

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**

## **URČENÍ FYZIKÁLNÍCH VLASTNOSTÍ CIHEL NEDESTRUKTIVNÍMI METODAMI**

**Libor Topolář, Luboš Pazdera**

Přednáška je realizována v rámci projektu Projekt NAKI II DG18P02OVV068

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

## OBSAH

- Nedestruktivní defektoskopické metody
- Metoda impact-echo (rezonanční metoda)
  - Určení součinitele teplotní vodivosti
- Určení akustické (vzduchové) neprůzvučnosti
  - Metoda akustické emise

# NEDESTRUKTIVNÍ DEFEKTOSKOPICKÉ METODY

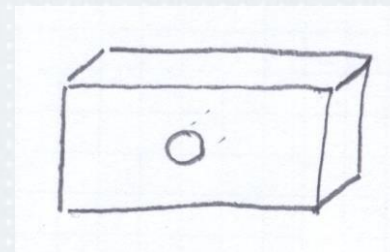
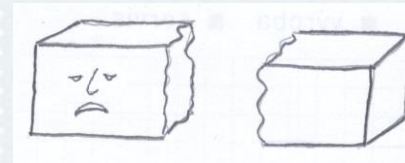
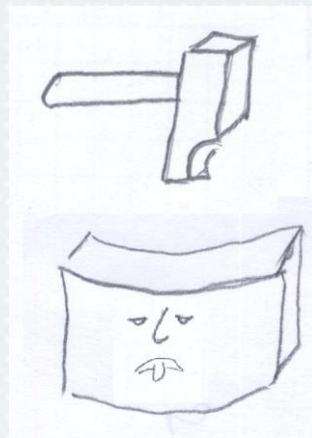
- hledají vady nebo změny struktury
- metody nevyžadující porušení zkoušené hmoty

Základní dělení nedestruktivních metod:

- **čisté**
- **ostatní**

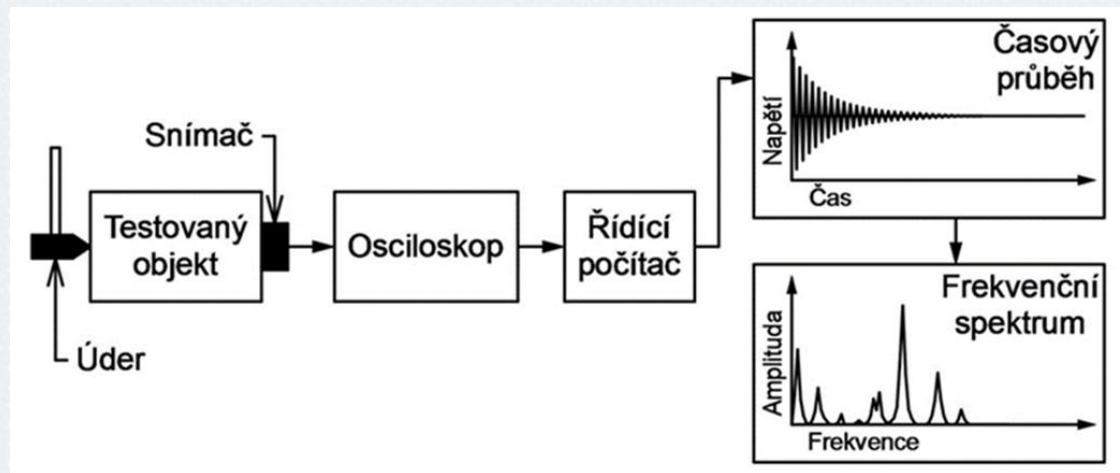
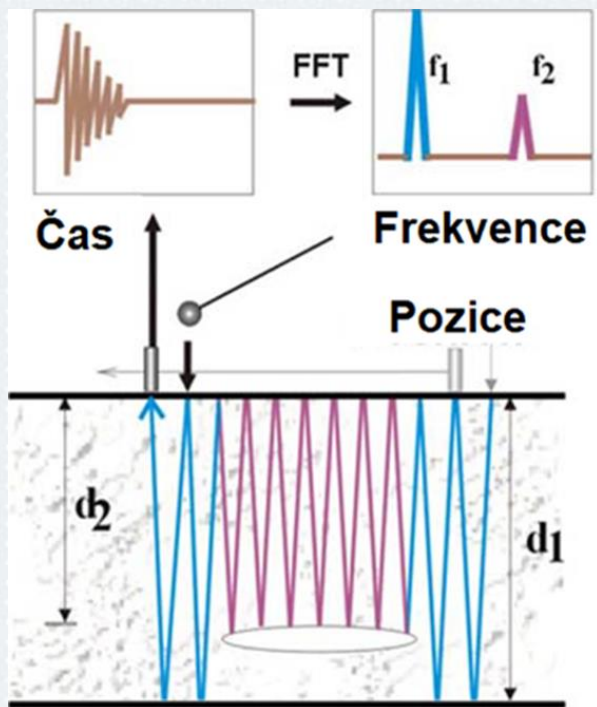
**Žádná metoda nedestruktivního zkoušení neodhalí všechno.**

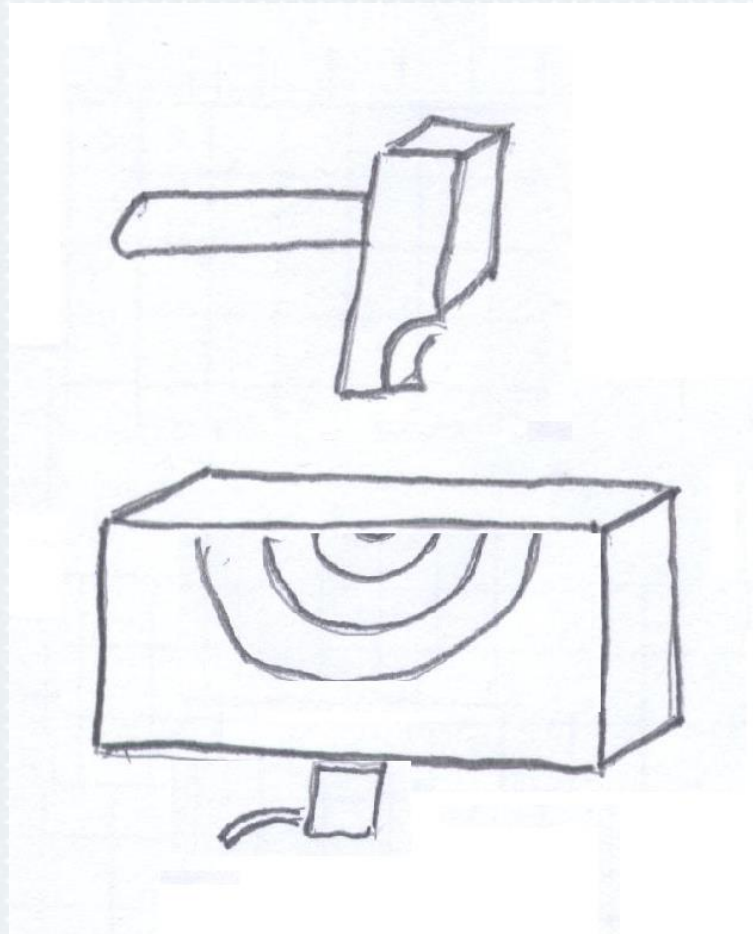
**Volba optimální metody nebo kombinace závisí na konkrétní aplikaci, materiálu atd.**



# METODA IMPACT-ECHO (REZONANČNÍ METODA)

**Princip:** analýza odezvy mechanického impulzu, který vybudí ve zkoumaném prvku harmonické vlnění na vlastní frekvenci a na vyšších harmonických frekvencích





# URČENÍ SOUČINITELE TEPELNÉ VODIVOSTI NESTACIONÁRNÍ METODOU

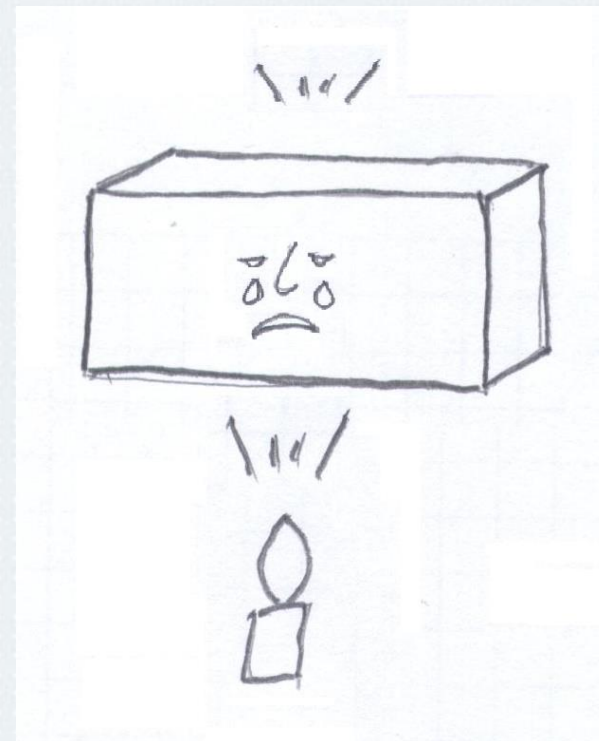
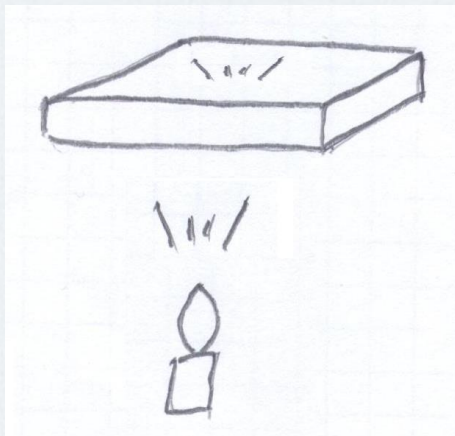
Šíření tepla v prostředí se děje třemi způsoby: *vedením, prouděním a zářením*. V tuhých látkách převládá často vedení tepla nad ostatními mechanismy, kdy částice látky s vyšší kinetickou energií předávají část své pohybové energie sousedním částicím s nižší kinetickou energií. K tomu dochází prostřednictvím srážek částic, přičemž částice se v objemu hmoty nepohybují, pouze oscilují kolem své rovnovážné polohy.

Rychlost s jakou se teplo v prostředí šíří určuje tzv. **tepelná vodivost**, porovnání látek pak umožňuje **součinitel tepelné vodivosti**, bývá značen jako  $\lambda$  [ $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ]. Podle hodnoty  $\lambda$  lze látky rozdělit na tepelné vodiče a tepelné izolanty. Při neustáleném (*nestacionárním*) vedení tepla dochází ke změně teploty v jednotlivých částech tělesa.

Pro výpočet měrné tepelné vodivosti  $\lambda$  použijeme vztah:

$$\lambda = \frac{\rho \cdot c \cdot r^2}{4 \cdot \Delta t} \cdot \left[ \frac{\Delta t}{t_m} + \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{\Delta t}{t_m} \right)^2 + \frac{5}{12} \cdot \left( \frac{\Delta t}{t_m} \right)^3 \right]$$

$\rho$  – hustota;  $c$  – měrná tepelná kapacita;  $r$  – vzdálenost od zdroje tepla;  $\Delta t$  – časová délka trvání tepelného pulsu;  $t_m$  – čas potřebný k dosažení maxima tepelného pulsu na teplotním bodovém čidlu





# TEPELNÉ VODIVOST

## Teorie

$\lambda$  [ $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ] - součinitel tepelné vodivosti

$\rho$  - hustota [ $kg \cdot m^{-3}$ ]

$c$  - měrná tepelná kapacita [ $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$ ]

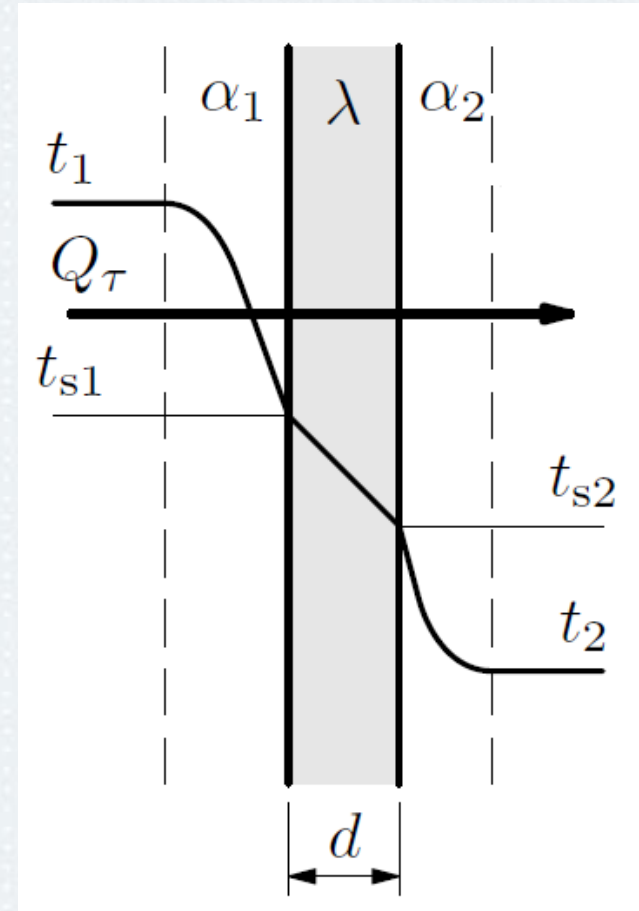
$T$  - termodynamická teplota [ $K$ ]

$t$  - čas [ $s$ ]

$Q$  - tepelný zdroj [ $W$ ]

$$\nabla^2 = \nabla \cdot \nabla = \text{div grad} = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

$$Q + \frac{\lambda}{\rho \cdot c} \cdot \nabla^2 T = \frac{\partial T}{\partial t}$$



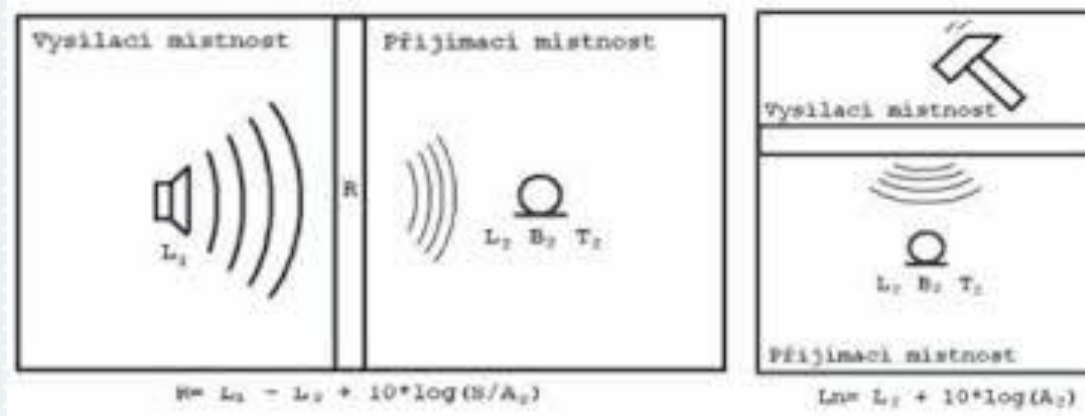
# URČENÍ AKUSTICKÉ (vzduchové) NEPRŮZVUČNOSTI

Neprůzvučnost je vlastnost stavební konstrukce propouštět zvuk v zeslabené míře a dělíme ji na:

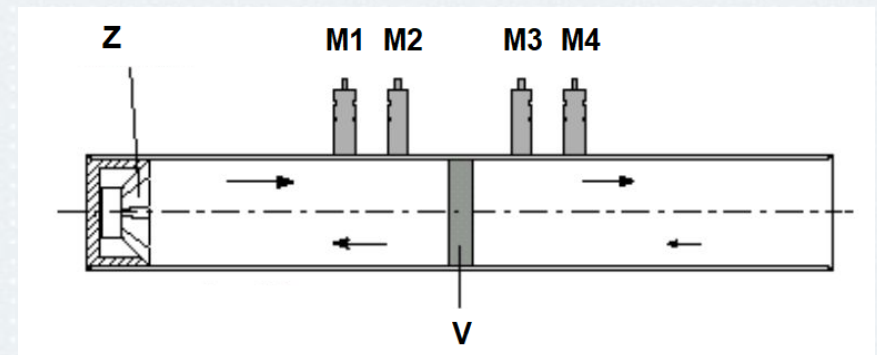
- vzduchovou - proti zvukům šířícím se vzduchem,
- kročejovou - proti kročejovému hluku.

Měření se provádí v souladu s ČSN EN ISO 140-4 tak, že do místnosti zdroje se umístí všesměrový zdroj zvuku a vybudí se zvukové pole s použitím širokopásmového signálu. Výkon zdroje musí být takový, aby hladiny akustického tlaku v místnosti příjmu byly alespoň 10 dB nad hladinou pozadí. Změří se průměrné hladiny akustického tlaku v místnosti zdroje  $L_1$  a v místnosti příjmu  $L_2$  (při více polohách mikrofону). Měření se provádí v třetinooktávových pásmech od 100 Hz do 3 150 Hz, případně v doporučené rozšířené kmitočtové oblasti od 50 Hz do 5 000 Hz.

# URČENÍ AKUSTICKÉ NEPRŮZVUČNOSTI



Z - zdroj  
M1 ... M4 – mikrofón  
V - vzorek

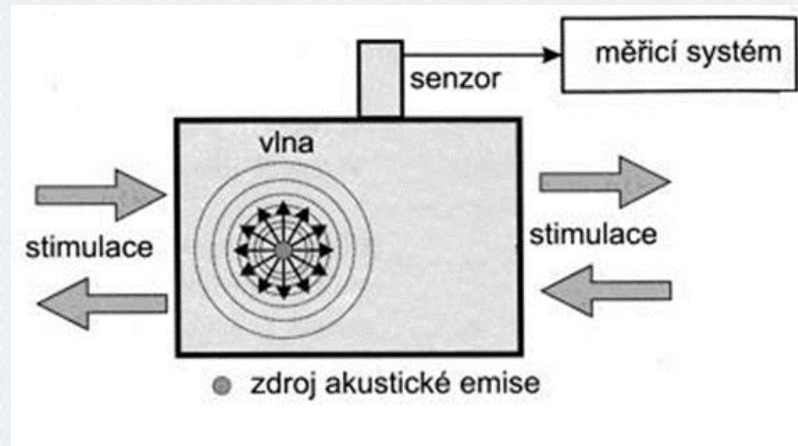


## METODA AKUSTICKÉ EMISE

Akustická emise je fyzikální jev – pozorujeme akustické signály uvolněné v mechanicky nebo tepelně namáhaném tělese

**Zdrojem signálů** akustické emise – **náhlé uvolnění energie v materiálu** (deformační, lomové, nebo fázové přeměny v materiálu)

**Akustická emise** je nedestruktivní pasivní metodou – **neovlivňuje měřený objekt** a podává celkové informace o momentálním dynamickém stavu materiálu



**Děkuji za pozornost**