



Diagnostika poruch stavebních materiálů

210DPSM

Radoslav Sovják, Jan Zatloukal, Jiří Litoš, Pavel Reiterman

Zápočet

- Úlohy v semestru
 - Dostupné na stránkách EC
 - Měření na cvičeních
- Semestrální práce

Zkouška

- Nejlepší sem. práce
→ A
- Dále jsou 2 varianty:
 - Ústní zkouška
 - Prezentace na téma „Měřicí a diagnostická technika, diagnostické analýzy“
 - Optická vlákna
 - Chemické analýzy
 - Tenzometrie
 -



Semestrální práce

- Prezentace (cca 7 – 10 - 13 min)
(min. - opt. - max.)
- Krátká zpráva (cca 10 stran)
 - Popis poruchy
 - Možné příčiny vzniku
 - Možnosti sanace
 - Finanční rozvaha sanace
 -



Přednášky



Úvod	• Radoslav Sovják
Nedestruktivní metody	• Jan Zatloukal
Diagnostika stavebních konstrukcí	• Jiří Litoš
Poruchy betonových konstrukcí	• Pavel Reiterman
Diagnostika v podzemí	• Jiří Štástka

Diagnostika poruch stavebních materiálů

- Diagnostika je věda, zjišťující stav materiálu (konstrukce) a navrhuje opatření
- Soubor detekčních metod pro určení stupně poškození materiálu (konstrukce)

Stavebně technický průzkum

- **První průzkum (zběžný)**
 - Vizuální inspekce
 - Je důležité zjistit co nejvíce informací o konstrukci
 - Hrubý odhad stavu konstrukce
 - V případě trhlin, porušení povrchových vrstev, prosakování vody je zapotřebí detailní, druhý průzkum
- **Druhý průzkum (detailní)**
 - Detailní průzkum: hloubka karbonatace, rozsah koroze výztuže, rozsah trhlin, průsaky vody, pevnost betonu, vlhkost zdiva, pevnost zdiva, úbytek plochy ocelových profilů, průhyby, degradace povrchových vrstev,...
- **Třetí průzkum (dodatečný)**
 - Třetí průzkum je potřebný v případě, že stav konstrukce je vážný

První průzkum

- Popis zkoumaného objektu
 - Funkce objektu, konstrukční systém, materiál, historie užívání, stáří, rekonstrukce, stavební zásahy a jakékoli další možné informace
- Vizuální prohlídka konstrukce a popis poruchy
- Předběžné zhodnocení stavu objektu
- Návrh podrobného (druhého) průzkumu
 - odhad materiálu nosných konstrukcí, stanovení kritických míst, výběr diagnostických metod, plán měření a zkoušek
 - Zakreslení míst vybraných pro diagnostické metody
- Inženýrsko-geologické zhodnocení podzákladí objektu

(Po druhém/třetím průzkumu - Návrh sanace objektu)

Vizuální prohlídka (Semestrální práce)

- Subjektivní postup a hodnocení
- Srovnání provedení konstrukce s projektovou dokumentací
- Kvalita provedení (vazba zdiva, kvalita betonu, dodržení krycí vrstvy,...)
- Výskyt trhlin a vyhodnocení příčiny vzniku trhlin
- Zakreslení trhliny do projektové dokumentace
- Posouzení degradace stavebních materiálů
- Rozsah vlhkostního poškození
- Předběžné vyhodnocení stavu konstrukce
- Určení míst pro odběr vzorků

Geologické podmínky

- Česká geologická služba: [Mapový server ČGS](#)
 - Půdní mapy
 - Geohazard
 - Mapy radonového indexu
 - Svahové nestability
 - Těžební odpady
 - Registr rizikových úložných míst
 - Geologická prozkoumanost
 - Vrtná prozkoumanost

Diagnostické nedestruktivní metody

Plně nedestruktivní Částečné porušení

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Levné• Rychlé• Nepoškozuje objekt• Větší množství měřených míst• Velký rozptyl naměřených dat | <ul style="list-style-type: none">• Drahé• Časově náročné• Částečně poškozuje objekt• Malé množství měřených míst• Přesné |
|---|---|

Nedestruktivní metody

- Nevyžadují výraznější narušení vzorku
- Opakovatelnost (nejvýznamnější přednost)
- Změny mechanických vlastností v čase
- Nutná tvorba kalibračních vztahů
 - Pro kalibrační vztahy jsou nutné destruktivní zkoušky



Metody pro nedestruktivní ověřování stavebních materiálů

Metody mechanické

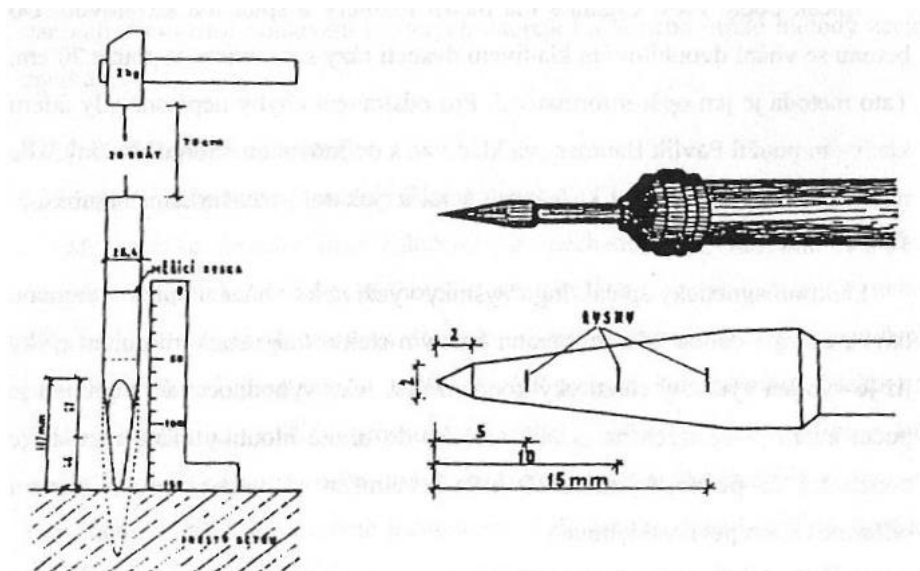
- Metody dynamické
- Metody optické
- Metody termovizní
- Metody elektrické
- Metody elektromagnetické
- Metody radiační

Metody mechanické

- Metody tvrdoměrné/plně nedestruktivní
 - metody špičákové
 - metody odrazové
 - metody vtiskové
- Metody místního porušení
 - vytrhávací zkoušky
 - jádrové vývrty
 - vylamovací metody

Metody mechanické / tvrdoměrné / **Metody špičákové**

- Místní (zanedbatelné) narušení povrchu
- Měřený parametr: hloubka vniku špičáku
 - 20 rázů, kladivo 2kg, rozmach 70cm



Metody mechanické / tvrdoměrné / **Metody odrazové**

- Míra odskoku úderníku vrhaného proti povrchu zkoušeného vzorku
- Ovlivnění výsledků
 - jemnost/drsnost povrchu, karbonatace povrchové vrstvy
 - zkarbonatovanou vrstvu je nutné dle normy odstranit
 - pohyb vzorku při měření (pevné uchycení vzorku)
 - povrchová a vnitřní vlhkost

Metody mechanické / tvrdoměrné / **Metody odrazové**

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

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



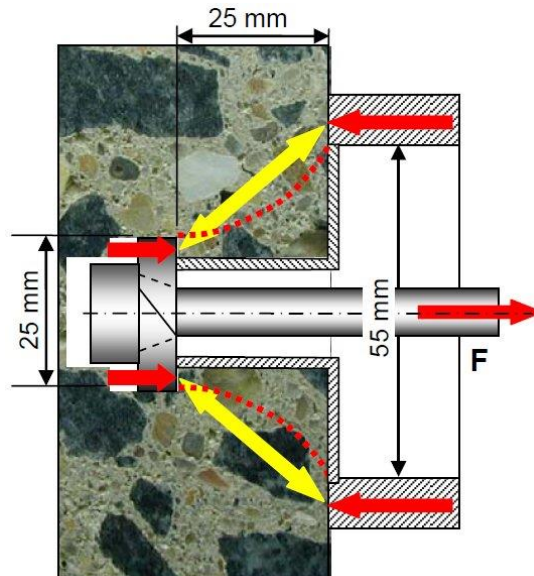
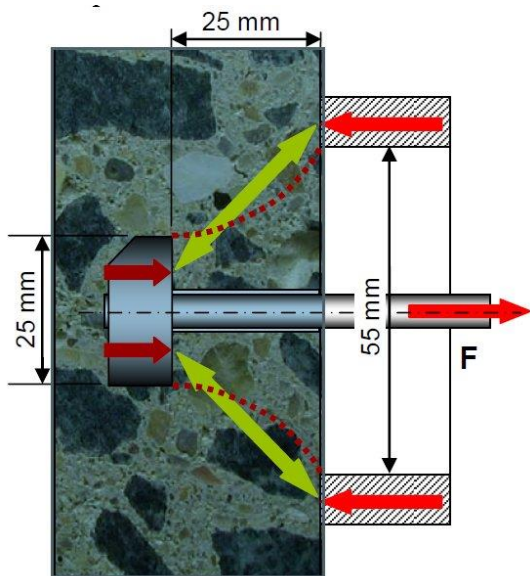
Metody mechanické / tvrdoměrné / **Metody odrazové**

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

Metody mechanické / místní porušení / Vytrhávací zkoušky

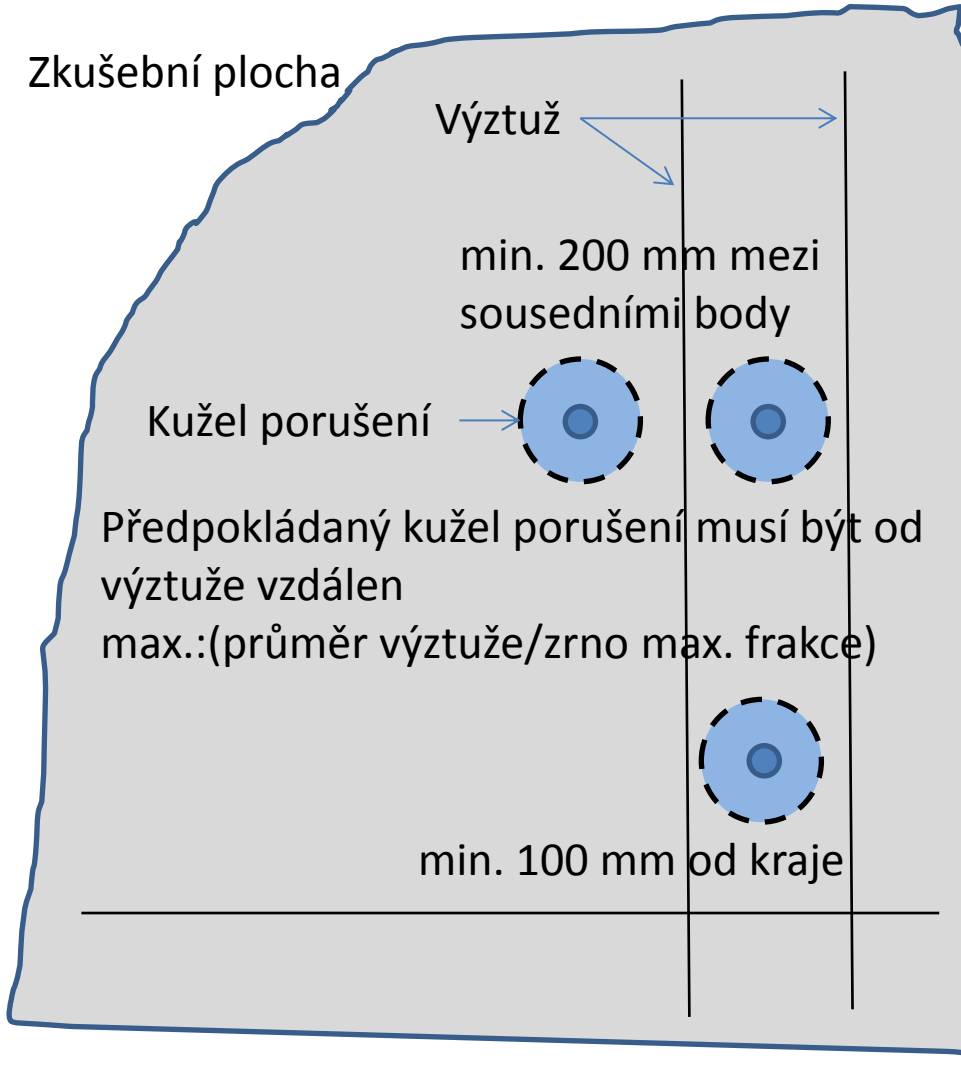
LOK test, CAPO test

- Měření maximální síly v tahu
- Předem zabetonovaná kovová vložka
- Dodatečně vyvrtaný výklenek
- Trhlina kruhového tvaru (konec testu)



Metody mechanické / místní porušení / Vytrhávací zkoušky

LOK test, CAPO test



- Nejmenší tloušťka betonu je 100 mm
- Počet zkoušek je závislý na variabilitě betonu a požadované přesnosti
- Zkouška se nesmí provádět na zmrzlém betonu
- Po ukončení zkoušky se ponechává kovová vložka v konstrukci

Metody mechanické / místní porušení / Vytrhávací zkoušky LOK test, CAPO test

Pevnost při vytržení lze vypočít (ČSN EN 12504-1)

$$f_p = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{1}{4} \pi (d_2 + d_1) \sqrt{4h^2 + (d_2 - d_1)^2}$$

f_p pevnost při vytržení

F síla při vytržení

A plocha povrchu v místě porušení

d_2 vnitřní průměr opěrné podložky, v milimetrech (55 mm)

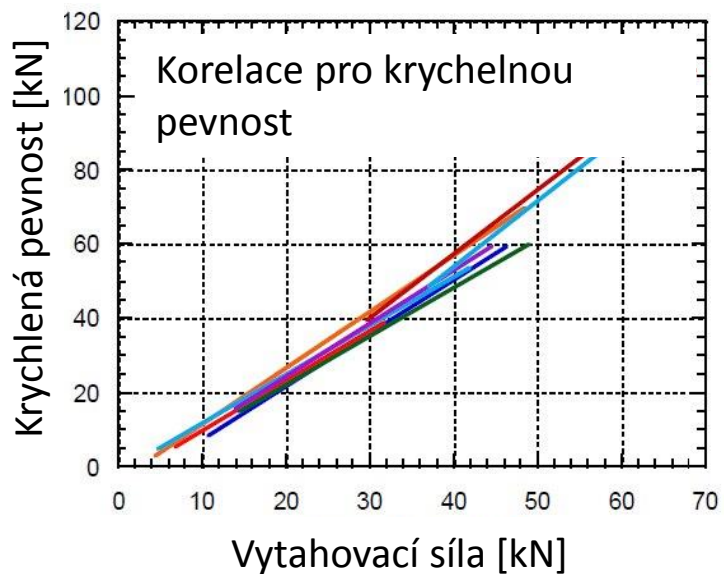
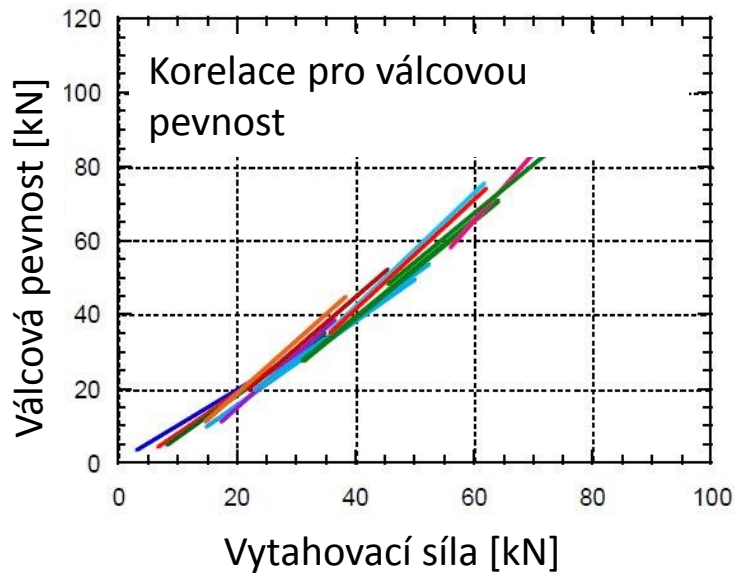
d_1 průměr hlavy kotouče vloženého do betonu, v milimetrech (25 mm)

h vzdálenost hlavy kotouče od povrchu betonu, v milimetrech

Metody mechanické / místní porušení / Vytrhávací zkoušky

LOK test, CAPO test

- Velmi dobře ohraničená korelace s destruktivními zkouškami v tlaku



Metody mechanické / místní porušení / **Vytrhávací zkoušky**
LOK test, CAPO test

- Ověření pevnosti na hotové konstrukci v případě, kdy referenční vzorky betonu selhaly
- Odhad zbytkové pevnosti betonu v již postavených konstrukcích
- Odhad pevnosti betonu na konstrukcích poničených požárem
- Tahové pevnosti mívají zpravidla větší rozptyl než tlakové pevnosti

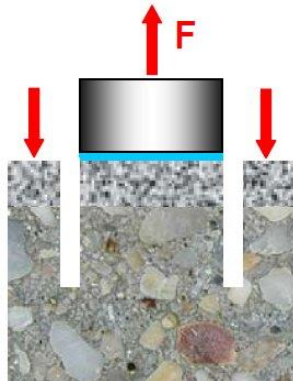
Metody mechanické / místní porušení / Vytrhávací zkoušky

BOND test

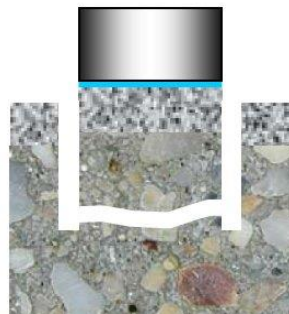
Pevnost vazby mezi podkladem a novou vrstvou

Odhad pevnosti v tahu betonu či jiných materiálů

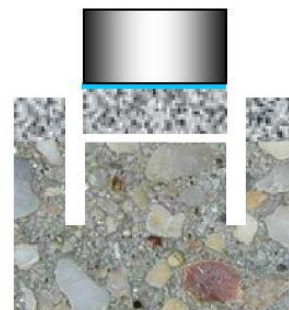
Odhad pevnosti v tlaku pomocí přibližného vztahu



BOND TEST



Tahová
kapacita
podkladního
materiálu



Rozhraní
podkladu a
povrchové
vrstvy

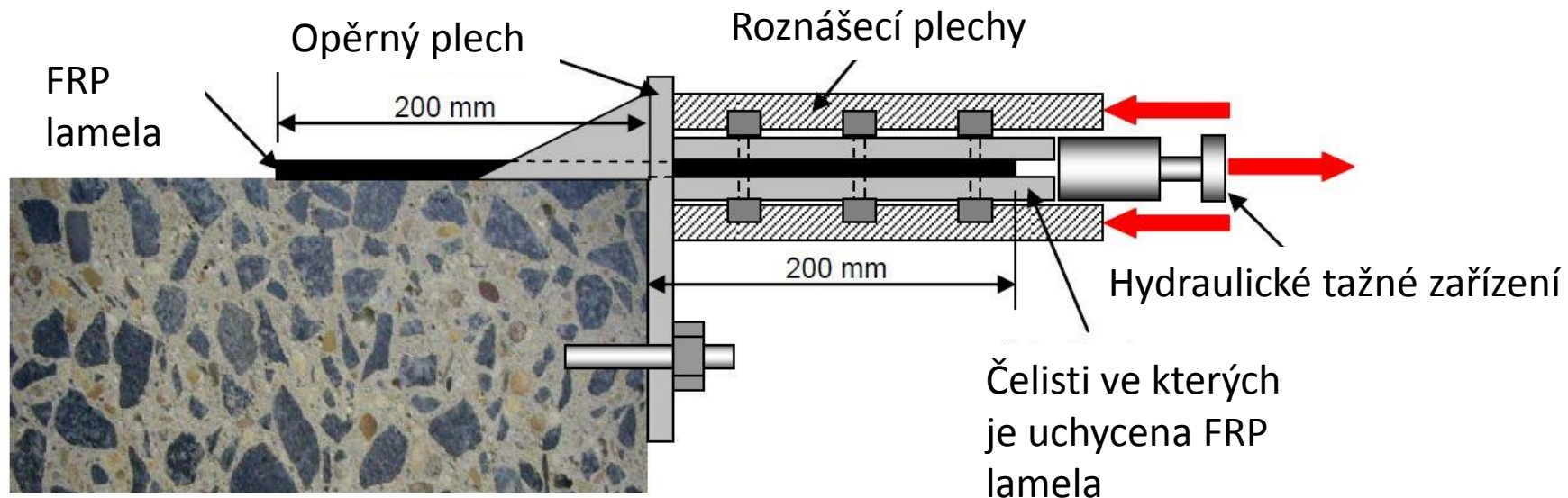


Tahová
kapacita
povrchové
vrstvy

Metody mechanické / místní porušení / Vytrhávací zkoušky

Vazební pevnost

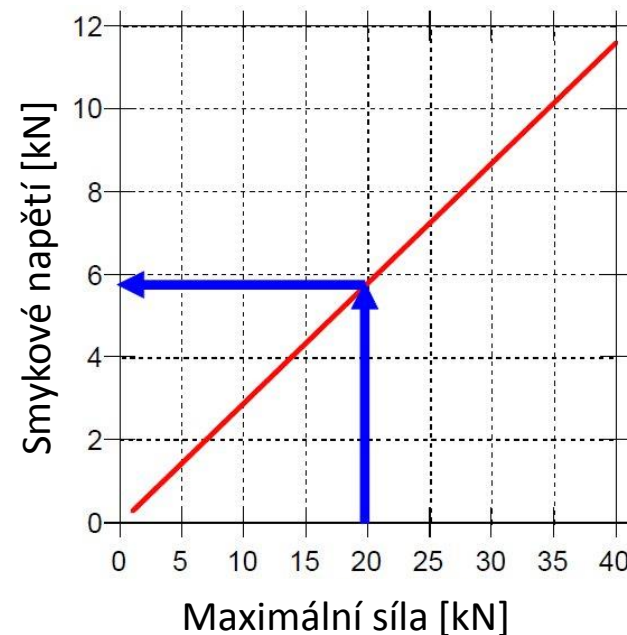
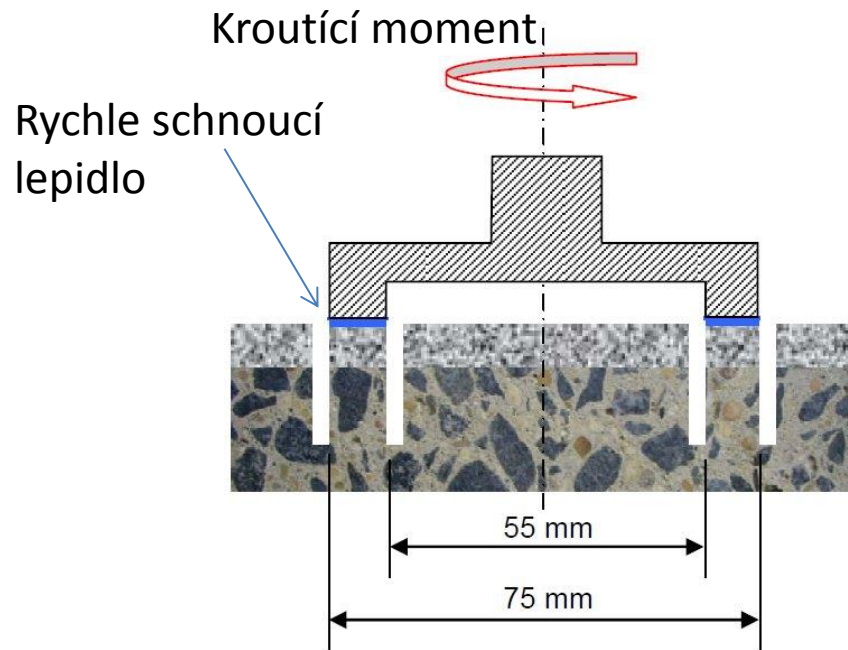
- Vazební smyková pevnost vlákny vyztuženého polymeru (CFRP, GFRP) připevněného k povrchu dřeva, oceli, cihly nebo betonu



Metody mechanické / místní porušení / Vytrhávací zkoušky

TORQ test

- Odhad pevnosti ve smyku



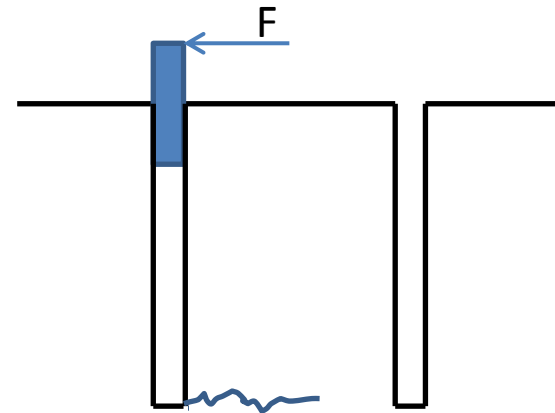


Metody mechanické / místní porušení / Jádrové vývrty



Metody mechanické / místní porušení / Jádrové vývrty

- Počet vývrtů se řídí velikostí konstrukce
 - Posouzení konstrukce jako celku vs. posouzení jednotlivých konstrukčních prvků (sloupy, stěny, trámy, desky) ?
 - Do 10 m^3 minimálně 3 jádrové vývrty
 - Do 50 m^3 minimálně 6 jádrových vývrtů
 - Nad 50 m^3 minimálně 9 jádrových vývrtů
- Dynamický modul pružnosti
- Pevnost v tlaku
- Vylamovací zkoušky
 - Vylomení vývrtu boční silou



Metody pro nedestruktivní ověřování stavebních materiálů

- Metody mechanické

Metody dynamické

- Metody optické
- Metody termovizní
- Metody elektrické
- Metody elektromagnetické
- Metody radiační

Metody dynamické

- Metody pulzní (Ultrazvuková metoda)
- Metody rezonanční (Modální analýza)
 - Zjišťování mechanicko-fyzikálních vlastností z rychlosti šíření akustického vlnění ve vzorku nebo konstrukci
 - Naměřené rychlosti souvisí s pružnými charakteristikami materiálu (dynamické moduly pružnosti, Poissonovo číslo, pevnosti apod.)
 - Metoda je měřítkem homogenity materiálu a slouží k určování defektů v konstrukci (trhliny, hnízda, dutiny apod.)

Metody dynamické / Ultrazvuková metoda

- Zjišťování vlastností z rychlosti šíření akustického (podélného) vlnění
- Doba potřebná pro průchod UZV vlnění vyšetřovaným prostředím
- Naměření rychlosti souvisí s pružnými charakteristikami betonu
- Měření homogenity materiálu, určování defektů v konstrukci



Metody dynamické / Ultrazvuková metoda

- Ultrazvukovou metodou lze získat :
 - Rychlost šíření vlnění UZ
 - Dynamický modul pružnosti a dynamický Poissonův koeficient
 - Pevnost
 - Hutnost
 - Narušení (degradace), měření trhlin

Metody dynamické / Ultrazvuková metoda

- Faktory ovlivňující měření rychlosti šíření impulsu
 - Vlhkost (způsob ošetřování, volná voda v pórech)
 - Teplota zkušebního vzorku (+10°C až +30°C)
 - Měřicí základna
 - Tvar a velikost tělesa
 - Vliv výztužných ocelí
 - Trhliny a dutiny

Metody dynamické / Ultrazvuková metoda

kvalita betonu	rychlost podélných vln [m/s]	orientační pevnost [MPa]
velmi špatná	pod 2000	-
špatná	2000 - 3000	do 1
nedobrá	3000 - 3500	do 15
dobrá	3500 - 4000	do 25
velmi dobrá	4000 - 4500	do 40
výborná	nad 4500	nad 40

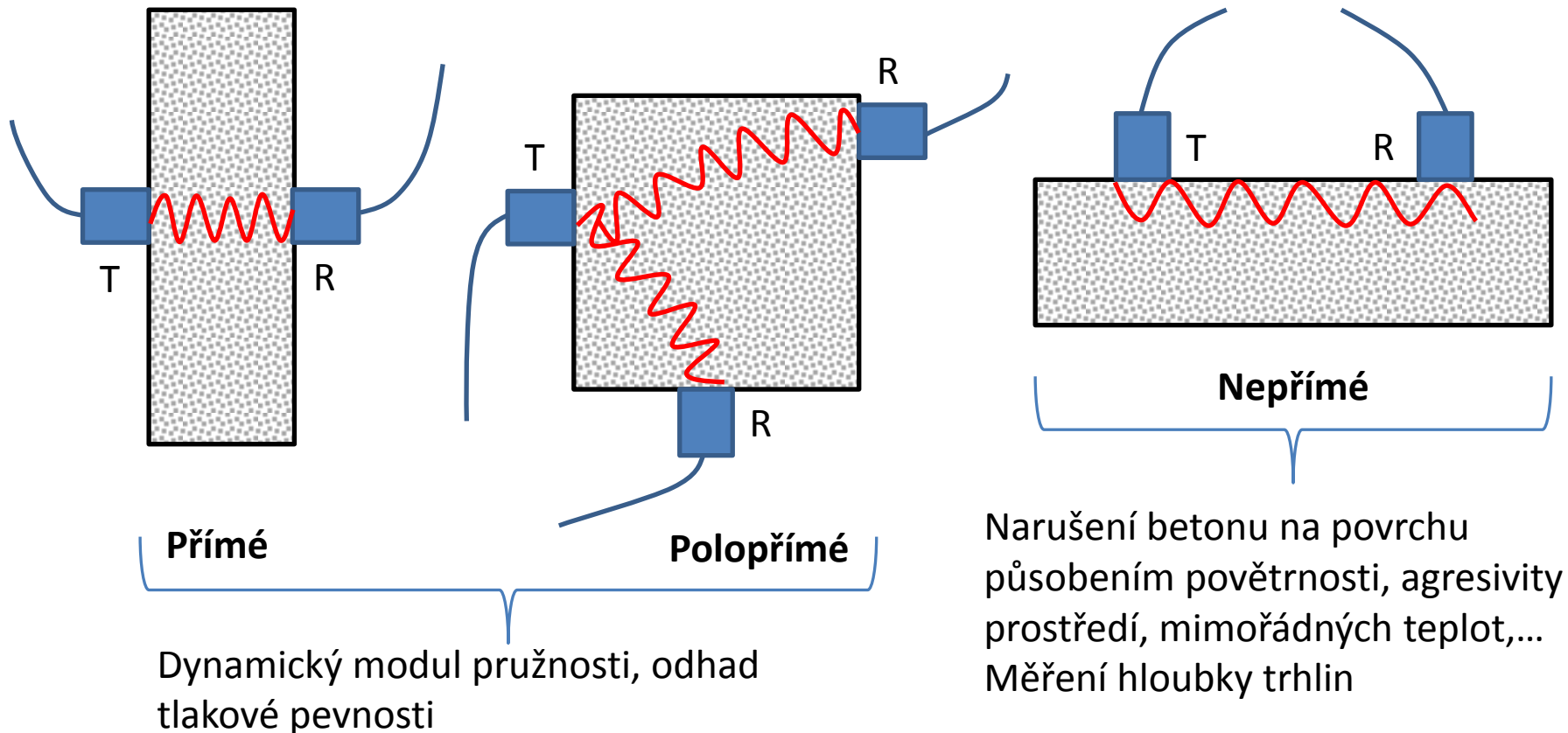


Kvalita materiálu v konstrukci se posuzuje:

- podle modulu pružnosti, a to na základě jejich pružných vlastností,
- empirickými závislostmi, určenými z korelačního vztahu mezi naměřenou rychlostí a pevností betonu.

Metody dynamické / Ultrazvuková metoda

- Uspořádání sond budiče (T) a snímače (R)



Metody dynamické / Ultrazvuková metoda

- Dynamický modul pružnosti v tlaku a tahu

$$E_{CU} = \rho v_L^2 \frac{1}{k^2}; v_L = \frac{L}{T}$$

ρ objemová hmotnost betonu [kg.m^{-3}]

v_L impulzová rychlost podélného UZ vlnění [km.s^{-1}]

k součinitel rozměrnosti prostředí (k_1, k_2, k_3)

L délka měřicí základny [mm] (optimum 200 - 600 mm)

T čas který uplyne při průběhu impulsu měřicí základnou [s]

$$k_1 = 1; k_2 = \sqrt{\frac{1}{1-\vartheta_{cu}^2}}; k_3 = \sqrt{\frac{1-\vartheta_{cu}}{(1+\vartheta_{cu})(1-2\vartheta_{cu})}}$$

ϑ_{cu} Poissonův koeficient (uveden v literatuře pro jednotlivé materiály)

Metody dynamické / Ultrazvuková metoda

- Informativní výpočet pevnosti betonu v tlaku

$$f_{be} = 9,9v_{L3}^2 - 56v_{L3} + 87,8 ; v_{L3} = \frac{k_3}{v_{L1}} ; \lambda = \frac{v_L}{f}$$

v_{L3} impulzová rychlost podélného UZ vlnění v trojrozměrném prostředí [km.s⁻¹]

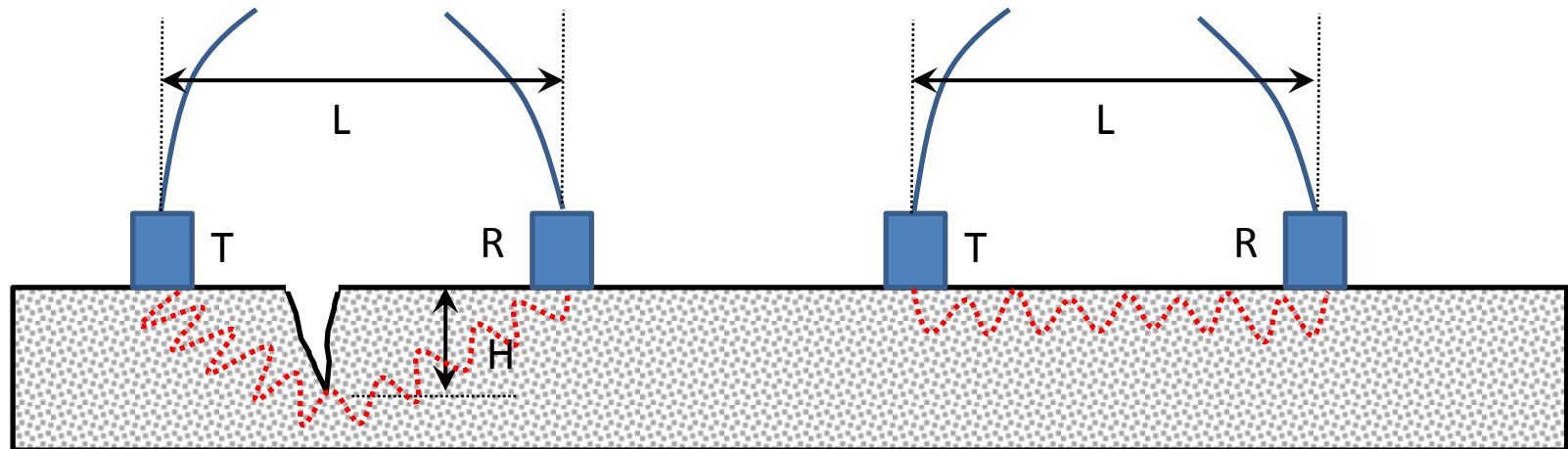
λ délka vlny [m]

f jmenovitá frekvence použité sondy [Hz]

- Jednorozměrné prostředí
pruty, hranoly, nosníky, kde mim. rozměr příčného řezu je menší nebo roven $0,2 \lambda$ ()
- Dvojitrozměrné prostředí
tenké desky, kde tloušťka desky je menší nebo rovna $0,2 \lambda$
- Trojrozměrné prostředí
krychle, kvádry, válce nosníky – rozměry příčného řezu kolmého na směr prozvučování jsou větší než 2λ

Metody dynamické / Ultrazvuková metoda

- Měření hloubky trhlin v betonu



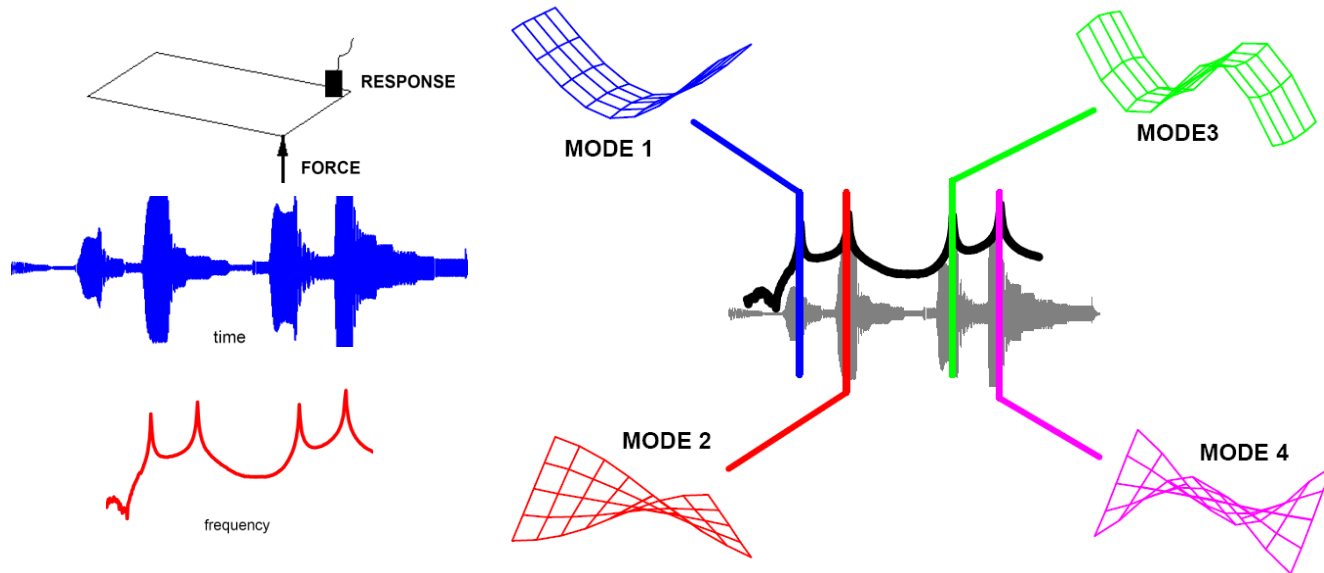
$$H = \frac{1}{2} v_L \sqrt{t_{u1}^2 - t_{u2}^2}; v_L = \frac{L}{t_{u2}}$$

t_{u2} je doba přechodu UZ impulsu v neporušeném betonu [s]

t_{u1} je doba přechodu UZ impulsu v místě trhliny [s]

Metody dynamické / Modální analýza

- Studie vlastních frekvencí a tvarů



- Vlastní frekvence a tvary původní vs. naměřené

Metody dynamické / Modální analýza





Metody dynamické / Modální analýza



Metody pro nedestruktivní ověřování stavebních materiálů

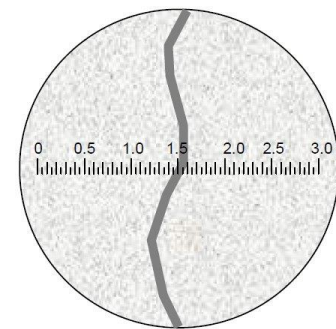
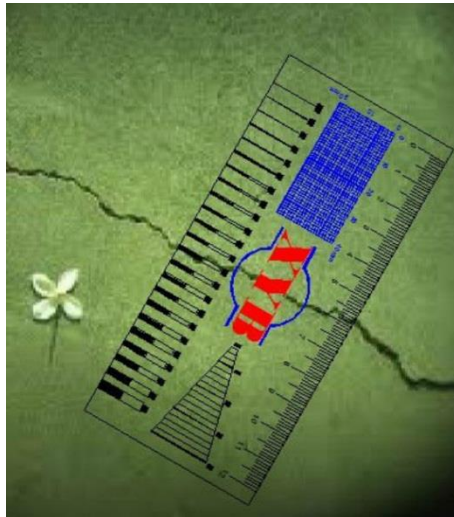
- Metody mechanické
- Metody dynamické

Metody optické

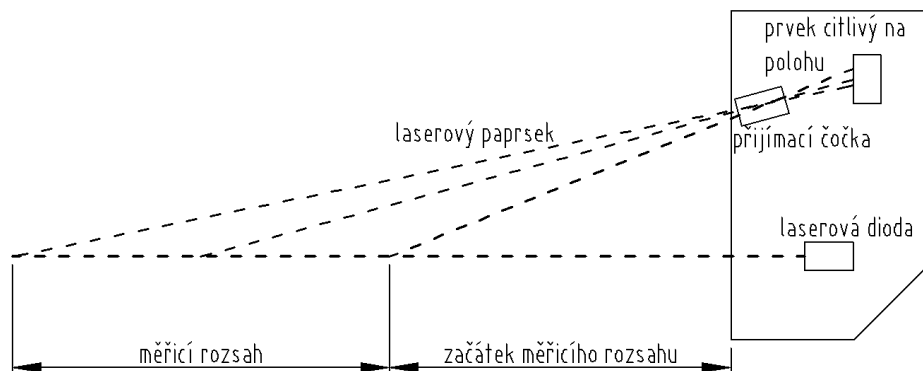
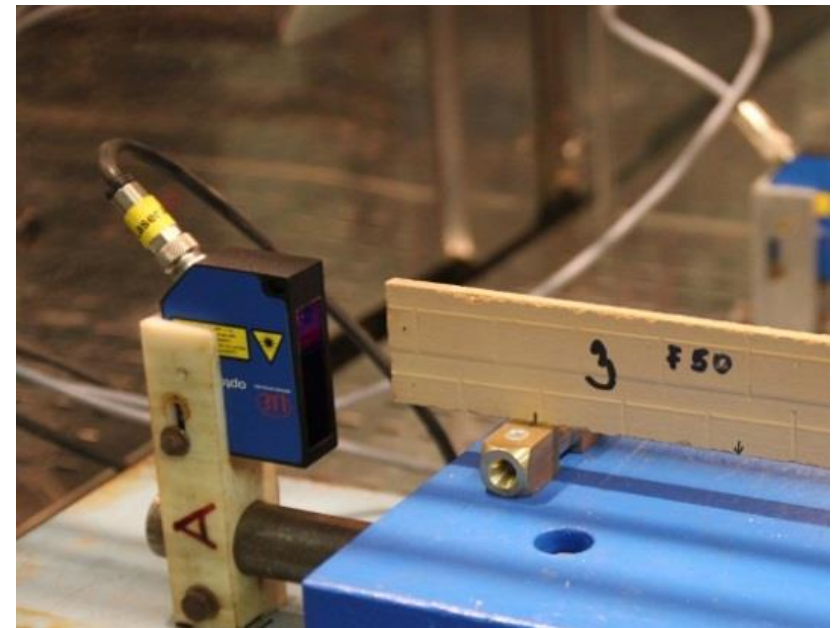
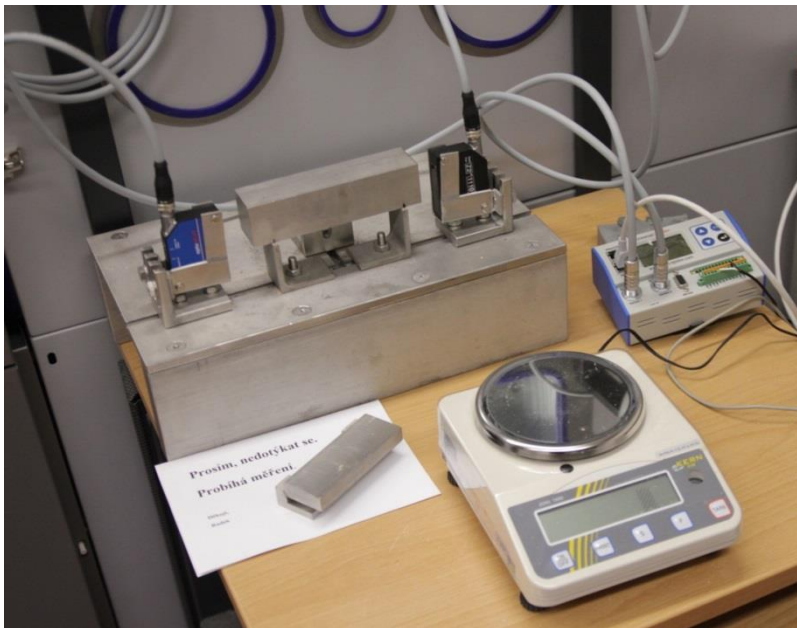
- Metody termovizní
- Metody elektrické
- Metody elektromagnetické
- Metody radiační

Metody optické / Trhlinový Mikroskop

- přesná měření šířky povrchové trhliny, měření hloubky povrchových děr
- 25 násobné zvětšení



Metody optické / Laserové snímače polohy



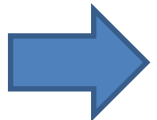
Měřicí rozsah	5mm
Začátek/konec měřicího rozsahu	20/25 mm
Provozní teplota	0...+50°C
Provozní vlhkost	5...95%
Rozlišení	0,6 mm

Metody optické / Endoskopické metody

- vizuální kontrola obtížně přístupných nebo nepřístupných míst
- mechanické vady, stupeň opotřebování, stav a postup koroze nebo eroze, kvalitu svarů (zejména oblast kořene), kvalitu opracování, povrchovou úpravu, toxické zasažení, apod.
- endoskopy se vyrábí od průměru 0.64 mm a do délek až 60 m

Metody pro nedestruktivní ověřování stavebních materiálů

- Metody mechanické
- Metody dynamické
- Metody optické

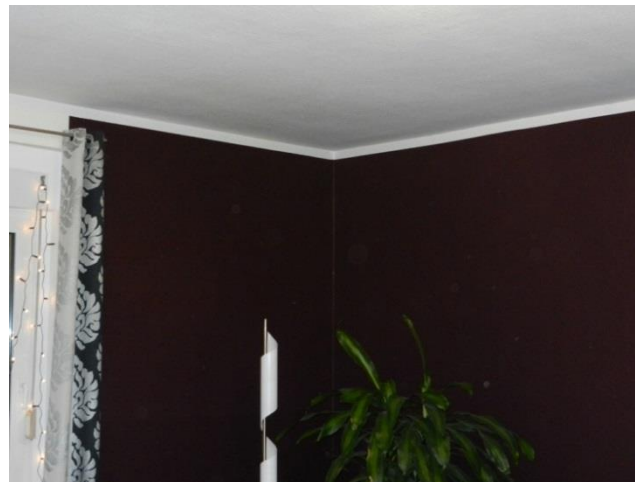
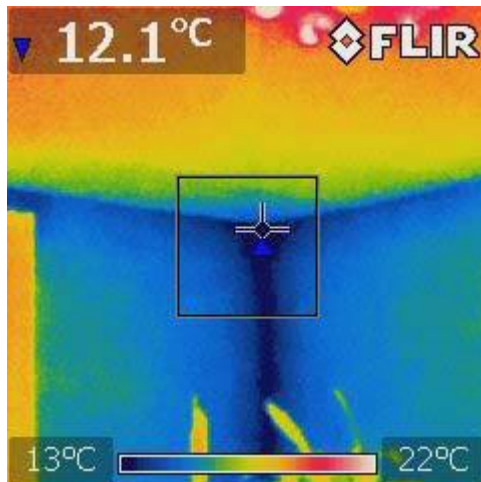


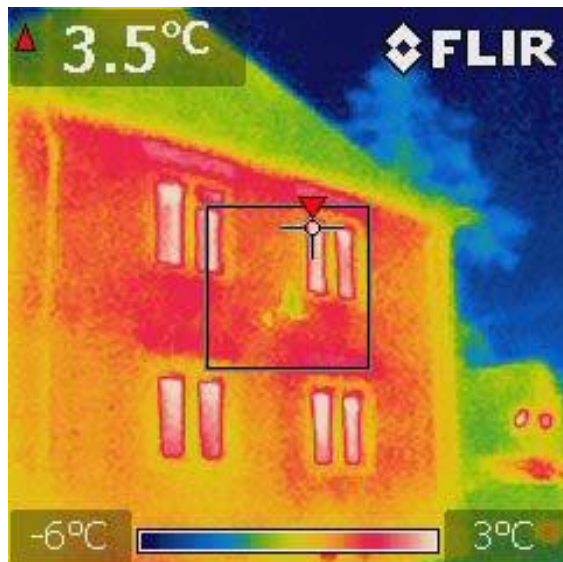
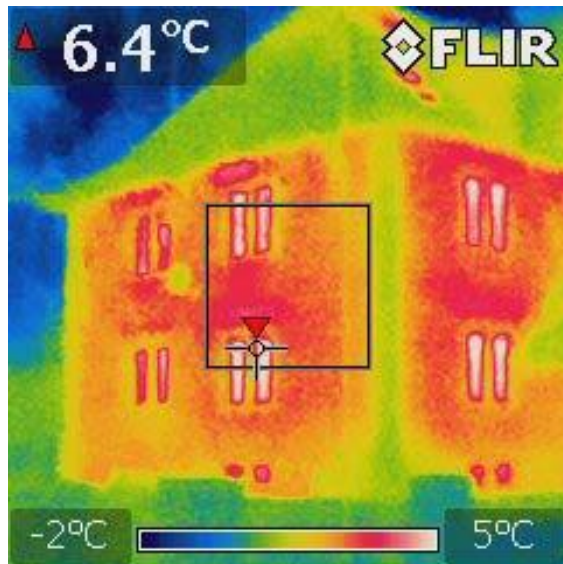
Metody termovizní

- Metody elektrické
- Metody elektromagnetické
- Metody radiační

Metody termovizní / Termokamera

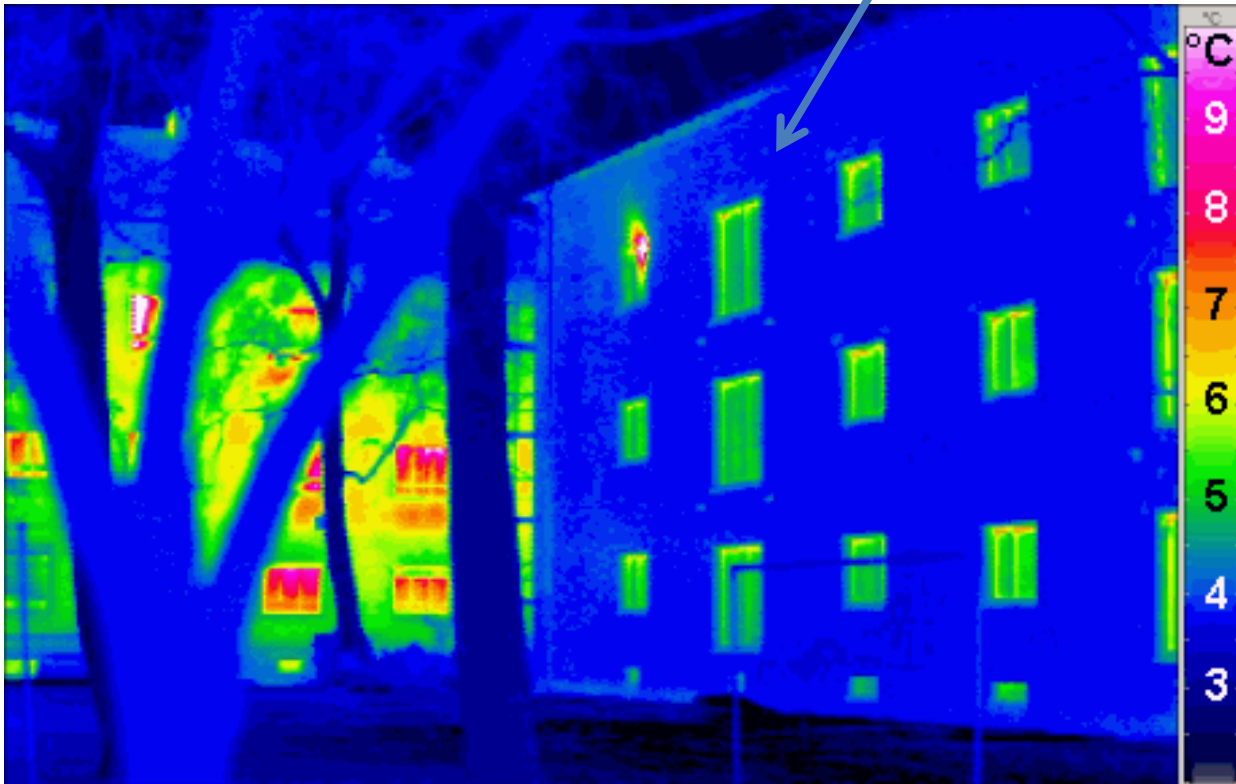
- odchylky a slabá místa na budovách
- nedestruktivní a bezdotyková metoda
- nalezení tepelných mostů, odhalování energetických ztrát a stavebních závad





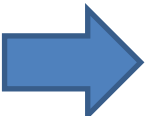
Metody termovizní / Termokamera

Pasivní dům



Metody pro nedestruktivní ověřování stavebních materiálů

- Metody mechanické
- Metody dynamické
- Metody optické
- Metody termovizní



Metody elektrické

- Metody elektromagnetické
- Metody radiační

Metody elektrické

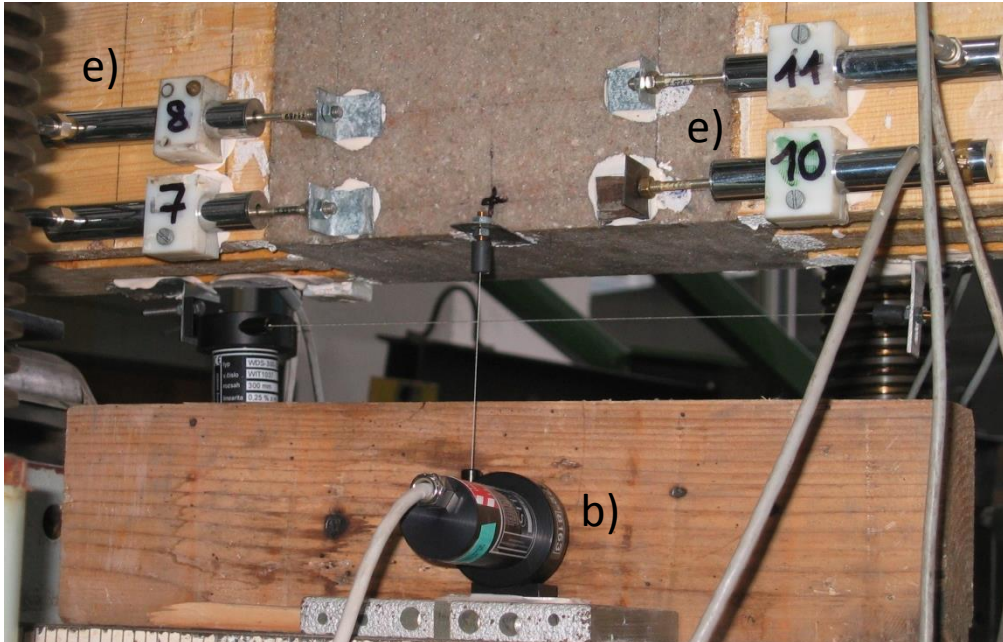
Využívají elektrického odporu, kapacity nebo jiné elektrické vlastnosti

- Odporové metody (měření vlhkosti, teploty a deformací)
- Kapacitní metody (měření vlhkosti)
- Polovodičové metody (měření teploty)

Metody elektrické



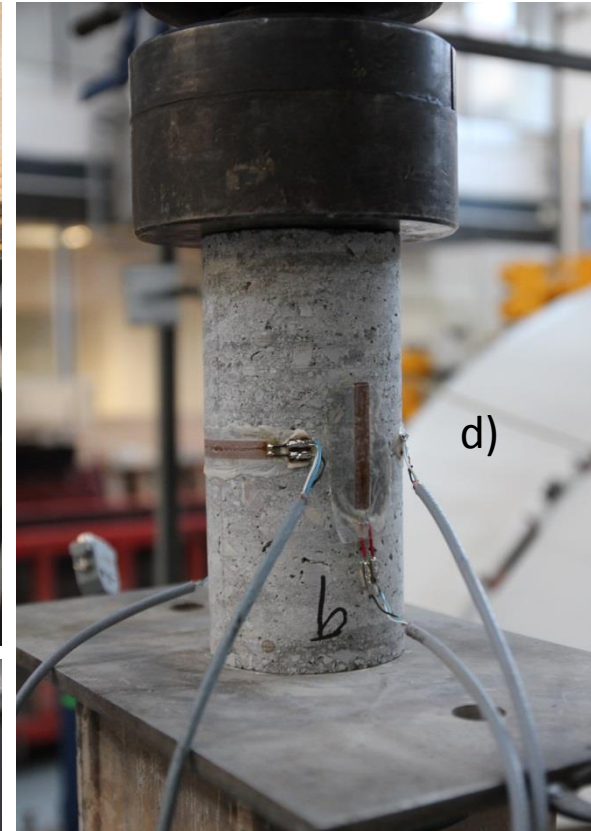
a)



e)

e)

b)



d)

b

- a) Platinový teploměr
- b) Potenciometrický snímač (lankový snímač polohy)
- c) Siloměr (snímač zatížení)
- d) Fóliový odporový tenzometr
- e) Induktivní snímač polohy

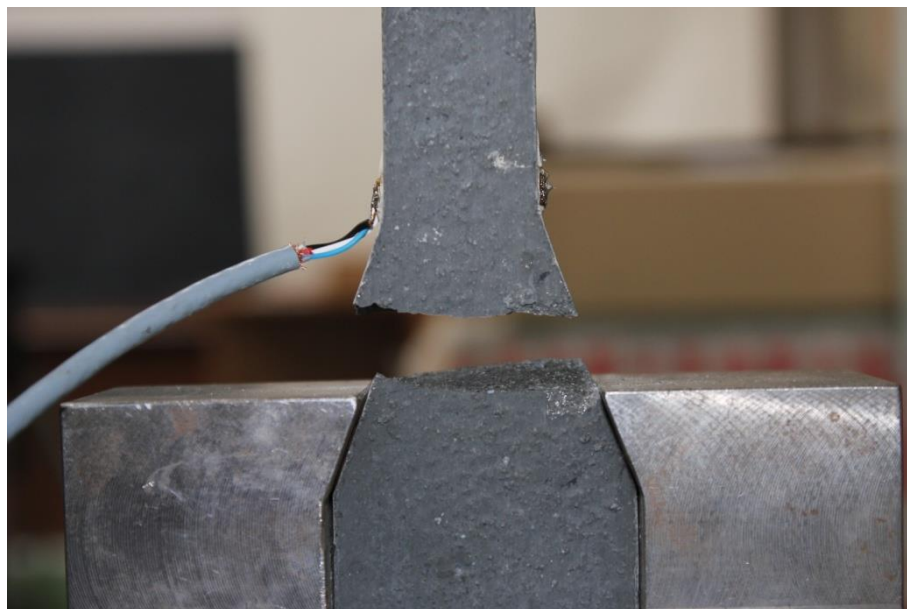
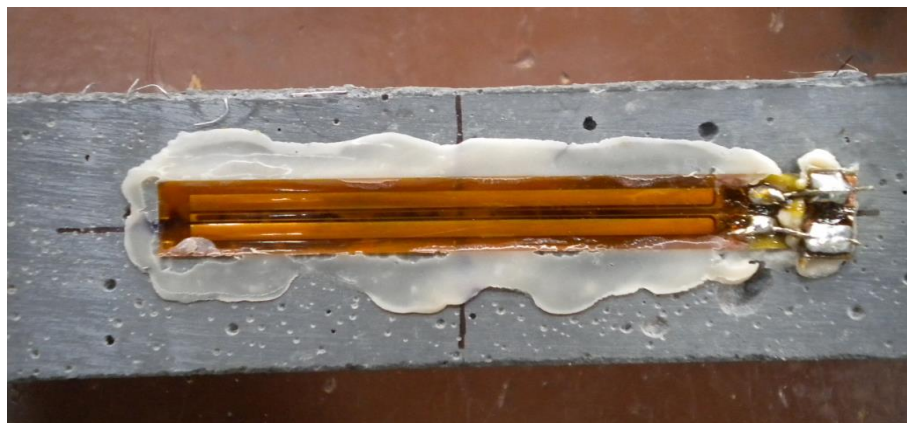


b)



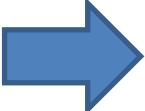
c)

Metody elektrické



Metody pro nedestruktivní ověřování stavebních materiálů

- Metody mechanické
- Metody dynamické
- Metody optické
- Metody termovizní
- Metody elektrické

 **Metody elektromagnetické**

- Metody radiační

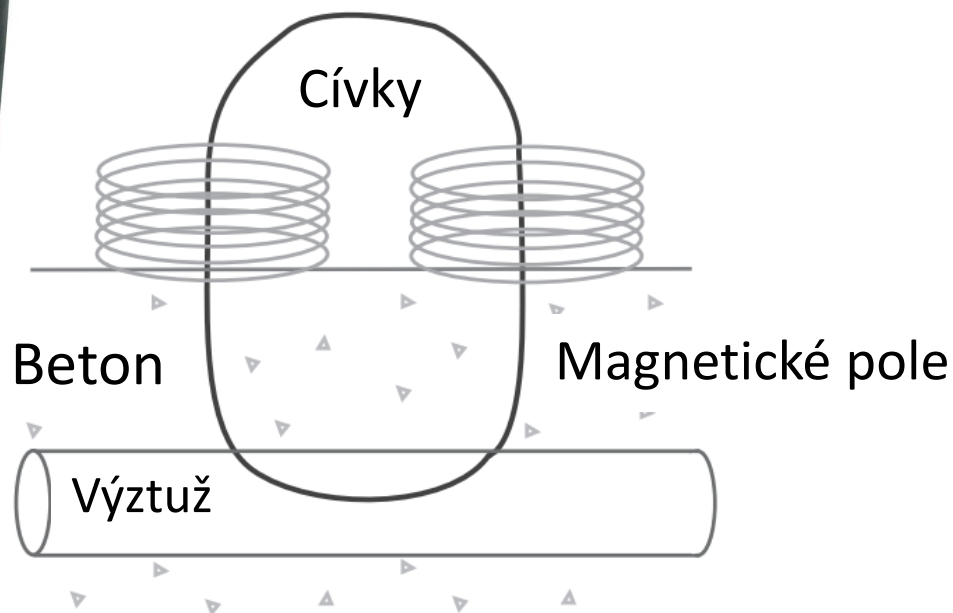
Metody elektromagnetické

LZE ZJISTIT

- Poloha výztuže
- Rozteč výztuže
- Krytí výztuže
- Průměr výztuže
- Orientace výztuže
 - do cca 100 mm hloubky



Elektromagnetický indikátor:
Profometr/Profoscope®



NELZE ZJISTIT

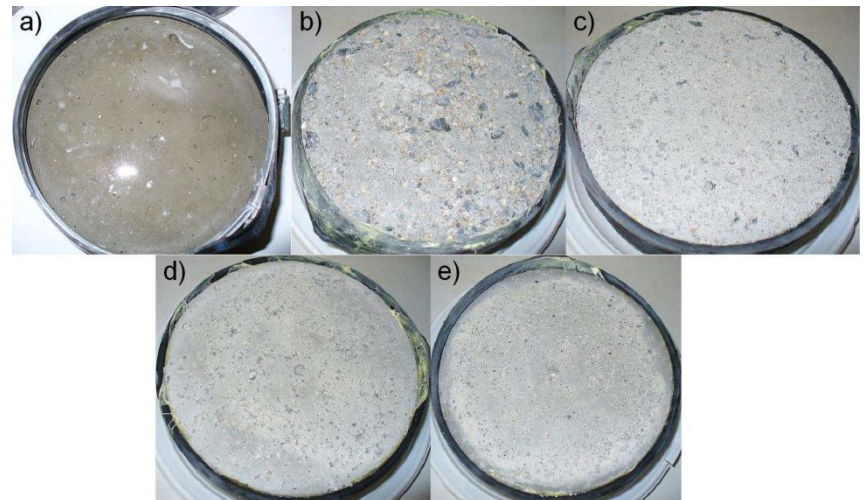
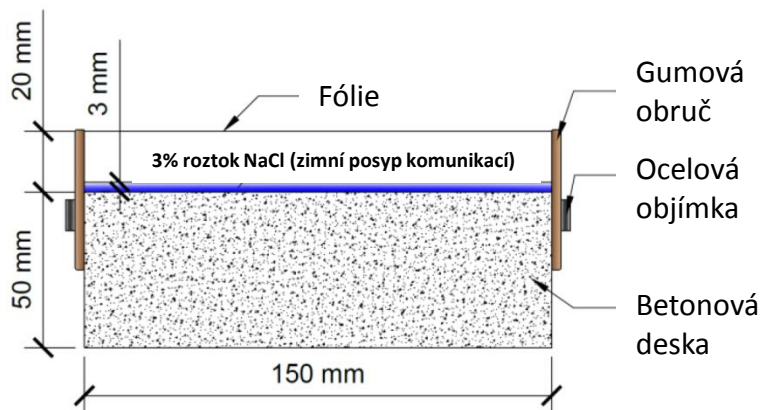
- Korozní úbytek
 - vždy nutno odsekát



Trvanlivostní zkoušky

- Mrazuvzdornost betonů pro určený počet zmrazovacích cyklů
- Odolnost betonu proti působení vody a chemických rozmrazovacích látek
- Propustnost vůči tlakové vodě

Trvanlivostní zkoušky



Diagnostika železobetonových konstrukcí

- Pevnost betonu v tlaku
 - Schmidtovo kladívko, jádrové vývrty
- Modul pružnosti betonu
 - Ultrazvuk (dynamický), jádrové vývrty (statický)
- Poloha, průměr, krytí a rozteč výztuže
 - Profoscope, odsekání povrchové vrstvy
- Odtrhové zkoušky
 - Přilnavost a pevnost vyrovnávacích vrstev
- Endoskopické vyšetření
- Trhliny
 - stáří trhliny, směr trhliny, délka trhliny (fotodokumentace), aktuální šířka trhliny, změna šířky trhliny v čase
- Degradace
 - Chemické rozbory



Posouzení trhlin v ŽB konstrukcích

(GUIDEBOOK ON NON-DESTRUCTIVE TESTING OF CONCRETE STRUCTURES, IAEA, VIENNA, 2002, IAEA-TCS-17, ISSN 1018-5518, © IAEA, 2002 September 2002)

Stupeň poškození	Šířka trhliny [mm] Venkovní trhlina	Šířka trhliny [mm] Vnitřní trhlina
I	< 0,05	< 0,2
II	0,05 – 0,5	0,2 - 1,0
III	> 0,5	> 1,0

Stupeň poškození	Dynamika trhliny	Potřeba sance	Potřeba třetího průzkumu
I	Trhlina neroste	Ne	Ne
	Trhlina roste		Ano
II	Trhlina neroste	Ano	Ne
	Trhlina roste		Ano
III	Trhlina neroste	Ano	Ne
	Trhlina roste		Ano

Monitoring trhlin

- Fotodokumentace
- Sádrové terčíky (Pasivní/Aktivní trhlina)
- Dlouhodobý nekontinuální monitoring
- Dlouhodobý kontinuální monitoring



Triangulační systém (2D)



Posouzení pevnosti betonu

Stupeň poškození	% z návrhové pevnosti
I (žádné zhoršení)	100 a více
II (zhoršení)	75 – 100
III (závažné zhoršení)	Méně než 75

Stupeň poškození	Potřeba sanace	Potřeba třetího průzkumu
I	Ne	Ne/Ano (dle nutnosti)
II	Ano	Ano
III	Ano	Ano

- Porovnání s pevnostmi na referenčních vzorcích vytvořených při betonáži konstrukce



Posouzení pevnosti betonu

Minimální počet zkušebních míst pro nedestruktivní metody

Velikost záměsi / Objem betonu	0,06 m ³	0,30 m ³	0,60 m ³	1,00 m ³	3,00 m ³	6,00 m ³
1 m ³						
2 m ³	24			16		
5 m ³	39					
10 m ³	52	24				
20 m ³	64	35	24			
50 m ³		52	39	31		
100 m ³		64	52	44	24	
200 m ³		70	64	53	35	24
500 m ³				68	53	39
700 m ³				71	58	45
1000 m ³			72		64	52
2000 m ³					70	64
4000 m ³ a více						70

Posouzení pevnosti betonu

- Zatřídění pevnosti betonu do pevnostních tříd z jádrových vývrtů

Menší z hodnot (pro nejméně 15 vývrtů)

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - 1,48 \cdot s \quad f_{ck,is} = f_{is,lowest} + 4$$

$f_{ck,is}$ ↓ Charakteristická pevnost betonu v tlaku
 $f_{m(n),is}$ ↓ Střední hodnota pevností z nedestruktivních zkoušek
 s ↓ Směrodatná odchylka ($s > 2$)
 $f_{is,lowest}$ ↓ Nejmenší hodnota pevností z nedestruktivních zkoušek

Menší z hodnot (pro 3-14 vývrtů)

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - k \quad f_{ck,is} = f_{is,lowest} + 4$$

n (počet vývrtů)	k [MPa]
3-6	6
7-9	5
10-14	4

Posouzení ŽB konstrukce vzhledem k průhybu a trhlinám

Stupeň poškození	Průhyb/rozpětí	Šířka (mm) a celková délka trhliny (m)
I (velmi malé/žádné)	Méně než $1/300$	$< 0,5 \text{ mm}$ a $< 6 \text{ m}$
II (mírné poškození)	$1/300 - 1/200$	$< 1,5 \text{ mm}$ a $< 15 \text{ m}$
III (střední poškození)	$1/200 - 1/100$	$< 3 \text{ mm}$ a $< 20 \text{ m}$
IV (závažné poškození)	Více než $1/100$	$> 3 \text{ mm}$ a $> 20 \text{ m}$

Stupeň poškození	Potřeba sanace	Potřeba třetího průzkumu
I (velmi malé/žádné)	Ne	Ne
II (mírné poškození)	Ano	Ne
III (střední poškození)	Ano	Ne/Ano (dle nutnosti)
IV (závažné poškození)	Ano	Ano

Klasifikace poškození povrchové vrstvy betonu

Stupeň poškození	Popis
I (mírné/žádné)	Poškození je patrné, ale je zasažena jen malá plocha a není nebezpečí, že by došlo v dané oblasti k odpadávání materiálu.
II (střední)	Oblast poškození je velká, pouze v několika místech je hloubka poškození až 20 mm.
III (závažné)	Ztráta plochy příčného řezu je veliká. Hloubka poškození vede až výztuži. Míra postupu poškození je rychlá.

Stupeň poškození	Odhad dalšího postupu degradace	Potřeba sanace	Potřeba třetího průzkumu
I (mírné/žádné)	Nebude	Ne, pouze v případě vizuálního zlepšení konstrukce	Ne
II (střední)	Bude	Ano	Ano
III (závažné)	Bude	Ano	Ano

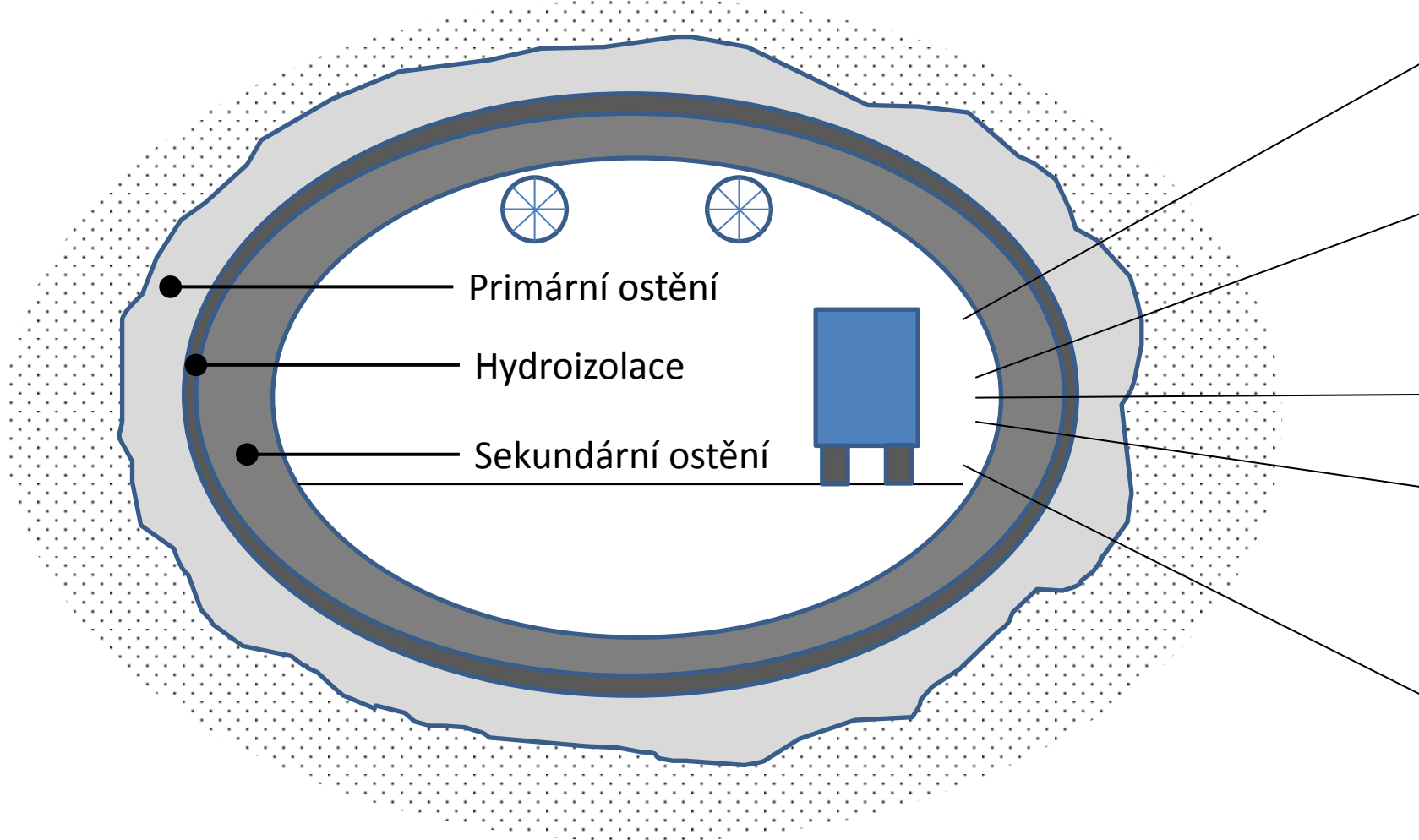
Třetí průzkum ŽB konstrukce

Vlastní frekvence a zbytková deformace

Stupeň poškození	Změřená vlastní frekvence/Spočtená vlastní frekvence	% zbytkové deformace
I	0,90 a více	Méně než 15
II	0,75 a více	Více než 15
III	Méně než 0,75	Více než 15

Stupeň poškození	Potřeba statického posudku	Potřeba sanace
I	Ne	Ne
II	Ano	Ano
III	Ano	Ano

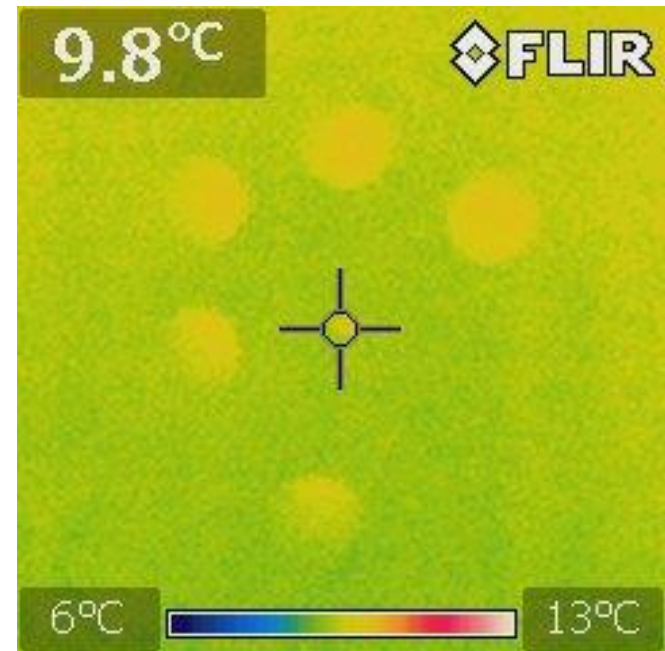
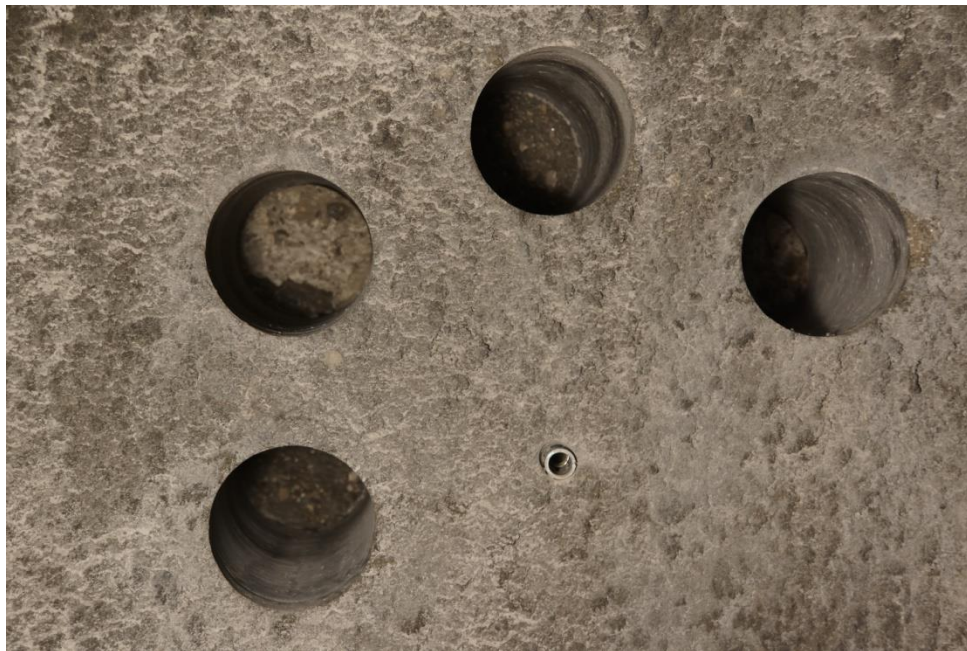
Diagnostika únosnosti primárního ostění silničního tunelu



Diagnostika únosnosti primárního ostění silničního tunelu



Diagnostika únosnosti primárního ostění silničního tunelu



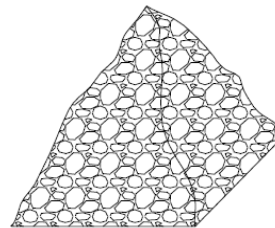
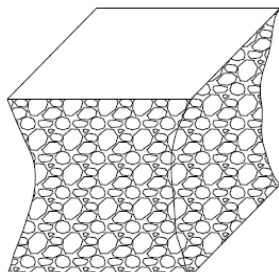
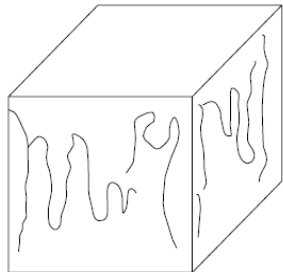
Diagnostika únosnosti primárního ostění silničního tunelu



Diagnostika únosnosti primárního ostění silničního tunelu



Diagnostika únosnosti primárního ostění silničního tunelu



Diagnostika únosnosti primárního ostění silničního tunelu



Diagnostika zděných konstrukcí

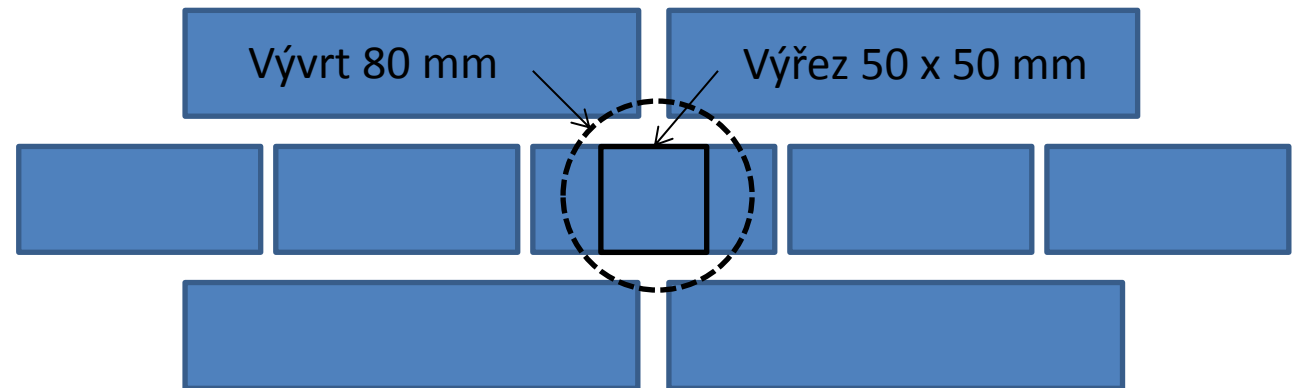
- Prostorová tuhost zdiva
 - Zajištění zdiva ve vodorovném směru
- Vazba zdiva
 - Skladba a provázání vrstev
- Pevnost malty ve spárách
 - Vrypové metody, vtlačování indentoru do maltového lože, hloubka navrtání (speciálně upravené vrtačky), chemický rozbor
- Dynamika trhlin (trhlina roste / neroste / pulsující trhlina)
 - Deformometr (rozlišení až 0,001 mm)
 - Minimální délka pozorování je jeden rok (min. 12 čtení)
- Posouzení vlhkosti
 - snížení tepelně izolačních vlastností
 - snížení únosnosti

Diagnostika zděných konstrukcí

- Stavební zásahy v minulosti
 - Zeslabení průřezů či odstranění částí nosného zdiva
- Změny v užívání a změny zatížení konstrukce
- Složení zdiva
 - Dokonalá vazba pouze v povrchové vrstvě, jádro sloupu vyplněno směsí kamene a malty
- Trvanlivost zdiva
 - Střídání zmrazovacích a rozmrazovacích cyklů, vliv solí
- Pevnost zdících prvků
 - Nedestruktivní zkoušení (Schmidtův tvrdoměr)
 - Celý zdící prvek odebraný z konstrukce, jádrové vývrty

Diagnostika zděných konstrukcí

- Pevnost zdiva (**zdivo** + malta)
 - Odběr vzorku: tvrdoměr, celý prvek, jádrový vývrt
 - Stanovení mechanických parametrů a vlhkosti



- Pevnost v tahu za ohybu
- Na zlomcích tlakové pevnosti

Diagnostika zděných konstrukcí

- Pevnost zdiva (zdivo + **malta**)

- Schmidt PM

- Beran se po dopadu odrazí
 - Z hodnoty odrazu se určí pevnost malty

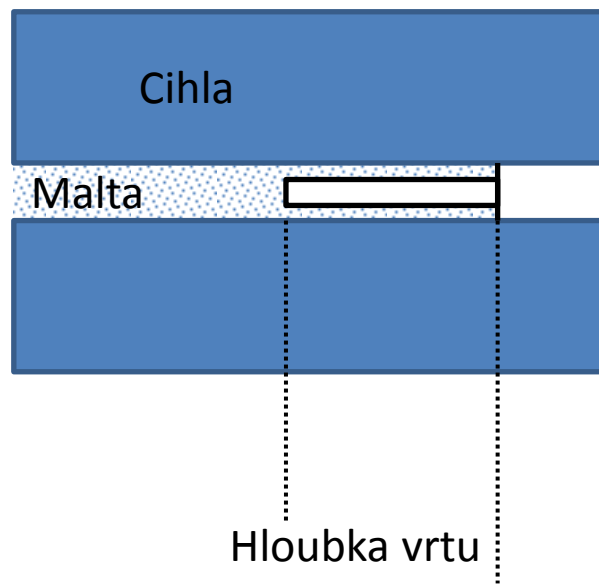
- Ruční vrtačka

- Tlačná pružina o předepsané tuhosti (= předepsaný přítlak)
 - Příklep + počítadlo otáček
 - Průměr vrtáku je 6 mm

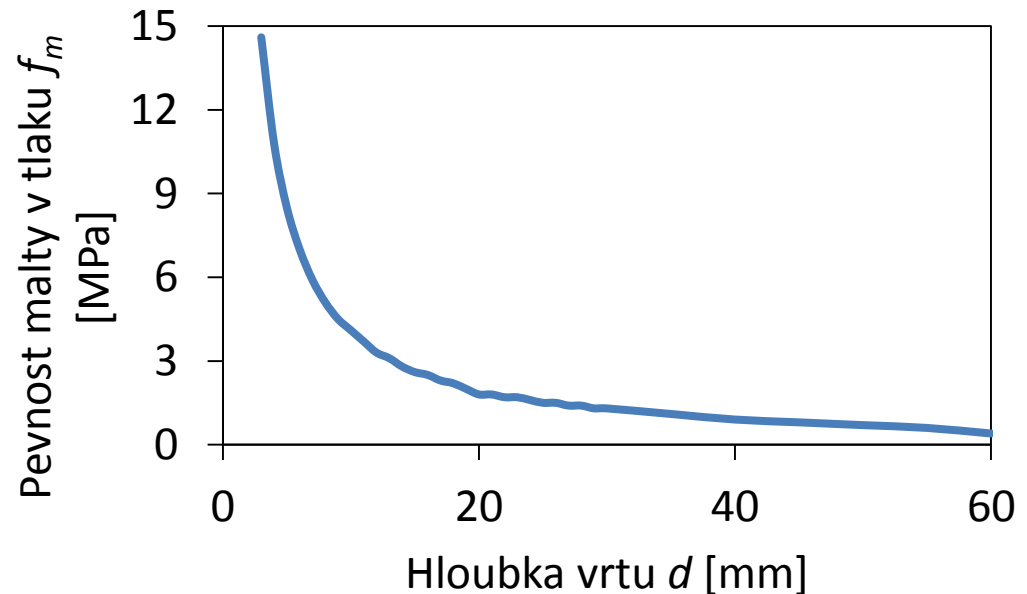


Diagnostika zděných konstrukcí

- Pevnost zdiva (zdivo + **malta**)
 - Ruční vrtačka (Rozteče vrtů: 40-50 mm)



Vysekání 20 mm
za líc zdiva



Diagnostika zděných konstrukcí

Charakteristická pevnost zdiva v tlaku

$$f_k = K \times f_b^\alpha \times f_m^\beta$$

f_k charakteristická pevnost zdiva v tlaku

f_b průměrná pevnost v tlaku zdících prvků

f_m průměrná pevnost malty v tlaku

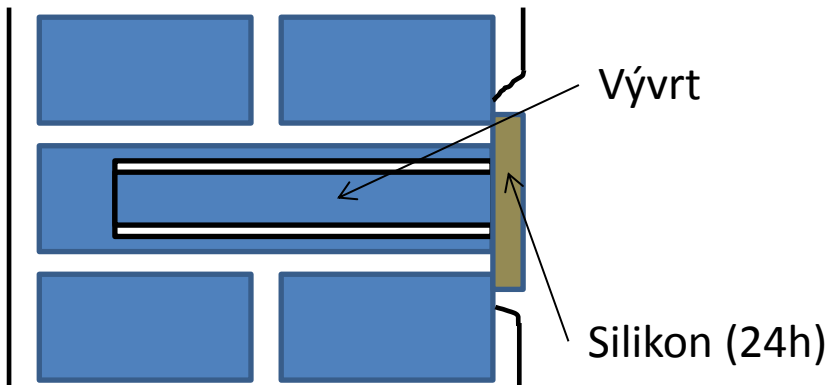
α exponent závislý na tloušťce ložných spar

β exponent závislý na druhu malty

K konstanta závislá na druhu zdiva, skupině zdících prvků a geometrických charakteristikách zdících prvků

Diagnostika zděných konstrukcí

- Vlhkost zdiva
 - Nedestruktivní metody – vlhkoměry
 - Destruktivní metody – jádrové vývrty
 - Zvážení → Vysušení při 105° → Zvážení



Stupeň vlhkosti (ČSN 73 0610)	Vlhkost zdiva v % hmotnosti
Velmi nízká	< 3 %
Nízká	3 – 5 %
Zvýšená	5 – 7,5 %
Vysoká	7,5 – 10
Velmi vysoká	> 10

Diagnostika zděných konstrukcí

- Vlhkost zdiva

- Váhová vlhkost

$$w = \frac{m_w}{m_d} \quad [\%]$$

m_w hmotnost vody ve vzorku

m_d hmotnost vysušeného vzorku

- Objemová vlhkost

$$w_v = w \frac{\rho_d}{\rho_w} \quad [\text{m}^3/\text{m}^3]$$

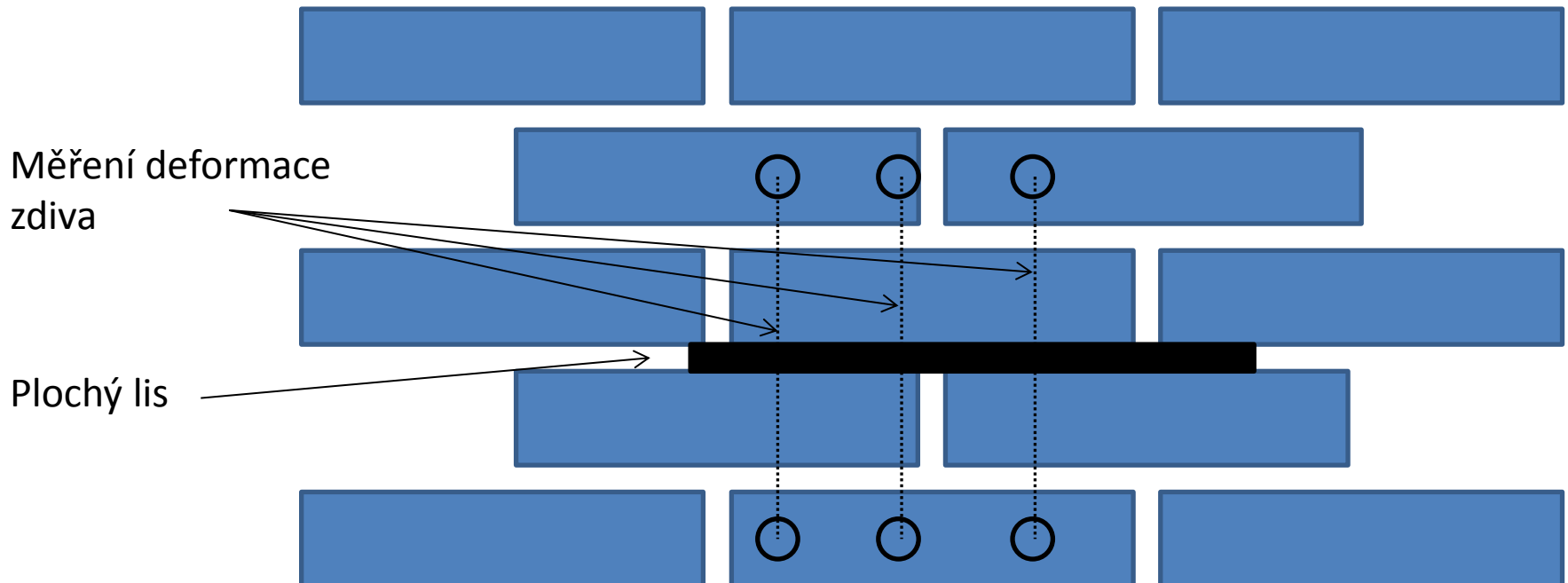
ρ_d objemová hmotnost vysušeného vzorku

ρ_w objemová hmotnost vody

Diagnostika zděných konstrukcí

- Stanovení napjatosti zdiva

- 1) referenční (nulté) čtení, 2) vybroušení spáry,
- 3) vložení lisu, 4) aktivace lisu až na nulté čtení
- 5) tlaková síla v lisu = původní napětí ve zdivu



Diagnostika dřevěných konstrukcí

- Metody místního/částečného porušení
 - Vrty, vpichy, vtisky
- Metody plně nedestruktivní
 - Ultrazvuky
 - Vlhkoměry
 - Endoskopické vyšetření
 - Optické metody (přítomnost dřevokazného hmyzu a hub rozkládající dřevní hmotu)

Diagnostika dřevěných konstrukcí

- Metody místního porušení
 - Resistograf
 - Měření odporu při konstantní rychlosti vrtání
 - Pilodyn
 - Měření hloubky průniku trnu vystřeleného do dřeva danou rychlostí
 - Baumovo kladívko
 - Vtlačování ocelové kuličky do dřeva úderem

Diagnostika dřevěných konstrukcí

- Trhliny
 - Trhliny způsobené vysycháním
 - Hloubka trhliny se zjišťuje ve třech bodech po délce trhliny
 - Hloubka se uvažuje jako průměr ze třech čtení
 - Trhliny do 25% délky řeziva (max. 1 metr) se neuvažují

Diagnostika ocelových konstrukcí

- Nedestruktivní měření tloušťky ocelových prvků a úbytku plochy průřezu díky korozi
- Endoskopické vyšetření v těžko přístupných místech konstrukcí
- Odběr vzorků pro stanovení skutečných pevností a tvárných vlastností
- Kontrola tloušťky svarů, svařitelnost
- Kontrola napjatosti