



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ
INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

STANDARDIZACE POSTUPŮ PŘI ZNALECKÉM
POSUZOVÁNÍ CIHELNÉHO ZDIVA
TITLE

DIZERTAČNÍ PRÁCE
DOCTORAL THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Ing. ROSTISLAV KOSTKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Prof. Ing. LEONARD HOBST, CSc.

BRNO 2016

Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství

Akademický rok: 2015/16

ZADÁNÍ DIZERTAČNÍ PRÁCE

student(ka): Ing. Rostislav Kostka

který/která studuje v **doktorském studijním programu**

obor: **Soudní inženýrství (3917V001)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma dizertační práce:

Standardizace postupů při znaleckém posuzování cihelného zdiva

v anglickém jazyce:

Standardization of procedures for the brick masonry expert assessment

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

- Soustředit a prostudovat příslušné zákony, předpisy a normy pro objektivně správné a vyčerpávající znalecké posuzování.
- Vypracovat přehled vývoje cihelného zdiva a jeho jednotlivých skladebných a materiálových prvků, tvořících systémově ucelenou konstrukci.
- Stanovit metodické postupy (zásady) zkoumání cihelného zdiva.
- Na dostupných, vybraných příkladech cihelného zdiva z praxe naznačit objektivně a věcně správný – standardizovaný postup vypracování znaleckého posudku.

Cíle dizertační práce:

- Definovat pracovní postupy pro objektivní a věcně správné provedení znaleckého posudku.
- Charakterizovat cihelné zdivo jako celek a jeho systémově skládané prvky.
- Definovat metodu zkoumání (posuzování) cihelného zdiva, jeho vad a poruch.
- Aplikovat teoretické poznatky znaleckého posuzování cihelného zdiva na vybraných praktických příkladech.
- Charakterizovat možnosti standardizace postupů znaleckého posuzování cihelného zdiva.

Seznam odborné literatury:

- [1] Vlček, M.; Moudrý, I.; Novotný, M.; Beneš, P.; Maceková, V.: Poruchy a rekonstrukce staveb, ERA group spol.s.r.o., Brno, 3. vydání, 2006
- [2] Vaněk, T.: Rekonstrukce staveb, STNL Praha, 1989
- [3] Kos, J.; Dokládál, V.: Konstrukce pozemních staveb. Poruchy, údržba, rekonstrukce a modernizace budov – přednášky, II. díl., 1. vydání, ediční středisko VUT, Brno, 1990
- [4] Matoušková, D.; Solař, J.: Pozemní stavitelství I, ES VŠB Ostrava, 2005
- [5] Cikrle, P.; Mencl, V.: Zpráva o měření trhlin kostela sv. Michala v Brně, VUT v Brně, duben, 2002
- [6] Bažant, Z.; Klusáček, L.: Statika při rekonstrukcích, Akademické nakladatelství CERM, Brno, 2002
- [7] Šamalíková, M.; Rocker, J.; Pospíšil, P.: Geologie, Akademické nakladatelství CERM, Brno, 1998
- [8] Hönig, A.; Zapletal, V.: Nedestruktivní zkušebnictví, 1. vydání, VUT v Brně, 1982
- [9] Witzany, J.: Poruchy a rekonstrukce zděných budov, 1. vydání, ČKAIT, Praha, 1999. 312 str., ISBN 80-902697-5-3
- [10] Cikrle, P.: Diagnostika poruch staveb – dlouhodobé sledování trhlin ve zdivu a měření posunů, VUT v Brně, únor 2002
- [11] Hobst L.; Adámek J.; Cikrle P.; Schmidt P.: Diagnostika stavebních konstrukcí, VUT v Brně, FAST, 2005
- [12] BRADÁČ, A. A KOL.: Soudní inženýrství, Akademické nakladatelství CERM, Brno, 1999, 725 s. ISBN 80-7204-133-9

Vedoucí dizertační práce: prof. Ing. Leonard Hobst, CSc.

Termín odevzdání dizertační práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16.

V Brně, dne 8. 8. 2013



doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.
ředitel vysokoškolského ústavu

ABSTRAKT

Práce je zaměřena na vymezení metodiky znaleckého posuzování cihelného zdiva a posuzování stavebních objektů. Mezi znalecké postupy patří například diagnostika staveb, stanovení poruch, statické posouzení, atd.

Dále je nutno se rozhodnout o postupu měření a sanace poruch. Velmi důležité je nezanedbat výpočet nákladů.

Jednou z metod, která může výrazně pomoci při posuzování stavu budov, je sledování poruch cihelného zdiva s důrazem na dlouhodobé měření posunů v trhlinách nejružnějšího charakteru. Trhliny jsou jednou z nejčastěji se vyskytujících poruch u staveb z cihelného zdiva.

Bylo porovnáváno a hodnoceno sledování nejvýznamnějších trhlin při ražbě Královopolského tunelu, pod ulicí Dobrovského v Brně, kde docházelo k poklesům a naklonění stávajících domů, dále na kostele sv. Gotharda v Brně - Modřicích, zděných konstrukcí budovy školy v Brně.

Na těchto vybraných případech byla ověřena metodika znaleckého posuzování cihelného zdiva.

ABSTRACT

The article is focused on the definitions of brick masonry expert assessment and brick masonry buildings assessment methodologies. The expert diagnostic procedures include building diagnostics, defects determination, static ensuring and so on.

It is also necessary to choose the proper procedure of defects measurement and remediation. It is very important not to neglect the determination of costs.

One of the methods that can greatly help in the process of assessing the condition of buildings is the brick masonry defects and faults monitoring with an emphasis on long-term measurements of the cracks shifts of various origin. Cracks are one of the most common disorders appearing in brick masonry buildings.

In the article I compare and evaluate monitoring of the most significant cracks appearing during the excavation of Královopolský tunnel situated under Dobrovského street in Brno, where some depressions and inclinations of existing buildings had happened, as well as st. Gothard church in Brno - Modřice and some masonry school building in Brno.

In these selected cases the methodology of brick masonry expert assessment was verified.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem celou disertační práci vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pod odborným vedením školitele Prof. Ing. Leonarda Hobsta, CSc.

V Brně dne

Ing. Rostislav Kostka

Poděkování:

Úvodem bych chtěl poděkovat školiteli Prof. Ing. Leonardu Hobstovi, CSc. za odborné připomínky a ochotné poskytování odborných rad, které mi pomohly při zpracování disertační práce.

Také bych velice rád poděkoval panu Ing. Petru Cikrlovi, PhD. za ochotné poskytování odborných rad.

V Brně dne 30. 3. 2016

Ing. Rostislav Kostka

Obsah

1. ÚVOD	12
2. TEORETICKÁ ČÁST	16
2.1. Soudně znalecká činnost.....	16
2.1.1 Vývoj soudního inženýrství	16
2.1.2 Soudní inženýrství.....	18
2.2. Stavební diagnostika	24
2.2.1. Postup při zpracování stavební diagnostiky	24
2.2.2. Stanovení závažnosti poruch	25
2.2.3 Statické přešetření a posouzení nosné způsobilosti.....	25
2.2.4 Porovnání skutečného stavu objektu s teoretickým předpokladem	25
2.2.5 Návrh opatření a doporučení	26
2.2.6 Vlivy působící na stavbu	26
2.3. Průzkumy staveb.....	27
2.3.1 Urbanisticko - architektonický průzkum.....	27
2.3.2 Stavebně - historický průzkum.....	27
2.3.3 Stavebně - technický průzkum	28
2.3.4 Zásady při navrhování stavebně-technického průzkumu posuzovaného objektu	30
2.3.5 Výsledky stavebně - technického průzkumu.....	31
2.3.6 Konstrukční a statický průzkum objektu.....	31
2.3.7 Dokumentace o stavebně - technickém hodnocení a průzkumu objektu	31
2.3.8 Typy stavebně - technických průzkumů.....	32
2.3.9 Průzkumy ze stavebního hlediska	32
2.4. Metody stavebně - technických průzkumů a metodiky znaleckého posuzování vad a poruch.....	34
2.4.1 Smyslové metody	34
2.4.2 Přístrojové metody	34
2.5. Dělení zděných konstrukcí podle různých kritérií.....	37
2.5.1 Historie cihelného zdiva.....	37
2.5.2 Zdivo	40
2.5.3 Vazby cihelného zdiva	41
2.5.4 Zdivo keramické tvárnice.....	42
2.5.5 Zkoušení kusových staviv	43
2.5.6 Zkoušení malt	44
2.5.7 Trhliny v konstrukcích	45
2.5.8 Monitorování objektů.....	47
2.5.9 Sedání	47
2.6. Metodika znaleckého posuzování vad a poruch	49
3. CÍLE PRÁCE	53
4. PRAKTICKÁ ČÁST	54
4.1. Metodiky měření.....	54
4.1.1 Metodika zkoušení cihelného zdiva	54
4.1.2 Ultrazvuková impulsová metoda.....	57

4.1.3	Tvrdoměrné metody zjišťování pevnosti cihel.....	60
4.1.4	Metodika zkoušení malty	62
4.1.5	Zkoušení pevnosti malty ve spárách vrtnou metodou.....	67
4.1.6	Přístroje pro měření přetvoření a trhlin	71
4.2	Praktické příklady	78
4.2.1	Vliv ražby tunelu na poruchy cihelného zdiva objektů nad Královopolským tunelem v Brně, objekt Veleslavínova 1/č.p. 245.....	78
4.2.2	Vliv ražby tunelu na poruchy cihelného zdiva objektů, nad Královopolským tunelem v Brně, objekt Veleslavínova 12/č.p. 1199....	81
4.2.3	Vliv ražby tunelu na poruchy cihelného zdiva objektů nad Královopolským tunelem v Brně, objekt Dobrovského 13/č.p. 1279	84
4.2.4	Metody měření na objektech	89
4.2.5	Kostel sv. Gotharda v Brně, Modřicích.....	89
4.2.6	Dům na náměstí Míru v Brně, Modřicích	92
4.2.7	Budova školy na Šujanově nám. 1 v Brně	93
4.3	Vyhodnocení praktických příkladů.....	99
4.3.1	Vyhodnocení z hlediska trhlin na objektech a příčin deformací.....	99
4.3.2	Vyhodnocení kusového materiálu	99
4.3.3	Vyhodnocení z hlediska postupů posuzování cihelného zdiva	99
5.	ZÁVĚR	101
6.	LITERATURA	103

Seznam obrázků

Obr. 1 - Vlivy působící na stavbu	26
Obr. 2 - Vazby cihelného zdiva: a) vazba běhounová, b) vazba vazáková, c) vazba polokřížová, d) vazba ostění, e) vazba rohu, f) vazba návaznosti nosných zdí	42
Obr. 3 - Tvárnice a vazby tvárniceového zdiva: a) tvárnice keramická, různé druhy; b) vazba vazáková keramických tvárnice	43
Obr. 4 - Tvar a způsob osazení sádrové destičky	45
Obr. 5 - Osazení ocelových trnů.....	46
Obr. 6 - Zajištění trhliny trny blízko rohu	46
Obr. 7 - Příčiny vzniku trhlin	47
Obr. 8 - Deformace budov vlivem různé mocnosti vrstev podloží	48
Obr. 9 - Měření doby průchodu impulsu UZ vlnění zkoušeným materiálem	58
Obr. 10 - Schmidtův tvrdoměr	61
Obr. 11 - Schmidt typu LB	62
Obr. 12 - Schmidt typu PM	67
Obr. 13 - Kučerova vrtačka ruční typ	67
Obr. 14 - Kučerova vrtačka elektrický typ	68
Obr. 15 - Kalibrační vztahy obou vrtaček	68
Obr. 16 - Umístění vrtu ve spáře zdiva řez zdivem.....	69
Obr. 17 - Rozmístění vrtů ve spáře a vzdálenost vrtu od kraje – pohled na zdivo.....	69
Obr. 18 - Zkušební místa na pilířích	70
Obr. 19 - Kučerova vrtačka elektrický typ na zkušebním pilíři	70
Obr. 20 - Sledování vzniku rozvoje trhlin sádrovou destičkou.....	73
Obr. 21 - Hollanův příložený tenzometr vsazený do kuželovitých závrtů v mosazných terčích připevněných na cihle, kontaktní teploměr a etalony z invaru a oceli.....	74
Obr. 22 - Souřadnice trojúhelníkových základů	76
Obr. 23 - Objekt 1. Veleoslavínova 1/č.p. 245.....	78
Obr. 24 - Průběhy měření deformací na zvolených bodech objektu Veleoslavínova 1/č.p. 245, v časové závislosti.....	80
Obr. 25 - Objekt 2. Veleoslavínova 12/č.p. 1199.....	81
Obr. 26 - Průběhy měření deformací na zvolených bodech objektu Veleoslavínova 12, v časové závislosti	83
Obr. 27 - Čelní fasáda sledovaného domu na ulici Dobrovského v Brně	84
Obr. 28 - Průběhy měření náklonů na zvolených bodech objektu Dobrovského 13, v časové závislosti	86
Obr. 29 - Průběhy měření deformací na zvolených bodech objektu Dobrovského 13, v časové závislosti.....	87
Obr. 30 - Příklad měření pomocí tenzometru Geokon umístěného na táhlech	88
Obr. 31 - Průběhy měření posunů v časové závislosti na teplotě.....	90
Obr. 32 - Pohled na jižní zeď kostela	91
Obr. 33 - Spodní část severní zdi a pás okenního oblouku	91
Obr. 34 - Dům 1 na náměstí Míru	92
Obr. 35 - Osazení sádrových destiček	92
Obr. 36 - Pohled na západní křídlo z křižovatky ulic Mlýnská – Cyrilská	93
Obr. 37 - Detail trhliny, šířka 3 mm v omítce	96
Obr. 38 - Detail měřicího místa Z 3,3 m (základna M3 a, b, c) v JZ rohu 3. NP.....	96
Obr. 39 - Uspořádání základů M3 (a, b, c) na měřicím místě Z 3,3 m.....	97
Obr. 40 - Posun bodu A v soustavě xy, na měřicím místě Z 3,3 m.....	97
Obr. 41 - Posun bodu A ve směru x a y na měřicím místě Z 3,3 m	98

Seznam Diagramů

Diag. 1 - Funkce soudního inženýrství.....	18
Diag. 2 - Metodiky soudního inženýrství.....	19
Diag. 3 - Vztahy soudních znalců a státních orgánů	23
Diag. 4 - Standardizovaný postup při zpracování znaleckého posudku.....	50
Diag. 5 - Systematická analýza vad a poruch stavebních konstrukcí při místním šetření	51
Diag. 6 - Standardizace znaleckého posuzování	52
Diag. 7 - Rozdělení snímačů.	72
Diag. 8 - Rozdělení měřičů posunů.....	72
Diag. 9 - Použité metody zkoušení cihelného zdiva	77
Diag. 10 - Standardizovaný metodický postup posuzování stavebních konstrukcí	102

Seznam tabulek

Tab. 1 - Smyslové metody pro zkoušení zdiva	34
Tab. 2 - Názvy a orientační pevnosti pálených cihel na začátku 20. století.....	37
Tab. 3 - Názvy a pevnosti pálených cihel podle čs. předpisu z roku 1931	38
Tab. 4 - Druhy a pevnosti plných pálených cihel podle ČSN 1182 – 1944.....	38
Tab. 5 - Vlastnosti materiálů pro zděné stěny v roce 1942	39
Tab. 6 - Vlastnosti pálených cihel pro svislé monolitické zděné konstrukce	39
Tab. 7 - Způsoby označování rozměrů.....	41
Tab. 8 - Hodnoty součinitele δ	55
Tab. 9 - Poissonův poměr některých stavebních materiálů v.....	60
Tab. 10 - Koeficient k_3 v závislosti na Poissonově poměru	60
Tab. 11 - Hodnoty součinitele t_n	71

Seznam vzorců

(1) Pevnost v tlaku	56
(2) Vlhkost každé sady tří částí.....	56
(3) Hmotnost celého zdícího prvku	57
(4) Objemová hmotnost materiálu zdícího prvku za sucha	57
(5) Objemová hmotnost materiálu	57
(6) Objemová hmotnost zdícího prvku za sucha	57
(7) Mrtvý čas.....	59
(8) Rychlost šíření ultrazvuku.....	59
(9) Délka vlny ultrazvukového vlnění	60
(10) Dynamický modul pružnosti v tlaku a tahu	60
(11) Pevnost malty v tlaku	65
(12) Pevnost malty v tahu za ohybu.....	65
(13) Pevnost malty.....	71
(14) Výběrový průměr	71
(15) Směrodatná odchylka	71
(16) Délka základny.....	75
(17) Délka základny při n-tém měření	75
(18) Změna délky základny	75

Seznam zkratk

JKSO Jednotná klasifikace stavebních objektů

UT Ústřední topení
STP Stavebně technický průzkum

1. Úvod

Mezi profese, u kterých očekáváme vysokou kvalitu myšlenkových podnětů a spolehlivosti výsledných činů, náleží především ty, které mohou významně, až nezvratně poškodit životní prostředí, zdraví i život člověka včetně jeho majetku.

K činnostem významně ovlivňujícím život člověka i společnosti mimo jiné náleží i profese, které zajišťují přípravu, realizaci, provoz a údržbu stavebních děl, tj. profese stavebních inženýrů.

Jejich činnost ovlivňují přírodní vědy, antropologie, ekologie, technika, estetika, společenské prostředí, úroveň technické vyspělosti společnosti a další oblasti vědy a techniky, se kterými se denně setkávají.

V minulých dobách byl inženýr, projektant a stavitel téměř jednou osobou. Relativně jednodušší stavební problematika, nižší technická vybavenost staveb, dokonalá znalost omezeného množství stavebních materiálů umožňovala řešit a realizovat stavbu jedním tvůrcem a s jeho řemeslnou skupinou.

Postupný rozvoj lidského poznání, rozvoj techniky, nové objevy, nová aplikovaná řešení výzkumných prací, nové technologie a informace v rozsáhlé stavební oblasti způsobily, že potřebné znalosti tvůrce stavebního díla převýšily operativní kapacitu jeho vnímání a možnost samostatného řešení.

Na tvorbu všestranně spolehlivé stavby jako celku má tak v současné době přímý vliv tvůrčí zodpovědný přístup a kvalita odvedené práce různě zaměřených specialistů, kteří mají osobní zodpovědnost, jak za svoji profesi, tak i vzájemnou zodpovědnost za celé stavební dílo vytvořené pro danou funkci, prostor i čas určující životnost stavby.

Životnost stavby je doba, po kterou by stavba při přiměřené údržbě měla v nezměněné kvalitě spolehlivě plnit požadovanou funkci.

Každá novostavba i při uplatnění nových stavebních hmot a materiálů realizovaná podle technologických předpisů a normativů již při vlastním zabudování materiálů však počíná stárnout a degradovat. Její degradace - životnost je dána stárnutím a opotřebením stavebních materiálů, hmot a zařízení dle jejich výchozí životnosti, kvality, správnosti technologického zabudování do stavby a spolehlivosti funkce.

Mimo běžné standardní fyzické stárnutí stavby opotřebením se však z různých příčin (chyba projektu, nekvalita stavebních materiálů a hmot, špatná technologie provedení některých prací, nedostatečná a včas provedená údržba aj.) mohou na stavbě objevit vady a poruchy ovlivňující její funkci, bezpečné a spolehlivé užívání.

Včasné a bezpečné rozpoznání případných vad a poruch stavby a jejich sanace může předejít dalším vážným závadám majících podstatný vliv na spolehlivou funkci a životnost stavby.

Informace o vadách a poruchách staveb vzniklých z různých příčin jsou také velmi důležitým zdrojem poznání nejen pro jejich včasné předcházení v praxi, ale i pro další zkvalitnění výrobních, technologických, dodavatelských a legislativních procesů vedoucích k vyšší kvalitě projektování, realizace a údržby staveb.

Každá stavba, realizovaná pro danou funkci a prostor, by měla být řešena nadčasově pro dostatečně dlouhou dobu jejího užití, aby v dobré fyzické kondici přinášela očekávanou kvalitní společenskou funkci nebo výrobní zisk.

Pokud stavba nemá svým řešením a provedením předpoklady, aby při společenském a technickém vývoji společnosti obstála, kvůli novým stále se vyvíjejícím požadavkům, bude ztrácet svoji oblíbenost, konkurenceschopnost a bude i morálně opotřebená pro další účelné využití.

Projektovat a realizovat architekturu budov, její tvary s použitím nových hmot, materiálů, zařízení a správnosti stavebně technologického provedení jako staveb nadčasových

vyvolaných výjimečností lokality, s tvůrčí invencí autora a zodpovědností vyspělého dodavatele i osvětleného uživatele je tak úkol velmi zodpovědný a stále naléhavější.

Z těchto předpokladů jsem vycházel pro svoji teoretickou i praktickou práci při stanovení postupů při znaleckém posuzování cihelného zdiva.

Přehled pojmů

Diagnostika stavby

Nauka o rozpoznávání nedostatků, vad a poruch a jeho metodách.

Průzkumy stavby

Provedení a organizace potřebných předběžných a podrobných průzkumů, zejména geologických, geotechnických, hydrologických, ekologických, specialisty koordinovanými hlavním projektantem. Dále průzkumy stavu a způsobilosti zdiva a konstrukce, hmot, materiálů a zařízení mohou plnit spolehlivě a kvalitně určený účel, pro který byly pro stavbu použity a do stavby zabudovány včetně zjištění vad, poruch a nedostatků, které předpokládanou i očekávanou kvalitu stavby narušují nebo znehodnocují.

Projektant

Kvalifikovaný fyzický nebo právní subjekt, který má podle zvláštního právního předpisu oprávnění ke zpracování potřebné projektové dokumentace, pro vydání stavebního povolení a pro provedení stavby, její úpravy nebo změny.

Stavebník

Fyzická nebo právnická osoba (investor či objednatel stavby) zajišťující potřebnou přípravu a provedení stavby zhotovitelem, v souladu s příslušnými předpisy a schválenou předepsanou projektovou dokumentací. Přitom musí mít na zřeteli ochranu života a zdraví osob, ochranu životního prostředí, majetku i šetrnost k sousedství. Stavebník je povinen neprodleně po zjištění závad na stavbě, které by mohly ohrozit životy a zdraví osob, nebo bezpečnost stavby, tyto ohlásit příslušnému stavebnímu úřadu.

Dodavatel (zhotovitel) stavby

Je osoba nebo organizace, která dle příslušného oprávnění zhotovuje stavbu a při jeho realizaci zabezpečí odborné vedení provádění stavby zodpovědným stavbyvedoucím v souladu s ověřenou projektovou dokumentací při dodržení obecních požadavků na výstavbu, technických předpisů a všech příslušných technických norem, dodržení povinností k ochraně života, zdraví, životního prostředí a bezpečnosti práce.

Vlastník stavby

Je fyzická nebo právnická osoba, která používá, nebo zajišťuje užívání stavby k účelu, pro který byla vyprojektována a zhotovena s povinností zajišťovat průběžnou údržbu stavby a zařízení po celou dobu její existence s neprodleným ohlášením stavebnímu úřadu všech vad a poruch, které mohou ohrozit životy nebo zdraví osob.

Charakteristika vad a poruch

Vady a poruchy staveb jsou zjevné nebo skryté okolnosti negativně ovlivňující kvalitní a bezpečné užívání stavby k účelu, ke kterému byla zhotovena. Mohou negativně ovlivňovat zdraví, životní prostředí, estetické vnímání stavby jako celku i jednotlivých částí a detailů.

Metodika

Je obecně pracovní postup (metoda) nebo nauka o metodě.

Standardizace

Je jednotná úprava, normování. Standardizace je proces, při kterém dochází k výběru, sjednocování a ustálení jednotlivých variant postupů, procesů, vstupů a jejich kombinací, ale stejně tak i výstupů, činností a informací v procesu řízení nebo v jeho dílčích částech. Základní parametry a postupy musí být vzájemně srovnatelné k typovému (normativnímu - modelovému) ukazateli.

Nejdůležitější přínosy standardizace

Pro výrobce, stavebníka:

- Pozitivní vliv na vývoj výrobků (zjednodušení, rychlost),
- efektivnější využití výrobního zařízení,
- zrychlení procesu přípravy výroby, nákupu a vlastní výroby,
- výhody ze zhromadňování výroby (úspory transakčních nákladů, nižší relevantní náklady na skladování, vyšší produktivita práce,...),
- snižování fixních nákladů,
- jednodušší plánování a řízení výroby,
- možnosti vyšší automatizace, robotizace.

Pro zákazníka:

- Nižší pořizovací a provozní náklady,
- snazší orientace a rozhodování,
- možná negativa.

Na vstupu - materiálový standard: snížení nákladů na nákup materiálu, možnost racionalizovat logistické operace (lepší využití skladových ploch, manipulačních prostředků, optimalizace materiálového toku...).

Znalec

Je fyzická nebo právnická osoba zpracovávající potřebné odborné informace pro potřebu znaleckých posudků na základě odborných znalostí. Soudní znalec pak tyto posudky vykonává pro potřebu soudu. Do funkce jej pro konkrétní obor, odvětví a specializaci jmenuje ministr spravedlnosti, který má pro určité obory zřízeny tzv. sbory pro znalecké otázky, nebo předseda krajského soudu, který k tomu byl ministrem pověřen.

Znalecký posudek

Je jeden z možných důkazů zejména v soudním, někdy i ve správním řízení, jehož účelem je získat informace, které jsou pro dané řízení podstatné a které závisí na odborných

znalostech. Pokud byl takový posudek vypracován soudním znalcem zapsaným v seznamu znalců, má všechny náležitosti a obsahuje doložku znalce o tom, že si je vědom následků vědomě nepravdivého znaleckého posudku, přihlíží se k němu stejně, jako ke každému jinému znaleckému posudku. V zadání znaleckého posudku se vymezuje úkol, případně se formulují otázky, které má znalec zodpovědět. Znalec v něm pak nejdříve popíše zkoumanou skutečnost (tzv. nález) a poté formuluje svůj závěr, či odpovědi na zadané otázky (samotný posudek). Písemný posudek je svázan, jednotlivé strany jsou očíslovány a sešivací šňůra připevněna k poslední straně a přetištěna *znaleckou pečeti*, která obsahuje malý státní znak, jméno znalce a jeho obor. Na této poslední straně je také připojena *znalecká doložka*, která obsahuje označení seznamu, v němž je znalec zapsán, označení oboru, v němž je oprávněn podávat posudky, a číslo položky, pod kterou je úkon zapsán ve znaleckém deníku. Pokud by znalec podal nepravdivý, hrubě zkreslený nebo neúplný znalecký posudek, spáchal by trestný čin.

2. Teoretická část

2.1 Soudně znalecká činnost

2.1.1 Vývoj soudního inženýrství

Zakladatel původního vědeckého pojetí soudního inženýrství, pan Ing. Jiří Smrček (1906-1987), je definoval takto:

„Soudní inženýrství je nová technická disciplína, zabývající se zkoumáním příčin, průběhu a důsledků negativních technických jevů všech oborů. Jejím významným použitím v rámci hledání materiální pravdy je objasňování těchto jevů pro účely řízení před ostatními orgány zejména v řízení trestním a občanskoprávním, příp. i pro potřeby správních orgánů a organizací.“

Pokusme se tuto definici rozvést, uvést podstatu oboru a současně stanovit, v čem se liší od dalších oborů souvisejících, ev. podobných. K tomu nejlépe poslouží analogie se soudním lékařstvím.

A podobně je tomu v technice. Defektoskopie, ať destruktivní nebo nedestruktivní, spolu s dalšími zkušebními metodami umožňuje stanovit skutečný stav stroje, stavby apod. Je možno zjistit, nakolik skutečné provedení odpovídá (nebo před havárii odpovídalo) projektu, dále například: zda byl projekt vadný či nikoliv; když byl vadný, zda byl rozporu s některou normou. Takto je možno teoreticky ověřovat všechny možné příčiny současného stavu. Pokud bude toto ověřování prováděno úředně, v rámci řízení pře státními orgány, příp. v souvislosti s právními úkony občanů nebo organizací, bude na místě znalecký posudek, zde nastupují také znalosti metod soudního inženýrství.

Soudní inženýrství je také oborem interdisciplinárním, a to v disciplínách zdánlivě nesouvisejících. Pro řádné podání znaleckého posudku jsou nezbytné znalosti společenských věd, zejména teorie poznání (gnoseologie) a příčin, věd právních (procesních i hmotných), ekonomických a v mnoha případech i lékařských – přinejmenším v takovém rozsahu, aby technický znalec věděl, kdy si má přibrat konzultanta lékaře. Nutné jsou znalosti z ekonomie, předpisy cenové a další související fakta.

V případě havárie stavby nastoupí stádium zjišťování příčiny. Na základě rozsahu, způsobu a postupu deformací jsou postupně eliminovány všechny fáze havárie, až se dojde k nosníku, který ve stavbě povolil jako první. Zde potom znalec musí komplexní analýzou ověřit v první fázi skutečný (ev. alespoň možný) průběh, skutečnou příčinu poruchy. Nemůže zde počítat s návrhovou pevností oceli a betonu, ale musí zjistit skutečné provedení, pevnost skutečnou. Obdobně musí pokud možno přesně zjistit skutečné zařízení v době havárie atd. Až zjistí skutečnou příčinu poruchy, potom teprve může uvažovat, jak bylo možno poruše předejít, a současně celý průběh uvádí do vztahu k příslušným právním předpisům. Přitom má stále na mysli, že posudek bude použit pro účely řízení, ať už trestního, občanskoprávního nebo před obchodním soudem, a proto ze závěru posudku musí být zřejmá příčinná souvislost tak, jak ji má na mysli právní řád. Musí být řádně oddělena příčina od důsledku; např. pokud byl špatně dimenzován jiný nosník, který praskl až po prasknutí nosníku předmětného, je zde sice pochybení, ale nemusí být příčinná souvislost (toto je zase věcí statického výpočtu, analyzovat varianty s dobře a vadně dimenzovaným a ověřit, kdy se konstrukce poruší).

Dalším specifikem soudního inženýrství je existence zpětné vazby. Právě objektivní poznání skutečné příčiny poruchy (havárie) ve všech jejích souvislostech umožňuje nejúčinnější boj proti opakování. Zpětná vazba se uskutečňuje několika způsoby:

- Podáním návrhu na opatření současně se znaleckým posudkem,
- přímo v práci znalce, který ve svém oboru je obvykle vysoce kvalifikovaným odborníkem na zodpovědném místě,

- značnou část znalců tvoří vysokoškolští učitelé, případně odborní učitelé středních škol, kteří své poznatky okamžitě mohou realizovat ve výuce.

Soudní inženýrství má také významný vztah k vědám ekonomickým. Po technickém hodnocení stavu zařízení, rozsahu jeho poškození, rozsahu a technologie nutných oprav přichází často na řadu posuzování ekonomické; rentabilnost dalšího provozu nebo opravy, hodnota a cena zařízení ap.

Historický vývoj soudního znalectví

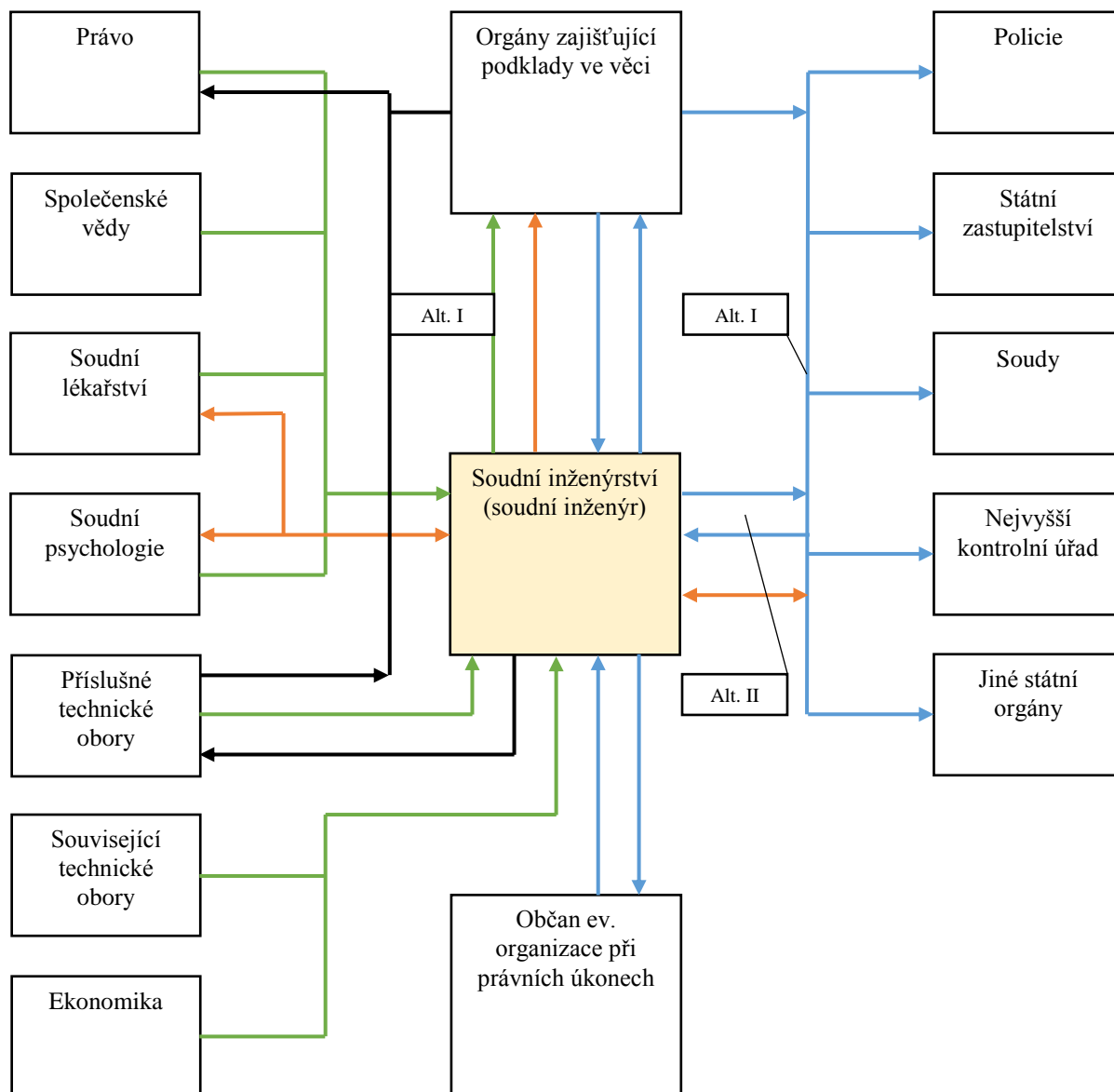
Potřeba odborného znaleckého dokazování vyvstala až s rozvojem oblastí lidské činnosti, kterých se toto dokazování týkalo. Až když některé z nich dosáhly úrovně, která již nebyla pro soudce postižitelná, vznikla potřeba přibrat k vysvětlování odborníky. To byl jeden z důvodů, proč se např. trestní řízení v celém starověku i středověku prakticky obešlo bez dokazování odborníkem.

Pokusy o zapojování odborníků do procesního řízení začínají až v 16. století v době inkvizice; tito jsou však přibráni pouze při hledání. Pojem „znalé osoby“ se v trestním řízení začíná častěji objevovat až na přelomu 18. a 19. století, s rozvojem vědy a techniky. Stále však zůstává názor, že znalec je pomocníkem soudu. (Expertiza je jenom sklo, které zvětšuje předměty. Soudce, který má možnost ho používat, je oprávněn uvážít, zda obrazy, které mu zobrazuje, jsou plně „zřetelné.“) Jiným názorem bylo, že znalecký posudek je vlastně svědeckou výpovědí, poněvadž znalec i svědek skládají výpověď před soudem; odlišnosti obou důkazních prostředků tím byly zanedbány.

První doložené zmínky o seznamech stálých soudních znalců jsou z roku 1787. Prudký rozvoj vědy a techniky v 2. polovině 19. a ve 20. století měl za následek nutnost účasti odborníků u soudu. Současně vyplynula potřeba vyčlenění znaleckého posudku jako samostatného druhu soudního důkazu.

Toto bylo uzákoněno např. trestním řádem z roku 1873, platným v českých zemích až do roku 1950 (obdobně trestní řád uherský z roku 1896). Jedním z prvních oborů, v němž se potřeba odborné konzultace rozvinula, bylo soudní lékařství, zajišťuje odborné posuzování nejen v otázkách objasnění příčin smrti, ale i v oboru toxikologie, biochemie, lékařské chemie atd. Náznaky jsou už ze starověku, od 16. století bylo soudní lékařství rozvíjeno na vědeckém základě. Pitevní řád z roku 1855 již obsahuje podrobnou specifikaci právního postupu, zapisování nálezu, detailního postupu pitvy v různých případech úmrtí a vydání dobrozdání.

2.1.2 Soudní inženýrství

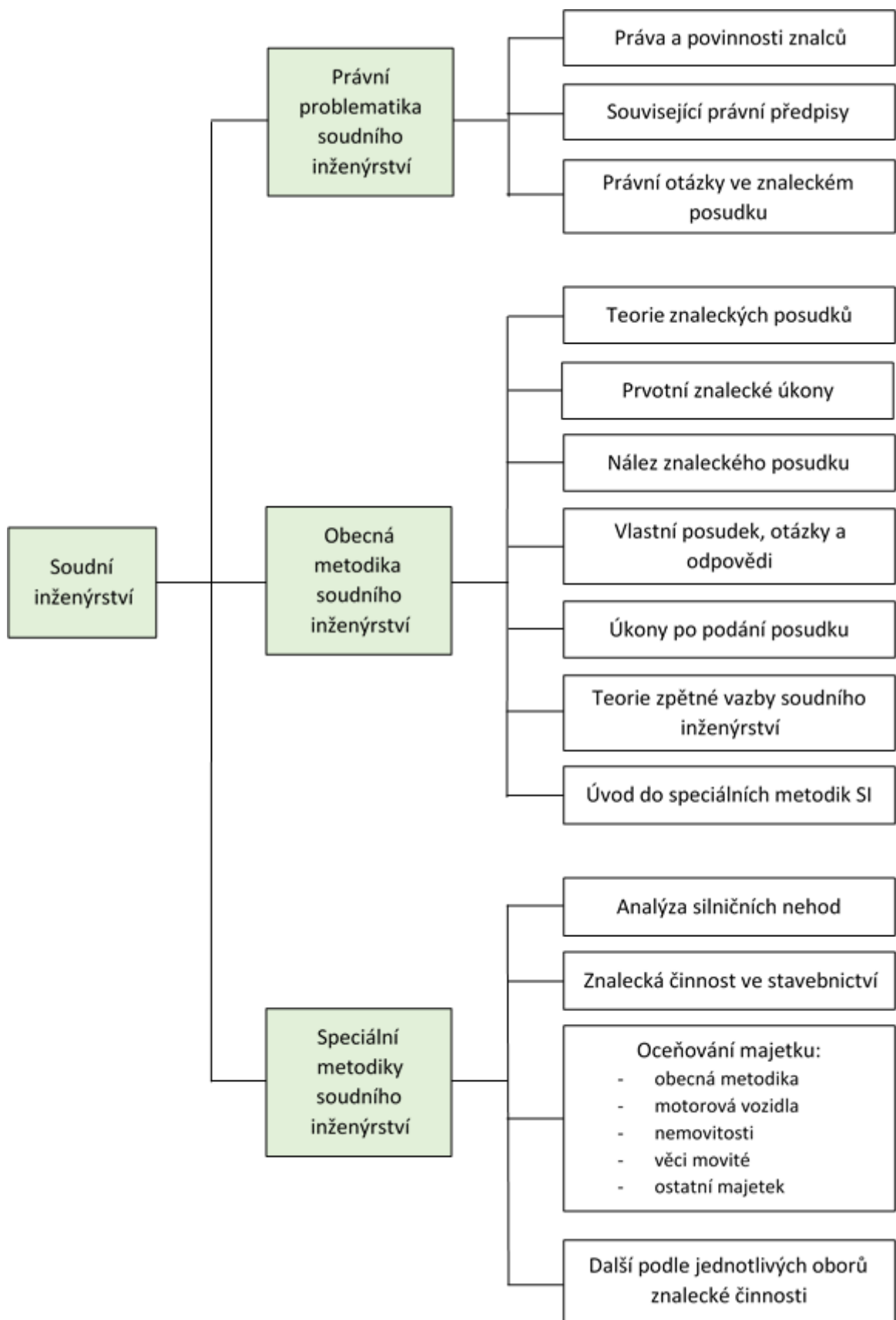


- Teoretická znalost
- Směr postupu informace
- Zpětná vazba
-

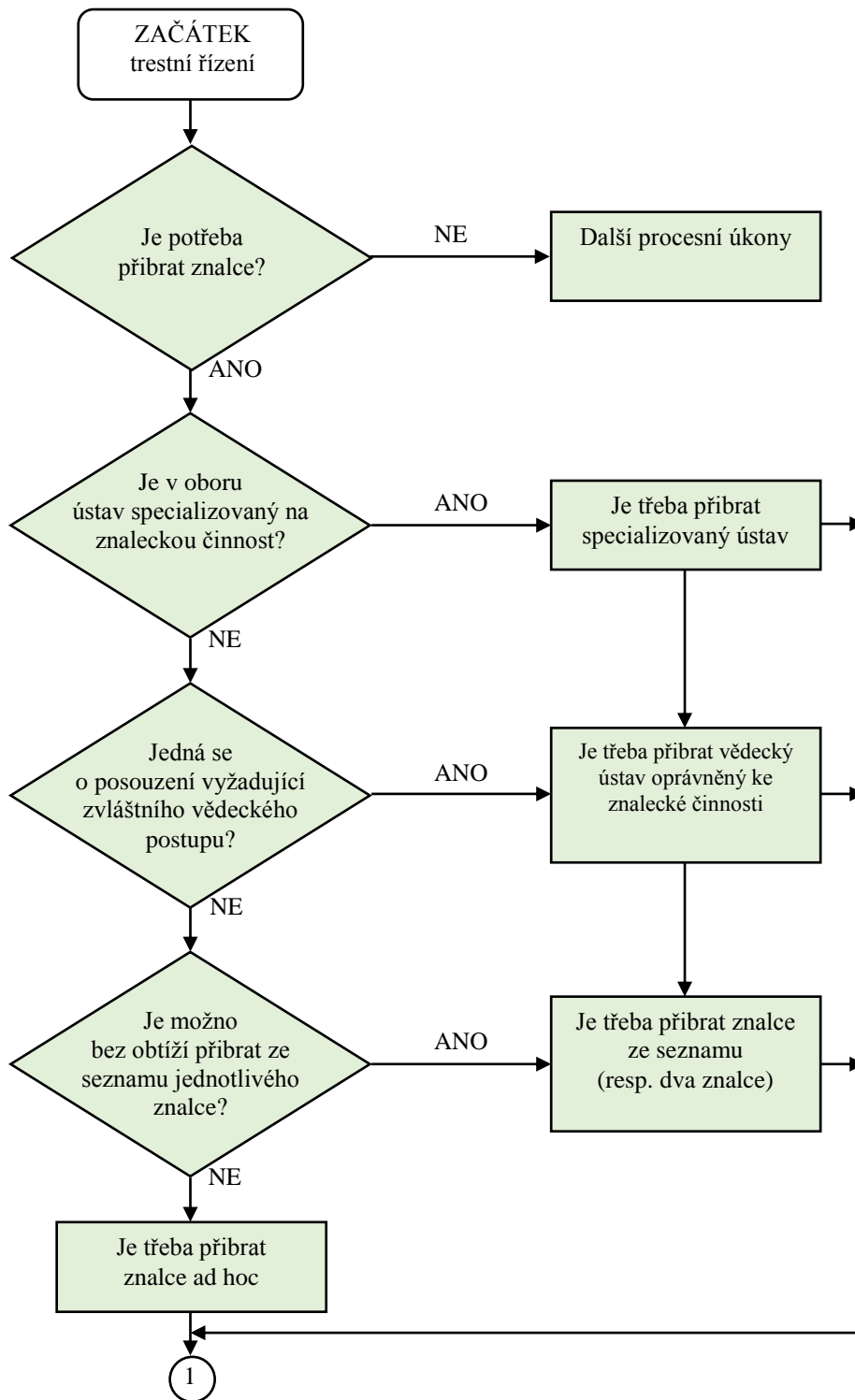
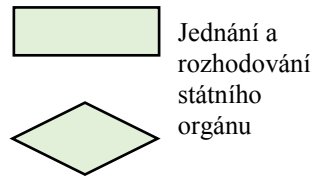
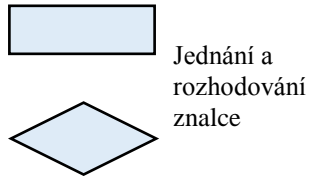
Alt. I Alternativní postup předávání informací

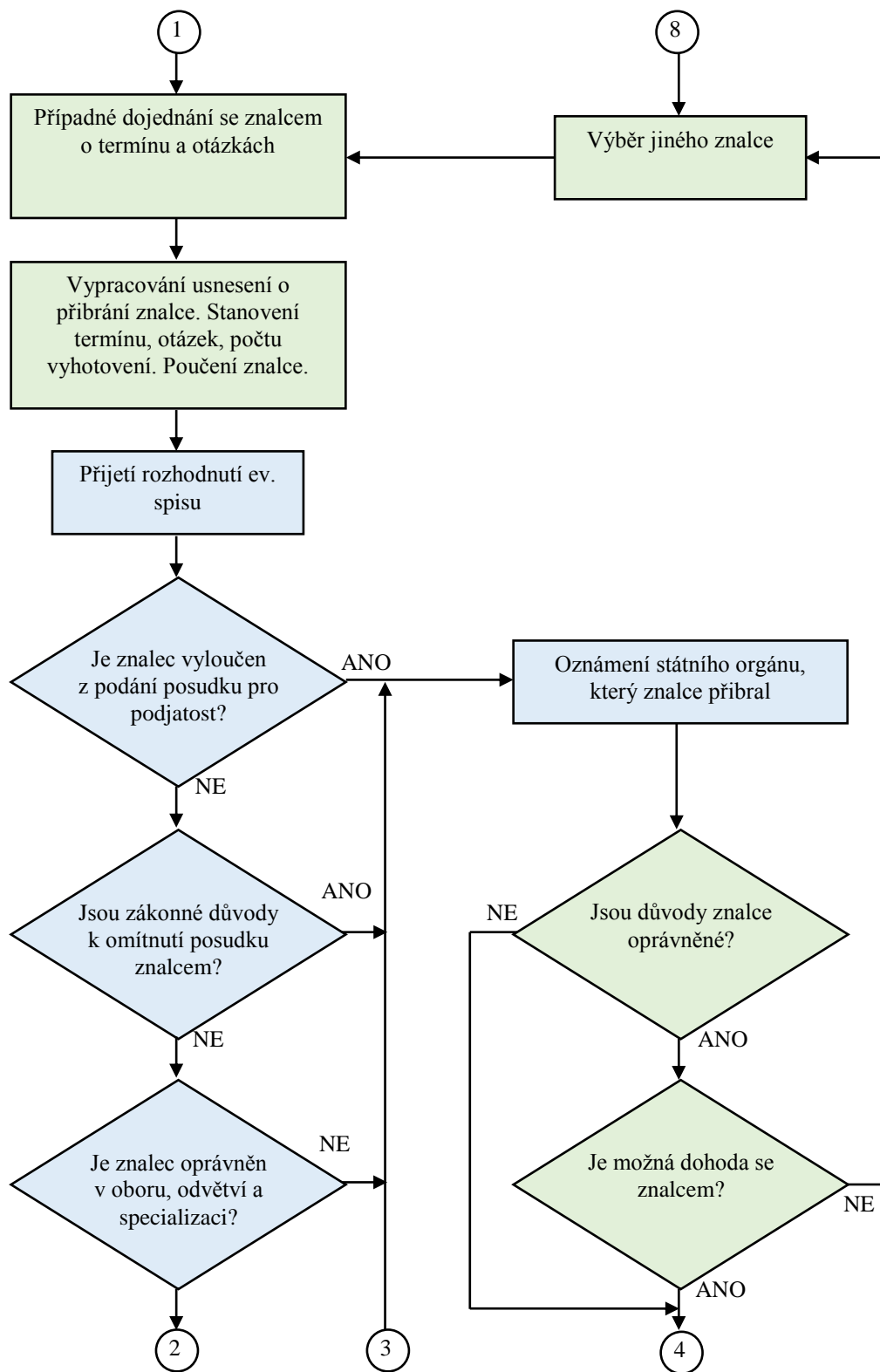
Alt. II Alternativní postup zpětné vazby

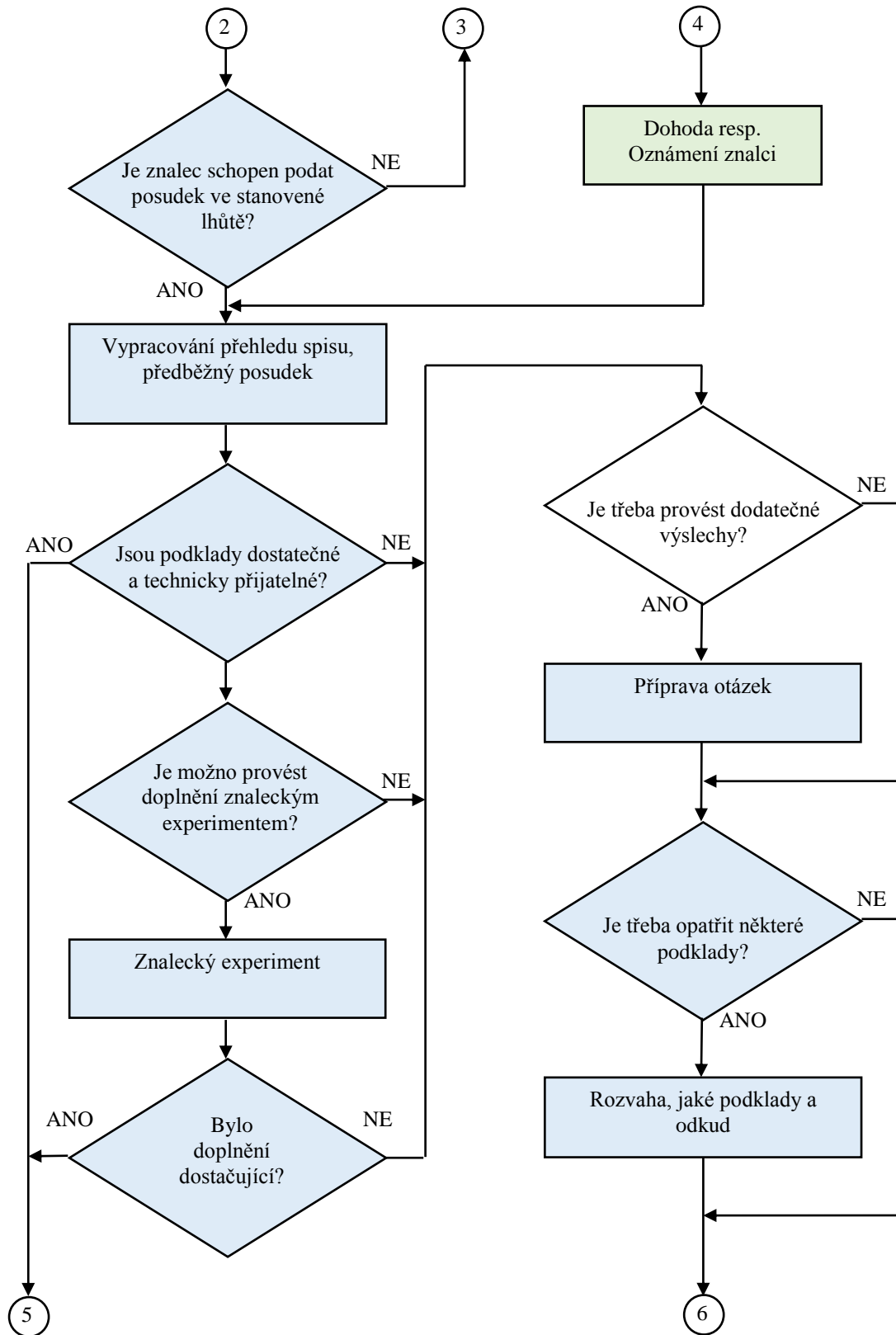
Diag. 1 - Funkce soudního inženýrství [23]

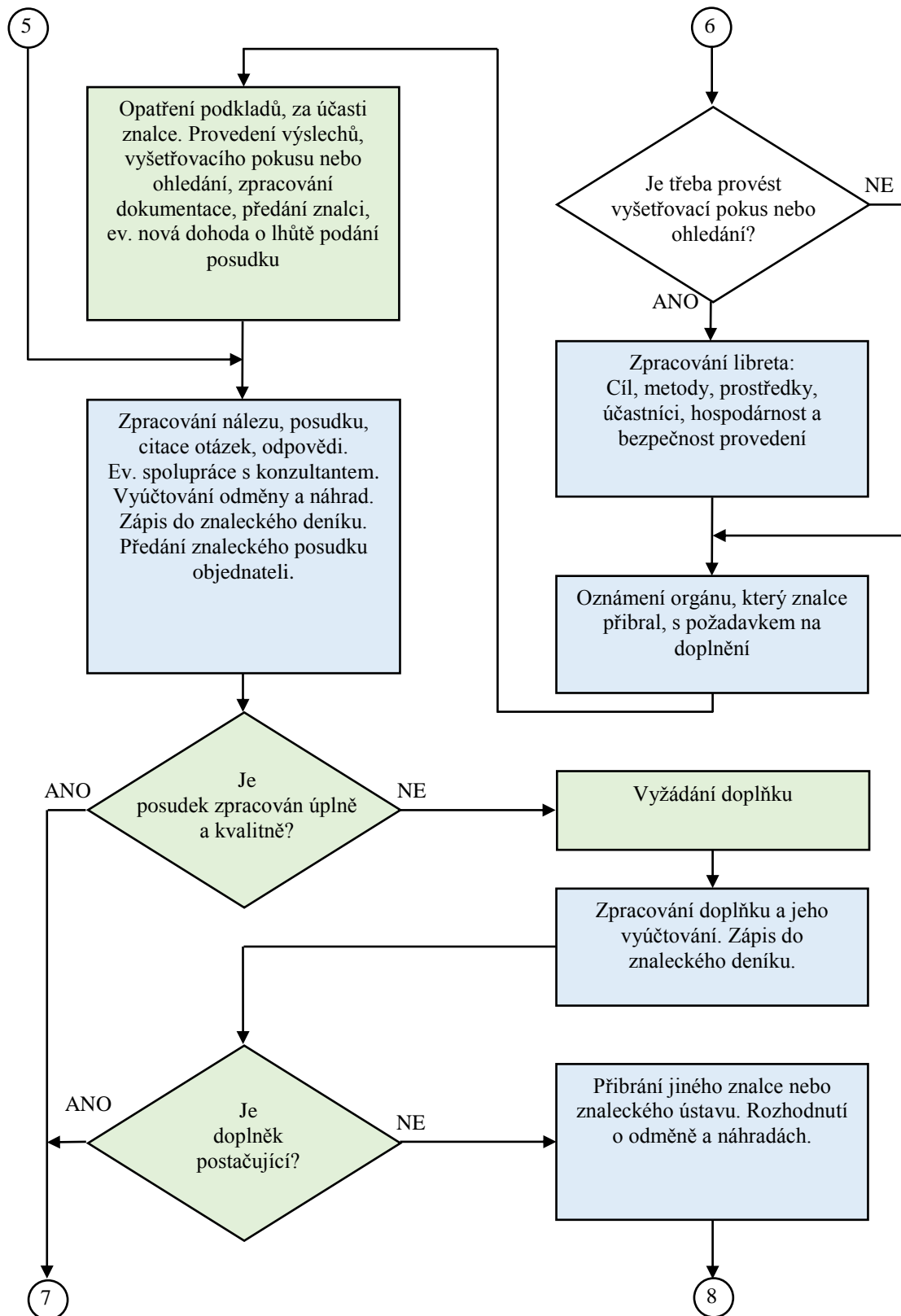


Diag. 2: Metodiky soudního inženýrství [23]









Diag. 3 - Vztahy soudních znalců a státních orgánů [23]

2.2 Stavební diagnostika

Je poznávací proces, jehož cílem je komplexní a hloubkové poznání zkoumaného objektu. Pro zjištění současného stavu objektu nebo jeho částí zjišťujeme příčiny, které k dané situaci vedly. Na základě vstupních údajů a zpráv stavebně technického průzkumu vytváří obraz o všech vlastnostech materiálů, konstrukcí, i celé stavby, popřípadě o použitých technologiích jejich tvorby, které jsou potřebné pro rozhodnutí o jejich spolehlivosti. Je samozřejmé, že toto rozhodnutí je závislé na možnostech stavebně technického průzkumu, na zkušenostech s chováním konstrukcí a materiálů v daných podmínkách i na vědomostech o technologiích rekonstrukčních prací. Závěrů stavební diagnostiky se používá jako podkladu pro rozhodnutí o možnosti, účelnosti a ekonomické výhodnosti zamýšleného regeneračního opatření (oprav, modernizace, pokud se jedná o rekonstrukci, je diagnostika částí technicko – ekonomické studie). Její poznámky slouží též k rozšiřování znalostí o chování materiálů v různých podmínkách a později se využívají při projektování nových objektů.

2.2.1 Postup při zpracování stavební diagnostiky

Na začátku postupu jsou vstupní informace včetně základního vizuálního průzkumu. Je třeba si ujasnit základní vlivy působící na danou stavbu, dále pak typologické, konstrukční a materiálové řešení. Tento krok slouží pro první rozhodnutí o využitelnosti pro požadovaný účel objektu.

Musí se ujasnit:

- a) Účel objektu (u starších staveb k tomu slouží JKSO).
- b) velikost a kapacita objektu (zastavěná plocha, kubatura, obytná plocha),
- c) počet podlaží (nadzemních a podzemních),
- d) doba výstavby, rok ukončení stavby,
- e) umístění v katastru obce,
- f) lokalizace v obci (adresa a číslo popisné),
- g) přibližná nadmořská výška,
- h) vlastník a uživatel objektu,
- i) důvod průzkumu (prevence, poruchy, praskliny, případně havárie, modernizace, rekonstrukce, přístavba, nástavba atd.),
- j) datum průzkumu a firma či pracovník, provádějící průzkum.

Přesnější informace, odborné průzkumy a dokumentace:

- a) Zaměření objektu a následná dokumentace stávajícího stavu (výkresová část v měřítku 1:50, fotodokumentace)
- b) Zjištění mechanických, fyzikálních a chemických vlastností materiálů
- c) Sondáže nepřístupných míst:
 - Stav styků, uložení,
 - stropy – jejich druh, dimenzace, orientace trámů, jejich osová vzdálenost a způsob uložení, kontrola zhlaví,
 - stávající zdivo – sledování poruch, vyskytujících se ve stávajícím zdivu, následné zpracování podrobných nákrešů sond a jejich fotodokumentace, skladba obvodového pláště, zjištění materiálu, výpočet tepelného odporu a měření vlhkosti v konstrukci,
 - střešní konstrukce – zjištění napadení dřevěných částí střešní konstrukce zhoubnými škůdci, plísněmi a hnilobami, kontrola skladby (hydroizolace, tepelná izolace, parotěsná zábrana atd.),

- základové konstrukce – provedení sond v základové spáře pod nosnými konstrukcemi, zjištění druhu materiálu a způsob provedení, hloubka základové horní spáry s hydroizolací,
- podlaha – zjištění skladby a kvality podlahy, zvláště podlahy přilehlé k základové půdě,
- hydroizolace – kontrola kvality, celistvosti a některých detailů (napojení, překrytí apod.),
- komínové těleso – kontrola komínového tělesa, trhliny, prostupnost, případné zborcení vnitřní části, vlhkost od podzákladí, druh paliv,
- dlouhodobé sledování konstrukce (deformace, trhliny, tepelně vlhkostní stav).

2.2.2 Stanovení závažnosti poruch

- a) Havarijní stav - bezprostřední stav ohrožení na životě, zdraví v objektu či v jeho blízkosti,
- b) velmi závažná porucha - znemožnění využití objektu pro daný účel,
- c) závažná porucha - omezené využití, zvyšování nákladů při plném využití,
- d) méně závažná porucha - předpokládané omezené využití do tří let,
- e) nevýznamná porucha - kazí vzhled, ničemu však zatím neškodí.

2.2.3 Statické přešetření a posouzení nosné způsobilosti

- a) Posouzení stropní konstrukce:
Pokud konstrukce nevyhoví, je nutnost provedení zesílení stropní konstrukce tak, aby po rekonstrukci vyhověla normovým hodnotám.
- b) Posouzení stávajících základů:
Jednotlivé základy se posuzují zvlášť pod každou stěnou. Nejprve se posoudí základy na zatížení stávající a poté se posoudí na zatížení nově zhotovené. Posuzování základů je nutno věnovat větší pozornost z hlediska nového přitížení novými konstrukcemi.
- c) Posouzení stávajících zděných konstrukcí:
Zděné konstrukce se posuzují pro zatížení a geometrii, ve které budou působit po rekonstrukci. Stěny se posuzují na běžný metr délky, dále pak nejvíce zatížené, rozměrově nejmenší meziokenní pilíře. Při posuzování je nutno brát v potaz případné oslabení konstrukcí rozměrnějšími instalacemi (voda, plyn, kanalizace či UT apod.).

2.2.4 Porovnání skutečného stavu objektu s teoretickým předpokladem

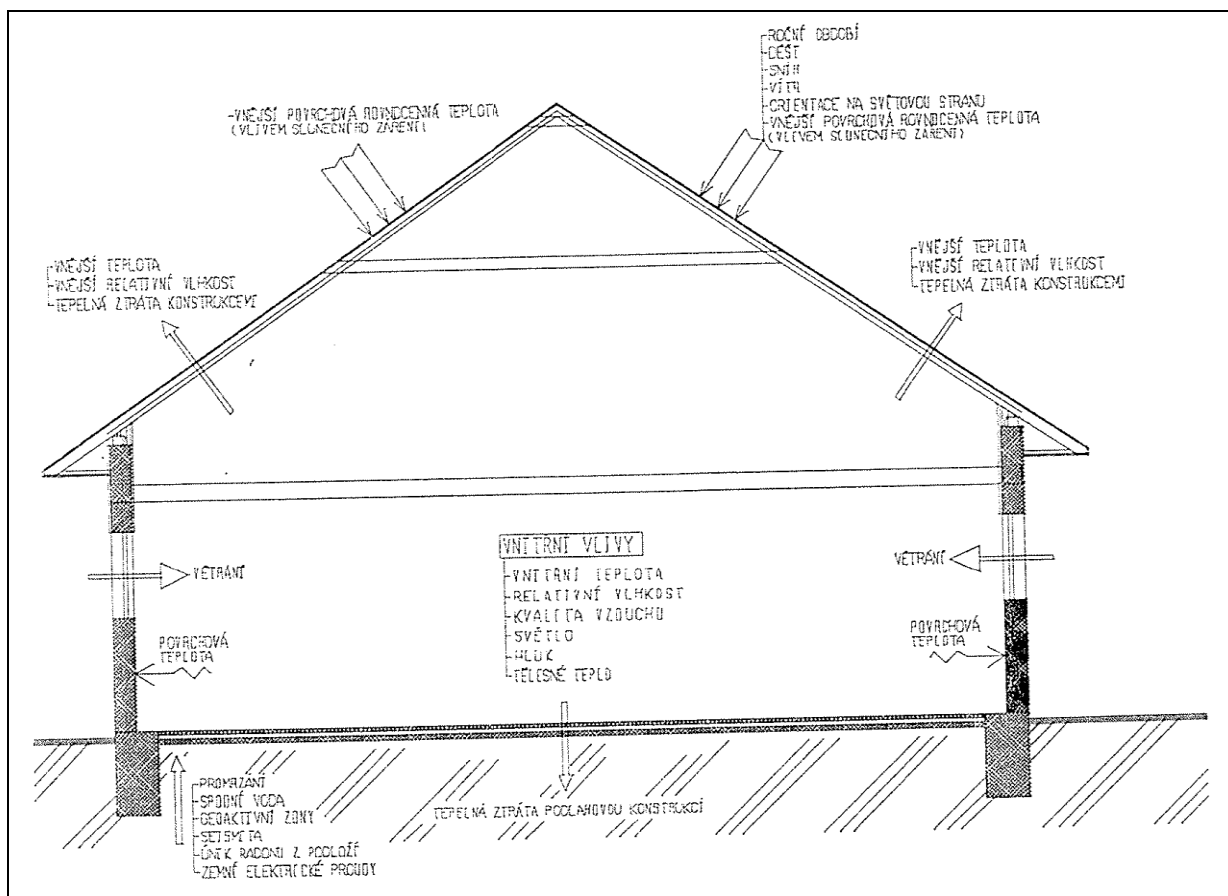
- a) Analýza příčin předčasného opotřebení jednotlivých částí objektu:
 - Nerespektování norem a předpisů při projektu, chyby v projektu,
 - nedostatky a chyby v průběhu výstavby, nedodržení projektu, technologie, nekvalitní či neodborná práce,
 - nedostatečná či vůbec žádná údržba objektu,
 - nehody, havárie či živelné pohromy,
 - změna účelu či využití objektu,
 - běžné opotřebení.
- b) Další prognóza životnosti - určení provozní spolehlivosti, možnost využití stávajících prvků.

2.2.5 Návrh opatření a doporučení

- a) Obměny s ohledem na základy, požadovanou životnost a uživatelské požadavky:
- Životnost – předpokládaná doba příjemného a pohodového bydlení u bytových domů,
 - možnosti menších oprav,
 - výběr druhu a spotřeba materiálů,
 - případné stavební změny v okolí stavby (výměna inženýrských sítí, terénní úpravy okolo objektu, oplocení apod.),
 - architektonické (tvar střechy, fasáda, popřípadě nové architektonické doplňky),
 - typologie (změna prostorového uspořádání),
 - požární ochrana,
 - hygienické předpisy,
 - tepelně technické požadavky (podle požadavků investora a daných normových ustanovení).
- b) Výpočet nákladů – rozpočet:
- Předpokládané náklady na provedení stavby a její pozdější údržbu dle požadavků investora.

2.2.6 Vlivy působící na stavbu

- a) Vnější vlivy,
b) vnitřní vlivy,
c) vlivy materiálů.



Obr. 1 - Vlivy působící na stavbu

2.3 Průzkumy staveb

Před zahájením jakékoliv práce je nutné shromáždit celou řadu podkladů a dat.

U stavebního díla je to o to složitější, protože dílo během celé doby musí být v provozu, a to dlouhodobě.

Z hlediska hodnocení kvality stavebního díla, jejich jednotlivých částí, jejich složení z jednotlivých prvků musí toto dílo plnit po celou dobu předpokládané existence požadovanou funkci, tj. životnost. Hlavní funkce životnosti spočívá v tom, aby stavební objekt po celou dobu životnosti, za přiměřené údržby a opravách vykazoval ekonomickou provozuschopnost a nezávadnost.

Po určité době užívání každého objektu dochází k fyzickému opotřebení, nebo k opotřebení jeho materiálů, potom hovoříme o fyzické životnosti.

Vzhledem k neustálému vývoji a pokroku společnosti, módním trendům, individuálním požadavkům se i stavební materiály neustále vyvíjejí, proto může pak stavební dílo vykazovat provozní nebo i výrobní poruchy, které definujeme jako morální opotřebení.

Takto jsou dány skutečnosti pro plánování další stavební činnosti. Proto se zaměřujeme na průzkumy staveb, které každé stavební činnosti předcházejí.

Průzkumy staveb jsou:

- a) Urbanisticko-architektonický,
- b) stavebně-historický,
- c) stavebně-technický.

2.3.1 Urbanisticko - architektonický průzkum

U tohoto průzkumu se posuzuje rozsáhlé území, proto musí probíhat v dostatečném předstihu.

Důvodem pro zhotovení takového průzkumu často bývá rozhodnutí o modernizačním zásahu do území, jako jsou například nově budované dopravní spojení, dopravní tunely, trasy metra nebo nové využívání zastavěných průmyslových, vojenských center, která už dosloužila.

Posuzování území se týká urbanistické demografie, pohybu obyvatelstva za prací, bytového nebo stavebního fondu, pracovních příležitostí. Vždy je to posuzování širokého území, určeného k regeneraci.

Je zde nutné zhodnotit fyzikální stav objektů, kvalitu bytového fondu a technické infrastruktury území, která se týká hlavně přesunů a tras inženýrských sítí.

2.3.2 Stavebně - historický průzkum

Tento průzkum se provádí také v předstihu, před stavebně-technickým průzkumem a před zahájením projekčních prací. Stavebně-historický průzkum se týká převážně objektů, které jsou kulturní památkou, ale také u staveb mladších, kde chceme znát různá období vzniku jednotlivých částí staveb, kdy byly provedeny jednotlivé konstrukce, rekonstrukce, přístavby, atd. Časový sled provádění jednotlivých konstrukcí je důležitý v tom, že můžeme zařadit materiály stavby podle období, kdy byly vyrobeny. Např. je známo, kdy se zhruba začaly používat plné pálené cihly, kdy se začaly vylehčovat děrováním a kdy se začaly používat tvárnice.

Stavebně - historický průzkum určí důležitost konstrukcí:

- Odhad stavebního vývoje budovy, narůstání konstrukce,
- zjištění stáří jednotlivých konstrukcí vertikálních i horizontálních,

- proměny budovy, změny provozu konstrukce,
- poznání rozsahu a šíře dřívějších adaptačních zásahů.

Výsledkem stavebně-historického průzkumu je zpráva, která obsahuje:

- Historii stavby - předpokládané uspořádání konstrukcí, místa přestaveb,
- architektonický rozbor stavby, popis interiérů a exteriéru s popisem architektonických a výtvarných hodnot,
- umělecko-historické hodnocení - třídění do architektonických slohů a historických etap,
- vyznačení historicky stavebních etap do dokumentace stavby.

Taková zpráva pak kladně přispívá k vypracování stavebně-technického průzkumu.

2.3.3 Stavebně - technický průzkum

Je založen na zjišťování všech potřebných informací o stávajícím objektu a srovnání s nároky norem, předpisů a požadavků.

Technický průzkum slouží jako výchozí podklad pro podrobný návrh regeneračních opatření a technologie oprav. Technickým průzkumem se vyhodnocuje, které z příčin daného stavu jsou prvotní a které jsou vyvolané.

Stavebně - technický průzkum objektu se skládá z mnoha dílčích samostatných průzkumů, které na závěr tvoří celkový stavebně - technický průzkum daného objektu. Dílčí průzkumy jsou například:

- Konstruktivní a statický průzkum,
- vlhkostní průzkum včetně radonového, inženýrsko-geologického a hydrologického průzkumu,
- průzkum biokoroze objektu.

Záměry, pro které se stavebně - technický průzkum provádí, mohou být různorodé. Může se podle potřeby lišit i rozsah průzkumu. Nejčastěji se stavebně - technický průzkum vyžaduje pro tyto záměry:

- Nástavba nebo přístavba objektu,
- rekonstrukce,
- změna vlastníka objektu,
- zjištění příčin, popřípadě závažnosti poruch objektu, jehož stáří může být v intervalu od několika měsíců do několika let,
- nová výstavba v těsném sousedství, event. pod stavbou.

Technické průzkumy se zpravidla provádějí stavebně na základě zkušeností z praxe, ve třech stupních:

- a) Předběžné (základní) stavebně-technické průzkumy.
- b) Podrobné (komplexní) stavebně-technické průzkumy.
- c) Doplňkové stavebně-technické průzkumy.

Ad a) Předběžné (základní) stavebně-technické průzkumy

Provádějí se za plného provozu objektu, ještě před zahájením projekční přípravy a specifikují druh, rozsah a kvalitu dalších nejobecnějších informací, které je nutno získat pro další rozhodovací fáze.

Tyto informace jsou například:

- Historie objektu,
- vývoj provozního využívání,

- návaznost vývoje na nejbližší okolí a územní celek včetně ekologických vazeb,
- konstrukční charakteristiky včetně provozních a konstrukčních vad, poruch a kapacitních údajů, atd.

Způsob provádění průzkumu:

(v této fázi je nutné)

- shromáždění a studium dostupných podkladů (archivní materiály, výkresová a verbální dokumentace objektu včetně zjištěných dodatků a změn),
- vizuální prohlídka objektu, jeho konstrukcí a nejbližšího okolí (smyslové metody).

Tento stupeň průzkumu se zpracovává jako pasport objektů a běžně se nazývá předběžný STP.

Ad b) Podrobné (komplexní) stavebně-technické průzkumy

Podrobně doplňují informace získané základním průzkumem, jako např. druh a kvalitu materiálu konstrukcí, jejich statické parametry. Současně doplní před zpracováním projektu základní průzkum o:

- Aktualizaci stávajícího stavu objektu (pasportizace objektu),
- konkretizaci geologického profilu podloží včetně hydrogeologických poměrů,
- fotografickou dokumentaci stávajícího stavu,
- specifikaci možných příčin zjištěných vad a poruch konstrukcí (provádí se místní šetření),
- specifikaci exaktních hodnocení jednotlivých konstrukcí a materiálů, vyžadující aplikaci destruktivních průzkumných metod.

Tuto etapu průzkumu objektů je vhodné provádět opět bez přerušení provozu. Proto je třeba volit takové metody průzkumu, které nevylučují běžný provoz v objektu. Informace získané v této etapě je nutno zpracovat na takové úrovni, aby byly dostatečným podkladovým materiálem pro zpracování projektové dokumentace.

Způsob provádění průzkumu:

- Vizuální prohlídka objektu (místní šetření), jeho konstrukcí a nejbližšího okolí (smyslové metody),
- nedestruktivní stanovení fyzikálních ukazatelů, omezené destruktivní hodnocení charakteristik materiálů nevylučujících běžný provoz v objektu (odběr vzorků materiálů v provozovně podružných prostorech, resp. Odběr, umožňující uvedení do provozuschopného stavu v mimopracovní době – kontaktní metody, drobné odběry materiálových vzorků).

Ad c) Doplnkové stavebně-technické průzkumy

Poslední etapa průzkumových prací, která se provádí v průběhu projektování, těsně před zahájením rekonstrukce objektu. V rámci této etapy průzkumu se prakticky provádí pouze přehodnocení sporných závěrů předchozích průzkumových stupňů a doplnění získaných poznatků.

Tato konečná fáze průzkumu se provádí ve vyklizených objektech připravených k zahájení realizačních zásahů, resp. souběžně s nimi. Vzhledem ke skutečnosti, že provozní využívání objektu je poplatné typu rekonstrukčního zásahu, je v souladu s ním možno aplikovat metody průzkumu, při nichž dochází i k částečnému znehodnocení objektu.

Způsob provádění průzkumu: převážně destruktivní metody vyžadující odběr vzorků a jejich vyhodnocení v laboratoři.

Součástí průzkumu mohou být i základní ekonomické údaje. Stavební objekt má svoji pořizovací hodnotu, svoje opotřebení i zůstatkovou cenu. Veškeré rozhodování

o rekonstrukci, modernizaci a opravě by mělo brát vždy v úvahu ekonomické faktory, zejména výši nákladů na rekonstrukci s ohledem k zůstatkové ceně objektu. Náklady na rekonstrukci jsou vysoké a v mnoha případech je rekonstrukce zdůvodnitelná jen tehdy, jsou-li pro ni zvláštní důvody, např. památkové, architektonické apod.

Zůstatkovou cenu lze určit na základě:

- Účetní evidence,
- cenových předpisů, zjištění technického stavu a položkové kalkulace,
- tržního ohodnocení,
- výnosů.

V budoucnosti budou o efektivnosti vkládaných prostředků rozhodovat dva posledně jmenované způsoby ocenění. Pravděpodobně přinesou nové pohledy na modernizaci, rekonstrukci a opravy objektů a jejich STP. Problematika životnosti stavebních objektů, která úzce souvisí s jejich zůstatkovou cenou, není uspokojivě vyřešena. STP je jedním z nástrojů, který dá lepší odhad zbytkové životnosti a tím i zbytkové ceny.

2.3.4 Zásady při navrhování stavebně – technického průzkumu posuzovaného objektu

- a) Při vstupu do objektu je nutné postupovat vždy tak, jako bychom stavební průzkum prováděli poprvé. Je nutné si uvědomit, že každý objekt je svým způsobem neopakovatelná individualita, a lze doložit na řadě případů, že objekty stavěné stejným stavitelem se stejným půdorysem v přibližně stejných podmínkách se mnohdy značně odlišují.
- b) Při vstupu do objektu je nejprve nutné stanovit jeho konstrukční systém a konkretizovat užití stavební materiálu. Stanovení konstrukčního systému má velký význam při posuzování charakteru zjištěných poruch.
- c) Provést podrobnou prohlídku posouzeného objektu a při ní lokalizovat zjištěné trhliny a jiné poruchy u objektu a jednotlivých konstrukčních prvků. Je tedy nutné stanovit místa maximální kumulace trhlin a charakter poruch, zjistit, zda jde o poruchy konstrukčních prvků, nebo o poruchu celého objektu. V této souvislosti je nutné si uvědomit, že vznik poruchy může být způsoben jednak objektem samým, popř. jeho konstrukčními prvky, anebo příčina vzniku poruchy může vycházet z negativního působení okolních vlivů (poruchy v podloží objektu, přetížení okolní zástavbou, působení těžké dopravy v nejbližším posuzovaném objektu atd.).
- d) Na základě posouzení zjištěných poruch stanovit možné příčiny jejich vzniku. Podle orientace trhlin a charakteru poruch u objektu a jeho konstrukčních prvků je nutné stanovit příčinu jejich vzniku. Z praxe při provádění stavebně-technických průzkumů je zřejmé, že porucha u objektu většinou není zapříčiněna pouze jedním negativním vlivem, ale že jde v převážné míře o působení souhrnu hned několika vlivů, a to v různých kombinacích působení na objekt, popř. na jeho konstrukční část. Tato skutečnost pak musí posuzovatele zavést ke stanovení dalších kroků stavebně-technického průzkumu (požadavek na provedení tlakových zkoušek, průzkumu podloží atd.).
- e) Stanovení obsahu a rozsahu rekonstrukčního zásahu do objektu. Na základě posouzení možných příčin vzniku poruch u objektu a poznatků získaných při zhodnocení kvality celého objektu a jeho jednotlivých konstrukčních prvků se pak stanovuje obsah a rozsah odpovídajícího zásahu do objektu, přičemž je nutné plně respektovat stávající

stav objektu, jeho konstrukční systém, materiálovou základnu, jednotlivé konstrukční detaily a současně také průmět vlivů okolní zástavby.

2.3.5 Výsledky stavebně - technického průzkumu

Výsledkem je zpráva o provedeném průzkumu. Uvádíme příklad možného členění zprávy.

- a) Základní údaje (identifikační údaje o akci, objednateli a zhotoviteli průzkumu, přesná specifikace zadání.
- b) Specifikace podkladových materiálů, případně popis získávání nutných informací (např. specifikace přístrojů, způsob odebrání vzorků, jejich vyhodnocování atd.).
- c) Nález - charakteristika objektu a jeho okolí:
 - Poloha objektu,
 - stáří, stavební vývoj a provozní využití objektu,
 - konstrukční řešení objektu,
 - popis okolí objektu,
 - popis fyzického stavu konstrukcí objektu,
 - popis provozních podmínek v objektu,
 - lokalizace, popis a stanovení příčin zjištěných vad a poruch.
- d) Návrh opatření:
 - Přiřazení sanačních zásahů k jednotlivým poruchám a porovnání možností jejich aplikace z hlediska jejich účinnosti, technologie, realizace a nákladů,
 - rozbor jednotlivých sanačních metod a doporučení pro investora na aplikaci některé z nich,
 - doporučení optimálních sanačních technologií pro zjištění vady a poruchy,
 - doporučení dalších průzkumných činností (druh, rozsah, lokalizace, technická úroveň, atd.),
 - fotodokumentace.

Podrobné členění závěrečné zprávy o stavebně-technickém průzkumu bude v jednotlivých konkrétních případech rozdílné. Je závislé na druhu, stupni a požadované komplexnosti průzkumu (např. pouze vlhkostní průzkum).

2.3.6 Konstrukční a statický průzkum objektu

V rámci konstrukčního a statického průzkumu se zaměřujeme především na zjištění stavu:

- Základových konstrukcí,
- svislých nosných konstrukcí,
- vodorovných (stropních) nosných konstrukcí,
- střešních konstrukcí (krovu),
- schodišťových konstrukcí,
- visutých konstrukcí (balkony, pavlače, arkýře).

Neprovádí se zásadně průzkum těch konstrukcí, které se obvykle v plném rozsahu vyměňují z důvodu opotřebení nebo nevyhovují platným normám a předpisům.

2.3.7 Dokumentace o stavebně - technickém hodnocení a průzkumu objektu

Dokumentace o stavebně technickém průzkumu je založena na zhodnocení výsledků, výsledků laboratorních zkoušek, příp. zkoušek „in situ“, provedených teoretických ověření a výpočtů, musí obsahovat:

- Seznam všech použitých podkladů, výkresů, zpráv a pramenů použitých při průzkumu,
- hodnocení,
- textově a graficky zpracované výsledky stavebně technického průzkumu členěného do jednotlivých částí (podle druhu konstrukcí a materiálů použitých v objektu),
- výsledky laboratorních zkoušek, příp. zkoušek „in situ“,
- teoretické výpočty a ověření,
- souhrnně zpracované výsledky a závěry stavebně technického průzkumu a hodnocení materiálů, konstrukce a stavby jako celku, včetně doporučení dalšího postupu, rekonstrukce, atd.

2.3.8 Typy stavebně - technických průzkumů

Obecně můžeme provádět celou řadu stavebně-technických průzkumů. Podílí se na nich různé obory stavebnictví, jako například:

Administrativní průzkum

Průzkum přírodních podmínek:

- geografický (komunikace, orientace ke světovým stranám),
- topografický (charakter čitelnosti okolního terénu),
- klimatický (teplota, směr převládajících větrů),
- hydrografický (úroveň hladiny spodní vody),
- geologický (zemina v podzákladí),
- pedologický (bonita půdy),
- geofyzikální (tektonické poměry),
- geobotanický (nutný u zelených střech),
- výskyt možných stavebních materiálů.

Průzkum technicko-hospodářských podmínek:

- místní průmysl (kvalita ovzduší),
- zásobování vodou,
- odvod a čištění odpadních vod,
- zásobování elektřinou, plynem, teplem,
- dopravní (místní i veřejná síť),
- telekomunikační,
- demografický (sledování pohybu obyvatelstva a hustota obydlí).

2.3.9 Průzkumy ze stavebního hlediska

Provádíme je destruktivními a nedestruktivními metodami

- Sondáž stropů, zjištění skladby nosných prvků,
- sondáž zdiva,
- sondáž základových konstrukcí,
- stav hydroizolací, tepelných a akustických izolací,
- stav výplní,
- stav instalací.

Vlhkostní a radonový průzkum

- Stav vlhkosti (hlavně v zimním období),
- druh zemní vlhkosti a její úroveň,
- výskyt radonu a určení jeho stupně.

Biologický průzkum - biokoroze

- Zjištění napadení dřevěných konstrukcí škůdci, bakteriemi, plísněmi, houbami a hnilobami.

Statický průzkum

- Únosnost všech konstrukcí,
- posouzení nových zatěžovacích stavů,
- míra poškození nosných konstrukcí,
- posudek nosné způsobilosti,
- možnosti jiného využití odstraňovaných materiálů.

Průzkum z hlediska požární ochrany

- Požární zatížení,
- požární úseky,
- požárně otevřené otvory,
- velikosti proluk mezi objekty.

Průzkum z hlediska ochrany životního prostředí:

- Hluk,
- prach,
- oslunění,
- zápachové inhalace (odstupová vzdálenost větracích průduchů od okenních otvorů),
- zpracování odpadů.

Průzkum z hlediska plánu organizace výstavby:

- Prostorové a zatěžovací podmínky,
- použití mechanismů,
- odstup od jiných objektů.

2.4 Metody stavebně - technických průzkumů a metodiky znaleckého posuzování vad a poruch

Při provádění průzkumů se používá zásadně více metod, které se vzájemně doplňují a mohou se prolínat. Zjišťují se především poruchy, jejich příčiny, míra znehodnocení konstrukcí či materiálů, vady vzniklé během výstavby, uspořádání zakrytých konstrukčních detailů, pevnost a další charakteristiky materiálů.

Základními metodami jsou:

- Smyslové metody - resp. průzkum za použití jednoduchých pomůcek,
- přístrojové a laboratorní metody.

2.4.1 Smyslové metody

Poruchy zjišťujeme nejčastěji vizuální prohlídkou konstrukce nebo poklepem na konstrukci. Zjišťujeme:

- Povrchové poškození, kvalitu povrchů, eventuálně vlhkost (pomůckami jsou např. lupa, dalekohled, zrcátko),
- trhliny (pomůcky jsou např. lupa, měrka na trhliny, měřítko, plastová fólie ke zjištění hloubky),
- deformace a posuny většího rozsahu (pomůckami jsou např. ocelová kulička, vodováha, olovnice),
- poruchy spojů konstrukcí,
- stopy po biologických činitelech na stavebních materiálech,
- kvalitu materiálů - odhad vlastností (pomůckami jsou např. geologické kladivo, hřeby, tesařská skoba, dláto, špičák),
- zakryté dutiny (např. kladivo).

Tab. 1 - Smyslové metody pro zkoušení zdiva

Zkoušený materiál	Pomůcky	Odezva, projev	Zjištění
cihly	kladivo	jasný čistý zvuk temný tlumený zvuk	vyšší pevnost nižší pevnost
malty ve zdivu	kladivo	jasný zvuk temný zvuk	vyšší pevnost nižší pevnost
omítka	pěst, dřevěná palice	tlumený dutý zvuk	omítka uvolněná od podkladu
stěna	kladivo	tlumený zvuk	záplatované dutiny ve zdivu

2.4.2 Přístrojové metody

Užívají se pro přesnější zjištění mechanických a fyzikálních vlastností. Obecně se dělí na nedestruktivní a destruktivní.

a) Nedestruktivní

Těmito metodami se zkouší materiál bez porušení nebo s porušením takového stupně, kdy funkční vlastnosti zkoušených prvků zůstávají zachovány. Zkoušky těmito metodami se většinou provádějí na konstrukci. Nedestruktivními metodami se potřebné informace zjišťují

nepřímo. Pokud pro jejich užívání neexistují normy, předpisy či jiné podklady, je nutno připravit soubor vzorků předepsaných či požadovaných vlastností odvozených od vlastností zkoušeného materiálu a na nich provést nedestruktivní a destruktivní (normové) zkoušky. Metodami matematické statistiky je potom nutno vytvořit kalibrační vztah, který lze použít pro určité potřebné veličiny. Pro stanovení kalibračního vztahu je nutno vyzkoušet nejméně 16 vzorků, jejichž vlastnosti musí odpovídat zkoušenému materiálu zvláště co do rozpětí zjišťované charakteristiky (např. rozpětí pevnosti materiálu).

Příklady nedestruktivních metod

Jsou známá značná množství nedestruktivních metod, široce užívaná je z nich však pouze část, a to především z důvodů dostupnosti zařízení (náklady na pořízení a provozování, možnost dovozu nebo výroby) i z důvodu vhodnosti k obecnému použití (bezpečnostní a hygienické předpisy).

Na přístroje pro zkoušky nedestruktivními metodami jsou kladeny vysoké požadavky, neboť se jedná o měření v náročných podmínkách. Přístroje pro zkoušky nedestruktivními metodami musí být spolehlivé, dostatečně odolné (nárazy, prach, vlhkost, teplota) a lehké.

b) Destruktivní metody

Zde je nutno odebrat větší část materiálu nebo jeho složek (většinou se jedná o neporušené vzorky) pro zkoušky fyzikální, mechanické a pro laboratorní rozbory. Tyto zkoušky se provádějí ve zkušebně nebo v laboratoři. Zkoumané vlastnosti se těmito metodami zjišťují přímo. Obvykle je destruktivní metoda pro zkoušení materiálů normována pro zjištění kvality nových materiálů. Při zkoušení vzorků odebraných z konstrukce je nutno metodiku upravit (např. vzhledem ke tvaru odebíraných vzorků, podmínkám odběru). Při vyhodnocování modifikovaných zkoušek se hodnoty zkoušené vlastnosti převádějí pomocí korelačních vztahů, které je nutno stanovit způsobem uvedeným u nedestruktivních metod.

Při rozhodování (průzkumu), jakou metodu zvolit, je nutné postupovat s ohledem na bezpečnost, použitelnost a trvanlivost konstrukce. Z velké části je to ovlivněno i lidským faktorem, jeho znalostmi, zkušenostmi, odpovědností, atd.

Účelné je minimalizovat narušení konstrukcí a také snížení finančních nákladů a času potřebného pro tento průzkum.

Doporučuje se následující postup při rozhodování, jakou metodu použijeme:

- a) Nejdříve se používá jednoduchých přístrojových metod. Charakteristiky se stanovují na straně "bezpečné", odhadem nebo na základě výsledků zkoušek.
- b) Dále se provádí výpočet a posuzuje se spolehlivost jednotlivých částí.
- c) Podle výsledků se rozdělí prvky-vzorky (např. zkoumané cihly, vzorky malt, atd.) na části dostatečně spolehlivé a na ty části, o kterých nelze jednoznačně rozhodnout. Ty je nutné podrobit přesnějšímu průzkumu za použití opět přístrojových metod, ale složitějších-cyklus se opakuje.

Z výše uvedeného vyplývá, že při předběžném posouzení se užívá obvykle smyslových metod, resp. jednoduchých přístrojových, v dalším cyklu se užívají přesnější nedestruktivní metody, v dalším destruktivní metody.

Vybrané metody, které je možné použít pro průzkum zdíva:

a) Optická kontrola

Používá se prohlížecí tubus s objektivem a ten se zavádí do otvoru provedeného ve zkoumané konstrukci. Obraz se přenáší optickým systémem do okuláru nebo monitoru, je možno jej zaznamenat fotoaparátem nebo videokamerou. Užívá se technických endoskopů (technoskopy) pevných nebo flexibilních, případně průmyslové televize s miniaturními

kamerami. Touto metodou je možno provést prohlídku a zhodnocení konstrukce v nepřístupných místech např. přesné určení stavu a složení zdiva ve vývrtech.

b) Měření posunů a deformací

Deformace, posuny a ostatní změny polohy se měří jako změna vzdálenosti dvou zvolených pevných bodů. V některých případech je možno užít i elektrických tenzometrů. Užívá se různých měřidel pro kontrolu rozměrů a pro zjišťování délkových změn. Nejčastěji se užívají kontrolní sádrové destičky (kvalitativní zjištění), číselníkové úchytkoměry, sázeční deformetry, měřicí mikroskopy. Tato metoda je vhodná pro zjištění pohybu trhlin-absolutní hodnotu deformace a směr pohybu.

Při použití sádrových destiček je nutno dbát několika doporučení:

- destičky přikládat na holou stěnu (ne na omítku),
- na destičku před zatvrdnutím poznamenat datum zkoušky,
- rozmístění destiček zaznamenat do výkresů.

c) Tvrdoměrné metody

Podle odrazu, vtisku nebo proniku a množství spotřebované energie se měří ukazatel tvrdosti materiálu. Z výsledků měření se podle kalibračních vztahů určí např. pevnost materiálu v tlaku.

Pro tvrdoměrné zkoušky se používají různé tvrdoměry:

- Tvrdoměry Schmidt typ M, N, L, LB, P, PT,
- kuličkové tvrdoměry (HPS, Baumann),
- mechanický špičákový tvrdoměr,
- elektromagnetický tvrdoměr,
- Wietzmannův tvrdoměr (upravený tvrdoměr Poldi),
- indentor,
- příklepová vrtačka.

Tyto metody zkoušení jsou jednoduché a relativně přesné. Přístroje v pořadí 1 - 5 se užívají pro zkoušení betonu (ČSN 73 1373). Pro zkoušení keramických materiálů (cihly) jsou známy kalibrační vztahy pro přístroje Schmidt typ N, L, LB a Wietzmannův tvrdoměr. Pro zkoušení malty ve zdivu byly vyvinuty indentor a příklepová vrtačka.

d) Metody místního porušení - jádrové vývrty

Jádrovým vrtákem se z konstrukce odebere vzorek ve tvaru válce.

Pro odběr vzorků z tvrdých a křehkých materiálů (beton, keramika, horniny) se užívá diamantových jádrových vrtáků, pro odběr dřeva trubkové frézy. Na vzorcích zdiva a malt je možno stanovit absolutní vlhkost (nesmí být však použit výplach vodou).

e) Ultrazvuková impulsová metoda průchodová

Principem je vysílání ultrazvukových impulsů o frekvenci 20-500 kHz přes zkoušenou konstrukci, tyto jsou registrovány snímačem. Vyhodnocuje se rychlost šíření zvuku materiálem a pomocí kalibračních vztahů se určuje např. pevnost, modul pružnosti, objemovou hmotnost, homogenita materiálu. Tato metoda se používá především pro kontrolu konstrukcí betonových. Obdobně lze zkoušet i jiné materiály např. keramiku, dřevo, silikáty.

f) Magnetická indikace kovů

Přístroje jsou konstruovány především na principu změny diferenciální indukce. Určuje se poloha, průměr nebo krycí vrstva výztuže uložené v nemagnetických materiálech-beton. Přístroje jsou konstruovány pro použití v terénu. Zjišťuje se výztuž do hloubky asi 60 až 180 mm podle typu přístroje a průměru výztuže. Tyto nelze použít pro kontrolu keramických materiálů.

2.5 Dělení zděných konstrukcí podle různých kritérií

2.5.1 Historie cihelného zdiva

Materiály jako cihly, vápno a písek jsou velmi staré; již Vitruvius popisuje tyto materiály a podmínky jejich výroby v Deseti knihách o architektuře:

„Přitom se mají cihly dělat zjara nebo na podzim, aby vysychaly jedním tahem. Totiž cihly vyráběné za letního slunovratu jsou špatné, poněvadž slunce předčasně prudce vypéká jejich vrchní vrstvu, takže se cihla následkem toho zdá již vysušená, ačkoli vnitřek ještě suchý není“. [16]

„Písek z pískoven schne naproti tomu ve zdivu rychleji, omítka vydrží a stěny snesou klenutí, avšak jen tehdy, jestliže byl v pískovnách čerstvě nakopán. Leží-li totiž po vybrání po delší dobu, zvětrává pronikavým působením slunce, měsíce a jinovatky, rozrušuje se a stává se hlinitým“. [16]

„Důvodem však, proč vápno za přibrání vody a písku zdivo zpevňuje, se zdá to, že stejně jako ostatní tělesa jsou ze základních živlů složeny i kameny“. [16]

V českých zemích se cihla stala základním stavebním materiálem v době baroka. Většinou se při průzkumech stavebních konstrukcí však většinou setkáváme z cihelnými konstrukcemi z 19. až začátku 20. stol.

V poslední třetině 18. století nastaly na území tehdejší Rakousko-uherské monarchie dvě významné události týkající se rozvoje zděných konstrukcí. Byly vydány předpisy pro zděné budovy se zpřísněnými protipožárními požadavky. Dekretem císaře Josefa II. Byly zavedeny jednotné rozměry plných pálených cihel 303 x 145 x 65 mm, které byly po zavedení metrické soustavy upraveny na 290 x 140 x 65 mm. V poslední třetině 19. století se začaly vyrábět děrované cihly – podélně děrované (duté) a příčně děrované cihly.

V 19. století se pevnost cihel označovala v běžné praxi prostřednictvím názvů. Po roce 1900 se zavedla kontrola pevnosti cihel pevnostními zkouškami a názvosloví cihel se zpřesnilo (tabulka č. 2).

Tab. 2 - Názvy a orientační pevnosti pálených cihel na začátku 20. století [16]

Název cihel	Pevnost v tlaku [MPa]
Zvonivky, klinkrovky, kabřince	30 a více
Lepší zdící cihly	26
Obyčejné zdící cihly	20
Podélně duté cihly	17
Obyčejné plné cihly	10
Příčně dírkované cihly	8

Ke konci dvacátých let 20. století se v Československu stabilizoval sortiment pálených cihel. Výnosem ministerstva veřejných prací ze dne 23. prosince 1931 byla vyhlášena platnost norem pro dodávání a zkoušení plných pálených cihel, vyráběných buď v tzv. velkém formátu 290 x 140 x 65 mm (na území čs. státu tento formát převažoval) nebo v malém formátu 250 x

120 x 65 mm (především kanalizační cihly). Pevnost cihel v tlaku se určovala na krychlich s délkou hrany 50 mm, vyříznutých ze střední a krajní části cihel. Vztahy mezi názvy a pevnostmi cihel uvádí tabulka č. 4.

Tab. 3 - Názvy a pevnosti pálených cihel podle čs. předpisu z roku 1931

Název cihel	Požadovaná pevnost v tlaku [MPa]
Kabřince, kameninové cihly, kanálovky, kanálky, zvonivky	60
Tvrdé cihly	30
Pevné cihly	15
Obyčejné cihly	7,5

Tab. 4: Druhy a pevnosti plných pálených cihel podle ČSN 1182 – 1944

Druh cihel	Požadovaná pevnost v tlaku [MPa]
Kabřince	55
Zvonivky	35
Ostře pálené cihly	25
Lícovky	15
Obyčejné cihly 150	15
Obyčejné cihly 100	10

Po vyzdívání vnějších stěn začaly vyrábět cihelné tvarovky se zvláštním uspořádáním otvorů. Jejich účelem bylo dosáhnout vhodných tepelně technických vlastností stěn při menší spotřebě malty a menších nákladech na zdění. Nejrozšířenější byly tvarovky Petrášky, nazvané podle jejich vynálezce pana Petrášky z Českých Budějovic, měli tvar T a byly vylehčené podélnými otvory.

Ke konci 30. let se zavedlo určování pevnosti cihel v tahu za ohybu. Pevnost v tlaku se začala určovat na dvou získaných půlkách cihel, uložených na sebe a spojených maltou v ložné spáře. Vztahy mezi názvy a pevnostmi cihel obsahuje tabulka č. 3. Následující tabulka č. 5 uvádí přehled materiálů pro zděné konstrukce z počátku 40. let.

Tab. 5 - Vlastnosti materiálů pro zděné stěny v roce 1942 [16]

Druh	Rozměry [mm]	Objemová hmotnost [kg.m ⁻³]	Požadované pevnosti v tlaku [MPa]
Cihly pórovité, lehčené, mourovky, pilinovky	290x140x65	800 – 1000	2 až 3
Cihly příčně děrované	290x140x65	1200 – 1400	10
Cihly podélně děrované	290x140x65	-	6
Komínovky, radiálky	různé	1900	15; 25; 35
Cihly vápenocementové	290x140x65 (250x120x65)	1700 – 1900	15
Cihly struskové	290x140x65 (250x120x65)	1700 – 1900	7; 12; 15
		1600 – 1900	5; 10; 15; 25
Tvárnice škvárové	Různé	1200 – 1400	3; 5
Tvárnice z křemeliny	různé	400 – 700	2; 3; 4
Vepřovice (nepálené cihly)	290x140x65 a jiné	1500 - 1800	0,6 až 2

Období od roku 1953 až dodnes je obdobím velkých změn v sortimentu, rozsahu a způsobech použití cihlářských výrobků. Pálené cihly a pálené tvarovky se používaly a používají jak v monolitických svislých zděných konstrukcích (tabulka č. 5), tak i ve stěnových dílcích. [16]

Tab. 6 - Vlastnosti pálených cihel pro svislé monolitické zděné konstrukce

Začátek zavedení do praxe	Druh a označení cihel	Rozměry	Objemová hmotnost	Požadované pevnosti v tlaku
Rok	-	mm	kg.m ⁻³	MPa
-	plné cihly	290x140x65 250x120x65	1800 – 1900	7,5;10;15 20;25;35
-	plné lehčené cihly CPL	290x140x65	1300 1600	5;7,5 7,5;10;15
-	voštinové cihly	290x140x108 290x140x148	1300	12
1957	svisle děrované cihly metrického formátu CDM	240x115x113	1450	7,5;10;15 (20)
1960	svisle děrované cihly 1,5 CDM	240x175x113	1450 (1300)	7,5;10;15 (20)

Začátek zavedení do praxe	Druh a označení cihel	Rozměry	Objemová hmotnost	Požadované pevnosti v tlaku
1962	svisle děrované cihly 3,5 CDm	365x175x175	1400	7,5;10;15
1965	svisle děrované cihly CDK	290x210x113 290x240x113	1250	7,5;10;15 20
1967	svisle děrované lehčené cihly CDKL	290x210x113 290x240x113	1150	5;7,5;10
1972	svisle děrované cihly CD TYN	285x190x213	1000	7,5;10
1974	svisle děrované cihly CDK 32	320x240x150	1150	7,5;10;15
1975	svisle děrované cihly CDK 36	360x240x113	1250	7,5;10;15
U výrobků uváděných před r. 1945 není rok uveden - poznámka				

2.5.2 Zdivo

Zdivo je stavebním materiálem pro výstavbu zděných stěn, sloupů, pilířů, opěrných zdí, základů a jiných částí stavebních objektů. Zhotovuje se nejčastěji v místě budoucího použití; vyzdívá se z kusových staviv (keramiky-cihel, tvárnic, kusového kamene, kvádrů) na vápennou, vápenocementovou nebo cementovou maltu nebo v současnosti na malty s jinými pojivy.

Ve stavebních objektech, pocházejících ze sledovaného období (přibližně 1850 až 1950), se uplatňovaly tři druhy zdiva – cihelné, kamenné a smíšené.

Podle půdorysných rozměrů a podle půdorysné polohy v objektu se rozeznávají následující zděné prvky, popř. konstrukce:

- Nosné zděné stěny plní funkci statickou (nosnou) a zároveň funkci ochrany a dělení vnitřního prostoru v objektu. Jsou to stěny průčelní (uliční a dvorní), vnitřní podélné (střední), vnitřní příčné, schodišťové, mezi bytové a další.
- Zděné pilíře jsou nosné svislé prvky, u nichž poměr výšky k šířce je menší než 4. Bývají součástí stěn, jako např. tzv. meziokenní nebo mezidvevní pilíře. Zvláštním případem jsou zděné pilíře, které jsou součástí stěn a jsou jejich ztužením pro účinky vodorovných zatížení (např. ztužují podélné stěny jednopodlažních hal nebo volně stojící zděné ohradní stěny).
- Zděné sloupy jsou štíhlé svislé nosné prvky, zpravidla štíhlejší než pilíře, umístění samostatně v půdorysu. Jsou časté v občanských a průmyslových objektech, méně již v obytných budovách.
- Zděné příčky jsou dělicími prvky mezi místnostmi, aniž by plnily statickou funkci. Obdobné určení i působení mají různé vyzdívký.

Podle úpravy povrchů se nosné stěny (a též pilíře, sloupy a příčky) dělí na omítnuté stěny, stěny s obkladem a stěny z režného zdiva. U nás vždy převládaly a doposud převládají stěny omítnuté.

V průběhu posledních 200 let se způsoby označování rozměrů zděných stěn, pilířů, sloupů a příček měnily podle tabulky č. 7.

Tab. 7 - Způsoby označování rozměrů

Skutečný rozměr Bez omítek (mm)	140	290	440	590
18. stol. a zač. 19. stol. (stopy nebo délka cihly)	$\frac{1}{2}'$ nebo $\frac{1}{2} c$	$1'$ $1 c$	$1 \frac{1}{2}'$ $1 \frac{1}{2} c$	$2'$ $2 c$
Po zavedení metrické soustavy v roce 1875 (cm)	15	30	45	60

Až do roku 1950 se ve statických výpočtech uvažovaly rozměry podle poslední řádky. Později se postupně začaly u tradičně provedeného zdiva do výpočtu zavádět rozměry zděných prvků či konstrukcí bez omítek, tj. rozměry podle první řádky. Ve zdivu se vyskytují vodorovné a svislé spáry vyplněné maltou. Vodorovné spáry se nazývají ložné, svislé spáry se označují buď jako podélné styčné (rovnoběžné s lícem stěny) nebo jako příčné styčné (kolmé na líc stěny).

Po roce 1979, zpřísněním tepelně technických požadavků na obvodové konstrukce, se cihly začaly nahrazovat tvárnici (bloky), které se od cihel liší tvarem, většími rozměry a vylehčením v hmotě výrobku. Vylehčení je dutinami nebo i otvory. Pro zlepšení tepelně technických podmínek lze dutiny vyplňovat izolačními materiály.

2.5.3 Vazby cihelného zdiva

Vazba zdiva je způsob vzájemné polohy (též sestavy) cihel (obecně kusových staviv), kdy ve dvou sousedních vodorovných vrstvách neprobíhají styčné spáry průběžně. Aby se dosáhla účinná (řádná) vazba zdiva, je nutno dodržet tyto zásady viz. obr. 2:

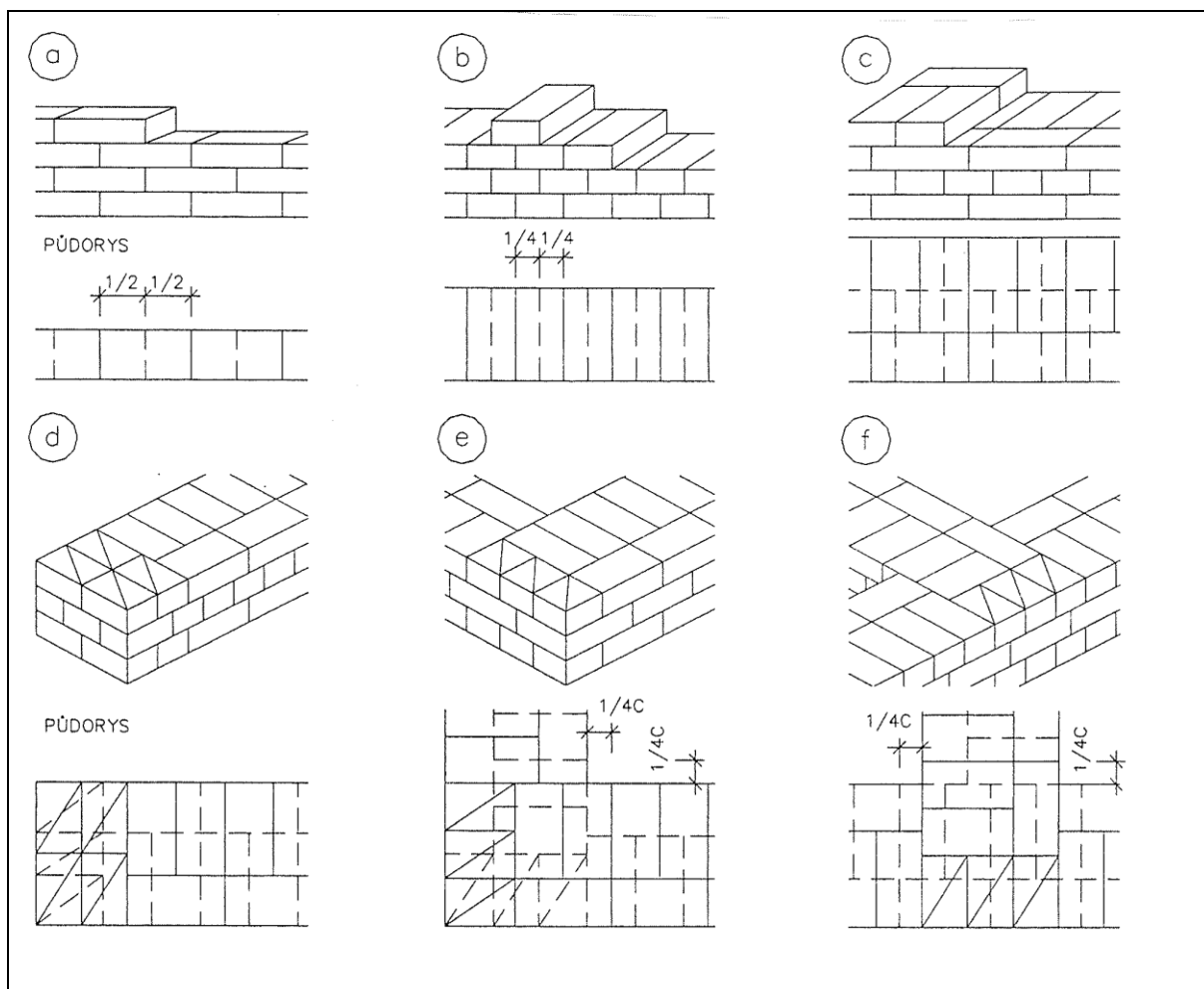
- Všechny styčné spáry v každé vrstvě musí být cihlou v horní vrstvě překryty o $\frac{1}{4}$ až $\frac{1}{2}$ délky cihly,
- ložné spáry musí být vždy kolmé k tlaku, tj. musí být vodorovné,
- ve zdivu se má použít co nejvíce celých cihel,
- při ukončení stěny, připojení, zalomení, zúžení, rozšíření nebo při křížování stěn se používají i části cihel, získané přiseknutím celých cihel (třičtvrtky nebo půlky, výjimečně čtvrtky nebo pásky).

Cihla, uložená ve zdivu tak, že její délka je rovnoběžná s lícem stěny, se nazývá běhoun. Cihla s délkou kolmou na líc je vazák. Zdivo stěn tloušťky $\frac{1}{2}$ cihly obsahuje jen běhouny, zdivo má běhounovou vazbu, běhouny se převazují o $\frac{1}{2}$ cihly. Zdivo stěn, jejichž tloušťka se rovná délce cihel, je vazba vazáková, vazáky se převazují o $\frac{1}{4}$ cihly. U stěn tloušťky $1 \frac{1}{2}$ cihly a tlustších se v líci vyskytující běhouny i vazáky. Pravidelnými změnami jejich uspořádání se dosahuje různých vazeb. Z nichž nejběžnější jsou Polokřížová vazba. Ve svislém směru se střídají vazákové a běhounové vrstvy, při délce převazání rovné vždy $\frac{1}{4}$ cihly. Styčné spáry vazákových vrstev (ob vrstvu) jsou nad sebou; totéž platí pro běhounové vrstvy. Křížová vazba. Ve svislém směru se střídají opět vazákové a běhounové vazby, při

délce převázání rovné vždy $\frac{1}{4}$ cihly. Styčné spáry vazákových vrstev jsou nad sebou, avšak styčné spáry běhounových vrstev jsou o $\frac{1}{2}$ cihly posunuty.

Zvláštnosti vazby při ukončení stěn, jejich křížení, rohů, připojení, vazby ostění, vazby pilířů (sloupů) a průduchů jsou popsány v příslušných učebnicích. [16]

Vedle klasických vazeb existují i vazby speciální, používané pro úsporu materiálů nebo zlepšení tepelně technických vlastností zdiva. Patří sem zdivo s uzavřenými dutinami. Dutiny lze vyplňovat izolačními materiály.



Obr. 2 - Vazby cihelného zdiva: a) vazba běhounová, b) vazba vazáková, c) vazba polokřížová, d) vazba ostění, e) vazba rohu, f) vazba návaznosti nosných zdí [4]

2.5.4 Zdivo keramické tvárnice

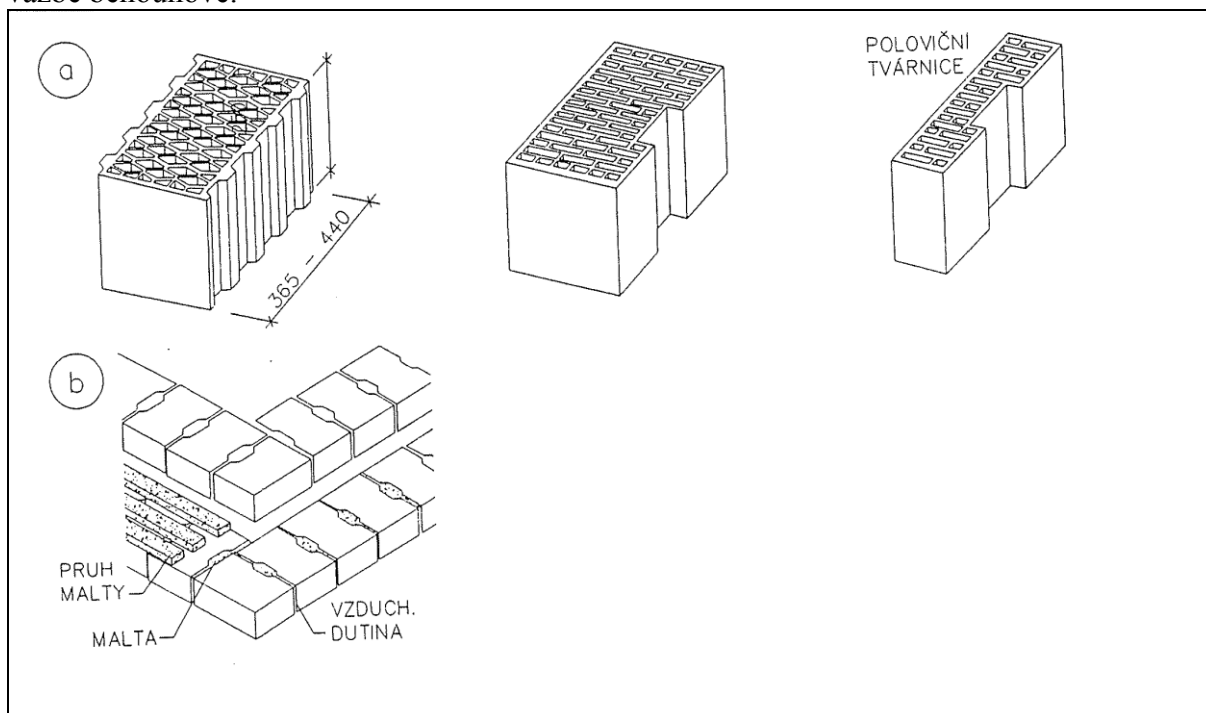
Mezi keramické tvárnice starých typů patří CD-INA, CD-IVA, CD-IZA. Ty jsou v současné době nahrazeny tvárnici POROTHERM, SUPERTHERM, KERATHERM, a další názvy řady THERM, což znamená přizpůsobení tepelně-technickým podmínkám, dle ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov, část 2: Požadavky /2011 a jejich změnám. Vývojem se změnila tepelně-technická požadavky nejenom na tvárnice, ale také na spojovací materiály. Vedle malt se používají pro spojování lepidla a dokonce i speciální pěny pro zdění (např. DRYFIX), ke zlepšení tepelně-technických vlastností se používají speciální malty-perlitové.

Tvárnice se od cihel liší tvarem, většími rozměry a vylehčením v hmotě výrobku. Vylehčení je provedeno dutinami nebo i otvory. Pro zlepšení tepelně technických podmínek lze dutiny vyplňovat izolačními materiály.

Tvarově jsou tvárnice přizpůsobeny tak, aby byla co nejmenší spotřeba malt. Styčné plochy tvárnic jsou opatřeny drážkami nebo ozuby.

Rozměry tvárnic pro obvodové zdivo jsou v modulových řadách 365, 400, 440, 500 mm, pro vnitřní nosné stěny 300, 240, 190, 175 mm a vnitřní nenosné stěny, příčky 80, 115 mm (obr. 3).

Pro nosné a obvodové zdivo se používají tvárnice ve vazbě vazákové a pro příčky ve vazbě běhounové.



Obr. 3 - Tvárnice a vazby tvárnicového zdiva: a) tvárnice keramická, různé druhy; b) vazba vazáková keramických tvárnic [4]

2.5.5 Zkoušení kusových staviv

Zdivem se rozumí konstrukce vyzděná na maltu z kusových staviv. Obvykle se zkouší obě složky zdiva samostatně a pevnost se vyhodnocuje podle ČSN 731101.

- Provádějí se zkoušky pevnosti podle příslušných norem (např. cihly pálené podle ČSN 72 2605, kámen, podle ČSN 72 1163 - to znamená destruktivní zkoušky na normalizovaných vzorcích.
- Je možno provádět nedestruktivní tvrdoměrné zkoušky podle ČSN 731373 především Schmidtovými tvrdoměry typu N, L, LB, Weitzmannovým tvrdoměrem jak na vzorcích vyjmutých z konstrukce, tak i na vzorcích ponechaných v konstrukci. Předem je však nutno stanovit kalibrační vztahy pro výrobky téhož druhu a původu.

2.5.6 Zkoušení malt

- a) Nedestruktivními tvrdoměrnými metodami v souladu s ČSN 73 1373. Užívá se:
- Indentor, který se energií 1 J zatluče do ložné spáry, z počtu úderů a hloubky zaražení se pomocí kalibračních vztahů určí pevnost malty,
 - vrtaná metoda - z počtu otáček vrtáku a hloubky proniknutí vrtáku se určí pevnost malty.

Tento postup je vhodný pro zjištění pevnosti malt nízkých pevností (asi do 0,4 MPa).

- b) Destruktivními zkouškami těles odebraných z ložných spár. Z malt vyšších pevností se vyřezává zkušební těleso. Z velikosti hran zkušebního tělesa a z pevnosti se pomocí kalibračních vztahů určí pevnost malty v tlaku odpovídající normové R_{ck}^{100} .
- c) Určení pevnosti malty na základě obsahu pojiva nalezeného chemickým rozborem podle ČSN 73 1323. Pro stanovení pevnosti je nutno znát i složení určitého pojiva a kameniva. Protože tyto hodnoty většinou neznáme, je výsledkem pouze velmi přibližné stanovení pevnosti.

Z dalších způsobů průzkumu je poměrně rozšířená metoda tzv. nedestruktivních, resp. částečně destruktivních sond, prováděná pomocí vývrtů zdola (tj. podhledem) nebo shora (podlahou) a následnou prohlídkou zabudovaných dřevěných konstrukcí optickým přístrojem - technickým boroskopem. Sondy prováděné zdola je třeba doplnit o sondy pro zjištěné skladby podlahových konstrukcí, kde je již rozsah destrukce těchto konstrukcí během průzkumu minimální.

V této části jsou popsány nejčastěji používané metody průzkumu a zkoušené materiály pro účely modernizací a rekonstrukcí. Je zde nastíněn způsob volby konkrétních metod v závislosti na jednotlivých typech průzkumů. K nedestruktivním metodám průzkumů, které jsou v současné době velmi používané, je nutno doplnit, že sice nenaruší funkční schopnost zkoušeného prvku, ale je nutné odstranit vrstvy kryjící zkoušený materiál a povrch prvku upravit. To znamená, že tyto metody v mnoha případech nejsou nedestruktivními v tom smyslu, že by je bylo možno používat zcela bez porušení konstrukcí.

Standardními součástmi vyšetřování mohou být:

- Detailní dokumentace momentálního stavu konstrukce a jejích oslabených částí,
- stanovení charakteristických vlastností materiálů zastoupených v konstrukci,
- zhodnocení míry poškození jednotlivých konstrukčních částí,
- měření deformací konstrukce od zatížení,
- vyhodnocení účinků od vnějších a vnitřních vlivů působících na konstrukci,
- vyhodnocení, dle stávající technické a právní legislativy a doporučení pro sanační opatření.

Sledování a hodnocení poruch závisí na způsobu namáhání, na tvaru konstrukčního prvku a na druhu materiálu. Některé poruchy signalizují příčinu a dobu svého vzniku, je někdy i těžko určitelné, zda jde o poruchu starší nebo vzniklou nedávno. Proto je poruchu nutno určitou dobu pozorovat vhodnými pomůckami a sledovat změny jejího chování. Množství, druh měřicích přístrojů včetně jejich rozmístění je závislé nejenom na rozsahu poruch, ale zejména na jejich charakteru. Sledování je vhodné provádět dlouhodobě.

Nejvíce poruch se projevuje trhlinami, sedáním, deformacemi, tj. vychylováním a posunem konstrukce, nadměrnými průhyby, atd.

2.5.7 Trhliny v konstrukcích

Trhliny jsou viditelným projevem napětí, které překročilo mez pevnosti daného materiálu. Každá trhлина svědčí o pohybech jednotlivých částí stavby. Poruchy mají zpravidla průběh tvaru tlakových, nebo tahových trajektorií. Podle obecného názoru lze je rozeznat poklepem v místě trhlin. Pokud je zvuk poklepu jasný, znamená to překročení pevnosti v tahu, při dutém zvuku překročení pevnosti v tlaku.

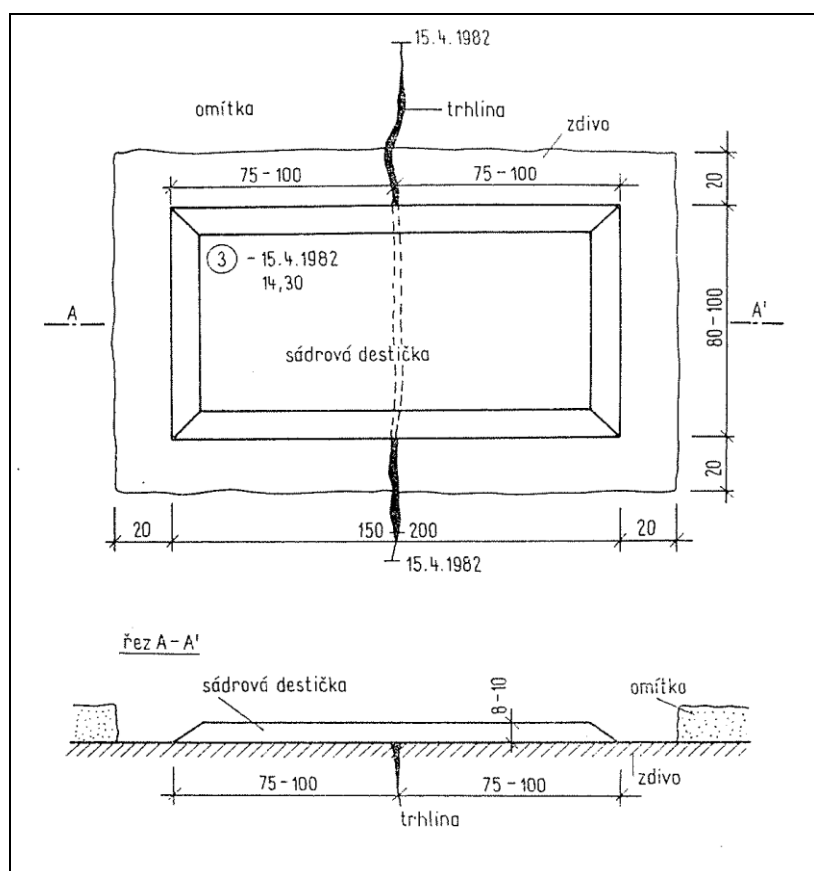
Vzhled trhlin (tvar, rozměry a průběh) je také vodítkem ke zjištění příčin jejich vzniku.

Správnost zjištění ale komplikuje spolupůsobení většího počtu příčin poruch.

Podle množství, tvaru, šířky a místa výskytu trhlin posuzujeme jejich závažnost:

- neškodné, které kazí jen vzhled stavby, vznikají např. sesycháním omítek, tvrdnutím malty, (smršťováním betonu), rychlým odpařením pojidla v nátěrech a malbách apod.
- závažné (v pohybu), upozorňují na vážnější stavební poruchu staticky závažnou,
- způsobeny poruchou, která má za následek zřícení konstrukce.

Nejjednodušším ukazatelem pohybu trhliny jsou sádrové destičky (obr. 4.). Provádějí se ze sádry 8 - 10 mm tlusté, osazují se přímo na trhlinu a měla by přes trhlinu přesahovat 80 až 100 mm. Musí být popsána datem osazení. Na konci trhliny se provedou značky. Pokud se v destičce objeví trhлина anebo se trhлина prodlouží přes značky, pak je trhлина aktivní. Šířka trhliny se měří měřítky. Místo destiček se mohou použít i kousky skla, tloušťky 1 až 2 mm, šířky asi 20 mm, konce se přisádrují.



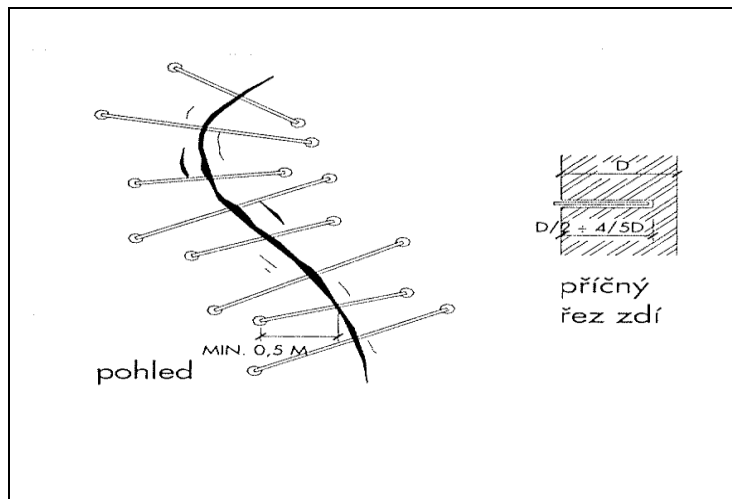
Obr. 4 - Tvar a způsob osazení sádrové destičky [2]

Při větších pohybech se na trhliny osazují ocelové trny.

Náprava trhlinami porušených konstrukcí

Aktivní trhliny:

- Oprava tzv. stehováním viz. obr. 5,
- skoby z vysoko pevnostní oceli, osazené do předvrtaných otvorů a ukotvených chemickou maltou,
- speciální výztuže ve tvaru šroubovice ve spárách.

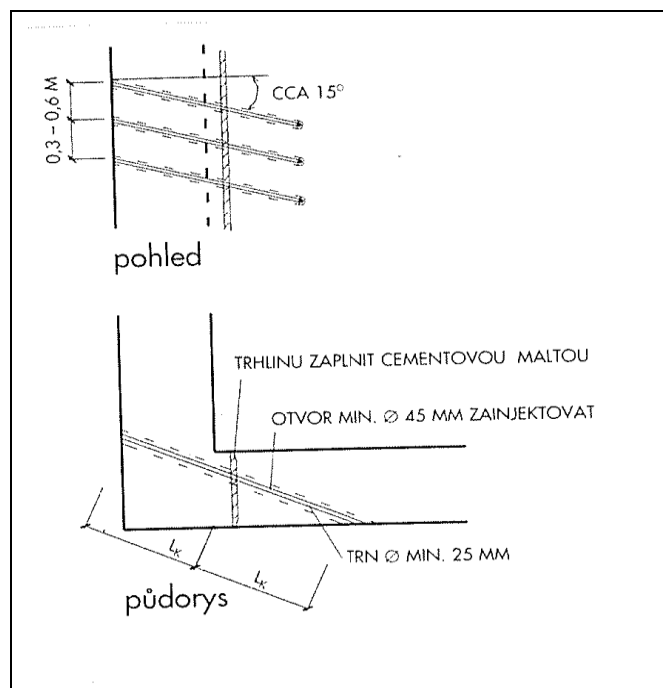


Obr. 5 - Osazení ocelových trnů [2]

Trhlina blízko rohu budovy:

- Oprava trny skrz roh zdiva,
- do předvrtaných otvorů a ukotvených chemickou maltou.

Kromě pohybu trhlin, sledujeme i průběh teploty, vlhkosti.



Obr. 6 - Zajištění trhliny trny blízko rohu [1]

2.5.8 Monitorování objektů

Monitorování objektů je jeden z možných přístupů k hodnocení stavebních konstrukcí. Monitorování konstrukcí je závislé na důležitosti budovy. Starší budovy se monitorují na žádost statiků, vzhledem ke svému stavu. Nové budovy pak nejčastěji vzhledem k pracím na sousedních objektech nebo pod nimi.

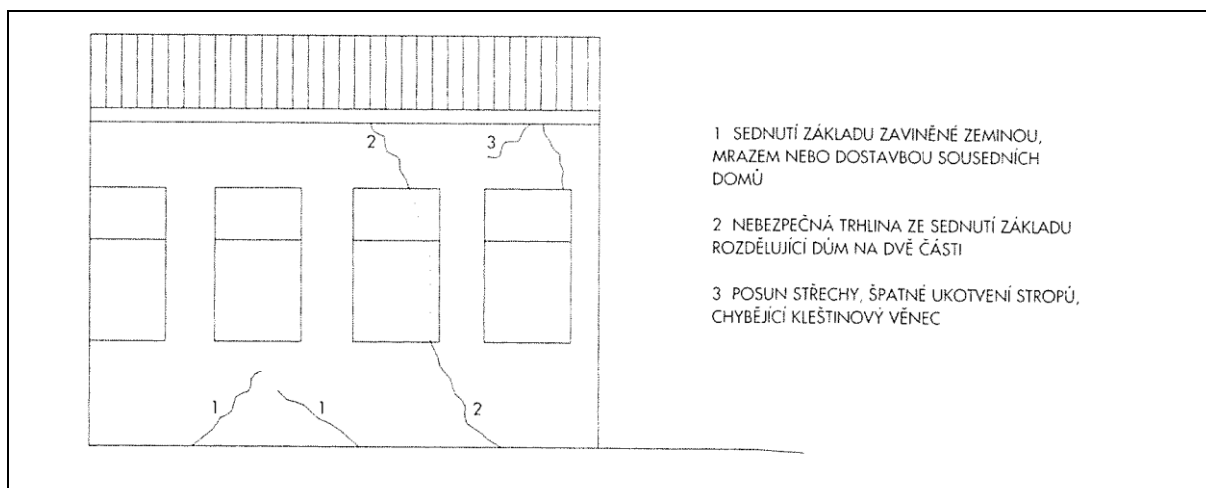
Zásady při monitorování staveb (dle ČSN EN 1997-1) vycházejí ze zajišťování bezpečnosti a kvality konstrukce, a proto je nutné klást důraz na:

- a) Dozor na proces výstavby a kvalitu prací má zahrnovat:
 - kontrolu platnosti předpokladů návrhu,
 - zjištění rozdílu mezi skutečnými poměry a těmi předpokládanými v návrhu,
 - kontrolu, zda se stavba provádí dle návrhu.
- b) Sledování chování konstrukce a jejího okolí během stavby a po jejím dokončení má obsahovat:
 - zjištění případné potřeby nápravných opatření nebo změn stavebních postupů,
 - během výstavby a po ní vyhodnocení dlouhodobého chování,
 - v případě nepředvídaných událostí, přezkoumání metod, frekvence a kvality monitoringu,
 - návrhová rozhodnutí, která ovlivňují výsledky dozoru a monitoringu.
- c) Odpovídající údržba konstrukce
 - Po provedení prací.

2.5.9 Sedání

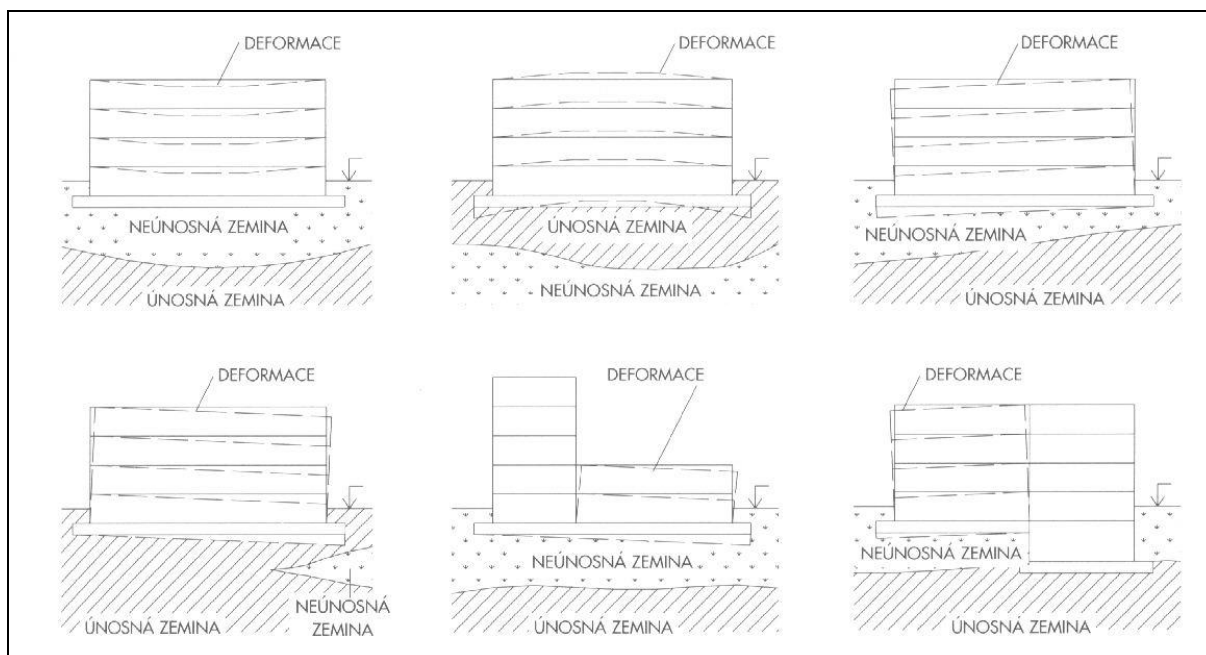
Sedání je nejčastější příčinou poruch staveb a jejím projevem jsou trhliny nebo například u nerovnoměrného sedání, naklonění budovy.

Sedání se projevuje téměř u každé stavby. Při rovnoměrném sedání, v přípustných mezích, probíhají deformace základové půdy bez poruch.



Obr. 7 - Příčiny vzniku trhlin [1]

Nerovnoměrné sedání může značně narušit stavbu. Vzniká např. nestejnou stlačitelností, nestejným složením základové půdy a různou mocností vrstev. Příklady porušení budov různými vlivy jsou na obrázku č. 8.



Obr. 8 - Deformace budov vlivem různé mocnosti vrstev podloží [1]

Nutno je ale si uvědomit, že stavba sedá i při malých namáhání základové půdy, neboť i to způsobuje stlačení základové půdy. Dovolené namáhání základové půdy není absolutní mezí odvislou jen od základové půdy, ale je závislé také od rozměrů a uspořádání stavby.

Jakýmkoliv vnějším zásahem do stavby (nástavby nebo přístavby budov, provádění kolektorů, tunelů, metra, atd.), může vzniknout dodatečné nerovnoměrné sedání nebo naklonění budovy, projevující se trhlinami na budovách.

2.6. Metodika znaleckého posuzování vad a poruch

Při zpracování metodiky znaleckého posuzování je nutné vycházet z mnoha z mnoha faktorů.

Je to např. účel, k jakému je posudek zpracováván. Často to bývá jen pro posouzení technického stavu objektu z hlediska vad, poruch nebo havárií, ale i pro občanskoprávní spor, trestní řízení, spor o odpovědnosti za vady.

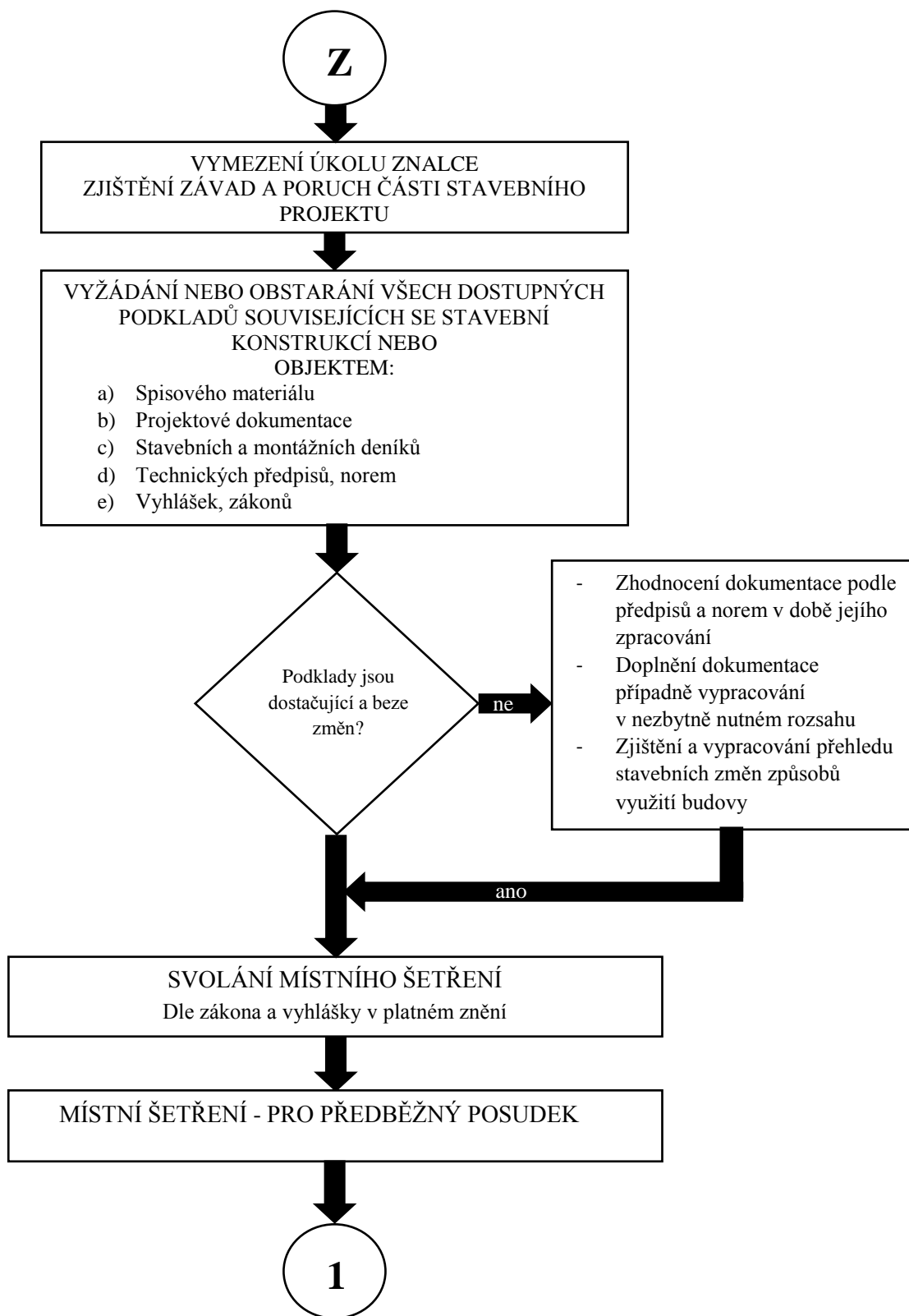
Jednotlivé fáze a stádia posudku (kap. 2.3) se musí přizpůsobit např. významu objektu, fyzickému stavu objektu, stavebnímu materiálu, podle stáří budovy a závažností poruch nebo vad konstrukcí.

Dále je nutné respektovat předpisy o bezpečnosti práce a ochraně zdraví při práci.

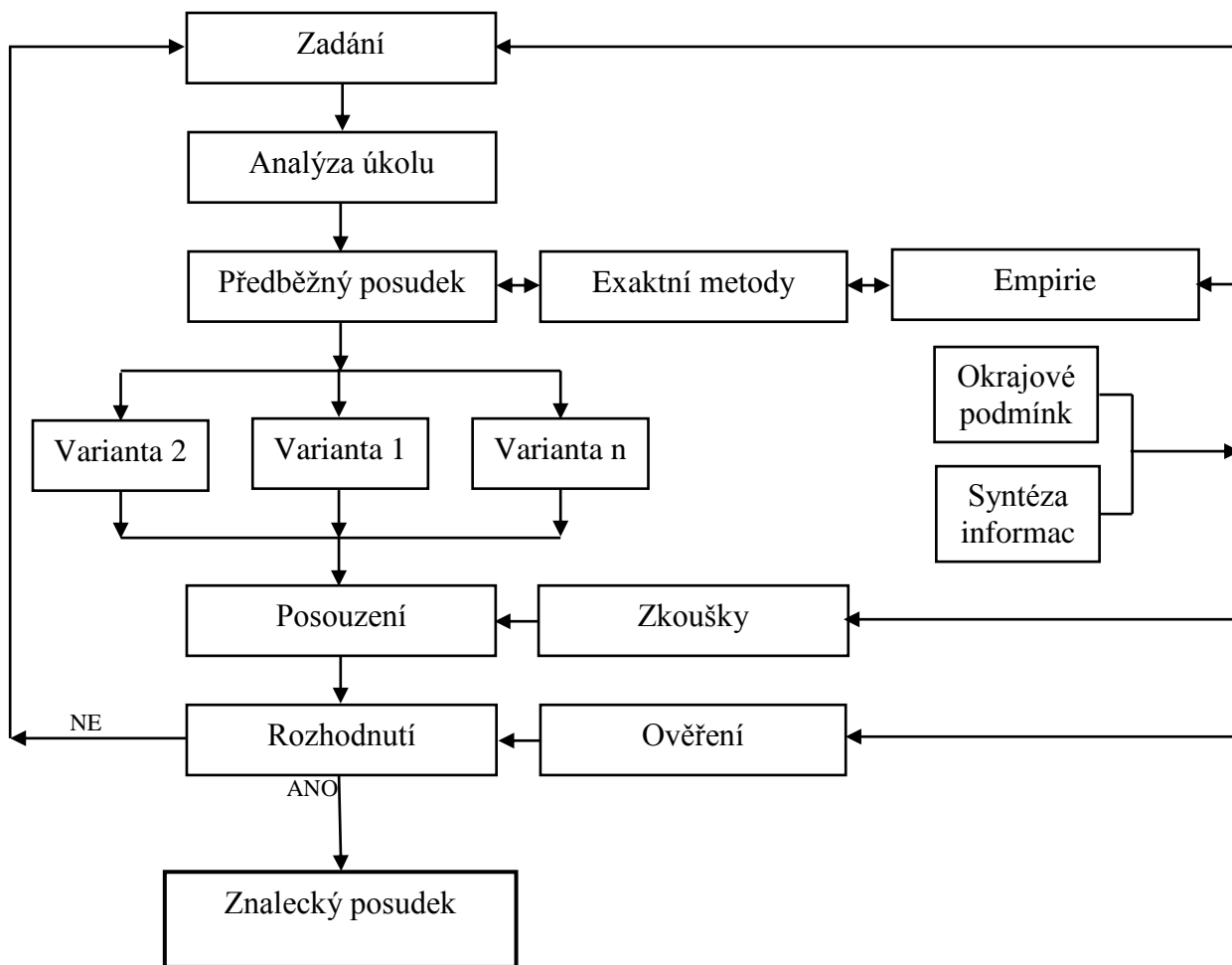
Následující diagram (Diagram č. 4.) znázorňuje standardizovaný postup (etapy) při zpracování znaleckého posudku:

- a) Předběžný posudek,
- b) získání podkladů - technická dokumentace, výkresová dokumentace, popřípadě nové doplnění dokumentace. Vyhledání technických norem, vyhlášek a zákonů z období výstavby objektu,
- c) zhodnocení dokumentace a případné vypracování změn dokumentace, nebo dalších změn, např. účelu budovy,
- d) svolání místního šetření, zjištění vad a poruch konstrukcí a jejich částí,
- e) experimentální vyšetření stavu konstrukcí např. zjištění statické způsobilosti, stavební vlhkosti, tepelně-technických a akustických vlastností,
- f) zpracování a vyhodnocení výsledků stavu objektu a konstrukcí,
- g) závěr, vyhodnocení posudků a návrh opatření.

Diagram č. 5 uvádí postup místního šetření pro průzkum vad a poruch objektů a konstrukcí. Při místním šetření je nutná podrobná prohlídka objektu, všech konstrukcí a jejich částí (stavebních materiálů, výplní otvorů, omítek atd.). Podrobnou analýzou je nutné podrobně zhodnotit stupeň a příčiny poškození. Důležité je stav zaznamenat co nejpodrobnějšími záznamy, náčrtů a popisy. Při místním šetření se ověřuje porovnání zjištěného stavu s předběžným posudkem.



Diag. 4 - Standardizovaný postup při zpracování znaleckého posudku [24]



Diag. 6 - Standardizace znaleckého posuzování [24]

Diagram č. 6 uvádí standardizované posuzování stavebních konstrukcí, zahrnuje návaznost postupů a rozhodování (i variantní) během posuzování stavební konstrukce.

3. Cíle práce

- Definovat pracovní postupy pro objektivní a věcně správné provedení znaleckého posudku.
- Charakterizovat cihelné zdivo jako celek a jeho systémové skládané prvky.
- Definovat metodu zkoumání (posuzování) cihelného zdiva, jeho vad a poruch.
- Aplikovat teoretické poznatky znaleckého posuzování cihelného zdiva na vybraných praktických příkladech.
- Charakterizovat možnosti standardizace postupů znaleckého posuzování cihelného zdiva.

Metodika práce (Popis úkolu)

- Soustředit a prostudovat příslušné zákony, předpisy a normy pro objektivně správné a vyčerpávající znalecké posuzování.
- Vypracovat přehled vývoje cihelného zdiva, jeho jednotlivých skladebných a materiálových prvků, tvořících systémově ucelenou konstrukci.
- Stanovit metodické postupy (zásady) zkoumání cihelného zdiva.
- Na dostupných, vybraných příkladech cihelného zdiva z praxe naznačit objektivně, věcně správný – standardizovaný postup vypracování znaleckého posudku.

Aims of the study

- To define workflows for objective and factually correct elaborating of an expert assessment.
- To characterize brick masonry as a complex as well as its system stacked elements.
- To define the method of investigation (assessing) of brick masonry, its defects and faults.
- To apply theoretical knowledge of an expert assessment of brick masonry on selected practical examples.
- To characterize the possibilities of standardizing the procedures of the brick masonry expert assessment.

The methodology of work (Task description)

To gather and study the relevant laws, regulations and standards for objectively correct and comprehensive expert assessment.

- To elaborate an overview of brick masonry development and its various structural and material elements, making up a system-compact construction.
- To establish methodology (guidelines) for examining the brick masonry.
- To indicate an objectively and factually correct, standardized procedure of elaborating an expert assessment, based on available examples of brick masonry selected from the practice.

4. Praktická část

4.1 Metodiky měření

4.1.1 Metodika zkoušení cihelného zdiva

Normy vymezují pojem plných pálených cihel tím, že je definujeme jako umělá kusová staviva, zhotovená tvářením, sušením a pálením keramických zemin (hlín, jílu, slínů a jiných), někdy s příměsí ostřidel nebo tavidel. Přitom se poznamenává, že pro snazší vysychání, nebo pálení mohou být cihly děrovány kolmo k ložné ploše, ale celkový průřez těchto děr nesmí být větší než 15 % celkového průřezu cihly (i s děrami). Cihly s průřezem větším než 15% se podle normy považují za děrované pálené cihly.

Poměr délky, šířky a výšky je takový, že se šířka dvou cihel a spáry (1 cm široké) rovná délce cihly 29 cm a výška 4 cihel s třemi spárami dává rovněž délku cihly. Tento vztah délky, šířky a výšky cihly, která je pravoúhlým rovnoběžnostěnem, umožňuje dokonalou vazbu cihel ve vyzdívkách. [17]

Stanovení metod zjišťování pevností je možno provádět: přímým odhadem a dále pevnostními zkouškami, nedestruktivními zkouškami, semidestruktivními zkouškami. Přímý (odborný) odhad na základě vizuální prohlídky, nebo vhodněji na základě poklepu cihel kladivem, ocelovou tyčkou nebo tesařskou skobou, pevnost cihel v tlaku se stanoví podle odezvy cihly při poklepu (podle toho, jak cihla „zvoní“)

Pevnostní zkouška vzorků cihel nebo tvárnic, které se pečlivě odebraly ze stávajícího zdiva, provedená podle platných norem pro zkoušky jednotlivých druhů kusových staviv.

Pevnostní zkouška válcových vývrtů Ø50 – 60 mm odebraných z plných (nikoliv děrovaných) cihel nebo tvárnic; zkouškami odebraných vzorků se zpravidla stanoví pevnost v příčném tahu, v některých případech válcová pevnost v tlaku, z těchto pevností se odvodí pevnost kusových staviv v tlaku. [17]

Nedestruktivní zkoušky Schmidovým tvrdoměrem podle ČSN 731373 Tvrdoměrné metody zkoušení betonu; zkouškou lze vyšetřit vlastnosti materiálu (páleného střepu, betonu) do hloubky nejvýše 50 mm; podle možnosti se tvrdoměrná zkouška kombinuje s pevnostní zkouškou vyjmutých cihel nebo tvárnic, jejichž vlastnosti se před pevnostní zkouškou vyšetří tvrdoměrem; odvodí se korelační vztah mezi tvrdostí stanovenou tvrdoměrem a pevností v tlaku, která se stanoví pevnostní zkouškou, potom se tvrdoměrem vyšetřují cihly nebo tvárnice ve stávající konstrukci; dříve se na cihly používaly tvrdoměry určené pro zkoušení betonu (Schmidt typu N, L), v současné době se prakticky výhradně používá Schmidt LB, určený speciálně pro zkoušení cihel.

Zkouška založená na měření rychlosti šíření ultrazvukových vln v cihlách (nikoliv ve zdivu); budič a snímač se umístí buď na protilehlých plochách cihly, nebo na jejich sousedních plochách vždy tak, aby impulsy procházely jen páleným střepem; stejně jako u předešlého postupu se zkouška kombinuje s pevnostní zkouškou vyjmutých cihel; korelační vztahy nejsou k dispozici.

Semidestruktivní zkoušky jsou tvrdoměrné zkoušky, při nichž se ve velmi malém rozsahu poruší povrch cihel nebo tvárnic, poškození se obvykle snadno opraví; metody jsou ve stadiu pokročilého vývoje, avšak potřebné korelační vztahy nejsou zatím k dispozici. K nejznámějším zkouškám patří zkouška s použitím sondy Windsor, kde se měří hloubka vniknutí jehly vymrštěné výbuchem malé konstantní nálože; zkouška s použitím tvrdoměrného jehlanu, vymrštěného konstantní, mechanicky vyvozenou silou; zkouška, při níž se měří energie, nezbytná pro vniknutí vrtáku předepsaného průměru do hloubky. [29]

Stanovení pevnosti v tlaku dle normy ČSN EN 772-1

Pevnost v tlaku zdících prvků

Pevnost v tlaku zdících prvků se určuje jako průměrná pevnost v tlaku jejich stanoveného počtu těchto vzorků. Při tom se uvádí jednotlivé hodnoty pevnosti převedené již na pevnost za přirozeného stavu vlhkosti ekvivalentního zdícího prvku s šířkou 100 mm a výškou 100 mm. [26]

Poznámka: Ustanovení Eurokódu 6 jsou založena na předpokladu, že se pevnost v tlaku zdících prvků určí podle EN 772-1 Metody zkoušení zdících prvků. Část 1. Určení pevnosti v tlaku. Minimální počet vzorků je šest, ale ve specifikaci výrobku lze požadovat zvýšení minimálního počtu vzorků. Reprezentativní části zdících prvků větších rozměrů, např. krychle, se vyřezávají z různých míst.

Provedeme kondicionování zkušebních vzorků před zkouškou, kde kondicionováním se označuje uvedení vzorku do požadovaného rovnovážného stavu s prostředím.

- kondicionování pro dosažení vysušeného stavu a to dvěma způsoby při $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$, nebo při $(75 \pm 5) ^\circ\text{C}$
- kondicionování pro dosažení 6 % vlhkosti, standardní vlhkost $(6 \pm 2) \%$
- kondicionování pod vodou, pro nasycený stav

Výpočet a vyjádření výsledků

Vypočte se hodnota pevnosti v tlaku každého vzorku jako podíl hodnoty největšího zatížení a tlačené plochy, za niž se považuje celková tlačená plocha. Hodnota pevnosti v tlaku každého vzorku se zaokrouhlí na nejbližší $0,1 \text{ N/mm}^2$. Z hodnot pevnosti v tlaku sady zkušebních vzorků se vypočítá průměrná pevnost v tlaku zaokrouhlená na nejbližší $0,1 \text{ N/mm}^2$. [26]

Charakteristická pevnost v tlaku zdících prvků

Hodnota pevnosti v tlaku, která odpovídá 5 % kvantilu rozdělení hodnot stanovených měření určeno počtu zdících prvků.

Pevností v tlaku zdících prvků, uvažovanou při návrhu, je normalizovaná pevnost v tlaku f_b .

Jestliže pevnost v tlaku zdících prvků je průměrnou pevností určenou zkouškami podle EN 772-1, má se převést na normalizovanou pevnost v tlaku tak, že se přepočte na pevnost ve stavu přirozené vlhkosti, pokud nebyla v tomto stavu již stanovena, a vynásobí se součinitelem vlivu výšky a šířky zdících prvků δ podle tabulky.

Tab. 8 - Hodnoty součinitele δ

Výška zdícího prvku (mm)	Nejmenší vodorovný rozměr zdícího prvku (mm)				
	50	100	150	200	250 nebo větší
50	0,85	0,75	0,70	0,70	-
65	0,95	0,85	0,75	0,75	0,65
100	1,15	1,00	0,90	0,90	0,75
150	1,30	1,20	1,10	1,10	0,95
200	1,45	1,35	1,25	1,25	1,10
250 nebo větší	1,55	1,45	1,35	1,35	1,15

Poznámka: Lineární interpolace je povolena.

Jestliže pevnost v tlaku zdících prvků je uvedena jako charakteristická pevnost určená zkouškami podle EN 772-1, má se převést na normalizovanou pevnost v tlaku tak, že se

nejprve přepočte na průměrnou pevnost převodního součinitele závislého na variačním součiniteli. Další přepočet se provede podle předchozího odstavce.

V případech, kde výslednicí účinků zatížení je tlaková síla působící rovnoběžně s ložnou spárou, a to buď ve směru délky zdícího prvku, nebo jeho šířky, má se normalizovaná pevnost v tlaku zdícího prvku určit pro příslušný směr v tlaku zkouškami podle EN 772-1.

Jestliže se předpokládá, že pevnost v tlaku zdícího prvku zvláštního tvaru (tvarovky) má převládající vliv na pevnost zdiva, pevnost v tlaku těchto tvarovek se určí zkouškami pevnosti v tlaku těles vyřiznutých z nejvýznamnější části tvarovek, pokud je to možné, podle EN 772-1. Jinak lze určit přímo charakteristickou pevnost zdiva v tlaku podle EN 1052-1. [26]

Porovnání s normou ČSN 72 2605

Nová norma EN 772-1 platí od května 2001 jako platná norma a v ní je citována jako související ČSN 72 2605 Skúsanie tehliarskych výrobkov, Stanovenie mechanických vlastností, která neustále platí.

Pevnost v tlaku σ_{pd} vzorku je určena poměrem velikosti působící síly při porušení vzorku a tlačené plochy vzorku. Vypočítá se pro každý vzorek zvlášť ze vztahu:

$$\sigma_{pd} = \frac{F}{A}, [\text{MPa}; \text{N}; \text{mm}^2] \quad (\text{vzorec 1.})$$

kde F je síla potřebná na porušení vzorku v N podle čl. 39,
 A tlačená plocha vzorku v mm^2 určená podle čl. 38.

Mechanické vlastnosti se zjišťují na pěti vzorcích. Vzorek je zásadně hotový výrobek, nebo je výjimečně vzorek částí výrobku. Vzorky výrobků, na kterých se zjišťuje pevnost v tahu za ohybu, případně únosnost a současně i pevnost v tlaku, je možno použít na obě dvě zkoušky za předpokladu, že vzorek po zkoušce v tahu za ohybu, resp. únosnosti má pravidelnou a přibližně kolmou lomovou plochu a není před předcházející zkouškou nijak poškozen. [27]

Stanovení hmotnosti za sucha

Celé zdící prvky

Zkušební vzorky (zdící prvky) se vysuší do ustálené hmotnosti $m_{dry,u}$ buď v sušárně při teplotě $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$, pokud se jedná o pálené zdící prvky, vápenopískové zdící prvky nebo pórobetonové tvárnice. Stálené hmotnosti se dosáhne, jakmile je rozdíl mezi dvěma hodnotami hmotnosti vzorku, stanovenými vážením v intervalu 24 hodin, menší než 0,2 %. Hodnota stanovená tímto druhým vážením se zaznamená jako ustálená hmotnost $m_{dry,u}$. [27]

Reprezentativní části zdících prvků

Nejprve se zváží každý vzorek (zdící prvek) a zaznamená se hmotnost ($m_{o,u}$). Ze zdícího prvku se odeberou tři reprezentativní části, které neobsahují uzavřené nebo otevřené otvory, z nichž každá váží nejméně 100 g. Sada tří částí se zváží. Zaznamená se její hmotnost ($m_{op,tot}$). Každá sada tří částí se vysuší do ustálené hmotnosti. Zaznamená se hmotnost každé sady ($m_{dry,p,tot}$).

Vypočítá se vlhkost každé sady tří částí podle vztahu:

$$W_p = \frac{m_{o,p,tot} - m_{dry,p,tot}}{m_{dry,p,tot}} [-; kg; kg; kg] \quad (\text{vzorec 2.})$$

Vypočítá se hmotnost celého zdícího prvku za sucha ($m_{dry,u}$) podle vztahu :

$$m_{dry,u} = \frac{m_{o,u}}{1+W_p} [kg; kg; -] \quad (\text{vzorec 3.})$$

Objemová hmotnost materiálu zdícího prvku za sucha

Celé zdící prvky

Objem materiálu zdícího prvku se stanoví:

U pálených zdících prvků hydrostatickým vážením podle EN 772 – 3

Vypočítá se objemová hmotnost materiálu zdícího prvku za sucha $\rho_{n,u}$ podle vztahu:

$$\rho_{n,u} = \frac{m_{dry,u}}{V_{n,u}} [kg \cdot m^{-3}; kg; m^3] \quad (\text{vzorec 4.})$$

Hodnoty objemových hmotností materiálu jednotlivých vzorků se zaokrouhlují na nejbližších $5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ při objemové hmotnosti nepřekračující $1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ a na nejbližších $10 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ při objemové hmotnosti větší než $1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Vypočítá se průměrná objemová hmotnost materiálů vzorků za sucha. [27]

Reprezentativní části zdících prvků

Objemová hmotnost reprezentativních částí za sucha se stanoví takto:

- Stanoví se objemová hmotnost za sucha každé části zdícího prvku $m_{dry,p}$ vysušením,
- stanoví se objem každé části $V_{g,p}$ z měřených hodnot její délky, šířky a výšky zaokrouhlených na nejbližší 1 mm,
- vypočítá se objemová hmotnost materiálu $\rho_{n,u}$ zaokrouhlená na nejbližších $5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ podle vztahu:

$$\rho_{n,u} = \frac{m_{dry,p}}{V_{g,p}} [kg \cdot m^{-3}; kg; m^3] \quad (\text{vzorec 5.})$$

Objemová hmotnost materiálu jednotlivého celého zdícího prvku za sucha (z kterého byly odebrány části) je definována jako průměrná hodnota objemových hmotností za sucha tří částí odebraných z tohoto prvku. [27]

Objemová hmotnost zdících prvků

Objem $V_{g,u}$ zdícího prvku se vypočítá z měřených hodnot její délky, šířky a výšky při odečtení objemu děr, dutin, prohlubní nebo drážek, jež se zaplní maltou, určených vhodnou metodou s přesností. [27]

Objemová hmotnost zdícího prvku za sucha $\rho_{g,u}$ se vypočítá jako podíl hmotnosti prvku za sucha $m_{dry,u}$ a objemu prvku $V_{g,u}$ podle vztahu:

$$\rho_{g,u} = \frac{m_{dry,u}}{V_{g,u}} [kg \cdot m^{-3}; kg; m^3] \quad (\text{vzorec 6.})$$

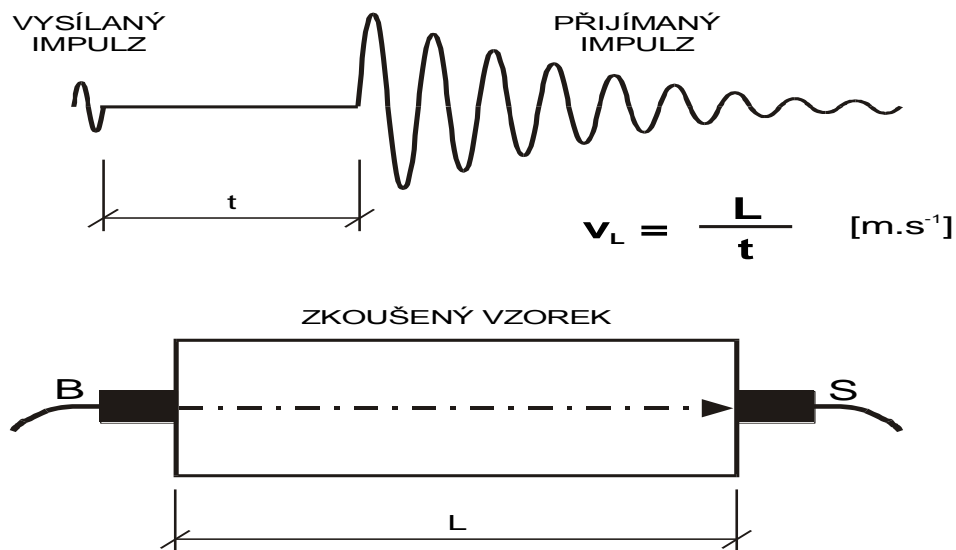
4.1.2 Ultrazvuková impulsová metoda

Je vhodná u cihelného zdiva jen při zkoušení kusových vzorků cihel.

Princip ultrazvukové metody zkoušení:

Ultrazvuk je mechanické kmitání s vysokým kmitočtem, nad 20 kHz. Ve stavebnictví se používá ultrazvuk s kmitočty až do 500 kHz. Výhodou ultrazvuku je, že se šíří i relativně

silnými vrstvami materiálu, kde se např. slyšitelné vlnění rychle utlumí. Při ultrazukovém zkoušení zjišťujeme rychlost šíření ultrazvuku (obr. 6), která je různá pro různé materiály a mění se s jejich vlastnostmi. Například u správně provedeného betonu je vyšší rychlost ultrazvuku než u špatného betonu, totéž platí i pro plně pálené cihly.



Obr. 9 - Měření doby průchodu impulsu UZ vlnění zkoušeným materiálem

Pro stanovení rychlosti šíření ultrazvuku měříme, pomocí ultrazukového přístroje, dobu průchodu ultrazukových impulsů materiálem, a to na desetimiliontiny sekundy přesně. Dráhu, po které se ultrazvuk šířil, změříme běžnými metodami měření délek a z těchto údajů vypočítáme rychlost šíření ultrazvuku materiálem. [28]

Postup měření

Záznam naměřených hodnot i vyhodnocených údajů provádíme přímo do formuláře protokolu. Postupujeme přesně podle následujících bodů:

- Nákres vzorku s označením rozměrů a měřicími základnami,
- stanovení rozměrů, stanovení hmotnosti vzorku, výpočet objemové hmotnosti,
- stanovení mrtvého času,
- měření doby průchodu ultrazvuku,
- stanovení rozměrnosti,
- vyhodnocení zkoušky.

Rozměry a hmotnost vzorku

Podle označení v nákresu vzorku provedeme měření rozměrů. Do 150 mm budou rozměry na 0,1 mm přesně zjišťovány posuvným měřítkem, delší rozměry je možno měřit ocelovým měřítkem na celé milimetry. Měření provedeme vždy jen jednou uprostřed protilehlých ploch. Dodržení orientace vzorku je nutné, protože rozměrové charakteristiky budou dále použity i pro výpočty rychlostí šíření ultrazvuku. Hmotnost vzorku zjistíme vážením, na 0,01 g přesně. [28]

Stanovení dynamického modulu pružnosti materiálu

Na konstrukci, prvku anebo vzorku materiálu se provádí měření tak, že po vyznačení měřicích základen se obvyklými metodami měří rozměrové charakteristiky těchto základen. Ultrazvukovým přístrojem se změří doby průchodu ultrazvuku. Při vyhodnocení se nejprve vypočte rychlost šíření ultrazvuku a potom podle obecného kalibračního vztahu z ČSN se vypočte hledaná fyzikálně-mechanická vlastnost materiálu, v našem případě dynamický modul pružnosti.

Stanovení mrtvého času

Určitou dobu prochází ultrazvuk i vrstvičkou plastelíny a konstrukcí sondy. Podle ČSN ji označujeme jako „mrtvý čas“. Tuto dobu musíme zjistit a všechny měřené údaje o ní při vyhodnocení opravit. Mrtvý čas zjišťujeme na etalonu doby průchodu, jehož časovou charakteristiku přesně známe. V našem případě použijeme etalon s dobou průchodu 56,5 mikrosekund. S vrstvičkou plastelíny na sondách změříme dobu T_e průchodu ultrazvuku etalonem.

Zpracování výsledků měření

Zpracování výsledků měření provedeme přímo do protokolu, není nutno uvádět obecné znění vzorců, je však nutné zapsat dosazení do vzorců s ohledem na předepsané jednotky. [28]

Mrtvý čas

Mrtvý čas vypočteme ze vzorce

$$T_o = T_e - E \text{ [s;s;s]}, \quad (\text{vzorec 7.})$$

kde T_o je mrtvý čas
 T_e je doba průchodu ultrazvuku etalonem
 E je časová charakteristika etalonu

Vyhodnocení zkoušky

Rychlost šíření ultrazvuku

Pro každou měřenou základnu vypočteme rychlost podle vzorce:

$$v_i = \frac{L_i}{T_i - T_o} \text{ [m.s}^{-1}\text{;m;s;s]} \quad (\text{vzorec 8.})$$

kde v_i je rychlost šíření ultrazvuku
 L_i délka měřicí základny (bereme patřičný rozměr)
 T_i doba průchodu měřená přístrojem
 T_o mrtvý čas
 i číslo základny (1,2,3)

Ze tří vypočtených rychlostí vypočteme střední hodnotu na jednotky m.s^{-1} přesně.

Kriterium rozměrnosti

Bude-li měření ultrazvukem prováděno na velkém bloku anebo na tenké tyčce ze stejného materiálu, dostaneme různé hodnoty rychlosti šíření ultrazvuku. Projevuje se vliv rozměrnosti prostředí, to je charakteristiky závislé na vztahu rozměrů měřeného objektu a délce vlny ultrazvukového vlnění. V našem případě může být prostředí trojrozměrné,

jednorozměrné anebo neurčité (přechodová oblast mezi oběma uvedenými typy). Nejprve vypočteme délku vlny ultrazvukového vlnění v námi měřeném vzorku.

$$\lambda_L = \frac{v_L}{f}, [\text{m}; \text{m} \cdot \text{s}^{-1}; \text{Hz}] \quad (\text{vzorec 9.})$$

kde λ_L délka vlny
 v_L průměrná rychlost šíření ultrazvuku
 f jmenovitá frekvence použité sondy

Prostředí je jednorozměrné, jestliže pro rozměry vzorku, kolmé ke směru šíření ultrazvuku platí $a, b, \text{ nebo } d \leq 0,2 \lambda_L$, pak platí $v_L = v_{L1}$.

Prostředí je trojrozměrné, jestliže platí $a, b, \text{ nebo } d \geq 2 \cdot \lambda_L$, pak platí $v_L = v_{L3}$.

Na rozměrnosti závisí i koeficient k . Pro jednorozměrné prostředí je $k_1 = 1$, pro trojrozměrné je k_3 závislý na hodnotě Poissonova poměru ν .

Tab. 9 - Poissonův poměr některých stavebních materiálů ν

materiál	ν	materiál	ν
ocel	0,33	pórobeton	0,20
dřevo	0,14	agloporitbeton	0,16
keramika (cihla)	0,18	barytový beton	0,20
beton	0,20	beton baryt + litina	0,20

Tab. 10 - Koeficient k_3 v závislosti na Poissonově poměru

ν	k_3	ν	k_3	ν	k_3	ν	k_3	ν	k_3
0,00	1,0000	0,12	1,0168	0,22	1,0685	0,32	1,1963	0,42	1,5978
0,04	1,0017	0,14	1,0236	0,24	1,0857	0,34	1,2406	0,44	1,8002
0,06	1,0039	0,16	1,0319	0,26	1,1061	0,36	1,2964	0,46	2,1502
0,08	1,0070	0,18	1,0420	0,28	1,1307	0,38	1,3682	0,48	2,9637
0,10	1,0113	0,20	1,0541	0,30	1,1602	0,40	1,4639	0,50	

Dynamický modul pružnosti v tahu a tlaku

Hodnotu dynamického modulu pružnosti v tlaku a tahu vypočteme ze vzorce:

$$E_{cu} = \rho \cdot v_L^2 \cdot \frac{1}{k^2} \cdot 10^{-6}, [\text{MPa}; \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}; \text{m} \cdot \text{s}^{-1}; -] \quad (\text{vzorec 10.})$$

kde E_{cu} je dynamický modul pružnosti
 ρ je objemová hmotnost materiálu
 v_L je rychlost šíření ultrazvuku
 k je koeficient rozměrnosti prostředí, bez rozměru
 Vypočtenou hodnotu zaokrouhlíme na tři platné číslice. [28]

4.1.3 Tvrdoměrné metody zjišťování pevnosti cihel

Tvrdoměrné metody zkoušení cihel vycházejí ze stejných metod používaných na betonu, uvedených v ČSN 73 1373 Tvrdoměrné metody zkoušení betonu. Pro zkoušení cihel se používá zejména metoda Waitzmannova tvrdoměru a metoda Schmidtova tvrdoměru odrazového. Waitzmannův tvrdoměr je Poldi kladívko na zkoušení tvrdosti oceli, upravené pro zkoušení betonu a cihel. Podstatou tvrdoměru je ocelové razidlo se dvěma kuličkami o průměru 10 mm a 20 mm. Kulička o průměru 10 mm je při zkoušce opřena o srovnávací ocelovou tyčinku známé tvrdosti. Kulová plocha o průměru 20 mm se přes papírovou fólii

opírá o povrch zkoušeného materiálu. Vtisk na srovnávací tyčince i zkoušeném materiálu se vyvozuje úderem paličky do tvrdoměru. Tato metoda vykazuje velmi dobré výsledky při zkoušení cihel, je však poměrně pracná zejména s ohledem na vyhodnocení měřených průměrů vtisků. Zkoušení Waitzmannovým tvrdoměrem nebylo součástí zadání této práce, a proto v další kapitole bude podrobně popsán pouze Schmidtův tvrdoměr. [29]

Princip Schmidtova tvrdoměru

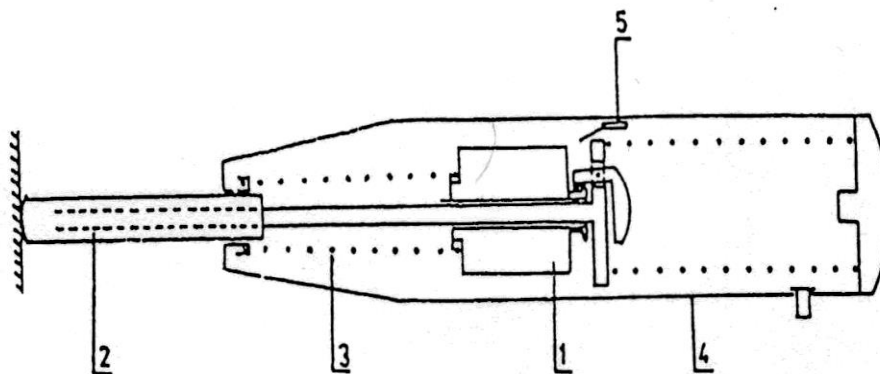
Schmidtovy tvrdoměry (obr. 10) byly vyvinuty původně na zkoušení pevnosti betonu a cementové malty; dělí se podle vyvozené energie:

- typ N - s energií 2,25 J
- typ L - s energií 0,75 J
- typ M - s energií 30,00 J

Na základě typu L s energií 0,75 J byl vyvinut typ LB pro zkoušení cihel (obr. 11), který se liší od Schmidtova tvrdoměru typu L pouze tvarem razníku, který je v tomto případě půlkulatý, kdežto pro zkoušení betonu má podstatně větší poloměr zakřivení plochy. Kalibrační vztahy v normě jsou uvedeny pouze pro beton. Pro cihly bylo vytvořeno několik různých kalibračních vztahů podle pracovišť, která se touto problematikou zabývala, byla to pracoviště: PÚDIS Praha, VAAZ Brno, VUT Brno FAST ÚSZK. Tato pracoviště mají vytvořena svoje kalibrační vztahy. V žádné normě nejsou tyto kalibrační vztahy uvedeny.

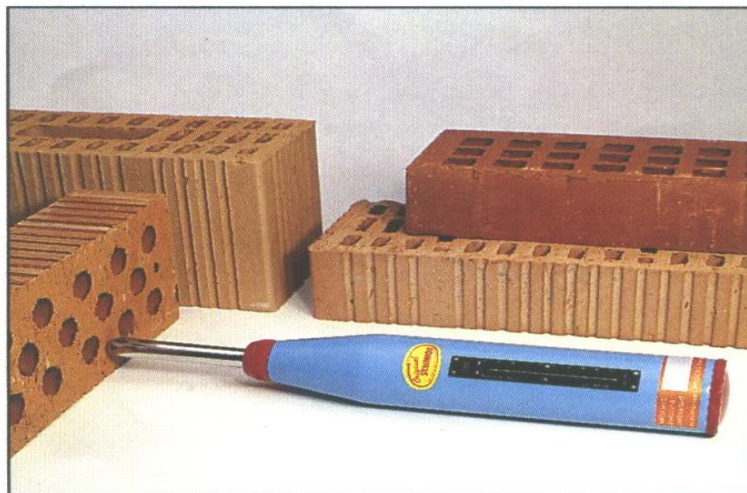
Systémy mechanismů všech tvrdoměru jsou stejné. Některé tvrdoměry typu L a N jsou opatřeny registračním systémem. Jedná se o pružinové tvrdoměry skládající se z razníku, beranu, pružin a vlečného ukazatele s měřítkem. Při zatlačení razníku a uvolnění závěsu beran dopadne na razník, odrazí se a posune vlečný ukazatel na měřítku do místa, které je hodnotou velikosti odrazu. Velikost odrazu je závislá na poloze tvrdoměru. Základní poloha tvrdoměru je vodorovná.

V ČSN 73 1373 jsou uvedeny obecné kalibrační vztahy pro vyhodnocení f_{be} ze zajištěného odrazu „a“ pro směr zkoušení: vodorovně, svisle nahoru, šikmo nahoru a dolů pod úhlem 45° . [29]



- 1 – Beran
- 2 – Úderník
- 3 – Tažná pružina
- 4 – Pouzdro
- 5 – Značka na stupnici

Obr. 10 - Schmidtův tvrdoměr



Obr. 11 - Schmidt typu LB

Pracovní postup

Razník tvrdoměru se přiloží na zkušební místě kolmo na povrch cihly, načež se tvrdoměr stlačuje pomalým plynulým pohybem, až vyvodí ráz. Na hlavici tvrdoměru se tlak vzbuzuje do okamžiku zachycení velikosti odrazu. Velikost odrazu se zjistí na stupnici tvrdoměru a zapíše se do zápisníku. U přístrojů s registračním zařízením se velikost odrazu automaticky zaznačí na záznamovou fólii.

Na každém zkušební místě se provede nejméně 7 platných měření. Hodnota jednotlivých platných měření se nesmí lišit od trimetrického průměru všech měření na témže zkušební místě více než $\pm 20\%$. Pevnosti, které vybočují z těchto mezních odchylek, se vyloučí a ze zbývajících 7 platných měření se vypočte nový aritmetický průměr. [16]

Zpracování výsledků měření a test platnosti odrazů

Vyhodnocení může být provedeno podle kalibračního vztahu vytvořeného pro konkrétní druh materiálu. Výsledky měření, které se zdánlivě odlišují od ostatních, nelze vylučovat, musí se zapsat a na všech výsledcích provést následující test platnosti vtisků. Pro jednotlivé vtisky zkušební místa se vyhodnotí hodnoty pevností podle kalibračního vztahu. Potom se vypočte střední hodnota ze všech pevností. Z této střední hodnoty se vypočte jejich 80 % a dále 120 %. Získáme tak meze použitelnosti výsledků z jednotlivých vtisků. Údaje, které jsou vně těchto mezí, se z protokolů vyškrtnou jako neplatné. Pevnosti zbývajících měření se znovu zprůměrují. Podle požadavků normy se tato hodnota zaokrouhlí na celé MPa. Výsledky tvrdoměrného zkoušení se nesmějí udávat přesněji. Metodika vyhodnocení byla převzata ze zkoušení betonu. [16]

4.1.4 Metodika zkoušení malty

Malty do zdiva jsou zpravidla směsí pojiva (např. vápna nebo cementu), výplně, kterou je obvykle písek, a vody. Tak např. vápenná malta je směs vápna (pojivo), písku (výplň) a vody, která je nutná k vyhašení vápna a k získání kašovitě konzistence malty tak, jak je to zapotřebí pro zamýšlenou vyzdívku. Vlastnosti i poměr mísení jednotlivých součástí malty mohou být různé, obojí dává maltě charakteristické vlastnosti.

Každá malta se však nemusí vyrobit ze zmíněných tří součástí: pojiva, písku a vody, ač tomu zpravidla tak bývá. Tak např. sádrová malta, získaná smísením sádry a vody, nemá a

nemusí mít jako podstatnou součást písek nebo jinou výplň. Hliněná malta může (připouští-li to vlastnosti hlíny) být také bez výplně.

Malty pro zdění se třídí podle pevnosti v tlaku (nezatvrdlá malta 0 MPa, dále 0,4; 1; 2,5; 10; 15 MPa) a podle objemové hmotnosti na malty:

- tepelně izolační (obj. hmotnost < 1100 kg.m⁻³)
- vylehčené (obj. hmotnost od 1100 do 1600 kg.m⁻³)
- obyčejné (obj. hmotnost od 1600 do 2300 kg.m⁻³).

Malty pro zdění používají frakce kameniva 0/4 mm, pro spárování a jemné omítky 0/1 mm. Používá se rovněž přísad (zlepšení zpracovatelnosti, regulace tuhnutí a tvrdnutí, provzdušnění apod.) a příměsí (popílek, SiO₂ – úlety, mletá struska aj.). Pevnost malty přidáním přísad a příměsí nesmí klesnout o více jak 10 % proti pevnosti malty bez přísad a příměsí. Čerstvá malta se zkouší na zpracovatelnost, odlučitelnost, rozmísitelnost, obsah vzduchu, přilnavost k podkladu. [30]

Účel a význam malty ve zdivu

Malta vyplňuje spáry ve zdivu a spojuje jednotlivé cihly v nový konstrukční prvek, v cihelné zdivo, které se chová jako konstrukce s jinými vlastnostmi, než mají jen cihly nebo malta. Vlastnosti malty, zvláště pevnost malty, mají veliký vliv na vlastnosti vyzdění konstrukce, zejména na její únosnost. Tak např. pevnost pilíře v tlaku, který je vyzděn z cihel na maltu cementovou, je několikrát větší a pilíř je několikrát únosnější než pilíř stejných rozměrů i ze stejných cihel, ale vyzděný na maltu vápennou.

Množství malty v cihelném zdivu

Množství malty v cihelném zdivu je závislé především na tom, jak velké jsou cihly. Čím větší jsou cihly, tím méně spár je ve zdivu, ať máme na mysli 1 m³ nebo 1 m² zdi, a tím méně malty je tedy zapotřebí pro vyzdívku. Dále záleží množství malty ve zdivu na tom, jak jsou spáry zdiva veliké a široké. A konečně záleží do jisté míry i na tom, jaká je tloušťka zdi (150, 300, 450, 600 mm apod.), pokud jde o spotřebu malty pro 1 m³ cihelného zdiva.

Malta vápenná

Součástí vápenných malt jsou: vápno, písek a voda. Pojivem je vápno rozdělané vodou na vápennou kaši tak, aby obalila všechna zrníčka písku. Vápnu se také říká maltovina, neboť je to pojivo, které vytváří maltu. Vápenná malta je malta chemická, neboť její pojivo, hydrát vápenný, mění se působením kyslíčnicku uhličitého ze vzduchu ve vápenec a vodu, která se z vlhkých vyzdivek odpařuje. Pochod probíhá podle chemické rovnice $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.

Malta cementová

Součástí cementových malt jsou zpravidla cement, písek a voda. Cementová kaše, vzniklá rozděláním cementu ve vodě, obsahuje zrníčka písku a vyplňuje mezery mezi nimi. Cementová malta je maltou chemickou podobně jako všechny vápenné malty. Po smísení cementu, písku a vody se rychle chemicky mění, zahřívá se a nabývá veliké pevnosti. Rychlost tvrdnutí a pevnost cementové malty závisí hlavně na vlastnostech součástí a na poměru mísení jednotlivých součástí.

Použití cementové malty

Cementové malty se používají na četné vyzdívky, jednak k omezení sedání zdiva, jednak ke zvýšení jeho únosnosti. V obojím případě vyžaduje úměrné roznášení napětí ve

zdivu, aby se nespojovalo zdivo na cementovou maltu přímo se zdivem na maltu vápennou, ale aby se mezi oběma druhy zdiv použilo zdiva na maltu nastavovanou. Tím se účinky nestejnomyšlného sedání a napětí zdiva snáze vyrovnají, takže tím lze zabránit vlasovým nebo i větším trhlinám ve zdivu.

Cementová Malta není tak pružná a poddajná jako Malta vápenná nebo Malta hydraulická, je velmi tvrdá, takže ve spárách zdiva vznikají snadno klikatě zalomené trhlinky. Lze jim zabránit správným návrhem konstrukce budovy, dilatačními spárami a hlavně dobrým založením stavby, aby sedání celé stavby bylo stejnoměrné a co nejmenší. Cementová Malta je nepostradatelná maltovina na značně únosné pilíře a zdi.

Malta vápenocementová

Je Malta vápenná s přísadou cementu. Tato příměs způsobuje, že vápenocementová Malta tvrdne mnohem rychleji než vápenná, že má podstatně větší únosnost a že méně sedá. Čím více cementu se přidá, tím větší měrou se projeví tyto vlastnosti. Nastavovaná Malta se získá přidáním příslušného množství cementu do míchaček při výrobě. [30]

Stanovení pevnosti malty v tlaku destruktivně

Zkouška pevnosti malty v tahu za ohybu dle ČSN 72 2450 - byla zrušena bez náhrady, ale podle této normy bylo prováděno zkoušení tímto způsobem:

Pevnost v tahu za ohybu se stanovovala výpočtem mezního napětí malty v tahu za ohybu za předpokladu, že Malta se chová pružně. Zpravidla se zjišťuje i pevnost v tlaku na koncích zlomků zkušebních trámečků.

Zkušební tělesa se po zhotovení ve formách a po doformování, a pokud byla zhotovena na podložkách ze zdíciho materiálu, pak i s podložkami, uloží:

- a) Do vlhkého prostředí, je-li pojivo cement, cement a vápno, hydraulické vápno, hydraulická pojiva, nebo směsná pojiva s cementem,
- b) do normálního, laboratorního prostředí je-li pojivo vzdušné vápno, sádra nebo hlína,
- c) do prostředí konstrukce nebo zvláštního prostředí, je-li toto prostředí předepsáno příslušným předpisem nebo projektem.

Zkušební postup:

Ke zkoušce se smí použít jen zkušební tělesa celistvá a neporušená. Za neporušená tělesa se považují taková, u nichž žádná průřezová plocha poškozením není zmenšena o více než 1 %. [31]

Zkouška pevnosti malty v tlaku dle ČSN 72 2449 - byla zrušena bez náhrady, ale podle této normy bylo prováděno zkoušení tímto způsobem:

Pevnost malty v tlaku byla zjišťována na zkušebních tělesech tvaru krychle jejich zatěžováním do úplného porušení. Pevnost krychle je dána největším napětím v tlačeném průřezu zkušební tělesa, kterého bylo při zkoušce dosaženo. [32]

Zkušební tělesa se zhotovují podle ČSN 72 2440 z čerstvé malty o známé zpracovatelnosti, tj. hustotě nebo plasticitě. Zkušební těleso je tvaru krychle. Základní velikost zkušební tělesa je 10 x 10 x 10 cm, je však možno použít i krychle o hraně 7,07 cm. Zkušební tělesa se zhotoví buď v těsných formách nebo ve formách na podložce ze zdíciho materiálu podle příslušné technické normy nebo předpisu. Při použití vápenné malty se zkušební tělesa zhotoví vždy na keramické podložce. [33]

Zkušební tělesa se po zhotovení ve formách a po odformování, a pokud byla zhotovena na keramických podložkách, pak i s podložkami, uloží:

- a) Do vlhkého prostředí, je-li pojivo cement, cement a vápno, hydraulické vápno, hydraulická pojiva, nebo směsná pojiva s cementem,

- b) do normálního, laboratorního prostředí je-li pojivo vzdušné vápno, sádra nebo hlína,
- c) do prostředí konstrukce nebo zvláštního prostředí, je-li toto prostředí předepsáno příslušným předpisem nebo projektem.

Zkušební postup:

Pevnost v tlaku se zkoušela nejméně na třech zkušebních tělesech, a to ve stáří předepsaném ČSN 72 2440 norma zrušena bez náhrady, nebo příslušnými technickými normami, popř. předpisy.

Ke zkoušce se směla použít jen zkušební tělesa celistvá a neporušená. Za neporušená tělesa se považují taková, u nichž žádná průřezová plocha poškozením není zmenšena o více než 1 %. Před zkoušením v tlačném zařízení se zjistily rozměry a tíha zkušebních těles a stanovila jejich objemová hmotnost podle ČSN 72 2447, norma byla zrušena bez náhrady.

Do tlačného zařízení se tělesa ukládala přesně dostředně na plochy rovnoběžné se směrem ztuhnutí. Zkušební tělesa se zatěžovala rovnoměrně a plynule až do úplného porušení. Rychlost růstu zatížení se volila v souladu s předpokládanou jakostí malty taková, aby doba zatěžování byla nejméně 30 sekund.

Pevnost malty v tlaku R_{ck} v MPa se vypočítá ze vztahu:

$$R_c = \frac{F}{S}, [\text{MPa}; \text{N}; \text{mm}^2] \quad (\text{vzorec 11.})$$

kde F je maximální zatížení při zkoušce,
 S je plocha zkušebního tělesa.

Zkušební vzorky se zhotovují buď laboratorně, nebo se odeberou z konstrukce, popř. se připraví na konstrukci. Zkušebním vzorkem je též vzorek maltové směsi.

Zkušební vzorky připravené laboratorně se zhotoví z čerstvé malty buď laboratorně připravené, které svým složením odpovídá maltě v konstrukci, nebo z malty odebrané na stavbě.

Zkušební vzorky odebrané na stavbě se musí odebrat tak, aby svým složením reprezentovaly použité množství malty.

Zkušební vzorky vyjmuté z konstrukce musí svým množstvím a jakostí odpovídat účelu zkoušky a musí reprezentovat množství použité malty nebo provedené omítky. Je-li třeba, lze z konstrukce vyjmout hrubý vzorek, ze kterého se připraví jednotlivé vzorky.

Pevnost malty v tlaku dle EN 1015-11/2000

Pevnost malty se určí podle EN 1015-11 Zkušební metody malt pro zdivo - Část 11. Stanovení pevnosti zatvrdlých malt v tahu za ohybu a v tlaku.

Podstata zkoušky

Pevnost malty v tahu za ohybu se stanovuje tříbodovým zatěžováním do porušení zkušebních trámečků ze zatvrdlé malty. Pevnost malty se zkouší na dvou částech trámečku po zkoušce pevnosti v tahu za ohybu.

Pevnost v tahu za ohybu, f v N/mm^2 .

$$f = 1,5 \frac{Fl}{bd^2}, [\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}; \text{N}; \text{mm}; \text{mm}; \text{mm}] \quad (\text{vzorec 12.})$$

F maximální zatížení na zkušební těleso,
 l vzdálenost mezi osami podpěrných válců,
 b šířka zkušebního tělesa,
 d výška zkušebního tělesa.

Pevnost v tlaku se vypočítá z maximálního vynaloženého zatížení vyděleného průřezovou plochou zkušební tělesa.

Zkušebními tělesy musí být trámečky 160 x 40 x 40 mm. Musí se zhotovit tři zkušební tělesa. Pro zkoušku pevnosti v tlaku se trámečky zlomí na dvě poloviny, aby vzniklo šest polovin trámečků.

Pokud není uvedeno jinak, zhotoví se tři zkušební tělesa pro zkoušení po 28 dnech případně později, obsahuje-li malta zpoždovací přísadu.

Forma se umístí v ukládacím vlhkém prostoru, nebo se uzavře do polyetylenových pytlů. [30]

Stanovení pevnosti malty ve spárách zdiva

Zde se jedná o zkoušení zejména ve spárách zdiva, a z toho důvodu je nejprve nutné definovat, o jaké spáry se jedná.

Maltové spáry tak, jak se vyskytují ve zděných konstrukcích:

- a) Ložná spára - vrstva malty mezi ložnými plochami zdících prvků.
- b) Příčná spára - styčná maltová spára kolmá k ložné spáře i k lici stěny.
- c) Podélná spára - svislá maltová spára uvnitř stěny, rovnoběžná s lícem stěny.
- d) Tenká spára - spára vyplněná maltou pro tenké spáry s tloušťkou nejvýše 3 mm.

Postupy stanovení pevnosti v tlaku malty, která je součástí stávající zděné konstrukce (zkoušky krychlí v tlaku nejsou použitelné, podle ČSN 72 2449 Zkouška pevnosti v tlaku malty)“. Takže se používají následující metody:

- a) Přímý odhad na základě jednoduchého určení tvrdosti malty vrypem ocelového hrotu hřebíku, sekáče apod.
- b) Pevnostní zkoušky tenkých vrstev malty odebraných ze stávajícího zdiva; zjištěné hodnoty se dle ČSN 72 2449 (zrušena 2005) přepočítávaly na hodnoty krychelné pevnosti; metoda byla vhodná pro malty vyšších pevnostních značek; u malt nižších značek nebylo možno použít, protože se malta drolila.
- c) Zkoušky tvrdosti malty vrtnou metodou s použitím přiklepové vrtačky; měří se hloubka vniknutí vrtáku po předepsaném počtu úderů (přiklepů); podle kalibračních vztahů se stanoví krychelná pevnost malty; metoda je vhodná pro malty nižších značek.

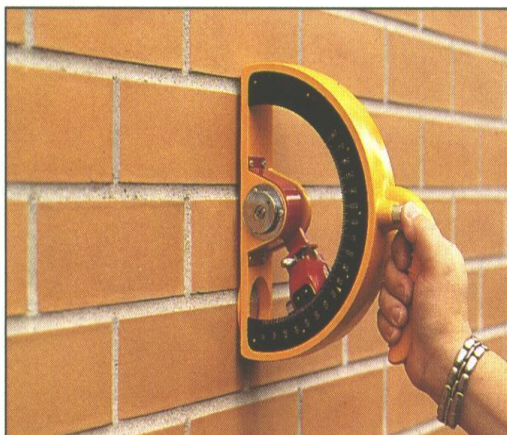
Navržená nedestruktivní metoda

K nedestruktivnímu posuzování malty v ložných spárách zdiva lze využít mechanické tvrdoměrné metody. Jednou z nich je např. vrtací metoda. Její využití však předpokládá speciální vrtáky s vysokou odolností proti opotřebení (vrtný nástroj nelze totiž chladit vodním výplachem, protože voda podstatně mění tvrdost malty). Mírou jakosti je pak vynaložená energie na vniknutí vrtáku do předepsané hloubky.

Další metoda je vnikání indentoru, tj. válečku o malém průměru. Vzhledem k výšce ložné spáry v cihelném zdivu (pohybuje se obvykle od 10 do 16 mm) byl zvolen průměr indentoru 4 mm, tj. 2,5krát až 4krát menší než obvyklá výška ložné spáry. Na podkladě určitých orientačních a předběžných pokusů byly k zatlačování použity úderu kladiva o hmotnosti 1 kg ze vzdálenosti 100 mm, tj. energie úderu je 1 J. Výsledek může značně ovlivnit způsob provádění (různé energie úderů). Proto je nezbytné, aby zkoušku dělal týž pracovník, který se zúčastnil experimentů sloužících k získání příslušné kalibrační křivky. Tento pracovník si dále musí pravidelně ověřovat svůj způsob definovaných úderů. [32]

Schmidt typu PM (na obrázku č. 12). Úderník tohoto Schmidtu má průměr 8 mm, proto jeho výsledky závisí na tloušťce a hloubce spáry. Vyhodnocení kalibračních vztahů je

poměrně složité, tedy vhodný spíše pro kontrolu jakosti nové malty v přesných spárách a diagnostiku starého zdiva.



Obr. 12 - Schmidt typu PM

Vrtná metoda s použitím upravené vrtačky, kde se při stanoveném průměru vrtáku a otáček zjišťuje hloubka vniku vrtáku do maltové spáry. V ČR se používají upravené vrtačky podle Kučery, z (TAZÚS Praha). Tyto vrtačky budou popsány v následující kapitole.

4.1.5 Zkoušení pevnosti malty ve spárách vrtnou metodou

Popis typů upravených vrtaček (dle Kučery):

- a) Starší - ruční typ zkušební vrtačky (obr. č. 13)

Upravená ruční vrtačka s přiklepem, počítadlem otáček, upravená pro zkoušení malty ve zdivu. Pevnost malty ve zdivu zjišťujeme za účelem stanovení (odhadu) pevnosti zdiva v tlaku při posouzení stávající konstrukce, při kontrole jakosti zdiva, při zjišťování pevnosti zdiva v průběhu výstavby apod. Při zkoušce se na pevnost malty usuzuje z odporu malty proti vnikání vrtáku při přiklepovém vrtání touto vrtačkou s danými parametry. [16]



Obr. 13 - Kučerova vrtačka ruční typ

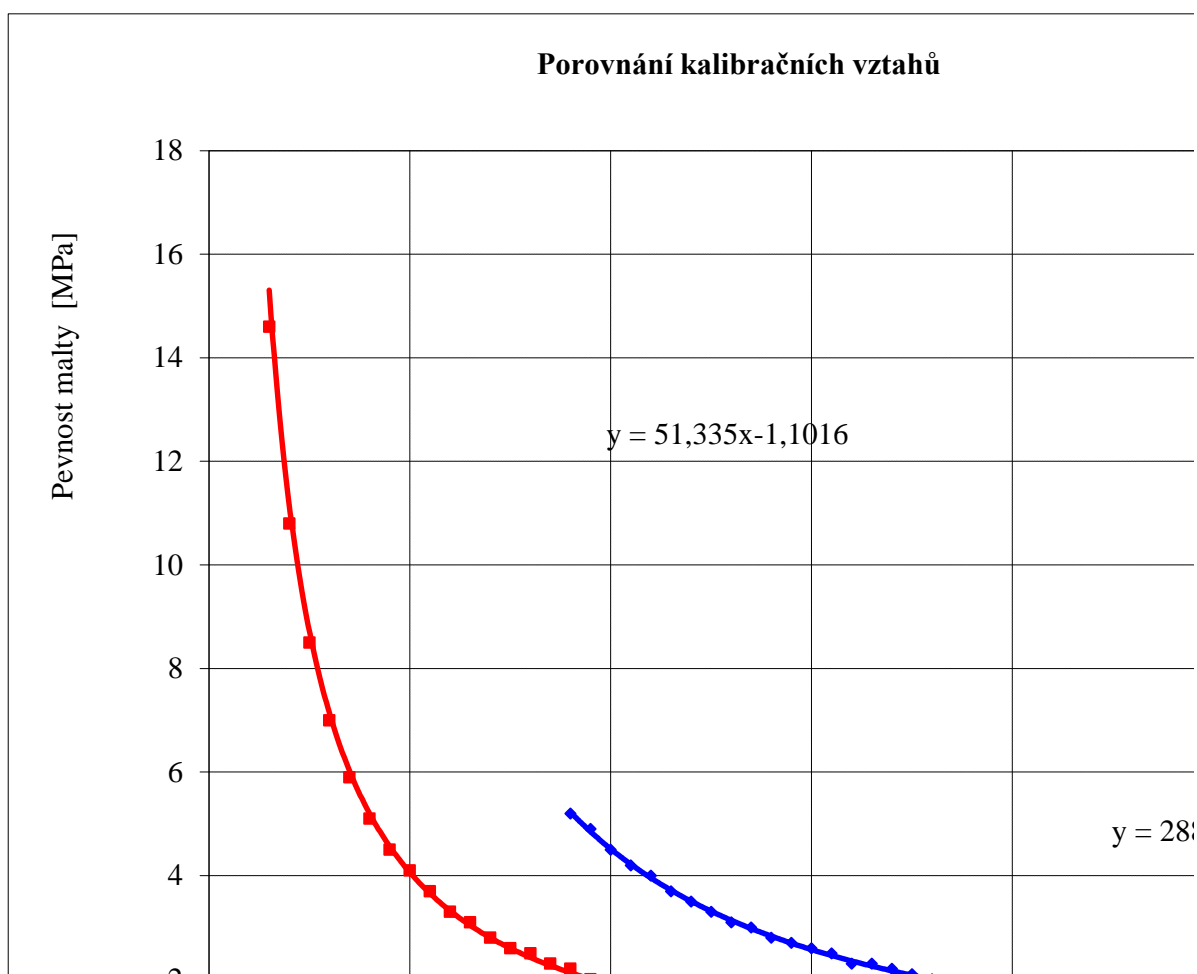
- b) Nový – elektrický typ zkušební vrtačky (obr. č. 14)

Jako pohonná jednotka byla u tohoto inovovaného typu zkušebního přístroje použita pro snadnější obsluhu AKU vrtačka. Na stavitelném kroužku funkčního nástavce v přední části vrtačky se přednastaví stupeň předpokládané pevnosti zkoušeného materiálu podle

zkušební předpisu pro příslušnou zkoušku. Tím je automaticky nastaven příslušný počet otáček zkušební vrtáku, po jejichž provedení se vrtačka automaticky vypne. Definovaný přítlak na zkušební vrták je dán tlakem pružiny, jehož rozmezí je mechanicky aretováno. [34]



Obr. 14 - Kučerova vrtačka elektrický typ



Obr. 15 - Kalibrační vztahy obou vrtaček

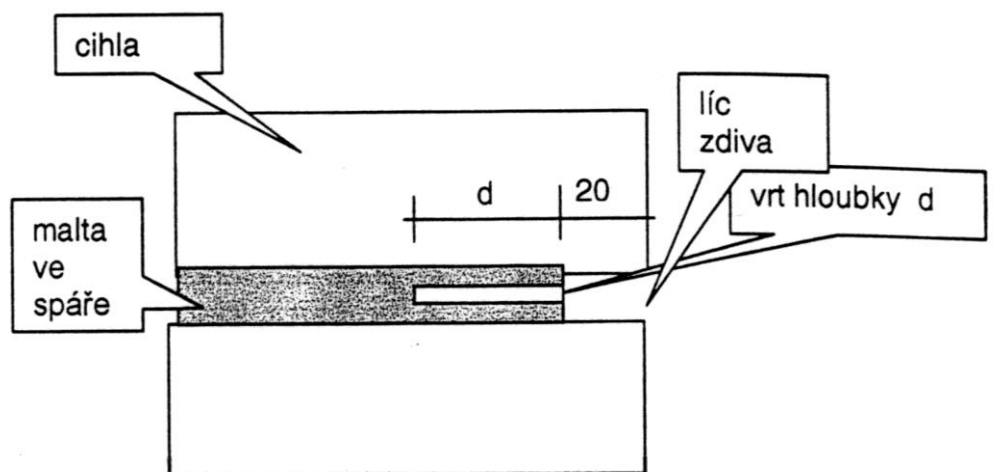
Kalibrační vztahy jsou dělány pro různé vstupní podmínky, mezi nimiž je zejména jiný typ přitlaku, jiný průměr vrtáku, jiný způsob vyvození otáček. Nejsou tedy vzájemně porovnatelné, protože respektují různost obou vrtaček.

Zkušební postup

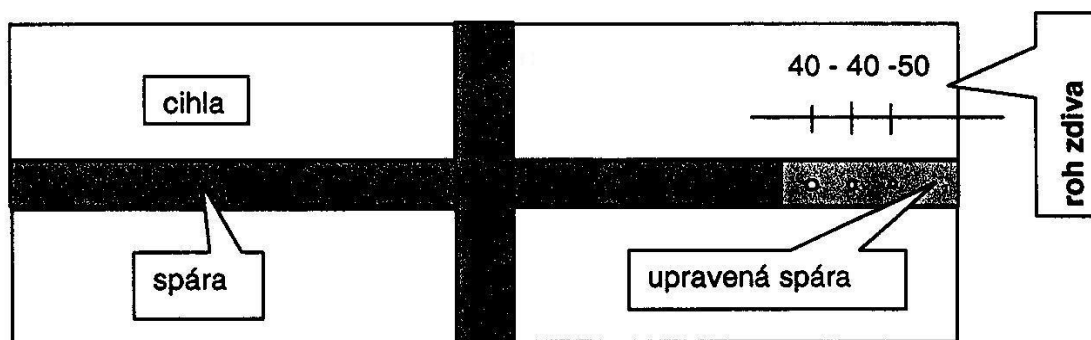
Zkušební místo se volí na tlačných prvcích. Zkušební místo se upraví takto:

- Pokud je zdivo omítnuto, odstraní se omítka na ploše cca 200 x 150 mm tak, že ložné spáry jsou přibližně v podélné ose upravené plochy.
- Při zkoušce malty se malta v jedné ložné spáře vyseká, resp. vyškrábe vhodným nástrojem přibližně 20 mm za líc zdiva (obr. 16).
- Při zkoušce cihel se povrch cihly očistí od omítky.
- Vizually se posoudí, zda zdivo není nadměrně vlhké, porušené trhlinami nebo jinak poškozené a zda očištěný zdící prvek je kompaktní, nepotrhaný nebo nevydrolený.

Zkušební postup u ruční i elektrické Kučerovy vrtačky je stejný, liší se pouze v kalibračních vztazích.



Obr. 16 - Umístění vrtu ve spáře zdiva řez zdivem



Obr. 17 - Rozmístění vrtů ve spáře a vzdálenost vrtu od kraje – pohled na zdivo



Obr. 18 - Zkušební místa na pilířích



Obr. 19 - Kučerova vrtačka elektrický typ na zkušebním pilíři

Při zkoušce malty se v upravené ložné spáře provedou tři vrty ve vzájemných vzdálenostech cca 40 mm a minimálně 50 mm od případné hrany zdiva. Při použití obecných kalibračních vztahů se vrty provedou při nastavení stupnice na stupeň 1. Při použití specifických kalibračních vztahů se nastavení provede na stupeň, který byl použit při kalibraci pro daný materiál.

Při zkoušce cihly nebo jiného zdícího prvku se na očištěné ploše provedou tři vrty ve vzdálenosti minimálně 30 mm od sebe a 40 mm od hrany zdícího prvku. Při použití obecných kalibračních vztahů se vrty provedou při nastavení stupnice na stupeň 2. Při použití specifických kalibračních vztahů se nastavení provede na stupeň, který byl použit při kalibraci pro daný materiál.

Hloubka vrtu se změří hloubkoměrem.

Jako platné měření se uvažuje hloubka vrtu „ d “, která se neliší od průměrné hloubky „ d_m “ a všech tří vývrtů o více než 30 %.

Pokud kritériu nevyhovují dva z vývrtů, zkušební místo se neuvažuje. Pokud kritériu nevyhovuje jeden vývrt, vyloučí se tento vývrt z měření a nahradí se novým vývrtem. V případě, že ani nahrazení jednoho vývrtu není splněno kritérium, zkušební místo se neuvažuje. [36]

Vyhodnocení zkoušky

Pevnost materiálu v jednom zkušebním místě.

Ze tří platných měření na jednom zkušebním místě se vypočte aritmetický průměr hloubky vrtů: „ d_m “ se zaokrouhlením na 1 mm.

Informativní hodnota pevnosti malty / zdících prvků „ R_{mo} “ se stanoví v závislosti na zjištěné průměrné hloubce vrtu „ d_m “ z obecného kalibračního vztahu.

Pevnost získaná zkouškou jednoho zkušebního místa se považuje za ekvivalentní hodnotě pevnosti malty / zdícího prvku získané zkoušením jedné krychle nebo zkouškou jednoho zdícího prvku.

Upřesněná hodnota pevnosti malty „ $R_{co,p}$ ” se stanoví za pomoci specifického kalibračního vztahu, vypracovaného pro konkrétní druh zdícího prvku.

Specifický kalibrační vztah se stanoví na základě dvojic výsledků zkoušek vzorků, zkoušených nedestruktivními a destruktivními způsoby. Získaný soubor se stanoví metodami matematické statistiky. [36]

Pevnost malty / zdícího prvku se určí za vztahu:

$$R = R_m - t_n \times S_r; [\text{MPa}; \text{Mpa}; -; -] \quad (\text{vzorec 13.})$$

kde R_m je výběrový průměr vyšetřované pevnosti zjištěný z „n” zkušebních míst

S_r výběrová směrodatná odchylka

t_n součinitel pro odhad dolní hranice konfidenčního intervalu průměru, stanovený s pravděpodobností $P = 0,9$. Hodnoty tohoto součinitele jsou uvedeny v tabulce 11.

Tab. 11 - Hodnoty součinitele t_n *)

Počet vzorků n	t_n	Počet vzorků n	t_n
5	0,68	15	0,35
6	0,60	20	0,30
7	0,54	25	0,26
8	0,50	30	0,24
9	0,47	40	0,21
10	0,44	50	0,18
12	0,39	100	0,13

*) Pro mezilehlé hodnoty se součinitel t_n stanoví lineární interpolací

Pro výběrový průměr \bar{x} a výběrovou směrodatnou odchylku S_x platí tyto vztahy (viz. ČSN 01 0250)

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (\text{vzorec 14.}) \quad S_x' = \frac{1}{n-1} \sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{vzorec 15.})$$

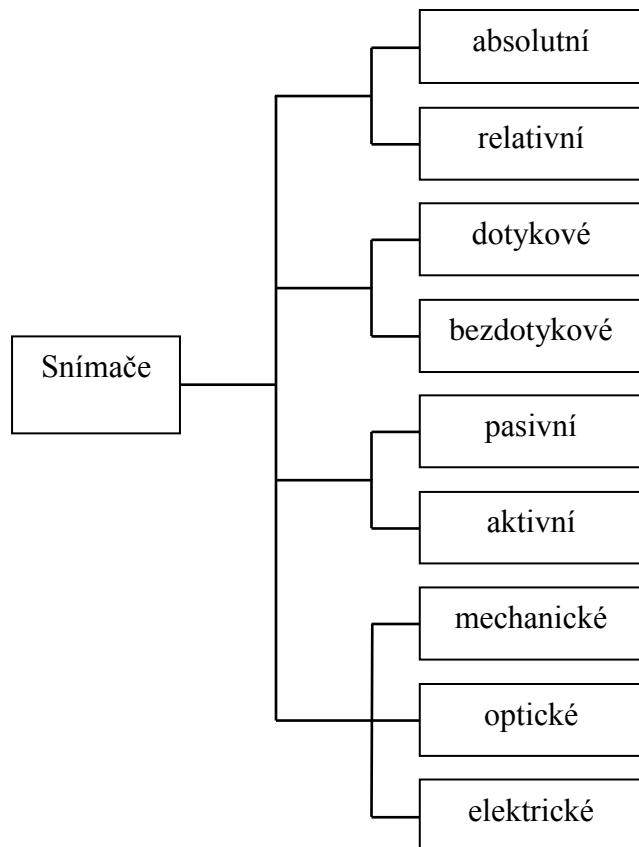
kde x_i jsou jednotlivé zjištěné hodnoty náhodné veličiny X a je rozsah výběru. [34]

Jestliže se pevnost posuzované malty nebo zdících prvků v konstrukci určuje pevnostní značkou podle ČSN 73 1101, stanoví se tato pevnostní značka jako nejbližší nižší hodnota pod pevností zjištěnou podle rov. 4.15.

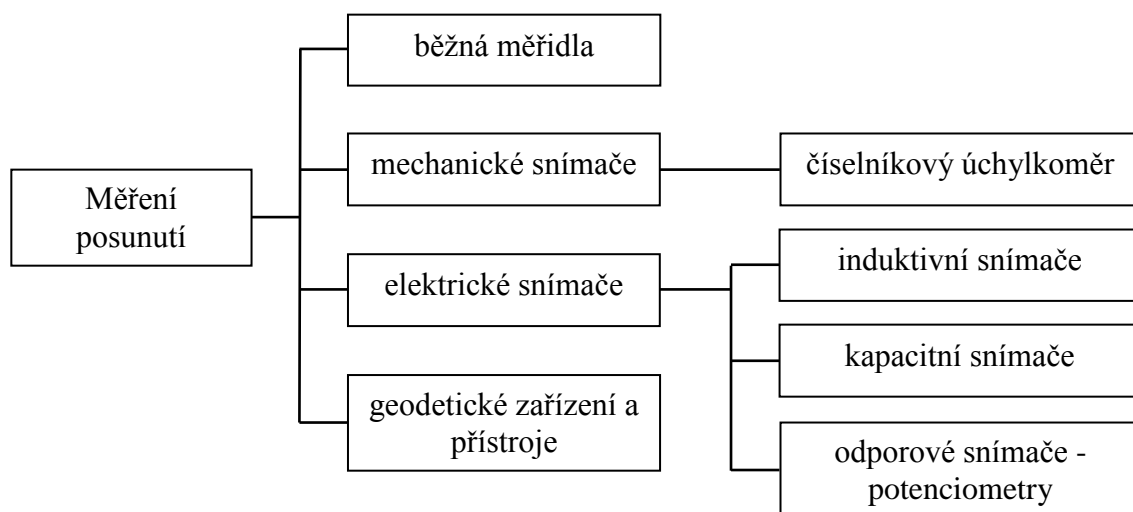
4.1.6 Přístroje pro měření přetvoření a trhlin

Měření posunů v trhlinách stavebních konstrukcí je téměř vždy měřením relativním. Pro měření posunů (průhyb, sedání, vodorovný posun) se používá celá řada měřících přístrojů, sestávajících ze snímačů, měřidel a konstrukce pro jejich upevnění. Tenzometry používané pro měření trhlin jsou podle [10] založeny:

- Na mechanickém principu,
- na optickém a mechanicko-optickém principu,
- na elektrickém principu.



Diag. 7 - Rozdělení snímačů

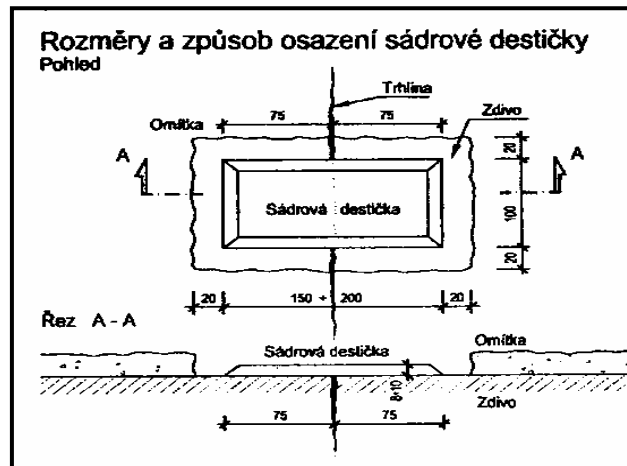


Diag. 8 - Rozdělení měřičů posunů

Tenzometry mechanické a tenzometry strunové jsou vhodné pro dlouhodobá měření, zatímco tenzometry odporové pro krátkodobá měření. Při použití odporových tenzometrů pro dlouhodobá měření musí být systém měření i vlastní tenzometry upraveny. Zvláštní skupinu tvoří geodetická zařízení a přístroje, určené pro měření svislých i vodorovných posunů.

Účelem měření trhlin je určení jejich šířky, změn této šířky v čase a velikosti vzájemných posunů částí konstrukce po obou stranách trhliny v čase. Pro měření a kontrolu trhlin na stavbě se používají:

- Lupa se stupnicí pro určení šířky a stavu okrajů trhlin,
- bodový reflektor nebo endoskop pro zjištění průběhu trhliny v hloubce zdi.



Obr. 20 - Sledování vzniku rozvoje trhlin sádrovou destičkou [10]

- měřicí mikroskop s nitkovým křížem,
- kontrolní sádrové destičky (mají význam jen ve správném provedení),
- sestava pevně osazených ocelových trnů, měřených posuvným měřítkem,
- sestava terčů pro měření mechanickými sázcími tenzometry,
- dva tyčové tenzometry, různě orientované vzhledem k rovině trhliny,
- strunové tenzometry určené pro sledování posunu v trhlíně,
- videoextenzometry (bezdotykové snímání vzdáleností soustavy terčů). [10]

Pro zjištění pohybu konstrukcí nebo jejich částí se mohou použít tyto metody:

- geodetické metody;
- optická vlákna, pro lokalizaci míst největších posunů;
- měřická pásma a soupravy s invarovým drátem.

Do měřicí soustavy náleží dále všechna zařízení, sloužící k zesílení, přenosu dat a jejich záznamu. Přenos dat je možné uskutečnit buď kabelovým vedením, nebo telemetricky. Záznamovými prostředky mohou být oscilografy, osciloskopy (s pamětí nebo bez ní), magnetofony, operační paměti měřicích ústředí nebo jiná média, zejména diskety a kompaktní disky. V současné době jsou již pro komerční účely vyvinuty měřicí řetězce, které umožňují automatické měření posunů v trhlínách (s libovolným elektrickým snímačem, včetně snímačů vibrací), jako je např. „Autonomous Crack Comparometer“, vyvinutý na Northwest University ve státě Illinois, USA.[18] Tato měřicí soustava navíc umožňuje okamžitý dálkový přenos dat pomocí sítě internet. Je pravděpodobné, že u významných staveb bude tato metoda aplikována i v našich podmínkách.

Z předchozího přehledu vyplývá, že existuje celá řada možností, jak měřit posuny stavebních konstrukcí i jejich částí. Při volbě metody je třeba přihlídnout k účelu měření,

významu stavby, požadované přesnosti, finančním a provozním podmínkám, dále je třeba brát zřetel na dlouhodobý charakter měření (odolnost přístrojů vůči vlivům prostředí i mechanickému poškození). Obecně lze říci, že jakékoliv měření je lepší, než žádné, vždy je však třeba stanovit přesnost a nejistotu měření.

Popis měřicí metody

Měření posunů v trhlinách bylo realizováno pomocí mechanického sázečního Hollanova deformometru. Tento mechanický příložný tenzometr byl vyvinut na Ústavu stavebnin a zkušebních metod stavební fakulty VUT v Brně docentem Karlem Hollanem. Patentový princip přístroje spočívá v planžetovém zavěšení dvou systémů, vybavených kuličkovými hroty, které se vůči sobě paralelně pohybují se změnou měřené délky. Jejich vzájemný pohyb se sleduje pomocí číselníkového úchylkoměru, a to podle požadované přesnosti a rozsahu měření s citlivostí 1/1000 nebo 1/100 mm (lze použít i digitální úchylkoměry nebo indukční snímače).

Principem deformometru je měření rozdílu vzdáleností mosazných terčků osazených 200 mm od sebe tak, aby jejich spojnice (osa) byla kolmo k trhlíně. Vzdálenost 200 mm je před a po každém měření teplotně kalibrována na etalonu (- invarovém nebo ocelovém etalonu délky 200 mm). Digitální úchylkoměr deformometru, který byl použit pro měření, měří s citlivostí 0,001 mm změny délky základny.



Obr. 21 - Hollanův příložný tenzometr vsazený do kuželovitých závrtů v mosazných terčích připevněných na cihle, kontaktní teploměr a etalony z invaru a oceli

Před osazením mosazných terčků je nutné vždy odstranit vrstvu nátěru a omítky a terče osadit na materiál nosné konstrukce – cihly, tvárnice, beton. Ve výjimečných případech je možné instalovat terče i na omítku, v tom případě je však nutné prokázat, zda nedošlo ke zkreslení měření. Podle směru a charakteru trhliny se osadí buď jedna (dva terčíky) nebo více měřících základen sériově, jejichž osa je kolmá k trhlíně, či síti trhlin. Osazení základen

v jedné ose za sebou se volí, když je porucha zdiva rozdělena do více trhlin a není jasné, kde bude docházet k největším posunům. Navíc k největším posunům nemusí docházet vždy v nejširší trhlíně. Nebo se tři terčíky uspořádají do jedné základny v podobě rovnostranného trojúhelníku, aby bylo možné zjistit směr a velikost výslednice posunů ve složitějších případech porušení. [10]

Metodika vyhodnocení výsledků měření

Základní délka invarového etalonu Hollanova deformetru je 200 mm, této délce odpovídá čtení úchylkoměru na etalonu E_n . Při prodlužování základny dochází ke zmenšování čtení na úchylkoměru, při zkracování délky základny čtení na úchylkoměru roste. Současně s měřením deformací musí být přesně zjišťována také povrchová teplota konstrukce v každém měřicím místě pomocí kontaktního teploměru.

Délka základny l_0 (a_0, b_0, c_0, \dots) v mm při počátečním měření je dána vztahem:

$$l_0 = l_e - H_0 + E_0, [\text{mm};\text{mm};\text{mm};\text{mm}] \quad (\text{vzorec 16.})$$

Délka základny l_n (a_n, b_n, c_n, \dots) v mm při n-tém měření se vypočítá ze vztahu:

$$l_n = l_e - H_n + E_n, [\text{mm};\text{mm};\text{mm};\text{mm}] \quad (\text{vzorec 17.})$$

kde l_e je nominální délka etalonu (200 mm při 20°C)

E_0 (E_n) je čtení úchylkoměru při počátečním (n-tém) měření etalonu, v mm

H_0 (H_n) je čtení úchylkoměru při počátečním (n-tém) měření etalonu, v mm

Pro hodnocení posunů zdiva není rozhodující délka základny, ale rozdíly zjištěné při měření vzhledem k počátečnímu stavu. (popřípadě vzhledem k předcházejícímu měření). Celková změna délky základny Δl v mm vzhledem k počátečnímu stavu je při zanedbání korekčního členu dána vztahem:

$$\Delta l = E_n - E_0 - H_n + H_0 = E_n - E_0 - H_n + H_0, [\text{mm};\text{mm};\text{mm};\text{mm};\text{mm}] \quad (\text{vzorec 18.})$$

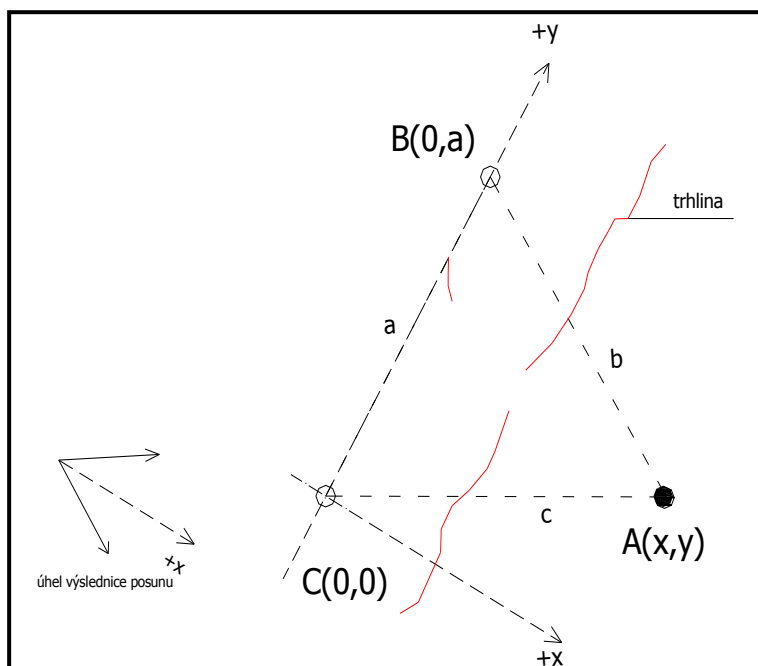
Pokud se měří na třech základnách uspořádaných do tvaru rovnostranného trojúhelníku, lze pomocí trigonometrických funkcí vypočítat souřadnice x, y bodu, jehož posun ve zvolené souřadnicové soustavě sledujeme.

Příklad výpočtu souřadnice vrcholů trojúhelníku pro případ uspořádání základů dle obr. 22:

A [x,y], B [0,a], C[0,0]

$$y = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2a}$$

$$x = \sqrt{b^2 - y^2}$$



Obr. 22 - Souřadnice trojúhelníkových základů

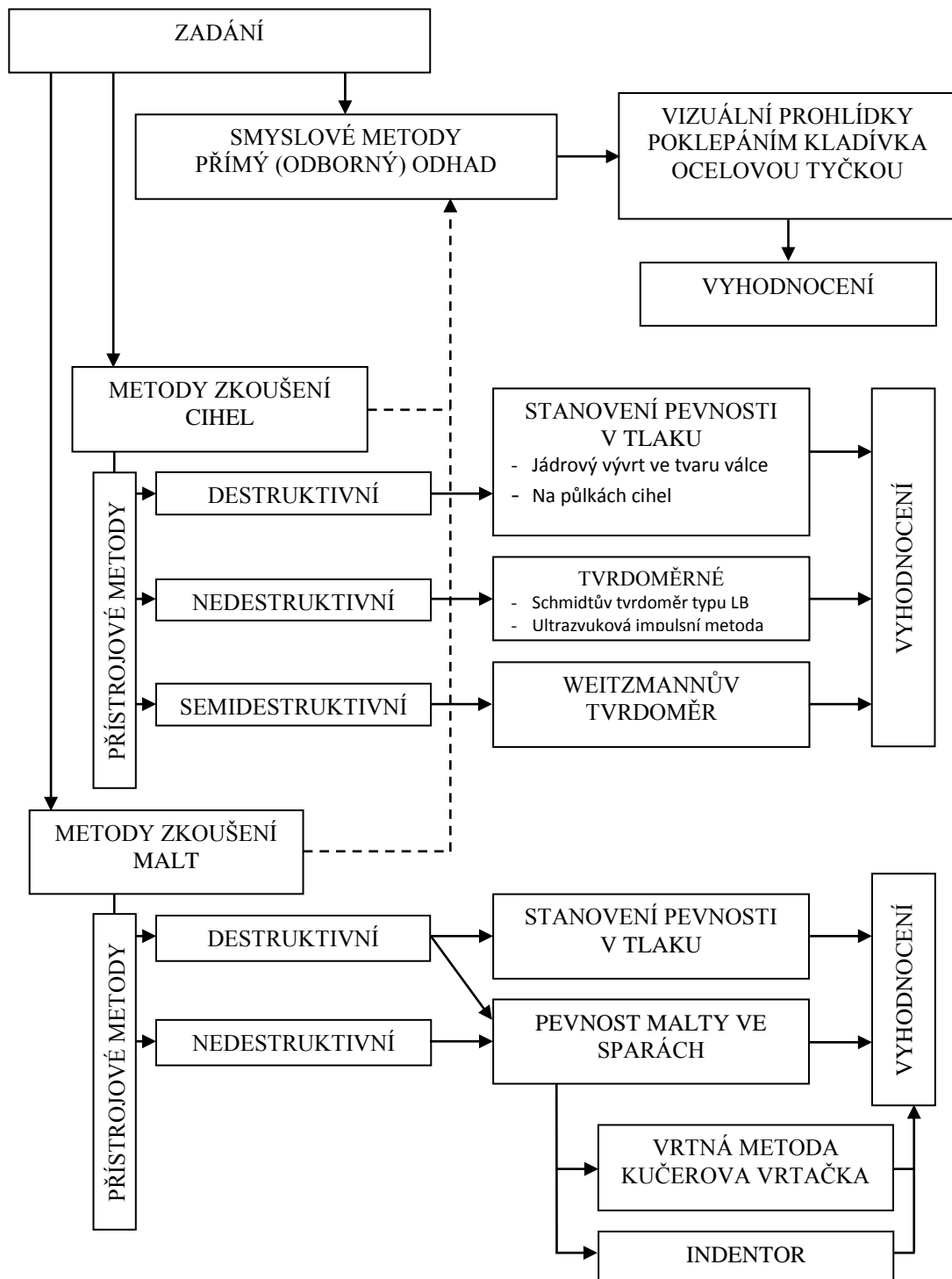
Na základě podrobného rozboru všech nejistot, které ovlivňují měření Hollanovým tenzometrem, byla stanovena celková nejistota měření změny délky základny Δl hodnotou $u = \pm 0,02$ mm (obr. 22). Uvedená hodnota nejistoty měření platí pouze při dodržení všech zásad správného měření. [10]

V následujícím diagramu č. 9 jsou shrnuty použité metody pro zkoušení cihelného zdiva.

Metody jsou rozděleny na zkoušení kusového materiálu a zkoušení malt nebo zkoušení zdiva v celku. Možnosti výběru, jakou metodu použijeme, jsou velké, viz předchozí text. Výběr metod závisí na možnostech laboratorního zkoumání nebo na přístrojovém vybavení. Výsledky jednotlivých metodik mohou vycházet rozdílně, pak se použijí např. korelační součinitelé nebo kalibrační vztahy, aby došlo k sjednocení výsledků a lepší orientaci v nich.

Také postupy při použití jednotlivých metod se liší.

Z toho vyplývá, že celkově standardizovat postupy při znaleckém posuzování cihelného zdiva nelze. Každá metodika je jiná. Lze ale standardizovat postup při jednotlivých metodikách (viz předchozí popis použitých metodik zkoušení cihel a malt).



Diag. 9 – Použité metody zkoušení cihelného zdiva

4.2. Praktické příklady

Pro praktickou analýzu znaleckých posudků byly použity materiály měřených poruch - projevy trhlin na zděných stavbách se souhlasem Firmy INSET s.r.o.

Vybrané příklady měření trhlin a posunů vzniklých ražbou Královopolského tunelu v Brně, byly zvoleny proto, že tato stavba byla jednou z nejvýznamnějších v Brně. Stavba procházela poměrně nízko pod terénem a tím se předpokládalo, že dojde k poruchám na stávající zástavbě nad tunelem.

Projevy poruch jsou následně podrobně popsány na objektech [25]:

- Veleslavínova 1/č.p. 245.
- Veleslavínova 12/č.p. 1199.
- Dobrovského 13/č.p. 1279.

Stlačitelnost spraší a překročená únosnost zemin se velmi často objevuje na Brněnsku vznikem poruch, proto jsou další vybrané příklady na měření trhlin a posunů způsobené podzákladím.

Souhlas k použití materiálů do DP dal Ústav stavebního zkušebnictví FAST Brno.

Popis měření je na následujících objektech:

- Kostel sv. Gotharda v Brně, Modřicích.
- Dům na náměstí Míru v Brně, Modřicích.
- Škola na Šujanově nám. 1 v Brně.

4.2.1. Vliv ražby tunelu na poruchy cihelného zdiva objektů nad Královopolským tunelem v Brně, objekt Veleslavínova 1/č.p. 245

Zpracování plánu měření posunů v trhlinách ve svislém nosném cihelném zdivu a měření deformací, včetně výběru měřících míst.

Znalecké posudky před a v průběhu monitorování stavby

Před zahájením stavby tunelu byly zpracovány stavebně technické průzkumy a vypracovány znalecké posudky na zjištění a zdokumentování stavebně technických stavů nadzemních objektů, situovaných uvnitř předpokládané poklesové kotliny tunelů, které byly již byt' jen částečně ovlivněny ražbou průzkumných štol pro potřeby stavby „Silnice I/42 Brno, VMO Dobrovského B“. Taktéž byly vypracovány znalecké posudky.



Obr. 23 - Objekt 1. Veleslavínova 1/č.p. 245

Popis objektu č.1

Původní stavební objekt byl vystavěn před rokem 1920. Na objektu byly prováděny stavební úpravy v rozsahu celkové rekonstrukce všech podlaží, sanace základů, v letech 1977 a 1978. Stáří objektu je stanoveno odhadem na 106 let. Objekt není zařazen mezi památkově chráněné objekty. Před ražbou tunelu byla provedena revize všech sítí.

Stav konstrukcí

Základová konstrukce se předpokládají jako cihelné pásy bez svislé i vodorovné izolace proti zemi vlhkosti, stupeň opotřebení nelze stanovit. Svislé nosné konstrukce z klasického cihelného zdiva o tloušťce 450 až 600mm, stupeň opotřebení 3 – střední rozrušení (trhliny tl. 5mm), viditelná plošná vlhkost zdiva a plošné opadávání omítek (zejména v 1.PP a 1.NP objektu). Vodorovné nosné konstrukce nad 1.PP objektu je cihelná klenba nebo betonová stropní deska, nad 1.NP a 2.NP objektu je dřevěná trámová konstrukce s rovným podhledem; stupeň opotřebení 3 – střední rozrušení (trhliny tl. 5mm), nahodilé opadávání omítky, plošná vlhkost v prostoru 1. PP objektu. Střešní konstrukce je sedlového tvaru s původním dřevěným krovem; stupeň opotřebení 1 – první známky poškození (trhliny do tl. 1mm), zatékání přes krytinu do krovů. Fasádní břizolitová omítka a vápenná hlazená omítka, štuková vnitřní; stupeň opotřebení 2 – lehká rozrušení (trhliny do tl. 5mm), plošné opadávání omítek vč. vyšší vlhkosti u vnějších i vnitřních omítek v 1. PP a 1. NP objektu. Podlahové konstrukce - betonová mazanina, keramická dlažba, dřevěné podlahoviny; stupeň opotřebení 2 – lehká rozrušení (trhliny do tl. 5mm). Výplně otvorů - okna dřevěná, dveřní křídla dřevěná nebo náplňová do zárubně; stupeň opotřebení 1 – první známky poškození (trhliny do tl.1mm), špatné dovírání oken i dveří.

Celkové zhodnocení stavu objektu

Objekt se nenachází v dobrém stavebně technickém stavu, je nedostatečně udržován, jsou na něm viditelné poruchy konstrukcí ve všech podlažích. Stavebně technický stav zařazen pod stupeň 2 - 3, střední rozrušení s vážnými škodami, stabilita není ohrožena. Zjištěné poruchy jsou lokálního charakteru.

Projevy trhlin: jsou to zejména trhliny v nosném i nenosném zdivu objektu (trhliny tl. vlasová až 5mm), trhliny v nosném zdivu 1.PP objektu tl.nad 5mm, trhliny v podlahové konstrukci (trhliny tl.vlasová až 2mm), vyšší vlhkost zdiva, plošné opadávání vnitřních i venkovních omítek, narušení funkčnosti oken i dveřních křidel, poškození krytin podlahových konstrukcí, zatékání do krovu objektu. Podle charakteristických rysů poruch zjištěných v objektu lze tyto klasifikovat ve třídě 0 – IV, z desetistupňové hodnotící stupnice pro tento účel v SG-Geotechnika, a.s., tj.poruchy neovlivňující statiku objektu.

Soupis zjištěných poruch k opravám je přesně uveden [25].

Statické zajištění objektu

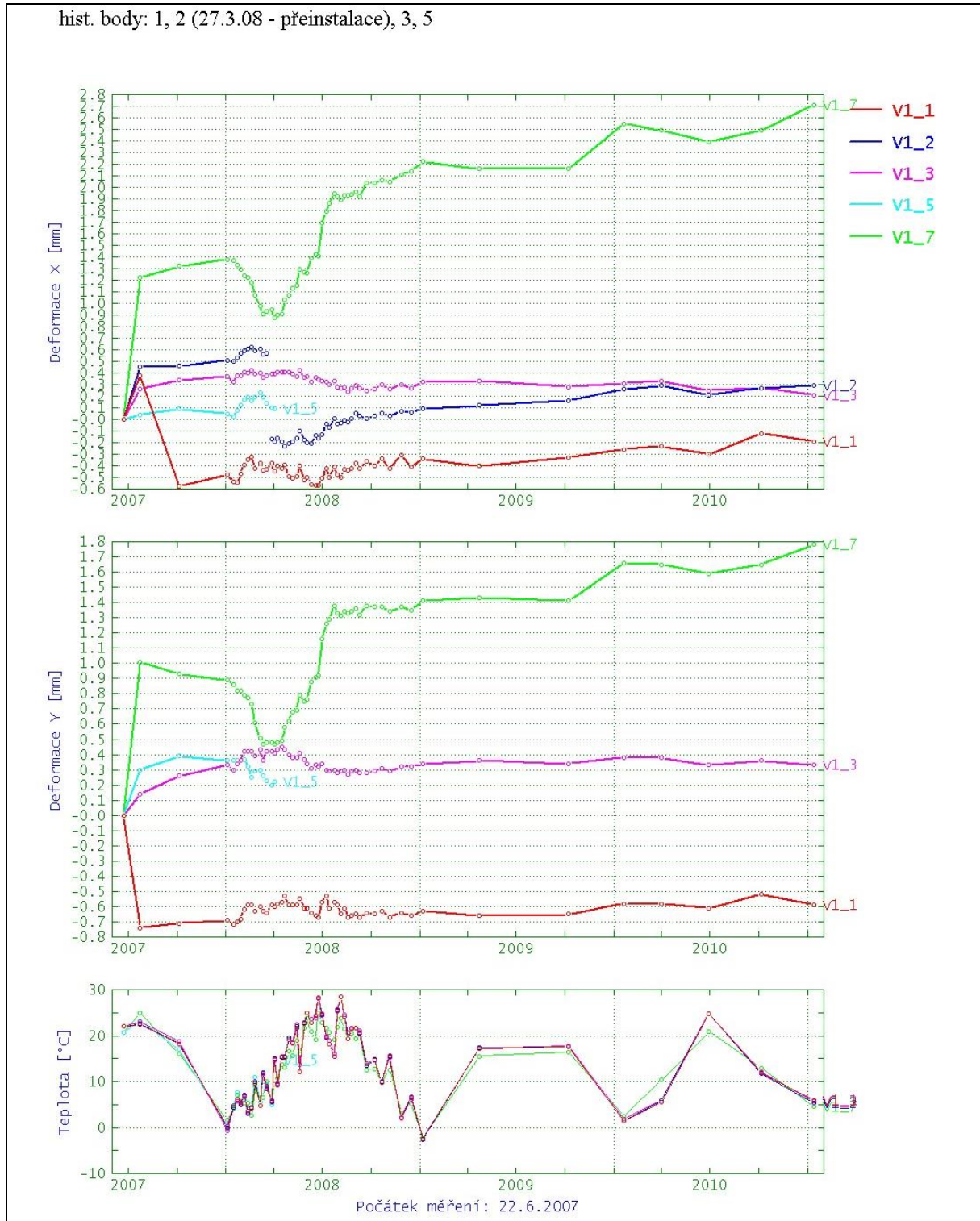
Stručný popis statického zajištění objektu

Statické zajištění objektu bylo provedeno v níže uvedeném rozsahu:

- V 1.PP a v 1.NP objektu byly osazeny ocelové ztužující rámy v oslabených průřezích nosných stěn, byl podepřen pavlačový strop dřevěnou konstrukcí (výdřevou),
- ve 2.NP objektu byly osazeny ocelové ztužující rámy v oslabených průřezích nosných stěn, byla osazena předpínací lana typu Monostrand pod úrovní stropní konstrukce,
- krov byl v místě styku krokví a vazných trámů ztužen dřevěnou styčnickovou deskou, krokve v místě plných vazeb byly pod hřebenem staženy.

Monitorování

V průběhu ražby tunelu byly podrobně měřeny průběžně v období od 22. 6. 2007 až do 8. 11. 2010 deformace a náklony, které se projeví na objektu. Postupně tyto byly zaznamenávány do protokolů a na závěr byly sestaveny výsledné tabulky [25] a výsledné grafy (obr. 24).



Obr. 24 - Průběhy měření deformací na zvolených bodech objektu Veleslavínova 1/č.p. 245, v časové závislosti [25]

Grafy znázorňují měření deformací, způsobených ražbou tunelu pod ulicí Dobrovského. Tabulky deformací k těmto grafům jsou [25]

Technické průzkumy na zjištění a zdokumentování stavebně technických stavů

Na místních šetřeních byly podrobně provedeny průzkumy stavby. Byl sledován stav vnějších i vnitřních stěn, včetně stropních a střešních konstrukcí objektu. Stávající stav stavebních konstrukcí byl při místním šetření dokumentován pomocí schématických zákresů poruch (trhlin, plošných poškození omítky apod.), s uvedením délky a šířky trhliny, či odhadem velikosti poškozené plochy. Tato grafická dokumentace je doplněna verbálním popisem stavu objektu, odhadovaných či zjištěných příčin poruch a stupně jejich závažnosti uvedenými v textové části posudku.

4.2.2 Vliv ražby tunelu na poruchy cihelného zdiva objektů nad Královopolským tunelem v Brně, objekt Veleslavínova 12/č.p. 1199

Rodinný dům postavený na ulici Veleslavínova 12/1199 je o dvou nadzemních podlažích se sklepem (pod původní obytnou částí mimo průjezd) a půdou, později byly dostavěny dvorní rohové části domu do úrovně schodišťového středního traktu. Břízolitová fasáda a keramický sokl byly pravděpodobně nově provedeny v 70 letech minulého století. [25]



Obr. 25 - Objekt 2. Veleslavínova 12/č.p. 1199

Stav konstrukcí

Stavebně technický průzkum byl zpracován firmou INSET s.r.o. Firmou byl zjištěn a zdokumentován stavebně technický stav objektu [25]. Stáří domu není přesně známo. Dům nebyl zařazen mezi památkově chráněné objekty.

Aktuálního stav objektu před zahájením výstavby tunelu. Základové konstrukce objektu nebyly zjištěny. Nosné stěnové konstrukce jsou zděné, místy narušené trhlinkami a vlhkostí. U trhlin staršího charakteru se předpokládá, že byly způsobeny přístavbou. Tvar trhlin a směr to potvrzuje. Například ve dvorní fasádě se nachází vertikální trhlinka ve styku přístavby a schodiště předního domu, vertikální trhlinka mezi pravým luxferovým oknem a

okýnkem v přízemí vpravo; stupeň opotřebení 3 – střední rozrušení (trhliny tl.5mm). Na uliční fasádě jsou trhliny v podhledu balkonu a stopy zatečení nad vstupními dveřmi, opadávající obklad soklu pravého ostění vstupních dveří a parapetu okna, stupeň opotřebení nelze přesně stanovit.

V suterénu je opadaná omítka, pravděpodobně způsobená vlivem vlhkosti. V 1NP a 2NP se objevují šikmé i vertikální trhliny o tloušťce do 2 mm. Nejvýraznější trhlina je u balkónu, vlivem zatečení vody. V 2NP je narušen strop koupelny viditelnými puchýři. Půdní prostor má šikmou trhlinu v západní stěně obezděného schodišťového prostoru; v SZ rohu je probouraná pozednice a ve východní stěně obezděného schodišťového prostoru je šikmá trhlina [25].

Celkové zhodnocení stavu objektu

Objekt se nenachází v dobrém stavebně technickém stavu, je nedostatečně udržován, jsou na něm viditelné poruchy konstrukcí ve všech podlažích. Stavebně technický stav zařazen pod stupeň 2 - 3, střední rozrušení s méně vážnými škodami, stabilita není ohrožena.

Zjištěné poruchy jsou lokálního charakteru.

Trhliny se projevují na nosném i nenosném zdivu. V období od zahájení ražby tunelu do prohlídky pro zpracování škod po průchodu tunelu byl zaznamenán nárůst nových trhlin do tloušťky 2mm a rozšíření stávajících trhlin do tl. 5mm. Z každé fyzické prohlídky objektu byl po ukončení sepsán protokol, ve kterém byly zaznamenány poruchy oproti minulým prohlídkám.

Soupis zjištěných poruch k opravám je přesně uveden v literatuře [25].

Stručný popis statického zajištění objektu [25]

Na objektu bylo provedeno v roce 2006 (před zahájením ražby) statické zajištění

- v 1.PP – osazení ocelových rámců
- v 1.NP - osazení ocelových rámců, osazení ocelových táhel

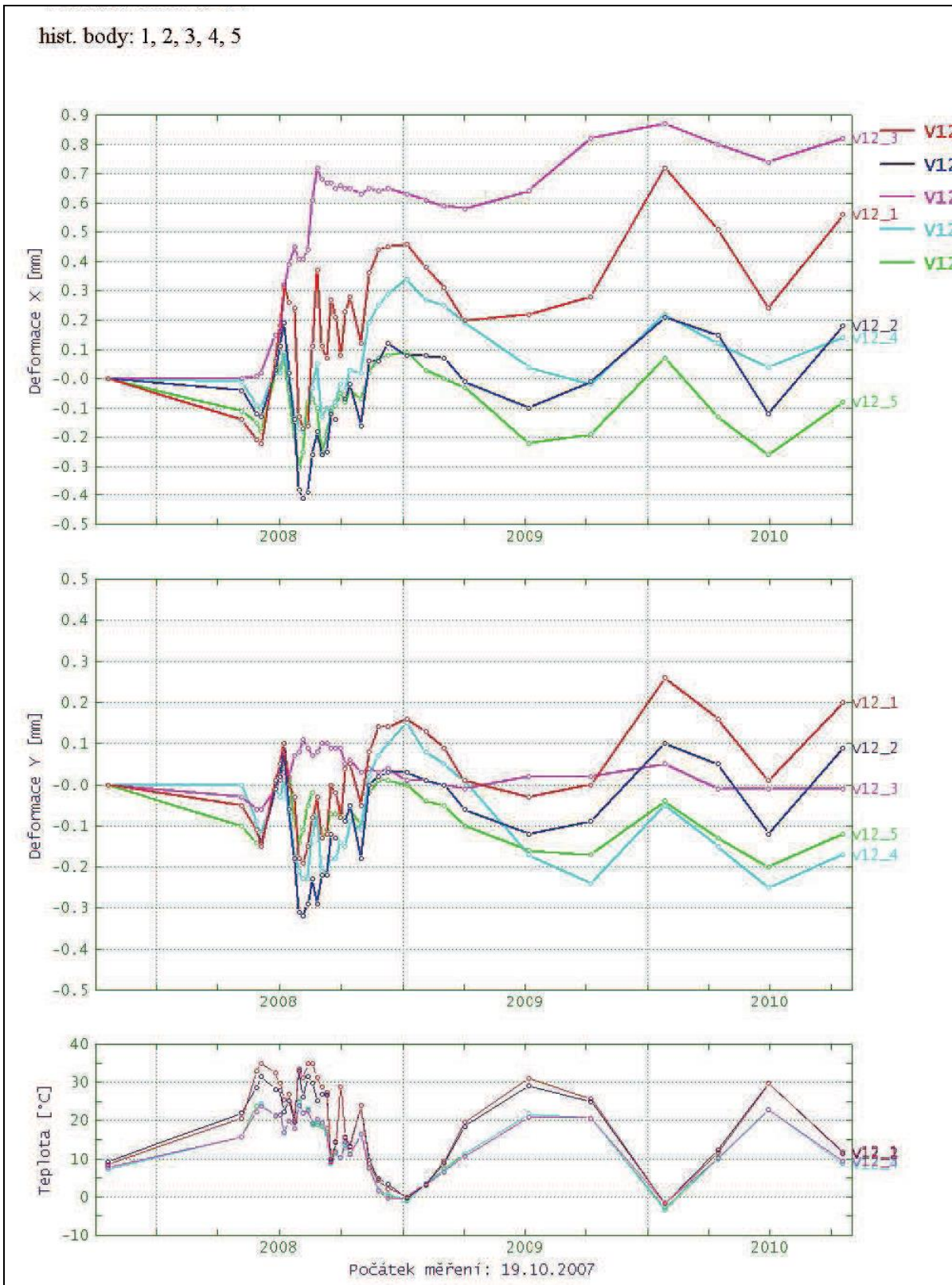
Monitorování

Podrobná měření rozvoje trhlin probíhala v období od 6. 8. 2007 až do 9. 9. 2010, při ražbě tunelu, ale i po ní. Byly měřeny deformace a náklony, které se projevily na objektu. Deformace byly zaznamenávány do protokolů a na závěr byly sestaveny výsledné tabulky, viz lit. [21] a výsledné grafy (obr. č. 26).

Definitivní ostění pod domem Veleslavínova 12/1199 bylo provedeno 27. 11. 2009.

Grafy detailně zaznamenávají průběhy deformací na zvolených bodech 1, 2, 3, 4 a 5, ve směru os x a y na objektu na ulici Veleslavínova 1. Na posledním grafu jsou vyneseny deformace, závislé na čase. Grafy kopírují průběh ražby tunelu.

Projevy trhlin zaznamenávají podstatný nárůst v období průchodu tunelů, nárůst trhlin byl od 2mm do 5mm.



Obr. 26 - Průběhy měření deformací na zvolených bodech objektu Veleslavínova 12, v časové závislosti [25]

Grafy znázorňují měření deformací, způsobených ražbou tunelu pod ulicí Veleslavínova 12 [25]

4.2.3 Vliv ražby tunelu na poruchy cihelného zdiva objektů nad Královopolským tunelem v Brně, objekt Dobrovského 13/č.p. 1279

Sledovaným objektem je bytový dům o více bytových jednotkách, se třemi nadzemními podlažími a jedním podzemním podlažím. Původní objekt byl postavený asi před rokem 1920, měl v roce 1978 provedenu rekonstrukci a modernizaci. V roce 2006 pak byly uskutečněny stavební úpravy vnitřních prostor v 1. PP domu. Objekt má památkově chráněno uliční průčelí, viz obr. 27, které je zapsáno do státního seznamu kulturních památek Jihomoravského kraje pod pořadovým číslem rejstříku 7959 ze dne 11. 11. 1988. Celý objekt se nachází v ochranném pásmu Městské památkové rezervace Brno.

Stav konstrukcí

Základová konstrukce je, předpokládám, z cihelných pásů, izolace proti vodě nebyla zjištěna, pravděpodobně je dům bez svislé izolace proti vodě.

Stěnové konstrukce jsou zděny z plných cihel, místy až tloušťky do 800mm. Vodorovné stropní nosné konstrukce jsou nad 1. PP objektu z cihelné klenby, nad 1.NP-3.NP objektu pak jsou stropy dřevěné trámové. Střecha je šikmá sedlového tvaru s dřevěným krovem.

Krytinu tvoří taška pálená, oplechování je z pozinkovaného plechu.

Podlahové konstrukce v objektu jsou cihelná dlažba, beton, PVC, keramická nebo teracová dlažba, dřevěné podlahy.

Okna převažují dřevěná dvojitá a v suterénu kovová jednoduchá.

Dveře jsou dřevěné hladké plné nebo prosklené, po většině zasazené do dřevěných zárubní [25].



Obr. 27 - Čelní fasáda sledovaného domu na ulici Dobrovského v Brně

Zajištění objektu před ražbou kontrolních štol

Statické zajištění objektu bylo navrženo a provedeno podle projektové dokumentace „Statické zajištění stávající povrchové zástavby nad tunelem Silnice I/42 Brno“. [25]

Rozsah prací:

- V 1. PP objektu byly osazeny ocelové rámy v oslabených průřezech nosných stěn včetně osazení ocelových táhel pod stropní konstrukcí,

- v 1. NP objektu byly osazeny ocelové rámy v oslabených průřezích nosných stěn.

Popis zjištěných poruch před zahájením stavby

Před zahájením stavby v září 2000 byl zpracován stavebně technický průzkum (firmou INSET s.r.o.) na zjištění a zdokumentování stavebně technického stavu objektu.

Objekt byl při prohlídce ve špatném stavebně technickém stavu, nebyl dostatečně udržován. Fasáda je značně zavlhlá a docházelo místy k celoplošnému opadávání omítky až na cihly. Rovněž ve sklepech byla zjištěna vlhkost, pravděpodobně vlivem chybějící hydroizolace. Podrobná dokumentace poškození s podrobným popisem fasád a trhlin v jednotlivých místnostech, viz lit. [21].

Před ražbou tunelu byla ještě zpracována soudně znalecká dokumentace (stav byl zdokumentován podrobně k 25. 1. 2008) na zjištění a dokumentování technického stavu:

- Trhliny v nenosných příčkách,
- trhliny v nosném zdivu objektu (trhliny tl. vlasová až 2 mm),
- trhliny ve stropních konstrukcích (trhliny tl. vlasová až 2 mm),
- trhliny v podlahové konstrukci (trhliny tl. až 2 mm),
- trhliny ve fasádních stěnách, střešní římsy či v omítkách objektu tl. vlasová až 2 mm,
- trhliny v prostoru dilatačních spár mezi budovami tl. do 10 mm (po celé výšce objektu),
- plošné opadávání fasádních omítek (anebo jejich osekání - otlučení),
- plošná vlhkost nosného zdiva objektu, zejména v 1. PP a v 1. NP objektu.

Soupis zjištěných poruch k opravám

Pod objektem byly po dobu průchodu ražby prováděny kompenzační injektáže. V průběhu monitoringu během ražby tunelu-v období od zahájení ražby tunelu, v srpnu 2008 do prohlídky pro zpracování škod po průchodu tunelu do září 2010, byl zaznamenán nárůst trhlin do tloušťky 2 mm, výjimečně až 3 mm, přičemž většina trhlin byla vlasových. Dále zde došlo místy ke zkřížení rámu oken a dveří. V některých místnostech v 1. PP, ale i ve vyšších podlažích, byl avizován propad, resp. vzduť podlah.

Monitorovány byly poruchy v interiéru objektu, projevy na fasádách vzhledem k jejich stavu a nezbytnosti oprav sledovány nebyly.

První čelba dílčího výrubu tunelu postoupila 50 m před líc objektu přibližně v říjnu 2008. Poslední dílčí výrub byl v profilu objektu vyražen v lednu 2009.

Vznik a největší rozvoj již existujících trhlin byl zaznamenán právě v tomto období, tj. od října 2008 do února roku 2009. V dalším období byl průběžně po celé období až do současnosti zaznamenáván vznik nových a rozvoj stávajících poruch, ale pouze v minimální míře.

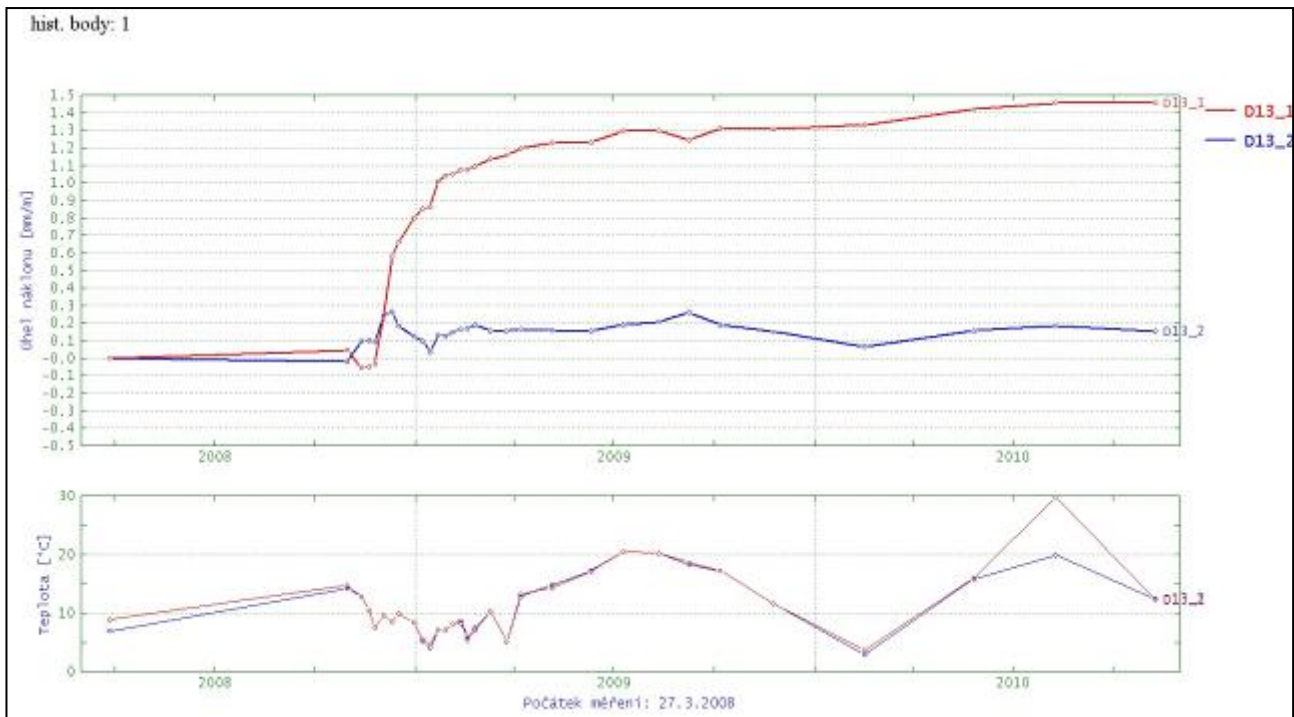
Na základě požadavků monitoringu (schválených investorem) byly provedeny některé dílčí opravy poškození ve formě odstranění uvolněných omítek, oprav zkřížených oken a dveří, apod.

Z každé fyzické prohlídky objektu bylo doporučeno sepsat protokol, ve kterém byly zaznamenány poruchy oproti minulým prohlídkám. Protokoly je nutno uchovat. (Jeden originál má u sebe vlastník nemovitosti a druhý investor.)

Tabulka podrobné dokumentace poškození s podrobným popisem trhlin v jednotlivých místnostech je v literatuře. [25]

Monitorování deformací

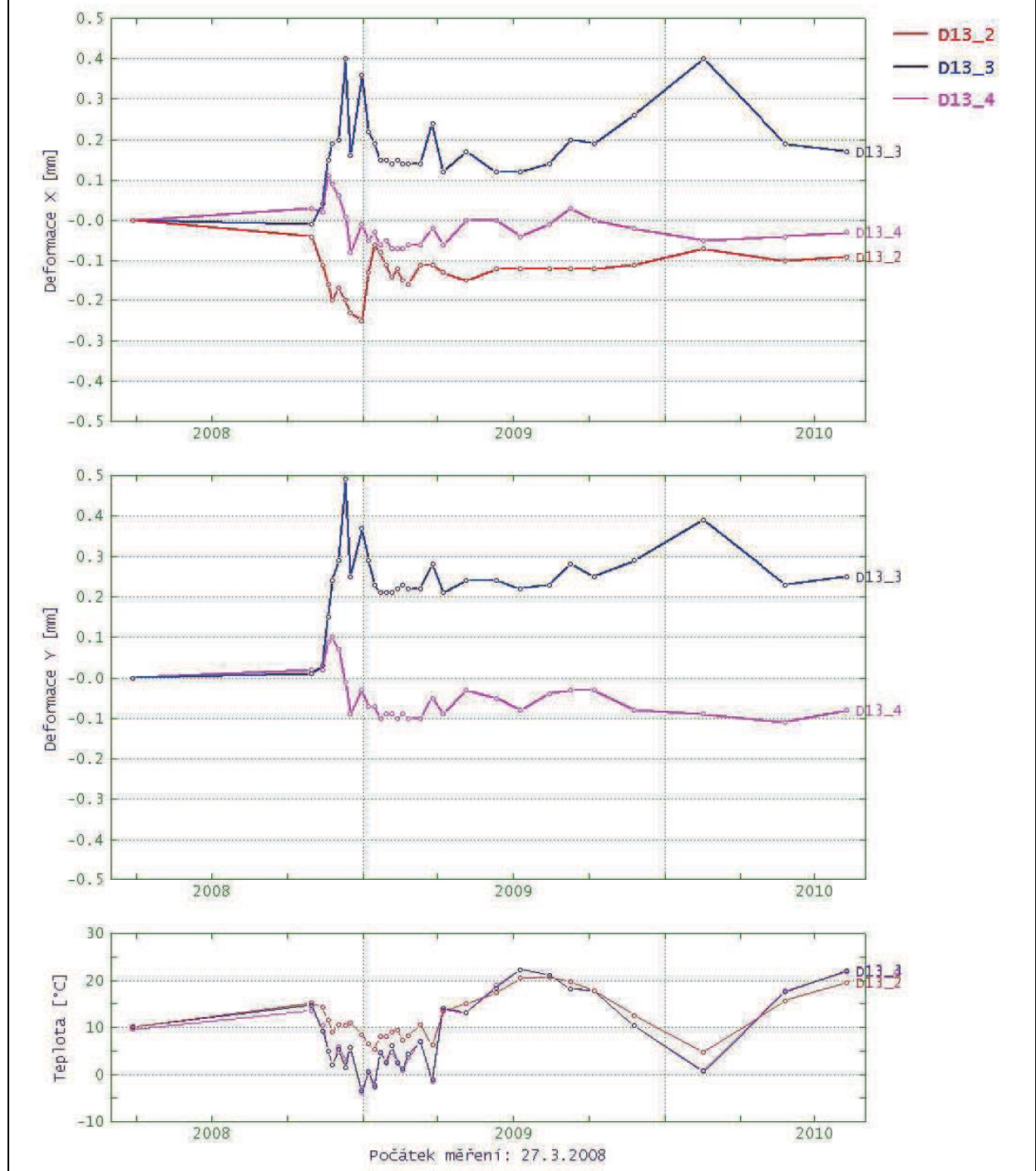
V průběhu ražby tunelu byly měřeny průběžně v období od 27. 3. 2008 až do 8. 11. 2010 deformace a náklony které se projeví na objektu. Postupně tyto byly zaznamenávány do protokolů a na závěr byly sestaveny výsledné tabulky a výsledné grafy. Měření bylo prováděno minimálně jednou týdně.



Obr. 28 - Průběhy měření náklonů na zvolených bodech objektu Dobrovského 13, v časové závislosti [25]

Deformace byly zaznamenávány do protokolů, a na závěr byly sestaveny výsledné tabulky, viz lit. [21] a výsledné grafy (obr. 28 a 29).

hist. body: 3, 4



Obr. 29 - Průběhy měření deformací na zvolených bodech objektu Dobrovského 13, v časové závislosti [25]

Grafy znázorňují měření deformací, způsobených ražbou tunelu pod ulicí Dobrovského 13/č.p 1279 v časové závislosti. [25]



Obr. 30 - Příklad měření pomocí tenzometru Geokon umístěného na táhlech

4.2.4 Metody měření na objektech

Nivelační měření objektů

Nivelační měření slouží ke zjištění výškových posunů pozorovacích bodů, které jsou stabilizovány na sledovaných objektech. Pozorovací body - speciální měřicí čepy - se instalují na vytipovaných místech objektů tak, aby byly pevně spojeny s nosnou konstrukcí. Jejich poloha byla zvolena tak, aby výsledky měření poskytly maximální možnou informaci o prostorovém chování objektu. Respektují tedy jejich velikost, dispozici a případné členění dilatačními spárami, konstrukční provedení i polohu vůči předpokládaným poklesovým kotlinám obou tunelů a samozřejmě i postoje vlastníků. Body byly stabilizovány do spodní vnější části obvodového zdiva, v ojedinělých případech, kdy jsou měřená místa obtížně přístupná, byly hřebové značky nahrazeny stupnicemi s čárovým kódem (simulace nivelačních latí).

Měření na těchto bodech bylo prováděno s dodržováním zásad pro přesnou nivelaci, a to digitálním nivelačním přístrojem DiNi 12T v kombinaci s latěmi s čárovým kódem.

Měření byla připojena na výškový bod státní nivelace Kij10, situovaný na rohu ulic Palackého a Hostinského, výška 224,8916 m.n.m. B.p.v. a síť pomocných pevných bodů po celém obvodu lokality, umístěných na budovy s dostatečnou rezervou mimo dosah vlivů stavební činnosti. Výše popsaná metodika měření zaručuje přesnost ± 0.3 mm na 1 km geodetického pořadu.

Náklonoměrná měření objektů

Měření náklonů slouží ke zjištění změn sklonu sledované stavební konstrukce. Pro měření sklonu posloužily přenosné klinometry Clinotronic 10 vyvinuté firmou INSET s.r.o., které se přikládají na měřicí body - masivní kovové přípravky opatřené dosedacími plochami. Ty jsou buď kolmé ke sledované konstrukci, nebo souběžné s nimi. Jejich poloha byla

zvolena tak, aby výsledky měření poskytl maximální možnou informaci o prostorovém chování objektu. Respektují tedy jejich velikost, dispozici, konstrukční provedení i polohu vůči předpokládaným poklesovým kotlinám obou tunelů. Až na výjimky jsou orientovány ve směru kolmo a podélně k osám tunelů.

Současně s měřením náklonu je měřena i povrchová teplota zdiva pro eliminaci vlivu teplotní roztažnosti. Výše popsaná sestava umožňuje měření náklonů stavebních konstrukcí s úhlovým rozlišením 0.01 mm na 1m výšky konstrukce a v rozsahu ± 100 mm/m ($\pm 5^\circ$).

Deformetrická měření

Měření deformací slouží ke sledování změn v rozevření stávajících významných trhlin prostřednictvím měření vzdáleností dvou pevných bodů fixovaných ke sledované konstrukci po obou stranách trhliny. Přitom měřicí bod je obvykle soubor dvou až třech pevně fixovaných bodů (mosazná hmoždinka + měřicí terčík z nerez materiálu) v párovém uspořádání, mezi nimiž prochází sledovaná trhlina. Nejběžnější uspořádání je tříbodové pro měření změn ve vodorovné a svislé poloze (parametr „x“ a „y“).

Měření bylo prováděno přenosnými ručními měřidly (sázecími deformometry) vyvinutými firmou INSET s.r.o. Tyto deformometry jsou určeny pro měření rozteče měřicích terčíků s jmenovitou roztečí 300 mm, tolerancí polohy ± 5 mm a v teplotním rozsahu od -10°C do $+30^\circ\text{C}$ a jsou vyrobeny z materiálu s nízkou tepelnou roztažností. Současně s měřením posunu na trhlínách je měřena i povrchová teplota zdiva pro eliminaci vlivu teplotní roztažnosti. Digitální úchylkoměr vykazuje v pracovním rozsahu teplot úchylku ± 0.02 mm. Dále zde bylo použito tenzometrů Geokon na táhlech pro deformetrické měření s automatickým odečtem (obr. 30).

Na základě znaleckých posudků a monitorování průběhů deformací firmou INSET s.r.o. Brno vyplývá, že definitivní opravy škod na objektech nadzemní zástavby Veleslavínova 1/č.p. 245, Veleslavínova 12/č.p. 1199 a Dobrovského 13/č.p. 1279, které byly poškozeny ražbou Královopolského tunelu, mohou být zahájeny po splnění těchto podmínek:

- Až od provedení definitivního ostění tunelu pod objektem uběhne doba min. 3 měsíců,
- až budou na objektu ustáleny deformace.

Vzhledem k tomu, že definitivní ostění pod vybranými objekty bylo provedeno v roce 2010, stav objektů z pohledu vývoje jeho poškození a průběhu deformací (fyzické prohlídky, měření nivelací atp.) považovat za stabilizovaný. Práce na odstraňování škod již byly skončeny.

Doporučuje se objekty i nadále monitorovat (fyzické prohlídky objektu, nivelační měření), minimálně až do předání stavby do provozu.

4.2.5 Kostel sv. Gotharda v Brně, Modřicích

Kostel sv. Gottharda postavený na přelomu 12. a 13. století je nejstarší zděnou stavbu v Modřicích. Tvoří zdaleka viditelnou dominantu obce. I přes pozdější časté úpravy si zachoval některé pozdně románské prvky. V kostele je unikátní historická kolekce soch s názvem Zahrada Getsemanská. Tragické následky měl požár v roce 1724. Tehdy kostel kompletně vyhořel. Radikální přestavba se uskutečnila v roce 1780-1784 a dala mu současný stav.

Popis objektu

Na objektu jsou zpracována měření posunů v trhlinách ve svislém nosném zdivu a klenbách, dále měření deformací ztužujícího železobetonového věnce, včetně výběru měřících míst.

Trhliny signalizující poruchy v nosných zdech kostela byly zjištěny na vnějších i vnitřních částech objektu. Nejvýraznější trhliny jsou patrné v oblasti presbytáře a přiléhající východní části hlavní lodi. Trhliny se koncentrují přirozeně v nejvíce oslabených místech zdiva – při osách oken. Hlavní masivní trhlina probíhá prakticky celým průřezem kostela v presbytáři za věží. Tato trhlina je prokreslena nejen ve svislých nosných zdech a klenbě, ale také v podlaze. V omítce dosahuje trhlina šířky několika milimetrů, ale ve zdivu je zcela určitě širší, což je patrné např. na obnaženém zdivu ve vstupu na kazatelnu, nebo na půdě kostela. V roce 1994 byla provedena oprava interiéru a před dvěma roky fasády, takže prokreslení trhlin zejména v polích II. – IV. je méně patrné a nelze přesně odhadnout skutečnou velikost trhlin zdiva.

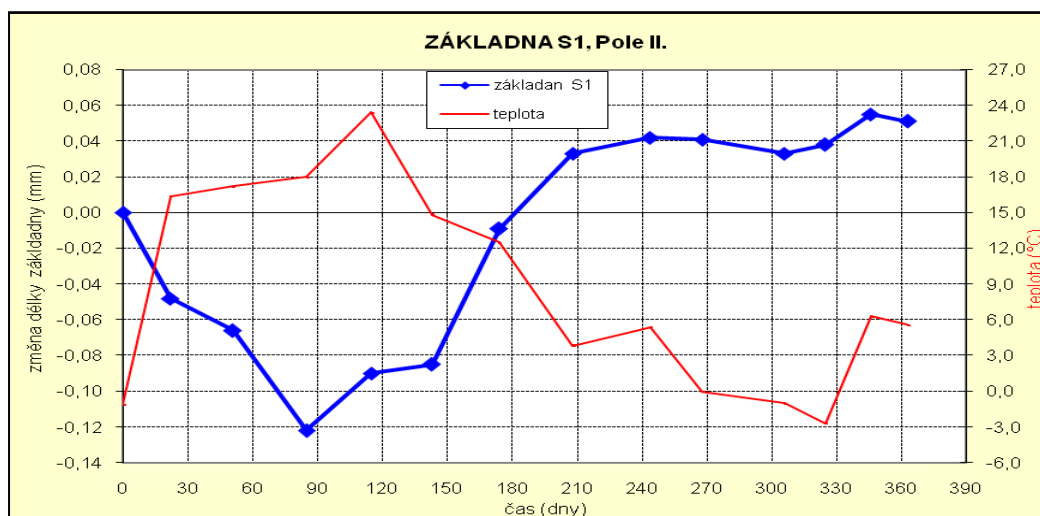
U zdiva vlastní věže nebyly žádné významné poruchy zaznamenány. Na opačném konci se nachází vlasové trhliny ve zdivu kaple sv. J. Nepomucké [14].

Volba osazení měřících základů byla zvolena tak, aby bylo možno sledovat horizontální a vertikální posuny.

Ve vertikálním směru bylo osazeno 10 měřících míst po výšce nejvýraznější trhliny v severní (6 měřících míst) a jižní zdi (4 měřících místa) presbytáře. Bylo rozhodnuto sledovat trhlínu už od úrovně podlahy až po oblast těsně pod věncem a to jak na jižní tak na severní straně, aby se zjistila účinnost věnce. V druhém poli na půdě byla osazena také dvě měřící místa, přes masivní a krásně obnažené trhliny v severní a jižní zdi.

Ve vodorovném směru bylo sledováno první pole klenby nad oltářem, kde je skutečná síť trhlin. Bylo osazeno 10 měřících míst. (Během oprav krovů byly opakovaně zničeny tři základny na klenbě a proto je nelze vyhodnotit.) Dále byly zaměřeny posuny ve věnci. Na železobetonový věnec byly osazeny sériové a trojúhelníkové základny (5 měřících míst). Snahou bylo zjistit případné protažení či ohyb železobetonového věnce. V posledním čtvrtém poli byla navržena také dvě kontrolní místa na jižní části věnce.

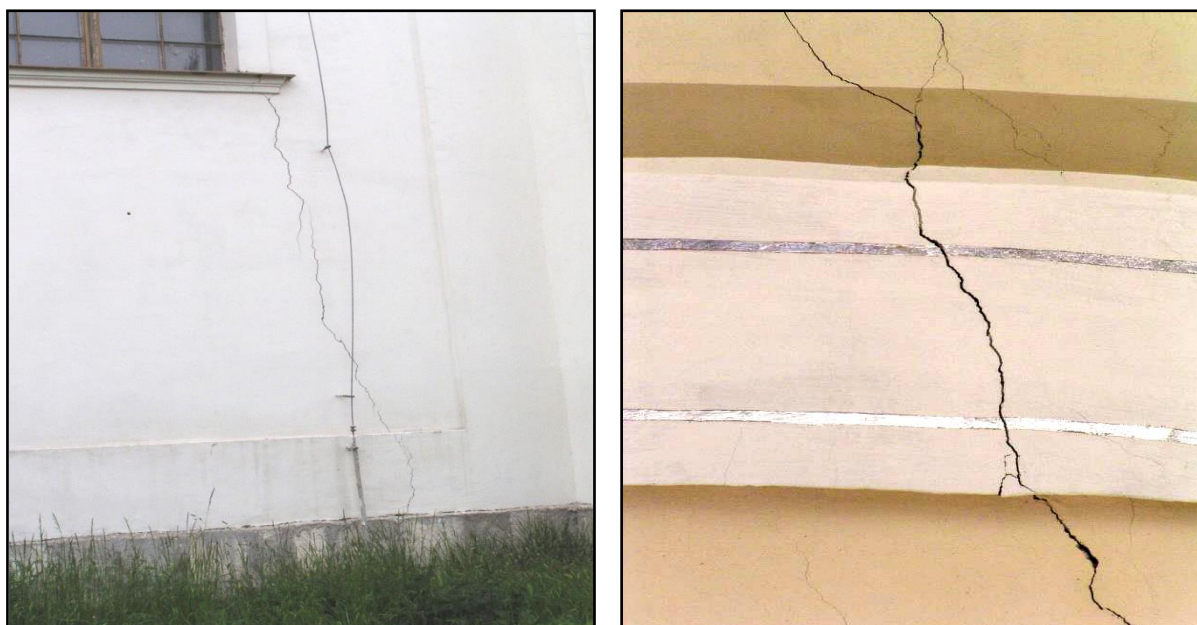
Pro dostatečně přesnou metodu vyhodnocení naměřených hodnot, byly osazeny také dvě základny na vzorky cihly a betonu [14].



Obr. 31 - Průběhy měření posunů v časové závislosti na teplotě [14]



Obr. 32 - Pohled na jižní zeď kostela [14]



Obr. 33 - Spodní část severní zdi a pás okenního oblouku [14]

Zřejmě vzhledem k sprašovitému podloží Modřic není ve městě výskyt trhlin na kostele sv. Gotharda ojedinělým případem. Navíc ze statického popisu Ing. Jana Mattuše, z prohlídky kostela vyplývá, že v Modřicích došlo v minulosti k haváriím vodovodu. Přesněji ve vzdálenosti cca 40 m severovýchodním směrem až cca 70 m východním směrem od kostela havaroval vodovod. Tři domy se zřítily, mnohé mají trhliny. Nelze vlivem vody vyloučit mírný posun podzákladové vrstvy spraše, která se změnou vlhkosti výrazně mění některé technické vlastnosti (zejména stlačitelnost a únosnost) [14].

Ze statických posudků vyplývá, že řešení oprav kostela sv. Gotharda není jednoduché, Ing. Fiala konstatoval, že největší důležitost přikládá zhotovení nového železobetonového věnce se spojením silnějšího věnce kolem základů, a až poté provést sešití trhlin cihelného

zdiva [19]. Měření prokázalo účelnost vytvoření železobetonového věnce zejména v oblasti koruny zdiva. Jedná se o významný prvek pasivního zabezpečení konstrukce, který však nezabránil vzniku trvalých (nevratných) posunů ve střední části svislých stěn a i kleneb.

Optimální řešení pro dokončení statického zajištění kostela by zřejmě bylo zesílení základů společně s jejich předepnutím a současným sepnutím kostela v různých výškových úrovních. V každém případě je účelné pokračovat v měření posunů i v dalším období.

Dále bylo doporučeno, vzhledem k historickému a kulturnímu významu stavby, zjištěným skutečností z obhlídky okolních budov a rozboru podkladu Doc. Ing. Antonína Paseky CSc., provést inženýrsko-geologický průzkum minimálně v rozsahu dvou vrtů, které by bylo možné napojit na již provedený jádrový vrt J1 z roku 1986.

Na základě výše uvedených skutečností byl fotograficky zdokumentován stav několika domů v bezprostřední blízkosti kostela. Samozřejmě byly voleny ty objekty, na kterých jsou patrné nějaké trhliny. Přesto, že není znám původ ani délka existence jednotlivých trhlin na domech, mají jistou vypovídací hodnotu.

4.2.6 Dům na náměstí Míru v Brně, Modřicích

Popis objektu

U domu 1 na náměstí Míru v Brně Modřicích (obr. 34 a 35), ze statického posudku vyplývá, že bylo nutno sledovat projevy trhlin. Bylo osazeno několik sádrových destiček, jejichž účinnost lze těžko posoudit, neboť nevíme, kdy byly osazeny. Na tomto domu je evidentní, že majitelé mají dlouhodobé problémy s prokreslením trhlin a váhají s opravou, neboť v případě aktivity trhlin je tato oprava nesmyslná, neboť by se trhliny po opravě znovu prokreslily [14].



Obr. 34 - Dům 1 na náměstí Míru [14]



Obr. 35 - Osazení sádrových destiček [14]

4.2.7. Budova školy na Šujanově nám. 1 v Brně



**Obr. 36 - Pohled na západní křídlo z křižovatky ulic
Mlýnská – Cyrilská [15]**

Základní údaje o objektu

Na tomto objektu bylo vybráno několik měřících míst, na kterých pak bylo provedeno měření posunů v trhlínách ve svislém nosném zdivu.

Objekt budovy školy na Šujanově náměstí 1 v Brně (obr. 36), leží v části Brna pod ulicí Křenovou, na východ od nádraží (směr na Olomouc). Škola je třípodlažní, podsklepený třítakt, se sedlovou střechou. Půdorysné rozměry jsou 52,5 x 48,5 m. Uprostřed objektu se nachází dvůr 17 x 22 m, jeho úroveň je asi 0,1 m nad úroveň okolního terénu. Škola byla postavena v letech 1886 až 1888, je založena na kvartérních jílech. Podloží dále tvoří šterky a terciérní jíly. Hloubka základu je 3,6 až 4,0 m pod terénem. Podzemní voda v okolí dosahuje 2,0 až 2,5 m pod úroveň terénu. Budova je založena na vyzdívaných cihelných základových pasech, jejich výška je 1,4 m.

Kolem budovy je vysázeno mnoho vzrostlých javorů. Jihozápadně protéká řeka Ponávka. Nosné zdivo je z plných pálených cihel (CPP), velkého formátu. Síla zdí se mění mezi podlažími. Střecha z pálených falcových tašek má sklon 35 až 40° teriálu CPP. Stropy ve třídách jsou většinou dřevěné trámové (zřejmě původní) v rozpětí až 8,7 m. V rohových učebnách v 2. NP jsou stropy trámové, místy betonové. Šířka zdí, je stejná ve všech částech budovy. Obvodová zeď má v 1. PP 1,20 m včetně omítek. Vnitřní zeď má 0,95 m, místy je dále rozšířena. V 1.NP je světlá tloušťka vnitřní i obvodové zdi 0,95 m a v 2. a 3. NP 0,69 m. Omítky mají okolo 30 mm, vnější 40 mm. Konstruktivní výška jednoho podlaží je 3,76 m, ve sklepě 2,82 m. 1.NP se nachází 1,26 m nad přilehlým upraveným terénem [15].

Obecně je stav objektu nevyhovující.

V 1. PP jsou od západu 2 chodby, u východní obvodové zdi 5 různě velkých místností, u nichž byly shledány nefunkční rozvody elektřiny, různé výškové stupně. Omítky na řadě míst opadaná, zdivo vybourané.

Statický průzkum byl zaměřen na:

- Průzkum základových poměrů, odhalení základové spáry kopanou sondou,
- zjištění způsobu a kvality založení, odebrání vzorků zeminy na úrovni základové spáry (zjištění fyzikálních a indexových vlastností laboratorním rozborem), případné další pátrání ohledně geotechnických vlastností zemin v aktivní zóně podzákladí.

Stanovení zatížení

- a) Stálé zatížení konstrukce: na základě prověřené dokumentace, popř. podrobných měření, sond a odhadů.
- b) Nahodilé zatížení konstrukce: dle příslušné normy, popř. na základě dohody se zadavatelem.
- c) Vyhledání odpovídajících koeficientů bezpečnosti pro posouzení mezních stavů.

Stanovení vlastností konstrukce

Na základě předešlých prohlídek a měření, laboratorních výsledků; jedná se zejména o stanovení pevností zdiva, stanovení únosnosti základové půdy, únosnosti posuzované části stopu.

Analýza konstrukce

Sestavením modelů konstrukce v posuzovaných oblastech, správné zachycení okrajových podmínek, modely zatížení.

Ověření

Během roku sledováním chování konstrukce (měření posunů, měření průhybu) a následné srovnání s vypočtenými hodnotami. Další prohlídka při zjištění nedostačujících údajů.

Zpráva o výsledcích

Na základě posudku lze rozhodnout, zda konstrukce splňuje požadavky (konstrukční a provozní způsobilost), či nikoli (zda konstrukce má, či nemá postačující spolehlivost).

Z dané situace mohou vyplývat další, konstrukční nebo provozní opatření (oprava, modernizace, další sledování, změna užívání).

V případě průzkumu školy na Šujanově náměstí bylo použito pouze pevnostních zkoušek nedestruktivních:

Tvrdoměrné vtiskové, vnikající, odrazové (Schmidtův sklerometr), brusné, vrtné (Kučerova vrtačka). Průzkum svíslé nosné konstrukce (zdí), nedestruktivní určení pevnosti kusového staviva (cihel) a pojiv (malty), odběr vzorků pro upřesnění těchto pevností, pořízení vývrtů za účelem povědomí o skladbě zdiva; zachycení rozměrů (šířka stěn, světlá a konstrukční výška, jejich vzájemné postavení – světlé šířky chodeb a místností) pro další (statický) rozbor.

Geotechnická situace

Vlastní území se rozkládá v širokém údolí řek Svitavy a Svratky, přičemž povrch je téměř vodorovný bez terénních nerovností.

Podle podmínek, tehdy platné normy ČSN 73 1001, se jedná o složité základové poměry, neboť základy budovy jsou po většinu roku pod hladinou podzemní vody. Jde

o náročnou konstrukci. Z těchto skutečností vyplývá fakt, že založení je nutné posuzovat podle zásad 3. geotechnické kategorie. Pro výpočet se tedy používají hodnoty z výsledků laboratorních zkoušek.

Možné příčiny poruch v objektu, jeho stav podrobněji

Hlavní systémy trhlin v objektu

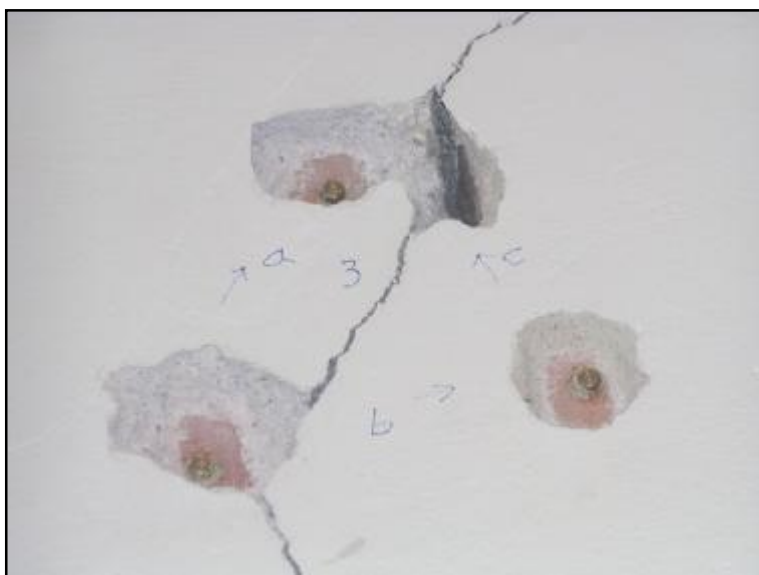
Po celém obvodu budovy jsou patrné trhlinové systémy, jdoucí převážně svisle, mnohdy již od paty domu, k římsě. U římsy a v 3. NP je trhlina nejširší, směrem dolů se zužuje. Toto by naznačovalo rozevírání trhlin ve vodorovném směru. Na některých detailech (zejména ve dvoře) je trhlina jdoucí šikmo (od otvoru dolů či vzhůru). To svědčí o smykové povaze poruchy. V četných detailech se také objevuje degradace zdiva či omítek zatékáním. Tato skutečnost snižuje spolehlivost vyšetřování konstrukce, nelze dostatečně bezpečně stanovit stav zdiva pod zatečením. Severní křídlo obsahuje četné, v omítce pouze málo patrné, svislé trhliny jdoucí od stropu 1. NP k římsě nad 3. NP. Zejména ve střední části křídla (nad tělocvičnou). Silnější trhlina je ovšem možné zastihnout vpravo od vchodových dveří, u okapového svodu, kde jsou značně patrné záteky vody. V kombinaci s trhlinou jde o velice nebezpečný detail. Zevnitř budovy nejsou poruchy zdiva patrné. Nutno upozornit na špatný stav podlah a stropů v 3. NP, především rohových místnostech – učebny s vyloučeným provozem. Ve dvoře nejsou zřejmě žádné trhliny zdiva, pouze plocha porušené omítky od záteku – zřejmě deštěm. Ve východní části dvora není žádné viditelné porušení. Na venkovní obvodové zdi je několik trhlin, záteky se téměř nevyskytují. Výrazně potřhané zdivo je na rohové, vystupující konstrukci (jídlna, učebny), kde široká trhlina (v omítce 8 mm) začíná již v úrovni stropu 1. PP (kotelny), výše se zužuje. Je tu patrná hydroizolace, která vylézá zpod odpadávající omítky. Střední část křídla je porušena v úrovni římsy 3. NP záteky, tenkými trhlinami. Jižní křídlo zvnějšku budovy má několik poruch. Ve střední části je plynule procházející trhlina od 1. PP po strop 3. NP. Konstrukce jihozápadního rohu je prakticky oddělena od zbytku budovy výraznou trhlinou, jež je i důkladně dokumentována (detailu B) a dlouhodobě sledována (zkušební místo Z 3.1m). Pohyby v trhlině v 3. NP jsou v důsledku teplotních změn asi $\pm 0,36$ mm, trvalé rozšiřování je 0,24 mm za rok. Celková šířka zjištěná po odstranění omítky přímo na lomu cihel je 20 mm. Další prvek v „dilatačním celku“ je, sledovaná trhlina se základnou M3, kde se sleduje pohyb ve dvou směrech (Z 3.3m nad dveřmi místnosti s klíčem 89). Oddělení rohu budovy pokračuje v západním křídle. Římsa - vyložený kámen (je vidět z půdy) je odtržená od zdi, na které spočívá. Původem odtržení je selhání funkce krovu – porušené táhlo (viz. Dokumentování stavu krovu). JZ roh je zřejmě nejvíce ohroženým místem v budově. Trhliny mají povahu horizontálního i smykového porušení – zešikmené, pohyb rohu je ve svislém i vodorovném směru. Schodiště v jihovýchodním rohu dvora je poškozené – mezi 2. a 3. NP jsou popraskané schodišťové stupně, místy mírně propadlý povrch schodnice. V 3. NP je propadlá podlaha i stop chodby, někde i několik centimetrů (JZ roh). Vzniká mozaikové rozrušení teracového betonu – povrchu, má plošný charakter. V klenbě (západní část chodby) jsou trhliny – v patě i ve vrcholu (pokles, resp. oddalování zdí a snížení vzepětí klenby). Ze dvora jsou patrné pouze záteky na nárožních hranách a v rozích, nikoli trhliny.

Západní křídlo je postižené řadou trhlin, jak ve dvoře, tak i na zdi do ulice. Ve dvoře lze sledovat smykové trhliny v horní části stěny u obou rohů (J i S), rozcházejí se od okna nahoru i dolů. Potvrzují sedání stěny, které způsobuje trhliny v patě klenby. Přilehlá chodba je popraskaná podlaha i klenba. Pro tyto, zde popsání, i možné jiné skryté vady bylo 3. NP před několika lety vyloučeno z provozu. Z ulice Cyrilské jsou vidět trhliny (na JZ rohu budovy detailu A ve stropě 1. NP - trhlina pokračuje i v dalších NP). Kromě detailu A, a porušenému překladu nad oknem v jižní části střední stěny jsou po celé délce západního křídla krátké trhliny v římsě nad 3. NP (do ulice). Uprostřed 3. NP ve střední stěně jde trhlina (v omítce

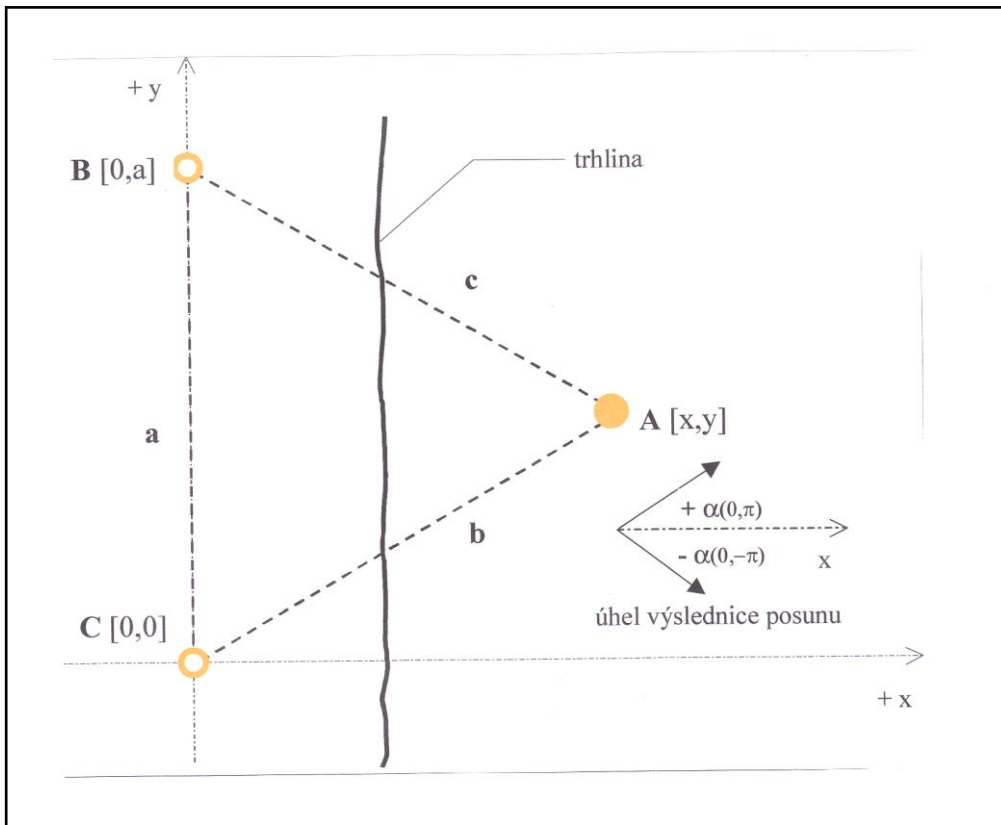
cca. 5 mm) od okna svisle vzhůru, pokračuje v římse. Trhliny římsového zdiva doprovází opadávání omítky, někdy i kousků cihel. Přes všechny zde popsané, více, či méně závažné poruchy statiky budovy se nachází většina objektu ve stavu provozuschopnosti. Doporučuje se včasné statické zajištění objektu [15].



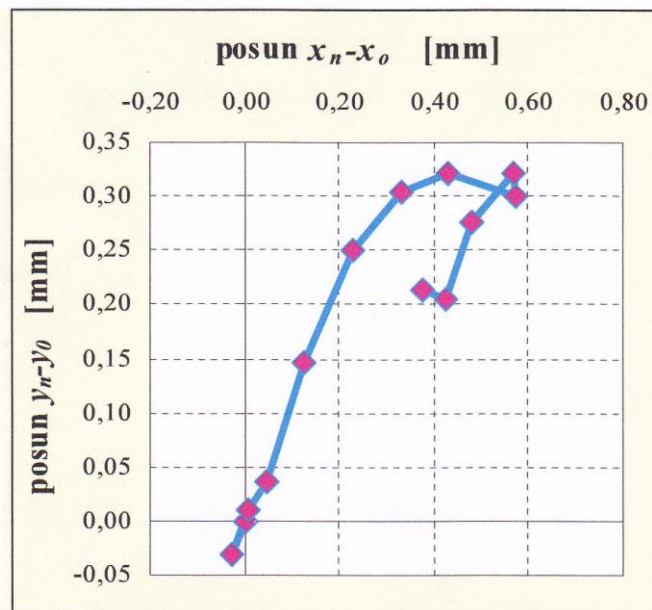
Obr. 37 - Detail trhliny, šířka 3 mm v omítce [15]



Obr. 38 - Detail měřicího místa Z 3,3 m (základna M3 a, b, c) v JZ rohu 3. NP [15]



Obr. 39 - Uspořádání základů M3 (a, b, c) na měřicím místě Z 3,3 m[15]

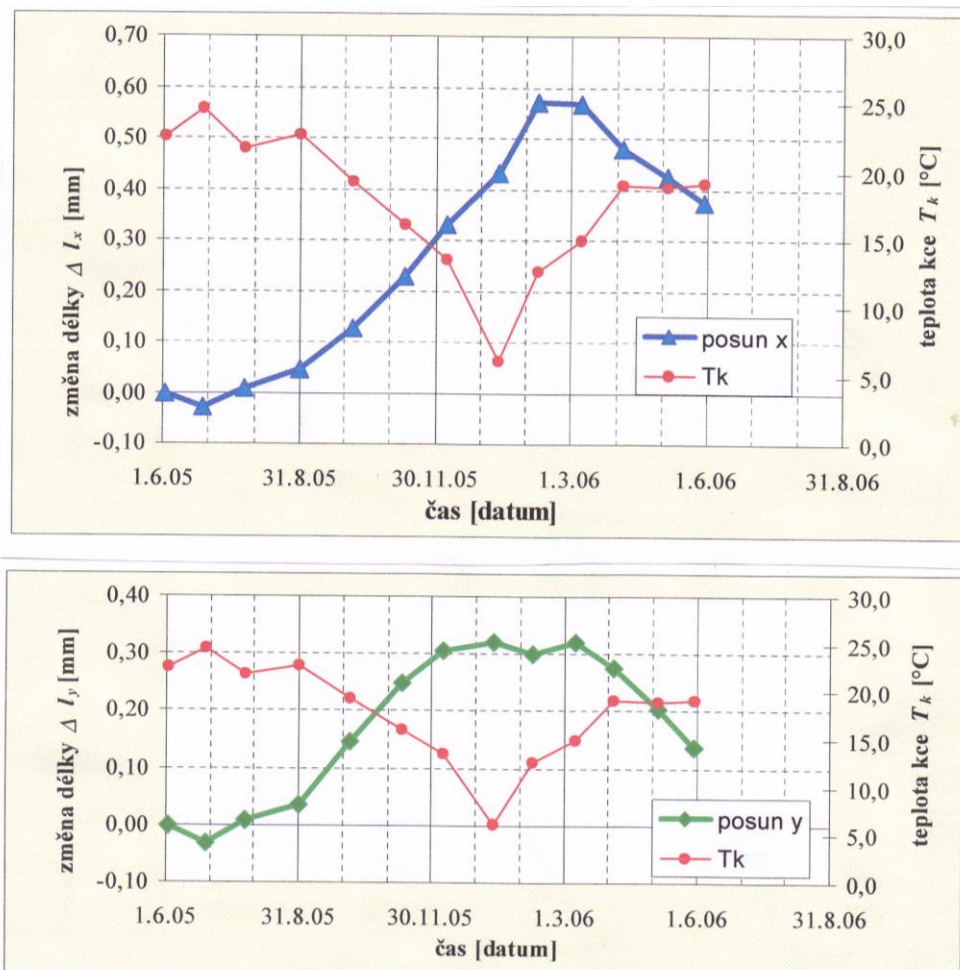


Obr. 40 - Posun bodu A v soustavě xy, na měřicím místě Z 3,3 m [15]

Měření pohybu trhlin v 3. NP

Na žádost Magistrátu města Brna bylo v době od 2. června 2005 do 30. května 2006 prováděno sledování pohybu trhlin (stropů i zdiva) v 3. NP budovy. Pohyb byl měřen každý měsíc, celkem 13 skupin hodnot [datum; (teplota okolí); teplota konstrukce; posun]. Změna délky D l základny M 1 na měřicím místě Z 3.1m (s rostoucí teplotou se spára zavírá). Z grafů je možné vysledovat, jak se trhliny pohybují s teplotou konstrukce během roku, zůstává zde však i trvalé přetvoření (řádově 0,1 mm/rok). Takové přetvoření není zanedbatelné. Vykazuje vývoj (pohyb) trhlin v konstrukci, a to zřejmě s nějakými změnami v konstrukci či pod ní – v podzákladí (nerovnoměrné sedání a podobně). Za periodu jednoho roku se konstrukce přiblížila k počáteční teplotě a šířka trhliny je tak nejbližší výchozímu stavu. Teplota vnějšího líce konstrukce (u vnějšího zdiva) byla uvážena jako teplota ovzduší, která tvoří již úplnou sinusoidu v grafu závislosti teploty a času. Celkovou trvalou deformaci je tedy možné z grafu přímo odečíst.

Pravděpodobnou příčinou nadměrného nerovnoměrného sedání základu je založení objektu na říčních naplaveninách. Řeka Svitava těmito místy podle historických podkladů, knih a map z archivu Ing. Petra Cikrle Ph.D., opravdu protékala. Obrázky dokládají vývoj a ústup říčního koryta z blízkosti míst, kde se dnes nachází budova školy [15].



Obr. 41 - Posun bodu A ve směru x a y na měřicím místě Z 3,3 m [15]

4.3 Vyhodnocení praktických příkladů

4.3.1 Vyhodnocení z hlediska trhlin na objektech a příčin deformací

Zhodnocení pro objekty: Veleslavínova 1/č.p. 245, Veleslavínova 12/č.p. 1199 a Dobrovského 13/č.p. 12791

Na základě znaleckých posudků a monitorování průběhů deformací firmou INSET s.r.o. Brno vyplývá, že definitivní opravy škod na objektech nadzemní zástavby Veleslavínova 1/č.p. 245, Veleslavínova 12/č.p. 1199 a Dobrovského 13/č.p. 1279, které byly poškozeny rážbou Královopolského tunelu, mohly být zahájeny až po splnění těchto podmínek:

- Až od provedení definitivního ostění tunelu pod objektem uběhne doba min. 3 měsíců,
- až budou na objektu ustáleny deformace.

Vzhledem k tomu, že definitivní ostění pod vybranými objekty bylo provedeno v roce 2010, lze stav objektů z pohledu vývoje jeho poškození a průběhu deformací (fyzické prohlídky, měření nivelací atp. považovat za stabilizovaný. V této době práce na odstraňování škod již byly skončeny [18].

Doporučuje se ale objekty i nadále monitorovat (fyzické prohlídky objektu, nivelační měření), i když byla stavba předána do provozu. Další možné průběhy poruch by mohly vznikat provozem stavby.

Zhodnocení pro objekty: Kostel sv. Gotharda v Brně, Modřicích, Dům na náměstí Míru v Brně, Modřicích a Škola na Šujanově nám. č. 1 v Brně

Na základě monitorování trhlin na kostele a přilehlých stavbách, geologických posudků a poznatkům o základové půdě se můžeme domnívat, že problémy vyvolávající poruchy vycházejí ze sprašového podloží Modřic. Ve městě není výskyt trhlin na kostele sv. Gotharda ojedinělým případem.

V Modřicích došlo také v minulosti k haváriím vodovodu a to ve velmi malé vzdálenosti od kostela. I domy v okolí mají četné trhliny. Nelze vlivem vody vyloučit mírný posun pod základové vrstvy spraše, která se změnou vlhkosti (bobtnáním, ztekucením) výrazně mění některé technické vlastnosti, zejména stlačitelnost a únosnost [14].

V případě průzkumu školy na Šujanově náměstí [15] můžeme uvažovat o podobné problematice, území se rozkládá v širokém údolí řek Svitavy a Svratky (i s vysoko položenou spodní vodou), nacházejí se v podzákladí jemné naplaveniny, mající tendence smršťování a bobtnání, což způsobuje poruchy konstrukcí vlivem smršťování, eventuelně nerovnoměrného sedání.

4.3.2 Vyhodnocení kusového materiálu

Kusový materiál má standardní metody pro měření, jako jsou:

- Stanovení pevnosti v tlaku nedestruktivně pomocí tvrdoměru Schmidt LB na půlkách cihel,
- stanovení hloubky vrtu Kučerovy vrtačky na půlkách cihel,
- stanovení rychlosti šíření impulsů ultrazvukového vlnění všemy zkušebními tělesy,
- stanovení pevnosti v tlaku v lisu na všech zkušebních tělesech.

4.3.3 Vyhodnocení z hlediska postupů posuzování cihelného zdiva

Vybrané příklady pod Královopolským tunelem (kapitoly 4.2.1, 4.2.2 a 4.2.3) mají společný předpokládaný problém, a tím je dána i metodika postupu, což se vyskytuje zřídka, jen při tak velkých plánovaných stavbách, kdy se musíme zaměřit na velmi dobrou před

projektovou přípravu stavby, na velmi podrobnou diagnostiku stavebních objektů a na velmi podrobný stavebně-technický průzkum. Dále je nutné monitorovat objekty v průběhu stavby a po ní, když je vše ustáleno, což může trvat i několik let. Nesmí se zanedbat ani vliv provozu stavbou.

V případech staveb (kapitoly 4.2.4, 4.2.5 a 4.2.6) jsou problémy spíše individuálního charakteru, vyskytující se, ale velmi často.

Zde vybrané příčiny vzniku poruch jsou zaměřeny na stlačitelnost zemin a změnu únosnosti základové půdy, což je velmi časté na Brněnsku, kde se vyskytuje sprašové podloží staveb.

Metodika postupu posuzování vzniku takových poruch na cihelném zdivu, můžeme říci, je již zobecněna vžitým, věcně správným postupem, který lze standardizovat.

5. Závěr

Ze všech výše uvedených příkladů v mé práci vyplývá, že byly uplatněny standardní postupy znaleckého posuzování, měření a vyhodnocování poruch cihelného zdiva (ať už kusového materiálu nebo zdiva v celku).

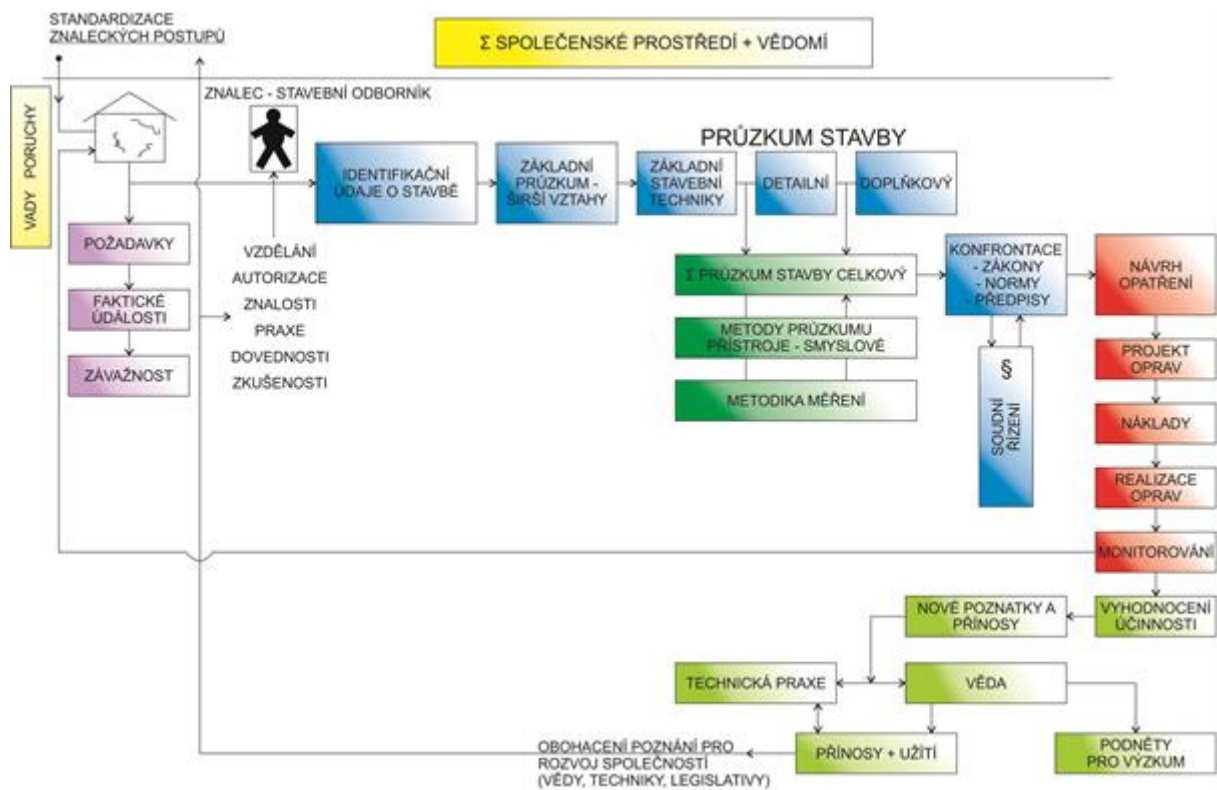
Rozmanitost poruch a různé příčiny poruch cihelného zdiva vyžadují vždy specifický - diferencovaný přístup při dodržení obecně platného, věcně správného a objektivního přístupu standardního znaleckého posouzení vad a poruch uvedených v teoretické části práce.

Vlastní měření a vyhodnocení s následnou sanací však bude vždy individuální, dle charakteru zjištěných poznatků, jak vyplývá z výsledků uvedených a posuzovaných praktických příkladů.

Standardizovat postupy měření (metody měření) je možné, ale standardizaci aplikovat na měření kusového materiálu není tak docela možné, protože každá měřicí metoda má specifický postup.

Standardizovaný metodický postup posuzování cihelného (ale i jiného kusového) zdiva:

- a) Diagnostika stavby.
- b) Stanovení poruch a jejich závažnosti, příčiny vzniku vady, poruchy.
- c) Statické přešetření a posouzení nosné způsobilosti.
- d) Porovnání skutečného stavu objektu s teoretickým předpokladem.
- e) Metody měření trhlin a náklonů staveb.
- f) Návrh opatření a doporučení.
- g) Výpočet nákladů – rozpočet.
- h) Vyhodnocení účinnosti rekonstrukce.
- i) Znalecké zhodnocení poruch.
- j) Související normy a předpisy.



Diag. 10 - Standardizovaný metodický postup posuzování stavebních konstrukcí

Nejobjemnější část v posudcích bývá správná diagnostika budovy, její hodnocení po stránce materiálové i fyzikální, kvantitativní i kvalitativní. Důležité pro diagnostiku konstrukce je především správné sestavení plánu stavebně – technického průzkumu, uvážený výběr zkušebních míst a použitelných naměřených hodnot. V průzkumu musí být přikládán důraz na postup práce, správný výběr vzorků pro určení vyšetřovaných veličin. Dále na co nejpodrobnější průzkum oblasti, ve které se objekt nachází, a to ze strany geotechniky, hydrotechniky, ale i v oblasti historického vývoje a urbanismu. Naměřené hodnoty by měly reprezentovat vlastnosti celé konstrukce a poskytovat tak její dostatečně spolehlivý

6. Literatura

- [1] Vlček, M., Moudrý, I., Novotný, M., Beneš, P., Maceková, V.: *PORUCHY A REKONSTRUKCE STAVEB*, ERA Group spol. s.r.o., Brno, 3.vydání, 2006
- [2] Vaněk, T.: *REKONSTRUKCE STAVEB*, STNL Praha, 1989
- [3] Kos, J., Dokládál, V.: *KONSTRUKCE POZEMNÍCH STAVEB*, Brno: ediční středisko VUT, 1990
- [4] Matoušková, D., Solař, J.: *POZEMNÍ STAVITELSTVÍ I*, ES VŠB Ostrava, 2005
- [5] Cikrle, P., Mencl, V.: *ZPRÁVA O MĚŘENÍ TRHLIN KOSTELA SV. MICHALA V BRNĚ*, VUT Brno, duben 2002
- [6] Bažant, Z., Klusáček, L.: *STATIKA PŘI REKONSTRUKCÍCH*, CERM Brno, 2002
- [7] Šamalíková, M., Rocker, J., Pospíšil, P.: *GEOLOGIE*, CERM, s.r.o. Brno, 1998
- [8] Höinig, A., Zapletal, V.: *NEDESTRUKTIVNÍ ZKUŠEBNICTVÍ*, 1. vydání, VUT Brno, 1982
- [9] Witzany, J.: *PORUCHY A REKONSTRUKCE ZDĚNÝCH BUDOV*, 1. vydání, Praha: ČKAIT, 1999
- [10] Cikrle, P.: *DIAGNOSTIKA PORUCH STAVEB – DLOUHODOBÉ SLEDOVÁNÍ TRHLIN VE ZDIVU A MĚŘENÍ POSUNŮ*, VUT Brno, únor 2002
- [11] Hobst L., Adámek J., Cikrle, P., Schmidt, P.: *DIAGNOSTIKA STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ*, VUT Brno, FAST, 2005
- [12] Pytlík, P.: *STAVEBNÍ MATERIÁLY V POZEMNÍCH STAVBÁCH*, CERM Brno, 1995
- [13] Pytlík, P.: *CIHLÁŘSTVÍ*, CERM Brno, 1995
- [14] Zralá, H.: *DIPLOMOVÁ PRÁCE – DIAGNOSTIKA PORUCH A SLEDOVÁNÍ TRHLIN KOSTELA SV. GOTTHARDA V MODŘICÍCH*, Brno 2004
- [15] Hlaváč, Z.: *DIPLOMOVÁ PRÁCE – STATICKÝ PRŮZKUM ZDĚNÉ BUDOVY ŠKOLY V BRNĚ*, Brno 2006
- [16] Kostka, R.: *DIPLOMOVÁ PRÁCE – POROVNÁNÍ NEDESTRUKTIVNÍCH ZKOUŠEK CIHELNÉHO ZDIVA SE ZKOUŠKAMI NA VÝVRTECH A KUSOVÝCH STAVIVECH*, Brno 2002
- [17] Severin, O., Skrbek, A.: *STAVITELSTVÍ I*, SNTL, Brno 1953
- [18] Dowding, C. H., Siebert, D.: *CONTROL OF CONSTRUCTION VIBRATIONS WITH AN AUTONOMOUS CRACK COMPAROMETER. In Proceedings of the 1st World Conference on Explosives and Blasting Technique*. 1st ed. Munich GR: A.A. Balkema, 2000
- [19] Fiala, V.: *KOSTEL SV. GOTTHARDA V MODŘICÍCH - STATICKÝ POSUDEK SOUČASNÉHO STAVU S NÁVRHEM NA ODSTRANĚNÍ TRHLIN*, Brno 2002
- [20] Ing. Křivinka: *TECHNICKÁ ZPRÁVA, AKCE ŠUJANOVO NÁM. 1*, spol. Topgeo, Brno 2005
- [21] Rychtecký, M.: *ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA PRO ZAHÁJENÍ OPRAV ŠKOD PO PRŮCHODU KRÁLOVOPOLSKÉHO TUNELU-STAVBA „SILNICE I/42 BRNO, VMO DOBROVSKÉHO“ VELESLAVÍNOVA 1199/12*, Brno, 2010
- [22] Růžička, J.: *ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA. SOUDNĚ ZNALECKÁ DOKUMENTACE - KRÁLOVOPOLSKÉHO TUNELU-STAVBA „SILNICE I/42 BRNO, VMO DOBROVSKÉHO“*, Brno, duben 2007
- [23] Bradáč, A., a kol.: *SOUDNÍ INŽENÝRSTVÍ*, Brno, CERM 1999
- [24] Matějka, L.: *ZNALECKÉ POSUZOVÁNÍ VYBRANÝCH VAD A PORUCH STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ*, Brno 2004, Disertační práce

- [25] Firma INSET s.r.o.: *STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM STÁVAJÍCÍ POVRCHOVÉ ZÁSTAVBY NAD TUNELEM SILNICE I/42 BRNO, VMO DOBROVSKÉHO B, SO 617.84 DOBROVSKÉHO 13, Brno 2000*

Normy:

- [26] ČSN EN 772-1 *Zkušební metody pro zdící prvky – Část 1: Stanovení pevnosti v tlaku*
- [27] ČSN 72 2605 *Skúšanie tehliarskych výrobkov – stanoveni mechanických vlastností*
- [28] ČSN 73 1371 *Nedestruktivní zkoušení betonu - Ultrazvuková impulzová metoda zkoušení betonu*
- [29] ČSN 731373 *Tvrdoměrné metody zkoušení betonu*
- [30] ČSN EN 1015-11 *Zkušební metody malt pro zdivo – Část 11: Stanovení pevnosti zatvrdlých malt v tlaku za ohybu a v tlaku*
- [31] ČSN 72 2450 *Zkouška pevnosti malty za ohybu*
- [32] ČSN 72 2449 *Zkouška pevnosti malty v tlaku*
- [33] ČSN 72 2440 *Zkoušení malt a maltových směsí – společná*
- [34] ČSN 72 2447 *Zkouška hmotnosti a pórovitosti malty*
- [35] ČSN EN 1997-1 *Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla*

Podklady:

- [36] Návod k používání PZZ 01 – *INOVOVANÁ KUČEROVA VRTAČKA*, Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p.
- [37] Studie – *MOŽNOSTI VYUŽITÍ NEDESTRUKTIVNÍCH DIAGNOSTICKÝCH METOD KE ZJIŠŤOVÁNÍ KVALITY CIHEL VE STARÉM ZDIVU*, PÚDIS Praha, listopad 1989