

Workshop projektu NAKI II, Brno, 20. 9. 2019

**Cihly v historických objektech a možnosti jejich náhrady,
dosavadní výsledky probíhajícího výzkumu projektu NAKI II
v oblasti materiálové analýzy historických cihel**

Příprava metodiky posuzování vlastností plných pálených cihel s ohledem na jejich využití při rekonstrukci historických objektů – část 1.

Radomír Sokolář

Přednáška je realizována v rámci projektu Projekt NAKI II DG18P02OVV068

„Komplexní diagnostika pálených zdících prvků historických objektů z pohledu stáří, původu a fyzikálně-mechanických vlastností v závislosti na vlhkosti, a jejich náhrada v historických objektech“

Definice plné pálené cihly + legislativa

„**Cihla s plným střepem, bez otvorů, popř. s otvory zaujímajícími plochu do 15 % z ložné plochy**“ (Lach, V., Cihlářská názvoslovná příručka, 1982; ČSN 72 2609)

- **Dříve:** ČSN 72 2610 „Cihlářské prvky pro svislé konstrukce : Cihly plné – CP
(CP – 290x140x65 – P10 – 1900 – M15 – 1 – ČSN 72 2610)
- **Dříve:** ČSN 72 2623 – část 1 „Cihlářské výrobky pro režné zdivo: Cihly plné – CPR
(290x140x65, 250x120x65, 290x90x90 mm)
- **Dnes:** ČSN EN 771-1 + A1 „Specifikace zdicích prvků – Část 1: Pálené zdicí prvky“
 - ▶ **P** - zdicí prvek pro použití v chráněném zdivu,
 - ▶ **U** - pálené prvky pro nechráněné (neomítané) zdivo

Mikropodmínky umístění zdiva podle Eurokódu 6 (ČSN EN 1996)

- ▶ **MX1** – suché prostředí
- ▶ **MX2** – s vlivem vlhkosti nebo smáčení
- ▶ **MX3** – se smáčením a střídavým působením mrazu a tání
- ▶ **MX4** – s působením zasoleného vzduchu nebo mořské vody
- ▶ **MX5** – agresivní chem. prostředí (pús. chloridů a síranů)

Výběr zdicích prvků podle třídy mikropodmínek umístění zdiva

třída	Pálené zdicí prvky (ČSN EN 771-1)
MX1	libovolné
MX2.1	F0,F1 nebo F2/S1 nebo S2
MX2.2	F0,F1 nebo F2/S1 nebo S2
MX3.1	F1 nebo F2/S1 nebo S2
MX3.2	F2/S1 nebo S2
MX4	Konzultace s výrobcem
MX5	Konzultace s výrobcem

„Keramik na odboru památkové péče“

Rekonstruovaný objekt – z pohledu zdicích prvků vyvstávají otázky a úkoly:

1. Projekt: definice „mikropodmínek umístění“
2. Volba materiálů:
 - **Lícové (nechráněné) zdivo (P, resp. CPR) vs. chráněné (U, resp. CP)**
3. Definice požadavků: kompatibilita v rozměrech a barvě (vzhledu), mrazuvzdornost (F0 – F2), výkvětovost (S0 – S2), cicvár, ... mineralogické složení, délková teplotní roztažnost, pevnost, ...
4. Cihly nově vyrobené vs. historické.

1. Rozměry a jejich tolerance

Deklarované rozměry x kategorie tolerancí T1 ($\pm 0,40 \cdot \sqrt{\text{výrobní rozměr}}$ v mm nebo 3 mm – uvažuje se větší hodnota).

Fortifikační cihla „šancovka“ 320x160x80 (75–85) mm

Cihla rakouská CP mf 250x120x65 mm

Cihla plná CP 290x140x65 mm



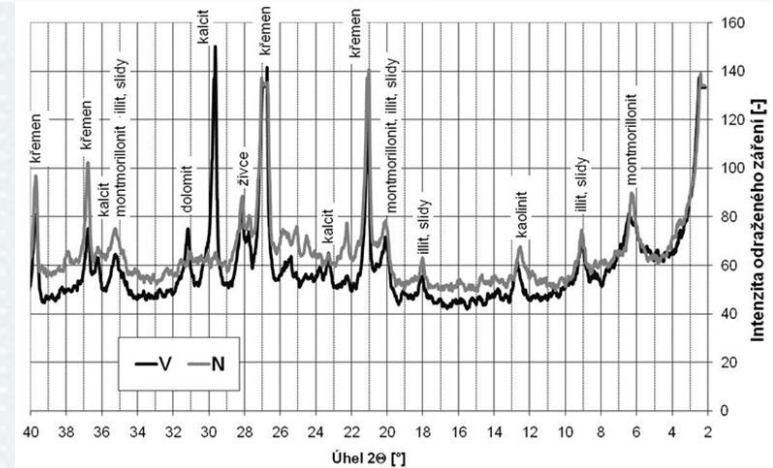
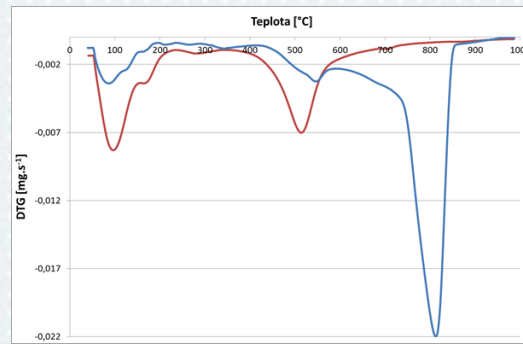
2. Vzhled = barva, výkvětovitvornost, cicváry

Barevná nejednotnost vlivem teploty výpalu (nutnost třídění)



Barva cihly z pohledu výrobce

- vápenatá x nevápenitá cihlářská zemina



	Obsah složky [hmotn. %]									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	S	zž
Zemina <u>V</u>	54,06	16,23	3,45	0,39	8,79	1,60	1,20	0,71	0,13	13,22
Zemina <u>N</u>	69,22	12,26	5,39	0,61	1,15	1,12	2,07	1,07	0,01	6,78

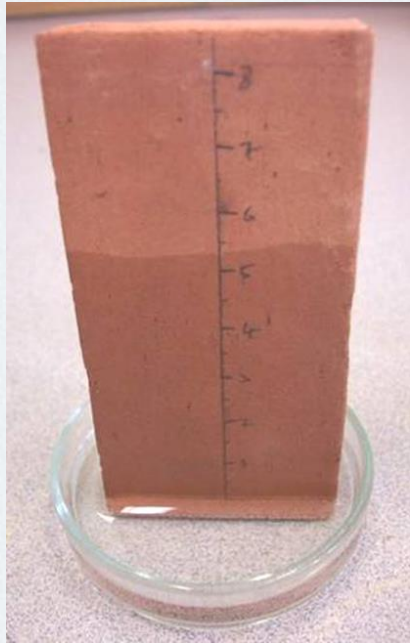
Výkvětovost

- a) primární - vlastnost výrobku,
- b) sekundární - vznik ve zdivu (malta $\text{Ca}(\text{OH})_2$).

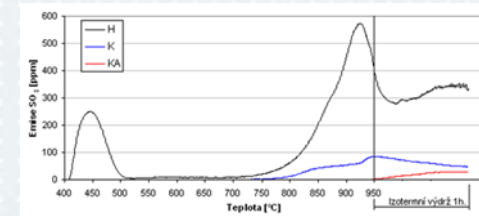
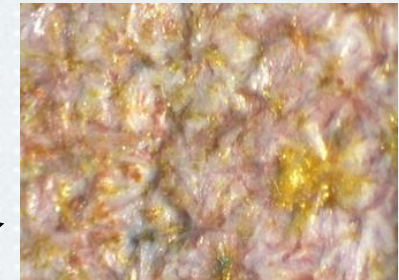
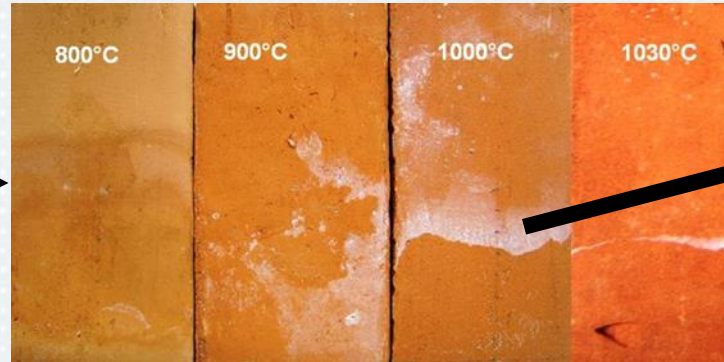


Obsah aktivních rozpustných solí (výkvětovost) - ČSN EN 772-5

Kategorie	Mezní hodnoty obsahu solí [% hmotnostní]	
	$\text{Na}^+\text{+K}^+$	Mg^{2+}
S0	Nepožaduje se	Nepožaduje se
S1	0,17	0,08
S2	0,06	0,03



110 °C

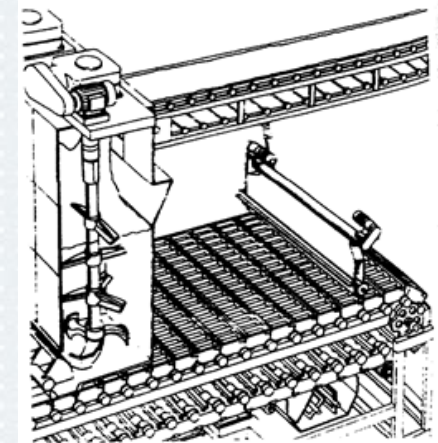
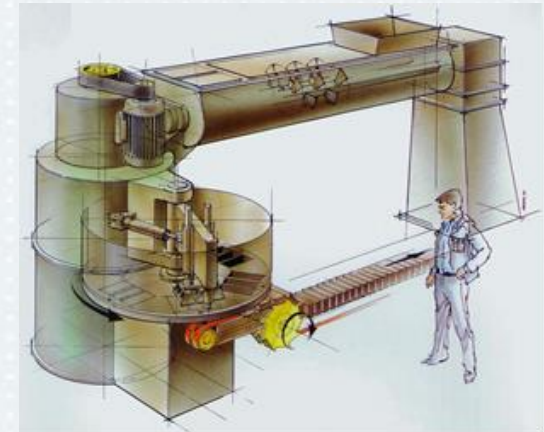


3. Trvanlivost = mrazuvzdornost

Mrazuvzdornost – přímé stanovení (zmrazovací cykly – norma) x nepřímé (KNS, distribuce velikosti pórů,...)

- ovlivnění: pórovitost, pevnost, textura, ...





Kategorie mrazuvzdornosti pálených prvků (ČSN EN 771-1):

- ▶ **F0** – neagresivní prostředí – např. zdivo vnějších stěn opatřených vhodnou ochranou apod.,
- ▶ **F1** – mírně agresivní prostředí – např. zdivo chráněné parapetní deskou s okapnicí, ochrana hlav stěn přesahem stěny nebo krycími deskami apod.
- ▶ **F2** – silně agresivní prostředí – např. neomítané zdivo komínů, neomítané zdivo nadezdívek apod.

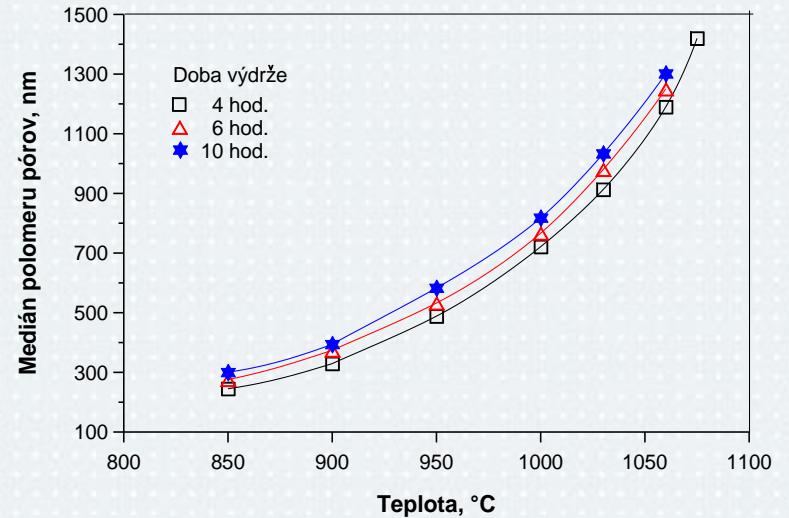
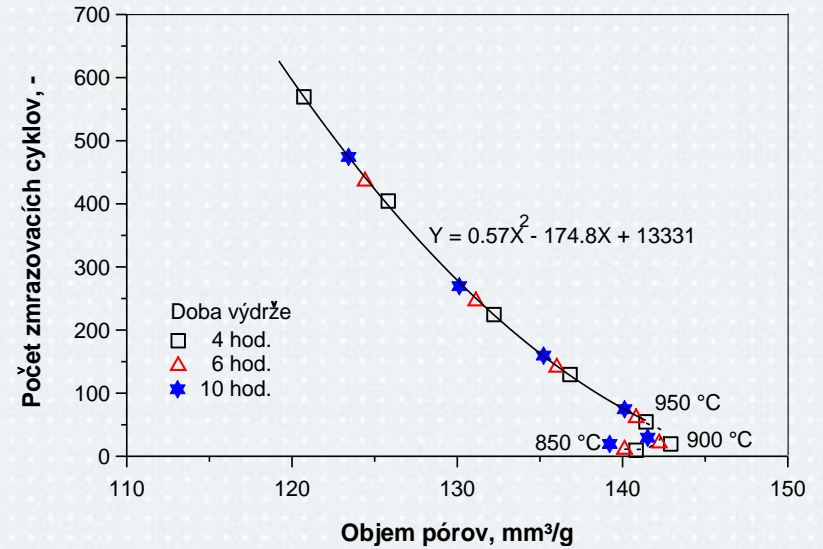
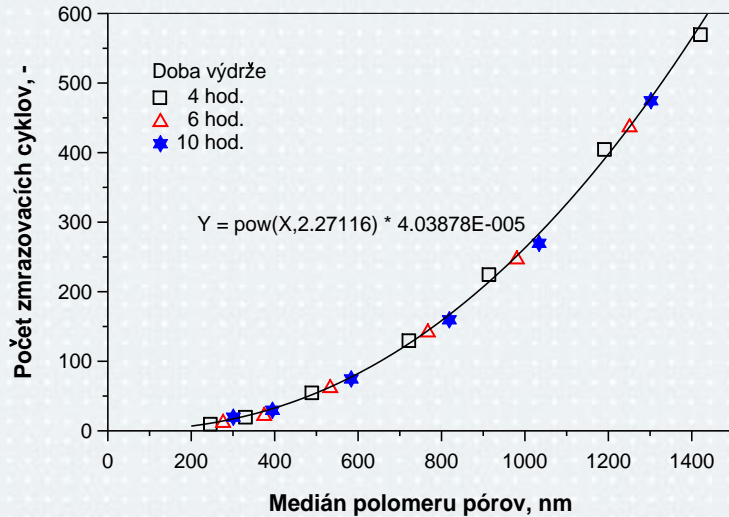
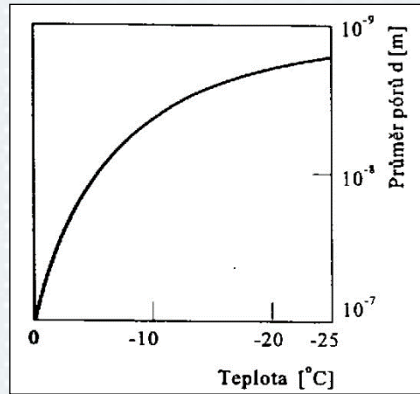
EN 772-22 (ČSN P CEN/TS):

100 zmrazovacích cyklů – 15 °C
/ + 20 °C na zkušebních
panelech 7 dnů nasáknutých v
nádrži s vodou

ČSN 72 2609:

5 ks vzorků nasáknutých varem – F0, F1
(15-25 cyklů), F2 (50 cyklů).

Mrazuvzdornost – vliv distribuce velikosti pórů



Nepřímé zkoušení mrazuvzdornosti

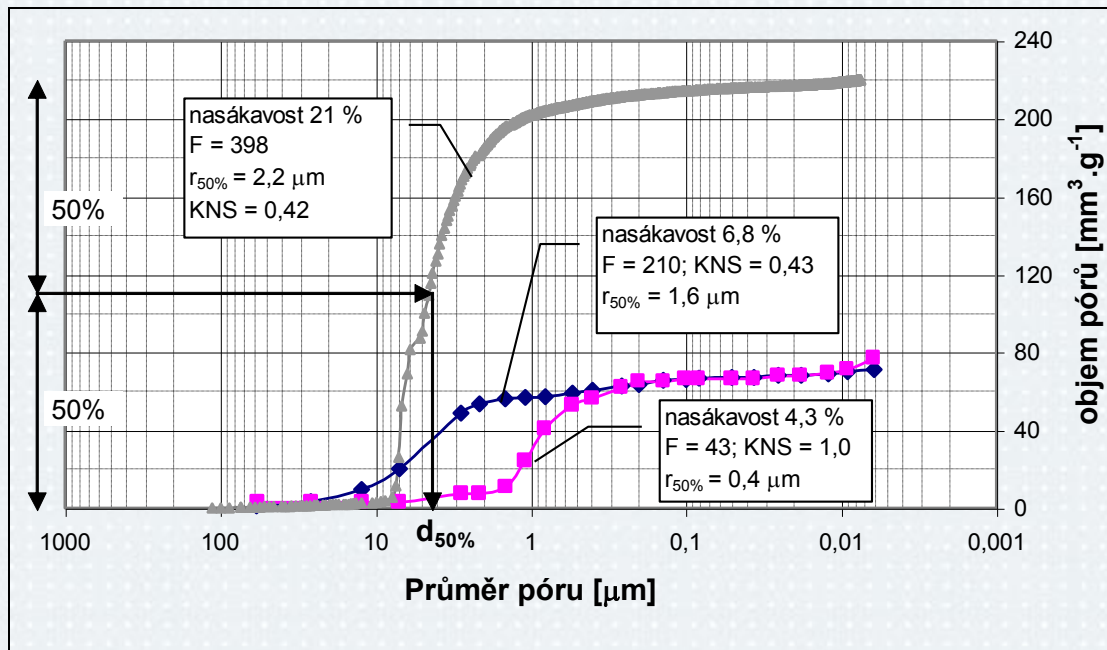
	Friese, Bentrup		T [-]	KNS [-]	F [-]
	Jedno stanovení $r_{50\%}$	Průměr ze tří měření $r_{50\%}$			
mrazuvzdornost	$r_{50\%} > 1 \mu\text{m}$	$r_{50\%} > 1,65 \mu\text{m}$	do 0,75		> 70
nejistá mraz.		$0,60 < r_{50\%} < 1,65 \mu\text{m}$	0,75 – 0,85	0,85	50 – 70
nemraz.	$r_{50\%} < 1 \mu\text{m}$	$r_{50\%} < 0,60 \mu\text{m}$	přes 0,85		< 55

$$F = \frac{3,2}{PV} + 2,4 \cdot P_3$$

PV...celkový objem pórů [$\text{m}^3 \cdot \text{g}^{-1}$];
 P_3 ...podíl pórů o prům. > 3 μm z PV [%].

$$KNS = \frac{NV_1}{NV_2}$$

KNS = SC (saturation coefficient ASTM C67/C67M-18) = T (saturační poměr DIN 52251-3)



4. Kritéria hutnosti

- nasákavost, objemová hmotnost, zdánlivá pórovitost a hustota, ...

