

Workshop projektu NAKI II, Brno, 16. 9. 2020

## Metodika zkoušení plných pálených cihel

# Zkoušky cihelného zdiva in situ, odběry vzorků a laboratorní zkoušky

doc. Ing. Petr Cíkrle, Ph.D., Ing. Ondřej Anton, Ph.D.

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“

## Než přistoupíme k diagnostice (zdání ✗ skutečnost):

- Omítka skryje skutečnou skladbu zdiva



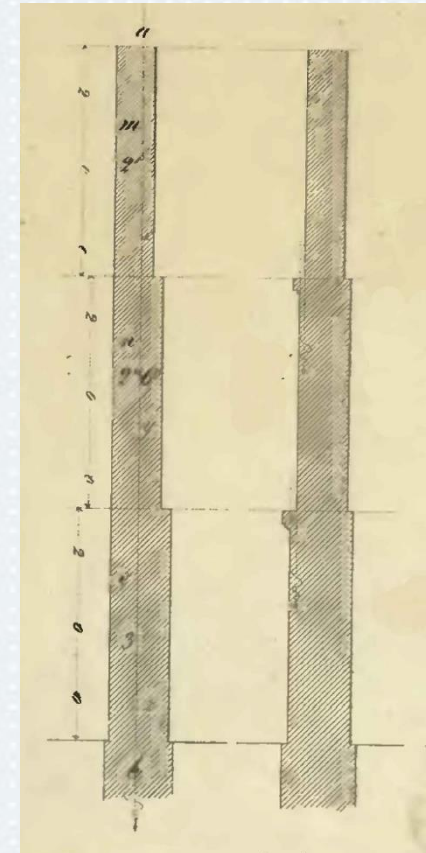
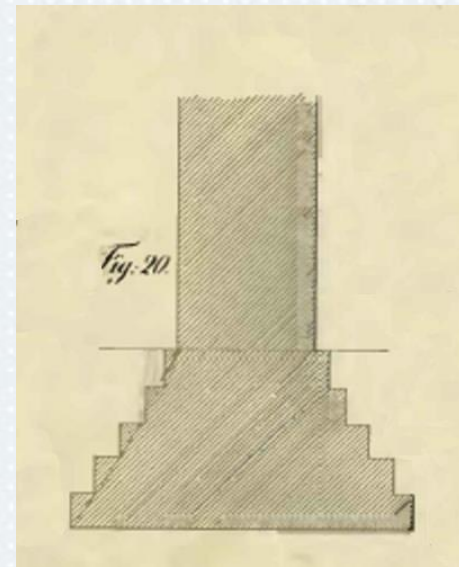
## Zdání x skutečnost:

- Povrchová vrstva může být odlišná



## Druhy konstrukcí:

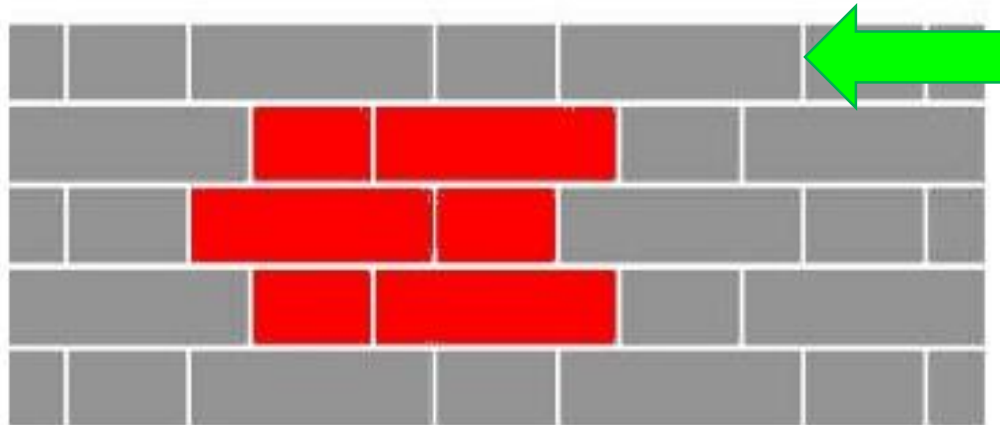
- Stěny – nosné (min. 300 mm, dřívě  $\geq 450$  mm)
- – příčky – 150 mm, dřívě něco nesly
- Sloupy – samostatně stojící v prostoru,  $\lambda > 4$
- Pilíře – součást stěn (např. meziokenní),  $\lambda < 4$
- Opěrné zdi
- Základy
- Ostatní části staveb



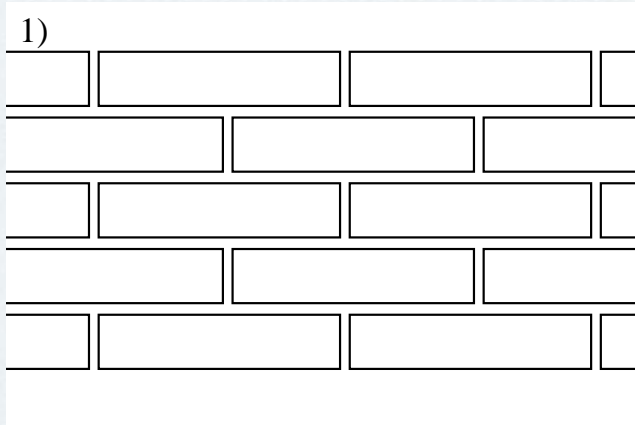
## Vazba zdiva:

- Vazba zdiva je způsob vzájemné polohy zdicích prvků, kdy ve dvou sousedních vodorovných vrstvách neprobíhají styčné spáry průběžně.

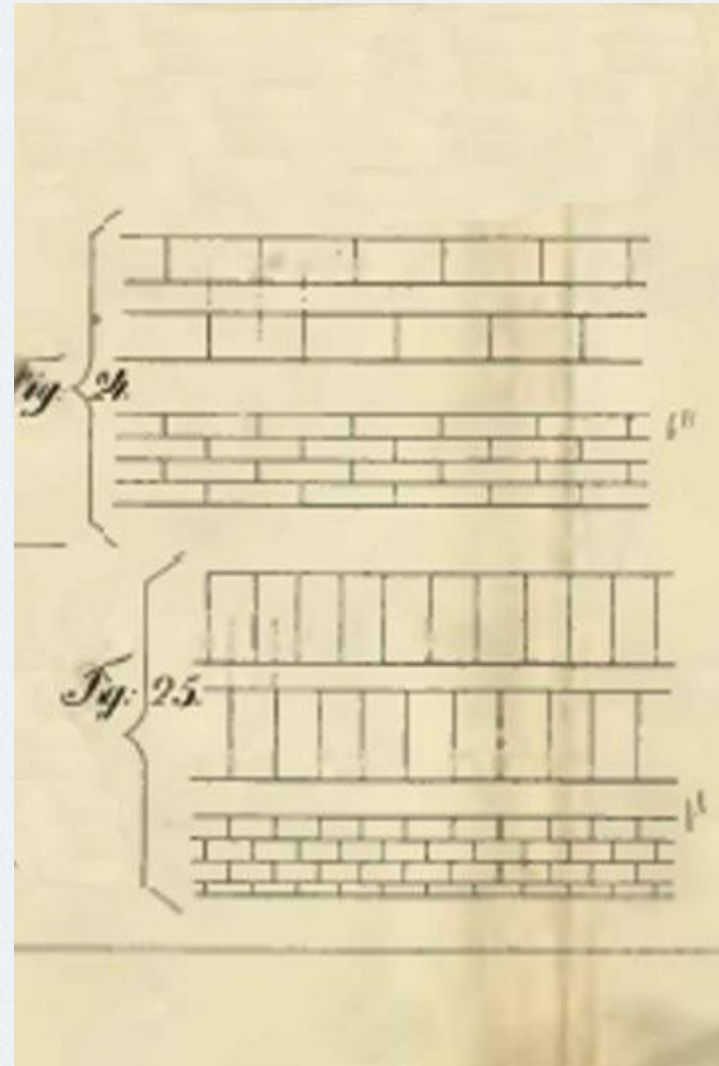
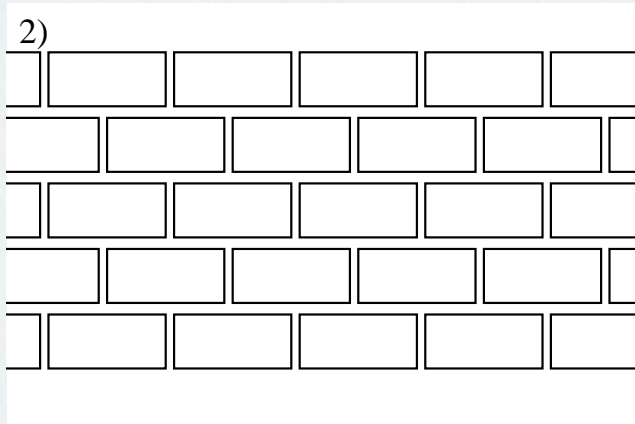
### Gotická vazba



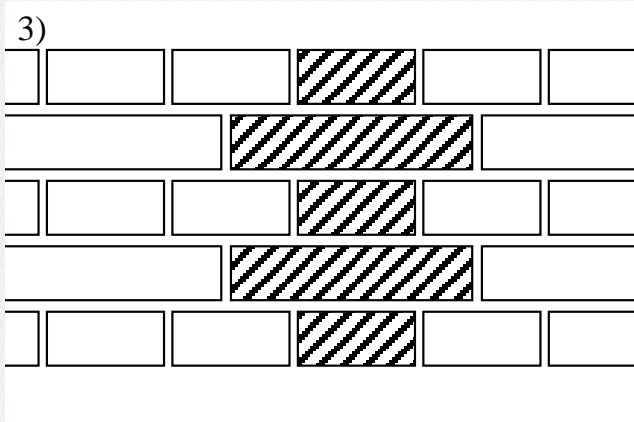
# 1) běhounová (150 mm)



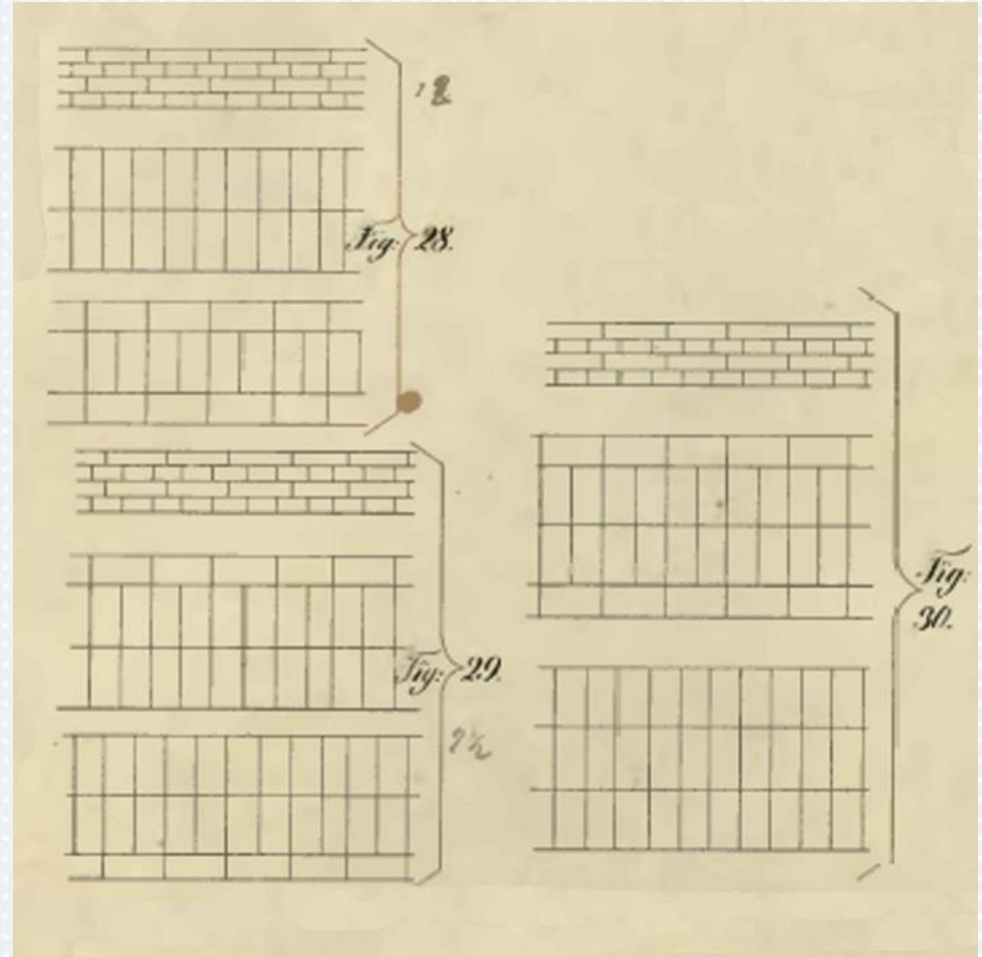
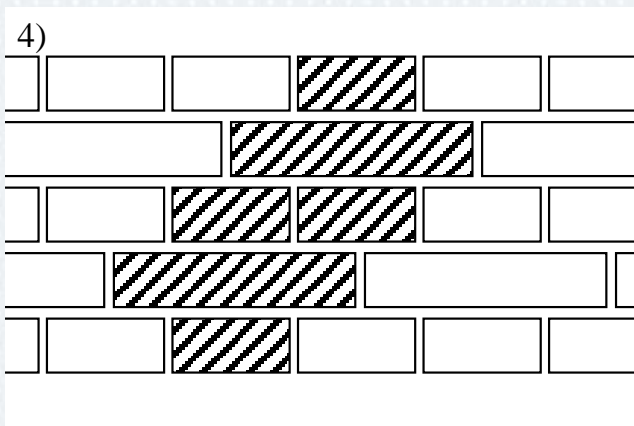
# 2) vazáková (300 mm)



### 3) polokřížová ( $\geq 450$ mm)

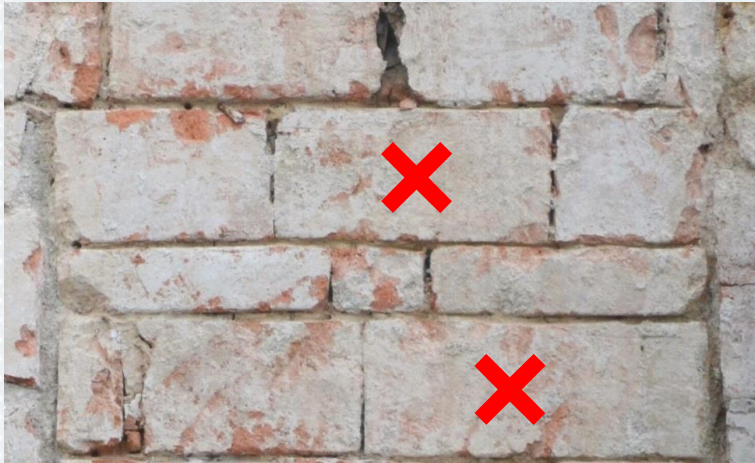


### 2) křížová ( $\geq 450$ mm)



## Zásady správné vazby:

- všechny styčné spáry v každé vrstvě musí být cihlou v horní vrstvě překryty o  $\frac{1}{4}$  až  $\frac{1}{2}$  délky cihly
- ložné spáry musí být vždy kolmé k tlaku (vodorovné)



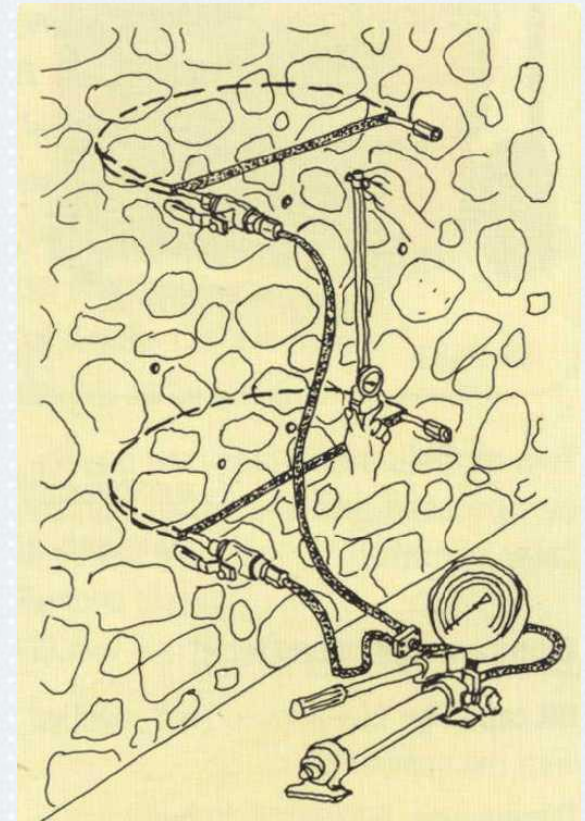
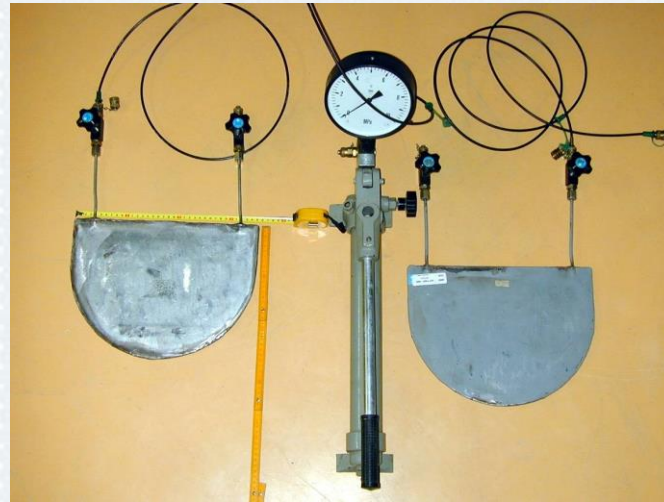
- ve zdivu se má použít co nejvíce celých cihel; při ukončení stěny, připojení, křížení apod. se používají i části cihel - tříčtvrtky nebo půlky, výjimečně čtvrtky.



## ZKOUŠKY CIHELNÉHO ZDIVA:

- Zkoušky zdiva na stávající konstrukci (např. lokální napjatost plochými lisami) – pracné, neefektivní
- Zkoušky malých vzorků stěn (pilířky) – nereálné
- Zkoušky zdicích prvků – nedestruktivní (NDT) a destruktivní (DT), celých prvků nebo částí;
- Zkoušky malty ve spárách
- Průzkum vlastností snižujících únosnost zdiva – vazba, vyplnění spár, zvýšená vlhkost, trhliny
- Dřívější zásahy (!), degradace, apod.

# Ploché lisy



Typical application of two semi-circular flat jacks with mechanical strain gauge for determining the deformability features

	<p>Suggested flat jack type                  320x120x3 mm      350x260x3 mm</p>
	<p>Suggested flat jack type                  400x200x3-4-6 mm</p>

Stone masonry

Brickwork

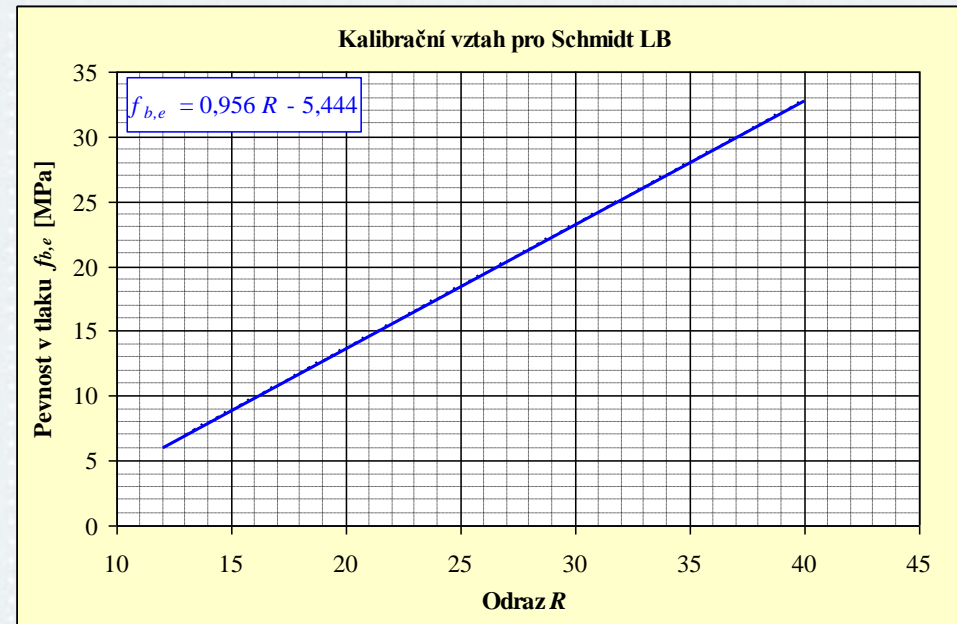
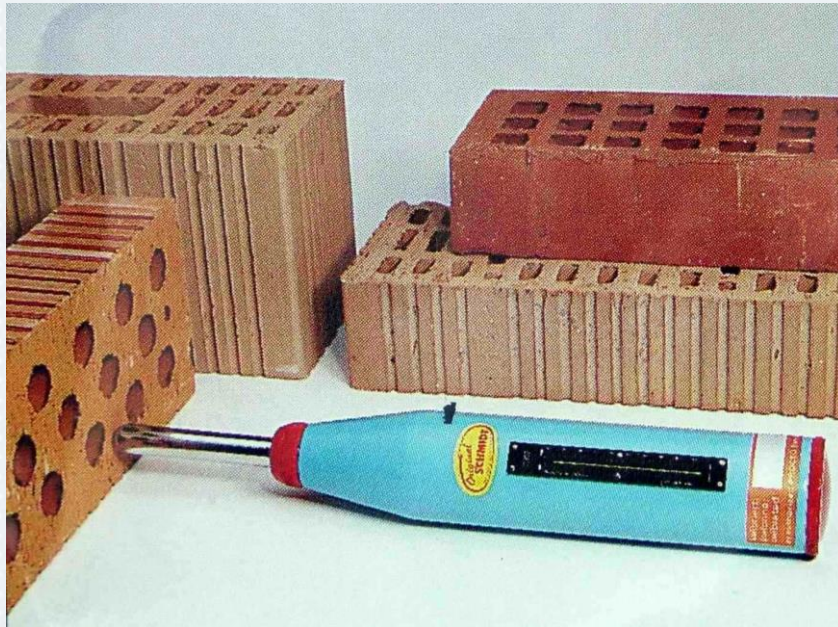
## Zkoušení malty:

- **Přímý odhad**
- Chemický rozbor – obsah pojiva
- Tvrdoměrné zkoušky
- **Vrtná metoda** (tzv. Kučerova vrtačka)
- Ultrazvuková zkouška (po vyjmutí)
- **Zkoušky malých těles**



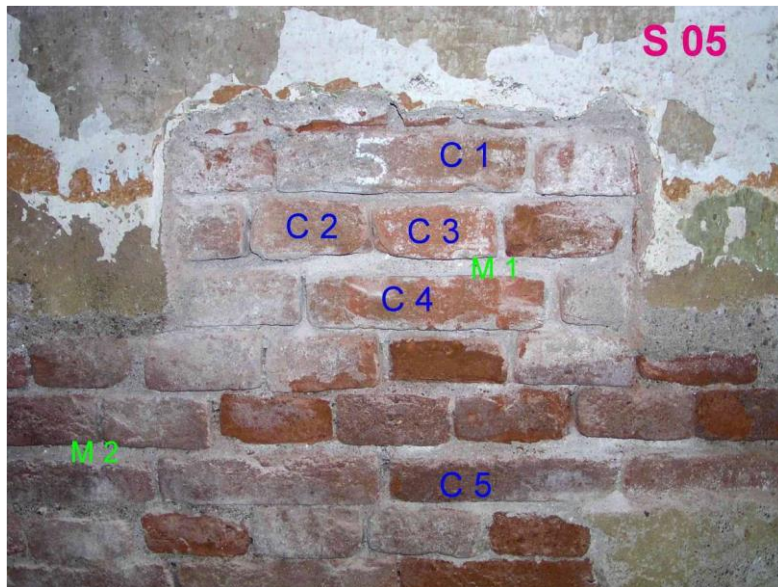
# ZKOUŠKY ZDICÍCH PRVKŮ

- Nedestruktivní zkoušky v konstrukci - Schmidt LB
- Podobný jako na beton, ale zakulacený razník
- Směrný regresní vztah SZK pro pevnost cihel



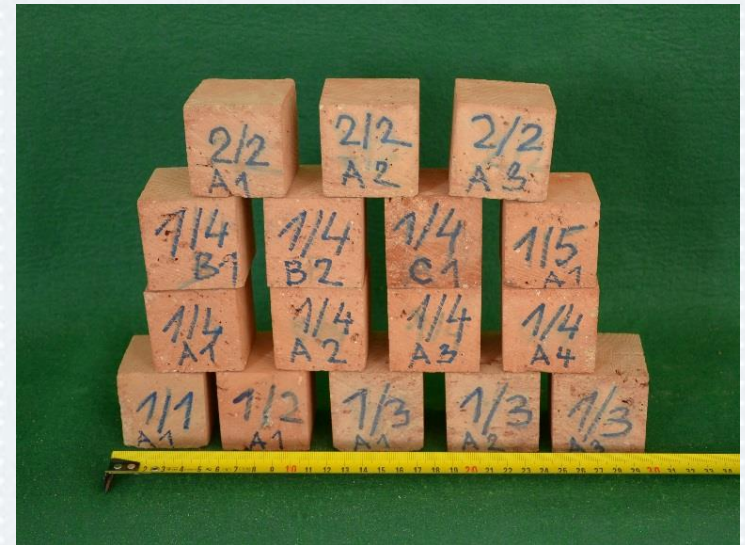
# ZKOUŠKY ZDICÍCH PRVKŮ

- Na konstrukci odstranit omítku, vybrousit cihly
- V laboratoři po upnutí do lisu – upřesnění zkoušek



# ZKOUŠKY ZDICÍCH PRVKŮ

- Zkoušky celých zdicích prvků (odběr z konstrukce)
- Zkoušky reprezentativních částí zdicích prvků (tělesa ze zlomků, z jádrových vývrtů)



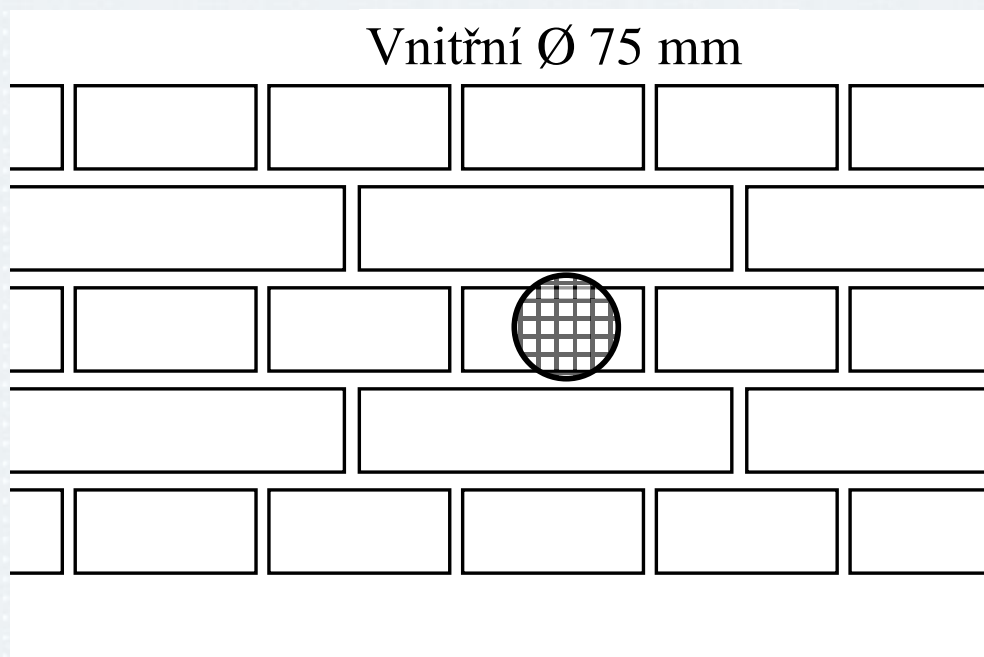
# JÁDROVÉ VÝVRTY

- Vrtání s výplachem (vodou) – rychlé, ale vyplaví se soli
- Vrtání za sucha s odsáváním – pro odběr na analýzy



# JÁDROVÉ VÝVRTY

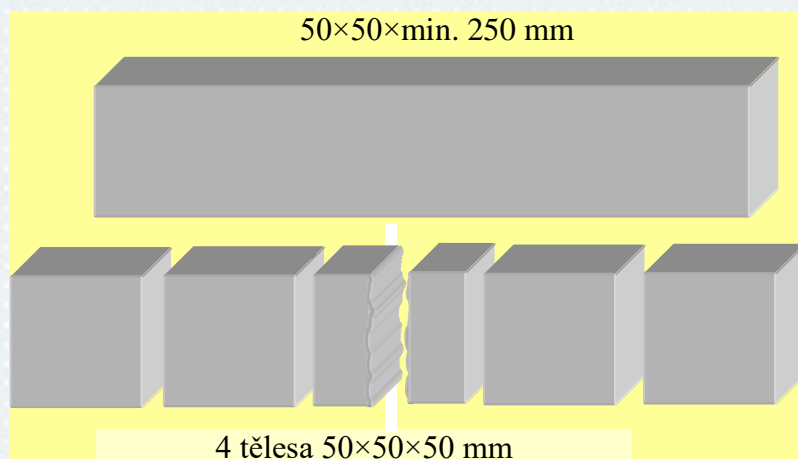
- Optimální vývrt  $\geq \varnothing 75$  mm do vazáku





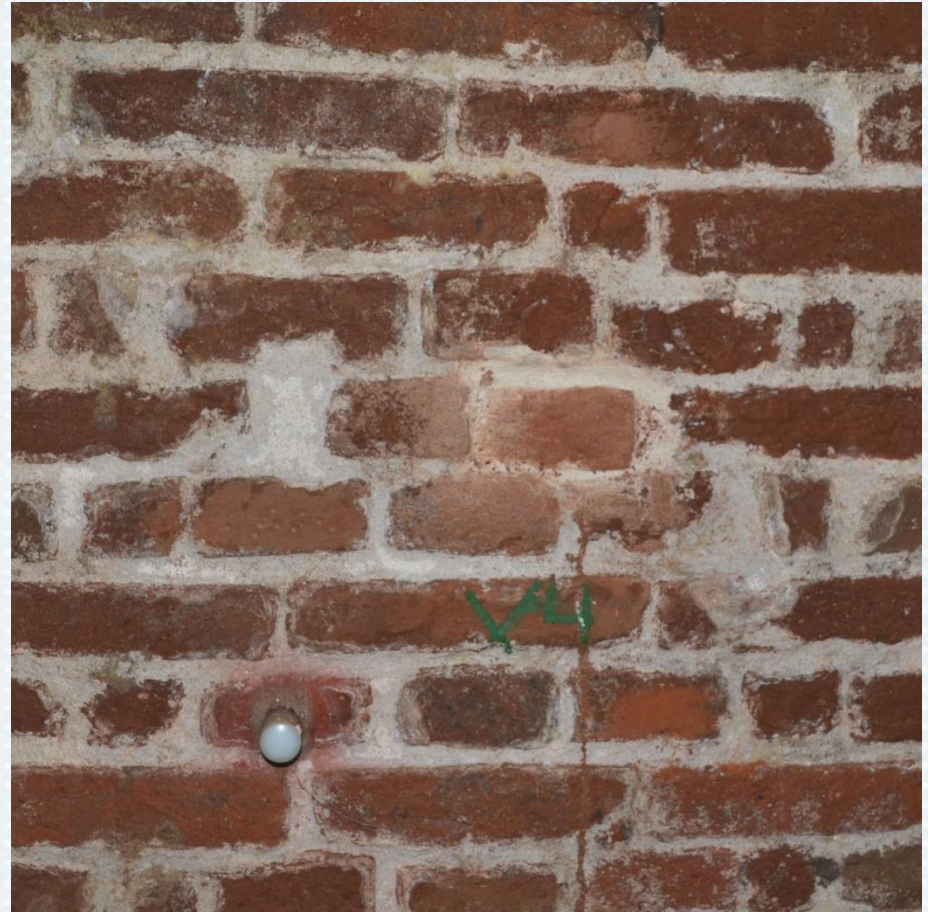
## Jádrové vývrty

- Lze vyřezat hranol 50×50×300 mm - pracovní
- Pevnost v tahu ohybem, 3 - 5 krychlí 50×50 mm



# Jádrové vývrty - zapravení

- Lze šetrně zapravit



# Normalizovaná pevnost v tlaku zdicích prvků $f_b$

- Při návrhu a výpočtech se používá tzv. normalizovaná pevnost v tlaku zdicích prvků  $f_b$
- Z výsledků zkoušek zjistíme průměrnou pevnost pevnosti v tlaku zdicích prvků  $f_{b,u}$  nebo částí  $f_{b,p}$ .
- Normalizovanou pevnost získáme přenásobením průměrné pevnosti zdicích prvků **součinitelem štíhlosti a rozměrů  $\delta$**

$$f_b = \delta \times f_{b,u}$$

$$f_b = \delta \times f_{b,p}$$

# Součinitel vlivu výšky a šířky zdicích prvků $\delta$

Výška zdícího prvku po úpravě povrchu (mm)	Šířka - nejmenší vodorovný rozměr zdícího prvku (mm)				
	50	100	150	200	≥ 250
40	0,80	0,70	-	-	-
50	0,85	0,75	0,70	-	-
65	0,95	0,85	0,75	0,70	0,65
100	1,15	1,00	0,90	0,80	0,75
150	1,30	1,20	1,10	1,00	0,95
200	1,45	1,35	1,25	1,15	1,10
≥ 250	1,55	1,45	1,35	1,25	1,15

Poznámka: Lineární interpolace je povolena.

## Charakteristická pevnost zdiva v tlaku $f_k$

$$f_k = K f_b^\alpha f_m^\beta \quad [\text{N/mm}^2]$$

- $K$  je konstanta závislá na druhu zdiva a skupině zdicích prvků, (viz ČSN EN 1996-1-1, EC 6); cihly bez dutin:  $K=0,44$ ;
- $f_b$  je normalizovaná průměrná pevnost v tlaku zdicích prvků,  $\text{N/mm}^2$ ;
- $f_m$  je průměrná pevnost malty v tlaku v  $\text{N/mm}^2$ ;
- $\alpha$  je exponent závislý na tloušťce ložných spár a druhu malty,  $\alpha = 0,7$  pro nevyztužené zdivo s obyčejnou nebo lehkou maltou,
- $\beta$  je exponent závislý na druhu malty,  $\beta = 0,3$  pro obyč. maltu.

## Návrhová pevnost zdiva v tlaku:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m} = \frac{f_k}{\gamma_{m1} \cdot \gamma_{m2} \cdot \gamma_{m3} \cdot \gamma_{m4}} \quad [\text{N/mm}^2]$$

- $\gamma_{m1}$  je základní hodnota dílčího součinitele spolehlivosti, která se pro zdivo z plných cihel uložených na obyčejnou maltu rovná 2,0;
- $\gamma_{m2}$  je součinitel vlivu pravidelnosti vazby a vyplnění spár maltou:  $0,85 \leq \gamma_{m2} \leq 1,2$ ; dolní mez platí pro dokonalou vazbu a bezvadně vyplněné spáry;
- $\gamma_{m3}$  je součinitel vlivu vyšší vlhkosti, pro vlhkost zdiva v intervalu od 4% do 20% se určí interpolací mezi hodnotami  $1,0 \leq \gamma_{m3} \leq 1,25$ ;
- $\gamma_{m4}$  je součinitel zahrnující vliv svislých a šikmých trhlin ve zdivu v intervalu  $1,0 \leq \gamma_{m4} \leq 1,4$ , přičemž dolní mez intervalu platí pro neporušené zdivo bez trhlin;

## ZÁVĚR:

- Zkoušky zdiva in situ – zvlášť zdící prvky a malta
- Zkoušky zdicích prvků – nedestruktivní (NDT) a destruktivní (DT), celých prvků nebo částí;
- **Jádrové vývrty** (odběr vzorků, skladba zdiva)
- Důležité zkoušet v nasyceném a vysušeném stavu!
- Zkoušky malty ve spárách – vrtná metoda, odhad, pozor na jinou maltu v hloubce!
- Průzkum vazby, vyplnění spár, vlhkosti, trhlin
- Dřívější zásahy (!), degradace, apod.