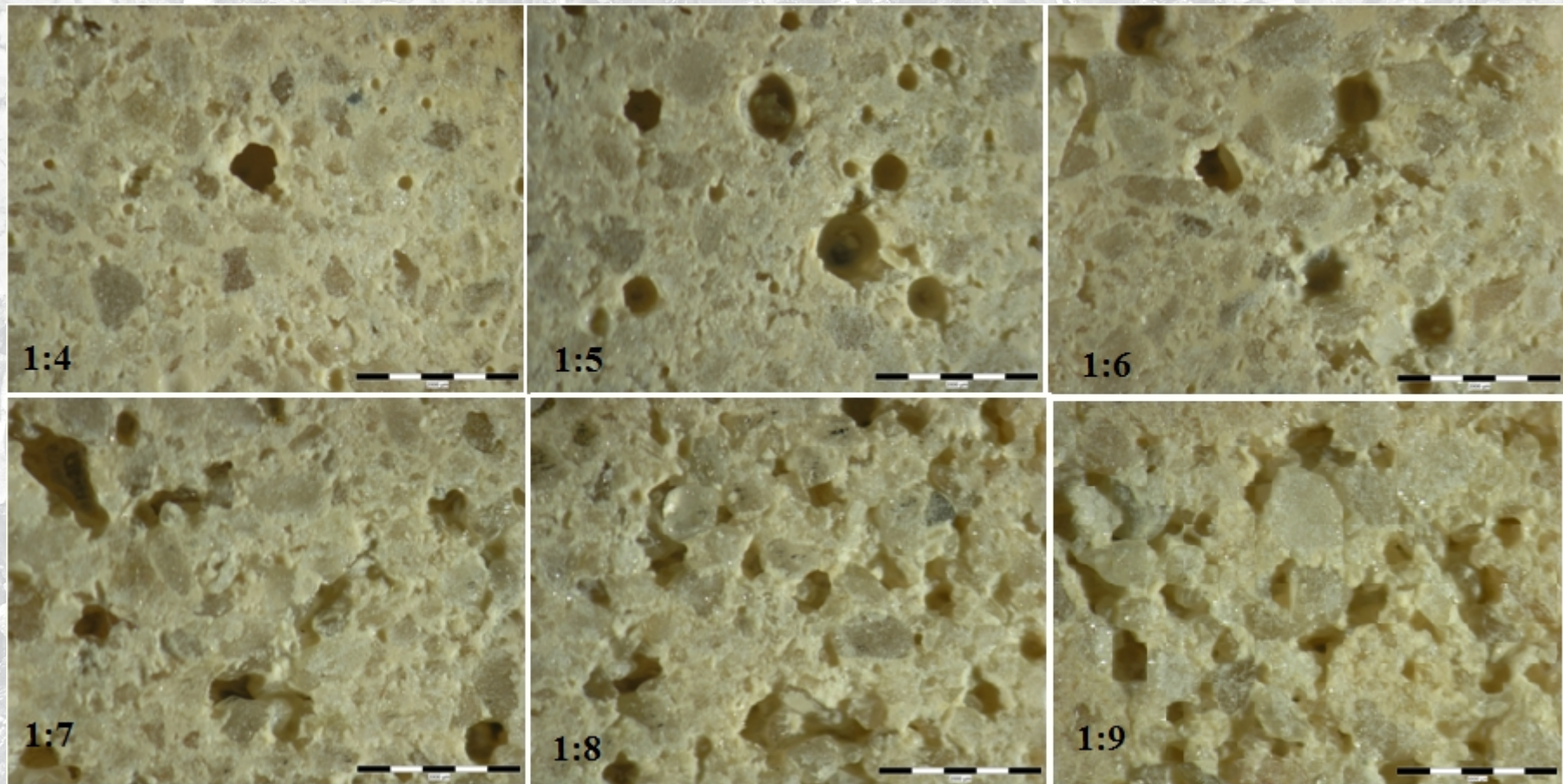
umělý pískovec



Příklady použití geopolymérů

m 60
A 70

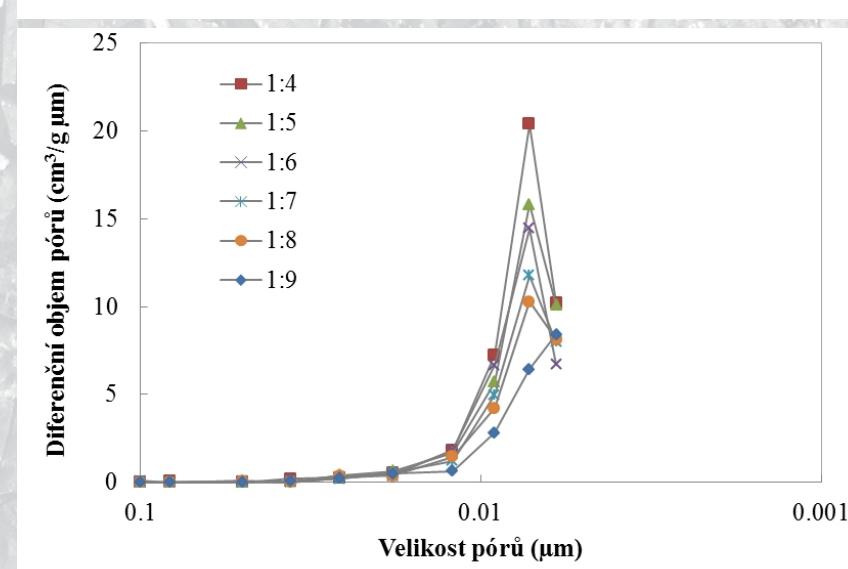
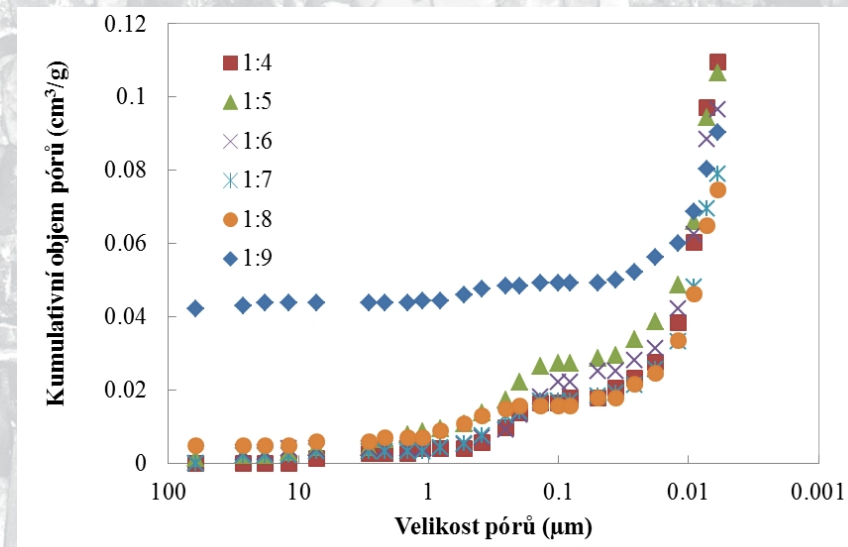
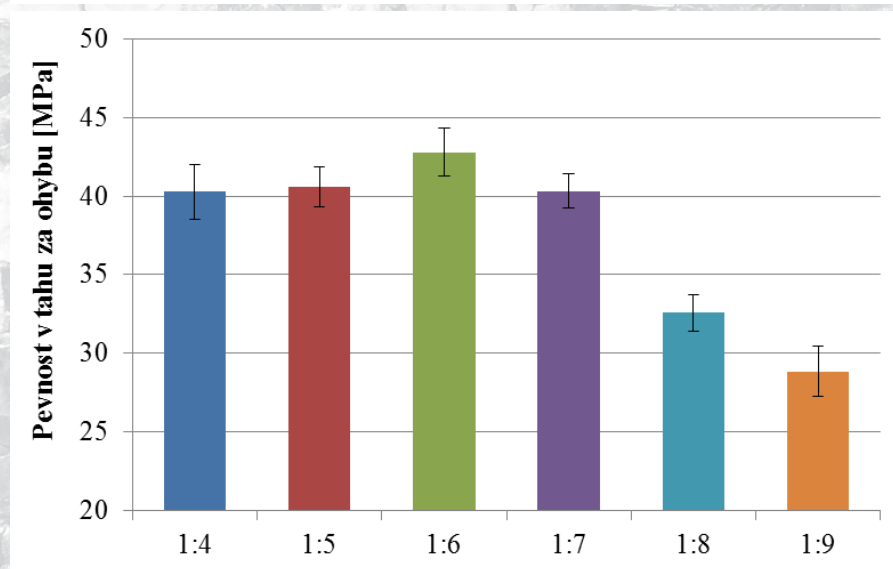
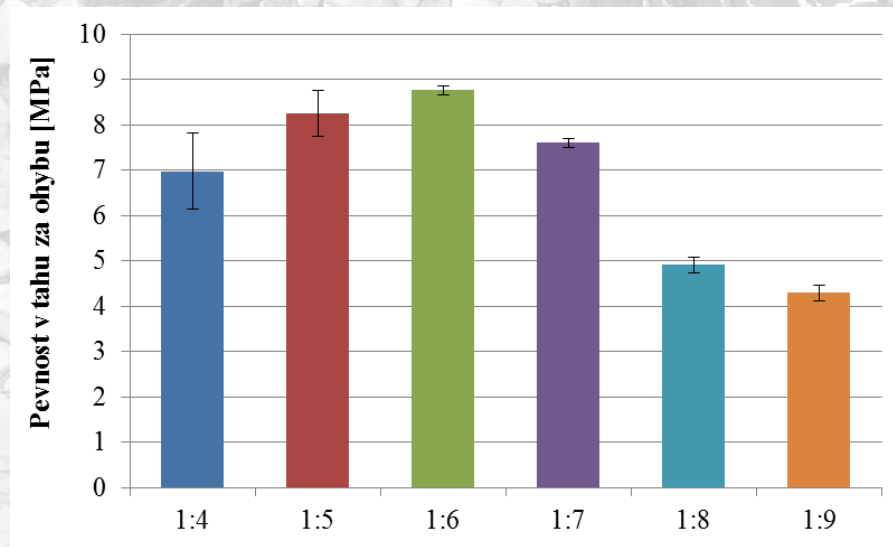
- charakter a vlastnosti lze nastavit poměrem geopolymerního pojiva a písku



Příklady použití geopolymérů

m 60
A 70

- vlastnosti pískovce v závislosti na poměru pojiva a písku



Příklady použití geopolymérů

Tvorba odlitků, výdusků a kopií uměleckých prvků



T. Hanzlíček et al., 2005

Příklady použití geopolymérů

Doplňování chybějících částí uměleckých prvků



T. Hanzlíček et al., 2005

Příklady použití geopolymérů

Fixace odloupnutých dílů pískovce



T. Hanzlíček et al., 2005

Příklady použití geopolymérů

m 60
A 70

Injektáž trhlin a zpevnění uměleckých prvků



T. Hanzlíček et al., 2005

Příklady použití geopolymérů

m 60
A 70

Lepení rozlomených částí



pevný spoj

T. Hanzlíček et al., 2005

Příklady použití geopolymérů

$$\frac{m}{A} = \frac{60}{70}$$

Přistávací dráha – Brisbane West Wellcamp Airport



Stropní desky – University of Queensland

Příklady použití geopolymérů

m 60
A 70

- Geopolymery představují anorganické dvousložkové pojivo schopné relativně vysokého stupně plnění, dobře odolné mrazu, s dobrou adhezí k podkladu. Ve srovnání s běžnými hydraulickými pojivy je výrazně odolnější působení kyselých látek a síranových aniontů.
- V závislosti na typu výchozích složek pojiva, druhu plniva a jejich vzájemném poměru je možno získat produkty s velmi dobrými mechanickými vlastnostmi.
- Výhodou geopolymérů je možnost přípravy výsledné hmoty s různou pevností, barevností, zrnitostí, porozitou atd. Je možno je dodatečně opracovávat kamenicky.
- Praktické využívání geopolymérů je omezeno nutností pečlivého dodržování dávkování jednotlivých složek i postupu přípravy.
- Při nevhodném složení a nedodržení postupů se mohou tvořit výkvěty. Nemají vliv na mechanické vlastnosti.
- Na trhu existují komerčně dostupné suroviny pro přípravu geopolymérů s možnostmi vysokého plnění a barvení včetně světlých odstínů.

m 60
A 70

Děkuji za pozornost