



# Nedestruktivní metody

210DPSM

Jan Zatloukal



# Diagnostické nedestruktivní metody

- proces stanovení určitých charakteristik materiálu či prvku bez jeho destrukce
- pomocí metod založených na principu interakce energie a materiálových vlastností



# Nejčastěji zjišťované charakteristiky stavebních materiálů nedestruktivními metodami

- Mechanické pevnosti materiálu
  - Např. tvrdoměry
- Krycí vrstva a poloha výztuže
  - Např. elektromagnetické metody

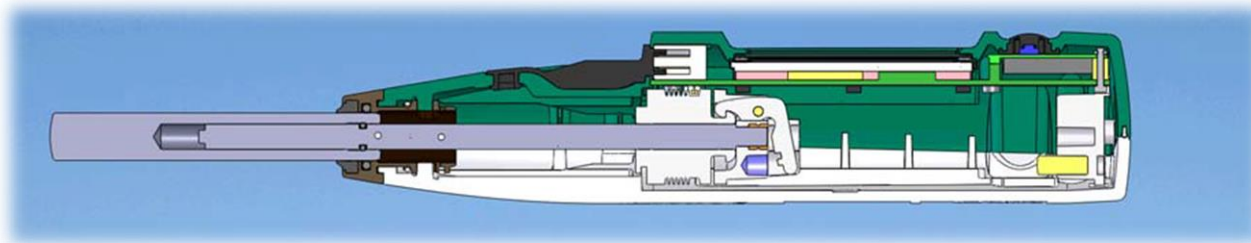
# Tvrdoměry

- Testovanou vlastností je pevnost
- Mechanická tvrdoměrná odrazová metoda
- Korelace tvrdosti a pevnosti v tlaku
- Hodnota pevnosti jen z blízkého okolí povrchu



# Tvrdoměry

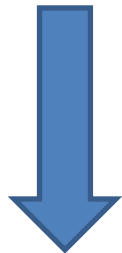
- Měření založeno na principu interakce energie a vlastností materiálu
  - Hodnota je naměřena odskokem úderníku od povrchu zkoušeného vzorku



- Ovlivnění výsledků
  - kvalita povrchu, karbonatace povrchové vrstvy
    - zkarbonatovanou vrstvou je nutné dle normy odstranit
  - pohyb vzorku při měření (pevné uchycení vzorku)
  - povrchová a vnitřní vlhkost

# Tvrdoměry

PŘEVOD



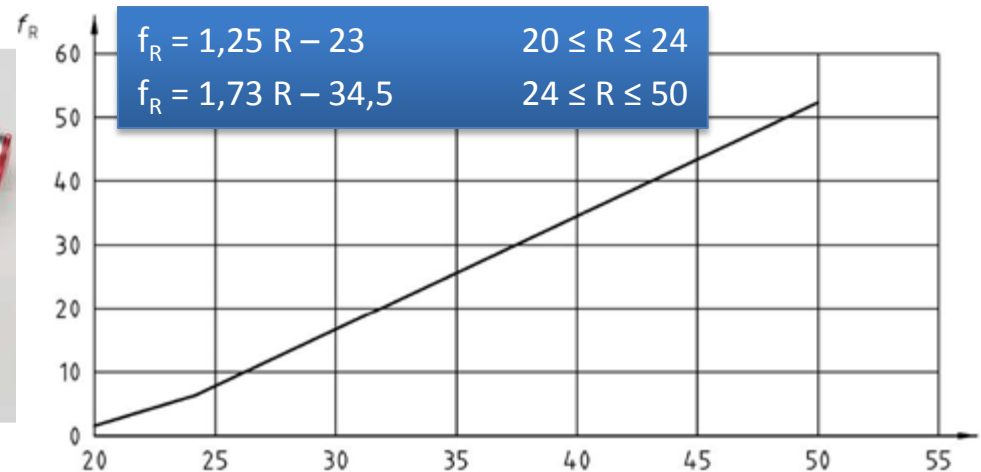
- Tvrdost
  - Mechanický odpor proti vnikání tvrdšího materiálu do vzorku
- Pevnost v tlaku
  - Kapacita materiálu odolat osově tlakové síle



- Princip převodu tvrdoměru
  - Čím tvrdší materiál je tím méně absorbuje mechanické energie

# Tvrdoměry

- Odskok  $R$  = vzdálenost odrazu hmoty od povrch vzorku
- Hodnota odskoku  $Q$  = poměr rychlostí  $v_R$  a  $v_0$ 
  - $Q$  nezávislé na směru provádění zkoušky



# Tvrdoměry

Zkušební plocha

min. 25 mm od kraje

min. 25 mm mezi  
sousedními body

300 mm

300 mm

ČSN EN 12504-2

Teplota 0° - 50° C

Verifikace vždy před a po měření

Na každé ploše minimálně devět čtení

Výsledkem zkoušky je střední hodnota

Jestliže více než 20% všech čtení se liší od střední hodnoty o více jak 30%, pak celé měření musí být zamítnuto



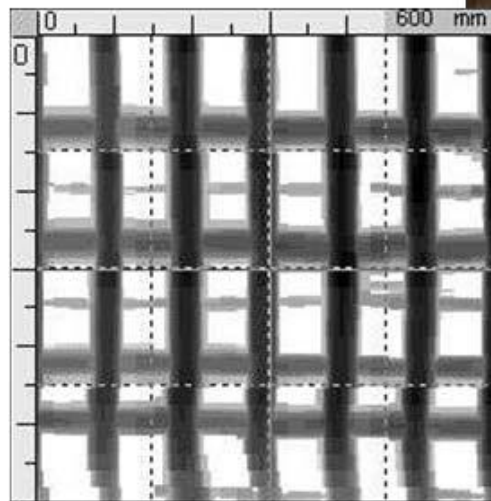


# Tvrdoměry

- Posouzení stejnoměrnosti uloženého betonu, ohraničení míst nebo oblastí s nižší jakostí
- Srovnávací zkoušení pro vztah s betonem se známou pevností
  - Např. Jádrové vývrty, zkoušení krychlí,..
- **NELZE** použít jako alternativa ke stanovení pevnosti betonu v tlaku

# Detekce výztuže

- Stanovení krycí vrstvy, polohy a rozměrů výztuže
- Metody s různými fyzikálními principy
- Omezení a přesnost metod



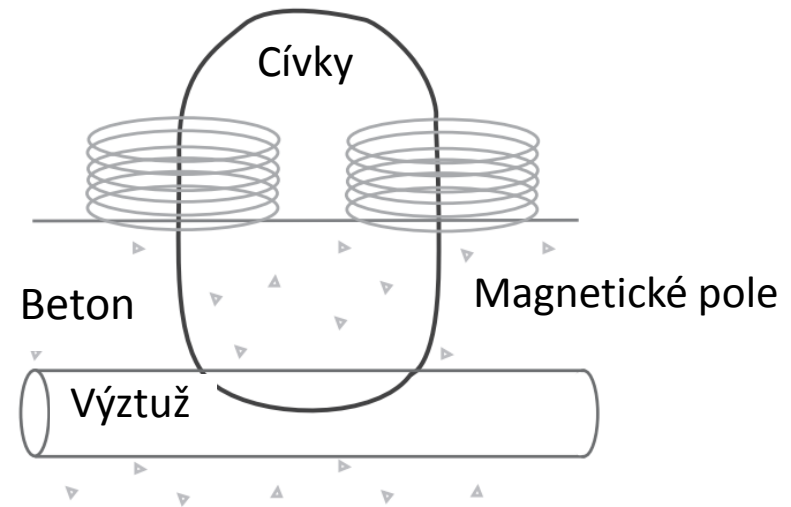


# Detekce výztuže

- Použití především elektromagnetických a magnetických metod
- **Problém:** V současnosti je k dispozici velké množství zařízení s různými funkcemi, ale fungující na nejasných fyzikálních principech (nedostatečné informace od výrobce)

# Elektromagnetické metody

- Poloha výztuže
- Rozteč výztuže
- Krytí výztuže
- Průměr výztuže
- Orientace výztuže



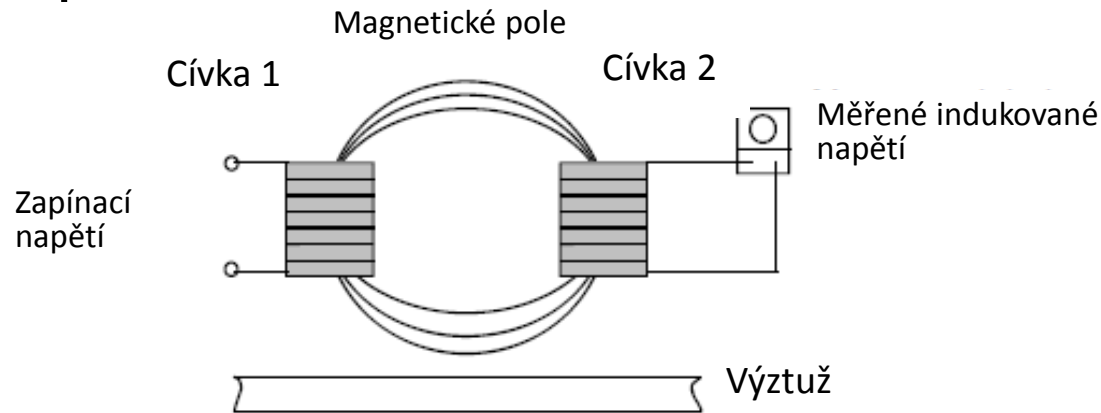
Profoscope®



# Indukční nízkofrekvenční metody

- Princip

Primární cívka s nízkou frekvencí střídavého napětí indukuje proud v sekundární cívce

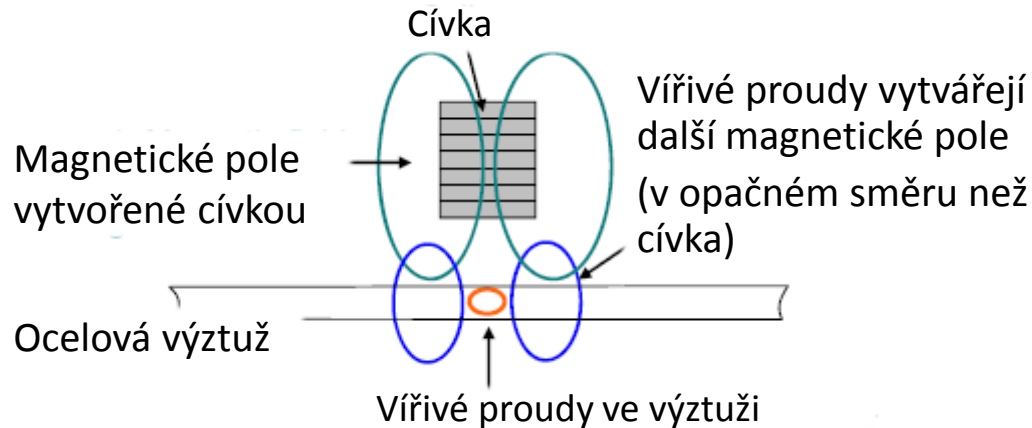


- detekována výztuž musí být feromagnetická
  - krytí výztuže lze měřit velmi přesně v závislosti na průměru a magnetických vlastnostech prutu

# Indukční vysokofrekvenční metody

- Princip

Elektromagnetická interakce mezi cívkou a indukovaným vířivým proudem ve výztuži



- detekována výztuž musí být elektricky vodivá
  - krytí výztuže lze měřit velmi přesně v závislosti na průměru, magnetických vlastnostech a vodivosti prutu

# Indukční metody

- měříme buď rozměry výztuže nebo krycí vrstvu (druhou hodnotu musíme vždy znát)
- Přesnost:  $\pm 1\text{mm}$  pro  $d_c$  40mm  
 $\pm 2\text{mm}$  pro  $d_c$  60mm
- Výhody: rychlá detekce v málo vyztužených prvcích
- Nevýhoda: určování pouze 1. a 2. (kolmé) vrstvy výztuže, vyžaduje zkušenosti








# Indukční metoda

- Měření krycí vrstvy (rozměr výztuže musíme znát) a polohy výztuže
  - Bod na displeji umístíme mezi dva pruty výztuže
  - Hloubka detekce cca 10 cm

Pohyb kříže 

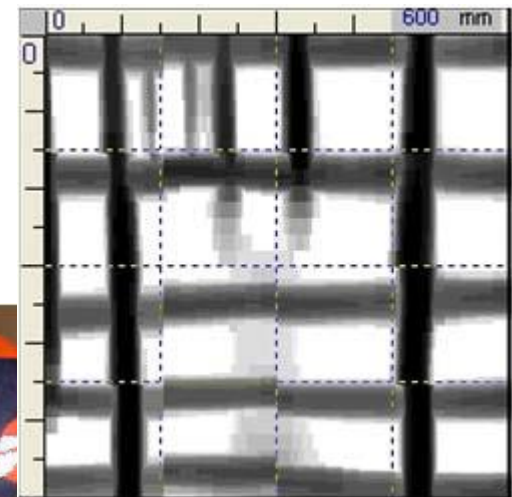
- nejvzdálenější bod 
- Vedlejší výztuž 
- Směr měření 



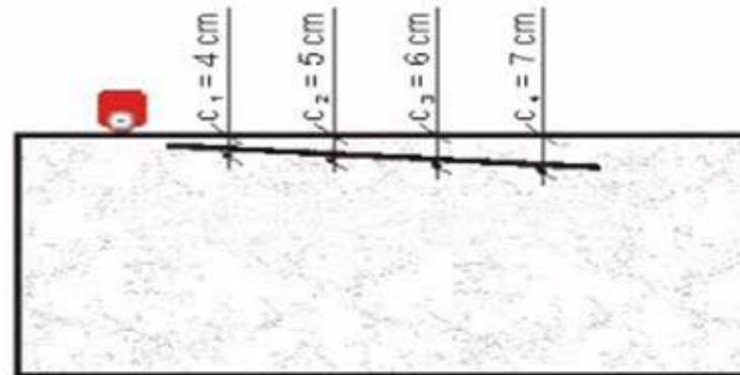


# Indukční nízkofrekvenční metoda

- Měření polohy výztuže (tloušťku krycí vrstvy musíme znát)
  - Hloubka detekce cca 10 cm
    - Platí pro osovou vzdálenost výztuže větší než 10 cm

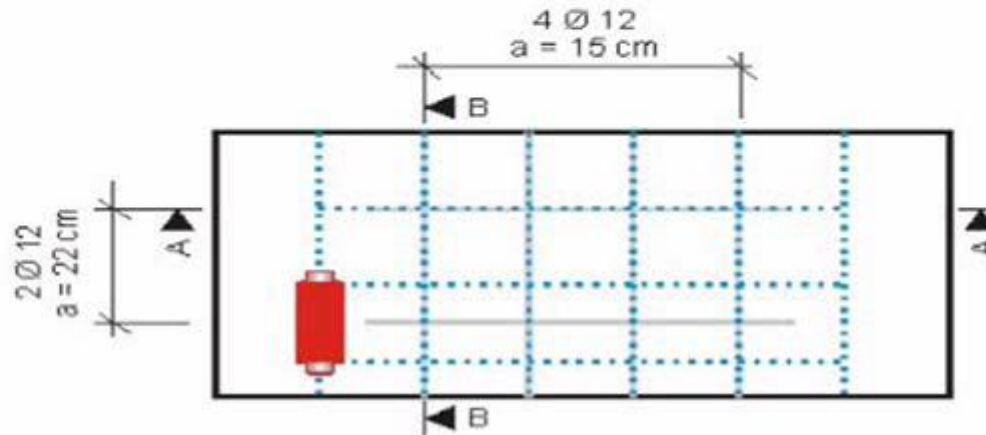
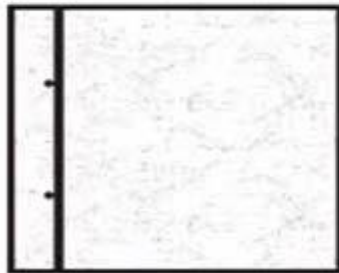


# Zobrazení výsledků

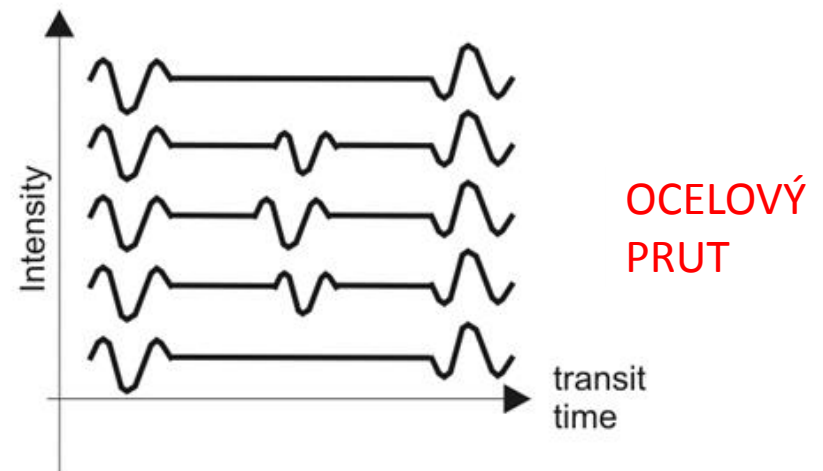
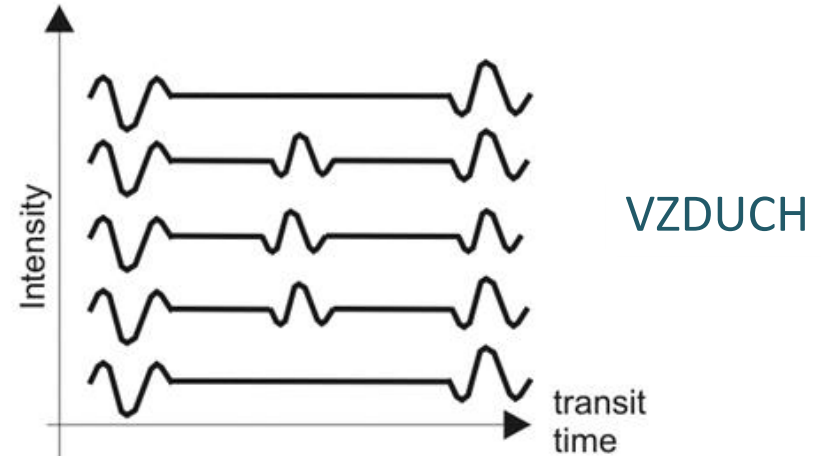
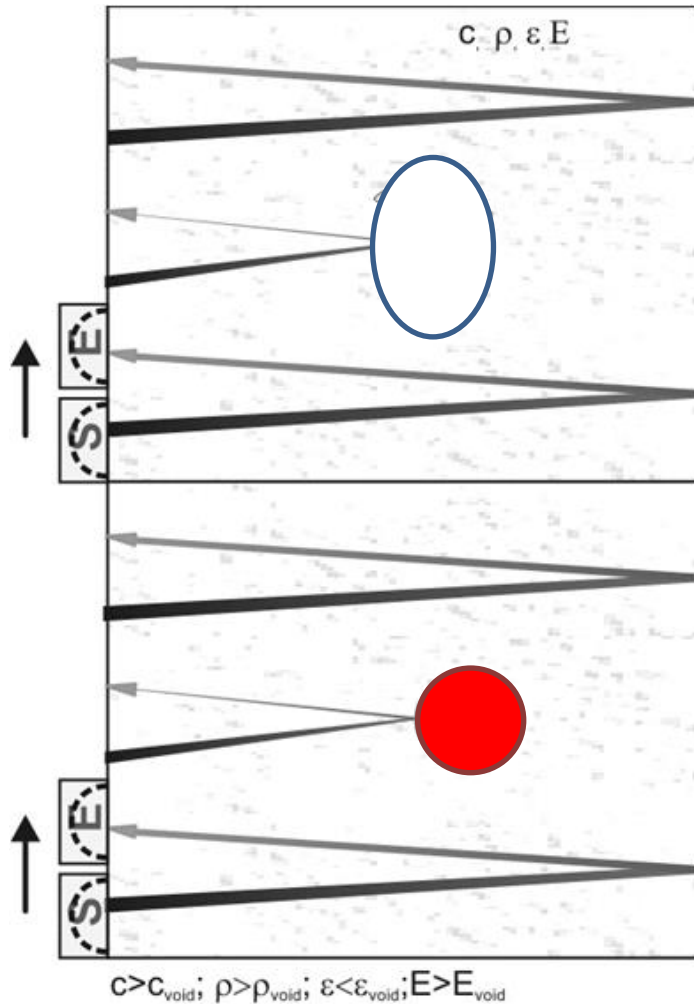


ŘEZ A-A

ŘEZ B-B



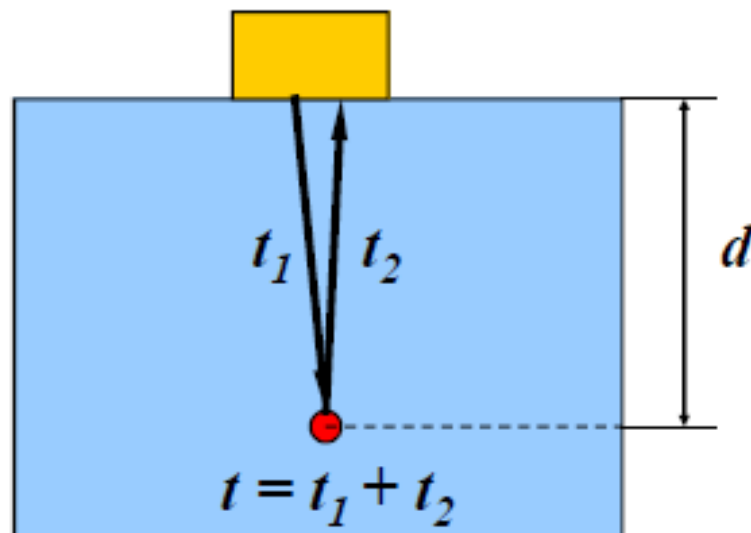
# Radar princip



# Radar

- Přesné měření hloubky výztuže vyžaduje znalost rychlosti přenosu vln v materiálu
- Hloubka **d** se vypočítá z rychlosti **v** a času průchodu vlny **t**

$$d = \frac{v_{material} \cdot t}{2}$$



# Radar - Multidetektor

- Detekce polohy výztuže, materiálu výztuže a přibližné krycí vrstvy
- Automatické určení výztuže
- Hloubka detekce cca 8-12 cm



# Radár vs indukční metody

- Závislost účinnosti metody na prostředí

	Vzduch			Beton			Navlhlý beton		
Radár	+++	+++		++	++	○	○	○	-
Indukční metody	+++	+++		+++	+++	-	+++	+++	-

+++ velmi dobrý ++ dobrý + rozpoznatelný ○ slabý – bez signálu