

METODIKA OPRAV NOSNÝCH KONSTRUKCÍ PAMÁTKOVĚ CHRÁNĚNÝCH OBJEKTŮ



N Á R O D N Í P A M Á T K O V Ý Ú S T A V

edice odborné a metodické publikace, svazek 107

METODIKA OPRAV NOSNÝCH KONSTRUKCÍ PAMÁTKOVĚ CHRÁNĚNÝCH OBJEKTŮ

Zajištění statické funkce při zachování autenticity

Jan Vinař

PRAHA 2022

Schválená metodika

(osvědčení č. 287 Ministerstva kultury ČR, Odboru výzkumu a vývoje, Č. j. MK 2115/2023 OVV, Sp. Zn. MK-S 9013/2018 OVV ze dne 11. 1. 2023)

Metodika byla vydána na základě výzkumné činnosti NPÚ financované z institucionální podpory Ministerstva kultury na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace (IP DKRVO).

Metodika přináší ucelený názor na průzkumy a opravy nosných konstrukcí historických staveb, který odpovídá současnému stavu poznání a názorům na uchování, konzervaci a ochranu památkových hodnot. Publikace je určena památkářům, projektantům, stavebním firmám, vlastníkům a správcům historických objektů, učitelům a studentům odborných škol i širší veřejnosti.

Publikace je výsledkem celoživotní průzkumné, dokumentační, projekční i publikační praxe autora a spolupráce s odborníky v oborech souvisejících s péčí o památky. S odbornými lektory byla konzultována zejména problematika stavební mechaniky, památkové péče a právních předpisů.

Uživatelé metodiky v praxi: pracovníci památkové péče
projektanti
stavební firmy
investoři a správci památkových objektů
orgány státní správy a samosprávy
studenti a pedagogové odborných škol

Lektoři: doc. Ing. Petr Fajman, PhD; Ing. arch. Ondřej Šefců; JUDr. et Mgr. Michal Tupý

Oponenti: prof. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.
prof. Ing. Jiří Witzany, Dr.Sc., dr.h.c.

Digitální verzi metodiky je možno volně distribuovat pod licencí Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0
Digitální verze metodiky je dostupná na <https://www.npu.cz/e-shop>

© Národní památkový ústav, generální ředitelství, 2022
Text © Ing. Jan Vinař
Ilustrace © archiv autora a uvedené zdroje

ISBN 978-80-7480-156-3 (tištěná verze)
ISBN 978-80-7480-175-4 (digitální verze)

Přední strana obálky: Strojní výkop v nesoudržné zemině, který byl kvůli problematickému návrhu odvodnění prováděn až do úrovně základové spáry, nebyl pažen (zámek Zdislavice).
Zadní strana obálky: Záklenek, který je v tomto stavu nejméně 20 let, je důkazem vysoké únosnosti kleneb a jejich schopnosti se při poruše stabilizovat. V extrémních podmínkách malta ve sparách větrá a vypadává, klenáky propadávají a ložné plochy cihel se opírají přímo o sebe. Pokud jsou podpory pevné, klenba je stabilní (hrad Hartenberg, dosud neopravená část).

Obsah

I. Úvod	9
These	9
Cíle metodiky a předpoklady jejich naplnění	10
Předmět a terminologie	10
Definice některých pojmů pro účely metodiky	11
Metoda zpracování	11
Výstupy	12
Forma zpracování	12
II. Proces přípravy a realizace oprav a stavebních zásahů do nosných konstrukcí památkových staveb	13
Úvod	13
Postup	13
Účastníci procesu	14
Proces přípravy a realizace	15
Krok 1 – Zadání	15
Krok 2 – Zaměření a dokumentace současného stavu	16
Krok 3 – Průzkumy	16
Stavebně historický průzkum	16
Stavebně technický a statický průzkum	16
Stavebně statický průzkum	16
Obsah a rozsah standardního stavebně statického průzkumu (posudku)	17
Doporučená skladba standardního stavebně statického průzkumu (posudku)	18
Nezbytné podklady pro zpracování stavebně technického a standardního statického průzkumu (posudku) nosných konstrukcí	19
Fáze průzkumu	19
Formy průzkumu	20
Statický výpočet	21
Kvalifikace zpracovatele stavebně statického průzkumu (posudku)	22
Geologický a hydrogeologický průzkum	22
Archeologický výzkum	24
Průzkum vlhkosti	24
Průzkum napadení dřeva	24
Dendrochronologický průzkum	24
Technologický průzkum	25
Restaurátorský průzkum	25
Krok 4 – Analýza průzkumů	26
Krok 5 – Koncepce řešení	30
Krok 6 – Projekt	32

Obsah a rozsah projektu	32
Technická zpráva	33
Statický výpočet	33
Výkresová část	33
Položkový výkaz výměr a rozpočet	34
Krok 7 – Schválení projektu	34
Krok 8 – Výběr zhotovitele	35
Krok 9 – Realizace stavby	35
Krok 10 – Předání stavby	35
Krok 11 – Záruční doba	35
Krok 12 – Údržba	35
III. Materiály, technologie, nosné konstrukce historických staveb	37
Úvod	37
Zdivo	37
Stavivo	37
Malty	39
Mechanické vlastnosti zdiva	42
Pevnost	42
Příčná deformace (tah)	44
Tření	45
Zděné konstrukce	46
Nosné zdivo	46
Poruchy zdiva historických budov a jejich příčiny	46
Posuzování a opravy zdiva	47
Pevnost zdiva narušeného trhlinami	48
Pevnost zdiva mezerovitého	49
Příklady zvýšení pevnosti lomového zdiva injektáží maltou o vysoké pevnosti	49
Pevnost zdiva narušeného povětrností	50
Restaurování a restaurátorská konzervace	50
Možnosti zvýšení únosnosti zdiva	51
Hloubkové spárování a injektáž	54
Technologie hloubkového spárování	54
Využití injektáže u historických a památkových objektů	54
Plošná injektáž	55
Injektáž při opravách kleneb	55
Technologie injektáže	56
Komíny	57
Vnější konstrukce	58
Ohradní a opěrné zdi	59
Zříceniny a torsální objekty	65

Postup opravy zříceniny hradu	65
Konzervace zdiva vystaveného povětrnosti	66
Oprava zdiva a objektů zřícenin	67
Oprava korun	69
Pevnostní stavby	69
Klenba	72
Oblouky / Typy kleneb	72
Statický model klenby	83
Konstrukce klenby	86
Zdění kleneb	94
Poruchy kleneb	97
Opravy a úpravy kleneb	98
Oprava trhlin a spár	99
Únosnost klenby a její zesílení	100
Vodorovná reakce klenby	101
Prostupy klenbou, drážky v nosném zdivu	102
Zděné mosty	102
Základy	107
Základy historických staveb	107
Ochrana základové spáry/základové půdy	110
Podchycení základů	111
Dřevěné konstrukce	113
Dřevo jako konstrukční materiál	113
Výběr dřeva	113
Ochrana dřeva proti vlhkosti	114
Ochrana dřeva v užívaném objektu	116
Ochrana a úpravy povrchu dřeva	117
Nátěry	117
Obklady, bednění, oplechování	118
Omítky, mazaniny, obezdění	119
Nechráněné dřevo	119
Úprava povrchů a detailů konstrukčního dřeva	121
Konzervační a zpevňující prostředky	121
Ochrana dřeva proti napadení	122
Preventivní ochrana proti škůdcům	122
Chemické prostředky proti biotickým škůdcům	123
Likvidace napadení dřeva	125
Ochrana dřevěných konstrukcí proti ohni	126
Konstrukční principy ochrany budov proti požáru	127
Protipožární ochrana při stavbě	127
Opatření pro urychlení protipožárního zásahu	127

Protipožární ochrana v minulosti	127
Posuzování dřevěných konstrukcí	128
Spoje dřevěných konstrukcí	128
Tesařské spoje	129
Svorníkové spoje	130
Hřebíkové a vrutové spoje	130
Spoje s kovovými prvky	131
Lepené spoje	132
Prvky z lepeného dřeva	132
Celodřevěné spoje	132
Trámové rošty	133
Spoje roubených staveb	133
Nastavování dřevěných nosníků	133
Dřevěné krovy	135
Stavebně statický průzkum	135
Statický výpočet krovu	135
Závady krovů a jejich opravy	136
Konstrukční závady	137
Nedostatečné dimenze prvků	138
Příklady	138
Nevyhovují krokve	138
Nevyhovují vaznice	138
Nevyhovují vazné trámy	138
Uložení krovu	139
Napadení dřeva krovu	141
Starší opravy	142
Odstranění prvků	142
Zesílení a oprava spojů	142
Doplnění autentického konstrukčního systému	142
Změna konstrukčního systému	143
Doplnění vodorovného ztužení	144
Obytné podkrovní v historických objektech	145
Krovy věží	148
Zvonové stolice	149
Namáhání zvonové stolice	150
Opravy zvonových stolic	150
Dřevěné stropy	151
Stropní trámy	151
Konstrukce dřevěných stropů	152
Průzkum stropů	153
Posuzování a oprava stropů	153

Tepelné, zvukové a protipožární izolace stropů	155
Stropy pod krovem	156
Dřevěné klenby	158
Roubené stavby	159
Posuzování a opravy roubených staveb	159
Povrchové úpravy	159
Hrázděné konstrukce	160
Konstrukce stěn historických staveb a jejich vlastnosti	160
Tepelné vlastnosti	160
Statická funkce stěny	162
Stavební náklady	166
Funkce a využití rámových a hrázděných konstrukcí	167
Poruchy hrázděných staveb	169
Opravy hrázděných staveb	170
Povrchové úpravy	171
Dřevěné mosty	171
Nosníky a stropy z jiných materiálů	172
Kamenné nosníky	172
Opravy nosníků (a jiných kamenných prvků)	172
Kamenné krakorce (konzoly), chrliče, pavlače, římsy	173
Kamenná a visutá schodiště	174
Novodobé stropy	175
Poruchy novodobých stropů a jejich opravy	177
Příčky	179
Novodobé památkově chráněné stavby	181
Novodobé tvrdé omítky a obklady	182
Provizorní a pomocné konstrukce	183
Provizorní výdřeva	183
Lešení	183
IV. Historická stavba a její nosné konstrukce	185
Památková hodnota	185
Kategorie staveb	186
Statika stavby	187
Únosnost	187
Deformace	189
Tuhost	196
Tření	197
Armování nároží	198
Oblá nároží	198
Dřevěné věnce	199

Dřevěné věnce v zemětřesných oblastech	199
Táhla	200
Vyvěšení ramenátů při stavbě klenby	200
Zvýšení tuhosti stavby	200
Stabilita	201
Posuzování a návrh opravy	202
Priority	203
Rozdíly v navrhování historických a novodobých staveb / Bezpečnost	204
Statické zajištění / Novodobé materiály a technologie	205
Záchrana a obnova devastovaných objektů	206
Stárnutí materiálů a konstrukcí	207
Vnější vlivy	207
Působení vlhkosti	210
Ochrana před vlhkostí	211
Trvanlivost / Životnost	214
Údržba	215
Životnost materiálů a konstrukcí	215
V. Literatura a podklady	218
Zákony a vyhlášky	218
Československé (Českomoravské) státní normy	218
Metodické podklady	218
Metodiky a podklady vydané SÚPP a NPÚ	219
Odborná literatura a prameny	220
Publikace Společnosti pro technologie ochrany památek (STOP)	224
Publikace Vědeckotechnické společnosti pro sanace staveb a péči o památky – WTA CZ	225
VI. Rejstříky	226
Věcný rejstřík a významový slovník	226
Místní rejstřík	239
Osobní rejstřík	241
Resumé – Methodology of repairs of heritage listed buildings	243
Surveys, assessments, preparation, design, and implementation of construction interventions, repairs, and maintenance of the supporting structures of listed buildings	

I. Úvod

These

Kvalifikované posuzování nosných konstrukcí, které tvoří **podstatnou část** hmoty historické stavby, a jsou významnou částí památkové hodnoty, je zvláště důležité.

U *nosných konstrukcí* historických staveb je prvotní jejich prostorotvorná funkce (vytvoření a uzavření objemu stavby, dispoziční řešení a naplnění požadavků na účel stavby). Kromě toho mají nosné konstrukce historických staveb téměř vždy i funkci architektonickou, estetickou a izolační (tepelně, zvukově i proti vlhkosti), tyto funkce naplňují i povrchy nosných konstrukcí. Pro historické stavby je charakteristické těsné propojení a spolupůsobení všech konstrukcí a *neoddělitelnost jejich funkcí*. Proto je nutné každou historickou stavbu a její funkce posuzovat jako **celek**.

Tato charakteristika zásadně odlišuje historické stavby od *staveb novodobých*, které vznikly v době industriální výroby materiálů, prvků a konstrukcí a jejich návrh na základě moderních vědeckých metod. Podstatou industrializace je ekonomie výroby, navrhování a stavby, jejímž důsledkem je stále větší specializace oborů a vymezování funkcí jednotlivých konstrukcí. Nosné konstrukce se stále více oddělují od povrchů a izolací, architektonický výraz vytvářejí někdy materiály, někdy samostatné dekorativní prvky, někdy volná prostorová tvorba architekta a jen vzácně statické řešení nosné konstrukce (případně polemika se statickými principy).

Z výše uvedeného vyplývá, že *památkovou hodnotu* může mít každá konstrukce (i její funkce). Současná památková péče chrání nejenom architektonické a umělecké hodnoty, ale i kvality řemeslné, technické a technologické. Proto musí být každý zásah do nosných konstrukcí památky podložen důkladným odborným a ověřitelným průzkumem konstrukcí, jejich stavu, poruch a příčin poruch. Oprava nebo obnova musí vycházet z kvalifikovaného a zdůvodněného posouzení a návrhu, musí být omezena jen na zásahy nezbytně nutné, musí volit ověřené metody a technologie, které nebudou mít negativní důsledky pro stavbu, jejich trvanlivost odpovídá požadované životnosti památky a které jsou obnovitelné. Dodržení uvedených zásad obvykle vede k ekonomickému řešení opravy/obnovy, a proto by se mělo uplatnit i u historických staveb, které nejsou chráněné.

Péče o stavební památky je *komplexní činnost*, která vyžaduje úzkou spolupráci specialistů mnoha oborů. Zatímco v péči o architekturu, historické omítky a povrchy, kámen, dřevo a další součásti, konstrukce a prvky památkových objektů došlo v posledních letech k výraznému pokroku, který se projevil odbornou diskusí, vydáváním publikací a metodik, nosným konstrukcím nebyla dosud věnována systematická pozornost.

Technologie, materiály i konstrukce historických staveb se mnohdy výrazně liší od technologií, které užívá současné stavitelství. Na odborných a vysokých školách se historické stavitelství vyučuje jen v omezené míře a kvalitní odborná literatura nepokrývá historické nosné konstrukce v potřebné úplnosti.

Kvůli nedostatku koncepčního materiálu a podkladů se problematika nosných konstrukcí v praxi řeší často improvizovaně a nepřiměřeně a předkládaná řešení příliš závisejí na individuálním přístupu a erudici navrhovatele. Nepříznivý vliv dosud mají některé dříve užívané novodobé technologie, které se neosvědčily a dnes jsou v památkové praxi již nepřijatelné. Značný vliv na stavební firmy, projektanty i investory má masivní tlak reklamy stavebních výrobků a technologií vyvinutých pro soudobé stavitelství, jejichž výrobci chtějí proniknout i do oblasti obnovy historických staveb. Důsledkem těchto vlivů bývá užívání technologií, které nejsou ověřené, a které mohou u historických staveb způsobit nevratné škody. Trvajícím trendem neodborného

přístupu potvrzují opakované případy nekvalifikovaných návrhů a realizovaných nepříznivých zásahů do nosných konstrukcí památek. Vytvoření metodiky péče o nosné konstrukce památkových staveb pomůže tento stav zlepšit.

Návrh metodiky vychází z dokumentu ICOMOS [29] a aplikuje principy, které tento dokument předkládá.

Cíle metodiky a předpoklady jejich naplnění

1. Cílem metodiky je zajištění toho, aby údržba, konzervace, oprava, obnova a stavební úpravy nosných konstrukcí chráněné stavby byly navrženy a provedeny jen v rozsahu, **jehož nezbytnost je prokázána**, a nesnížily její památkovou hodnotu. Na přípravu a zpracování dokumentace pro stavební zásahy do památkově chráněných objektů je proto nutné klást podstatně vyšší nároky, než je tomu u staveb ostatních.
2. Nezbytným podkladem vyhovujícího řešení je kvalifikovaný **komplexní průzkum** a jeho **analýza**, zjištění stavu památky a **určení příčin** závad a poruch.
3. Návrh musí být zpracován tak, aby bylo možné jeho **posouzení a ověření východisek**. Posouzení návrhu bývá opomíjeno, protože nejsou k dispozici písemné koncepční a metodické návody postupu.
4. Při realizaci se musí uplatnit pouze postupy a technologie **určené projektem a schválené** příslušnými orgány státní správy. Je přípustné užívat jen **ověřené** stavební materiály a technologie.
5. Realizace stavby musí probíhat pod **dozorem** investora, projektanta a příslušných orgánů státní správy.

Metodika je určena pro pracovníky památkové péče, zkušené i začínající, projektanty, stavební firmy, investory a správce památkových objektů a orgány státní správy a samosprávy.

Z principů uvedených v této metodice je účelné vycházet i při posuzování, opravách a stavebních úpravách historických objektů, které **nejsou památkově chráněné**.

Předmět a terminologie

Pro účel metodiky vymezíme „*historické stavby*“ (v užším smyslu) stavbami budovanými řemeslným způsobem přibližně do konce 19. století, při jejichž opravách je žádoucí užívat autentické metody a materiály (tedy ty, které odpovídají době jejich vzniku a stavebního vývoje).

Chráněnými památkami je ovšem také řada staveb vzniklých v době industriální (v 19. a 20. století), které využívají hromadně vyráběné a nové materiály (litinu, ocel, železobeton, sklo, konglomeráty a materiály syntetické). Pro tyto stavby užíváme v metodice označení „*novodobé stavby*“. Také při opravách staveb novodobých by měly být využívány autentické (odpovídající době vzniku) materiály a technologie.

Nosné konstrukce zajišťují statickou funkci stavby, tj. odolnost vůči zatížením statickým i dynamickým a přenos sil mezi spolupůsobícími nosnými konstrukcemi a do základů. Funkci *nosných konstrukcí historických staveb* mají zejména:¹⁾

- sloupy, pilíře,
- stěny,
 - zděné (další dělení podle druhu zdiva),
 - hrázdné (další dělení podle výplně),

1) U nosných konstrukcí historických staveb není účelné užívat dělení na konstrukce vislé a vodorovné jako u staveb novodobých.

- sloupkové,
- roubené,
- překlady, záklenky (další dělení podle konstrukce a materiálu),
- stropy, průvlaky (další dělení podle konstrukce a materiálu),
- ztužující konstrukce (věnce, táhla, opěrné pilíře, opěrné oblouky),
- klenby, klenuté pasy (další dělení podle konstrukce a materiálu),
- schodiště, rampy, arkýře, balkony, pavlače,
- krovy a konstrukce střech (další dělení podle konstrukce a materiálu),
- základy (další dělení podle konstrukce),
- ohradní a opěrné zdi, opevnění, pevnostní stavby,
- nosné konstrukce dopravních staveb (mosty, silnice, tunely),
- nosné konstrukce vodních staveb,
- podzemní stavby,
- lešení, provizorní zajištění.

DEFINICE NĚKTERÝCH POJMŮ PRO ÚČELY METODIKY

původní technologie/konstrukce – technologie/konstrukce, která je (nebo byla) nejstarší

autentická technologie/konstrukce – technologie/konstrukce, která je součástí stavebního vývoje památky

tradiční technologie/konstrukce – tento pojem je neurčitý, jeho užití v památkové péči nedoporučujeme

architekt – projektant zodpovědný za celou stavbu,

statik – projektant zodpovědný za **nosné konstrukce**. U památkových staveb je těsná spolupráce architekta a statika bezpodmínečně nutná.

V textu je pro označení silového účinku *hmotnosti* použit někdy termín *oáha* (který je srozumitelný i pro netechniky) místo korektního *tíha*²⁾.

Ve věcném rejstříku → VI. jsou uvedeny odkazy na výskyt pojmu v textu, u méně běžných výrazů i význam, ve kterém je použit v metodice.

Metoda zpracování

Metodika by se měla stát pomůckou pro posouzení, návrh a realizaci zásahů do nosných konstrukcí památkových objektů s ohledem na jejich **statickou funkci, autenticitu a trvanlivost**.

Základem správného řešení je všestranné poznání objektu, jeho stavební historie, zjištění poruch a jejich příčin a zjištění historie poruch. Při zpracování metodiky byly využity dlouholeté zkušenosti z obnovy památek.

Zdůvodnění a formulace zásad a doporučení metodiky jsou založeny na analýze pozitivních i negativních řešení konkrétních staveb. Výběr a analýza příkladů se soustředily na druhy nosných konstrukcí památkových objektů (krov, klenba, zdivo, základy aj.), materiály (dřevo, kámen, cihly, malty, zdivo), technologie (řemesla, hromadná výroba) a typy památkových objektů (kostely, městské a venkovské domy, zámky, zříceniny, ohradní zdi apod.). Posuzována byla účelnost, efektivita a přiměřenost navrhovaných i realizovaných zásahů do nosných konstrukcí památek v minulosti i v současnosti. Zkoumány byly také novodobé technologie a materiály.

2) V angličtině se „váha“ a „tíha“ nerozlišuje, pro oba pojmy se užívá výraz „weight“.

U vybraných příkladů bylo hodnoceno naplnění nosné funkce při maximálním **zachování autenticity, památkových i architektonických hodnot, zajištění ochrany před vnějšími a ostatními destrukčními vlivy, trvanlivost a ekonomie.**

Při analýze řešení byly využity a zkoumány možnosti uplatnění současných metod vědeckého poznání, například matematického modelování, zkušebnictví a technických průzkumů.

Výstupy

V části II metodiky (s. 13–36) je doporučen osvědčený *postup přípravy a realizace opravy* nosných konstrukcí památkových staveb, obsah, rozsah a forma průzkumů a analýzy příčin poruch, doporučen způsob předkládání, posuzování a schvalování stavebnětechnické koncepce a návrhů každého stavebního zásahu. Je formulován vztah statického řešení k souvisejícím oborům (ochrana proti vlhkosti, technologie materiálů, napadení a ochrana dřeva, geologie, restaurování apod.) a k dosud zpracovaným metodikám.

V části III metodiky (s. 37–184) je podána *charakteristika a vlastnosti* historických stavebních materiálů, dokumentovány funkce nosných konstrukcí a konstrukčních systémů historických budov, typické poruchy nosných konstrukcí a jejich příčiny. Je uveden přehled nejdůležitějších tradičních i novodobých způsobů opravy a zesilování nosných konstrukcí. Na základě analýzy typických konstrukcí a konkrétních řešení jsou doporučeny postupy, které by měly být využívány při péči o památku.

V části IV metodiky je charakterizována historická *stavaba jako celek*, je doporučen způsob, postup a určení priorit řešení návrhu a realizace obnovy nosných konstrukcí.

Forma zpracování

Pro snazší orientaci v textu jsou kurzívou uvedena *témata* příslušného odstavce; upozornění na důležité **zásady** jsou vyznačena tučně. Zásady, které je třeba při opravách/obnově stavebních památek dodržovat, jsou velmi důležité, proto nebylo možno se v kapitolách věnovaných jednotlivým konstrukcím vyhnout opakování.

Kapitoly, které se zabývají souvisejícími tématy, jsou propojeny vzájemnými odkazy.

Fyzikální vlastnosti, parametry materiálů a konstrukcí a ustanovení norem jsou charakterizovány obecně platnými principy, konkrétní hodnoty a odkazy na normy nejsou uvedeny. Důvodem je okolnost, že dochází k aktualizacím a změnám. Metodika nenahrazuje normy ani učebnice.

II. Proces přípravy a realizace oprav a stavebních zásahů do nosných konstrukcí památkových staveb

Úvod

Každý zásah do kulturní památky nebo objektu v území s plošnou památkovou ochranou podléhá **schválení památkovou péčí**, která za schválený návrh přejímá svou část odpovědnosti. Proto je nutné volbu koncepce a návrh obnovy doložit a zdůvodnit. Návrh musí být zpracován tak, aby bylo možné jeho **posouzení** a ověření východisek.

Typické nedostatky předkládaných návrhů zásahů do nosných konstrukcí památek:

- projektování **bez stavebně historického průzkumu**,
- neznalost historických konstrukcí,
- nedostatečný průzkum a dokumentace poruch,
- průzkumy nejsou koordinované,
- průzkum poškodí stavbu (nevhodně provedené sondy, osekávání dřevěných prvků),
- špatná interpretace příčin poruch,
- nepřiměřené využívání náročných nebo novodobých technologií bez řádného zdůvodnění,
- nedostatečná (nebo žádná) spolupráce architekta se statikem,
- nerespektování památkové hodnoty nosných konstrukcí – **nepřiměřené využití** historického objektu, které neodpovídá jeho možnostem.

Metodika bude u chráněných památek podkladem pro posuzování průzkumů, posudků, záměrů a návrhů stavebních zásahů i jejich realizace. Uvedené postupy mají platnost a jsou efektivní při průzkumu a navrhování obnovy nosných konstrukcí **všech historických budov**.

Postup

Při přípravě a zpracování každého návrhu obnovy kulturní památky by měl být dodržen tento postup:

1. *průzkum* nosných konstrukcí – je třeba zjišťovat jejich podobu, konstrukční systém, funkci, dimenze, materiály, stav (poruchy, deformace), popřípadě změny a opravy, historii konstrukcí a historii poruch (je nutná vazba na stavebně historický průzkum),
2. *dokumentace* všech uvedených skutečností (trhliny a deformace **zákresem** do plánů),
3. *analýza* a interpretace zjištěných skutečností – určení *příčin* poruch,

4. variantní koncepce řešení – je nutné probrat *všechny možnosti* řešení, nevyřazovat apriorně metodu, která se zdá neekonomická nebo obtížná,
5. *posouzení* a hodnocení řešení – určení **pořadí priorit** hodnotících kritérií: statické (na základě statického výpočtu), materiálové, technologické, památkové (rozsah zásahů do památky), architektonické, ekonomické, bezpečnostní, realizační (postup stavby) atd.,
6. volba *koncepce* (často jde o práci teamu řešitelů) – měla by být schválena **před** rozpracováním projektu,
7. *návrh* řešení.

Obnova stavební památky je týmová práce, která vyžaduje spolupráci všech účastníků.³⁾ Níže uvedený postup vychází z ideálního vymezení účastníků procesu opravy či obnovy a jejich vztahů, které sice stavební řád nevyžaduje, ale v případech úspěšných realizací se velmi osvědčilo.

Účastníci procesu

Účastníci přípravy a realizace konzervace, opravy, obnovy, restaurování nebo rekonstrukce historické stavební památky:

- investor,
- inženýring (manažer projektu),
- zpracovatelé průzkumů,
- projektant a jeho specialisté,
- zhotovitel/dodavatel stavby a jeho kooperanti,
- dozor investora,
- autorský dozor projektanta,
- památkový dohled

Všichni účastníci mají **zodpovědnost** za hotové dílo, proto musí **všichni aktivně spolupracovat**.

3) Proces záchrany, opravy, obnovy, údržby a péče o památku je možno přirovnat k péči o starého nebo nemocného pacienta – viz [29]. Postup je stejný jako v medicíně:

1. anamnéza = historie stavby,
2. vyšetření = průzkumy – zjištění stavu,
3. diagnóza = analýza průzkumů – zjištění příčin poruch,
4. návrh léčby (medikace) = projekt – návrh opravy,
5. léčení = realizace stavby,
6. kontroly = autorský a památkový dozor,
7. rehabilitace, prevence = údržba.

Je třeba zdůraznit úlohu projektanta, který má stejné poslání jako lékař – měl by k tomu mít patřičnou kvalifikaci a samozřejmě i odpovědnost. Tak jako lékař musí spolupracovat s pacientem při léčení, stanovení diagnózy a při rehabilitaci, musí projektant provádět a koordinovat průzkumy a jejich analýzu, vykonávat při stavbě dozor a měl by navrhnout režim následné údržby. Každá oprava by měla být šetrná k pacientovi=stavbě. Stejně jako současná medicína užívá chirurgické metody jen v nezbytných případech, i v opravách památek se již upouští od plošného nahrazování dřevěných stropů ocelovými a železobetonovými a od změn konstrukčního systému. A stejně jako medicína, ani stavitelství by nemělo podléhat módě a nátlaku výrobců a používat zázračné léky = neověřené metody a výrobky. Podobně jako se v současné době stále více uplatňuje „celostní“ medicína, která zkoumá nejen konkrétní chorobu, ale zabývá se celým pacientem, tak i památku musí projektant znát v celé její složitosti – musí se zabývat její historií, změnami, opravami, poruchami minulými i současnými, jejich příčinami, současným stavem i funkcemi. Péče o památku má proti medicíně jednu velkou výhodu – přestože pracuje s pacienty někdy velmi starými a těžce nemocnými, na jejich záchranu a prodloužení života nerezignuje.

Investor formuluje zadání. Pro investora je výhodné spolupracovat s projektantem již ve fázi zadání, u kulturních památek je žádoucí záměr využití včas konzultovat i s orgány památkové péče, zejména s příslušným pracovištěm Národního památkového ústavu, které poskytne odbornou pomoc.

Inženýring (manažer projektu) organizuje přípravu a realizaci, vybírá a pověřuje zpracovatele všech kroků, přebírá jejich práci, je zodpovědný investorovi.

Zpracovatelé průzkumů jsou zodpovědní za kvalitní zpracování svých průzkumů, jsou vybíráni projektantem a manažerem projektu. Projektant by měl být zodpovědný za výběr specialistů, převzetí a kvalitu jejich práce a současně i za úplnost a dostatečnost všech průzkumů.

Projektant je zodpovědný manažeru projektu a investoru za koncepci řešení a kvalitní zpracování projektu; nelze rozlišovat architekta (projektanta stavby) a statika – u památkových objektů jsou jejich autorství, spolupráce a zodpovědnost nedělitelné.

Výběr projektanta je zvláště důležitý u památkových objektů – kromě obvyklých požadavků na kvalifikaci a profesionální zdatnost je nutné zohlednit zkušenosti a praxi, která by měla být doložena referencemi⁴⁾ z realizace konkrétních staveb. V **žádném případě** by neměla být kritériem výběru nabídková cena. Nabídková cena by měla být rozepsána do položek oceňujících dílčí kroky přípravy a zpracování projektu včetně potřebných průzkumů. Nabídky uchazečů by měl investor porovnávat a v případě potřeby sjednotit podmínky zadání.

Zhotovitel stavby je zodpovědný investoru za svoje kooperanty, za dodržení projektu a kvalitu hotového díla. Podmínky výběru zhotovitele jsou obdobné jako při výběru projektanta.

Dozor investora sleduje technickou, ekonomickou a finanční stránku realizace, kontroluje a přebírá práci projektanta a zhotovitele stavby.

Autorský dozor projektanta ověřuje předpoklady projektu, kontroluje a přebírá práci zhotovitele stavby.

Památkový dohled sleduje památkovou stránku realizace, kontroluje práci projektanta a zhotovitele stavby. Na základě vyžádaných průzkumů a vzorků upřesňuje řešení.

Proces přípravy a realizace

Proces přípravy a realizace konzervace, opravy, obnovy, restaurování nebo rekonstrukce historické stavební památky se skládá z postupných fází, které pro účely Metodiky formulujeme jako „*kroky*“. Při celkové opravě památky je žádoucí, aby žádný z těchto kroků nebyl vynechán.

KROK 1 – ZADÁNÍ

Investor formuluje záměry a cíle, společně s manažerem projektu a projektantem je projedná s příslušným pracovištěm Národního památkového ústavu. Již v této fázi by mělo být zadáno (a v Kroku 5 – Koncepce určeno), zda půjde o údržbu, opravu, obnovu, rekonstrukci, restituci nebo jinou formu stavebního zásahu.

4) Omezení přípustných referencí na posledních pět let, které někteří zadavatelé požadují, zkrsluje profil uchazečů s dlouholetými zkušenostmi a přispívá ke komercionalizaci, která je v oblasti památkové péče nežádoucí.

KROK 2 – ZAMĚŘENÍ A DOKUMENTACE SOUČASNÉHO STAVU

Provádějí specialisti, přebírá inženýring a projektant.

Zaměření, které bude podkladem pro návrh zásahu do **nosných konstrukcí**, musí kromě tvaru a kót všech konstrukcí dokumentovat zejména:

- klenby (tvary kleneb sklopenými oblouky, průniky, kóty patek a vrcholů),
- tvar špalet otvorů,
- skutečný tvar a průběh **komínů** včetně sopouchů a komínových dvířek,
- tloušťky stropních konstrukcí,
- dimenze viditelných trámů,
- krovy (příčné řezy všemi typy vazeb, dimenze prvků),
- tvar říms a jejich vztah ke krovu a stropu,
- terén stavebního pozemku (výškové kóty nebo vrstevnice).

KROK 3 – PRŮZKUMY

Provádějí specialisté, přebírá inženýring a projektant. Součástí přípravy opravy stavební památky jsou zejména tyto průzkumy:

Stavebně historický průzkum [69]

- a) archivní průzkum
- b) stavební historie (analýza stavebního vývoje)
- c) pasport umělecky nebo řemeslně hodnotných konstrukcí a prvků

Stavebně historický průzkum je **základním podkladem** a dokumentem nezbytným pro zjištění podoby, změn a důvodů změn i pro analýzu funkce a poruch **nosných konstrukcí**. Pro zpřesnění průzkumu stavebně historického a stavebně statického (zejména zjištění a rozlišení stavebních etap a historie poruch) může velmi účinně přispět jejich koordinace, nejlépe souběžné zpracování a konzultace.

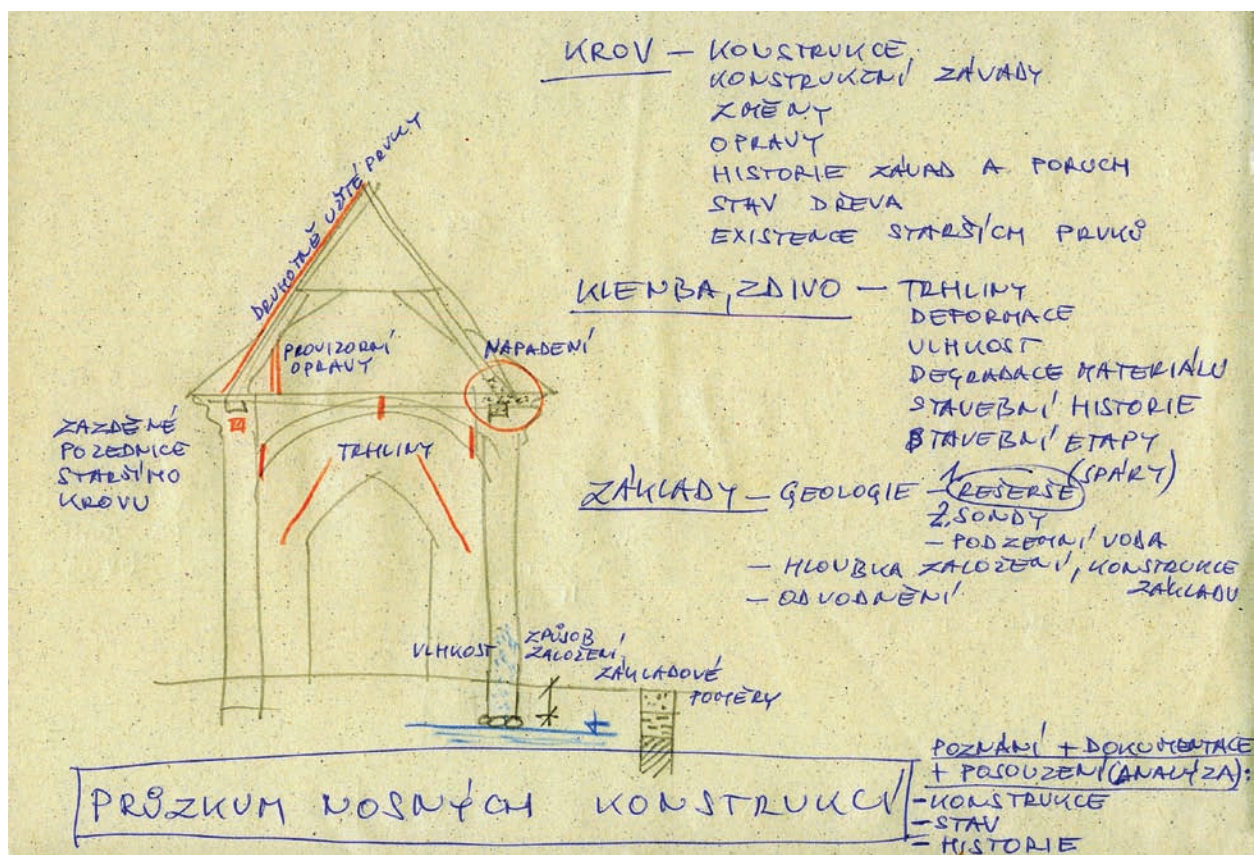
Stavebně technický a statický průzkum

Hlavní součástí průzkumu stavebně technického je stavebně statický průzkum, musí být s dílčími průzkumy stavebně technickými (průzkum doplňkových konstrukcí, izolací, instalací, průzkum vlhkosti, napadení, zasolení apod.) koordinován a musí využívat jejich zjištění (*obr. 1*).

Předmětem zájmu zpracovatele statického průzkumu jsou nejen nosné konstrukce, ale i **vlhkostní** poměry stavby a jejího okolí, **základové** poměry, **stavební historie**, **provoz** stavby, její situace, vztah k okolní zástavbě, **vnější vlivy** atd.

Stavebně statický průzkum

Provádí projektant ve spolupráci se specialisty. Navazuje na ostatní průzkumy → **Krok 3** a měl by s nimi být koordinován, je východiskem *Analýzy konstrukcí* a podkladem pro *Projekt* → **Krok 4 a 5**.



Obr. 1: Průzkum nosných konstrukcí.

Obsah a rozsah standardního stavebně statického průzkumu (posudku)

Průzkum zjišťuje, dokumentuje a posuzuje (zakreslením, popisem, fotograficky, odběrem a analýzou vzorků, sondami, měřeními a výpočty):

- konstrukční systém a jeho změny (reguluje druhotně použité prvky, zjišťuje prvky a doklady starších konstrukčních systémů), spolupůsobení konstrukcí,
- parametry a dimenze konstrukcí a prvků,
- materiály (druh, složení, vlastnosti, kvalitu, narušení, případně zdroje materiálu),
- kvalitu návrhu a provedení stávající stavby, správnost a efektivitu konstrukčních systémů i dílčích konstrukcí, vhodnost a kvalitu použitých materiálů,
- vady:
 - chyby konstrukčního systému,
 - chybějící prvky (odstraněné, neprovedené),
 - vady materiálu (nedostatečná kvalita, poškození, skryté vady),
- poruchy:
 - trhliny, lomy (polohu v konstrukci, směry, šířky, průběh) je třeba rozlišovat:
 - tahové, smykové, ohybové, tlakové...
 - trhliny ve směru konstrukcí (podélné, příčné) jsou *systémové* – jsou obvykle projevem vady nebo poruchy konstrukce (například nevhodný konstrukční systém, špatné založení),

- trhliny šikmé (ve svislé rovině) nebo diagonální (v rovině vodorovné) jsou projevem *lokální* poruchy (podmáčení, pokles, povolení podpory, porucha táhla apod.),
- trhliny dilatační, vzniklé při tepelném a dynamickém namáhání,
- trhliny smršťovací, vzniklé při dotvarování, výsušné trhliny,
- od trhlín je nutno rozlišovat otevřené (zvětralé) spáry,
- deformace: průhyby, poklesy, pootočení, výklony, vybočení, posunutí, boulení, vzpěr (polohu v konstrukci, velikost, směry),
- případné měření deformací,
- propady, destrukce,
- příčiny narušení materiálu, konstrukcí a povrchů:
 - změny stavby a jejího užívání (změny zatížení, přetížení, opravy, přístavby, nástavby, přestavby, rekonstrukce, změny funkce, ztrátu funkce, opuštění stavby, devastace, vandalismus, stavby v sousedství...),
 - vlhkost (zdroj, místo a intenzita vlivu, rozsah narušení, tepelné mosty, vznik rosných bodů),
 - klimatické vlivy (mráz, sluneční záření, větrná eroze, proudící voda, příboj...),
 - chemické vlivy (salinita, koroze...),
 - tepelné namáhání, vnější vlivy, provoz stavby,
 - dilatace (tepelné, dynamické),
 - smrštění materiálu, konsolidace základové půdy, dotvarování zdiva,
 - dynamické namáhání (doprava, zemětřesení, bouřky, vichřice...),
 - biotické napadení (hmyz, řasy, plísně, houby...),
 - mimořádné vlivy (povodně, požáry, havárie, válečné události...),
- možnosti využití objektu a jeho omezení,
- historii poruch.

Doporučená skladba standardního stavebně statického průzkumu (posudku)

- a) Zadání
- b) Podklady
- c) Popis stavby a jejích konstrukcí (materiály, konstrukční systémy, jejich vzájemný vztah a funkce, případně situace, umístění v terénu, okolní zástavba, vnější prostředí – pokud má vliv na stavbu a její stav)
- d) Výčet nosných konstrukcí, které tvoří podstatu **památkové hodnoty**
- e) Stručná stavební historie (okolnosti důležité pro konstrukční systém a jeho změny)
- f) Současný stavebně statický stav
- g) Příčiny poruch původního (v době vzniku stavby) a současného stavu (vyhodnocení závažnosti, historie poruch, podle potřeby i *statický výpočet*)
- h) Nutná okamžitá opatření (provizorní výdřeva, provizorní zastřešení, oprava krytiny a odvodnění, ohrazení, dopravní omezení, úprava terénu, vegetace apod.)
- i) Posouzení možných způsobů opravy a jejich důsledky, výhody a nevýhody,
- j) Doporučený způsob a rozsah opravy (zdůvodnění, ovlivnění památkové hodnoty, odhad předpokládaných nákladů)
- k) Nutné podklady projektu (doplnění dalších průzkumů, průzkumy optickou sondou, nedestruktivní průzkumy, měření deformací, sondáž, materiálové zkoušky, statický výpočet, matematické modelování apod.)
- l) Vyjádření k dosud zpracovaným podkladům (diskuse posudků, návrhů využití, změn konstrukčních systémů apod.)
- m) Doporučený postup přípravy a realizace stavby
- n) Závěr (shrnutí: příčiny poruch, rozsah narušení, nutné opravy, vliv navrhovaného využití a architektonického řešení na nosné konstrukce, památkovou hodnotu a ekonomii řešení)
- o) Projednání

Nezbytné podklady pro zpracování stavebně technického a standardního statického průzkumu (posudku) nosných konstrukcí

Naprosto nezbytným podkladem je zaměření stávajícího stavu, stavebně historický průzkum a znalost situace, terénu, okolní zástavby a možných vnějších vlivů. V případě možných poruch v založení je nutná znalost geologie a hydrogeologie staveniště. Nutný je i průzkum vlhkosti stavby a jejího okolí a zjištění příčin zvýšené vlhkosti. U dřevěných konstrukcí je nutný průzkum napadení.

Uvedené podklady musí být v **plném** rozsahu k dispozici při **analýze** průzkumů, tvorbě **konceptu** a **projektování**.

Pro *předběžný* posudek (průzkum) pro záměr opravy nebo stavebních úprav mohou zkušenému pracovníku postačit i schematické plány, základní údaje o historii stavby a důkladná prohlídka stavby. I v tomto případě je ovšem nutné se zabývat všemi skutečnostmi a vlivy, na nichž závisí funkce a stav nosných konstrukcí (konstrukční systém a jeho funkce, materiály, vlhkost, geologie, napadení, historie poruch). Zpracovatel předběžného průzkumu/posudku **musí** v hlavních rysech charakterizovat historii objektu, jeho stavební vývoj, změny konstrukčních systémů a historii poruch, musí být schopen orientačně zjistit narušení materiálů, druh, rozsah a závažnost napadení dřeva, zjistit příčiny zvýšené vlhkosti a posoudit jejich vliv, z geologických map a z morfologie terénu vyhodnotit možné vlivy geologie podloží. V předběžném posudku je třeba uvést, které průzkumy a posouzení (sondáž, materiálové zkoušky, *statický výpočet*) se musí doplnit v dalším stupni přípravy stavby.

Fáze průzkumu

1. *Předběžný průzkum* je jedním z prvních kroků přípravy stavebního zásahu. V případě potřeby se zpracuje *předběžný statický výpočet*. Cílem předběžného průzkumu je:

- posouzení stávající stavby:
 - v případě existence havarijního stavu,
 - návrh provizorních opatření pro zajištění bezpečnosti,
 - pro zjištění nutnosti a rozsahu oprav,
 - pro ověření investičního záměru,
- zjištění reálnosti záměru a odhad nákladů,
- vytvoření podkladu pro další kroky procesu přípravy.

2. *Standardní průzkum* je podkladem pro Analýzu průzkumů, návrh Konceptu a Projekt. Obsah a skladba viz výše.

U objektů v havarijním stavu, při každém zásahu do nosných konstrukcí (včetně změn otvorů v nosných stěnách, zásahů do komínů apod.), při zvýšení stálého nebo užitného zatížení (včetně změn příček), při přístavbách, nástavbách a vestavbách podkroví, při zásahu do základů nebo při zřizování nových podzemních prostor je **nutnou** součástí standardního průzkumu **statický výpočet**. Statický výpočet musí být v rozsahu uvedeném v dalším odstavci zpracován pro Analýzu a před schválením Konceptu řešení.

Cíle standardního průzkumu:

- definice konstrukčních systémů stávající stavby, zjištění jejich funkce a závad,
- zjištění příčin poruch a posouzení možností jejich odstranění,
- posouzení stávajících konstrukčních systémů,
- posouzení záměrů stavebních úprav vzhledem k možnostem objektu a jeho nosných konstrukcí,
- posouzení nutnosti a možností doplnění nebo změny konstrukčních systémů a důsledků těchto změn pro zachování autenticity a památkové hodnoty stavby.

3. *Detailní (doplňkový) průzkum* se provádí v průběhu projektování pro upřesnění detailů konstrukcí (například vyhodnocení sond ve stropech, průzkum napadení dřeva, kopané sondy apod.). Podmínkou sondáže v památkově chráněném objektu je projednání s **orgány památkové péče**.

4. Průzkum při realizaci se provádí po zahájení stavby na základě projektu se souhlasem a v koordinaci se zhotovitelem. Průzkum má vazbu na stavební práce, často jde o průzkum plošný. Cílem je:
 - ověření charakteru a stavu konstrukcí zjištěného předchozími fázemi průzkumů,
 - **ověření předpokladů** podoby, stavu a funkce nosných konstrukcí,
 - ověření předpokladů statického výpočtu,
 - dokumentace **skutečného stavu** konstrukcí,
 - dokumentace skutečného **rozsahu** stavebních úprav.
5. Plošný průzkum má zásadní význam pro zjištění a dokumentaci **památkových hodnot** stavby a rozsahu stavebních úprav, proto musí být sledován a dokumentován v kooperaci všech účastníků stavební akce (zhotovitelem, dozorem investora, dozorem projektanta a památkovým dohledem, případně i zpracovatelem **stavebně historického** průzkumu).

U většiny historických staveb je možno v prvních fázích přípravy obnovy či stavebních zásahů vystačit s nedestruktivním průzkumem (využitím moderních metod zkoumání nepřístupných prostorů). V žádném případě u památkově chráněných objektů **není přípustné** před zahájením stavby odstraňovat omítky, násypy, krytinu, rozebírat stropy a krovy, kopat sondy. Zásahy do nosných i doplňkových konstrukcí je možno provádět až na základě schváleného projektu, v omezeném a přesně určeném rozsahu nebo na základě **schváleného záměru** v rámci přípravy prací formou průzkumů a zpracování projektu.

Příkladem postupu mohou být dílčí fáze průzkumu krovu, jehož vazné trámy jsou zakryty podlahou půdy:

1. **předběžný** průzkum – projektant zjistí, že krov je v uložení pravděpodobně narušen, je poddimenzovaný, došlo ke změnám jeho konstrukce; projektant navrhne rozsah průzkumů a sondy,
2. **specializované** průzkumy – vyhodnocením sond se zjistí podoba konstrukce, druh napadení dřeva a jeho přibližný rozsah, statickým výpočtem se posoudí konstrukce, na základě stavebně historického průzkumu se určí stavební vývoj krovu a historie poruch,
3. **doplňující** průzkum – byla nalezena zadržovaná pozednice staršího krovu – sondy se rozšíří a zpracuje se dendrochronologická analýza,
4. **ověřovací** průzkum – před zahájením prací dodavatel stavby provede sondy v místech, kde to dříve nebylo možné,
5. **plošný** průzkum – stavební práce na opravě stropu budou zahájeny plošným odkrytím podlahy, ve spolupráci s projektantem bude upřesněn rozsah výměny dřeva,
6. **dokumentační** průzkum – při opravě uložení budou zpracovatelem stavebně historického průzkumu (případně projektantem, restaurátorem nebo památkovým dozorem) dokumentovány starší omítky mezi stropními trámy.

Formy průzkumu

Základní metodou terénního průzkumu je prohlídka objektu, všech jeho částí a okolí stavby. Při prohlídce je třeba využít všech možností, jak zjistit podobu konstrukcí, jejich stav a vzájemný vztah (narušená místa stavby, starší sondy). Zkušený praktik současně s prohlídkou provádí fotografickou i kresebnou dokumentaci. Vždy je účelné využít plánů, které jsou k dispozici. Předběžný průzkum by měl být *nedestruktivní*.

Při detailním průzkumu je třeba zakreslovat zkoumané konstrukce do plánů, kontrolovat přesnost plánů, doplňovat nová zjištění (stav materiálů, spoje, narušení konstrukcí, trhliny, průhyby, vlhkost apod.). *Šířky trhlín* je možno zjišťovat mechanickými a optickými přístroji, s postačující přesností (0,1 mm) je možno šířky trhlín měřit papírovým měřítkem → *zadní strana obálky*.

Pro zjištění, dokumentaci a analýzu trhlín mají velký význam omítky, ve kterých jsou trhliny velmi dobře patrné – z protějších nerovností okrajů trhlíny v omítce je možno přesně zjistit směr působení sil, které trhlínu vytvořily, z oprav trhlíny a z jejího znečištění je možno usuzovat na stáří trhlíny. Trhliny v omítkách upozorní na existenci stavebních etap, jejich stav a způsob oprav pomohou při datování stavebních změn a při analýze příčin poruch.

Z těchto důvodů je naprosto nevhodné a u chráněné památky **nepřípustné** odstraňovat omítky před ukončením průzkumů a bez souhlasu památkových orgánů. Zdůvodnění, že odstranění omítek usnadní poznání charakteru a struktury

zdíva je nepodložené, protože na únosnost zděné stěny má podstatně větší vliv rozsah a způsob jejího narušení trhlinami než charakter zdíva. Zazděné otvory, které se projevují trhlinami v omítce, je možno snadno identifikovat, zazděné otvory, které se trhlinami neprojevují, jsou pro celkový stav nosné zdi méně významné.

Destrukční průzkum zjišťuje sondami podobu a stav konstrukcí. U památkově chráněných objektů by sondy měly mít pouze nezbytný (a předem schválený) rozsah. Pro zjištění skladby stropů může velmi dobře posloužit průzkum *optickou sondou*.

Pro zjištění rozsahu *napadení dřeva* postačí průzkum nedestruktivními technologiemi, zkušený průzkumník nebo tesař zjistí stav dřeva proklepáním. Osekávání povrchu dřeva, které zničí stopy opravy a je vážnou estetickou závadou, je u památkových objektů **nepřípustné**.

Průběžné *měření deformací* a pohybu konstrukcí je důležité v případě, že se předpokládá, že dochází ke zvětšování poruchy. Tento případ může nastat u vážných havarijních stavů nebo například u poddolovaných staveb. Vhodný systém měření deformací by měl být zvolen po konzultaci se specializovanými odborníky. Měření deformací může být důležité při postupném zatěžování nové konstrukce vložené do stavby.

V běžných případech (například při ovlivnění stavebními pracemi, dopravou nebo výkopem stavební jámy v sousedství) postačí na trhliny osadit *sádrové pásy* opatřené datem. Pokud dojde k porušení pásu v řádu hodin nebo dní, jsou nutná opatření pro zajištění stability (provizorní výdřeva, omezení prací v sousedství). Pokud se pásek poruší v řádu týdnů nebo měsíců, je nutno na pásek zapsat datum porušení a šířku trhliny a stav průběžně kontrolovat. Pokud nedochází ke změnám šířky trhliny v řádu hodin nebo dní, je stav stabilizovaný a pohyb v trhlíně je projevem tepelných dilatací případně náhodných otřesů.

Obdobně se postupuje (osazení pásů a jejich průběžná kontrola), při zpracování *statického pasportu* budovy v předstihu před pracemi v sousedství, kterými by stavba mohla být ovlivněna.

Statický výpočet

Statický výpočet je nezbytnou součástí posouzení nosných konstrukcí stávající stavby a návrhu stavebních úprav (viz *Fáze průzkumu*). U památkově chráněných staveb je zpracování statického výpočtu předpokladem **kvalifikované analýzy** poruch a jejich příčin a **zdůvodněného návrhu** opravy/obnovy nosných konstrukcí [viz kapitola Kvalifikace zpracovatele], proto je orgány památkové péče požadováno.

U složitějších výpočtů (například při *matematickém modelování*), které provádějí specializovaná pracoviště, je nutné, aby výpočet byl zadán, a jeho výsledky, interpretace a prezentace byly předávány ve spolupráci s projektantem – zpracovatelem statického průzkumu a analýzy nosných konstrukcí stavby.

Statický výpočet je ve všech fázích procesu opravy/obnovy památky základním dokumentem a podkladem pro posouzení a schválení dílčích kroků, proto musí být zpracován přehledně a takovým způsobem, aby byla možná jeho verifikace. Součástí statického výpočtu, který je spolu s dokumentací předkládán ke konzultaci nebo schválení, musí být **vždy** komentář, ve kterém se uvedou východiska a závěry. V zadání určí dozor investora způsob předání výpočtu (1 tištěné paré vždy pro archiv Národního památkového ústavu).

Doporučená skladba *standardního statického výpočtu*:

1. titulní strana – obsah,
2. údaje o stavební akci, zadavateli, zpracovateli projektu (architekt),
3. údaje o zpracovateli průzkumu, projektu nosných konstrukcí stavby (statik projektanta),
4. údaje o zpracovateli statického výpočtu, autorizace, případně akademická kvalifikace, datum, podpis
5. posuzovaná konstrukce – popis, schéma, dimenze,
6. zadání výpočtu – slovně, případně schémata (posouzení stávajícího stavu, zesílení konstrukce),
7. vstupní hodnoty (zatížení, dimenze, materiály),
8. vlastní výpočet (využití programy, výstupy),
9. *komentář výstupů (interpretace, diskuse) – slovně, případně schémata,*
10. závěr (např. průkaz únosnosti, nutnost zesílení) – slovně, případně schémata, odkaz na nutný další výpočet.

Kvalifikace zpracovatele stavebně statického průřezu/posudku

Statický průřez a analýzu památkově chráněné stavby musí zpracovat stavební inženýr s **autorizací pro statiku a dynamiku staveb** a s prokazatelnou praxí v projektování oprav památkových objektů. Nezbytná je znalost historických staveb a jejich konstrukčních systémů a teorie památkové ochrany.

Nosné konstrukce historických staveb jsou významnou součástí památkové hodnoty, a kromě funkce statické jsou vždy základními prvky prostoru, dispozice, architektury a výtvarného i technického řešení stavby. Každý zásah do nosných konstrukcí proto musí být společným dílem všech kooperantů projektanta – nutná je zejména těsná spolupráce architekta a statika. → **Krok 6 – Projekt**

Projektant nosných konstrukcí musí úzce spolupracovat se zpracovateli ostatních průřezů (stavební historie, dendrochronologie, archeologie, geologie, hydrogeologie, petrologie, vlhkost, stavební fyzika, stavební chemie, napadení a ochrana dřeva, měření deformací, zkušebnictví apod.) – je proto nezbytné, aby se v uvedených oborech orientoval. Účelné je, aby uvedené průřezky byly zadávány (a přebírány) ve **spolupráci** s projektantem-architektem a projektantem-statikem (zpracovatelem statické analýzy). Jen tak je možno zajistit průřezky, které jsou nezbytné pro poznání stavby, a ušetřit náklady na průřezky, které nejsou nutné.

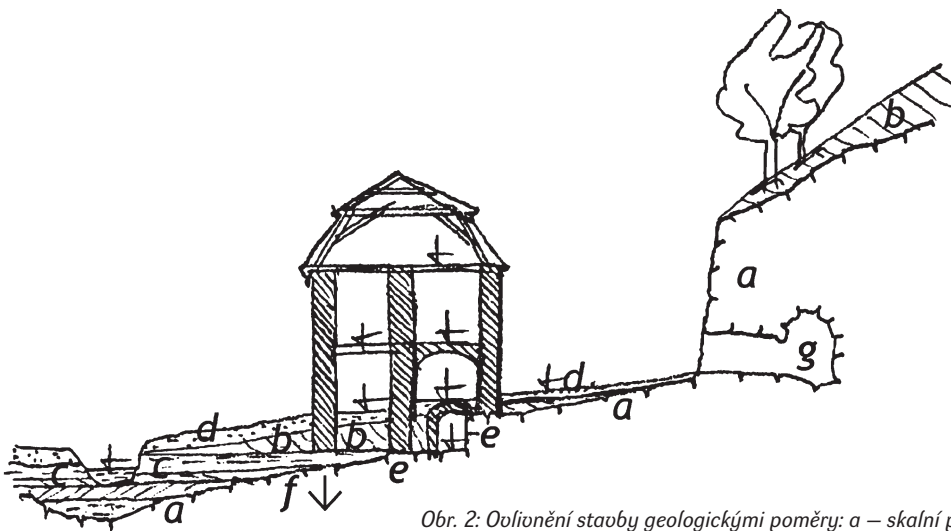
Geologický a hydrogeologický průřez

Geologický průřez zjišťuje geologii staveniště, skladbu podloží, podzemní vodu, vlastnosti základových půd, hloubku a způsob založení (*obr. 2*).

Fáze průřezu:

1. předběžný (archivní rešerše, průřez terénu a zdrojů vody),
2. podrobný:
 - sondy pro určení koncepce (před zahájením stavby),
 - sondy pro ověření koncepce (při realizaci stavby).

Geologický průřez je **nezbytný** v případech, kdy stavba má poruchy charakteristické pro závady v založení. Základní údaje o geologii staveniště je možno získat z geologických map a rešerší geologických archivů, kde je možno vyhledat údaje



Obr. 2: Ovlivnění stavby geologickými poměry: a – skalní podklad, b – svahové hlíny, c – náplav potoka, d – navážky, e – nepoddajný základ, f – sednutí, g – skalní sklep.

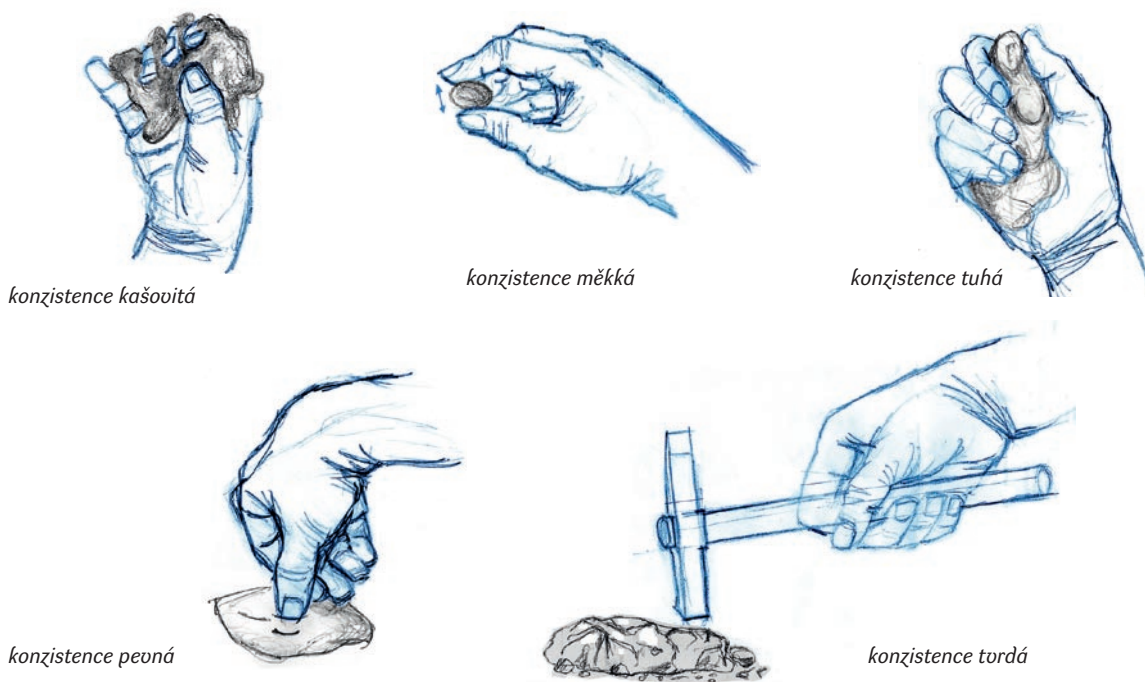
z vrtů nebo sond v blízkosti objektu. Se znalostí konfigurace terénu je možno tyto údaje s určitou mírou přesnosti vztáhnout k danému objektu. Pro předběžný posudek a průzkum stavby takto získané údaje mohou postačovat.

Pro projekt stavby, která má zjevné poruchy v založení, je nutný **sondážní průzkum** základů, který zjistí způsob založení, tvar základů, hloubku základové spáry, geologii základového prostředí včetně podzemní vody a vlastnosti hornin.

V případě vážné poruchy však předběžný výkop sondy může stav základů **výrazně zhoršit**. Ověřeným řešením je v tomto případě zpracování projektu opravy na základě předběžného průzkumu a po vyhodnocení sondy upřesnění projektu formou *úýrobní dokumentace*. V projektu pro stavební povolení a v podkladech pro výběr zhotovitele bude návrh podle schválené koncepce. Provedení, odborné vyhodnocení sond a upřesněný návrh bude zajišťovat zhotovitel.

Je žádoucí, aby každý předpokládaný zásah do terénů kulturní památky nebo objektu v území s plošnou památkovou ochranou byl předem projednán s oprávněnou **archeologickou** organizací, se kterou se dohodnou podmínky provedení a dokumentace sond. Pokud se sondují základy památkově chráněné budovy, je v mnoha případech (zvláště u kostelů a objektů, které měly složitý stavební vývoj) nezbytné, aby sondu vyhodnotil kromě geologa i archeolog a projektant statiky, případně i zpracovatel stavebně historického průzkumu. Příčinou poruch základů bývají v uvedených případech změny stavby (přístavba, změna orientace kostela apod.), které se v důsledku rozdílného založení projevují vznikem trhlin v horní stavbě. Archeologický výzkum tak velmi účinně přispěje k upřesnění stavebně historického vývoje i k objasnění příčin poruch stavby.

Zjištění hloubky založení a vlastností zemin pod základem je velmi důležité v případě založení na **jílovitých zeminách**. Tyto zeminy jsou velmi citlivé na promočení – dochází k změně konzistence (*obr. 3*). Pokud není zajištěna dodatečná ochrana



Obr. 3: Konzistence jemnozrnných zemin. Plasticita zeminy závisí na poměru jemných částic (< 0,06 mm) v zemině, konzistence na obsahu vody (kterou mohou vnější vlivy změnit!). Je patrné, jak podstatně se vlastnosti zemin při promočení změňí.

Konzistence zemin:

- kašovitá se při sevření protlačuje mezi prsty,
- měkká se dá lehce hníst v prstech,
- tuhá se hněte obtížně,
- do pevné je možno vtisknout nehet,
- tvrdá je vyschlá, při úderu kladiva se droší.



Obr. 4: Trhliny vzniklé v důsledku sedání základů na jílovité půdě po provedení drenáže při patě stauby; Trstené, kostel Všechných svatých [116].

základové spáry (min. 1,6 m pod terénem) nebo pokud je k základové spáře přivedena voda (závadou v odvodnění nebo nevhodně provedenou „drenáží“), mohou se mechanické vlastnosti zeminy výrazně změnit (obr. 4).

Z uvedených důvodů je **naprosto nepřípustné** v blízkosti památkově chráněného objektu zřizovat jakékoliv **drenáže** bez geologického průzkumu! Tato výhrada by měla být respektována u **každé stavby**.

Archeologický výzkum

Měl by být proveden při každém zásahu do archeologických terénů – též → **Geologický a hydrogeologický průzkum**. Při projednávání návrhu sondáže a realizace objektů, které zasahují do archeologických terénů je nutné dohodnout, ve které fázi přípravy a realizace projektu bude proveden archeologický dohled nebo výzkum.

U památkově chráněných objektů, které jsou v *havarijním stavu* nebo vyžadují provizorní či předběžné statické zajištění, může být archeologický výzkum prováděn pouze na základě návrhu zpracovaného autorizovaným statikem a schváleného závazným stanoviskem památkového orgánu.

Průzkum vlhkosti

stavby a zdrojů vlhkosti je nezbytný pro zjištění stavu materiálů a konstrukcí a příčin jejich narušení, je základním podkladem pro analýzu a návrh obnovy nosných konstrukcí.

Průzkum napadení dřeva

plísněmi, řasami, houbami a hmyzem je základním podkladem pro analýzu a návrh obnovy nosných konstrukcí.

Dendrochronologický průzkum

(datování dřeva) může být účinným podkladem pro zjištění absolutního i relativního stáří dřevěných konstrukcí, které je spolu se stavebně historickým průzkumem nezbytné pro zjištění historie a příčin poruch stavby.

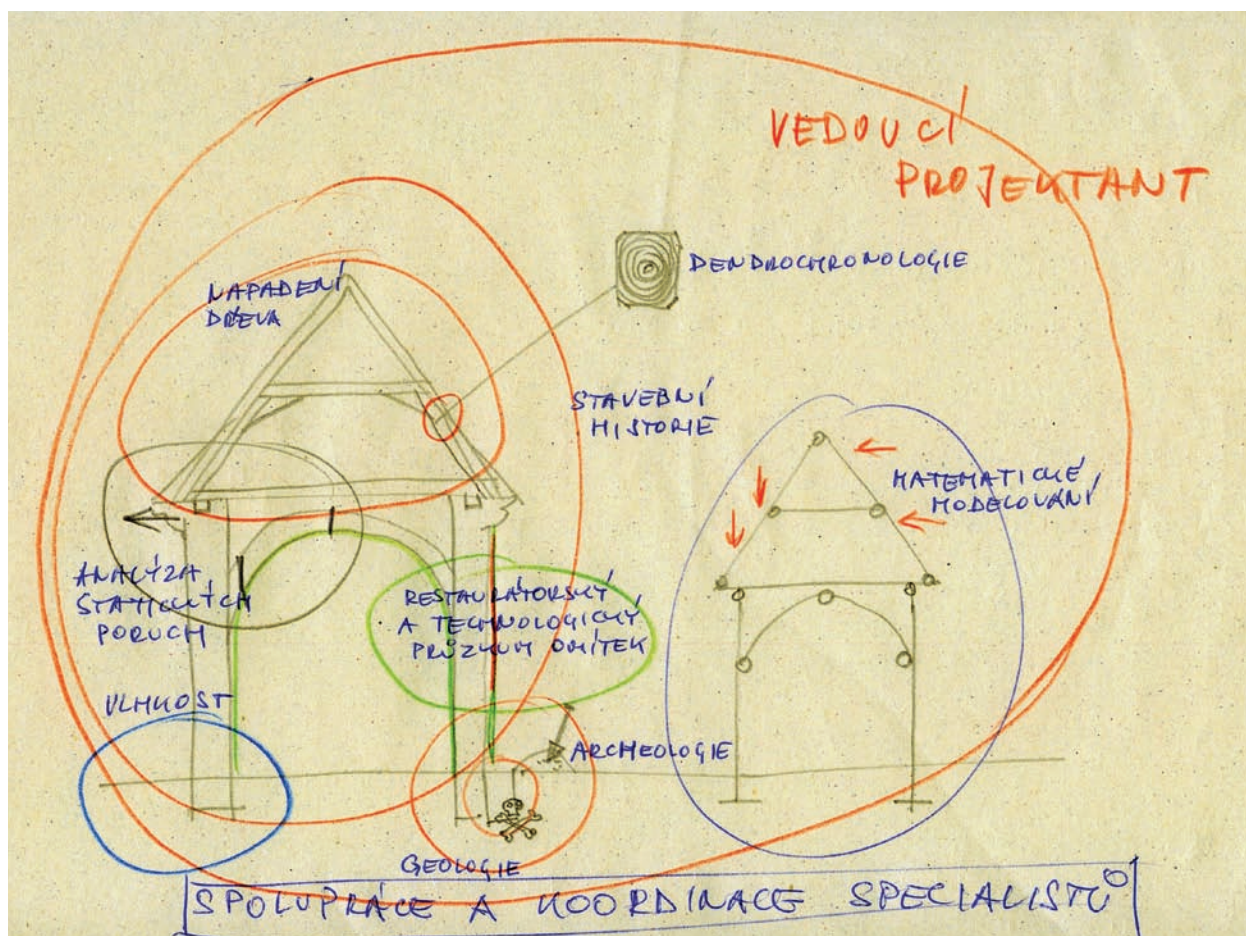
Technologický průzkum

zjišťuje technologie a vlastnosti nátěrů, omítek, malt, kamene, rozsah zasolení, vlhkosti, narušení materiálů a jeho příčiny, je podkladem pro zjištění materiálové podstaty stavby a návrh technologií obnovy.

Restaurátorský průzkum

je podkladem pro záměr restaurování cenných povrchů, prvků a konstrukcí, který v mnoha případech souvisí s obnovou nosných konstrukcí.

Průzkumy stavebně historický, stavebně statický, průzkum vlhkosti a průzkum napadení dřeva jsou u památkových objektů **nezbytné**; průzkum geologický je **nutný** pro posouzení založení, archeologický výzkum nebo dohled by měl být proveden při zásahu do **archeologického terénu**, dendrochronologický průzkum doplňuje průzkum stavebně historický a statický, průzkum technologický a restaurátorský je **nutný** pro návrh opravy a restaurování cenných prvků a jejich povrchů (obr. 5).



Obr. 5: Spolupráce a koordinace specialistů.

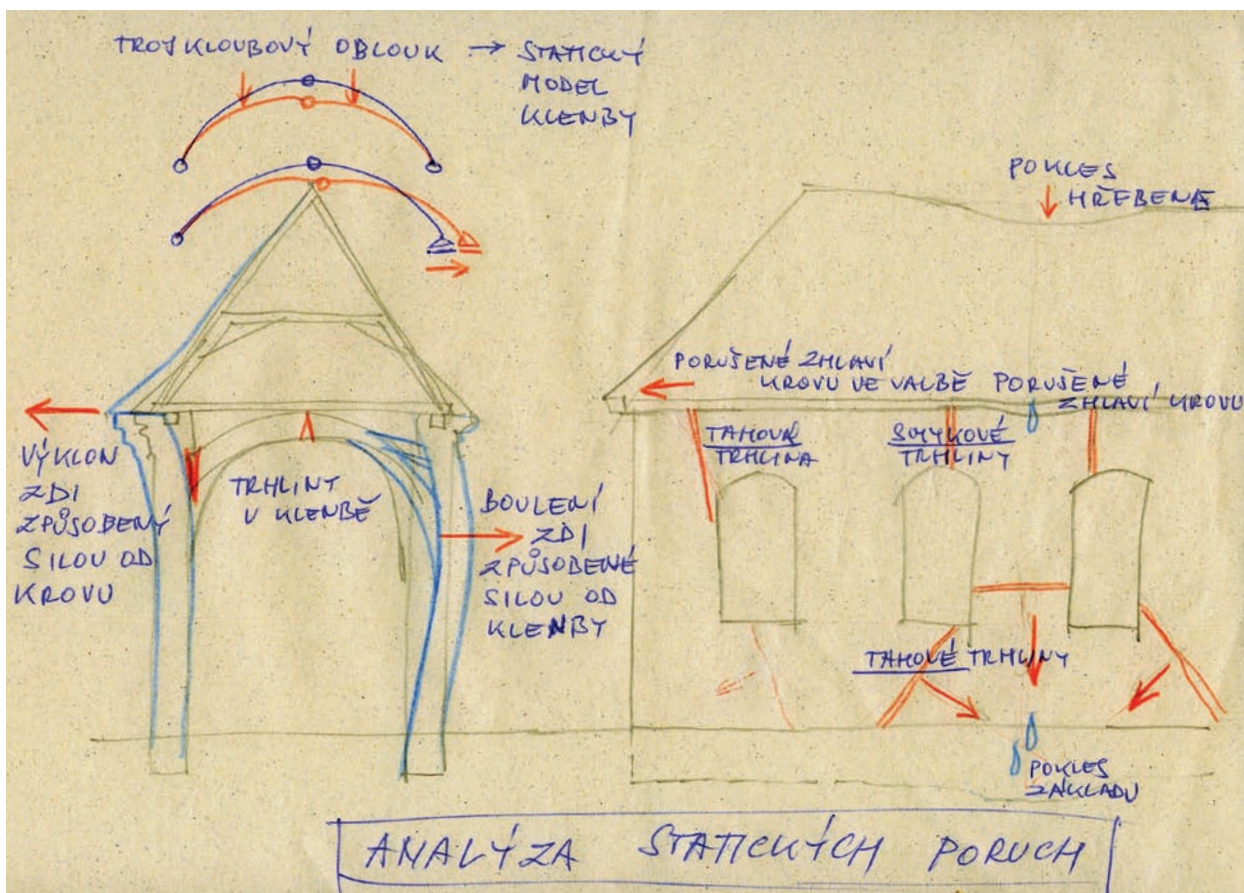
KROK 4 – ANALÝZA PRŮZKUMŮ

Provádí projektant ve spolupráci se specialisty (obr. 6).

Cílem analýzy průzkumů stavby je:

- Zjištění funkce nosných konstrukcí, poruch konstrukcí, příčin poruch a historie poruch. Často je nutný **statický výpočet, ve složitých případech matematické modelování** (2D i 3D).
- Posouzení závažnosti poruch, bezpečnosti konstrukcí a prvků, zjištění havarijních stavů.
- Posouzení nutnosti provizorních a bezpečnostních opatření (provizorní výdřeva, provizorní zajištění nebo zastřešení, dopravní uzávěra, ohrazení...).
- Návrh případných dalších průzkumů a sond.
- Posouzení dimenzí konstrukcí.
- Posouzení záměrů využití a doporučení případných změn využití.
- Prověření možností odstranění příčin a opravy poruch (je nutné probrat **všechny možnosti a alternativy** řešení, nevylučovat a priori možnosti, které se zdají složité, neobvyklé nebo nákladné – mohou být naopak výhodné).

Při analýze může být cennou pomůckou *matematické modelování*. Dnešní výpočtové metody umožňují vytvořit matematický dvojrozměrný či trojrozměrný model konstrukce včetně jejich přetvárných charakteristik, spoju a vazeb prvků

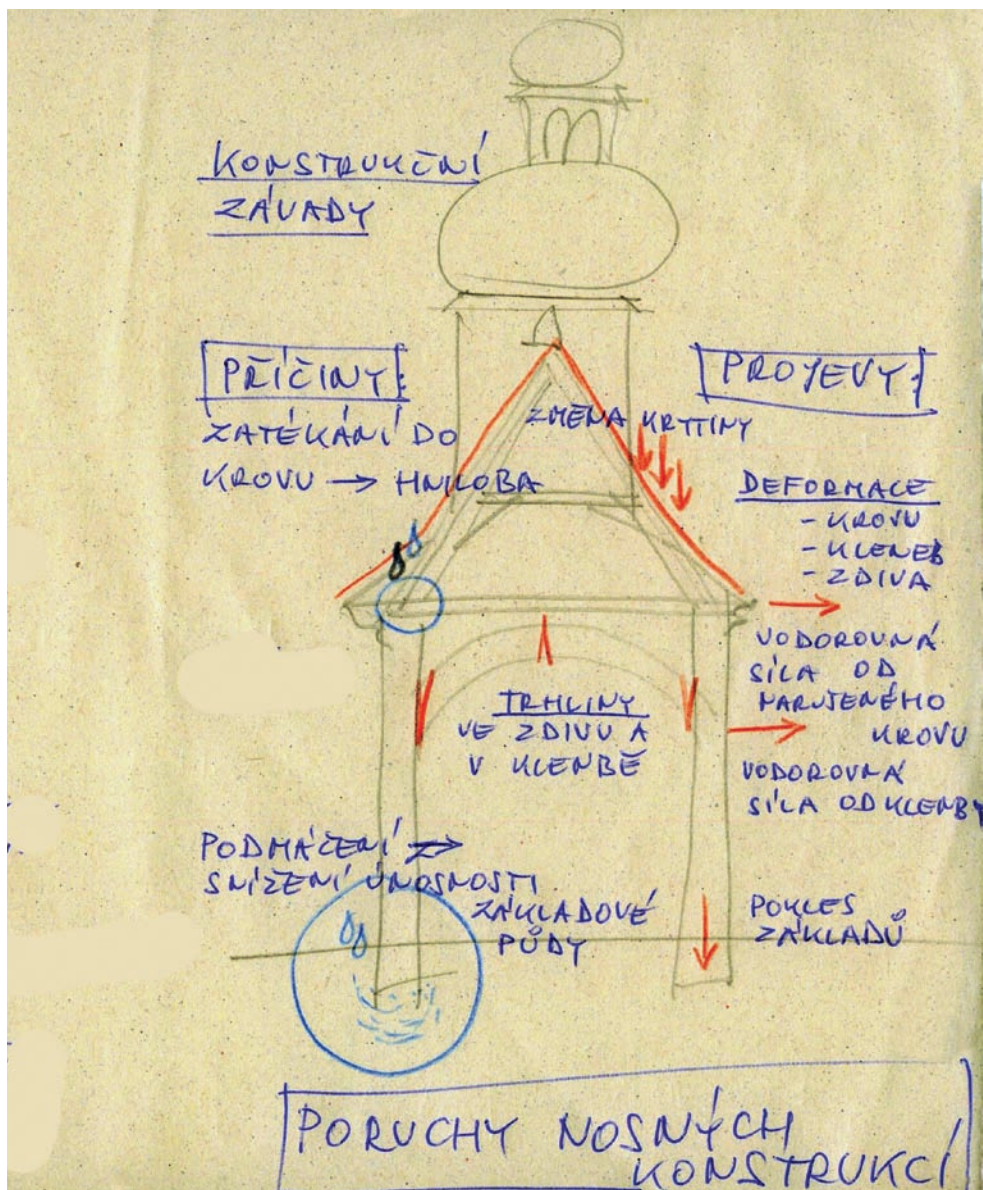


Obr. 6: Analýza statických poruch.

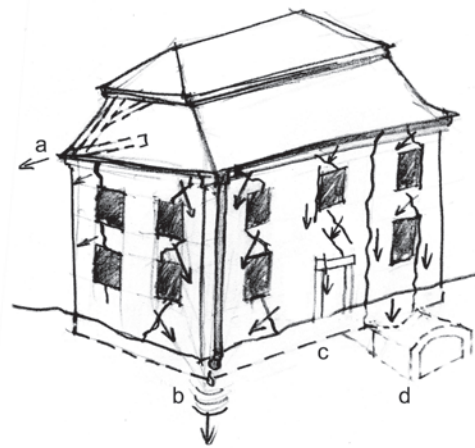
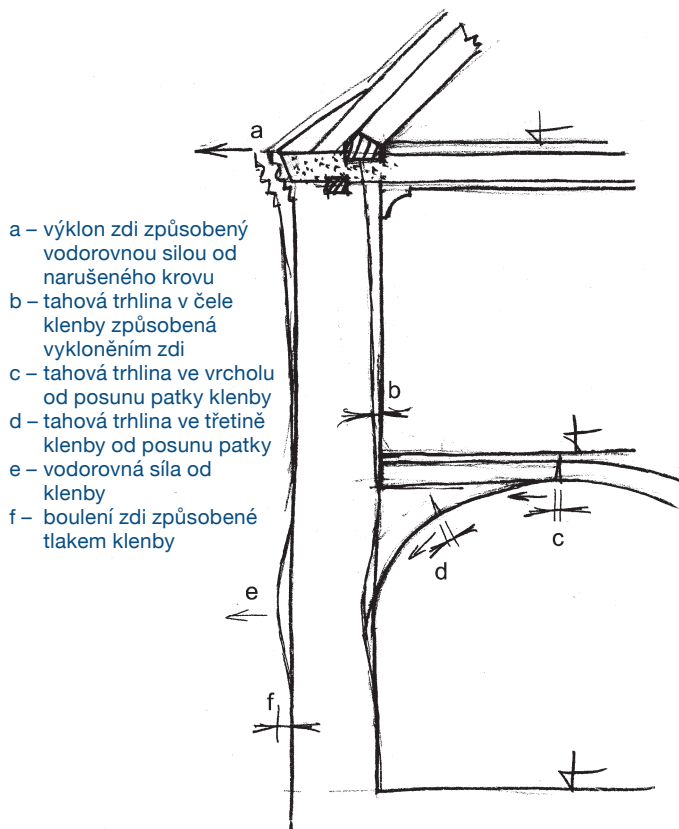
i konstrukcí (klouby, vetknutí), jejich uložení a zatížení, případně vložení existujících vad konstrukce (trhliny). Na základě porovnání s chováním skutečné konstrukce se model zpřesňuje – dokladem správnosti modelu je shoda distribuce napětí modelu s průběhem deformací konstrukce a extrémní napětí modelu v místě vzniku trhlin v konstrukci. Zpřesněný model umožní zjistit slabá místa konstrukce a posoudit, jaký efekt bude mít zesílení exponovaných prvků, vložení prvků nových, případně doplnění konstrukčního systému.

Pro efektivní a památkově hodnotě stavby přiměřený návrh opravy nebo stavebních zásahů do nosných konstrukcí je nutná analýza průzkumu *stavebně statického* a využití zjištění průzkumů ostatních. Nezbytným podkladem analýzy je *statický výpočet* → Krok 3, případně i *matematické modelování* (obr. 173, 174).

Poruchy historické stavby, zejména *trhliny a deformace*, představují velmi významný doklad o působení sil ve stavbě. Charakteristické poruchy nosných konstrukcí historických staveb a možnosti zjištění jejich příčin viz (obr. 7, 8, 9).

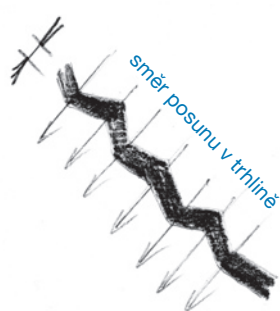


Obr. 7: Poruchy nosných konstrukcí.



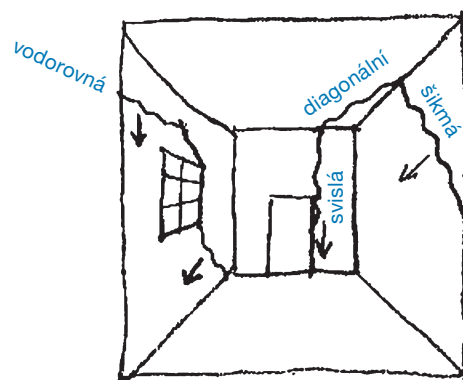
b – Lokální příčiny a projevy poruch nosných konstrukcí;

Obr. 8: a – projevy působení vodorovných sil od krovu a klenby;



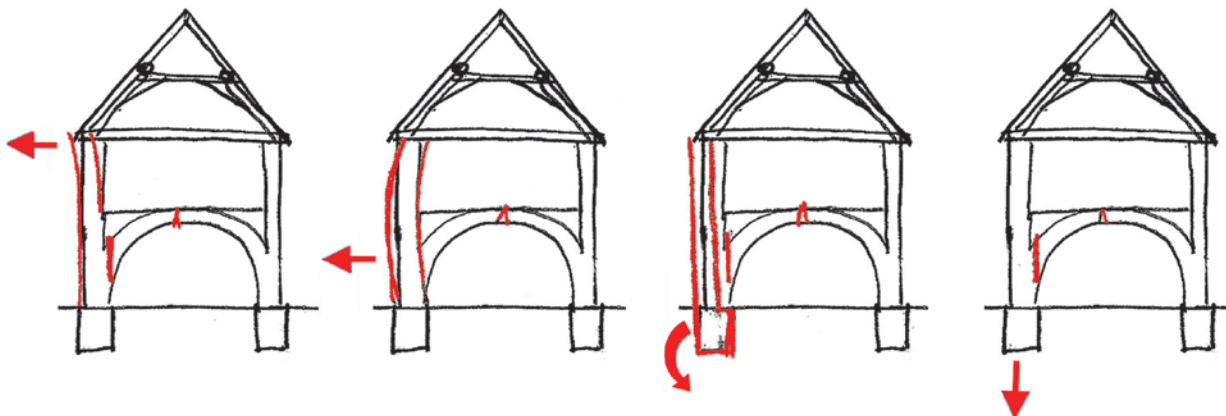
c – Tahová trhлина;

d – Smyková trhлина;



↙ směr pohybu

e – Doporučený způsob značení směrů trhlín.



Obr. 9: Analýza statických poruch – úklon stěny; vyboulení; pootočení; pokles.

Při analýze poruch je třeba si uvědomit, že různé příčiny se někdy projevují podobně. Proto je vždy třeba důsledně rozlišovat trhliny *statické* (jejichž příčinou je působení statického zatížení) od trhlin způsobených *dynamickým* zatížením, trhlin *dilatačních* (jejichž příčinou je působení tepelného a dynamického zatížení), trhlin *smršťovacích* (které vznikají při vysychání/tvrdnutí materiálů – omítky, beton, dřevo), trhlin v klenbách, které působí jako trojkloubový oblouk (obr. 79, 80), případně trhlin způsobených mrznutím promočeného zdiva, korozí železa či krystalizací solí. Od trhlin je třeba odlišit otevřené spáry, které nevznikly silovým působením, ale degradací maltové výplně.

Jako trhliny v omítkách se projevují *spáry* mezi jednotlivými etapami stavby. Pracovní spáry mezi částmi stavby rozdílné tuhosti, mají funkci spar dilatačních, ve kterých dochází k pohybu při tepelném namáhání a otřesech (od dopravy, zemětřesení a dalších vlivů). Velikost pohybu v dilatační spáře je závislá na tom, jak byla spára vyplněna – amplituda pohybů v dokonale vyplněné spáře je malá a trhlinka je dlouhodobě stabilní. Pokud byla pracovní spára mezi dílčími etapami stavby vyplněna nedokonale, může se projevit relativně brzo, k narušení omítky může dojít například i při migraci vlhkosti podél spáry (jako trhlinka se proto mohou projevovat i spáry mezi dílčími etapami omítek). Trhlinkami se mohou projevovat i nedokonale provedené zadržky otvorů.

Ve všech uvedených případech dojde k překročení pevnosti materiálu (zdiva nebo omítky) v tahu nebo smyku, příčiny jsou však zcela odlišné. Některé trhliny narušují pouze omítky nebo povrch konstrukce, trhliny, které jdou do hloubky, ovlivňují nosnou funkci konstrukce.

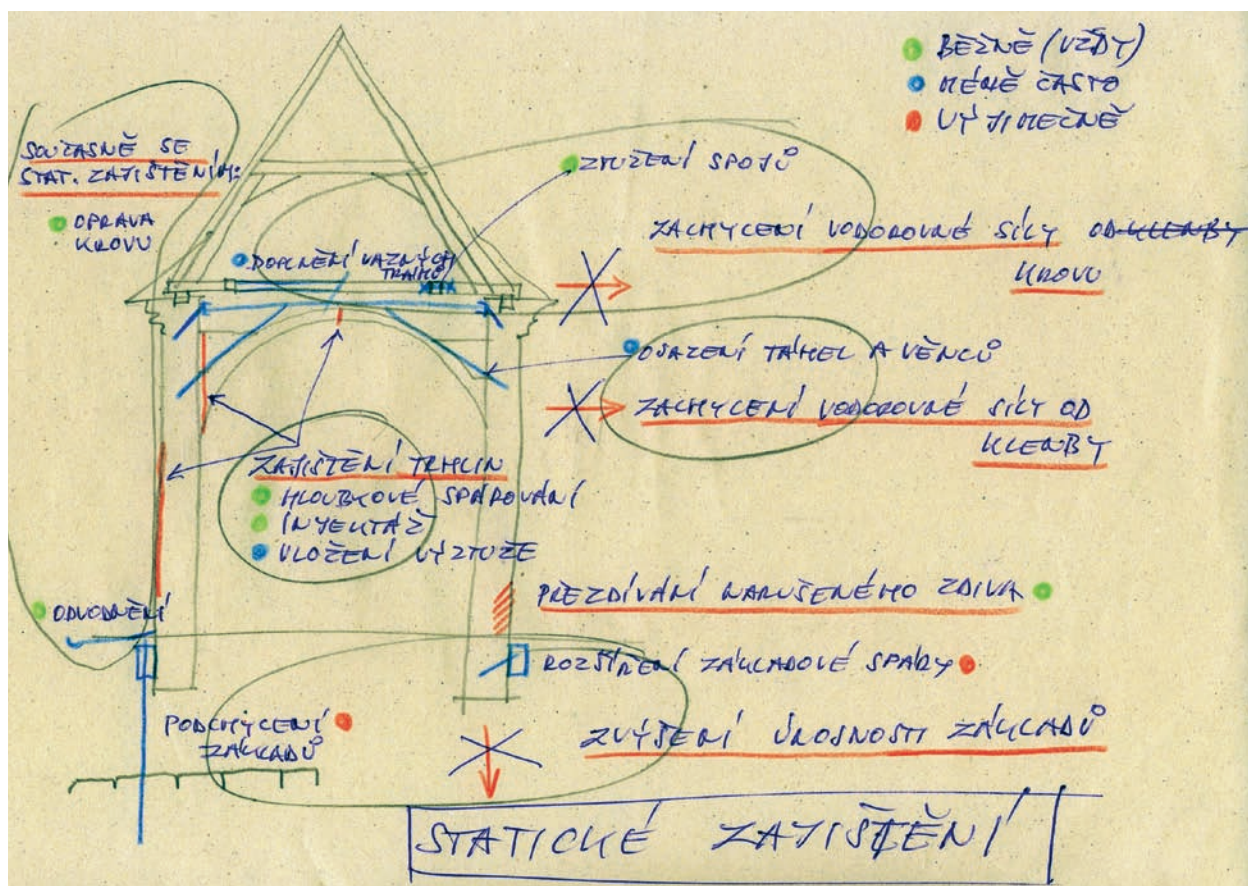
Je třeba se zabývat příčinami vzniku **všech** poruch (i poruch konstrukcí, které nemají nosnou funkci). Poruchy doplňkových konstrukcí a povrchů (které mají nízkou pevnost a relativně malou tuhost) často signalizují deformace nosných konstrukcí, které se (zatím) neprojevily. Například trhliny v podhledech nebo v příčkách dokládají deformace stropů, případně pokles či odklon nosných zdí. Trhliny v klenbách vznikají při deformaci nebo povolení patek kleneb, poklesu nebo pootočení v základech i působením vodorovné síly od krovu (obr. 9, 10).

Z charakteru trhliny je možné určit směr a případně i působiště síly, proto je nutné směry a šířky trhlin pečlivě dokumentovat. Důležité je rozlišit trhliny *lokální*, způsobené místní poruchou nebo závadou, a trhliny *systémové*, jejichž příčinou je vada nebo narušení některé konstrukce nebo konstrukčního systému stavby.

Stejně pečlivě je třeba sledovat, interpretovat a dokumentovat *deformace* konstrukcí.

Z uvedeného je zřejmé, že při analýze poruch nosných konstrukcí je třeba zkoumat stavbu a její prostředí jako celek, není možno se omezit jen na konstrukce, které mají poruchy.

Vždy je nutné zkoumat **všechny** nosné konstrukce, které u historických staveb téměř vždy tvoří stavebně i funkčně propojený systém. Je nutné posuzovat **skutečnou podobu** konstrukčního systému stavby, nikoliv podobu ideální. Důležité je zejména při posuzování *tuhosti* konstrukčního systému, která je u historických staveb dána nejenom tuhostí jednotlivých



Obr. 10. Statické zajištění.

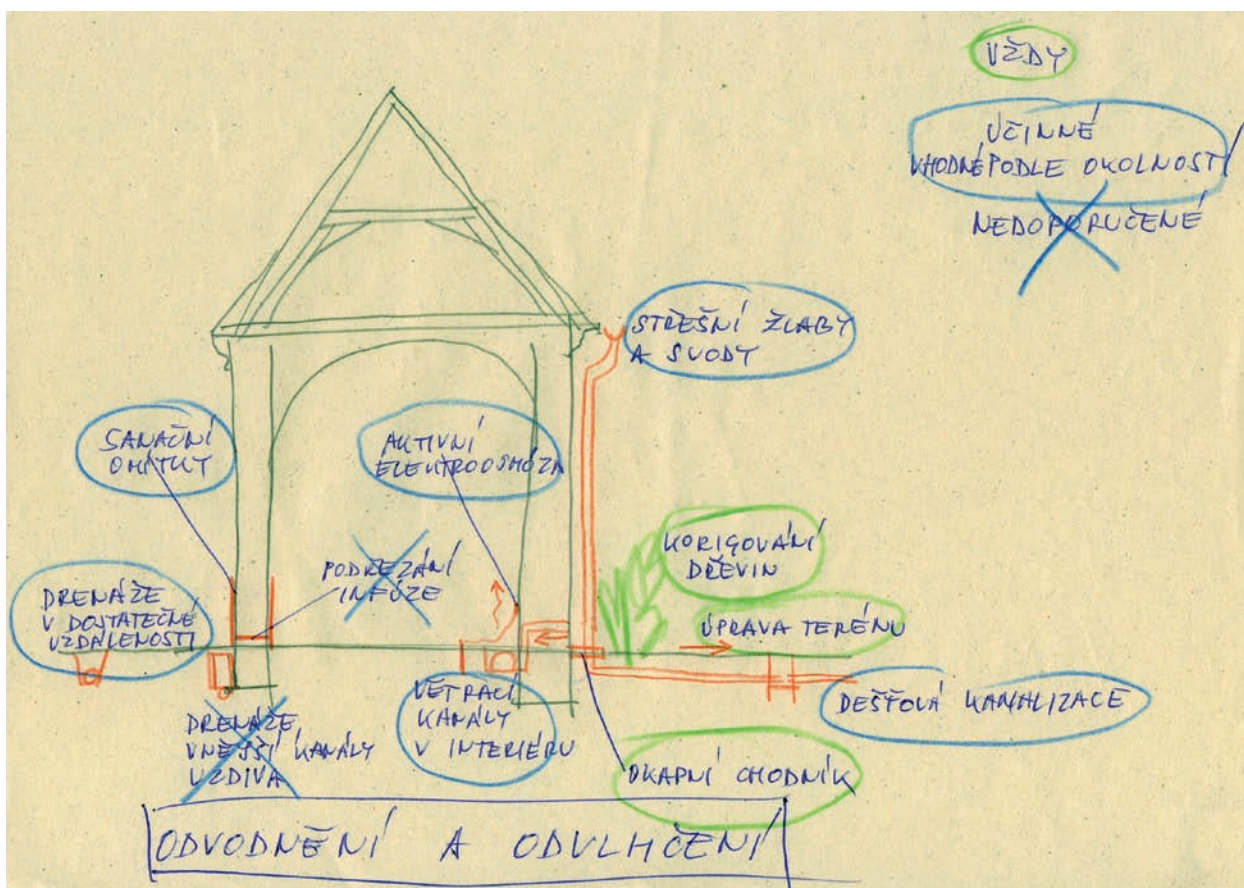
vých konstrukcí, ale i jejich vzájemným provázáním. K tuhosti masivní stavby (schopnosti odolávat působení vodorovných sil – například od krovu nebo klenby) významně přispívá **tření** vyvozené velkou hmotností, není tedy třeba zajištění táhly nebo věnci. Analýza stavby musí v tomto případě prokázat statickým výpočtem, zda tuhost původní stavby byla dostatečná, případně, zda došlo ke zhoršení stavu (například narušením krovu v uložení). V žádném případě není možno bez průkazu výpočtem argumentovat, že „tuhost je nedostatečná, protože stavba nemá táhla ani věnce“.

KROK 5 – KONCEPCE ŘEŠENÍ

Navrhuje projektant, konzultuje a schvaluje inženýring, památkový dohled a investor.

Podkladem Koncepce řešení je *Analýza průzkumů* a vyhodnocení vybraných variant řešení z hlediska funkčního, technického, architektonického, památkového, ekonomického a z hlediska provádění. Koncepce musí být řádně **zdůvodněna a doložena** (ověření předpokladů, případně studie řešení, statický výpočet). Je **nutná diskuse a schválení** (obr. 10).

Každý zásah do historické památky musí být důkladně zvážen a musí být doložena jeho **nezbytnost a účelnost**. Je proto nutné dokumentovat všechny konstrukce, jejich funkci, současný stav a poruchy a zjistit příčiny poruch. Teprve potom je možno vypracovat koncepci opravy a po jejím schválení navrhnout **odstranění příčin a opravu** poruch.



Obr. 11: Odvodnění a odvlhčení.

Volba konkrétního řešení nosných konstrukcí **musí být schválena** již v koncepci, projekt by měl schválený koncept rozpracovat.

Při každé opravě nebo zásahu do nosných konstrukcí stavební památky je třeba důsledně respektovat následující pořadí **priorit**:

1. *konzervace* současného stavu, pokud jsou zachovány všechny funkce konstrukce,
2. *obnova* autentického stavu (=stavu, který je výsledkem stavebního vývoje) opravou, případně výměnou poškozených částí, pokud jsou některé funkce narušeny,
3. *doplnění* konstrukčního systému, pokud měl původní systém vady nebo došlo ke změně podmínek stavby,
4. *náhrada* původního konstrukčního systému, pokud autentický systém není obnovitelný.

Při opravě/obnově památkových objektů mají někdy velký podíl *restaurátorské práce*, které se prolínají s pracemi stavebními. V koncepci řešení obnovy je třeba určit vzájemný vztah prací stavebních (včetně zásahů do nosných konstrukcí) a restaurátorských. Osvědčuje se, když jsou v projektu opravy/obnovy navrženy práce stavební i restaurátorské a je vybrán zhotovitel, který je schopen zajistit obojí.

Principiální význam má *odstranění příčin* poruch zjištěných analýzou statického stavu, které musí být řešeno přednostně. Odstranění příčin poruch se může týkat nejenom vlastní stavby (narušená krytina, nedostatečné odvodnění), ale i jejího

širšího okolí. Příkladem jsou poruchy způsobené vysokou hladinou podzemní vody, jejichž příčiny je třeba koncepčně řešit v předstihu před obnovou vlastní stavby. Tyto problémy **musí** být rozpoznány a řešeny už při zpracování koncepce opravy/obnovy (*obr. 11*).

V případě, že realizace opravy/obnovy stavby bude probíhat delší dobu, je třeba už v koncepci řešení navrhnout *sled prací* (přízpůsobený konkrétním podmínkám), například:

1. **provizorní** statické zajištění,
2. provizorní **restaurátorské** zajištění,
3. **odstranění** příčin poruch,
4. oprava/obnova **havarijních** konstrukcí (včetně nezbytných restaurátorských zásahů),
5. oprava/obnova ostatních konstrukcí.

KROK 6 – PROJEKT

Navrhuje projektant, konzultuje a schvaluje inženýring, památkový dohled a investor. Vyjadřuje se případně zhotovitel stavby. Podrobný návrh řešení podložený **schválenou koncepcí** musí obsahovat také podmínky, způsob a postup provádění stavby, formu kontroly východisek projektu, způsob dílčího i konečného přebírání díla a **plán údržby**.

Ke zpracování projektu by se mělo přistoupit až po **schválení** koncepce, která musí být v dostatečném předstihu zdůvodněna a projednána. U kulturních památek není žádoucí projednávat koncepci řešení až při práci na projektu, případně až po podání žádosti o stavební povolení.

Obsah a rozsah projektu

U vícestupňového projektu, který navrhuje zásahy do nosných konstrukcí památkově chráněného objektu, je žádoucí dodržet v jednotlivých projekčních stupních následující obsah a rozsah:

1. *investiční záměr/studie* (na základě *stavebně historického* a *předběžného statického* průzkumu vymezí a zdůvodní zásahy do nosných konstrukcí ve vztahu k využití objektu a k památkovým hodnotám stavby),
2. projekt pro *územní rozhodnutí*⁵⁾ (obdobný obsah jako 1.),
3. projekt pro *stavební povolení* (předkládá **úplný** rozsah zásahů do nosných konstrukcí včetně návrhu a posouzení dimenzí jednotlivých konstrukcí doložených **standardním statickým výpočtem**, předkládá předběžné restaurátorské záměry),
4. *realizační projekt* nebo projekt pro *výběr zhotovitele* (předkládá **detailní** návrh všech zásahů do nosných konstrukcí doložený detailním průzkumem a statickým výpočtem, podrobný popis prací v technické zprávě a položkový výkaz výměr), v realizačním projektu by už **neměla být měněna** koncepce řešení,
5. *výrobní dokumentace* – v průběhu realizace ji zajišťuje zhotovitel (upřesnění detailů a rozsahu prací na základě plošného průzkumu, restaurátorské záměry zpracované restaurátory zhotovitele),
6. dokumentace *skutečného stavu* – zajišťuje zhotovitel (je archivním dokladem pro investora, uživatele, stavební úřad a památkové orgány).

Autentický systém nosných konstrukcí a jeho funkce je předmětem památkové ochrany. Opravy a doplňky by přednostně měly využívat autentické technologie a materiály. Využití novodobých materiálů by mělo být výjimečné a vždy **dostatečně** zdůvodněné. Tento přístup je u starých památek dnes už samozřejmý, ale i novodobé stavby a technické památky, které jsou dokladem pokroku technologie a vědy v moderní době, je třeba opravovat technologiemi, které byly obvyklé v době jejich vzniku. Priority návrhu opravy/obnovy nosných konstrukcí památkových staveb jsou v → **Krok 5 – Koncepce řešení**.

5) Pokud má být zpracován.

Projekt opravy/obnovy nosných konstrukcí památkových staveb musí ve všech stupních garantovat stavební inženýr s **autorizací pro statiku a dynamiku staveb**. Potřebná kvalifikace je v → **Krok 3 – Stavebně statický průzkum / Kvalifikace**. Osvědčuje se, když statický průzkum, statickou analýzu a projekt garantuje stejná osoba nebo kancelář.

Při návrhu opravy/obnovy nosných konstrukcí je nutná úzká spolupráce a koordinace všech profesí, zejména projektanta architekta a statika, kteří jsou za návrh řešení společně zodpovědní. Předmětem projektu nosných konstrukcí musí být **všechny** zásahy do nosných konstrukcí, včetně úpravy otvorů, nik, prostupů, instalačních drážek, využití komínů, změny příček, návrhu skladeb stropů, podlah, příček apod. Proto je nutná (obvykle již ve stadiu projektu **pro stavební povolení**) volba a koordinace tras instalací, návrhy skladeb konstrukcí, povrchů, výplní otvorů apod. ve spolupráci architekta, statika a projektantů profesí (včetně požárního specialisty a rozpočtáře).

Technická zpráva

Součástí projektu stavebních zásahů do nosných konstrukcí je *technická zpráva, statický výpočet, výkresová část, výkazy proků* a v realizačním projektu *položkový výkaz úměr* (případně předběžný *restaurátorský záměr*).

Technická zpráva je základní součástí projektové dokumentace. Projekt nosných konstrukcí, který je začleněn do celkové dokumentace, by měl mít **vždy samostatnou** technickou zprávu. Doporučený obsah a skladba technické zprávy projektu statiky (podrobnost je dána stupněm projektu):

1. *Podklady* – výsledky průzkumů a jejich analýzy (stavební historie, konstrukční systémy, jejich funkce a stav, příčiny a historie poruch)
2. *Koncepce řešení* – zásahy do nosných konstrukcí a jejich **zdůvodnění** podložené statickým výpočtem, ovlivnění památkové hodnoty stavby, doklad o schválení koncepce (zápis z projednání) → **Krok 5 – Koncepce řešení**
3. *Návrh jednotlivých nosných konstrukcí* a jejich úprav vycházející ze schválené koncepce
4. *Návrh technologie a materiálů* jednotlivých konstrukcí – je žádoucí uvést soupis a popis prací, potřebné vybavení zhotovitele, kvalifikaci odborných pracovníků (tesaři, kameníci, restaurátoři, štukatéři, specialisté na ochranu dřeva) a způsob dílčího přebírání vzorků a hotového díla dozorem investora, projektanta a památkovým dohledem
5. *Způsob a postup realizace* stavebních prací (s ohledem na ostatní konstrukce a profese, restaurátorské práce, archeologický i stavebně historický průzkum a dokumentaci, sondáže a materiálové zkoušky, využití pomocných konstrukcí a strojních zařízení apod.)
6. *Formu kontroly* východisek projektu, způsob dílčího i konečného *prebírání díla*
7. *Zásady bezpečnosti* při realizaci stavby
8. *Plán údržby*

Statický výpočet

Obsah a forma statického výpočtu je stejná jako při zpracování průzkumů → **Krok 3 – Statický výpočet**.

Výkresová část

Výkresová část projektu musí v úplnosti a přehledně dokumentovat všechny zásahy do nosných konstrukcí.

Výkresová část projektu nosných konstrukcí může být součástí celkové dokumentace – je to účelné proto, že v souhrnných výkresech (zpracovaných architektem) jsou dokumentovány **všechny** stavební konstrukce, včetně úpravy otvorů, příček, drážek apod., které mohou výrazně ovlivnit funkci nosných konstrukcí.

Výkresy souhrnných detailů (uložení stropů, krovů, římsy, vikýře) jsou výsledkem spolupráce projektanta architekta a statika, musí být vzájemně schválené a koordinované.

Pokud by plány byly nepřehledné, je vhodné zpracovat výkresy „*hrubé stavby*“, ve kterých je vyznačen způsob a sled zásahů do nosných konstrukcí (bourání, přezdívání, zadržky, osazování překladů apod.). V žádném případě **není vhodné**



Obr. 12: Havárie pražského domu, ke které došlo v důsledku nekvalifikovaného návrhu a postupu práce.

zpracovat výkresy nazvané „bourací plány“ – v praxi se stává, že bourání bylo svěřeno nekvalifikovaným dělníkům a došlo k haváriím (obr. 12).

Výkresy jednotlivých nosných konstrukcí, jejich detaily a příslušné výkazy prvků a materiálu musí být autorizovány projektantem statiky, musí vycházet ze souhrnných detailů autorizovaných architektem, ve kterých jsou zakresleny všechny konstrukce a jejich **skladby** (zdivo, římsy, stropy, podhledy, krov, vikýře, izolace, obklady, krytiny, žlaby, odvodnění apod.).

Položkový výkaz výměr a rozpočet

zpracovává specialista, který vychází ze soupisu a popisu technologií v technické zprávě, z výkresů a výkazu prvků. Zpracování těchto podkladů je třeba s rozpočtářem konzultovat, aby výsledné rozpočtové položky odpovídaly skutečnému charakteru, nákladům a pracnosti prací. Zpracovatel rozpočtu musí mít kromě příslušného softwaru i zkušenosti z oprav památkových objektů.

Tato praxe je zvláště důležitá při rozpočtování staveb financovaných z dotačních programů. Při obnově historických staveb se často vyskytují práce, u kterých není možno uplatnit položky rozpočtářských programů. V těchto případech je třeba vycházet z podrobného popisu práce ve výkazu výměr. Tento popis je společným dílem projektanta a rozpočtáře a měl by být uveden v technické zprávě projektu. Také pro průzkumné, dokumentační a projekční práce, restaurátorské záměry, laboratorní zkoušky apod., které bude nutné zpracovat v průběhu realizace stavby, je nutno vytvořit samostatnou **rozpočtovou položku**.

KROK 7 – SCHVÁLENÍ PROJEKTU

Schvaluje inženýring, orgán památkové péče a investor. Povoluje příslušný stavební úřad. Vyjadřuje se případně zhotovitel stavby.

KROK 8 – VÝBĚR ZHOTOVITELE

Provádí inženýring a investor. Výběr zhotovitele je zvláště důležitý u památkově chráněných objektů, kde je někdy nutné reagovat v průběhu realizace na situaci, kterou projekt nepředpokládal. Proto je nezbytné, aby projekt a průzkumy byly zpracovány kvalifikovaně a s dostatečnou podrobností. Přesto může dojít ke změně technologie nebo rozsahu navrženého řešení, které budou vyžadovat zvýšení nákladů nebo prodloužení lhůty stavby. Nabídka zhotovitele s tím musí počítat.

Nabídková cena musí být rozepsána do položek oceňujících jednotlivé práce podle pracnosti a rozsahu (včetně položkově ohodnocených restaurátorských prací), součástí rozpočtu musí být i předpokládané sondy a jejich vyhodnocení, laboratorní zkoušky, dodatečné průzkumy, zpracování výrobní dokumentace a restaurátorských zpráv. Nabídky uchazečů by měl investor porovnávat a v případě potřeby sjednotit podmínky zadání.

Výše nabídkové ceny by neměla být jediným kritériem výběru. Hlavním **hodnotícím kritériem**⁶⁾ výběru zhotovitele by měly být zkušenosti a praxe, která by měla být doložena referencemi z realizace konkrétních staveb.

KROK 9 – REALIZACE STAVBY

Provádí vybraný zhotovitel a jeho kooperanti. Probíhá pod dozorem investora, projektanta a památkových orgánů, kteří kontrolují dílčí práce a hotové dílo.

KROK 10 – PŘEDÁNÍ STAVBY

Dokončenou stavbu předává vybraný zhotovitel investoru a inženýringu, vyjadřuje se projektant a památkový dohled.

KROK 11 – ZÁRUČNÍ DOBA

V záruční době se kontroluje kvalita a funkčnost všech součástí stavby. Způsob kontroly je **předepsán v projektu**.

KROK 12 – ÚDRŽBA → IV. / Trvanlivost / Údržba

Údržba je nezbytnou součástí péče o historickou památku, musí být prováděna pravidelně způsobem **předepsaným v projektu**.

Údržba a opravy jsou základní podmínkou existence památkových objektů. Jen díky údržbě a opravám se památky zachovaly do našich časů. U památek je třeba rozlišovat mezi údržbou a opravou. Do kategorie *oprav* patří všechny práce, jejichž cílem je odstranění větších poškození, obnova konstrukcí nebo jejich povrchů. *Údržbou* se nemění konstrukce ani jejich vzhled, cílem údržby je odstranit drobná poškození, zabránit vzniku větších škod a prodloužit životnost konstrukcí

6) Osvědčil se dvoukolový výběr, kdy se v prvním kole otevřou obálky s kvalifikačními předpoklady a zhodnotí se přípustnost uchazečů z hlediska požadovaných kritérií. Poté se otevřou obálky s nabídkovou cenou uchazečů, kteří uspěli. Těm, kteří v prvním kole nevyhověli, se neotevřené obálky s nabídkovou cenou vrátí.

a jejich povrchů. Údržbu zajišťuje vlastník nebo uživatel objektu, musí s tím počítat v provozních nákladech, musí mít vypracovaný systém zadávání údržbových prací.

Oprava i údržba památkového objektu musí být předem **schválena** příslušnými orgány památkové péče. Oprava, ale i údržba znamená zásah do památky, proto musí respektovat autentické hodnoty památky, musí být citlivá a především **kvalifikovaná** – to znamená, že všechny práce musí provádět zkušení pracovníci (řemeslníci) na základě odborného a **zdůvodněného** návrhu.

Údržba památkového objektu má několik cílů:

- ochranu před vlivy, které působí zhoršení stavu materiálu i konstrukcí – tedy ochranu před stárnutím, důležitá je zejména ochrana stavby před srážkovou vodou,
- udržování funkce objektu – jeho konstrukcí i zařízení,
- ochranu památkových hodnot a udržování vyhovujícího vzhledu objektu obnovováním povrchových úprav (nátěrů, impregnací apod.).

Údržbu je třeba provádět včas – dříve, než vzniknou větší škody. Proto jsou nezbytné pravidelné kontroly stavu objektu – každý objekt by měl mít plán údržby, ve kterém je stanoveno, co a v jakých intervalech se má kontrolovat. **Plán údržby** by měl být součástí každého projektu opravy nebo rekonstrukce památkové stavby.

Údržba musí být prováděna pravidelně:

- | | |
|--|---|
| – vegetace v okolí stavby | 2 × ročně |
| – čištění střešních žlabů a svodů | min. 1 × ročně |
| – údržba odvodňovacích rigolů (čištění, spády) | min. 1 × ročně |
| – kontrola a čištění dešťové kanalizace | min. 1 × ročně |
| – kontrola a oprava krytiny a oplechování | min. 1 × ročně, vždy po vichřicích a velkém sněhu |
| – drobné opravy omítek | min. 1 × ročně |
| – opravy vnějších nátěrů | po 2 letech (podle stavu) |
| – hydrofobizace | po 2–5 letech (podle stavu) |
| – oprava rozbitých oken | ihned |

Některé práce je možno provádět svépomocí, odborné práce (opravy krytiny a oplechování) je nutno svěřit kvalifikovaným řemeslníkům, opravy nátěrů a hydrofobizaci umělecko-řemeslných prvků restaurátorům.

III. Materiály, technologie, nosné konstrukce historických staveb

Úvod

Do 19. století se pro nosné konstrukce užívaly zejména tyto materiály: kámen, hlína, cihly (pálené, nepálené), malta, zdivo, vápno, sádra, hydraulické přísady, dřevo. Kovy (železo, měď, bronz, olovo) pouze omezeně (na spoje, táhla, krytiny). Výrobu litiny a později oceli usnadnilo využití uhlí jako zdroje energie.

Historické materiály dobře odolávají *tlaku*. *Tahem* je možno namáhat pouze dřevo a kovy (případně rostlinné materiály – rákos, slámu, pletivo) a v novodobých stavbách železobeton (*obr. 23, 137, 172*).

Zdivo

Zdivo je konstrukce tvořená stavivem (kamenem, cihlami) spojeným maltou. Malta je směs plniva (nejčastěji písku), pojiva a vody, která po ztvrdnutí dodá zdivu pevnost. *Suché zdivo* je zdivo bez malty.

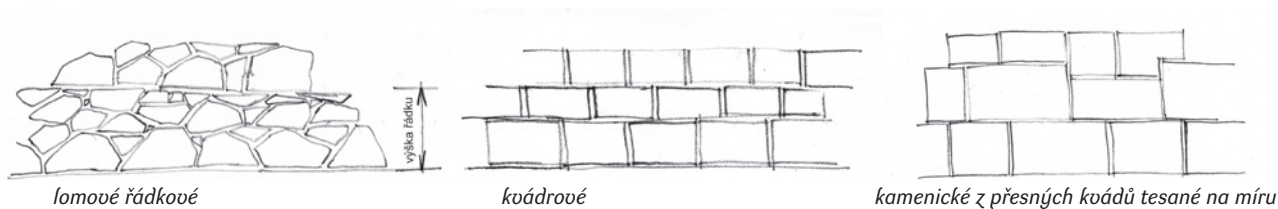
Vlastnosti zdiva určuje materiál a druh staviva, složení malty a podstatným způsobem i **vazba** zdiva, která závisí na *velikosti, tvaru a způsobu opracování* staviva.

STAVIVO

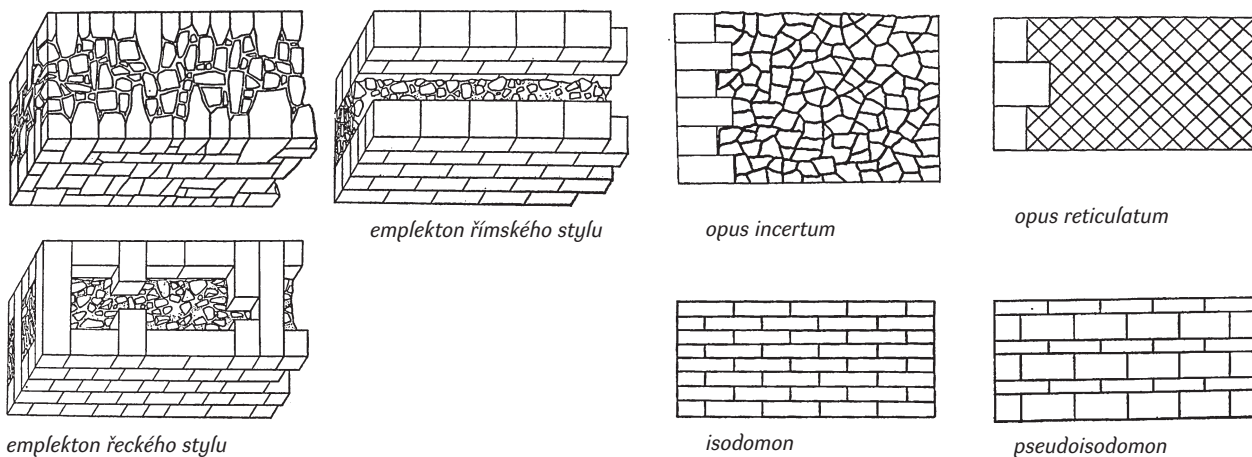
Nejběžnějším stavivem našich historických staveb je *kámen*, jehož vlastnosti jsou dány horninou a způsobem získání (lomový kámen, kámen ze sutí, sbíraný z polí apod.) a opracování (*kopáky* – kvádry vysekávané ze stěny lomu), kvádríky, kvádry, tesané prvky (*obr. 13*). Z kvádrů nebo kvádríků se někdy zdily jen líce a jádro bylo vyzděné z kamene lomového. U zdiva středověkého i pozdějšího se jádro z lomového kamene s lícem z kvádríků vždy pečlivě provazovalo – **nelze zaměňovat** se starořímským *litým zdivem* (*emplekton*), kde líce byly z kvádríků nebo *síťového zdiva* (*opus reticulatum*) z tufu a pevné jádro tvořil „beton“ z vápna a *pucolánu*, případně prokládaný kamenem (*obr. 14, 15*).

Cihly se užívají už od starověku v oblastech, kde kámen není dostupný (Mezopotámie, u nás například středověké stavby v Polabí – Nymburk, Hradec Králové, ale i v Praze). Cihly se liší rozměry a způsobem výroby, který určuje jejich fyzikální vlastnosti.

Nepálené cihly (*vepřovice, kotovice*) jsou časté u venkovských staveb některých oblastí, ale byly užity také u staveb vysoké architektury (zámek ve Veltrusích).



Obr. 13: Kamenné zdivo

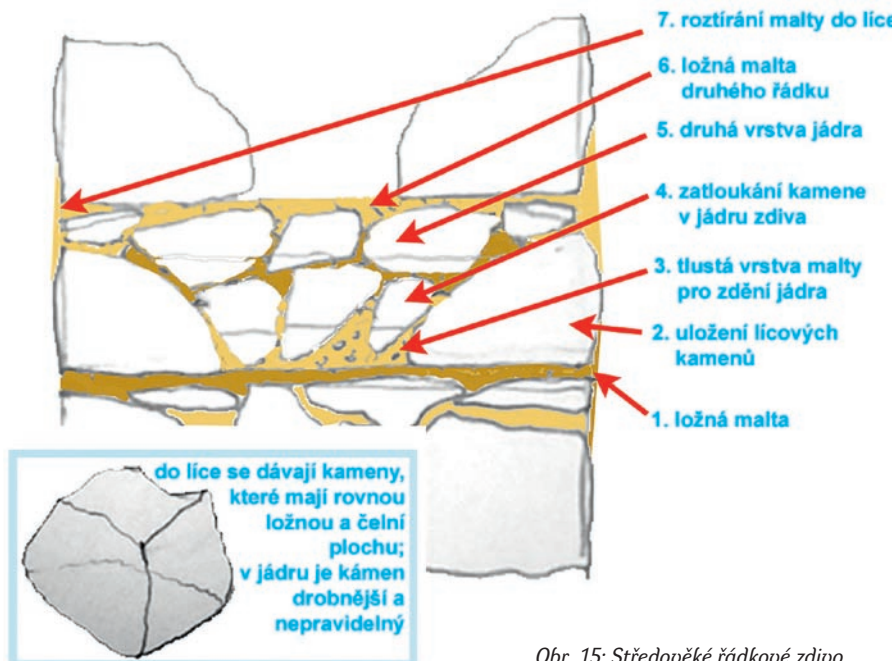


Obr. 14: Římské zdivo

Od renesance je u nás běžné *smíšené zdivo*, ve kterém převládá lomový kámen, a z cihel jsou vyzděny římsy, zadržky tesaných ostění, nároží pilastrů, klenby – prvky, které musejí být provedeny přesně.

Průmyslová výroba cihly zlevnila, od 19. století cihlové zdivo převládá, od konce 19. a ve 20. století se užívají různé pálené tvarovky (duté cihly, příčkovky).

Tvárnice a cihly z různých materiálů a s různým pojivem (struskové, škvárové, cementové, vápenopískové, pórobetonové) jsou běžné ve 20. století.



Obr. 15: Středověké řádkové zdivo

MALTY

Převládajícím pojivem staveb vysoké architektury a staveb, které měly mít dlouhou životnost, bylo *vápno*. Vápno pálené v milířích má určitou hydraulicitu, která je dána vypálením silikátů a hlinitanů, které jsou obsaženy ve znečištěném vápenci, nad mez slinití. K tomu může dojít při nestejněm teplotě pálení. Do malty se přidávaly přísady, které dávaly maltě hydraulické vlastnosti, například cihelná drť, železárenská nebo sklářská struska. V maltě výplňového zdiva Karlova mostu byla zjištěna opuková drť.

Vysokou kvalitou byla známá pražská vápna (*pasta di Praga*) z lomů v Barrandienu. Historické technologie výroby vápna viz např. [28, 39, 40, 137, 138, 221, 222, 223, 240, 245, 247, 252, 253, 263].

V 19. století výrobci vápen postupně zlepšovali kvalitu, pevnost a hydraulické vlastnosti pojiv. Vývoj byl dovršen patentem na výrobu portlandského cementu [90, 208, 218, 247].

Od počátku 20. století až do 70. let 20. století se při opravách historických budov běžně užívaly *cementové malty*, které se kromě vysoké pevnosti vyznačují malou prodyšností. Tyto vlastnosti mohou u staveb ve vlhkém prostředí, které je u historických staveb běžné, způsobit vážné poruchy. Když je vnější povrch zdiva utěsněn neprodyšným spárováním nebo omítkou, hromadí se za lícem vlhkost, která vyluhuje pojivo z původní malty a někdy narušuje i stavivo. Dochází k objemovým změnám (i k mrznutí) v pórech vlhkého zdiva, důsledkem je postupná degradace omítek, malt a staviva a odtržení líce. Porušováno je zdivo ve vnější expozici, zejména u opěrných zdí, ale také u zdí ohradních, jejichž korunou do zdiva proniká srážková voda. Koruna krytá monolitickým cementovým potěrem nebo vyspárovaná cementovou maltou před pronikáním vody do zdiva nechrání, protože při tvrdnutí vznikají v cementové maltě drobné trhlinky, ve kterých kapilární síly udržují srážkovou vlhkost, případně vlhkost z rosného bodu. Nepříznivé působení cementových malt v konstrukcích vystavených povětrnosti se projevilo teprve asi po 50 letech, kdy způsobené škody byly už zjevně patrné (obr. 16).



Obr. 16: Nepříznivé působení cementových malt v konstrukcích vystavených povětrnosti, Jihlava, Hněvoín.

V posledních letech se projevuje stárnutí tzv. *ušlechtilých omítek*, kterými se v předválečné době často opatřovaly fasády. Pokud tyto omítky neměly dilatační spáry, vznikla v nich síť drobných trhlinek, které vzhled příliš nenarušovaly, ale pokud stavba není udržována a do těchto trhlinek se může dostat vzlínavá nebo srážková voda, dochází k degradaci a odtrhávání omítky (obr. 17).

Odstrašující je příklad, kdy byly smršťovací trhliny interpretovány jako trhliny statické, a jejich existencí bylo zdůvodňováno bourání domu (obr. 18).



Obr. 17: Stárnutí tzv. ušlechtilých (cementových) omítek; vodojem Poděbrady; palác Lucerna, 20. století.



Obr. 18: Smršťovací trhliny v cementových omítkách bez dilatací byly interpretovány jako trhliny statické, Praha, Na Šafránce, 20. léta 20. století

Při navrhování a realizaci oprav historických staveb, které jsou často vystaveny působení vlhkosti, je třeba počítat s vlastnostmi historických malt, ale také malt cementových, které byly uplatněny při opravách v průběhu 20. století.

Proto je třeba na základě posouzení charakteru stavby a vnějších podmínek, které ji ovlivňují, zvažovat volbu vhodného materiálu pro malty a omítky. U stavby, která je vlhká, je nutné použít *hydraulickou maltu*, která zajistí dostatečnou pevnost, ale která nebude bránit odvětrání vlhkosti ze zdiva. Řešením jsou vápenné malty s hydraulickou složkou, která se volí podle složení původních materiálů a vnějších podmínek stavby. K dispozici je široký sortiment materiálů, při jejich výběru je vhodné spolupracovat se specializovaným technologem nebo využít ověřené materiály zkušeného zhotovitele. Současné možnosti staveništní výroby a použití průmyslově vyráběných vápenných malt viz např. [137, 240, 251].

Je ovšem nutné počítat s tím, že nastavené vápenné malty mají menší trvanlivost než malty cementové, proto je nutná pravidelná údržba stavby.

U venkovských staveb a u staveb podružných se běžně užívala *hliněná malta* z jílovité zeminy, jejíž ložiska byla v každé vsi. Kvalita hliněné malty se vylepšovala příměsí šterku, písku, vápna. Pro zvýšení pevnosti v tahu (zejména u mazanin) se přidávaly organické příměsi, například řezanka, pazdeří, zvířecí chlupy. Při opravách těchto staveb je nevhodnějším řešením použít malty stejného složení – materiály jsou obvykle dostupné v místě.

Výhodou *sádrových zdicích malt*, které byly běžné v některých oblastech,⁷⁾ bylo rychlé tvrdnutí, které se využívalo při klenutí z ruky (*obr. 19*).

V současné době se užívá široká škála přísad, které zlepšují vlastnosti malt, existují *speciální malty*, které jsou inzerovány jako vhodné pro opravy historických památek. Při opravách chráněných památek jsou přípustné pouze materiály, které danému použití vyhovují, a jejichž vlastnosti jsou průkazně ověřené.

Materiály na bázi umělých hmot, které současné stavitelství užívá i pro zdění, například polyuretanová pěna, jsou u chráněných památek **nepřípustné** (*obr. 20*).

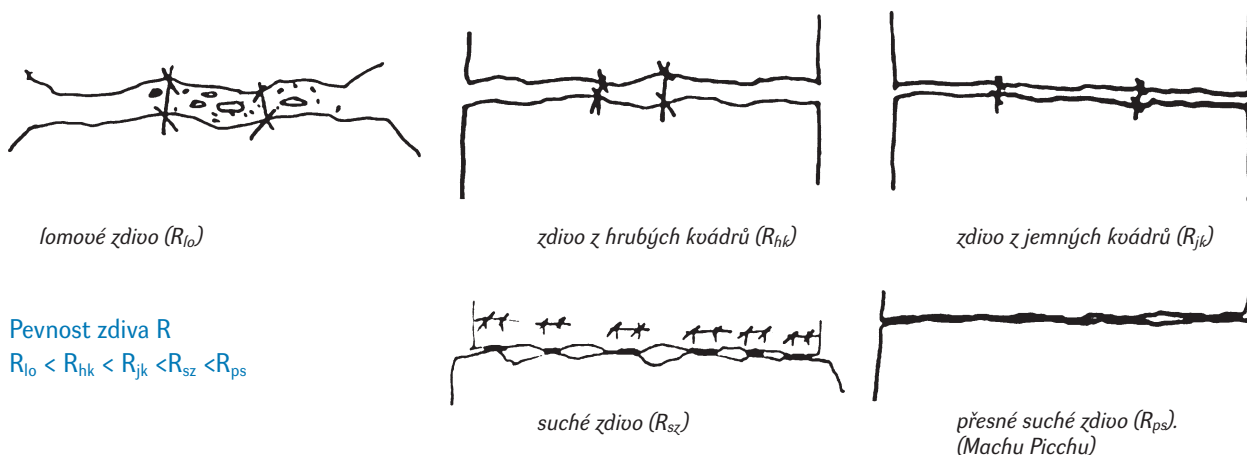


Obr. 19: Klenba z lomového kamene zděná bez podpory na sádrovou maltu, Alqosh, Irák.



Obr. 20: Zdění nebo osazování stavebních prvků na polyuretanovou pěnu není u chráněných památek přípustné. Důvodem je neprokázaná životnost a použití neautentické technologie. V uvedených příkladech byl změněn detail osazení okna, narušena architektura fasády a zmenšena plocha zasklení, 21. století, Praha Malešice, Lenešice.

7) Například katalánská klenba



Obr. 21: Závislost pevnosti zdiva na opracování ložné plochy a tloušťce spáry

MECHANICKÉ VLASTNOSTI ZDIVA

Pevnost

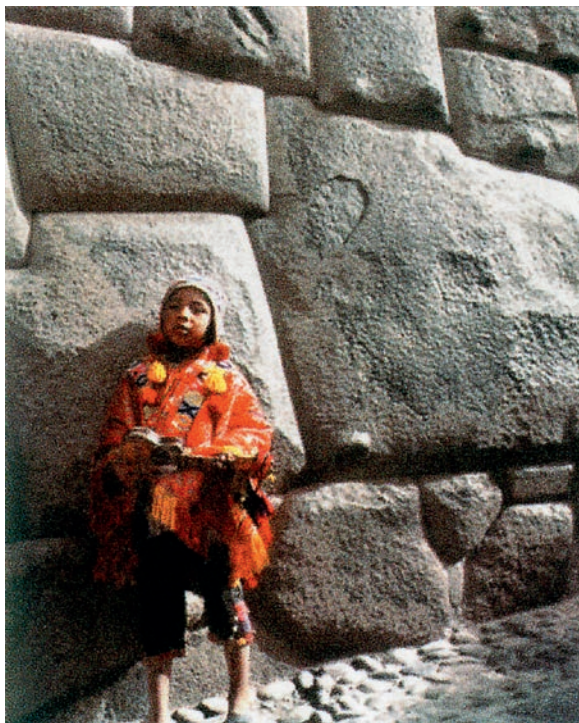
Mechanické vlastnosti zdiva určuje pevnost staviva a malty, ale především vazba, která je dána tvarem a velikostí staviva, opracováním jeho ložných a styčných ploch a pečlivostí provázání. Vzhledem k tomu, že pevnosti malty jsou řádově menší

než pevnosti staviva, je velmi důležité, jaká je tloušťka spáry (*obr. 21*). Pevnost staviva se nejlépe využije, když je spára co nejtenčí – proto je výhodné suché zdivo, kde dosedají plochy staviva přímo na sebe. Tento princip se uplatnil u přesně opracovaných ploch kamene monumentálních staveb (*obr. 22*), je to také důvod jejich mimořádně trvanlivosti.

Nejvyšší pevnosti je možno docílit u *kamenického zdiva* (kameník otesává jednotlivé kvádry na míru pro určité místo ve zdivu) z velkých přesně opracovaných kamenných kvádrů zděných na tenkou spáru. V tomto případě se může uplatnit kámen vysoké pevnosti (u velkých kvádrů je vysoká pevnost kamene nutná). Využití celé ložné plochy a pevnosti kamene se u exponovaných kamenných prvků (gotické fiály) dosahuje osazením na tenkou spáru, která se zalije olovem.

Pevnost zdiva závisí na těchto faktorech (zpravidla v uvedeném pořadí):

- vazba staviva,
- tvar a velikost staviva,
- přesnost opracování ložné plochy,
- tloušťka ložné spáry,
- pevnost malty,
- pevnost staviva.



Obr. 22: Přesné suché zdivo, Chavín de Huantar, Peru, 1200 př. Kr.

Tab. 2B. VÝPOČTOVÉ PEVNOSTI KAMENNÉHO ZDIVA V DOSTŘEDNÉM A MIMOSTŘEDNÉM TLAKU (v MPa) PŘI PORUŠENÍ ZDIVA V KUSOVÝCH STAVIVECH NEBO VE SPÁRÁCH.

Zdivo	Výška jedné ložné vrstvy h_1	Pevnostní značka kamene ^{1B)}	Výpočtové pevnosti zdiva na maltu označenou podle ČSN 72 2430 ^{2B)}						
			15	10	5	2,5	1	0,4	0
	mm	—	MPa						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
kamenné	Z jemných kvádrů podle ČSN 73 2310 s ložnými plochami pemrlovanými (stupeň 131 podle ON 72 1805, výška hrbolek nejvýše 3 mm) ^{3B)}	110	13,8	13,3	12,3	10,9	9,4	8,6	7,3
		80	11,4	10,9	9,9	8,6	7,3	6,4	5,4
		40	6,5	6,2	5,7	5,1	4,4	3,8	3,2
		20	3,6	3,4	3,1	2,8	2,3	2,0	1,7
		10	2,1	2,0	1,8	1,6	1,3	1,1	0,9
	Z hrubých a čistých kvádrů podle ČSN 73 2310 s ložnými plochami čistě špicovanými (stupeň 091 podle ON 72 1805, hloubka prohlubní nejvýše 15 mm) ^{3B)}	110	11,0	10,6	9,8	8,7	7,5	6,6	5,8
		80	9,1	8,7	7,9	6,9	5,8	5,1	4,4
		40	5,2	5,0	4,6	4,1	3,5	3,0	2,5
		20	2,9	2,7	2,5	2,2	1,8	1,5	1,2
		10	1,7	1,6	1,4	1,3	1,0	0,9	0,7
	z hrubých a čistých kvádrů podle ČSN 73 2310 s ložnými plochami hrubě špicovanými (stupeň 090, hloubka prohlubní nejvýše 20 mm) ^{3B)}	110	9,7	9,3	8,6	7,6	6,6	5,8	5,1
		80	8,0	7,6	6,9	6,0	5,1	4,4	3,8
40		4,6	4,3	4,0	3,6	3,1	2,6	2,2	
20		2,5	2,4	2,2	2,0	1,6	1,4	1,2	
10		1,5	1,4	1,3	1,1	0,9	0,8	0,7	

Pokračování

ČSN 73 1101 - Zrněna b

Tab. 2B — pokračování

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Řádkové ^{4B), 5B)} čisté podle ČSN 73 2310	$h_1 > 150$	110	6,3	6,0	5,4	5,1	4,8	4,2	3,2
		80	5,1	4,8	4,5	4,2	3,6	3,3	3,0
		40	3,2	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,7
		20	2,2	1,9	1,8	1,6	1,5	1,3	0,9
		10	—	1,5	1,4	1,2	1,1	1,0	0,6
Řádkové ^{5B)} hrubé podle ČSN 73 2310		110	4,7	4,5	4,0	3,8	3,6	3,2	2,9
		80	3,8	3,6	3,4	3,2	2,7	2,5	2,2
		40	2,3	2,1	1,9	1,8	1,7	1,5	1,3
		20	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9
		10	—	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,5
Lomové a kyklopské podle ČSN 73 2310		110	—	2,2	1,6	1,0	0,7	0,5	0,3
		80	—	2,0	1,4	0,9	0,6	0,4	0,2
		40	—	1,3	1,0	0,7	0,5	0,3	0,1
		20	—	0,8	0,7	0,56	0,43	0,23	0,1
		10	—	—	0,6	0,5	0,4	0,2	0,1

^{1B)} Viz čl. 31.

^{2B)} Viz čl. 31.

^{3B)} Při výšce kvádrů h_1 rovné 200 mm a větší, avšak menší než 600 mm, se výpočtové pevnosti násobí součinitelem (číselně rovným) $k_z = 0,64 + 0,0009 (h_1 - 200)$, kde h_1 je v mm (např. při $h_1 = 300$ mm je $k_z = 0,73$). Při výšce kvádrů h_1 větší než 1000 mm se výpočtové pevnosti násobí součinitelem $k_{zd} = 1,1$.

^{4B)} Jestliže se pro řádkové čisté zdivo použijí kopáky s ložnými plochami čistě špicovanými (stupeň 091 podle ON 72 1805, hloubka prohlubní nejvýše 15 mm), násobí se výpočtové pevnosti součinitelem $k_{zd} = 1,12$.

^{5B)} Též svisle provazované řádkové zdivo.

ČSN 73 1101 - Zrněna b

Obr. 23: Pevnosti kamenného zdiva podle starší normy

U *zdiva z přesných kvádrů* je pevnost v tlaku několikanásobně vyšší než u *zdiva lomového* – důvodem je právě menší vliv malty a malá tloušťka ložné spáry. U *zdiva lomového* musí mít spára takovou tloušťku, aby byl zajištěn rovnoměrný přenos zatížení z jednoho kamene na druhý. Pokud není u *zdiva z nepravidelného kamene* tloušťka spáry dostatečná, vznikne ve spáře soustředěné zatížení, které může porušit i velmi pevný kámen smykem (obr. 24). Ze srovnání tabulkových hodnot je zřejmé, že u *lomového zdiva* nejsou podstatnější rozdíly v pevnosti *zdiva* z kvalitního nebo méně kvalitního kamene. Rovněž rozdíly v pevnosti malty ovlivní pevnost *lomového zdiva* jen omezeně (obr. 23).

Zkoušky staviva a malty mohou poskytnout spolehlivější podklad pro zjištění pevnosti pouze u *zdiva kvádřového a cihelného*. Kvádřové *zdivo* starších staveb má ovšem často jádro ze *zdiva lomového*, takže mechanické zkoušky nám pomohou pouze při posuzování staveb, které jsou z kvádrů vyzděny v celé tloušťce *zdiva*.

U *zdiva lomového*, které u historických staveb převažuje, je pro pevnost *zdiva* rozhodující **vazba**. Vlastnosti *lomového zdiva* závisí na petrologii kamene, která je určující nejenom pro jeho pevnost a trvanlivost, ale i pro způsob těžby (nebo sběr), možnosti opracování, velikost, tvar a plochy staviva i pro způsoby zdění.

Ze způsobu zdění zpravidla nelze usuzovat na vlivy dobové nebo slohové. Způsob zdění je téměř vždy určen druhem a charakterem kamene, zjištěné shody jsou obvykle regionální – ze stejného kamene se zdí stejně v různých dobách. To je třeba si uvědomit při dnešních opravách – zedníci se musí způsob zdění z místního kamene naučit na staré stavbě. Při opravách *řádkového lomového zdiva* je velmi praktické vyznačit původní řádky šňůrou.

Ve *zdivu* každé stavby vznikají kromě tlakového napětí i napětí *tahová a smyková*, kterým *zdivo* s vodorovnými ložnými spárami špatně odolává. K namáhání *zdiva* příčným tahem od svislého zatížení dochází zejména na nárožích stavby, u pilířů, při vzpěru. Tahová a smyková napětí vznikají ve *zdivu* při namáhání vodorovnými reakcemi kleneb nebo šikmých nosníků, při tepelných dilatacích, při poruchách způsobených poklesy nebo pootočením základů, v důsledku nekvalifikovaně prováděných přestaveb, při dynamickém zatížení.

Pevnost *zdiva* v tahu a ve smyku je velmi nízká, je dána pouze pevností malty – při posuzování stavby nemá praktický význam.

Pevností *cihelného zdiva*, které v 19. století již převládalo, se zabývaly dobové stavitelské příručky – přehled tehdy uplatňovaných zásad (včetně dovolených namáhání *zdiva* cihelného i kamenného) uvádí například [200].

Příčná deformace (tah)

Při jednoosé tlakové zkoušce působí na každý element zkušební tělesa svislé napětí σ_z . Pro zjednodušení uvažujme případ rovinné napjatosti, kde jsou ostatní napětí nulová $\sigma_x = 0$, $\tau_{xz} = 0$. Od tlakového svislého napětí vzniká svislá tlaková deformace $\varepsilon_z = \sigma_z / E$ a vodorovná tahová deformace $\varepsilon_x = -(\mu / E) \cdot \sigma_z$, kde E je modul pružnosti materiálu, μ (lze najít i označení ν) je Poissonovo číslo, které pro homogenní izotropní materiály nabývá hodnot od 0 do 0,5.

U materiálů s malou pevností v tahu dojde při vyčerpání pevnosti zkušební krychle k odtržení okrajových částí od příčné deformace (obr. 25).



Obr. 24: Porušení pevného kamene smykem v lomovém zdivu s nepravidelnými spárami, Zlenice



Obr. 25: Tlaková zkouška zdiva [200]

Stejně se při zatížení tlakem chová zděné těleso – u hodně zatížených nároží vznikají svislé tahové trhliny (obr. 26).

Tření → IV./Statika stavby

Odolnost historických staveb proti namáhání vodorovnými silami je dána především *třením v ložné spáře*. Tření je funkcí svislého zatížení, u zdiva je možno uvažovat součinitel tření $f=0,5$, to znamená, že tření v ložné spáře zachytí vodorovnou sílu, jejíž velikost je rovna polovině svislého zatížení. To je poměrně vysoká hodnota, která dává historickým stavbám, pokud jsou dostatečně masivní, vyhovující bezpečnost. Tření ve vodorovné ložné spáře také dokáže zachytit vodorovnou složku reakce klenby nebo konstrukce se šikmými prvky, pokud tato reakce působí pod úhlem odpovídajícím přeponě trojúhelníka o základně = 1 a výšce = 2 (tedy tzv. „gotickému trojúhelníku“) – to je jeden z principů geometrické konstrukce opěrných systémů (nejenom gotických) staveb (obr. 55, 62, 86). Hodnota součinitele tření $f = 0,5$ se udává pro vlhké zdivo a pro zdivo na zemině – vyhovuje tedy i v průběhu zdění bez podpory.

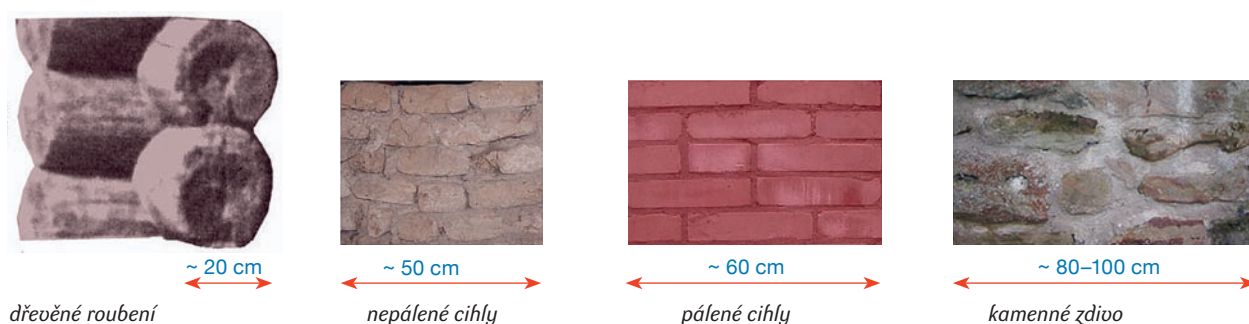


Obr. 26: Tahové trhliny při nároží, Zlenice

Zděné konstrukce

NOSNÉ ZDIVO

Statická funkce zděné konstrukce je dána jejími rozměry a pevností zdiva. Vnější nosné konstrukce historických obytných staveb musely vyhovět také z hlediska požadavků na **tepelnou pohodu** – klimatické poměry stavby ovlivnily tloušťky vnějších stěn a volbu jejich konstrukce (obr. 27). Volbu konstrukce a materiálu nosného zdiva určovaly také stavební náklady a požadovaná trvanlivost, které byly odlišné u různých kategorií staveb. (→ IV. / Kategorie staveb)



Obr. 27: Tloušťky stěn historických obytných budov (v našem klimatickém pásmu) v závislosti na tepelném odporu.

Poruchy zdiva historických budov a jejich příčiny

K překročení pevnosti zdiva v *tlaku* dojde při **přetížení** nebo při **zhoršení jeho kvality** (například působením vlhkosti při zatékání nebo vzlínáním, degradací způsobenou povětrnostními vlivy apod.). K překročení pevnosti v *tahu* nebo *smyku* dojde působením vodorovných nebo šikmých sil (nejčastěji od klenby, narušeného krovu, při poklesu nebo pootočení základu).

Ke *zhoršení mechanických vlastností* zdiva dochází nejčastěji při jeho degradaci působením vnějších činitelů. Největší škody působí *vlhkost*, která mění konzistenci hliněných malt a vyplavuje je ze zdiva; u vápenných malt rozpouští uhlíkatý vápenatý a ve formě roztoku vápenného hydrátu ho vyplaví z malty. V obou případech dojde ke snížení obsahu pojiva v maltě a k výraznému poklesu její pevnosti – pokud do zdiva stále proniká voda, vyplaví se i písek z malty a zdivo se mění v kamennou rovnatinu.

Pokud je zdivo vystaveno povětrnosti, mechanické namáhání vlhkou maltou mrznoucí ve spárách vyvolá posuny jednotlivých kamenů a následně deformace zdiva. Na rozvolňování zdiva se podílejí i tepelné dilatace.

U nedostatečně udržovaných objektů se projevuje i působení *vegetace*, jejíž kořeny chemicky reagují s vápnem i některým stavivem, výraznější bývá poškození zdiva růstem kořenů dřevin.

Dřeviny rostoucí v těsné blízkosti mohou zdivo narušovat mechanicky svými větvemi, ale také zvýšenou vlhkostí vzduchu v okolí koruny, která se může negativně projevat ve vzdálenosti do 2 m i více.

Ve vlhkém zdivu dochází k rozpouštění solí obsažených v maltě nebo stavivu, soli se dostávají do zdiva také se vzlínající vodou. Roztoky solí migrují k povrchu zdiva, kde při vysychání krystalizují a vytvářejí výkvěty. Krystalizačním tlakem v pórech roztušují omítky, malty nebo i stavivo.

Na zdivo působí vlhkost *srážková*, vlhkost pronikající do zdi, která je *v kontaktu se zeminou* a vlhkost *vzlínající*. Před vlhkostí srážkovou zdivo chrání střecha, nezastřešenou zeď kvalitně provedená koruna. Zdivo v kontaktu se zeminou je nutno v každém případě chránit *odvodněním povrchu terénu*, u užívaných budov izolacemi. Vzlínavá vlhkost se může projevovat u všech typů budov – základem zlepšení podmínek stavby je vždy správně navržené *odvodnění* – tedy zachycení a spolehlivé odvedení **srážkové vody**. → IV. / Stárnutí materiálů / Ochrana před vlhkostí (obr. 11)

I u zdiva, které je chráněno před vlhkostí, se může projevit *degradace*. U některého kamene může být degradace způsobena větrnou erozí kombinovanou s tepelným namáháním mrazem a slunečním ozářením. Někde dochází k větrání měkkého kamene (nebo cihel) v režném zdivu, které je proti vlhkosti chráněné. Větrání může více podléhat kámen než pevná vápenná malta spár – jde o podobný jev jako je voštinové větrání pískovců.

Opukové zdivo je velmi citlivé na změny vlhkosti, v důsledku kolísání vzdušné vlhkosti dochází k jeho degradaci i v suchém prostředí. V posledních letech je možno sledovat degradaci opuky v románských sklepech, které byly začleněny do užívaných interiérů, mnohdy vytápěných.

Vždy je nezbytné příčiny degradace zdiva pečlivě rozlišit.

Je zřejmé, že ve výše uvedených příkladech je vhodným řešením ochrana zdiva omítkou (pokud to připouští památkový charakter stavby). *Omítka* představuje dobrou ochranu, proto bylo historické zdivo, zejména lomové (s výjimkou období historismu), většinou omítáno. K historickým povrchovým úpravám patří i *spárování a nátěry* režného kvádrového nebo cihelného zdiva. Při opravách a obnově historického zdiva je **vždy** nutné zjišťovat existenci omítek a nátěrů a po vyhodnocení průzkumu autentické vrstvy chránit a konzervovat.

Pro zjištění příčin poruch je nezbytná analýza stáří, charakteru, rozsahu, šířek a směrů trhlin, které jsou nejlépe patrné v omítkách. Proto je nepřijatelné odstraňovat omítky před dokumentací a vyhodnocením poruch.

V koncepci opravy je třeba vždy řešit vztah mezi nosnou konstrukcí a jejími povrchy. Volba složení zdicích, spárovacích, injekčních a omítkových malt a nátěrů musí být vždy výsledkem **kooperace** technologa, památkáře, projektanta nosných konstrukcí, architekta a v případě památkově cenných vrstev i restaurátora.

Můžeme shrnout: **zdivo (zvláště lomové) by mělo být chráněno střechou a omítkou** – dostáváme se tedy k principu, který uplatňovali již staří stavitelé. U památkově chráněných objektů je ovšem nutno respektovat jejich autentické povrchy, které se v průběhu historie proměňovaly.

Posuzování a opravy zdiva

Po zjištění a dokumentaci charakteru a stavu zdiva je nutné provést **analýzu poruch** → II. / Krok 4 – to znamená určit příčiny poruch, jejich význam, historii a aktuálnost. Nezbytné je rozlišit směry a charakter *trhlin* (svislé, vodorovné, šikmé, diagonální; tahové, smykové; lokální, systémové) i *deformací* (výklon, boulení, pokles), rozlišit *příčiny* jejich vzniku (pootočení základu, působení vodorovných sil od narušeného krovu nebo kleneb, změny stavby apod.) a také charakter a příčiny *degradace* zdiva (fyzikální, chemické vlivy; zatékání, vzlínavá vlhkost).

Často působí více příčin najednou, jejich projevy jsou podobné, někdy byla příčina, která poruchu způsobila, již odstraněna. Příčiny poruch, které konstrukci stále ovlivňují, je třeba **vždy** odstranit (například závadu v krovu nebo podmáčení základů).

Rada poruch stavby souvisí se zvýšenou vlhkostí, proto je třeba současně s průzkumem konstrukcí sledovat *odvodnění* stavby, jeho nedostatky a závady, *zvýšenou vlhkost* v konstrukcích, v okolí stavby i v podloží a příčiny (i historii) tohoto stavu.

Při určování pevnosti historického zdiva je většinou nutné vycházet z hodnot daných normami. U historických staveb převládá lomové, případně smíšené zdivo, jehož pevnosti jsou relativně nízké. **Možnosti zvýšení pevnosti zdiva jsou omezené**, proto je vždy nutné porovnávat zatížení v době stavby (původní) se zatížením navrhovaným. U památky by navrhovanými stavebními úpravami nemělo dojít ke zvýšení zatížení nad původní mez únosnosti.

Ke zpevnění historického zdiva je nutno přistoupit v následujících případech:

- když je přetížené (nebo má být zatíženo nad mez únosnosti),
- je-li narušené trhlinami,
- má-li velkou mezerovitost, protože:
 - je nekvalitně vyzdění,
 - je deformované,
 - malta je částečně vypadaná nebo vyplavená,
- malta nemá požadovanou pevnost:
 - bylo užito pojivo s nízkou pevností,
 - pojivo je vyluhované,
- je degradované stavivo.

Před rozhodnutím o zpevňování zdiva je nutno zjistit historii poruch a **příčiny** nevyhovujícího stavu zdiva. Důležité je zjištění, zda v původní stavbě byla únosnost zdiva dostatečná, kdy a proč došlo ke zhoršení stavu.

Pokud příčiny zhoršení (například vlhkost, působení povětrnosti) trvají, je nutno je odstranit. Pokud je (nebo má být) zdivo přetížené, je žádoucí zvážit možnosti snížení zatížení.

Dalším nutným podkladem je zjištění požadavků na vzhled a charakter zdiva.

Prioritu má zachování památkové hodnoty, kterou tvoří především původní stavivo, jeho opracování a vazba a ve druhé řadě malta, její složení, barevnost a úprava spár. Žádoucí je zvýšení pevnosti zdiva bez rozebírání (přezdívaní).

Pevnost zdiva narušeného trhlinami

Trhliny ve zdivu vznikají při jeho namáhání tahem nebo smykem. K porušení dojde především v maltě, jejíž smyková a tahová pevnost je velmi nízká.

Je vždy nutné zjistit příčiny vzniku trhlin, které je třeba hledat ve statickém působení souvisejících konstrukcí a tahové a smykové síly v první řadě **eliminovat** – obnovením původní tuhosti (krovu, klenby) nebo **zachytit** vhodnou konstrukcí (táhla, kotvy, opěrné pilíře apod.).

Sepnutí trhlin nerezovou šroubovicovou výztuží tahové či smykové síly nezachytí a únosnost zdiva nezvýší, jejich uplatnění je zbytečné, drážky pro osazení výztuže navíc poškozují omítky – využití šroubovicové výztuže pro spínání trhlin se proto **nedoporučuje** (obr. 28).

Velmi nebezpečné jsou *vodorovné* tahové trhliny vzniklé poklesem. Příčina je ve zdivu pod trhlinou nebo v základech – nutné je odstranění příčiny poruchy (například zesílení narušeného nosníku, na kterém je zeď založena) nebo podchycení základů. Vkládání svislé výztuže pro zachycení tahu je **neúčinné** – tahem, který výztuž přenáší, není možno zatížit zdivo nad trhlinou ani pod ní.

Tahovou sílu v *šikmých* trhlínách ve zdivu způsobených poklesem je možno zajistit osazením ocelových prutů do vrtů vedených kolmo přes trhlinu (je nutno dodržet kotevní délky), pokud jde o lokální příčinu (například porušený překlad



Obr. 28: Pro obnovení únosnosti klenby je především nutné zajistit přenos tlaku – tedy co nejlépe vyplnit trhliny hloubkovým vyspárováním – k tomu zde nedošlo. Osazení šroubovicové výztuže do drážek v omítce nezabrání působení tahových a smykových sil, ke zvýšení únosnosti kleneb nepřispívá, je však výrazným zásahem do autentických poruchů, Praha Pohořelec

pod trhlinou), nikoliv o pokles v základech, a pokud bude síla přenesena do místa stabilizovaného. Ocelové pruty většího průřezu ($\varnothing 20$) procházející jádrem zdi jsou vhodnější než měkká šroubovicová výztuž při povrchu, protože zachytí i namáhání momentem. Ocelové pruty je nutno posoudit statickým výpočtem. I v tomto případě je samozřejmě nutné odstranit příčinu poklesu.

K porušení zdiva trhlinami může také dojít působením příčných tahových deformací při *přetížení* (obr. 25, 26). U štíhlých okrajů zdiva oddělených trhlinami se může následně uplatnit vzpěr. V tomto případě je nutné posoudit možnosti zvýšení únosnosti, protože tahové trhliny jsou dokladem toho, že mez únosnosti v tlaku byla překročena. Injektáž trhlin je nezbytná, pro zvýšení únosnosti bývá nutná přídatná konstrukce (opásání ocelovými třmeny, vložení únosného prvku – ocelový sloupek), zesílení zdiva nebo jeho přezdělení.

Vždy je nutné obnovení homogenity zdiva hloubkovým vyspárováním a injektáží trhlin.

Pevnost zdiva mezerovitého

Zdivo, které má velkou *mezerovitost*, je možno zpevnit vyplněním mezer maltou. Do určité vzdálenosti od líce je možno vpravit novou maltu hloubkovým spárováním, mezery v jádru zdiva je možno vyplnit injektáží.

Je však vždy nutné si uvědomit **meze** tohoto řešení:

- pro výslednou pevnost je rozhodující vazba, kterou není možno změnit a která mohla být při deformacích zdiva narušena,
- pevnost nové malty se výrazněji uplatní pouze u zdiva z pravidelného staviva (kvádrů, cihel); u těchto typů zdiva dochází v nepříznivých podmínkách spíše k degradaci malty než ke vzniku mezer,
- významnějšího zpevnění je možno dosáhnout u zdiva lomového, které má obvykle velkou mezerovitost; při působení vnějších činitelů, zejména když zdivem protéká voda (např. u opěrných zdí, nekrytých ohradních zdí, u zřícenin apod.), se mezerovitost zvyší; platí, že čím větší je objem mezer, tím většího zvýšení pevnosti je možno dosáhnout,
- použití malty vysoké pevnosti může být omezeno s ohledem na mineralogické složení kamene – malty obsahující cement nejsou vhodné u většiny pískovců a zejména u opuk; u vlhkého zdiva (což je u zdiva s velkou mezerovitostí časté) je nutné použít vápennou maltu s hydraulickou přísadou, aby rychle nabyla dostatečné pevnosti, **nesmí** však dojít k utěsnění líce – vhodná mohou být trasová nebo pucolánová pojiva,
- při hloubkovém spárování a injektáži dojde k částečné nebo úplné změně vzhledu spár – je nutno počítat s úpravou struktury, barevnosti a povrchu spárování, které by mělo být blízké autentickému stavu.

Příklady zvýšení pevnosti lomového zdiva injektáží maltou o vysoké pevnosti

Objem spár v lomovém zdivu	cca 30 %	<i>pevnost malty</i>
<i>Příklad A</i>		
Objem mezer ve spárách původního zdiva	20 %	
Objem původní malty	80 %	2,5 MPa
Objem injektáže	15 %	15 MPa
Výsledná pevnost malty		$(2,5 \times 80 + 15 \times 15) / 100 = 4,25$ MPa
<i>Příklad B</i>		
Objem mezer ve spárách narušeného zdiva	60 %	
Objem původní malty	40 %	2,5 MPa
Objem injektáže	50 %	15 MPa
Výsledná pevnost malty		$(2,5 \times 40 + 15 \times 50) / 100 = 8,5$ MPa

Z příkladů je vidět, že do zdiva s větší mezerovitostí můžeme vpravit větší množství pevnější malty než do zdiva, ve kterém je původní malta zachována. Ani při opakované injektáži a větší hustotě vrtů se nepodaří vyplnit všechny mezery (v příkladu *A* se uvažuje 95% vyplnění mezer, v příkladu *B* 90%). V obou případech výsledná pevnost malty odpovídá zdivu na cementovou maltu, i když se použije aktivovaná malta vysoké pevnosti.

Je nutno počítat s tím, že výměna malty se podaří jen částečně a jen do určité hloubky zdiva (~50 cm). V případě, že bude 50 % mezer vyplněno novou maltou a malta ve zbylých 50 % mezer má pevnost 0, je potom pevnost výsledné malty rovna jen polovině pevnosti nové malty.

Do této kategorie patří zdivo na *hliněnou maltu*, se kterým se můžeme setkat nejen u staveb venkovských, ale i u staveb středověkých. Charakter hliněné malty může také mít původně kvalitní vápenná malta, ze které bylo pojivo vyluhováno. Zdivo na hliněnou maltu je možno injektovat vápennými nastavenými maltami, možnosti vyplnění mezer novou maltou jsou však menší než u malt vápenných, protože vlhká hliněná malta je plastická a při degradaci zdiva dochází k jejímu dotvarování a lepšímu vyplnění mezer.

Podobně se chová zdivo z nepálených cihel na hliněnou maltu, které se při promočení dotvaruje. Ke vzniku mezer ve spárách nedochází, při deformaci zdiva vznikají trhliny a dutiny, které je možno injektovat vápenocementovou směsí. Ke zvýšení pevnosti zdiva nedojde, injektáž trhlín má však význam pro obnovení homogenity konstrukce stěn.

Pevnost zdiva narušeného povětrností

V případě zdiva narušeného povrchovou degradací kamene nebo cihel je možno posuzovat konstrukci oslabenou o část, která je zvětřalá.

U zdiva kvádrového nebo cihelného záleží na tom, kolik malty bylo ze zdiva vyplaveno a zda je zdivo deformované. Pokud nedošlo k deformaci, je možno najít vhodný způsob nahrazení vyplavené malty hloubkovým spárováním a injektáží. V tomto případě (pokud se zvolí vhodný způsob kontroly obnovení malty ve spárách) je možné se přiblížit kvalitě zdiva původního.

U zdiva lomového záleží na jeho vazbě. Pokud došlo k deformaci zdiva, při které byla původní vazba narušena, je pravděpodobně jediným způsobem, jak dosáhnout kontrolovatelné kvality zdiva, jeho přezdění.

Zpevněním degradovaného **staviva** je možno zpevnit jeho povrch, není však možno dosáhnout původní pevnosti zdiva. Zpevněním povrchu se obvykle vytvoří vrstva s větším difuzním odporem, která může způsobit další degradaci staviva.

Pokud je stavivo (kámen, cihly) degradované, je možno dosáhnout původní pevnosti zdiva tím, že degradované prvky (včetně malty) budou vyměněny za prvky, které svými vlastnostmi budou odpovídat původnímu materiálu. Dojde ke změně vzhledu, proto musí být toto řešení schváleno orgány památkové péče.

Pokud není přípustná výměna degradovaných kamenných prvků (například u sochařsky nebo kamenicky zpracovaných prvků), je možné jejich zpevnění, případně i doplnění restaurátorskými metodami. V těchto případech však dojde pouze k obnovení nebo konzervaci autentického vzhledu a zachování nebo obnovení některých funkcí prvku (celistvost povrchu, odvodnění apod.), v žádném případě však nedojde ke zvýšení pevnosti. Naopak, podle zásad památkové péče musí mít doplňky a povrchové úpravy restaurovaných prvků nižší pevnost než původní materiál, aby při působení vnějších činitelů došlo k degradaci nového zásahu nikoliv autentického prvku.

Restaurování a restaurátorská konzervace

Restaurování a konzervace zdiva a kamene se provádí poměrně často u konstrukcí z tesaného kamene, který degraduje působením povětrnosti nebo vlhkosti. Restaurátoři disponují ověřenými prostředky na zpevnění navětralého povrchu i masivu kamene, doplnění poškození kamene, pro odstranění krust, případně pro zvýšení jejich prodyšnosti. Musí se dodržet zásada odstranitelnosti nového zásahu a nižší pevnosti nového materiálu proti materiálu původnímu. Provádí se jen takové doplnění stávajícího tvaru, které je nezbytné pro funkci prvku (odvodnění, stabilita). Doplnky se provádějí modelací z umělého kamene, tesané vložky se užívají výjimečně. Způsob ošetření a oprav kamene (i památkově cenného spárování, nátěrů nebo omítek) se navrhuje **restaurátorským záměrem**, který musí být schválen památkovými orgány.

V některých případech se dává přednost ochraně kamene omítkou před jeho prezentací.

Preventivní ochranou kamene může být *hydrofobizace*, kterou musí rovněž navrhnout a garantovat restaurátor a schválit orgán památkové péče.

Životnost restaurátorského zásahu je srovnatelná s trvanlivostí povrchových úprav, proto obvykle nelze zvýšit únosnost zděné konstrukce nebo kamenného prvku (s výjimkou vložení kovové výztuže, trnu nebo třmenu).

Možnosti zvýšení únosnosti zdiva

Z uvedeného vyplývá:

- únosnost *nenarušeného* zdiva je možno zvýšit pouze přidáním konstrukcí nebo prvkem,
- injektáž *trhlin* je nutná pro obnovení homogenity zdiva, k obnovení původní únosnosti je nutné zachycení nebo eliminace sil, které trhliny způsobily,
- injektáží a hloubkovým spárováním je možno v omezené míře zvýšit pevnost zdiva s velkou *mezerovitostí* (zejména lomového), případně zdiva na maltu o malé pevnosti → **Pevnost zdiva mezerovitého**,
- *degradované* stavivo je možné nahradit, zpevněním staviva není možno dosáhnout původní pevnosti.

Součástí návrhu opravy musí být → **IV. / Posuzování a návrh opravy:**

- odstranění příčin poruch,
- oprava poškození,
- zesílení nebo výměna poddimenzovaných konstrukcí a prvků,
- doplnění nebo změna konstrukčního systému.

Odstranění příčin poruch bude v konkrétních případech spočívat ve zlepšení odvodnění, v obnovení nebo zvýšení tuhosti stavby, ve zlepšení základů apod.

Doplněním nebo změnou konstrukčního systému (nebo změnou využití objektu) je možno snížit zatížení, které přesahuje možnosti stávajících konstrukcí.

Všechna tato opatření jsou zásadní a je nutné je provést **vždy**. Teprve současně s jejich realizací má význam se zabývat stabilizací exponovaného zdiva.

Základním principem je **individuální přístup** ke každé stavbě, ke každé konstrukci. Proto jsou uvedeny jen *příklady* vhodného či nevhodného řešení:

- U *lomového zdiva* doporučujeme vycházet z tabulkových hodnot (zkoušky pevnosti kamene a malty k přesnějšímu zjištění pevnosti neposlouží). Zvýšení únosnosti lomového zdiva je možno dosáhnout v případě, že je silně narušené, má velký objem mezer a pomocí kontrolované plošné injektáže se dosáhne jejich vyplnění. U lomového zdiva je možno předpokládat objem spár 30 % až 40 % z objemu zdiva, u značně narušeného zdiva bývá jen polovina spár vyplněna maltou. Pokud by se injektáží dosáhlo vyplnění zbylého objemu (což není vždy reálné) maltou vysoké pevnosti, kvalita zdiva obvykle dosáhne jen pevnosti zdiva na maltu nastavenou, která odpovídá pevnosti karbonizované vápenné malty, s níž je možno počítat u starého zdiva, které nebylo vystaveno povětrnosti. Z toho vyplývá, že injektovat mezerovité zdivo má smysl, ale jeho únosnost proti únosnosti vyplývající z tabulkových hodnot *významně zvýšit nelze*. U zdiva s malým objemem mezer ke zvýšení pevnosti injektáží **nedojde**, proto plošná injektáž nemá smysl.
- U zdiva *cihelného a kvádrového* je vliv vazby kontrolovatelný, je možno vycházet ze *zatěžovacích zkoušek* přizpůsobených podmínkám určité stavby.
- Metodika zesílení cihelných pilířů *ocelovými třmeny* je rozpracována, je možno ji ověřit zatěžovacími zkouškami přizpůsobenými podmínkám určité stavby. U zděných pilířů o poměru stran 1 : 1 až 1 : 2 je možno zvýšit jejich únosnost sepnutím ocelovými třmeny – způsoby výpočtu uvádí literatura [175]. Zesilování zděného pilíře betonovou nebo železobetonovou objímkou je u stavebních památek vzhledem k neprodyšnosti betonu, jeho nižší životnosti a neodstranitelnosti **nepřípustné**.
- U zdí, kde převládá délkový rozměr, je účinnost této metody nejistá.
- Zesilování zdiva vyztužením pásky z uhlíkových vláken je v experimentálním stadiu [199, 202, 204], použití u památ-

kových objektů je podmíněno průkazným ověřením účinku a schválením památkovými orgány.

- *Nástřík* narušeného zdiva maltou, případně vyztuženým torkretem, který byl praktikován od 60. let 20. století, způsobil u mnoha staveb, zejména u vnějších ohradních a opěrných zdí nenapravitelné škody. Nástřík neprodyšnou maltou (obvykle ve spojení s cementovou korunou) zabránil odpařování vlhkosti, která do zdiva pronikala korunou i z rubu. Mráz a tepelné dilatace způsobily odtržení nové konstrukce pevně spojené s částí původní zdi. Oprava takto narušených zdí vyžaduje odbourání nových konstrukcí, přezdění a doplnění narušeného zdiva původního. Tímto způsobem byla poškozena řada opukových zdí v Praze (například v Úvoze, u břevnovského hřbitova, obory Hvězda). Cementové omítky a spárování cihelných korun poškodily konstrukce zahrad pod Pražským hradem. Obdobné poruchy způsobilo i spárování kamenného zdiva cementovými maltami (například u hradeb v Jihlavě, v Kadani, Žatci, na Klenové a jinde) (*obr. 37, 39, 49*). K poškození může dojít i u vlhkého zdiva v interiéru vyspárovaného nebo omítnutého neprodyšnou maltou (*obr. 29*). Tato metoda je u chráněných památek **nepřípustná** (*obr. 30*).
- Nahrazení zatíženého zdiva nebo pilíře kvalitnějšími cihlami, kvádrovým zdivem, případně kamenným nebo ocelovým sloupem. Pro návrh tohoto řešení jsou dostatečné podklady.



Obr. 29: Opukové zdivo opatřené asfaltovým nátěrem a cementovou omítkou, fara Měrunice.



Obr. 30: Lomové zdivo spárované cementovou maltou; městské hradby Jihlava; hrad Orlík.



Obr. 31: Oprava hradeb s lícem z režných cihel a jádrem z lomové opuky doplněním vypadlého zdiva, hloubkovým spárováním trhlin a otevřených spar a injektáží, Nymburk.

Pro obnovení původní kvality zdiva má zásadní význam vyplnění narušených spár a trhlin a případně i injektáž trhlin → III. / Zděné konstrukce / Hloubkové spárování a injektáž, které do jisté míry obnoví homogenitu zdiva a zajistí spolupůsobení všech jeho částí. Hloubkové spárování narušených spár a trhlin je nutné provést **vždy** (obr. 31).

Vzhledem k tomu, že exaktní zjištění pevnosti zdiva je problematické a možnosti zvýšení únosnosti jsou omezené, je nutné stavební úpravy navrhovat tak, aby **únosnost zdiva nebyla překročena**. Statický výpočet proto musí vyčíslit *napětí ve zdivu* pro několik stavů stavebního vývoje:

- a) původní stavba,
- b) rozhodující fáze přestaveb,
- c) navrhované úpravy.

Posuzuje se, k jakým změnám napětí došlo v průběhu historie stavby, zda přetížení zdiva způsobilo poruchy, zda v důsledku navrhovaných úprav dojde ke zvýšení zatížení a zda je navrhované přetížení **přípustné**.

Pokud je únosnost zdiva nedostatečná, je nutno hledat takové řešení, aby k přetížení nedošlo (změnit dispozici, vylehčit konstrukci stropů a příček apod.). Aby nedošlo ke změnám zatížení zdiva, je třeba při řešení dispozice památkových objektů v maximální míře **vycházet z dané polohy** nosných zdí a z rozmístění otvorů, které odpovídá rozhodujícím fázím vývoje stavby. Při záměru zbudování dalšího patra nebo využití podkrovní je u chráněné památky nedostatečná únosnost nosného zdiva **limitujícím** faktorem.

V jednotlivých případech, kdy je nosné zdivo silně narušeno trhlinami, značně degradováno nebo přetíženo, je možno narušené zdivo přezdít z pevnějšího materiálu nebo nahradit jinou konstrukcí (např. ocelovým sloupem), přetížené zdivo je možno zesílit přízdívkou. U chráněné památky by takový postup měl být uplatněn jen výjimečně, a proto musí být **zdůvodněn** a doložen statickým výpočtem.

Při posuzování nosného zdiva je nutné vždy přesně zjistit, dokumentovat a posuzovat každé *oslabení* otvory a nikami (i zazděnými), komínovými průduchy, drážkami, prostupy apod. Návrh zřízení nových otvorů, drážek, prostupů apod. musí být při projektování pečlivě koordinován mezi jednotlivými profesemi a posuzován z hlediska únosnosti konstrukcí.

Překlady a základy jsou nejslabším článkem nosného zdiva, proto při poruchách stavby dojde často k jejich narušení smykovými trhlinami v blízkosti uložení, u překladů i tahovými trhlinami při spodním líci. Častou závadou i novodobých ocelových nebo prefabrikovaných překladů je nedostatečná délka uložení (měla by být minimálně stejná jako výška nosníku).

Při nedostatečném uložení může dojít překročení pevnosti zdiva, které se projeví vznikem trhlin ve zdivu pod překladem.

Délku *uložení* nosníků je nutno posoudit statickým výpočtem – při nedostatečné délce uložení může dojít k pootočení stropního nosníku v podpoře a dokonce i k jeho vypadnutí ze zdi (tato závada byla příčinou zřícení trémového stropu, který byl při neodborném bourání přetížen sutí).

Každý zásah do nosného zdiva (přezdívání, *bourání*, zřizování otvorů, osazení překladů,) musí být v projektu detailně popsán, včetně **postupu** a provizorní výdřevy. Zásahy do nosného zdiva musí provádět **kvalifikovaný** pracovník pod dohledem **stavbyvedoucího**.

Hloubkové spárování a injektáž

Technologie hloubkového spárování

Zdivo se hloubkově spáruje, když jsou spáry otevřené do hloubky větší než 3 cm nebo v případě, kdy má být sjednocen vzhled rezného kamenného zdiva.

Trhliny se do maximální hloubky (60–120 mm) vyškrabou – musí se odstranit veškerá zvětralá nebo uvolněná malta i úlomky staviva. Pevná malta, kterou by bylo nutné vysekávat, se neodstraňuje. U zdiva vystaveného povětrnosti a u zdiva vlhkého se odstraňuje cementová malta odtržená od staviva a souvislé plochy cementové malty. Menší plochy cementového spárování, které pevně lpí na kameni, mohou být případně ponechány. U velmi narušeného zdiva se stará malta odstraňuje v menších plochách, které se ihned nově vyspárují.

Vyčištěné spáry se vyfoukají stlačeným vzduchem, navlhčí vodou a ručně vyplní maltou. Malta musí být pomocí vhodných nástrojů (pěchy různého tvaru, špachtle, spárovky) dokonale **zhuštěna**. Trhliny širší než 30 mm se vyklínují přiřezanými plnými cihlami pevnosti 10 MPa nebo pevným kamenem. Namočené klíny se zatloukají do spáry vyplněné maltou.

Uvolněné kameny je nutné vyjmout a znovu osadit.

Při hloubkovém spárování zdiva, které zůstane rezné, je nutné složení spárovací malty, zejména zrnitost a barevnost, stejně jako povrchovou úpravu spár přizpůsobit vzhledu autentického zdiva. Úprava spár musí být schválena památkovým orgánem, obvyklé je zatažení malty do líce kamene, bez vytahování spárovkou. Mechanizované spárování tlakovou pistolí je u památkových objektů **nepřípustné**.

Využití injektáže u historických a památkových objektů

Možnosti využití hloubkového spárování a injektáže jsou uvedeny v kapitolách → III. / Zděné konstrukce; Klenba.

Z praxe a zkušeností při obnově památek vyplývá, že:

- injektáží a hloubkovým spárováním je možno zvýšit pevnost zdiva s **velkou mezerovitostí** (zejména lomového), případně zdiva na maltu o malé pevnosti,
- pevnost **nenarušeného** zdiva není možno injektáží významně zvýšit,
- injektáž **trhlin je nutná** pro obnovení homogenity zdiva – podmínkou obnovení původní únosnosti je nutné především zabránit působení sil, které byly příčinou vzniku trhliny.

Při injektování **trhlin** je třeba si uvědomit, že trhliny ve zdivu vznikají při překročení pevnosti zdiva v tahu nebo smyku. Pevnost injektážních směsí pro zachycení tahových a smykových sil není dostatečná, je proto třeba **vždy** provést důkladnou analýzu příčin vzniku trhlin a působení těchto sil eliminovat nebo síly zachytit jinou konstrukcí.

Současně je třeba zkoumat, zda trhliny mají funkci dilatačních spár. **Dilatační spáry** nebyly v historických stavbách záměrně zřizovány a vznikaly samovolně v místech nejmenší tuhosti stěn, často ovšem v trhlinách statických – vyvolaných konstrukční chybou nebo zhoršením stavu konstrukce (například poklesem základu). Prokotvení trhliny, ve které stavba dilatuje, by mohlo způsobit přesunutí dilatační trhliny do jiného místa – tedy poškození stavby.

Vyplnění trhliny (i trhliny dilatační) je však důležité pro omezení velikosti pohybů vyvolaných tepelným či dynamickým zatížením, protože při pohybu v otevřené trhlíně dochází k propadávání písku, úlomků malty i zdiva, trhlina se klínuje

a rozšiřuje. V běžných případech postačí hloubkové spárování, u trhlin širších než 30 mm je vhodné vyklínování a následná injektáž, aby se trhlina vyplnila do maximální hloubky. Trvanlivost takové opravy dilatační trhliny je samozřejmě omezená, ale je v zásadě stejná jako trvanlivost povrchů stavby (omítek), tedy řádově 30 let.

Zachycení tahových nebo smykových sil v trhlině **zainjektovanými ocelovými pruty** může být účelné pouze u lokálních poruch, například při poklesu zdiva nad porušeným nadpražím.

U trhlin, které byly způsobeny poklesy v základech nebo působením vodorovných reakcí krovu, kleneb, případně jiných konstrukcí, je osazení ocelových prutů, třmenů nebo kotev na trhlinu nevhodné. Ocelový prut tyto síly nezachytí, jeho namáhání tahem nebo ohybem může způsobit další narušení zdiva – řešením je odstranění příčin, které trhlinu způsobily.

Dalším efektivním využitím zainjektovaných prutů může být prokotvení spáry mezi obvodovou zdí a zdí příčnou v případě, že došlo k odklonu vnější zdi působením vodorovných sil od narušeného krovu, od klenby nebo i při pootočení nebo poklesu základu vnější zdi. Ve všech těchto případech je samozřejmě nutné odstranit příčiny vzniku poruchy (oprava krovu, klenby, podchycení základu).

Naopak většinou není účelné pomocí zainjektovaných kotev nebo spínáním ocelovými táhly zvyšovat tuhost stavby. **Tuhost historických staveb** je dána především jejich relativně velkou hmotností vyvolávající tření, které bylo v běžných případech schopno zajistit dostatečnou stabilitu.

V některých případech sice poruchy historických staveb vznikly v důsledku konstrukční chyby, většinou však byly způsobeny dodatečnými změnami stavby a zhoršením jejího stavu. Je proto třeba opět zdůraznit nutnost důkladné **analýzy statického stavu a historie poruch** a odstranění příčin poruch na základě této analýzy.

Zvýšení tuhosti sice může zlepšit odolnost stavby vůči působícím vlivům, většinou však znamená nepřiměřený zásah do historické stavby, a především **neřeší** odstranění příčiny poruchy.

Plošná injektáž

Plošná injektáž může mít význam pouze u zdiva, které je značně mezerovité. Možnosti zvýšení pevnosti zdiva plošnou injektáží jsou omezené, → III. / **Příklady zvýšení pevnosti lomového zdiva**. Záměr uplatnění plošné injektáže u zdiva památkově chráněného objektu je nutné při zpracování koncepce opravy **zdůvodnit a schválit**.

Plošná injektáž se provádí z vrtů, které by měly zasahovat do hloubky asi $\frac{2}{3}$ tloušťky zdi. Před injektáží je nutné utěsnit všechny spáry a trhliny. Hustota vrtů (obvykle 1–2 vrty na 1 m²) a injekční tlak se volí na základě posouzení mezerovitosti zdiva. U značně mezerovitého zdiva se injektuje dvoufázově. Postup je obdobný jako při injektáži trhlin.

Injektáž při opravách kleneb

Injektáž trhlin může přicházet v úvahu i u kleneb, v případě, že pro hloubkové spárování není dostupný jejich rub nebo není (z památkových důvodů) žádoucí odstraňovat násyp. U kleneb, které mají narušené spáry, a u kleneb narušených trhlinami se dává přednost hloubkovému spárování, případně klínování, protože je důležité dokonalé a kontrolované provedení. Dokonalé vyplnění spár v klenbě je nutné proto, aby se obnovil kontakt všech klenáků a byl zajištěn přenos tlaků v celém profilu klenby.

Postupuje se obvykle tak, že se klenba provizorně vyklínuje klíny z měkkého dřeva, mezi nimi se ze spáry vyškrabe navětralá malta a úlomky staviva, spára se vyfouká stlačeným vzduchem, navlhčí vodou a vyplní novou maltou do maximální hloubky. Práce se provádí z líce po úsecích délky 30–50 cm, aby se nenarušila stabilita klenby. Po zatvrdnutí malty se vyjmou klíny a spáry se doplní. Poté se spáry vyčistí z rubu klenby, zalijí maltou a zhutní se. Pokud není klenba přístupná z rubu, injektuje se z líce trubičkami osazenými při spárování. Klenbu v havarijním stavu (narušenou trhlinami, promočenou, deformovanou) je nutno podepřít provizorní výdřevou.

Hloubkovým spárováním trhlin a narušených spár je možno obnovit původní únosnost klenby. Při hloubkovém spárování se musí odstranit veškerá malta ze spár, aby se tlaky mezi klenáky přenášely kvalitní maltou. Pokud použijeme maltu vyšší pevnosti, mohli bychom v tomto případě únosnost klenby i zvýšit. V praxi k tomu však nedojde, protože obvykle bývá narušena jen část spár v místech, kde zatékalo, nebo kde byla klenba deformována. Při opravě a spárování značně narušené klenby, bývá někdy možné (po podepření klenby výdřevou) postupným klínováním korigovat její deformace bez rozebírání.

Cílem hloubkového spárování a injektáže trhlin a otevřených spár není zachytit tahové nebo smykové síly působící ve zdivu, ale především omezit pohyby v trhlinách způsobené statickým, dynamickým nebo tepelným zatížením a zabránit migraci vlhkosti ve zdivu. Z těchto důvodů je třeba trhliny (zejména trhliny široké) vyplnit co nejdokonaleji.

Zvlášť významné je hloubkové vyspárování narušených spár a trhlin v tlačенých konstrukcích, zejména v klenbách a záklencích. Uplatnění hloubkového spárování a injektáže je uvedeno v kapitolách → III. / **Zděné konstrukce; Klenba**. Hloubkové spárování a injektáž (způsob, rozsah a materiály) musí být alespoň koncepčně navrženy v projektu pro stavební povolení a schváleny památkovými orgány.

Technologie injektáže

Obvykle se injektují trhliny šířky 30 mm ve zdivu a větší.

Při hloubkovém spárování se do trhlin ve vzdálenostech 300–400 mm osadí a zatmelí injekční trubky, kterými se po zatvrdnutí spárovací malty injektuje tlakem do 0,2 MPa. Trubky se osazují v místech, kde se trhliny větví nebo rozšiřují, případně je možno trhlínu rozšířit vrtem. Injektuje se odspodu, při dosažení mezního tlaku nebo při výtoku směsi z vyšší trubky se injektáž přeruší, trubka se utěsní a pokračuje se vyšší etáží. Před injektáží musí být hloubkově vyspárovány trhliny na vnější i na vnitřní straně zdi. Je vhodné injektovat střídavě z obou stran zdi. U širokých trhlin se případně injektuje dvoufázově:

1. malým tlakem nebo bez tlaku,
2. do dosažení mezního tlaku.

Po zatvrdnutí směsi se trubky ze zdiva vyjmou a otvory se zaplní maltou.

Průběh injektáže je nutné stále sledovat, v případě úniku směsi se injektáž okamžitě přeruší a odstraní se znečištění. Pokud je velká spotřeba směsi bez zvýšení tlaku, je nutné prověřit, zda nedochází k úniku do přilehlých konstrukcí nebo neznámých dutin. Průběh injektáže (vyznačení injekčních míst v plánech, dosažený tlak, spotřeba směsi a doba injektování) se musí zapsat do stavebního deníku nebo do dokumentace skutečného provedení a musí být **vyhodnocen projektantem statiky**.

Před injektáží trhlin v cenných omítkách restaurátor zpevní okraje omítek, vyplní dutiny mezi odtrženou omítkou a zdivem, zpevní nebo přelepí povrch narušených omítek, případně sejme ohrožené části omítky, ve vhodných místech osadí injekční trubky, trubky a trhlínu vhodným způsobem utěsní (koudelí, vatou, hliníkovým těsněním). Injektuje se pod dozorem restaurátora, který v případě úniku směsi odstraní výtoky a znečištění. Tlak se přizpůsobuje průběhu injektáže (*obr. 32*).

Injektáž se provádí směsí složenou z pojiva a vody. Vodní součinitel se volí v závislosti na injekčním zařízení tak, aby bylo zajištěno proniknutí injekční směsi do co



Obr. 32: Restaurování a injektáž narušeného románského zdiva, Sv. Jakub.

nejtenčích spár ve zdivu a dosažení dostatečného tlaku. Tekutost směsi při injektáži ruční pístovou pistolí může být menší než při použití strojního čerpadla. Pojivo by mělo být vždy jemně mleté, účelná je aktivace směsi před injektáží. Minimální tlak nutný pro proniknutí injektáže do spár je cca 0,2 MPa, tlak vyšší než 0,6 MPa by mohl způsobit výrony, úniky, případně narušení povrchů zdiva.

Pojivo injekční směsi je třeba volit s ohledem na stavivo a maltu zdiva, které má být injektováno. U historického zdiva bude vždy základní složkou směsi vápno, pevnost a trvanlivost, kterou od injektáže požadujeme, však musí být zajištěna vhodným hydraulickým pojivem. Pojivo užitá pro injektáž se zpravidla volí stejné jako pojivo spárovací malty.

U směsných pojiv se jejich poměr v injekční směsi obvykle liší od poměru pojiv spárovací malty. Množství hydraulického pojiva má vliv na pevnost a prodyšnost malty, **malta ve spárách** musí mít nižší pevnost a větší prodyšnost než stavivo, aby nedocházelo k jeho degradaci, nesmí zadržovat vlhkost ve zdivu, nesmí chemicky reagovat se stavebním kamenem užitým ve zdivu.

Injekční směs může mít větší podíl hydraulického pojiva, protože její množství v poměru k objemu zdiva je relativně malé, je uzavřena ve zdivu a není tolik ovlivňována povětrností. Podíl hydraulického pojiva je, zejména při injektáži vlhkého zdiva, nezbytný pro ztvrdnutí malty.

Pro injektáž se v minulosti užíval obvykle cement, někdy s určitým podílem elektrárenského popílku, v současné době se pro injektáž zdiva užívá portlandský cement s mletým vápenným hydrátem, případně pucolánová nebo trasová pojiva.

Při injektáži zděných konstrukcí, kde je cílem doplnit maltu ve spárách, je žádoucí užití vápenných a silikátových pojiv.

Při zpevňování děl výtvarného umění nebo uměleckořemeslných artefaktů, které jsou předmětem odborného restaurování, se mohou užit syntetické materiály. Jejich aplikace by však měla být podložena restaurátorským záměrem a realizována oprávněným restaurátorem.

Pro **hloubkové spárování** se obvykle užije vápenná malta s hydraulickou přísadou pevnosti 5 MPa. Složení malty by mělo být navrženo na základě analýzy stávající malty. Zrnitost kameniva by měla odpovídat zrnitosti kameniva původní zdící malty – plynulá zrnitost kameniva a velikost největšího zrna cca 4 mm příznivě ovlivňují pevnost malty.

Pro injektáž bude užitá stejné pojivo bez písku. Hydraulická přísada se volí po konzultaci s technologem a případně restaurátorem v závislosti na materiálech zdiva, omítek, nátěrů a maleb. Vodní součinitel spárovací malty se volí s ohledem na šířku a hloubku trhliny, u injektáže v závislosti na injekčním zařízení (obecně platí, že malta s nižším vodním součinitelem má vyšší pevnost). Spárovací i injekční malta bude *aktivovaná* (vyhovuje 5–8 minut aktivace vrtulkou na vrtačce).

Injektovat je možno strojním zařízením, při injektáži z obou stran by mohla vyhovovat tlaková ruční pistole – při větším objemu injektáže by tento způsob byl pracný.

KOMÍNY

Komínové zdivo je často narušené trhlinami (obvykle svislými), které vznikají při rozdílném *tepelném* namáhání slabšího zdiva komínu a navazující nosné zdi. Trhliny je možno opravit vyspárováním (obvykle postací) nebo přezděním. Vkládání výztuže je u užívaných komínů vzhledem k tepelnému namáhání **nevhodné**.

Komínové průduchy a sopouchy na ně napojené často významně oslabují nosné zdivo, které kromě narušení trhlinami bývá i degradované působením vysoké teploty a zplodin hoření. Saze a dehet, které se usazují v komínovém průduchu, někdy pronikají trhlinami i zdivem až k vnějšímu líci. Neudržované komíny jsou často ve spodní části do velké výše vyplněny sazemi a suť ze zvětralého zdiva. Do nechráněného komína přší, suť v jeho patě zadržuje vodu, která způsobuje degradaci zdiva a zvyšuje vlhkost v souvisejících konstrukcích.

U historických objektů, a především u objektů památkově chráněných je **nepřípustné** vyplňovat komínové průduchy betonem nebo je zasypávat. Důsledkem zasypání komínu suť bude hromadění vlhkosti ve výplni a její vzlínání do vyšších poloh, při zabetonování bude vlhkost zadržována ve spáře mezi zdivem a betonem a dojde rovněž k jejímu vzlínání. V obou případech vlhkost uvnitř komínového průduchu přispěje k nežádoucímu pronikání sazí do zdiva a omítek.

Ke zvýšení únosnosti zdiva vyplnění komínu žádným způsobem nepřispěje – komínové průduchy v novodobých domech mají obvykle profil 15 x 15 cm, jeho únosnost vzhledem k velké štíhlosti je zanedbatelná. Ani u průlezných komínů starších staveb nelze počítat s tím, že betonová výplň bude mít charakter nosného pilíře. Vyztužení výplně k únosnosti rovněž nepřispěje, protože usazeniny v komínovém průduchu jsou agresivní a způsobily by korozi výztuže a destrukci betonu. Se spolupůsobením výplně se zdívkem není možno vzhledem k silnému znečištění vnitřních stěn průduchů sazemi a dehtem počítat.

Při **každé** opravě i rekonstrukci je nutné odstranit suť v patě komína a vyčistit jeho průduchy i sopouchy. Zdivo narušené degradací je nutné přezdít, narušené cihly vyměnit, trhliny v celé tloušťce zdiva vyspárovat.

Stejně se bude postupovat v případě, že komín bude dále využíván pro vytápění → III. / **Dřevěné konstrukce / Ochrana proti ohni**, v případě, že bude sloužit jako instalační nebo větrací šachta, i v případě, že nebude využíván vůbec. Účelné je využívání komínů pro odvětrání vnitřních vysoušecích kanálů → IV. / **Stárnutí materiálů / Ochrana před vlhkostí** – v tomto případě je možno komíny využít i jako instalační šachty (*obr. 33*).

Pokud je (ve zdůvodněném a schváleném případě) nutné zed' v místě komínu využít jako

nosnou, musí být komín postupným zazděním a přezděním (za zvýšené kontroly) přeměněn v pilíř. Pravděpodobně bude nutné částečné vybourání přední stěny komína, aby bylo možné vnitřní plochy zdiva dokonale očistit od sazí a dehtu. Únosnost pilíře vytvořeného z komínového zdiva bude pravděpodobně nižší než zdiva ostatního. Vzhledem k obtížnému provazování původního zdiva a výplně, bude problematické i případné zvýšení únosnosti pomocí ocelových objemek.

Saze a dehet pronikající ze zdiva komínů a sopouchů značně znehodnocují omítky, proto je nutné velmi důkladné vyčištění vnitřních ploch komínů, sopouchů, znečištěných trhlín a znečištěného vnějšího povrchu zdiva. Znečištěné omítky je obvykle nutno odstranit a na povrch zdiva dočasně aplikovat materiál, který je schopen dehty absorbovat, nejlépe vlhkou buničinou. Po odstranění obkladu se doporučuje přiložit na zdivo neklížený papír a provést vápennou omítku. Pokud se na omítku objeví po vyschnutí menší stopy dehtu, obvykle pomůže jejich zatření bílou olejovou barvou.



Obr. 33: Větrací kanál pod podlahou z toarovek iglú, Strenice.

VNĚJŠÍ KONSTRUKCE → IV. / **Stárnutí materiálů / Ochrana před vlhkostí**

Základní podmínkou úspěšné opravy konstrukcí vystavených vnějšímu prostředí je spolehlivé odvodnění, tedy odvedení srážkové vody od objektu.

Je třeba si uvědomit, že historickou stavbu, jejíž materiály jsou pórzní a nasákové, není možno úplně ochránit proti *zemní* vlhkosti.

Jedinou spolehlivou ochranou proti *srážkové* vodě je střecha.

Zdivo vystavené povětrnosti je možné do jisté míry chránit drnovým porostem nebo jílovými izolacemi – je však třeba počítat s možností pronikání vlhkosti do zdiva, proto voda musí mít možnost opět ze zdiva unikat spárami nebo odvodňovacími otvory v líci. Malta ve spárách musí vždy mít menší pevnost než kámen/cihla, aby voda pronikající spárami nenarušovala kámen. Při tom samozřejmě dochází k narušení malty a je nutná **pravidelná údržba** a obnova spár.

Ohradní a opěrné zdi → IV. / Stárnutí materiálů / Ochrana před vlhkostí

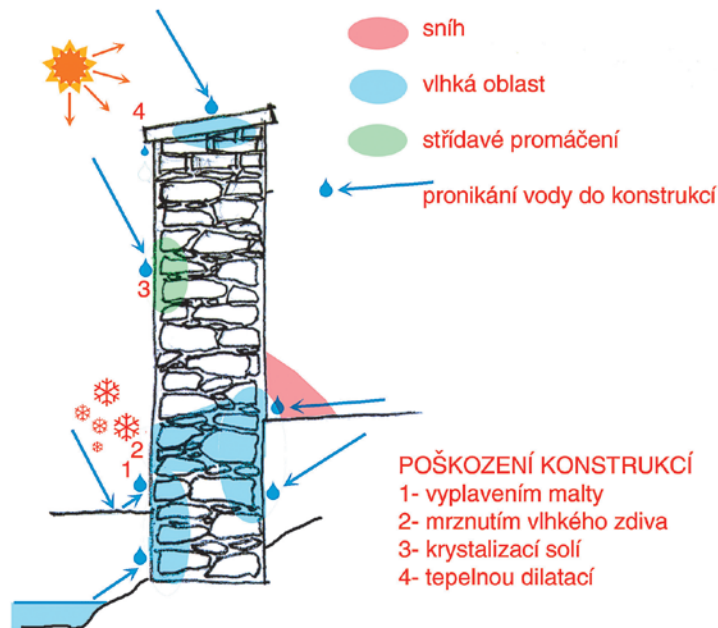
Ohradní a opěrné zdi jsou namáhány především vnějšími vlivy (srážková a vzlínavá vlhkost, teplotní rozdíly, mráz, větrná eroze, biotické napadení), opěrné zdi navíc zemním tlakem a vlhkostí pronikající do rubu zdi ze zeminy. Základní podmínkou úspěšné opravy konstrukcí vystavených vnějšímu prostředí je proto spolehlivé *odvodnění*, tedy odvedení srážkové vody od objektu, především z prostoru *nad zdí* (obr. 34). Spolehlivou vodotěsnou izolaci rubu zdi ve styku se zeminou je možno zřídit u novostavby, u historické stavby jen za cenu velkého stavebního zásahu. U volně stojících zdí je zřizování vodotěsné izolace problematické a **není účelné**. Vodotěsná izolace nebo utěsnění líce zdi může způsobit zvýšení hladiny podzemní vody, jehož důsledkem je zvýšení zemního tlaku a namáhání izolací a ostatních konstrukcí tlakovou vodou.

Účelným řešením může být dodatečné zřízení *drenáže* za rubem zdi způsobem, který byl od 19. století obvyklý u železničních násypů a inženýrských staveb (obr. 35). Nezbytnou podmínkou je dokonalé odvodnění svahu nad zdí (nejlépe rigolem z prefabrikátů nebo dlažby odvedeným do stran). Štěrková drenáž za zdí musí mít dostatečnou šířku (cca 40 cm), musí být zajištěno, že se neznečistí zeminou (oddělení od zeminy geotextilií, která musí být propustná pro vodu, nesmí se zalepit jemnozrnnou zeminou), v patě drenáže (v dostatečné výšce nad základovou spárou) musí být dobře dimenzované drenážní trubky odvedené v dostatečném spádu mimo zeď, čištění drenáže musí být zajištěno revizními šachticemi.

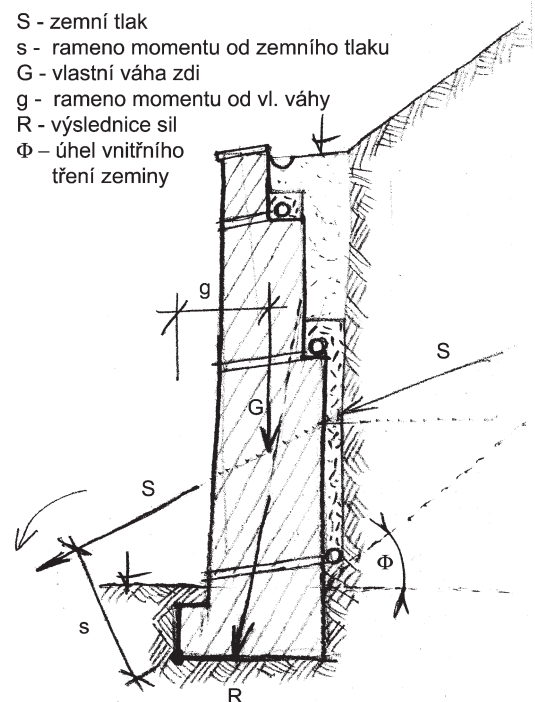
Srážková (povrchová) voda s povrchu terénu nad zdí by se v **žádném případě** neměla odvádět drenáží za zdí – mohlo by dojít ke zvýšení vlhkosti násypu (tedy ke zvýšení zemního tlaku) a v přivedení většího množství vody ke zdivu.

U **každé** opěrné zdi musí být v líci *odvodňovací otvory*, kterými se odvádí vlhkost ze zdiva i ze zeminy/drenáže na rubu. Rozteče, velikost, tvar a úprava otvorů se volí s ohledem na charakter zdiva, u památkového objektu musí být provedení schváleno (obvykle se volí stejná úprava jako u otvorů autentických).

Je nutné počítat s tím, že vždy bude docházet k pronikání vlhkosti do zdiva z rubu. U nových zdí a oprav je proto důležitý výběr vhodného *staviva*, které je odolné proti zemní vlhkosti i proti působení vnějších činitelů. Zcela nevhodným materiálem je opuka a s určitými výjimkami i pískovec. Podmíněně vhodné mohou být krystalické břidlice, vyvřeliny a pálené



Obr. 34: Vnější vlivy působící na ohradní a opěrnou zdi.



Obr. 35: Konstrukce a zatížení opěrné zdi.



Obr. 36: Nevhodná konstrukce zdi vystavených povětrnosti (slnuté cihly, dutinové cihly, cementová malta), Praha Malá Strana.

cihly. Výběr je ovšem podmíněn nejenom vlastnostmi materiálu, ale především historickým kontextem (měl by být užíván materiál v místě obvyklý).

Na režné zdivo, které není chráněno před vlhkostí, nejsou vhodné cihly „lícovky“ (klinkery, zvonivky), které jsou pálené na vyšší teploty, mají slinutý povrch a nejsou pórézní. Tyto cihly musí být kladeny do cementové malty (jak předepisují výrobci), jsou určeny pro odolný povrch staveb **izolovaných a zastřešených**. V konstrukci, která je ve vlhkém prostředí, vytvoří neprodyšný povrch, který brání průchodu vlhkosti, vlhkost se hromadí za lícem a časem dojde k porušení mrazem. (obr. 36). S vápennou maltou se tyto cihly nespojí, po krátkém čase se od malty odtrhnou.

Při opravách a přezdívání zdiva vystaveného povětrnosti je nutné používat vápenné malty s hydraulickou přísadou. *Hydraulická malta* je nezbytná, protože se většinou zdi ve vlhkém prostředí. Malta ve spárách musí **vždy** mít menší pevnost než kámen. Při působení vnějších činitelů dochází k narušení malty, proto je nutná pravidelná **údržba** a obnova spár.

Historické vnější zdi byly často omítané, obnova omítek opěrných a ohradních zdi je obtížný problém, který musí projektant a zhotovitel řešit ve spolupráci s technologií a památkáři a s ohledem na materiály užití ve zdivu, vnější podmínky a autentický vzhled památky. Stejný přístup je nutno volit u návrhu a provedení výplně spár režného zdiva.

Cementové a vyztužené omítky na vnějších zdech jsou naprosto **nepřípustné** (obr. 37).

Koruna vnějších zdi musí být dobře chráněna proti pronikání srážkové vody.

Technicky nejspolehlivější může být koruna tvořená *střešní krytinou* (tašky, prejzy, šindel), ať už kladenou do malty nebo na dřevěnou nosnou konstrukci. Výhodou je snadná oprava.

Pro korunu *cihelnou* nejsou vhodné cihly tvrdě pálené, vhodné jsou staré cihly z bouračky, jejichž mrazuvzdornost je prověřena, případně kvalitní cihly nové, které ovšem musí být pórézní. Koruna



Obr. 37: Cementový nástřík na zdi z opuky, Praha Hradčany.

z těchto cihel bude kladena do nastavené vápenné malty. Malta musí být nastavená, aby do mrazů nabyla pevnosti a nezmrzla. Maltové lože a styčné spáry musí být dokonale vyplněné, aby ve spárách nebyly mezery, ve kterých se bude hromadit voda, a které budou mrznout. Nastavená malta (na rozdíl od cementové) má menší smrštění, takže v ní smršťováním a tepelnými dilatacemi nevznikají trhlinky, kterými může do koruny a do zdiva pronikat voda. Vápenná malta má ovšem nižší životnost než malta cementová, proto se spárování musí **pravidelně opravovat** (je nutná kontrola po každé zimě). Je nutné doplnit vypadlé spáry (zejména spáry okapu koruny), znovu osadit uvolněné cihly, případně obnovit hydrofobizaci (která může prodloužit trvanlivost oprav).

Obdobné principy je nutno dodržet při budování koruny z lomového *kamene*, kamenných nebo betonových desek. Desky musejí být z kamene, který není příliš nasákavý, aby nedocházelo k pronikání vlhkosti do zdiva kamenem. U historických staveb se osvědčily velké žulové desky tloušťky 8–10 cm, které jsou těžké a nepodmrzají. Spáry a uložení kamenných nebo betonových desek menší tloušťky je nutno pravidelně opravovat a desky případně překládat. Koruna musí mít spád a dostatečný přesah, aby byla dobře odvodňována. Koruna z lomového kamene by měla mít co nejmenší plochu spár.

U zřícenin se na korunu osazuje *drn*, který zmírňuje tepelné namáhání koruny a vytváří příznivý vlhkostní režim. Pro osazení drnu na korunu nejsou nutné zvláštní úpravy, vyplatí se osazení drnu sejmutého z okolního zdiva.

V žádném případě **není vhodné** zřizovat monolitickou korunu zdi. Koruna je značně namáhána tepelně a musí dilatovat. Svislé trhliny způsobené tepelnými dilatacemi vznikají u parapetů opěrných zdí nebo u kamenných mostů ve vzdálenostech 3–5 m. Koruna by měla dilatovat ve vzdálenostech max. 1 m (*obr. 38*).

Zřizování železobetonových věnců na koruně ohradních a opěrných zdí nepřispívá ani ke zvýšení stability ani k ochraně zdiva – naopak koroze výztuže působí **vážné poruchy**, proto jsou u chráněných památek železobetonové věnce na korunách zdí vystavených povětrnosti nepřijatelné.



Obr. 38: Monolitická koruna bez dilatačních spár, smršťovacími trhlinami zatéká do zdiva – nástřík stěny cementovou maltou je odtržen, Jihlava.

Opěrné zdi, které mají *statické poruchy*, nebo zdi, u kterých dochází ke změně stavební situace, je nutno posoudit **statickým výpočtem**. Posuzuje se smykové a tlakové napětí ve zdivu od zemního tlaku a vlastní tíhy, napětí v základové spáře a stabilita zdi. Pro výpočet je třeba znát geometrii zdi, způsob založení, materiál zdiva, vlastnosti základové zeminy a násypu za rubem zdi. Pro získání vstupních hodnot výpočtu jsou obvykle nutné sondy.

Zajištění stability historických opěrných zdí představuje mnohdy značný problém, protože se při jejich navrhování a stavbě neuplatňovaly tak přísné požadavky jako dnes. U historických opěrných zdí se předpokládala nižší životnost ve srovnání s požadovanou velmi vysokou životností *novodobých* železničních náspů, hrází, opevnění mostů (kterou prokázala jejich bezchybná funkce po dobu 100 a více let). *Historické* opěrné zdi proto v mnoha případech na normové zatížení násypem nevyhoví.

Při porušení zemním tlakem se zeď naklání, vyboílí nebo poruší smykem za ohybu v místě působení největšího zemního tlaku. Místo porušení závisí na vlastnostech zeminy (úhlu vnitřního tření f a kohezi c). Nejčastěji se můžeme setkat s poruše-



Obr. 39: Zdiwo opatřené několika vrstvami cementových omítek před opravou (vlevo) a po sejmutí cementových omítek (opravo), Horní Bříšťě.

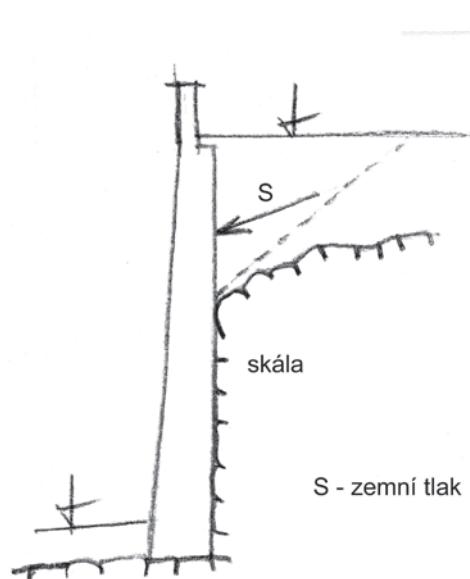
ním asi v $\frac{1}{3}$ výšky zdi. Násyp se usmykne v rovině úhlu vnitřního tření, vysype se na vnější stranu zdi a porušená horní část zdi se opře o stabilní část násypu. Při zkoumání poruch historických opěrných zdí se však zjišťuje, že v mnoha případech není bezprostřední příčinou zřícení působení zemního tlaku, ale *ztráta únosnosti zdiwa*, ze kterého byla vodou protékající z násypu vyplavena malta – zřítí se horní část zdi poškozená vodou a obnažený násyp si zachová jen málo porušený původní líc. Z uvedeného příkladu vyplývá, že při posuzování historických opěrných zdí je nutné parametry násypu, které jsou závislé na jeho (často vrstevnatém charakteru) a zejména na jeho ulehlosti, volit s ohledem na jeho skutečné vlastnosti, případně je zjišťovat geotechnickými zkouškami.

Velmi často je příčinou zřícení (nebo odtržení líce) ohradních a opěrných zdí utěsnění jejich povrchu neprodyšným spárováním (cementovou maltou) nebo betonovou/torkretovou vrstvou. Utěsněný povrch brání pronikání vody z násypu (nebo z narušené koruny) k vnějšímu líci, voda se hromadí buď v násypu za zdi a významně zvyšuje zemní tlak nebo těsně za neprodyšným povrchem, kde mrzne a způsobí odtržení líce zdiwa (obr. 49).

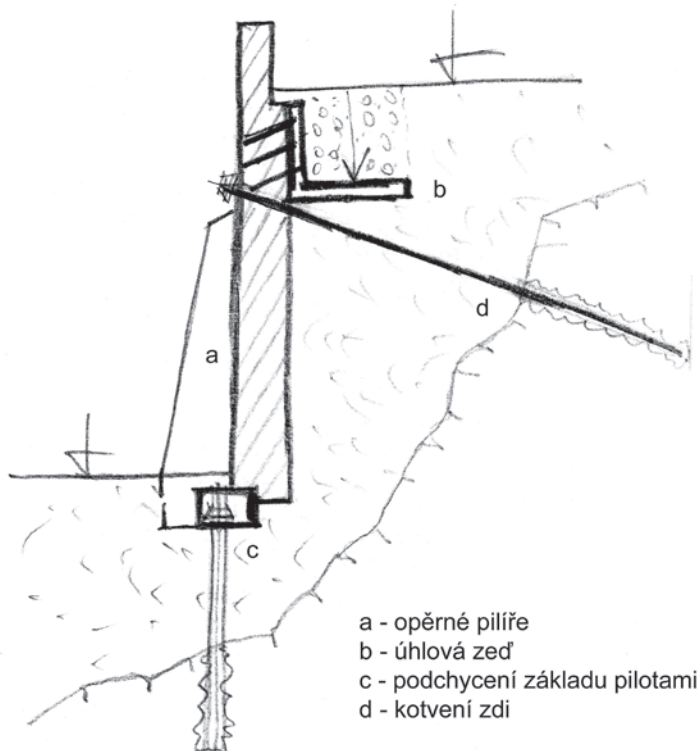
Od opěrných zdí je třeba rozlišit zdi *zárubní*, které obezdívají výlom ve skále, jejíž soudržnost je vyhovující a neohrožuje zeď zemním tlakem. Tam, kde skála nevychází na povrch, má spodní část zdi funkci zdi zárubní, horní část nad povrchem skály působí jako zeď opěrná. Pro posouzení statického působení jsou obvykle nutné sondy (obr. 40).

K historickým metodám zvýšení stability a únosnosti opěrné zdi patří (obr. 41):

- a) zřízení opěráků – zvýší stabilitu i únosnost, případnělepší nedostatečné založení,
- b) podezdění a rozšíření základů, případně zvýšení terénu při patě zdi – řeší závady v založení,
- c) snížení násypu nad zdi (v mnoha případech byla zeď zvýšena nebo zasypána dodatečně) – snížení zemního tlaku, návrat ke staršímu stavu.



Obr. 40: Zárubní zeď.



Obr. 41: Možnosti zvýšení stability a únosnosti opěrné zdi.

Novodobá řešení:

- d) podchycení a rozšíření základů železobetonovou konstrukcí – problematika železobetonových konstrukcí základů
→ III. / Základy,
- e) zajištění stability úhlovou „Chaudoého zdí“ na rubu – železobetonová konstrukce přikotvená k horní části zdi,
- f) založení na únosné podloží (piloty, mikropiloty, trysková injektáž),
- g) zajištění stability kotvením do horniny/zeminy za rubem zdi – vyžaduje zřízení roznášecích desek zemních kotev na líci nebo za lícem zdi,
- h) nahrazení násypu armovanou zeminou,
- i) pomocí gabionů,
- j) kombinace metod.

ad i): Pažení terénního zářezu, stabilitu násypu, případně dočasnou výplň sondy, provizorní opěrnou zeď nebo pilíř může velmi účinně zajistit konstrukce z gabionů (klecí ze silného drátěného pletiva chráněného proti korozi vyplněných nasucho skládaným lomovým kamenem). Využití gabionů při opravách památkově chráněných staveb, zejména při budování **dočasných** konstrukcí, může být výhodné především z těchto důvodů:

- stabilita konstrukce je dána její tloušťkou (kterou je možno navrhnout libovolně spojením typizovaných klecí nebo jejich zhotovením na zakázku) a tíhou lomového zdiva,
- pevnost v tlaku odpovídá pevnosti suchého lomového zdiva, závisí na druhu kamene a pečlivém provedení vazby,
- smyková pevnost je zajištěna pevností pletiva a vzájemným spojením klecí,
- konstrukce je dokonale propustná pro vodu,
- trvanlivost je dána odolností kamene vůči povětrnostním vlivům (vhodná je pevná žula, pevné krystalické břidlice, křemenec, čedič; nevhodná je opuka, pískovec, vápenec) a odolností drátu proti korozi,

- konstrukce je snadno odstranitelná, kámen je možno opět využít,
- vzhledem k velké tuhosti (kterou zajišťuje drátěná klec) a propustnosti pro vodu může být konstrukce mělce založena,
- konstrukce je relativně levná.

Dlouhodobé využití gabionů u památkových staveb může komplikovat okolnost, že jejich vzhled není v souladu s historickými materiály. V případě, že stabilizaci svahů nebo poddimenzovaného či narušeného zdiva pomocí gabionů je možno nahradit nákladné zakládání a budování zděných konstrukcí, se vyplatí hledat možnosti osázení nebo zakrytí gabionů vegetací.

Pokud průzkum a statický výpočet **prokáže**, že je zvýšení únosnosti nebo stability opěrné zdi nutné, je třeba zpracovat koncepci řešení ve variantách a při výběru metody stanovit **pořadí priorit** z hlediska konstrukčního, památkového, architektonického i realizačního. Metody b), c), d), e), f), h) nemění současný vzhled; metody a), b), mají autentický charakter; metody d), e), f), g) mají životnost omezenou životností novodobých materiálů; metoda g) je nejvíce invazivní, nejvíce se projeví na vzhledu památky.

Při budování *nových* opěrných/ohradních zdí je třeba si uvědomit, že:

- stabilita zdi je zajištěna především její hmotností/tloušťkou,
- únosnost zdi při zatížení zemním tlakem je rovněž dána její tloušťkou,
- každá ohradní zeď je stavební konstrukce, která musí být založena v hloubce odpovídající klimatickým podmínkám,
- vyztužení zdi ke zvýšení stability nebo únosnosti **nepříspěje**.

Opakovaně dochází k poruchám nebo haváriím zdí i zídek, které tyto zásady nerespektují (*obr. 42*).



Obr. 42: Narušení stability opěrné zdi způsobené mrznutím zeminy. Úroveň chodníku je nižší než terén zahrady, parapet plotu má malou tloušťku a je mělce založen, nejbližší sloupek má tak velký úklon, že došlo ke vzniku tahové trhliny v ložné spáře – bezprostředně hrozí zřícení. Tato závada je u zděného oplocení velmi častá, proto se musí dodržet předepsaná hloubka založení, opěrná zídka musí mít dostatečné dimenze a její rub musí být odvodněn, Praha Ruzyně, 70. léta 20. století.

Zříceniny a torsální objekty

U staveb nezastřešených, které mají zůstat jako udržované zříceniny (většinou se jedná o hrady), by přednostně měla být opravována místa, která jsou v **havarijním** stavu, a místa, kde hrozí ztráta památkové hodnoty.

Následně by měl být vypracován plán/studie *celkové konzervace a prezentace* hradu spolu s úpravami pro návštěvnický provoz (i v případě, že je zřícenina volně přístupná). Studie určí postup opravy a konzervace po etapách. Pro zajištění bezpečnosti návštěvníků je nutné zřídit stezky vymezené zábranami a doplněné informačním systémem.

U památkově chráněné zříceniny nebo stavby v torsálním stavu jsou přípustné pouze takové zásahy, jejichž cílem je **konzervace** současného stavu – tedy stabilizace ohroženého zdiva a jeho ochrana před působením povětrnosti a vegetace. Konzervační charakter musí mít i statické zajištění, které je jen dílčí částí stavebních prací. Při konzervačních pracích mohou být užívány pouze ověřené technologie a materiály, které neovlivní nepříznivě historické zdivo.

U zdiva s odpadlým lícem je nutné *dozděnit*. U zdiva, které má do hloubky narušené spáry a jehož kameny jsou uvolněné, je nutné uvolněné kameny přezdíat a doplnit *spárování*. Nezbytné je spárování, případně i injektáž *trhlin*. Nutné je zajištění *nestabilních* a převislých částí objektů. Nezbytná je stabilizace *korun* zdiva přeložením a dozděním a jejich ochrana (například osazením drnu).

Historickou stavbu, jejíž materiály jsou pórzní a nasákové, není možno úplně ochránit proti zemní vlhkosti. Jedinou spolehlivou ochranou proti srážkové vodě je střecha. Zastřešení torsálního objektu je významným zásahem do jeho památkové podstaty – proto je třeba koncepci řešení **vždy** zpracovat ve variantách (střecha viditelná nebo skrytá; druhy krytiny apod.) a v předstihu projednat.

Konzervace by měla probíhat jen s minimálními zásahy do terénu – není přípustné bez důkladné analýzy a schválení památkových orgánů vykopávat zasypané prostory. Je nutné zajistit odvodnění objektů, jejich interiérů i ploch mezi nimi. Každý zásah do terénu by měl být předem projednán s oprávněnou archeologickou organizací a měl by být zajištěn archeologický výzkum nebo dohled. Pokud je pravděpodobné, že archeologický výzkum odkryje významné konstrukce, je **nutné** učinit opatření pro ochranu a konzervaci nálezů – ideálním způsobem je výkop pod zastřešením.

Metody konzervace torzálních staveb jsou uvedeny v [54] a → III. / Zděné konstrukce / Vnější konstrukce.

Postup opravy zříceniny hradu

Při opravě zříceniny je nutno řešit průzkum a **dokumentaci**, problémy bezpečnosti, odstranění nebo zajištění havarijních stavů, odvodnění areálu i jednotlivých objektů, zajištění stability, ochranu a opravu zdiva, konzervaci a ochranu cenných prvků, zpřístupnění a případnou prezentaci, plán **údržby** atd. Návrh opravy musí určit priority postupu a koncepci opravy.

Příklad zásad a postupu doporučeného pro hrad Zbořený Kostelec:

1. *Zaměření* hradu včetně předhradí a přístupových cest. Ideálním způsobem je trojrozměrné skenování. Vzhledem k obtížné přístupnosti bude pravděpodobně nutné využití bezpilotních helikoptér (dronů). Zaměření by se mělo provádět v zimním období, kdy budou porosty bez listů. Měření je možno zadávat postupně: nejdříve vybrané partie ohroženého zdiva pro projekt první etapy konzervace, potom celé jádro hradu, nakonec okolí hradu.
2. *Stavebně historický průzkum*. V první fázi je nutné provést archivní rešerši: zpracovat dějiny hradu (včetně novodobých oprav), ikonografii a literaturu. Stavebně historická dokumentace objektů se bude provádět postupně na základě zaměření a v průběhu konzervačních prací.
3. *Jednostupňový projekt konzervace vybraných partií* ohroženého zdiva na základě zaměření a konzultací se zpracovatelem stavebně historického průzkumu. Součástí projektu bude stavebnětechnický, statický a technologický průzkum. Projekt navrhne přístup a zásobování staveniště bez zásahů do terénu. Základním problémem je zásobování staveniště, které je obtížně přístupné. Je třeba prověřit možnost příjezdu po lesních cestách od Dařbože nebo Barochova. Pokud bude nalezena vhodná trasa, bylo by účelné zřídit provizorní dřevěný mostek v místě předpokládaného původního mostu přes příkop na severní straně hradu. Tento mostek by mohl sloužit i pro přístup návštěvníků – návrh definitivního mostu ovšem musí být podložen detailním historickým a archeologickým průzkumem. Jinou variantou zásobování staveniště by mohl být výtah s vrátkem z úrovně břehu řeky ve skalní průrvě dosahující k hradním budovám (při

předběžném průzkumu jsme připustili možnost takového způsobu zásobování již v době existence hradu). Poslední možností zásobování stavby jsou nosiči (tento způsob byl uplatněn při nedávných opravách hradů – například na Andělské hoře). Volba způsobu zásobování bude závislá na financování a rozsahu opravy.

4. Návrh a realizace opatření pro *zajištění bezpečnosti*, určení tras pro návštěvníky a míst, která budou s ohledem na bezpečnost uzavřena. Návrh může být součástí projektu → **bod 3**.
5. Na základě zaměření celého hradu by měl být zpracován stavebně statický průzkum, který vytypuje havarijní stavy a místa nutných oprav a navrhne postup jejich realizace.
6. Po zpracování stavebně historického průzkumu doporučujeme zpracovat (nejlépe formou studie) *konceptci využití a prezentace* hradu, která bude řešit přístup návštěvníků, informační systém a postup zpřístupňování jednotlivých částí hradu.
7. Vzhledem k tomu, že přírodní prostředí je neoddelitelnou součástí hradu a jeho okolí, je nezbytné zpracovat *dendrologické, botanické a zoologické průzkumy*, navrhnout ochranu přírodního prostředí a určit podmínky realizace opravy hradu s ohledem na přírodní prostředí. Je nutno počítat s tím, že tyto průzkumy budou trvat delší dobu, protože musí probíhat ve všech ročních obdobích. Uvedené průzkumy budou podkladem pro návrh regulování vegetace, zejména dřevin, které v některých místech výrazně narušují zdivo.
8. Dílčí projekty *konzervace dalších objektů* a zařízení pro návštěvníky.
9. *Postupná realizace projektů*.

Konzervace zdiva vystaveného povětrnosti → IV. / Stárnutí materiálů / Ochrana před vlhkostí

Při konzervaci zdiva vystaveného povětrnosti se uplatní především tyto práce:

1. oprava líce zdiva, který má původní maltu do hloubky (více než 30 mm) vyplavenou nebo navětralou,
2. dozdvíky a opravy vypadlin ve zdivu,
3. oprava nebo přezdění korun zdiva,
4. konzervace architektonických, kamenných a autentických dřevěných prvků, zachovaného spárování, případně autentických omítek.

U všech těchto prací je třeba počítat s tím, že zdivo má obnažený líc, koruna není chráněna před vnějšími činiteli jinak, než spárováním zdiva (jen v některých případech se osazuje drnem), rub zdi je mnohdy zasypán, takže zdivo je ovlivňováno vlhkostí z násypů. V mnoha případech se opravuje zdivo, které je vlhké, a není možno počítat s tím, že do zimy proběhne karbonatice vápenné malty. Je proto nutné použít maltu s hydraulickou složkou, která zajistí dostatečnou počáteční pevnost malty. Malta, která je v líci zdiva, nesmí jeho povrch utěšnit, aby nedocházelo k namrzání zdiva v zimě. Malta ve spárách koruny by měla bránit pronikání srážkové vody do zdiva.

V mnoha případech se i na zdivu zřícenin zachovaly zbytky omítek, někdy jenom jejich spodní vrstvy, někdy je dobře zachovaná malta ve spárách. Při konzervaci zbytků omítek a spárování je třeba doplnit poškozená místa a zvětralé a navětralé omítky zpevnit, případně hydrofobizovat. U chráněných památek musí být konzervace architektonických a autentických dřevěných prvků, omítek a malt prováděna na základě stavebně historického průzkumu a pod dohledem restaurátora.

Při dozdvíkách a opravě spárování je vyžadováno, aby malta měla stejnou strukturu i barevnost jako malta původní, vznikají tedy požadavky na použití místního písku, použití vyšších frakcí kameniva, případně na dosažení vhodné barevnosti mícháním různých písků. Složení a technologie malty by u chráněné památky měla být navržena na základě technologického průzkumu a schválena na vzorcích.

V průběhu 20. století se při konzervaci torzálních staveb užívaly cementové malty nebo malty s vysokým obsahem cementu, které dlouhodobě zaručovaly vysokou pevnost, tedy i relativně dlouhodobou trvanlivost opravy. Po delší době (30 až 70 let) se však velmi nepříznivě projevují důsledky utěšnění povrchu zdiva. Vlhkost, která se hromadí za lícem, vyluhuje vápno z původní malty, vlhké zdivo mrzne, důsledkem vysoké pevnosti malty jsou dilatační trhliny v korunách, kterými do zdiva proniká voda. Cementová malta má často vyšší pevnost než stavivo, takže při vzniku trhlin dochází k mechanickému

poškození kamene. Velmi nepříznivá je okolnost, že cementové spárování se nedá opravovat – je nutné vysekání, při kterém dochází k poškození autentického staviva. Z uvedených důvodů je užívání malt, které mají vysokou pevnost a jsou neprodyšné, při konzervaci zdiva vystaveného povětrnosti **nepřípustné**.

Při opravách památek vystavených povětrnosti je proto třeba hledat ideální složení malty pro **konkrétní užití** na určité stavbě. Vždy půjde o kompromis mezi technickými vlastnostmi malty a její trvanlivostí, vždy bude nezbytné památku **udržovat** a včas a vhodným způsobem opravovat vzniklé škody.

Oprava zdiva a objektů zřícenin

Při opravách zdiva a objektů zřícenin je třeba řešit tyto problémy:

1. na základě dokumentace a analýzy poruch (trhlin a deformací) zjistit jejich příčiny a odstranit je (závady v založení, narušení stability apod.),
2. zajistit stabilitu všech objektů a jejich částí (havarijní stavy, převislé nebo příliš štíhlé části, narušené záklenky, nezastřešené klenby),
3. konzervovat a chránit architektonické prvky, autentické dřevo, omítky, malty,
4. hloubkově vyspárovat trhliny kvůli obnovení homogenity zdiva a obnovení jeho únosnosti → III. / **Zděné konstrukce / Hloubkové spárování a injektáž**,
5. zajistit celistvost povrchů vystavených povětrnosti kvůli ochraně stavby před vlhkostí → III. / **Vnější konstrukce / Konzervace zdiva**,
6. opravit koruny zdiva,
7. zajistit odvodnění celého areálu i jednotlivých objektů.

U kleneb a záklenků je třeba **vždy** obnovit jejich funkci – to znamená zajistit stabilitu podpor a přenos tlaku ve spárách.

Vkládání ocelových prvků do staveb vystavených povětrnosti ve většině případů **nemá** vzhledem k subtilnosti ocelových prvků **velkou účinnost**, může vnášet nežádoucí vodorovné síly do konstrukcí a ohrožovat je tepelným namáháním. Určitou výjimku může představovat spojení nestabilní části oddělené od masivní konstrukce spárou nebo trhlinou. V tomto případě je účinné pouze užití silných ocelových prutů osazených v jádru zdiva. Nezbytné je zajistit ochranu před korozí dobře provedenou injektáží.



Obr. 43: Zábradlí mostu z umělého kamene silně narušené korozí úvaztu, Český Krumlov, 30. léta 20. století.



Obr. 44: Železobetonový sloup elektrického vedení zničený korozí, Rokytovec, 30. léta 20. století.



Obr. 45: Porovnání životnosti kamenného kyklopského zdiva a železobetonové koruny, Batův kanál, 30. léta 20. století.

Spojení železobetonových konstrukcí s nechráněným zdivem je z důvodů uvedených v kapitolách → III. / **Vnější konstrukce / Konzervace zdiva**; III. / **Podchycení základů**; IV. / **Statika / Tuhost**; IV. / **Trvanlivost** nevhodné a u chráněných památek **nepřípustné**. Životnost železobetonu ve vnější expozici je pouze 80–100 let, opravy jsou ve srovnání se zdivem podstatně obtížnější (obr. 37, 43–45). Pro zajištění nestabilních částí objektů je z výše uvedených důvodů nevhodnější doplnění původního zdiva nebo zřízení opěrných pilířů (obr. 47, 48).

Příklady zastřešení objektů a ochrany kleneb (obr. 46).



Obr. 46: Možnosti ochrany zachovaných interiérových prvků zříceniny částečným zastřešením, hrad Rokštejn.



Obr. 47: Možnosti zajištění stability převislých prvků zříceniny, hrad Rokštejn.



Obr. 48 Kónický toar zožtraleého zdiva, Andělská Hora.

Oprava korun

Zdivo vystavené povětrnosti je možné do jisté míry chránit drnovým porostem nebo jílovými izolacemi – vždy však je třeba počítat s pronikáním vlhkosti do zdiva, proto voda musí mít možnost ze zdiva unikat spárami v líci.

U zděných korun je třeba dodržovat zásady uvedené v kapitole → III. / Vnější konstrukce / Ohradní a opěrné zdi.

Zdivo korun dlouhodobě neudržovaných zdí je často narušené na výšku 1–1,5 m – jeho líc má charakter kamenné rovnaniny. V některých případech má koruna kónický tvar, který je při úhlu ~ 60° relativně stabilní (obr. 48); → IV. / Tření; IV. / Stárnutí materiálů. Při opravě zdiva je možno narušený líc přezdíť, dozdíť líce do původního tvaru nebo ponechat a opravit kónický tvar koruny. Poslední možnost může mít výhodu v tom, že oprava bude mít menší rozsah a delší životnost.

Pevnostní stavby

Specifickým problémem památkové péče je barokní opevnění s opěrnými zdmi zemních násypů, ve kterých bývají klenuté kasematy pro přístup ke střeleckým komorám a někdy i rozlehlé sály (například vyšehradská Gorlice) skladů zbraní, případně i pro ubytování vojska. Smyslem zemního opevnění bylo zabránit vytvoření průlomů v hradbách dělostřelbou nebo podkopem, které se uplatňovaly při dobývání hradeb středověkých.

Barokní hradby měly šikmý líc z režného cihelného zdiva ukončený kamennou korunou nebo poprsníkem. Opěrná zeď zemního násypu musela být nejširší v patě, šikmý vnější líc (*scarpa*) zlepšoval její stabilitu a významně snižoval účinek dělostřelby. Od 17. století byly opěrné zdi



Obr. 49: Hradba z lomového zdiva, která tvoří líc zemního násypu, byla vyspárována cementovou maltou. Utěsněný líc zadržoval vodu pronikající z násypu, působením vlastní tíhy se narušený líc zřítíl. Hrad Klenová.

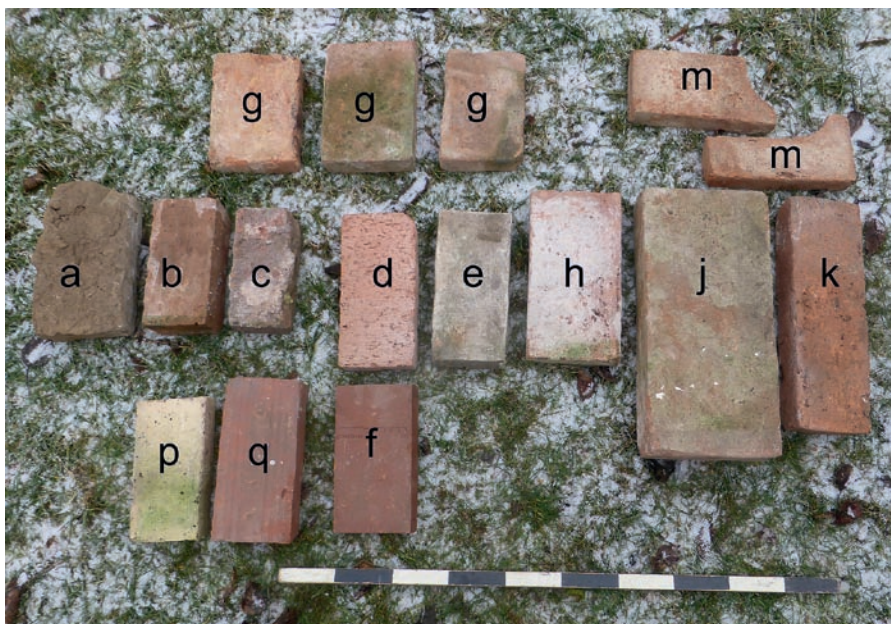


Obr. 50: Drenážní vrstvy v násypu megalitické mohyly, Newgrange, Irsko, 3200 př. Kr.

vých ploch v násypu, tedy snížení zemního tlaku a odvodnění zemního tělesa. Obdobnou konstrukci mají i monumentální prehistorické mohyly (obr. 50).

Statické poruchy mají opěrné zdi valů pardubického zámku založené v 16. století, které byly dodatečně zpevňovány opěrnými pilíři, v průběhu jejich existence se patrně měnily výšky a svahy násypů i úrovně podzemní vody, která založení hradeb mohla ovlivnit.

Cihly byly pro stavbu barokního opevnění užívány patrně pro snížení nákladů a kvůli velkému objemu prací. Některé hradby byly stavěny z *peonostních cihel* velkého formátu (obr. 51). Z tesaného kamene byly nárožní kvádry, ostění a koruna, která měla někdy římsu s masivním oblounem (obr. 52). Důležitá byla velká váha římsy, aby nedocházelo k jejímu podmrzáni.



Obr. 51: Rozměry cihel: a – nepálená, b, c – středověké; d, e – klasický formát (16.–20. století); f – lícooka (holandský formát); g – klenbovky; h – peonostní (17. až 18. století); j, k – římsovky; m – tvarovky; p – šamotka; q – nová lícooka.

hradebních staveb dobře dimenzované, takže se statickými poruchami opěrných zdí kurtin, bastionů a ravelinů se setkáme jen vzácně.

To však neplatí o hradbách *starsších* – například hrad Klenová byl v 15. století opevněn (pravděpodobně podle návrhu Benedikta Rieda) zemními násypy, jejichž líc tvoří svislé kamenné zdi. Opěrné zdi valů na Klenové, narušované vodou zatékající korunami i vlhkostí pronikající z násypů, nebyly po opuštění hradu udržovány, a proto docházelo k jejich destrukci. Při novodobých opravách, zejména ve druhé polovině 20. století, byly spáry utěsněny cementovou maltou a v důsledku toho došlo k odtržení líce hradby, aniž by se uplatnil zemní tlak (obr. 49). Podle nedoloženého údaje → III. / Opěrné zdi byly v násypu vodorovné šterkové vrstvy napojené na odvodňovací otvory v lícové zdi – jejich funkcí bylo přerušování smyko-



Obr. 52: Degradace slínutých cihel spárovaných cementovou maltou, Praha Pohořelec.

Obr. 53: Původní spárování vystupující před líc barokní hradby, Josefov.



Oblouh lépe odolával střelám než klasická římsa a chránil šikmý líc před srážkovou vodou tím, že voda nestékala na jedno místo, ale vítr ji podél oblouhu rozstříkával do kapek.

Spáry hradeb v Josefově byly důkladně utaženy spárovkou a vytaženy nad líc cihel. Důvodem bylo zřejmě zvýšení trvanlivosti spár (obr. 53), které se po odvětrání povrchu mohly opravovat, dříve, než voda začala pronikat do zdiva.

Horní plochy zemních valů byly dobře odvodněné, byly porostlé travou, která zadržovala vlhkost a nebránila vysychání. Podzemní prostory byly izolovány jílem a těleso valu bylo odvodněno systémem kanálů.

Jílové izolace plní svou funkci, pokud jsou ve vlhkém prostředí a pokud nejsou narušeny druhotným zásahem (výkopem, sondou). Jílové izolace musí být chráněny před vznikem smršťovacích trhlin při vyschnutí a před mrazem, který způsobí zvětšení objemu a následné smršťení – proto nejsou vhodné pro izolaci kleneb, které jsou zesponu ovlivněné vnějším prostředím (zříceniny, mosty). V těchto případech je možné využít bentonitové rohože, které zaručují nepropustnost i při objemových změnách. Aby při objemových změnách nedošlo ke zvednutí povrchu, musí být bentonitové rohože zatíženy.

V současné době mají barokní opevnění závady způsobené především dlouhodobým zanedbáním údržby. Při opravách cihelných hradeb má zásadní důležitost obnova odvodnění a výběr cihel a malty. Je třeba dodržovat zásady uvedené v kapitole → III. / Zříceniny a torsální objekty / Oprava korun: malta nesmí utěsnit líc zdiva, musí být měkčí než cihly, není možno užívat cementové malty, které mají velké smrštění, nejsou vhodné ostře pálené cihly (klinkery, zvonivky), které vyžadují maltu s vysokou pevností, musí být umožněna dilatace parapetů a korun (obr. 52).

Velmi důležitá je pravidelná údržba – narušené spáry je nutno ihned opravit, je nutné udržovat vegetaci a odvodnění.

Klenba

Klenba je konstrukce tvarově uzpůsobená tak, aby byla namáhána **převážně tlakem**. Průběh tlaku v klenbě vyjadřuje *tlaková čára*, která je výslednicí (součtem vektorů) reakcí klenby a jejího zatížení.

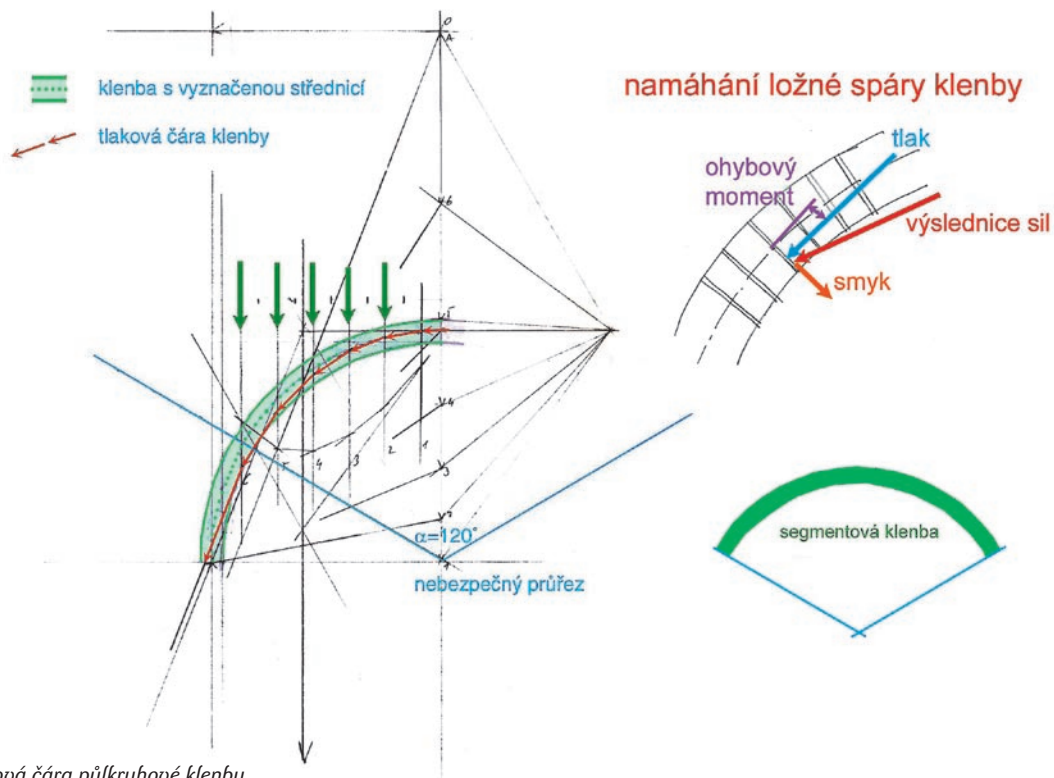
Valenou klenbu, jejíž vnitřní síly působí v rovině příčného řezu, posuzujeme jako dvoudimenzionální konstrukci, kterou je možno staticky řešit náhradou pomocí prutů. U prostorové klenby (křížové, klášterní, české placky) je třeba použít řešení podle skořepinové nebo stěnodeskové teorie.

OBLOUKY/TYPY KLENEB

Únosnost kleneb závisí na jejich konstrukci, dimenzích a významně i na tvaru oblouku. Je možné charakterizovat namáhání klenebních oblouků různého tvaru a jejich funkci ve stavbách různých období.⁸⁾

U *půlkruhového* oblouku výslednicová (tlaková) čára není totožná se střednicí klenby – složka šikmé síly kolmá k ložné spáře namáhá klenbu *tlakem*, složka rovnoběžná *smykem* (proti kterému působí tření). Kolmá složka, jejíž působiště je od středu spáry vzdálené o excentricitu, namáhá klenbu *ohybem* (obr. 54).

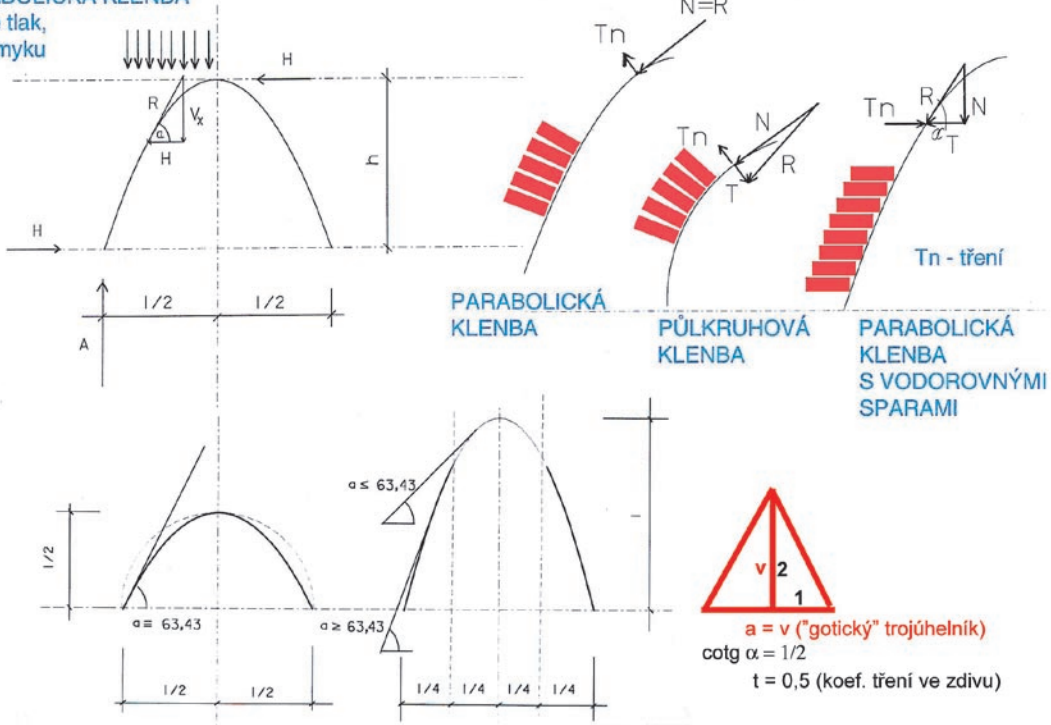
Půlkruhová klenba je geometricky exaktní, navazuje na klenbu klasickou (Řím, románský sloh, renesance, klasicismus, novorenesance), má *nebezpečný průřez*, v manýrismu a v baroku bývala únosnost půlkruhové klenby zvětšena nadvýšením.



Obr. 54: Tlaková čára půlkruhové klenby.

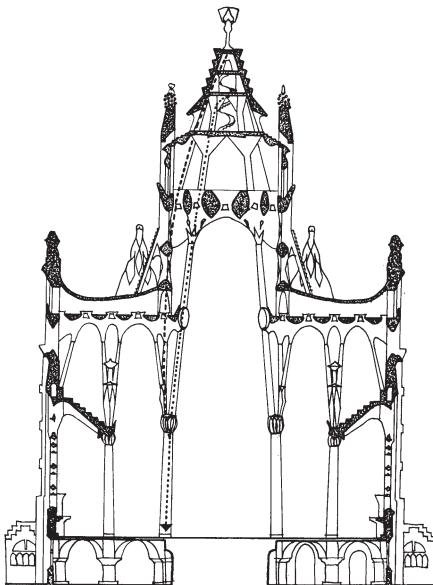
8) Uvedené charakteristiky platí pro symetricky rozložené svislé zatížení, které ve většině případů převažuje.

PARABOLICKÁ KLENBA
pouze tlak,
bez smyku

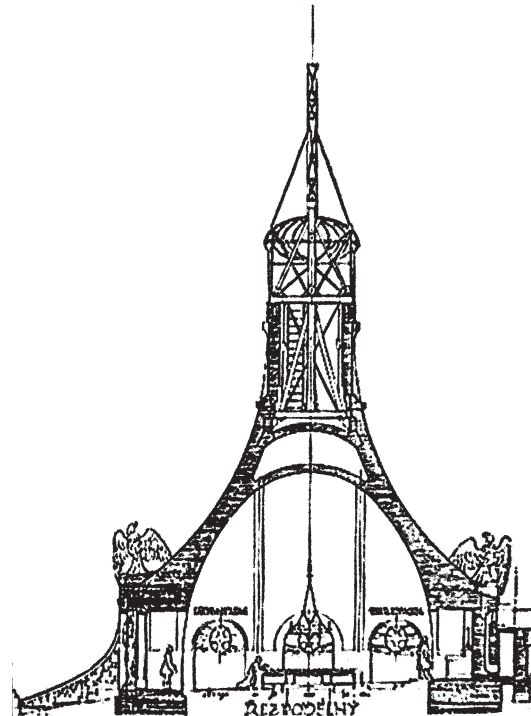


SMĚRNICE TEČEN PARABOLICKÝCH OBLOUKŮ
pro $\alpha < 63,43^\circ$ je bezpečná klenba s vodorovnými sparami

Obr. 55: Parabolický oblouk.



Obr. 56: Parabolické klenby, opěrný systém a šikmé podpory, Antoni Gaudí: Sagrada Família, Barcelona.



Obr. 57: Parabolická klenba a vnější plášť, Josef Fanta: Slavkovská mohyla, 1910.

Parabolická klenba (obr. 55) je namáhána pouze tlakem, má vysokou únosnost, je staticky výhodná, byla užívána tam, kde se nově řešily technické problémy (u kleneb archaických, primitivních, přechůlkových); tam, kde byla staticky efektivní a současně dekorativní (obr. 56, 57); u kleneb silně zatížených (obr. 58–60), u raných kleneb železobetonových byl výhodný výpočet kvadratické rovnice paraboly, která má jen jednu neznámou (obr. 61).



Obr. 58: Parabolický portál, štola dolu u Českého Krumlova.



Obr. 59: Vejčitý profil štoly pražské kanalizace, Čertovka.



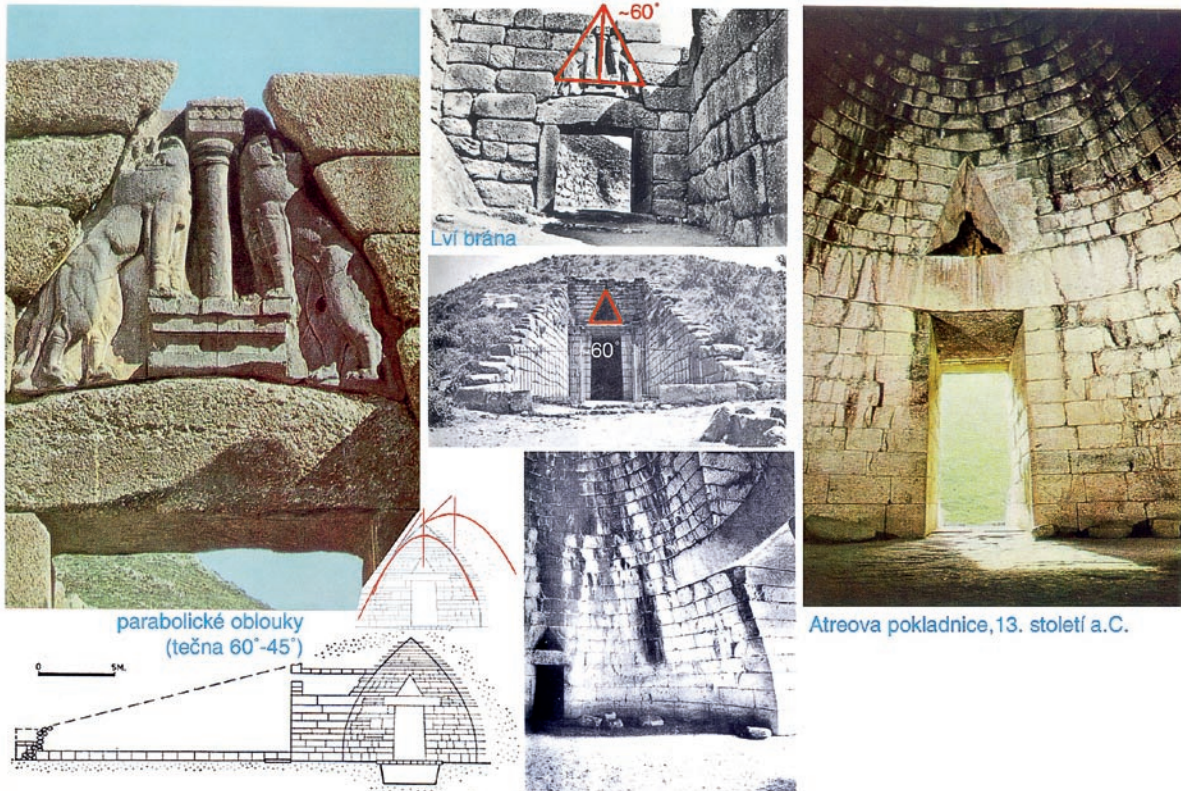
Obr. 60: Parabolická klenba protiletického krytu, kampus University J. E. Purkyně, Ústí n. L., 40. léta 20. století.



Obr. 61: Stoba parabolických železobetonových kleneb pavilonu A, Původní návrh Josefa Kalouse předpokládal půlkruhové železobetonové oblouky, konstruktér Jaroslav Valenta navrhl únosnější oblouky parabolické. Výstava soudobé kultury, Brno 1928.

Přechýlková klenba má vodorovné ložné spáry. Pokud má její tečna sklon 60° a větší, nevyžaduje při stavbě podepření (megalitické a kyklopské stavby, archaické klenby, patky gotických i pozdějších kleneb) (→ IV. / Statika / Tření; obr. 55, 62).

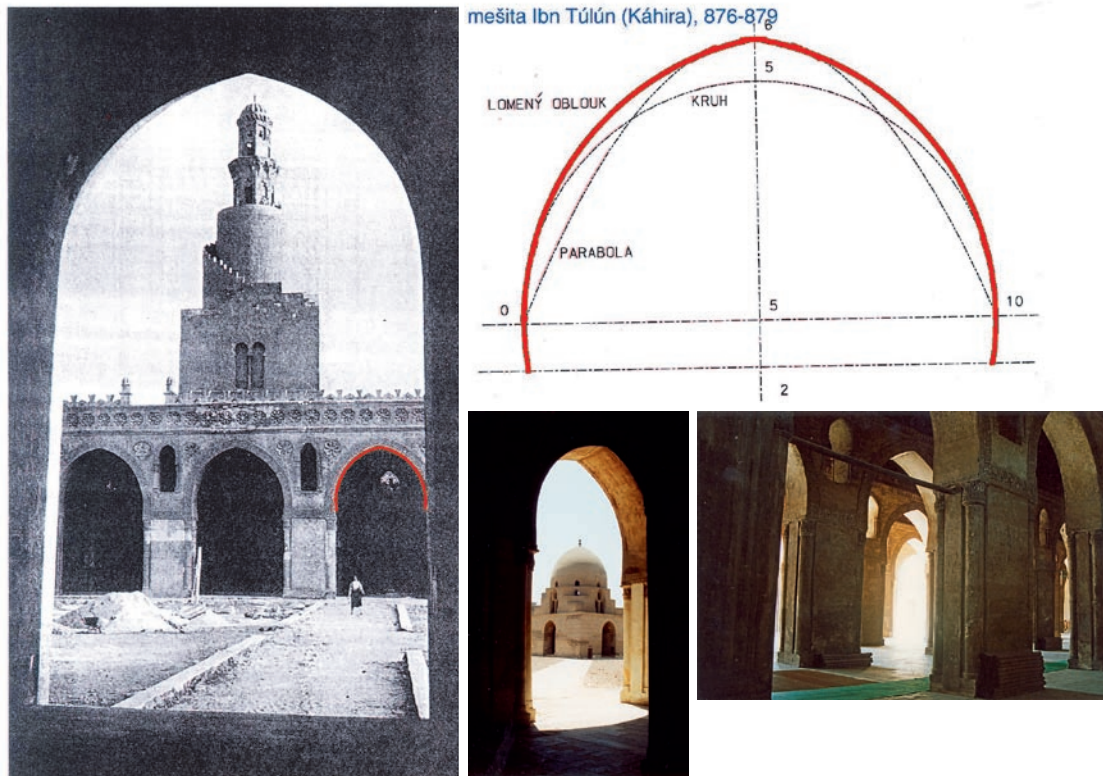
Lomený/hrotitý oblouk je únosnější než půlkruhový – má vyšší vzepětí a **menší** vodorovnou reakci. Od starověku se využívá jeho vysoká únosnost (obr. 62–68).



Obr. 62: Přechýlkové lomené klenby, „gotický“ trojúhelník, Mykény, 13. st. př. Kr.

Obr. 63: Vysoký parabolický oblouk s masivními podporami – předchůdce islámského lomeného oblouku, Ktésifón, Irák, 6. století.

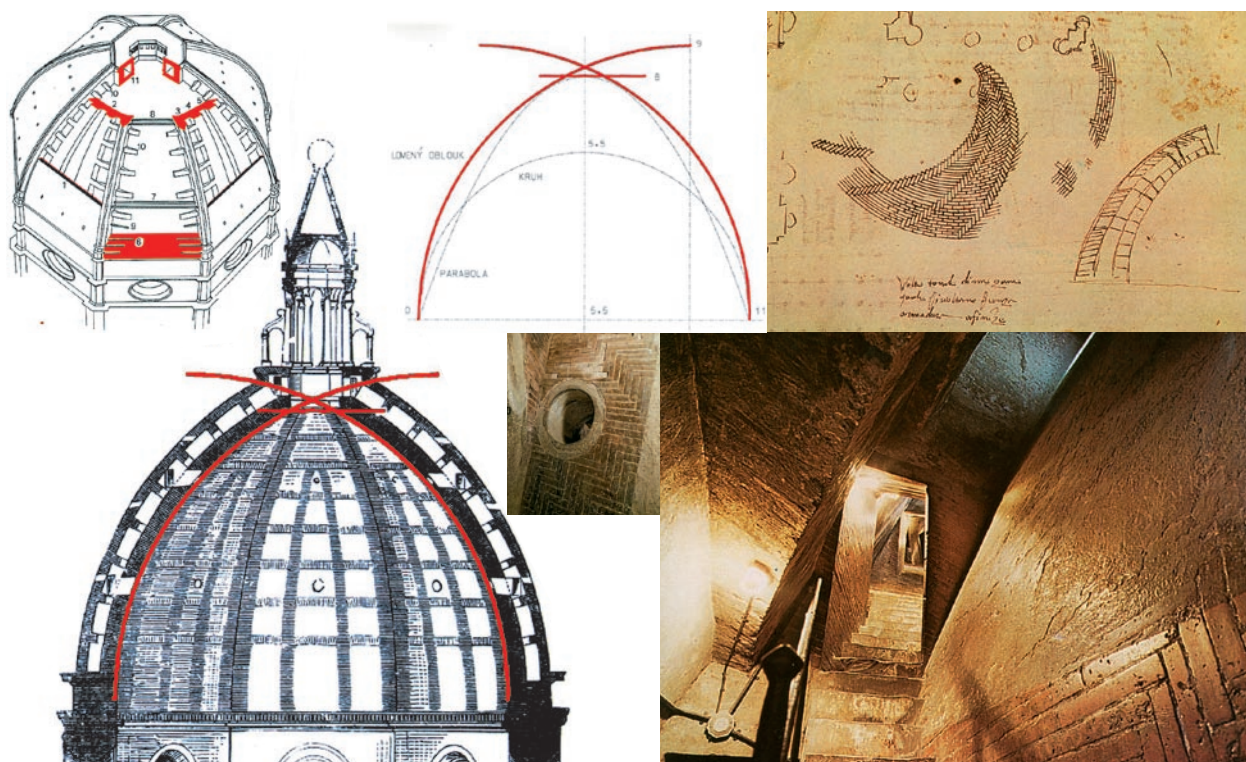




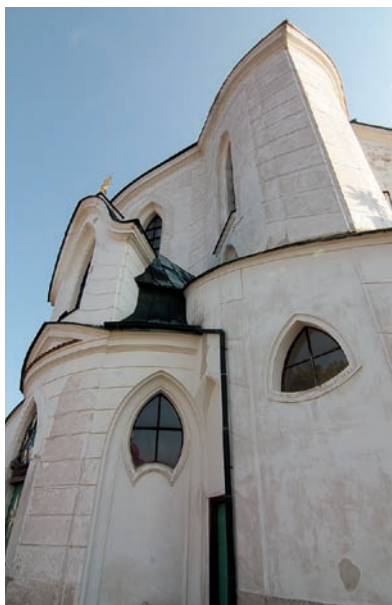
Obr. 64: Islámský lomený oblouk – přeúššení zvyšuje únosnost, vysunuté patky snižují napětí v uložení (obr. 73, 75), Káhira, 9. století.



Obr. 65: Parabolická lomená klenba, Gallarus oratory, Irsko, 11.–12. stol.

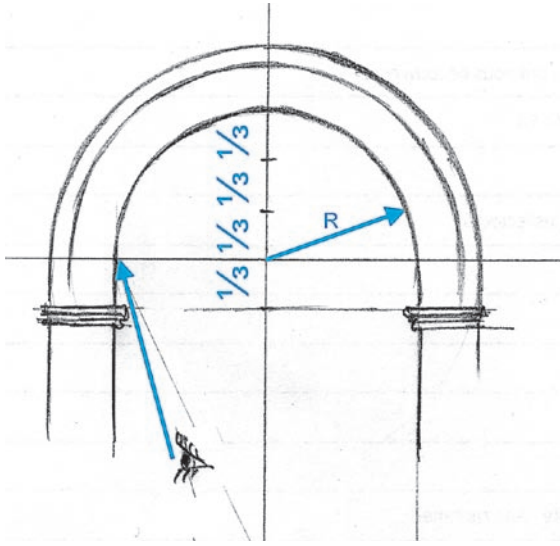


Obr. 66: Klášterní klenba složená z osmi lomených půlkruhových kleneb zesílených žebry. Vnější a vnitřní klenba jsou vzájemně propojeny kamennými, dubovými a železnými věnci. Parketová vazba a klenuté oblouky v ploše klenby zajišťují dostatečnou pevnost zdiva ve svislém i vodorovném směru. Klenba byla vyzděna bez lešení; Filippo Brunelleschi: kupole Santa Maria del Fiore, Florencie, 1436.



Obr. 67: Architektonické, symbolické i konstrukční využití lomeného oblouku v barokní gotice, Jan B. Santini: poutní kostel sv. Jana Nepomuckého na Zelené hoře, 1719.

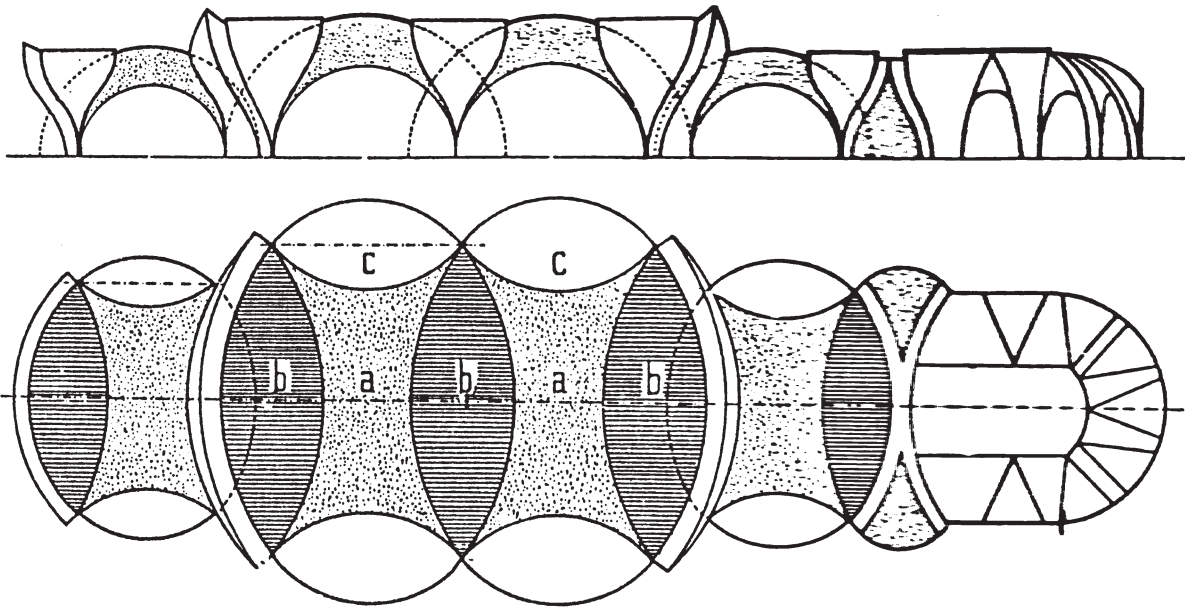
Obr. 68: Pseudogotický lomený oblouk, Schwarzenberský kanál, 19. stol.



Obr. 69: Zvýšení vzepětí půlkruhového oblouku podle L. B. Albertiho, 1452 (obr. 64, 70, 73 a, b, c, 75, 76).



Obr. 70: Nadvýšení půlkruhového oblouku (obr. 69, 75), Kilián Ignác Dientzenhofer, kostel sv. Vojtěcha, Počápy, 1726.



Obr. 71: Kryštof Dientzenhofer: kostel sv. Markéty, Praha-Břevnov, 1708–1715; Geometrická analýza kleneb [154].

Ovalný oblouk (užívaný v baroku) lépe vyhovuje slohovému citění doby než oblouk půlkruhový, má menší únosnost, proto bývá nadvýšený (obr. 69–71).

Segmentová klenba nemá nebezpečný průřez, má malé vzepětí, tedy nižší únosnost, používá se pro malá rozpětí. (obr. 54) Je výhodná ve spojení s dřevěnými (obr. 72) i ocelovými nosníky (klenba do travers).

Přímá klenba má vzepětí rovné tloušťce klenby, má malou únosnost, proto je obvykle nad ní odlehčovací oblouk, užívá se místo kamenných nebo dřevěných překladů, v 19. století bývá vyztužena železem (obr. 102).



Obr. 72: Segmentové klenby nesené dřevěnými nosníky, klášter Poblet, Katalánie, 12. stol.

Islámské klenby – vyskytuje se mnoho různých tvarů oblouků: půlkruhový, lomený, převýšený (vyšší vzepětí, reakce oddálená od ostění), oslí hřbet, podkovovitý, záclonový, přímý, trojlist, laločnatý atd. (obr. 64, 73). Spárořez (*stereotomie*) bývá pečlivě konstruovaný různým způsobem (někdy i více středů ložných spár).

Italský oblouk s dvojí křivostí je zřejmě inspirován islámem (obr. 74, 77).

Výhody *podkovovitého oblouku* (nadvýšení a rozšíření patky) se mohou uplatnit i v jiném kulturním prostředí (obr. 75, 76).

Záclenky – jejich konstrukce je určena spárořezem, který byl navrhován tak, aby tlaková síla byla kolmá k ložné spáře (obr. 73, 77).

Valená klenba je osově souměrná, zakřivená v příčném směru, užívá se pro zaklenutí podélných prostorů. Zatížení se přenáší průběžnou patkou do podélných stěn.

Kombinací valených kleneb vznikne:

- valená klenba s *lunetami* – zatížení se přenáší do podélných stěn, pod patkou lunet je zatížení soustředěné,
- *křížová* klenba – reakce od celé klenby působí v patkách,
- klenba *klášterní* – zatížení se přenáší do obvodových stěn.

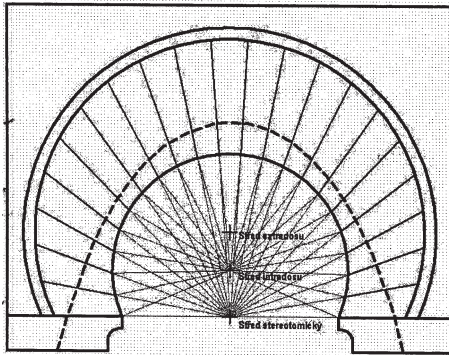
Placka, pruská klenba má dvě křivosti, užívá se pro zaklenutí obdélných prostorů – reakce od klenby působí v patkách, rozdělují se v poměru rozpětí.

Česká placka je kulová úseč, má dvě křivosti o stejném poloměru – reakce od klenby působí v patkách.

Placky do *segmentových pasů se skrytým táhlem* se v 19. století běžně užívaly pro zaklenutí hospodářských objektů (obr. 96).

Kupole je středově souměrná, užívá se pro zaklenutí centrálních prostorů. Kupole zatěžuje rovnoměrně válcový nebo víceboký tambur (pokud je kupole konstruována jako klášterní klenba – Sta Maria del Fiore). Zatížení z tamburu do spodní stavby přenášejí patky trompů nebo pendentivů (obr. 66).

Zatížení *žebrových kleneb* se soustřeďuje do patek žeber uložených do zdiva nebo na přípory (obr. 86, 87). Podobně i *rubová žebra* jsou uložena do zdiva nebo na pilastry, do kterých přenášejí zatížení od klenby, kterou zesilují (obr. 97).



a



b

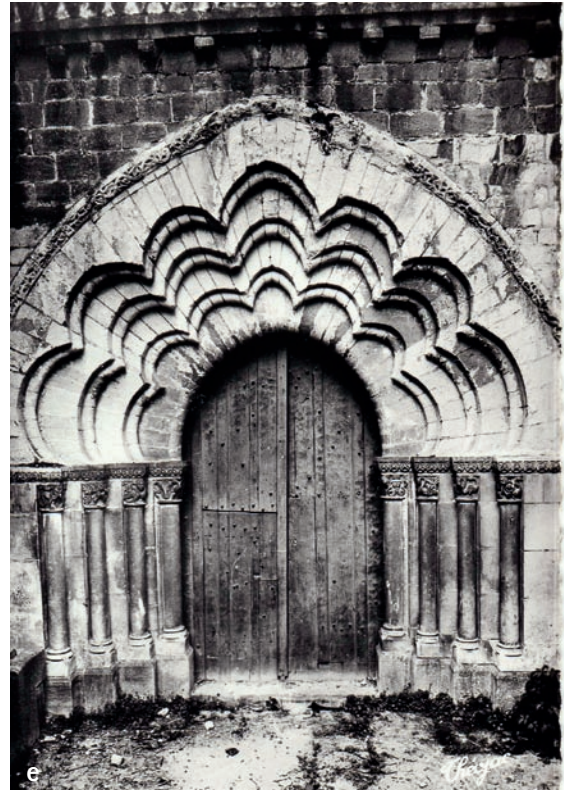


c

Obr. 73: Islámské oblouky:
 a, b – podkovovitý oblouk, konstrukce spárořezu;
 Velká mešita, Cordoba, 10. stol.;
 c – podkovovitý oblouk, synagoga ben Shoshan,
 Toledo, 14. stol.;



d



e

d – přímá klenba – vyznačený spárořez; Káhira, 14. stol.;
 e – románský ústupkový portál – lomený extrados, půlkruhový intrados, všechny oblouky mají společné spáry (nejsou převázány),
 které směřují do středu. Spodní část portálu byla zděna bez podpory. Možný islámský vliv. („Byzantská“ brána kostela sv. Medarda),
 Thouars, Francie, 12. stol.



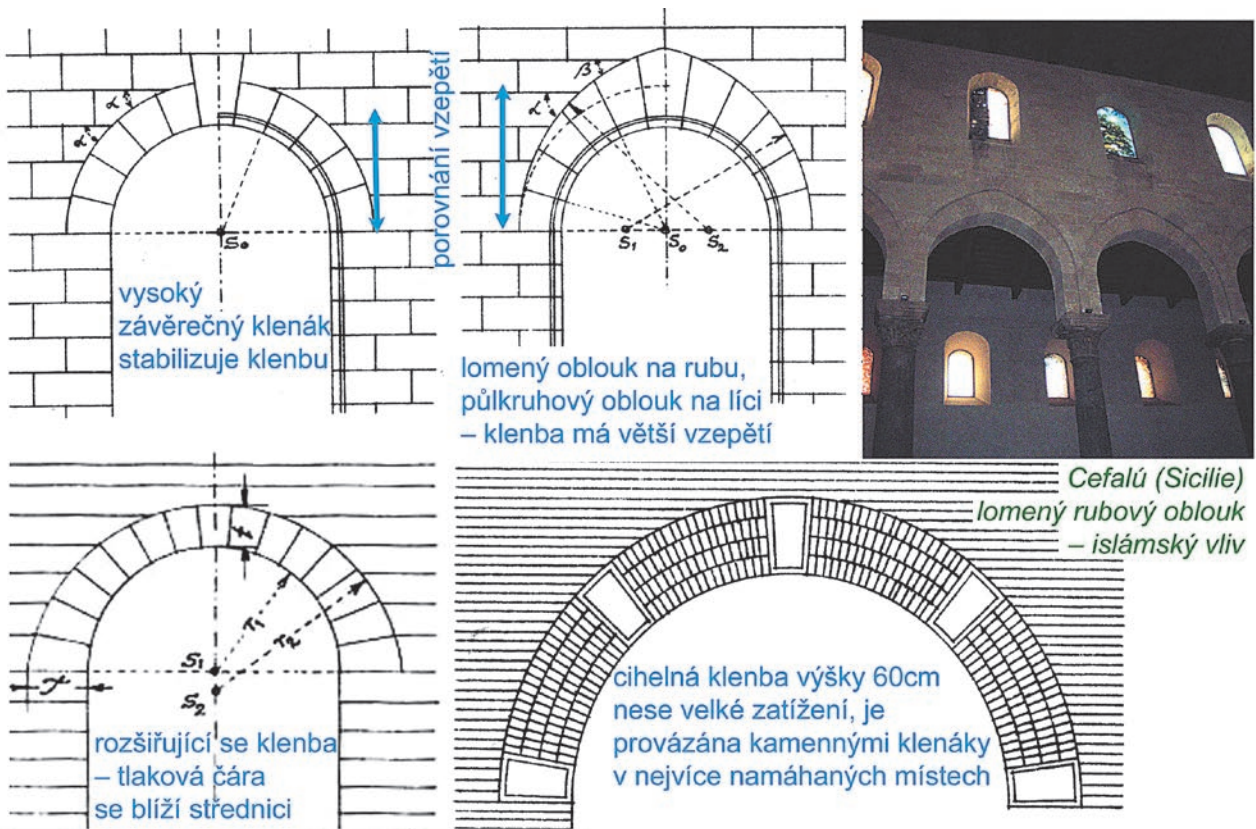
Obr. 74: „Italský“ oblouk – klasický půlkruh zachovává intrados (spodní líc), lomený extrados zvyšuje únosnost, Assisi, 13. stol. (obr. 77).



Obr. 75: Nadbýšený oblouk a vysunutí patek zvyšuje únosnost (obr. 64, 73, 76), J. B. Santini: klášterní kostel Nanebevzetí P. Marie v Kladrubech, 1712–1726.



Obr. 76: Podkovovitý oblouk, železniční tunel, Litoměřice, 19. století (obr. 64, 73, 75).



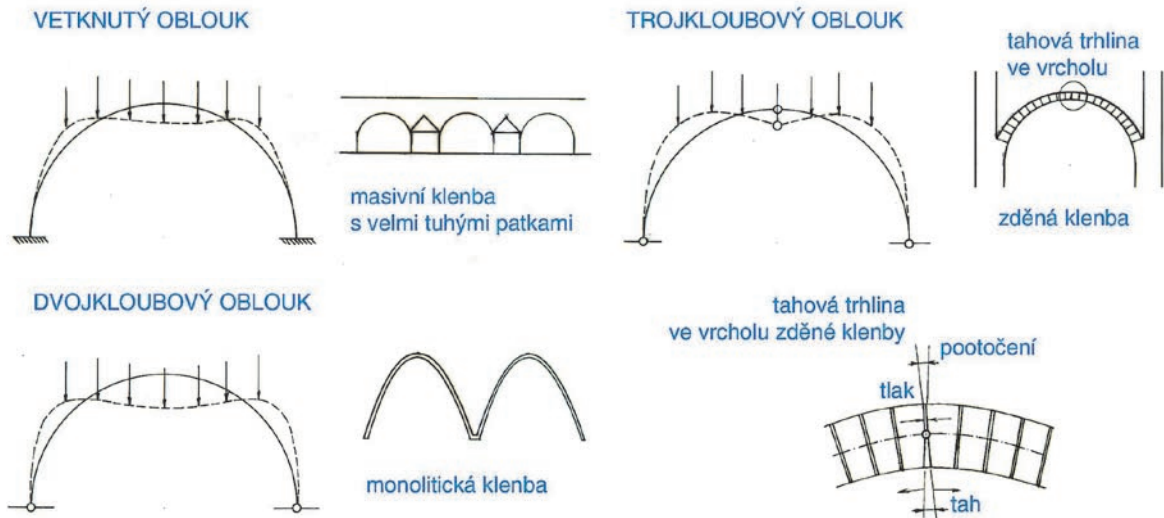
konstrukční principy (prof. Alois Čenský, 1930)

Obr. 77: Konstrukce půlkruhových pasů (obr. 74, 78).



Obr. 78: Cihelná klenba s pískovcovými klenáky v nejvíce zatížených místech (patky, nebezpečný průřez, závěrečný klenák), brána vévodského paláce, Milán, 15. stol.

STATICKÝ MODEL KLENBY



Obr. 79: Statické modely kleneb.

Zjednodušený model rovinné (dvoudimenzionální) klenby závisí (kromě materiálu a tloušťky) na možném *posunu patek*.

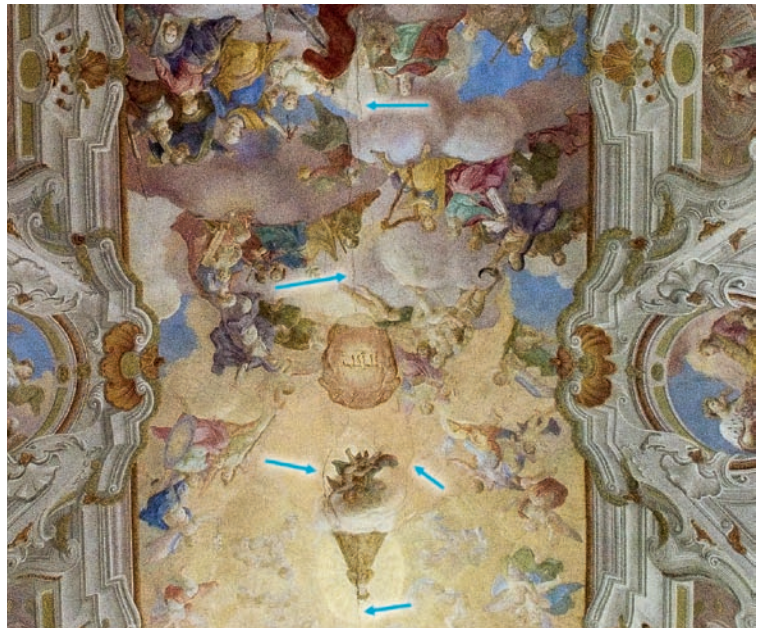
Pokud došlo k vodorovnému posunu (ve vrcholu může vzniknout tahová trhлина), pak je možno zděnou klenbu modelovat jako *trojkloubový oblouk*.

Klenba z materiálu s vysokou pevností v tahu (dřevo, ocel, železobeton) se chová jako oblouk *dvojklobový* (klouby jsou v uložení a patky jsou neposuvné).

Masivní klenba se chová jako *oblouk vetknutý* – uložení klenby je neposuvné a je namáháno ohybem. Jako vetknuté oblouky působí masivní zděné mosty nebo klenby římské. Vetknutí se vyskytuje u novodobých železobetonových mostů (*obr. 79*).

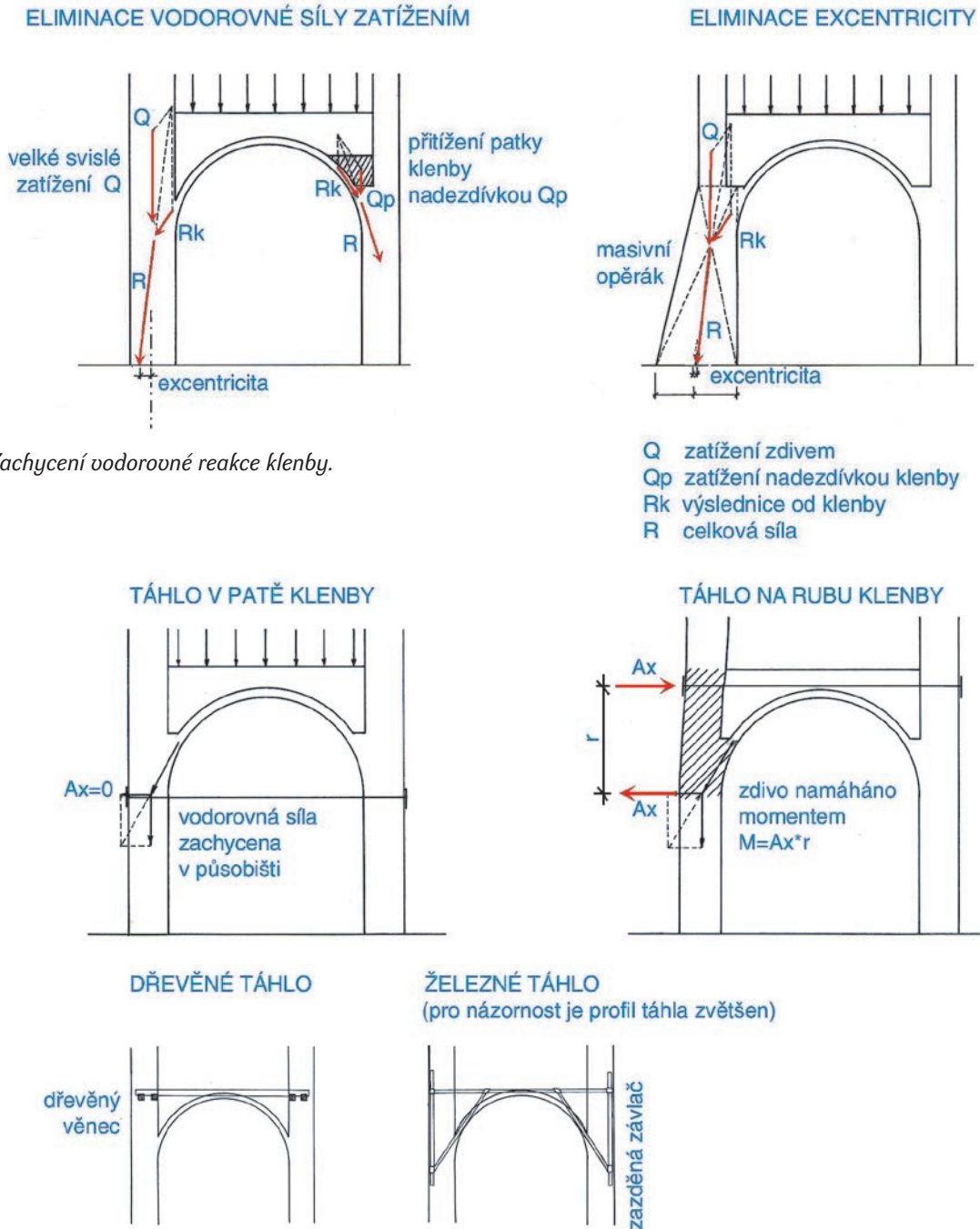
Klenba je konstrukce namáhaná převážně tlakem. Funkci zděné klenby zajišťuje **kontakt staviva** (cihel, klenáků), proto musí být všechny spáry dokonale vyplněny maltou.

Zděné klenby historických budov nejčastěji působí jako **trojkloubový oblouk** – uložení v patce umožňuje pootočení, při pootočení ve vrcholu dojde u větších rozpětí k překročení pevnosti malty v tahu a ke vzniku trhliny. Pokud jsou patky trojkloubového oblouku neposuvné, je konstrukce stabilní, i když má ve vrcholu tahovou trhlinu. Trhlinu ve vrcholu klenby je možno vyspárovat, ale **nezpevňovat kotvou**, mohla by se přesunout do jiné spáry (*obr. 80*).

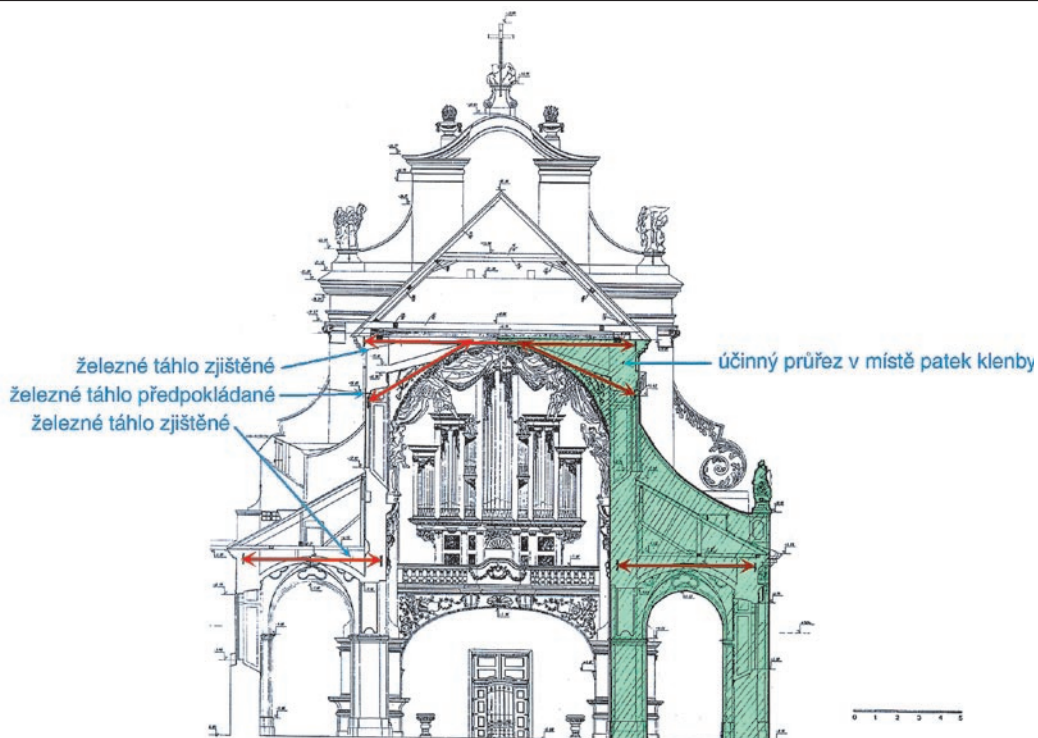


Obr. 80: Trhлина ve vrcholu trojkloubového oblouku, Giovanni M. Filippi: kostel Nar. P. Marie, 1617–1624. Vranov nad Dyjí

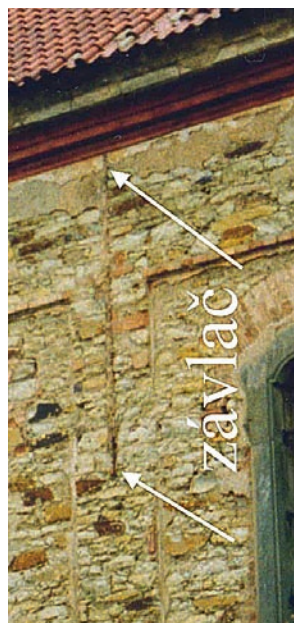
Vodorovná reakce klenby je zachycena třením vyvozeným svislým zatížením v patce, opěrákem nebo táhlem (obr. 81, 82). Táhlo může být umístěno viditelně v patce, na rubu klenby nebo je do klenby zazděné; bývá dřevěné, železné, případně kombinované. Táhlo klenby často spolupůsobí s konstrukcí krovu. Táhlo je účinné, pokud je přiměřeně napnuté, napnutí zajišťuje klínový nebo šroubový napínač – je nutná pravidelná kontrola. (obr. 85, 96, 98).



Obr. 82: Zachycení vodorovné reakce klenby táhlem (obr. 84, 85, 96).



Obr. 83: Opěrný systém a táhla klášterního kostela Nvoz. P. Marie, Osek, 1712–1719. Románská staoba měla tenké stěny, které nemohly zachytit vodorovnou reakci klenby, proto byly nad příčnými pasy bočních lodí uyzděny opěrné oblouky, které přenesly zatížení od kleneb do obvodového zdiva bočních lodí. Zdivo kostela a opěrné oblouky byly sepnuty železnými táhly.



Obr. 84: Závlače táhel pod omítkou fasády, P. P. Columbani: kostel sv. Václava, Ledčice, 1752 (obr. 82, 85, 96).



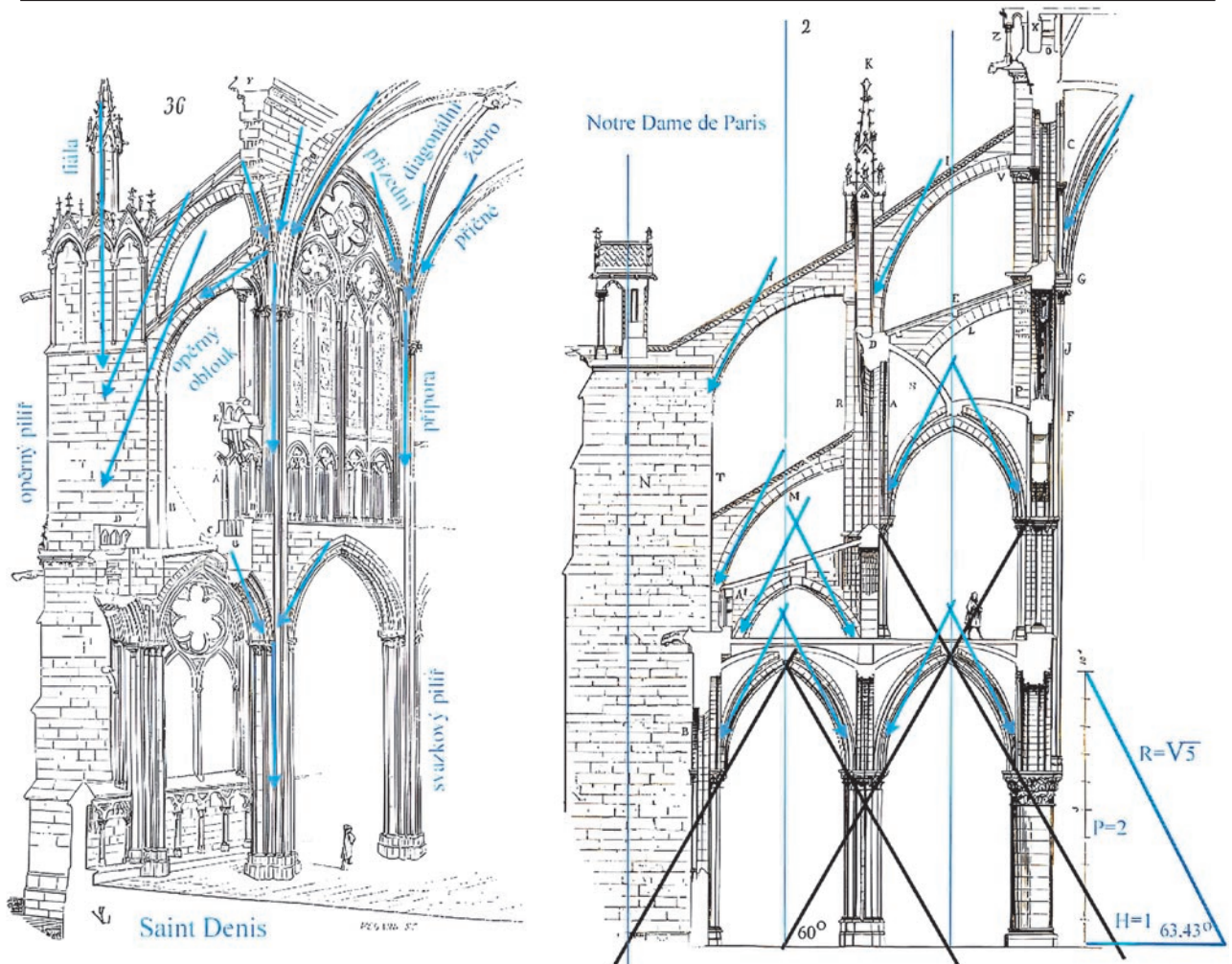
Obr. 85: Detaily kotvení šikmého táhla zařděního do klenby, dóm sv. Václava, Olomouc (obr. 82).

KONSTRUKCE KLENBY

Nejstarší klenby byly kamenné, v západní Evropě jsou běžné klenby z tesaných kvádrů, u nás se vyskytují výjimečně, obvyklý je lomový kámen. Cihelné klenby jsou u nás běžné už od středověku.

Součástí konstrukce klenby bývalo *žebro*, které mělo několik funkcí:

- zesílení klenby (to byla zřejmě prvotní funkce žebra),
- usměrnění tlaků do podpor – spolu s křížovou klenbou, lomeným obloukem a opěrným systémem žebro umožnilo vznik skeletu z tesaného kamene (obr. 86),
- žebro je významným architektonickým prvkem – vyjadřuje *tektoniku* klenby; žebra klenby tesali *kameníci* podle přesně konstruovaných výkresů, podle stejných výkresů konstruovali *tesaři* ramenáty – nezbytná byla dobrá znalost *geometrie*, (plochy mezi žebry se původně klenuly na bednění, později z ruky s pomocí jednoduchého podepření – mezižeburní klenby obvykle již netvoří geometricky definované plochy),
- žebra měla nezastupitelnou úlohu při *stavbě* klenby, po zatvrdnutí byla klenba často schopna plnit nosnou funkci bez spolupůsobení s žebry – dokládají to příklady staveb, kde žebra odpadla, aniž by došlo k výraznějšímu porušení klenby (obr. 87).



Obr. 86: a – konstrukční prvky gotické katedrály (Viollet-le-Duc), Saint-Denis; b – opěrný systém a triangulace gotické katedrály, přečelňkové klenby a „gotický trojúhelník“ v patkách, Notre Dame, Paříž, 1163–1345.



Obr. 87: Klenební žebra odtržená a posunutá po zřícení krovu při požáru; únosnost klenby bez spolupůsobení žebor byla zachována, kostel sv. Petra a Pavla, Mělník, 15. stol.



Obr. 88: Pálené tvarovky klenebních žeber: 1 – třetí čtortina 15. století; 2 – druhá třetina 16. století; 3 – opukové žebro ze 14. století; 4 – cihelná tvarovka z Červeného kostela ve Varnsdorfu (1904–1905); NPÚ Krásné Březno.

Žebra byla obvykle kamenná, vyskytují se i žebra cihelná obdobného tvaru jako kamenná, u pozdně gotických kleneb i cihelné tvarovky (obr. 88). Zatímco žebra ve tvaru klenáků byla podpírána ramenátem, cihelné tvarovky se kladly na plošné bednění. Tuto konstrukci žebrové klenby použil Santini v klášterních kostelech ve Žďáru nad Sázavou a v Želivi, pravděpodobně i v Kladrubech.

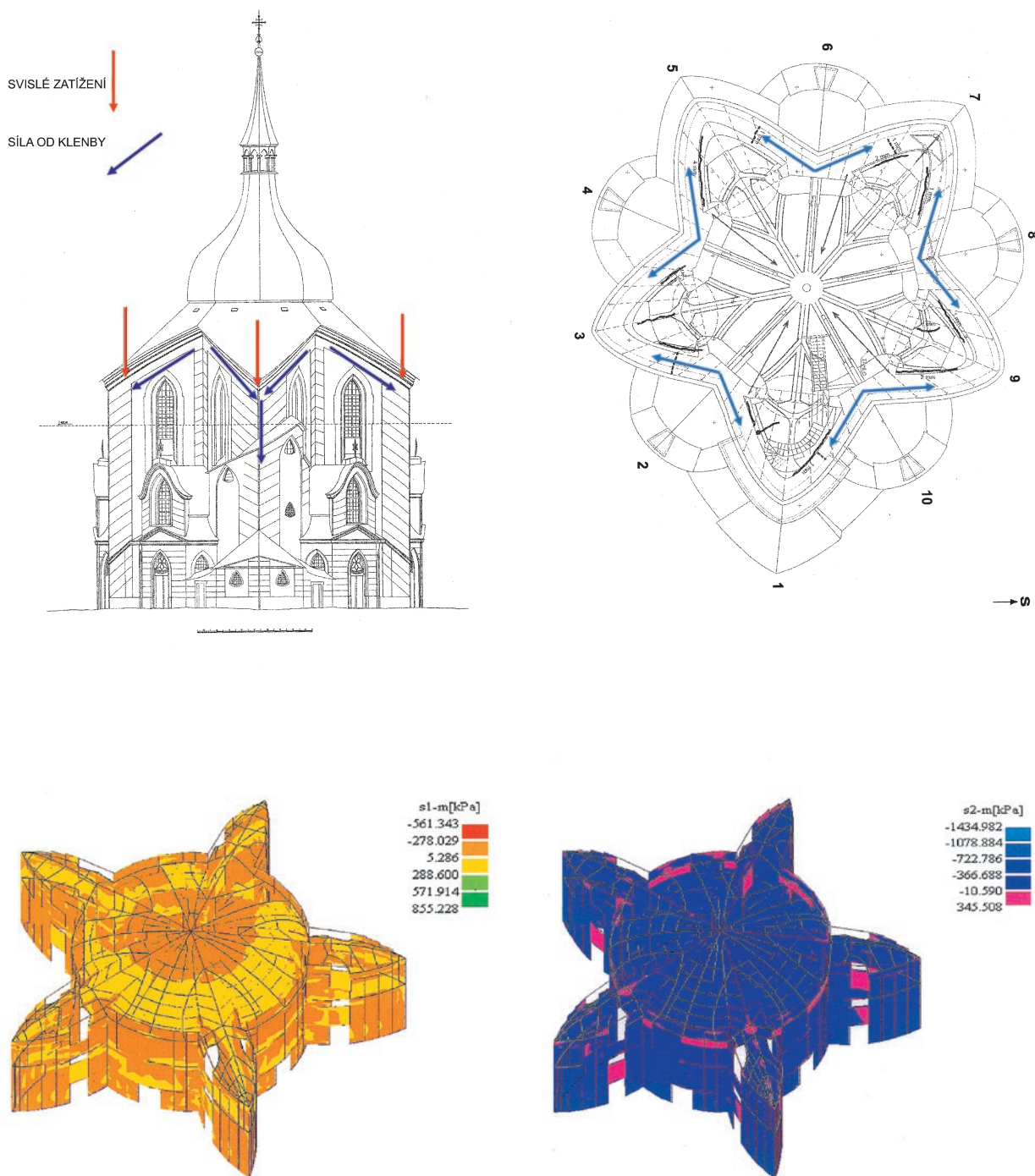
Renesanční a barokní klenby velkých prostorů jsou vyztuženy *rubovými žebry (pasy)*, které jsou provázány s klenbou a mají podstatně větší dimenze než žebra. Riedova klenba Vladislavského sálu na Pražském hradě má v líci kamenná žebra, na rubu zděné pasy, součástí její konstrukce jsou i železná táhla.

Žebra a rubové pasy musí být při stavbě podepřeny ramenáty (obr. 97, 98, 99).

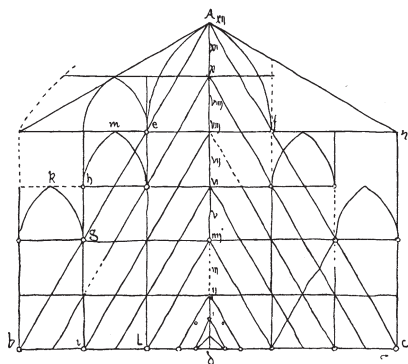
Opěrný pilíř je základním konstrukčním prvkem, který přenáší vodorovnou reakci klenby do základu. Tuto funkci mají již vztyčené monolity (které jsou někdy dokonce šikmé a spolupůsobí s násypem mohyly) nesoucí masivní stropy komorových megalitických staveb. Opěrné pilíře jsou již pravidelnou součástí gotických klenutých kostelů (které mají na rozdíl od kostelů románských zdi výrazně tlustší) (obr. 56, 86, 92) [138, 139].

Opěrné pilíře barokních kostelů jsou patrně zvenku, ale často jsou vtaženy dovnitř. U dynamických staveb (obr. 67, 83, 89) je jejich masivní zdivo v půdorysu zjevné, ale z interiéru ani v pohledu na fasádu se neuplatňuje.

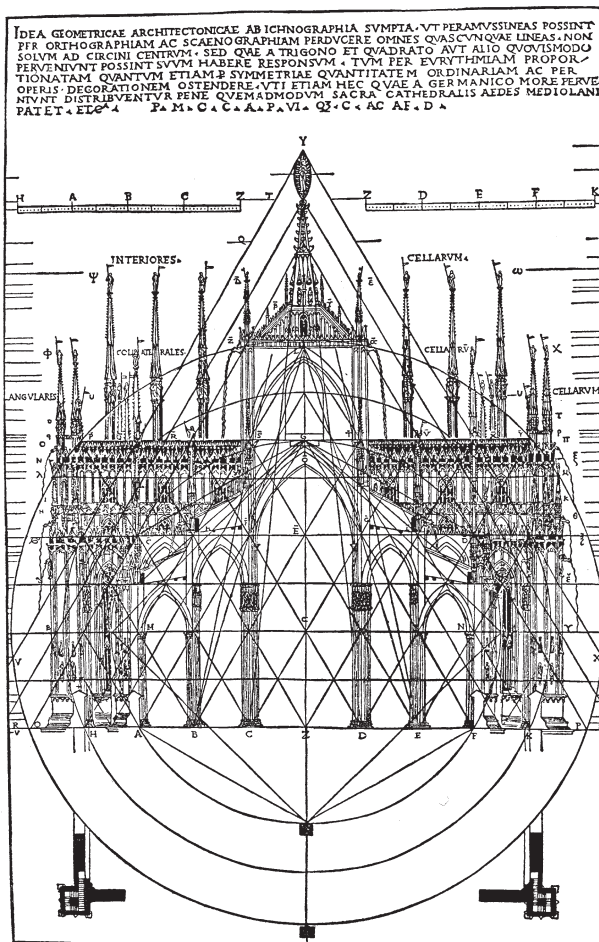
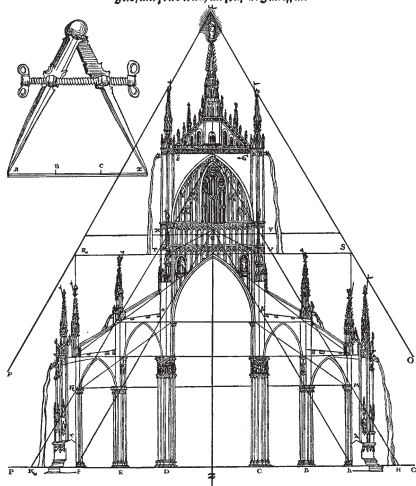
Vztah mezi rozpětím klenby, tloušťkou nosné zdi a opěrným systémem staří stavitelé řešili geometrickými metodami, které byly ověřovány realizací staveb. Jednou z těchto metod je triangulace (obr. 86, 90, 91). Triangulaci (tedy využití rovnostranného trojúhelníka při návrhu) je pravděpodobně možno rekonstruovat u většiny katedrál. Triangulací byly určeny šířkové a výškové poměry lodí, tloušťky pilířů, poloha závěrečných klenáků a patek kleneb, sklony a vzájemné vztahy opěrných oblouků. Využití pravoúhlých trojúhelníků s odvěsnami v poměru 2 : 1 zajišťovalo bezpečné zachycení vodorovné složky reakcí kleneb (obr. 55, 62, 86) → III. / Tření.



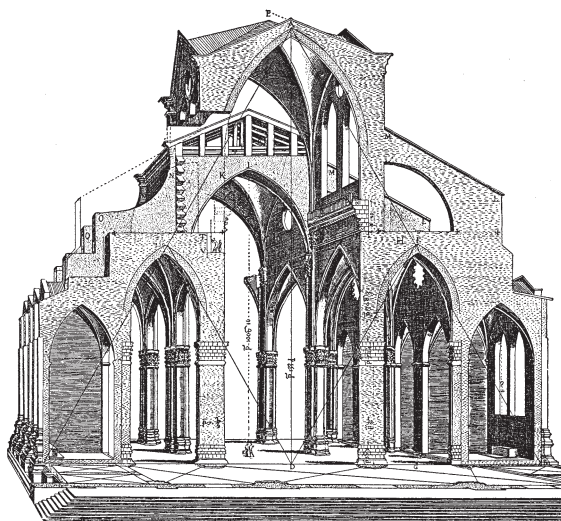
Obr. 89: a, b – Opěrný systém uplatněný v barokní gotice; c – Statický výpočet [Jíra 2006]: Analýza konstrukčního systému potvrdila jeho vysokou efektivitu – ve zdivu ani v klenbě nevznikají tahová napětí, hodnoty tlakových napětí odpovídají pevnostem materiálů; v místě extrémů smykových napětí jsou ve staobě osazena železná táhla (červeně vyznačeno), Jan B. Santini: poutní kostel sv. Jana Nepomuckého na Zelené hoře, 1719.



ly Das Erste Buch Vierunß
Künstliche auffweisung der Orthographi oder auffzeihens des obgefesten Grundes
oder Jchnographi/ nach dem Teutschen Steinmeyer Grund des Trians
gels/mit sonderlichem steif abgemessen.



Obr. 90: Katedrála narození P. Marie, Milán, 14. století; triangulace [Kadeřávek 1935]: a – Stornaloco 1391; b – Cesarian 1521; c – Ryffus 1540.



Obr. 91: Frianus Ambrosinus: Řez kostelem sv. Petronia v Bologni, 1592.

Obr. 92: Katedrála sv. Petra s výškou klenby presbyteria 46,5 m je vůbec nejvyšší katedrálou. Její chór byl dokončen roku 1272, ale roku 1284 se zřítíl. Důvodem bylo zřejmě vybočení nosných pilířů, které měly velkou vzpěrnou délku. Při opravě byla do křížové klenby oložena příčná žebra (takže vznikla klenba šesti-
dílná), pro která byly uztyčeny nové podpory. Přesto jsou všechny prvky, včetně vnějšího opěrného systému, velmi štíhlé a byly dodatečně propojeny železnými objímkami a táhly, Beauvais, 1225.

a – Vzpěrná délka štíhlých opěrných pilířů je zkrácena vnějšími železnými táhly;
b – Vložení mezilehlých pilířů, změna křížové klenby na šesti-
dílnou.



Jsou doloženy havárie staveb v minulosti, ale převažující většina dodnes stojících velkých staveb (zejména kostelů) nemá poruchy, které by byly způsobeny vadou projektu – tuto skutečnost je třeba si při posuzování statiky historických staveb uvědomit.

Táhla se stávala součástí konstrukce klenby tam, kde pro zachycení vodorovné reakce klenby nestačilo tření v patce nebo opěrný pilíř. Železná táhla jsou součástí konstrukce katedrál (obr. 92, 93). Renesanční arkády (obr. 94) mají původní viditelná táhla v patce, klenby kostelů měly dřevěná táhla uložená v obvodových zdech, u barokních kostelů jsou běžná táhla železná, ale i dřevěná táhla se železnými závlačemi (obr. 84, 85). V barokních zámeckých a klášterních budovách jsou běžná dřevěná táhla v násypu na rubu klenby se železnými závlačemi nebo kámpovaná do podélných věnců (obr. 95).

Nezbytnou součástí plochých kleneb stájí a hospodářských prostorů z 19. století jsou táhla skrytá v konstrukci pasů. (obr. 96).



Obr. 93: Táhla obepínají celou staobu – do vodorovných tyčí s oky zazděných v meziokenních pilířích, jsou v oknech osazeny tyče s háky. A – před osazením byly háky ohřáty ve výhni, po vychladnutí se táhla vypnula. B – trhlina v háku vznikla při násilném zatlučení oka. C – koroze v místě svaru. Chrám sv. Barbory, Kutná Hora, 15. stol.



Obr. 95: Dřevěná táhla nad klenbami (obr. 82), zámek v Zákupech, 18. stol.

Obr. 94: Táhla v arkádách renesančního zámku, Bučovice, 1575.



Obr. 96: Klenby stáje fary, Město Touškov, 1. polovina 19. století:

a – dodatečná táhla, trhliny v klenbách;

b – závlače původních a dodatečných táhel na vnější straně;

c – vykloněná dvorní zeď, vodorovná trhlina v dvorní zdi, závlače dodatečných táhel;

d – trhlina způsobená původním táhlem, které je v dutině uvnitř pasu.

ZDĚNÍ KLENEB

Některé ze způsobů zdění kleneb:

- na plošné bednění z prken nebo šindelů podepřené ramenáty,
- na bednění uložené na kamenná žebra podepřená ramenáty,
- z ruky mezi žebra podepřená ramenáty,
- přečnělkové zdění,
- zdění z ruky na malé rozpětí (přes roh se skloněnými ložnými spárami),
- zdění z ruky na rychle tvrdnoucí maltu, například sádrovou (obr. 19).

Kupole se klene z ruky na ramenáty nebo z ruky po kruhových nebo spirálových vrstvách (někdy s přitížením ložné spáry závažím). Klenby o dvojí křivosti (placky) nemohou být podbedněny přímými prkny, klenou se podobně jako kupole.

V průběhu historie je vždy patrná snaha o zjednodušení nebo úsporu bednění. Vyskytují se konstrukce ramenátů zavěšené v prostoru krovu (obr. 97, 98), systémy táhel využitých pro zavěšení podpurné konstrukce klenby na krov (obr. 99).

Ramenáty se obvykle zřizují v čelech klenby a v řídicích obloucích (osové řezy, diagonály), vždy pod rubovými pasy. Mezi ramenáty se klene z ruky, případně na dílčí podpory (ohnutá prkna, pruty).



Obr. 97: Kostel sv. Petra a Pavla, Šlapánov, 1733: a – Vysoký nosník mezi vaznými trámy je zazubený trámový rošt, který byl po postavení krovu osazen na pozednici, byly na něj zavěšeny dřevěné ramenáty a osazena šikmá táhla kotvená do patky klenby vyzděné přečnělkově. Vodorovnou reakci klenby při zdění přenášel do obvodové zdi štíhlý segmentový oblouk; b – Klenba presbyteria byla rovněž vyzděna na zavěšené ramenáty. Konstrukce zavěšení byla vzhledem k menším rozpětím podstatně jednodušší, byla ponechána na místě, protože rubové pasy jsou opřené do dřevěných nosníků.

Cihelné klenby se postupně stávaly běžnou součástí všech staveb, v 19. století i staveb hospodářských. Vývoj vyústil do velmi efektivní konstrukce – *klenby do travers*, jejímž pokračováním je hurdiskový strop a různé typy prefabrikovaných vložkových stropů. I tyto konstrukce mají své předchůdce – segmentové klenby na dřevěných nosnících (obr. 72), se kterými se můžeme setkat u městských domů v Katalánsku.

Klenba se obvykle zdila na půl cihly (15 cm), nad patkami byla zesílena na 30 cm. Nad patkami bývala někdy jen kamenná rovnanina, která zvýšila zatížení patky kvůli zachycení vodorovné složky reakce. Rubové pasy kleneb na velké rozpětí mívaly výšku 45–60 cm (včetně klenby) a obdobnou šířku (obr. 54, 81, 100, 101).



Obr. 98: Konstrukce zavěšených ramenátů pro zdění klenby je v principu stejná jako ve Šlapánově, ale je pečlivěji provedená. Trámové rošty byly osazeny do kapes pod pozednicemi po zastřešení stavy. Šikmá táhla osazená v nadezdívce patek klenby jsou v drážce, která umožňuje jejich pohyb, závěsy jsou kloubově uloženy do zarážky (závlač táhla na obr. b je vysunuta z původní polohy), závěsy bylo možno utahovat pomocí klínů (obr. c) podle toho, jak se trámový rošt při zdění prohýbal. Provizorní charakter konstrukce dokládá horší kvalita užitého dřeva ve srovnání s dřevem krovy a to, že konstrukce byla při zdění klenby deformována. Při průhybu dřevěné konstrukce vznikly v klenbě trhliny a deformace, které jsou dodnes patrné.



Obr. 99: J. B.Santini: kostel Nanebevzetí P. Marie, Kladruby, 1712–1726:

- a) táhla zachycující odoroanou složku reakcí klenby;
b), c) táhla zavěšená na krov byla využita při zdění klenby.



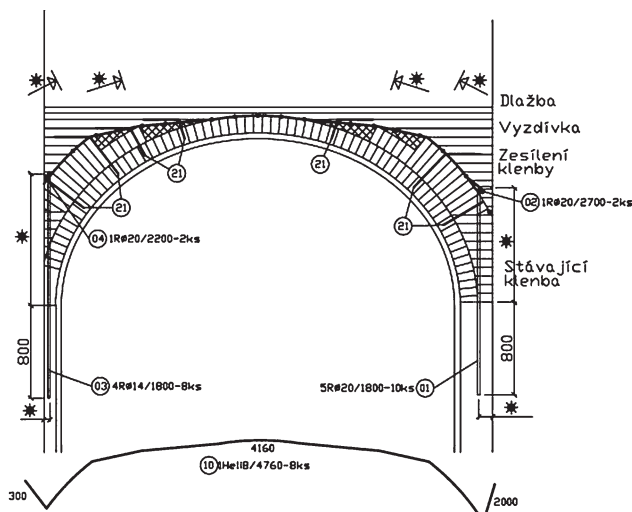
Tloušťka klenby 15 cm není pro zaklenutí velkých rozpětí dostatečná, tloušťka 30 cm je zase příliš velká. Proto se objevovaly cihly jiných rozměrů, tzv. *klenbovky*, které měly rozměr cca 20 × 25 × 6 cm. Z těchto cihel bylo možno zdlít klenby a pasy tloušťky 20, 25, 40, 45, 50 cm (obr. 51).

Klenby byly v minulosti *dodatečně zesilovány* klenutými pasy pod klenbou nebo na rubu, případně rubovou nadezdívkou patky, tato metoda (ve spojení s nerezovou šroubovicovou výztuží) se v posledních letech nově uplatnila (obr. 100). Perspektivní může být i zesílení klenby nerezovou výztuží bez nadezdívání (obr. 101).

Klenby vyztužené při spodním líci železem se objevují už v 19. století (obr. 102).



Obr. 100: Zvýšení únosnosti klenby nadezdívkou patek kotvenou šroubovicovou výztuží, Archeologický ústav, Praha.



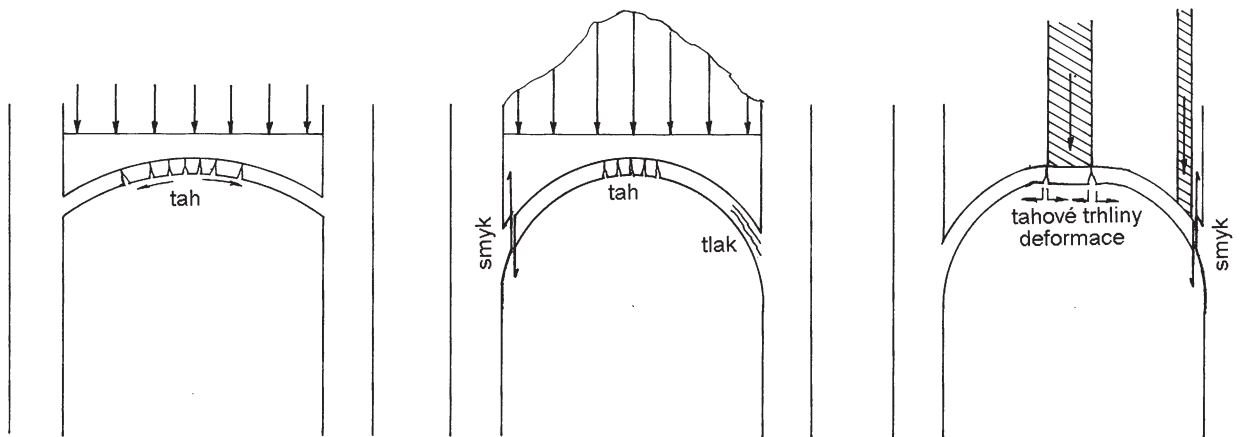
Obr. 101: Zvýšení únosnosti klenby oloženou šroubovicovou výztuží, kostel Nanebevzetí P. Marie, Plasy.



Obr. 102: Klenba z lomového kamene v umělé zřícenině, vyztužená železem, Kroměříž, 19. stol.

PORUCHY KLENEB

Klenby mají velkou únosnost, pokud jsou namáhány tlakem. Jejich přetížení se vyskytuje méně často, může k němu dojít při změně využití (například při velkém zatížení archivem nebo skladováním obilí na klenbách, které na to nebyly dimenzovány). Častější je lokální přetížení dodatečnou nosnou zdí nebo příčkou stojící na klenbě. K přetížení klenby dojde také při zhoršení kvality jejího zdiva v devastovaném objektu, kde je klenba promočena, vyplavuje se malta, dochází k odmrzáni cihel (obr. 103).



Obr. 103: Poruchy kleneb způsobené přetížením: a – přetížení (ploché klenby, klenby poddimenzované); b – extrémně zatížené klenby (suť, obilí, klenby narušené povětrností); c – lokální přetížení (příčky, nosné zdi na klenbě).

Při celkovém přetížení klenby vznikají podélné tahové trhliny ve vrcholu nebo v nebezpečném průřezu (je vymezen středovým úhlem cca 120°) (obr. 54), méně často příčné trhliny v uložení. Lokální přetížení se projeví tahovými, případně smykovými trhlinami pod přetíženým místem.

U kleneb většího rozpětí jsou běžné podélné tahové trhliny ve vrcholu, které většinou neohrožují funkci klenby (pokud jsou ovšem její podpory neposuvné). Zděná klenba běžné tloušťky se většinou chová jako trojkloubový oblouk, trhlinka ve vrcholu je projevem existence kloubu (obr. 79, 80).

Nejčastější jsou poruchy kleneb vyvolané pohybem podpor (patek klenby) při poklesu nebo odklonění zdiva, který vnáší do klenby ohybový moment a smykové síly – trhliny v klenbách jsou důležitým indikátorem poruch stavby jako celku. K posunu podpory klenby může dojít (obr. 6, 7, 8, 9):

- a) při poklesu základu,
- b) pootočení zdi kolem vnější hrany základu,
- c) působením vodorovné síly od narušeného krovu,
- d) vodorovnou silou od klenby, která způsobí vyboulení zdi nebo její odklon,
- e) při narušení táhla, jehož funkcí bylo zachycení vodorovné reakce klenby.

Při posunu podpor se otevřou tahové trhliny ve spárách mezi lunetami klenby a obvodovou zdí, vzniknou tahové trhliny v lunetách, u křížové nebo lunetové klenby diagonální tahové trhliny při patkách. Při poklesu zdiva nebo základu vznikají ve stejných místech spíše trhliny smykové.

Uvedené příčiny působí často lokálně – základová půda je promočena jen v některých místech, narušená jsou jen některá zhlaví krovu nebo jen některá táhla. Lokálně působící příčiny se projeví diagonálními trhlinami, které jsou kolmé na působení tahových sil.

Rozlišit uvedené příčiny může být poměrně obtížné, zvláště když některé z nich působí současně – vždy je nezbytná analýza **celé** stavby.

K *poruchám* klenby dochází v důsledku:

- poddimenzování,
- narušení zdiva (například zatékáním),
- přetížení (zatížení plošné nebo lokální),
- posunutí podpor (pokles, výklon, boulení zdiva),
- narušení funkce táhla nebo opěrného systému.

Při průzkumu a posuzování klenby je nutno konstrukční systém vždy spolehlivě identifikovat a zjistit funkci a stav jeho prvků. Posouzení klenby *statickým výpočtem* je nutné v případě, že je porušena nebo má být přetížena. Statický výpočet musí vzít v úvahu tvar a dimenze klenby (žebra, rubové pasy, nadezdívky), všechny **spolupůsobící konstrukce** (táhla, zdivo, opěrné pilíře, případně i spolupůsobící prvky krovu – vazné trámy s táhlem) a působení vnějších příčin (pokles v základech, výklon zdiva). Ve složitých případech je nutný 3D model konstrukčního systému a sondy pro zjištění jeho podoby.

OPRAVY A ÚPRAVY KLENEB

Analýza průzkumu a statický výpočet jsou podkladem pro zjištění příčin poruch klenby a návrh opravy.

Při *opravě* poruch klenby má **vždy** přednost obnova **původního konstrukčního systému** (pokud byl dobře navržen). Původní statickou funkci je možno obnovit i u značně narušené klenby podepřením na ramenáty a pečlivým přezděním. podepřením na ramenáty (*obr. 104*).

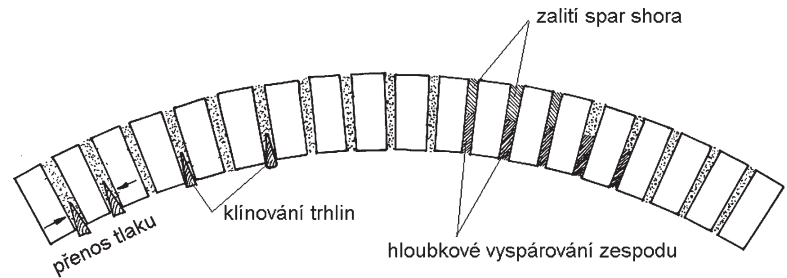
Zesílení, doplnění nebo nahrazení autentických konstrukcí je u chráněných památek přípustné jen v případě, že autentický systém měl vážné závady, které **prokázal statický výpočet**. Stavební úpravy a využití objektu by měly vycházet z možností stávajícího nosného systému a měly by být navrženy tak, aby nebylo nutné autentické konstrukce zesilovat nebo doplňovat.



Obr. 104 a–f: Cihelná klenba a zdivo značně narušené povětrností a vegetací – postup opravy, hrobka Krásná Lípa, konec 19. stol.

Oprava trhlin a spár

Po odstranění vnějších příčin poruch klenby je především nutné **obnovit její statickou funkci** – tedy zajistit přenos sil tlakem mezi jednotlivými klenáky. To znamená vyplnit všechny trhliny a otevřené spáry *hloubkovým vyspárováním* (odstranit starou maltu a nahradit ji novou v celé tloušťce klenby) → III. / Zděné konstrukce / Hlubkové spárování a injektáž. Trhliny širší než 3 cm vyklínovat přřízanými cihlami (vhodnější než dubové klínky, které se užívaly v minulosti) (obr 105, 106).



Obr 105: Obnovení funkce klenby.



Obr. 106: Klenba pečlivě vyzděná z lomového zdiva si zachovala únosnost, přestože malta ze spár je téměř úplně vyplavená – viz ledové rampouchy, hrad Tolštejn.

Tahové a smykové *trhliny* jsou projevem narušení nosné funkce klenby – způsob a příčiny narušení se určí z umístění a směru trhlin, z deformací a průzkumu souvisejících konstrukcí. → III. / Klenba / Poruchy kleneb

Po odstranění příčin poruch se trhliny v klenbě **vždy** vyspárují. Spárování běžnou maltou je vhodné i u trhlin dilatačních – zmenší amplitudu pohybu, dilataci však nezabrání, je nutno počítat, že trhlina se časem obnoví. Spínání trhlin v klenbě (statických a **zejména** dilatačních) výztuží vloženou do spáry, kotvami nebo třmeny je (v převažující většině případů) **nepřípustné** z těchto důvodů:

- pro odstranění příčin poruch (zachycení vodorovné reakce klenby nebo posunu patek, zvýšení únosnosti přetížené klenby) je **nedostatečné**,
- u systémové trhliny (trojkloubový oblouk) by ztužení kloubu způsobilo **přesunutí trhliny** do jiného místa – tedy poškození klenby.

Únosnost klenby a její zesílení

Klenba, jejímž základem je půlkruhový oblouk, má (při svislém zatížení) přibližně v jedné třetině rozpětí *nebezpečný průřez* (obr. 54), kde se tlaková čára odchyluje od střednice a kde je klenba namáhána kromě tlaku i smykem a ohybem. Historické klenby proto mívaly ve spodní třetině větší tloušťku, případně byly na rubu přitíženy nadezdívkou nebo kamennou rovnáninou. Je proto **nepřípustné** nadezdívkou nebo rovnáninou na klenbě, která je součástí nosné konstrukce, odstraňovat. Rovněž nežádoucí je plošné odstraňování podlah a násypů na klenbách. Důvodem je (kromě výše uvedené funkce přitížení patky) především to, že násyp je, stejně jako všechny součásti stavby, nositelem informací – je tedy součástí *památkové hodnoty* stavby.

Každý zásah do konstrukcí na rubu klenby je proto nutné řádně zdůvodnit a předem schválit příslušným památkovým orgánem. Pokud z analýzy konstrukčního systému stavby vyplyne řádně zdůvodněná nutnost zásahu do konstrukcí *nad klenbou*, je nutné zajistit stavebně historický průzkum a případně i archeologický výzkum tohoto prostoru.

Klenba je konstrukce, která má vysokou únosnost. Únosnost historických kleneb je v naprosté většině dostatečná, *zesílení* klenby je nutné zpravidla pouze v případě, kdy byla dodatečně přetížena, deformována nebo narušena vnějšími vlivy. Pokud je nutné zvýšit únosnost klenby, mají vždy přednost způsoby, které navazují na historické konstrukční principy – tedy zesílení klenby rubovými pasy, případně nadezdívkou v exponované části nad patkami. Pro spojení nového zdiva klenby se zdívm stávajícím je účelné využití nerezové šroubovicové výztuže, která má dobrou soudržnost s maltou, může být vkládána do spár a snadno tvarována (obr. 100 a 101).

K *lokálnímu přetížení* nosnou zdí docházelo často, obvykle se řešilo podezděním klenby nosnou zdí nebo pilíři v nižším patře, případně podchycením klenby klenutým pasem, v novější době ocelovým nosníkem.

Zesilování kleneb *železobetonovou vrstvou* (tzv. „rubovou skořepinou“) nebo torkretem, které je doporučováno odbornou literaturou [31], je **překonaná technologie**, která je příliš velkým zásahem do organismu památky a je špatně opravitelná a odstranitelná. V převažující většině případů nebylo běžné užívání této technologie ve 2. polovině 20. století pro zesílení klenby a pro konsolidaci památkového objektu nutné. Jeho důsledkem bylo odstranění podlah a násypů kleneb, někdy i historických příček a omítek, tedy zánik významných dokladů stavební historie památky [208, 209].

Životnost železobetonu je (v závislosti na expozici) 50–100 let – je tedy pro užití v historické památce **nedostatečná**. Zesílení klenby železobetonovou konstrukcí je možno u památkově chráněných objektů připustit jen ve zcela výjimečných případech (obr. 107). Některé navrhované způsoby uplatnění železobetonových konstrukcí („zavěšení“ klenby na železobe-



Obr. 107: Klenby zničené při bombardování v roce 1945 byly obnoveny ze železobetonu, poškozené klenby byly zesíleny podle návrhu prof. B. Hacara, klášter Na Slovanech, Praha.



Obr. 108: Projektant považoval trhliny ve sparách zazděných arkád renesančního zámku za statickou poruchu, navrhl ocelovou konstrukci, na kterou pomocí vlepených táhel ovyvěsil klenby; nebyl proveden stavebně historický průzkum – kamenné sloupky arkád a patky kleneb jsou v plném rozsahu zachovány; Nové Syrovice.

tonové nebo ocelové nosníky) jsou v rozporu s působením klenby, degradují ji na pouhý podhled, z hlediska zvýšení její únosnosti jsou neefektivní, a proto je není možno doporučit ani u kleneb, které nejsou v památkově chráněných objektech (obr. 108).

Vodorovná reakce klenby

Posun podpory vyvolaný působením vodorovné reakce klenby se často řešil osazením dodatečných táhel nebo zřízením opěrného pilíře. V případě, že nebyla správně rozpoznána příčina poruch, bylo řešení neúčinné (obr. 109).

Pokud je pro zachycení vodorovné reakce klenby nutné opravit nebo doplnit staré *táhlo*, má přednost navázání na autentickou konstrukci železnou nebo dřevěnou. Pokud to není možné, má vždy přednost táhlo ocelové především proto, že navazuje na autentická



Obr. 109: Trhliny ve zdivu a v klenbách byly způsobeny podmáčením základů na jílovité půdě; ve 30. letech 20. století byly poruchy interpretovány jako výklon způsobený reakcí klenby a byly zbudovány opěrné pilíře; odstranění pilíře od zdiva je dokladem chybného řešení, kostel sv. Gotharda, Žehuň.

řešení, je možno snadno kontrolovat jeho funkci, jsou možné opravy, případně i náhrada nebo odstranění a nevyžaduje velký zásah do historických konstrukcí.

Zřizování železobetonových táhel je **naprosto nevhodné** z důvodů uvedených výše a také proto, že jejich funkci (napnutí táhla) není možno kontrolovat.

V nedávné minulosti se železobetonové vrstvy na rubu kleneb spojovaly s táhly a obvodovými věnci. Tento přístup byl zdůvodňován zvýšením tuhosti stavby a únosnosti klenby. Jak bylo řečeno výše, únosnost klenby je třeba zvyšovat pouze zcela **výjimečně** a chybějící nebo narušené táhlo je vhodnější provést z oceli. Zvýšení tuhosti stavby může mít s nosnou funkcí klenby souvislost v případě, kdy dochází k posunu patek. Vytvoření tuhého věnce v úrovni klenby tuto příčinu odstraní jen v některých případech. Podrobně → IV. / Statika / Tuhost.

Prostupy klenbou, drážky v nosném zdivu

Při zřizování *prostupů* klenbami a *drážek* v nosném zdivu klenutých prostorů je nutno dodržovat uvedené zásady:

- prostup klenbou a drážka ve zdivu musí být od patky, žebra nebo rubového pasu klenby ve vzdálenosti min. 40 cm (u cihelné klenby) nebo 50 cm (u klenby kamenné),
- prostup klenbou a drážka ve zdivu se musí ručně vysekat, vyříznout nebo odvrtat, je nepřípustné použití mechanického kladiva,
- do prostupu klenbou o průměru menším než 30 cm se osadí dřevěná nebo ocelová chránička,
- ve větších prostupech se vytvoří věnec provázaný s klenáky klenby (*obr. 104 f*),
- drážky ve zdivu klenutých prostorů budou vyzděny do pravidelného (obdélníkového) profilu,
- před opravou narušené klenby, před úpravou klenby, před vyklížením násypu nebo jiným zásahem, který může narušit její nosnou funkci, je nutné klenbu v potřebném rozsahu podepřít ramenáty.

Při zásahu do kleneb je nutno se vždy zabývat konstrukcí klenby a tím, jak zatěžuje ostatní konstrukce a jak s nimi spolupůsobí. → III. / Klenba / Oblouky / Typy kleneb

Zděné mosty [26, 35]

Zděné mosty se stavěly od nejstarších dob až do přelomu 19. a 20. století.

Konstrukci zděných mostů tvoří zděné pilíře, které bývají tvarovány tak, aby odolávaly proudění vody, tlaku ledu a nárazům ledových ker a aby se na povodní straně nevytvářely víry. Založení mostních pilířů je velmi individuální, je třeba je vždy důkladně **prověřit**. Lícové zdivo mostních pilířů je často z tesaných kvádrů stejně jako klenba, u menších a starších mostů se užívalo i zdivo lomové. Nad patkami klenby a nad pilíři bývá nadezdívka nebo kamenná rovnánina. Násyp tvoří zpravidla hlinitopísčité hutněná zemina, mostovka byla u silničních mostů dlážděna kamenem do hlinitého lože.

Odvodnění mostu tvořil podélný spád a příčná klenba dlažby, dlažba byla vyspádována do chrličů, které byly obvykle v každém poli mostu. Při velkých deštích by dlažba měla odvést největší část vody do chrličů, část vody se spárami v dlažbě vsákne do násypu, který za suchého počasí opět vysychá. Pokud při velkých deštích voda protekla násypem až k rubu klenby, mohla vápennými spárami vytéci ven a hlinitý násyp se opět konsolidoval. Podmínkou dobré funkce odvodnění byla **pravidelná údržba** dlažby (spár i spádů) a chrličů, čas od času muselo dojít k opravě spárování spodního líce klenby. (*obr. 113*)

Poruchy historických mostů jsou většinou způsobeny narušením zdiva klenby a pilířů *srážkovou vodou* zatékající dlažbou a *vodou proudící*, která narušuje zdivo i základy pilířů založených ve vodním korytu. K poruchám způsobeným přetížením dochází zpravidla jen u kleneb narušených – srážková voda protékající zdivem klenby rozpouští a vyplavuje pojivo, degradovaná malta vypadává ze spár, provoz na mostě může způsobit uvolnění jednotlivých klenáků a podstatné snížení únosnosti



Obr. 110: Doklady zatékání dlažbou mostu: narušené omítky, malta vyplavená ze spar, sintrové krápníky, zelená řasa; vymléte spáry a vegetace v místech, kam dopadá voda protékající klenbou, hrad Bečov.



Obr. 111: Kamenný most, Zákupy: a – Havarijní stav odvodnění mostu: trhliny, nedostatečný spád a vyústění odvodňovacího žlábků, otevřené spáry koruny parapetu, zanedbaná údržba; b – důsledkem zatékání „odvodňovacím“ žlábkem je odtržení zdiva parapetu od klenby mostu a trhliny v klenbě a pilíři pod místy, kudy zatéká.

klenby. Poruchy se projevují na líci promočením klenby, růstem plísní, řas a sintrovým povlakem nebo krápníky, dešťovými stopami na terénu pod klenbou (obr. 110), uvolněním spár, deformacemi líce. Nad místy, kde se zatékání projevuje nejvíce, je obvykle propadlá dlažba mostovky. U mostů s kamennými parapety vznikají na spodní straně klenby *podélné trhliny* pod stykem parapetu s dlažbou (obr. 111, 113) – to je místo, kde vodu stékající s příčné klenby dlažby zadržuje parapet, kde se drží sníh a kudy do klenby nejvíce zatéká, trhliny v zimě rozšiřují ledové rampouchy (obr. 112). Ve spárách parapetů bývají *dilatační trhliny* (obr. 111, 113).

Prvotní příčinou zatékání do zdiva je **vždy** nedostatečná *údržba* dlažby a odvodnění.

Výše uvedená funkce odvodnění byla v průběhu 20. století velmi často narušena zásahy do konstrukcí mostů, někdy nekvalifikovanými. Kamenná dlažba byla nahrazována asfaltovým krytem, funkce chrličů odvodňovacími žlábků podél pa-



Obr. 112: Betonový most, Praha-Libeň: a – Zatékání pracovními a dilatačními sparami – ledové ram-pouchy; b – Stav „dila-tační“ spáry mostu.



Obr. 113: Styčné spáry kvádrového zdiva byly vyplněny cementovou maltou, která neumožňuje dilataci, ve vlasových trhlinkách kapilární síly udržují vlhkost, Karlův most.

rapetu – velmi často jsou dimenze a spády odvodnění nedostatečné, detaily špatně vyřešené a údržba se vůbec neprovádí. Narušené spáry se opravovaly cementovými maltami, které zadržovaly v konstrukci vlhkost – ta působila další škody. V některých případech byly pod dlažbou vytvořeny vodotěsné izolace položené na železobetonovou desku. V případech, kdy nejsou dobře vyřešené detaily odvodnění a odvodnění není pravidelně udržováno, vznikají obtížně opravitelné škody (obr. 111, 114, 115, 116).

Při posuzování zděného mostu je nutné zjistit a dokumentovat:

- konstrukci (včetně založení) a její dimenze, materiály a jejich vlastnosti,
- složení násypů a dlažby, způsob odvodnění, změny, opravy a způsob jejich provedení,
- poruchy a vady konstrukcí a materiálů,
- posoudit funkci odvodnění,
- analyzovat příčiny poruch,
- statickým výpočtem zjistit únosnost konstrukce a stanovit zatížitelnost mostu.

Na základě analýzy konstrukce a funkce mostu je třeba:

- navrhnout, projednat a schválit koncepci opravy,
- zpracovat a schválit projekt opravy, jehož součástí musí být závazný plán údržby.



Obr. 114: Kamenný most, Postoloprty: a – nedostatečné odvodnění způsobilo zatékání do zdiva, voda se zadržuje mezi lícem z kvádrů vyspárovaných cementovou maltou a jádrem z lomového zdiva – došlo k odtržení a zřícení líce; b – malý spád, netěsná dlažba, špatné vyústění a zanedbaná údržba odvodňovacího žlábků.

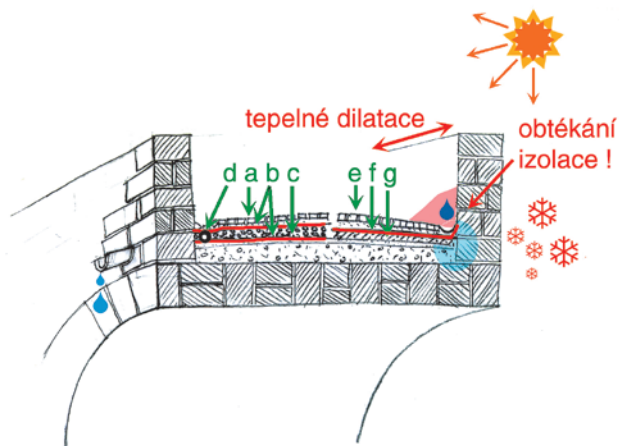
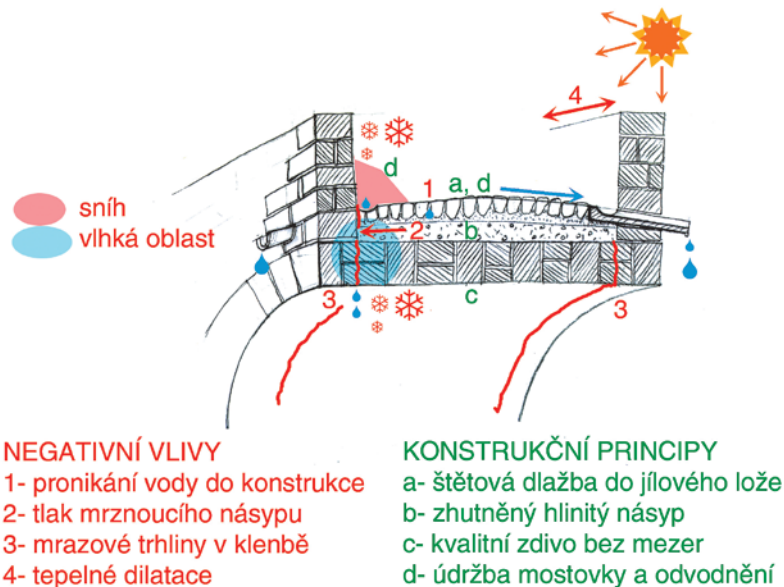


Obr. 115: Poruchy způsobené zatékáním do zdiva při parapetu a zadržováním vody nad patkou klenby, zděný most, Konopiště.

U historických mostů, jejichž konstrukce nebyly v posledním století podstatně změněny, je žádoucí zachovat autentické řešení mostovky, násypů a odvodnění, které tvoří součást památkové hodnoty mostu. Mosty jsou namáhány vlhkostí shora i ze své spodní strany, proto je nutné umožnit průchod vlhkosti a vodní páry oběma směry, vložení vodotěsné vrstvy do tělesa zděného mostu působí **vždy nepříznivě** (obr. 116).

Při opravě mostů, u kterých došlo k výraznějšímu *novodobému zásahu*, je nutné pečlivě vyřešit koncepci a detaily odvodnění a zajistit pravidelnou údržbu. Detailním průzkumem a posouzením Chebského mostu v Karlových Varech bylo prokázáno, že spojení zděné kamenné klenby s tuhou železobetonovou konstrukcí, které bylo provedeno v 80. letech 20. století, je konstrukčně problematické a vedlo k narušení čelních nadezdívek klenby tahovými trhlinami. U památkově chráněného mostu je kombinace železobetonové konstrukce a zděné klenby nevhodná také proto, že životnost kamenných mostů je v řádu staletí, zatímco životnost železobetonových mostů pouze 50–100 let [197].

Železobetonovou deskou vozovky uloženou na násyp je možno zvýšit únosnost celého mostu – klenbový účinek se posouvá až do betonové desky, která je tlačena a snižuje se namáhání kamenné klenby. Problémem zůstává kombinace železobetonu



Obr. 116: Kamenný most:
a – původní stav;
b – možnosti úprav.

se zdivem i odvodnění vozovky a násypu, proto je nutno prokázat účinnost a spolehlivost tohoto řešení.

Vhodnějším způsobem zvýšení únosnosti kamenného mostu může být nadezdění klenby kamennými klenáky na vápennou maltu s vhodnou hydraulickou přísadou – v tomto případě je možno lépe vyřešit odvodnění.

Nutnost a výběr technologie zvýšení únosnosti kamenného mostu se musí vždy doložit detailním průzkumem a statickým výpočtem a musí být předběžně schválen památkovými orgány.

Uvedené zásady platí přiměřeně i pro mosty z prostého betonu.

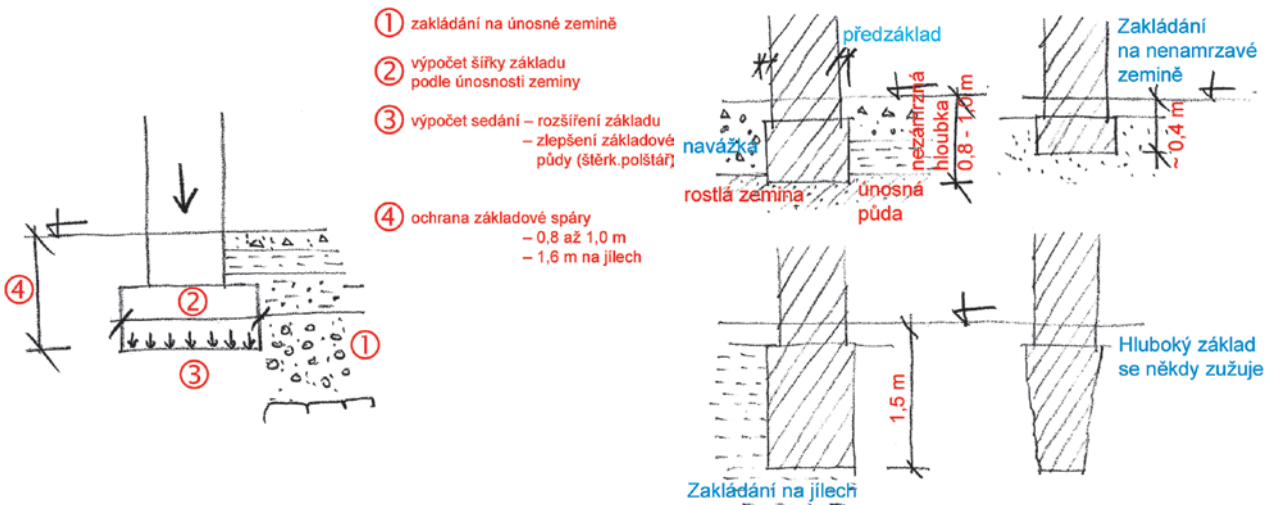
Při opravách zděných mostů se uplatní zásady uvedené v kapitolách → III. / Vnější konstrukce; III / Klenba.

Základy

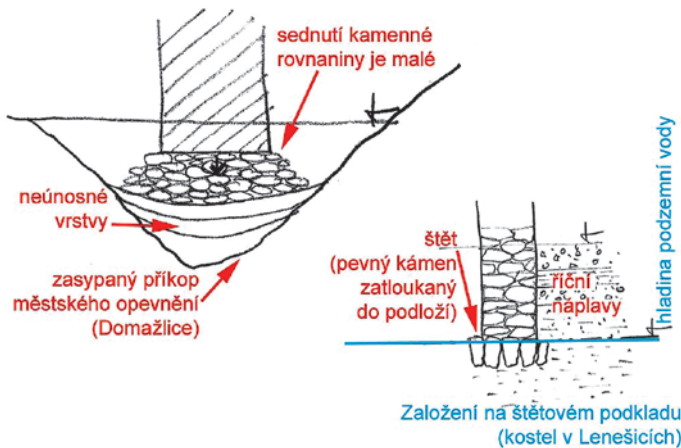
ZÁKLADY HISTORICKÝCH STAVEB

Šířka základu je u běžných staveb obvykle jen o 5–10 cm širší než šířka nadzemního zdiva (tzv. *předzáklad*= fórgrund) kvůli toleranci mezi výkopem a přesným vytýčením stavby (*obr. 117b*).

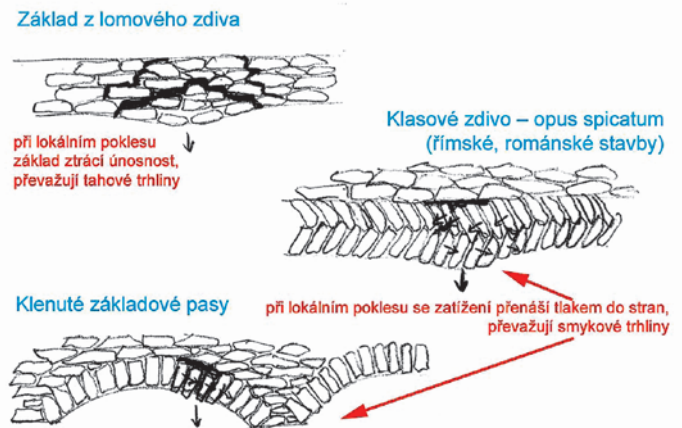
Pouze náročné stavby (velké kostely, katedrály) nebo stavby na neúnosných půdách (například zámek ve Veltrusích) měly rozšířené základy.



Obr. 117: Principy návrhu základů: a – v současnosti; b – v minulosti.



Obr. 118: Zakládání na neúnosné půdě.



Obr. 119: Zakládání na pasech.

Na neúnosných půdách se zakládalo na kamenné rovnanině (*poštáři*), na *štětu* (velké kameny zarážené do podloží), na klenutých pasech, na pasech z klasového zdiva (*opus spicatum*) (*obr. 119–122*) nebo na dřevěném roštu na *pilotách*. (*obr. 123*)

Rošt i piloty musí být trvale pod hladinou podzemní vody, aby nehnilý. Piloty bývaly z dubu nebo olše. (*obr. 124–126*).



Obr. 120: Základový pas v neúnosném místě podloží (Kaňk).

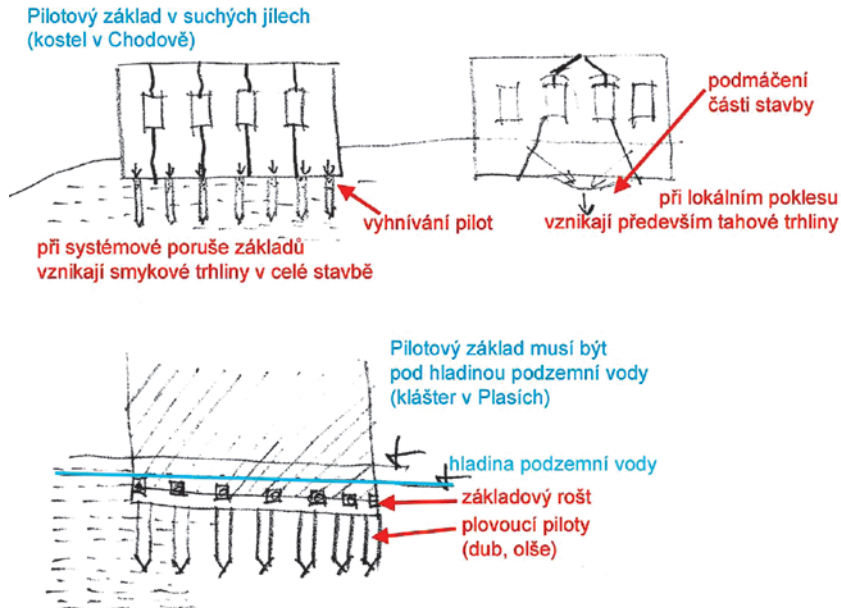


Obr. 121: Základové pasy opřené o skalní výchozy (Orlík u Humpolce).

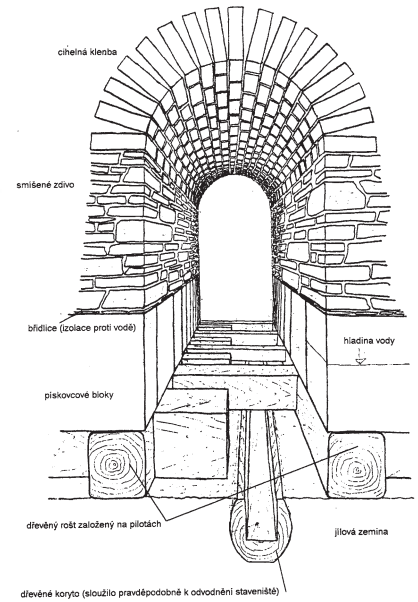


Obr. 122: Dodatečně podezděné základové pasy na neúnosné půdě (Kadaň).





Obr. 123: Zakládání na pilotách.

Obr. 124: Základy konventu v Plasích [168],
18. stol.

Obr. 125: Dřevěný základový rošt pod hladinou vody kontrolovanou v bazénu schodiště, konvent Plasy.

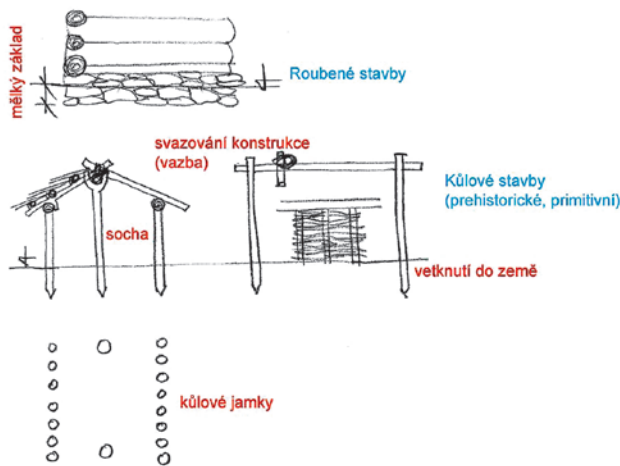


Obr. 126: Opálené dubové piloty základů, konvent Plasy.

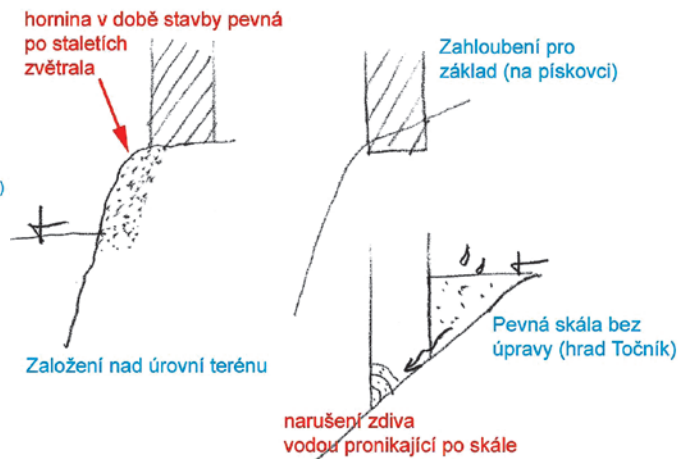
OCHRANA ZÁKLADOVÉ SPÁRY/ZÁKLADOVÉ PŮDY

Staří stavitelé dodržovali zásady *ochrany* základové spáry, které platí také dnes (*obr. 117*):

- základ musí být na *rostlé* zemině, ne na navážce (ve městech se v minulosti často zakládalo i na ulehých navážkách),
- hloubka základové spáry na jemnozrnných zeminách (jílech) je min. 1,6 m (dříve 1,5 m) – ochrana před klimatickými vlivy (podmrzáni, promočení, vysychání),
- u ostatních půd je minimální hloubka založení 0,8 až 1,0 m,
- na dobře propustných půdách (na písku) se zakládalo v menší hloubce (cca 40 cm), často jsou takto založeny roubené stavby,
- na skalních výchozech se zakládalo i nad terénem a často bez úpravy základové spáry (*obr. 128, 129, 130*),
- při založení na obnažené skále mohla původně pevná hornina (ordovická jílovitá břidlice) po staletém vystavení povětrnosti zvětrat na hlinitou zeminu – hrad Zlenice).



Obr. 127: Základy dřevěných staveb.



Obr. 128: Zakládání na skále.



Obr. 130: Založení na nerovném výchozu, hrad Kašperk.

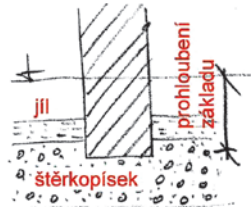
Obr. 129: Založení na šikmém skalním výchozu, hrad Tolštejn.



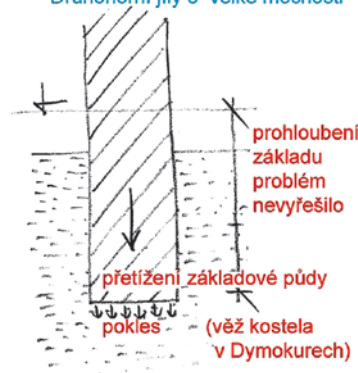
Domy s dodatečným loubím mají někdy nekvalitně založené pilíře



Čtvrtorní říční náplavy



Druhorní jíly o velké mocnosti



Obr. 131: Základy městských domů.

obr. 132: Zakládání na jílech.

Základovou půdu, zejména jílovitou, je **nutné** chránit před promočením. Únosnost a deformace zeminy závisí na *konzistenci*, která se podle obsahu vody může změnit 2–7 krát! Konzistence soudržné zeminy (například jílu/cihlářské hlíny s vysokou plasticitou/třída 21) je (podle ČSN 73 1001, 1966, 19877) (obr. 3):

- *kašovitá* – protlačuje se mezi prsty (při zakládání jsou nutné zvláštní úpravy),
- *měkká* – je možno z ní udělat kuličku, pevnost 0,5 MPa,
- *tuhá* – dá se modelovat, pevnost 1,0 MPa,
- *pevná* – dá se rýpat nehtem, pevnost 2,0 MPa,
- *tordá* – musí se rozbít kladivem, pevnost 3,5 MPa.

Pokud je historická stavba založena na zeminách s vysokou plasticitou, je třeba věnovat maximální pozornost zajištění dokonalého **odvodnění** stavby a jejího okolí a **ochraně základové spáry** (obr. 11, 132).

Nevyhovující založení historické budovy se projevuje vznikem trhlin, jejichž **analýzou** je možno rozlišit, zda se jedná o poruchu lokální nebo systémovou, a zda došlo k poklesu v základové spáře nebo k pootočení kolem vnější hrany základu.

Nutnost zásahu do základů musí být doložena geologickým průzkumem a statickým výpočtem. Posuzuje se *napětí* v základové spáře, *sednutí* a *ochrana základové spáry* (obr. 117a). Pro předběžné zjištění základových poměrů většinou postačí údaje z geologických map nebo archivní rešerše. Pro návrh zajištění základů je nutná znalost podloží stavby a konstrukce základů (hloubka založení, šířka základové spáry, charakter a stav základového zdiva). Sondáž základů → II./Krok 3. až 5.

PODCHYCENÍ ZÁKLADŮ

Lokální poruchy v založení lze vyřešit šetrným způsobem – podchycením pouze v místech poklesu.

Pokud u historické stavby založené mělce na nesoudržné zemině nebo u stavby založené na navážkách nedošlo k poruchám základů, není důvod pro zásah do založení – průkazem kvality založení budou zkoušky nenamrzavosti a únosnosti základových zemin. Zejména v těchto případech **nesmí** dojít k takovému zásahu do stavby, který ovlivnil odvodnění nebo změnil vlhkostní poměry základového prostředí. Zvláště nebezpečné je zřizování drenáží a „větracích kanálů“ (obr. 180).

Nutnost podchycení základů historické stavby **musí být prokázána** statickým výpočtem zpracovaným na základě znalosti geologie a způsobu založení stavby. Pro volbu koncepce → II./Krok 5. podchycení (pokud je nezbytné) by měl být zpracován

alternativní návrh. Prioritou výběru alternativy řešení by u památkových objektů mělo být minimální ovlivnění památkových hodnot dotčených objektů.

Při prohlubování nebo rozšiřování základové spáry památkových objektů je nutno dát přednost podezdívání před podbetonováním. Podbetonování základů historických budov **není vhodné** z těchto důvodů:

- jde o novodobou technologii, která snižuje autenticitu památkového objektu,
- beton vytváří neprodyšnou bariéru ve styku se zdivem i zeminou,
- trvanlivost betonu je v exponovaných podmínkách (vlhkost) nižší než 100 let,
- beton je špatně opravitelný a odstranitelný,
- podbetonování zdiva vyžaduje důsledný dozor při provádění.

Při *podezdívání* by měly být přednostně užívány plné cihly klasického formátu pevnosti min. 10 MPa zděné na vápennou maltu s hydraulickou složkou (pevnost 5 MPa). Ostře pálené (slinuté, klinkery) nebo cementové cihly vyžadují užití cementové malty – to se v kontaktu s některým kamenem původního zdiva (opuka, pískovec, některé žuly) nedoporučuje. Pro vyzdění silně zatížených základů mohou být vhodné kamenné kvádříky z pevného kamene, jehož odolnost v daných geologických podmínkách je nutno ověřit. Podezdívá se po záběrech šířky 60–90 cm (podle hloubky výkopu, výšky podezdění a tloušťky zdiva), záběry jsou vystřídáné, výkop je možný až po zatvrdnutí malty záběru sousedního. Podchytávané zdivo i výkop je nutné podle stavu konstrukcí a zeminy výkopu pažit. Nutné je **dokonalé vyklínování** (případně i zainjektování) spáry mezi podezdívkou a podchytávaným zdivem. Přednost má **pečlivé provedení a systematická kontrola** prací před užitím speciálních technologií (například rozpínavé malty).

Pokud se *rozšíření* základu provádí pod úrovní základové spáry, je vhodné podezdění. To je ovšem možné jen v případě, kdy jsou podchyceny alespoň $\frac{2}{3}$ tloušťky zdi a rozšíření základu je nejvýše polovinou výšky podchycení.

V ostatních případech musí být nový základ vyztužen. **Životnost železobetonu** v zemině je omezená, proto u památkových objektů musí návrh a provedení řešit zejména:

- ochranné vrstvy výztuže,
- kvalitu betonu,
- dimenzování výztuže,
- dimenzování případných kotev ve zdivu,
- ochranu železobetonu před vlhkostí (materiálovým složením, nikoliv izolačními vrstvami).

Nejúčinnějším prostředkem pro ochranu železobetonu je funkční a udržované odvodnění terénu. Zřizování vodotěsných izolací je neúčinné, trvanlivost konstrukce zajistí pouze **kvalita betonu**. Zřizování drenáží v blízkosti konstrukce je **nehodné** – důsledkem je stálý kontakt betonu s vodou. Výkop by po dokončení železobetonu měl být vyplněn zhutněným výkopkem (případně jílovou izolací). Návrh podchycení základu do větších hloubek (mikropiloty, trysková injektáž) **musí prokázat**:

- nutnost využití zvolené technologie a důsledky pro dotčené památkově chráněné stavby,
- únosnost nosných prvků (piloty, trysková injektáž),
- způsob přenesení zatížení ze zdiva do piloty a z piloty do podloží,
- způsob a velikost namáhání zdiva,
- dimenzování nových konstrukcí (manžety, kotvy),
- ochranu nových konstrukcí.

Výše uvedené zásady platí přiměřeně i při návrhu podbetonování základů.

Způsob opravy a případného podchycení základů by měl být navržen až po zjištění skutečných základových poměrů pomocí *sond*, které musí poskytnout údaje o:

- základovém prostředí (zeminy, jejich vlastnosti, úroveň podzemní vody, chemismus vody),
- způsobu založení a tvaru základu,
- stavu základových konstrukcí,
- případných změnách založení v průběhu existence stavby.

Proto by měl sondy kromě geologa vyhodnotit i projektant statiky a *archeolog* (u památkových objektů i zpracovatel stavebně historického průzkumu). Místa sondáže základů by měl určovat projektant statiky ve spolupráci s geologem a případně archeologem. Před každým zásahem do terénu u stavební památky je účelné včas uvědomit a konzultovat oprávněnou archeologickou organizaci. Archeologický výzkum může účinně přispět k upřesnění historie stavby a jejích poruch.

Sondy by měly mít **jen nezbytně nutný** rozsah, musí být provedeny tak, aby nezhoršily stav objektu, v návrhu sondy **musí** být uveden způsob její likvidace (zasypání). Je **nepřípustné** ponechávat sondy základů delší dobu otevřené bez ochrany před povětrností.

U objektu v **havarijním stavu** by provedení a vyhodnocení sond mělo být součástí zajišťovacích prací. Stejný postup je účelné dodržet i v projektu obnovy/rekonstrukce, který předpokládá zásah do založení. V těchto případech by provedení a vyhodnocení sond i upřesněný návrh založení měl zajišťovat vybraný zhotovitel na základě realizačního projektu.

Oprava památky by měla být navržena tak, aby změna stavby nevyvolala nutnost zásahu do základů.

Poruchy základů bývají často vyvolány špatným stavem odvodnění, zejména podmáčením základů vodou ze střešních svodů, únikem z kanalizace, méně často haváriemi vodovodu. V těchto případech je třeba **ihned** odstranit příčinu a k případnému zásahu do základu přistoupit až po určité době. V mezidobí může dojít ke konsolidaci stavby a zásah do základů by byl potom zbytečný.

Znovu připomínáme, že velmi nebezpečné mohou být zásahy do terénu v **těsné blízkosti stavby**, dnes oblíbené „drenáže“, vnější větrací kanály nebo anglické dvorky, jejichž cílem má být snížení vlhkosti v objektu. Před zásahy tohoto druhu důrazně varujeme – dochází k tomu, že voda je přivedena ke zdivu a ovlivňuje nejenom jeho vlhkost, ale může způsobit i podmáčení, jehož důsledkem je zhoršení mechanických vlastností základové půdy, nebo podmrzáení základové spáry (*obr. 180*). Každý **zásah do vodního režimu** (včetně drenáží) v blízkosti stavby vyžaduje důkladný *geologický průzkum* a u památkových objektů musí být předem **schválen**. → IV. / *Stárnutí materiálů*

Dřevěné konstrukce

DŘEVO JAKO KONSTRUKČNÍ MATERIÁL

Výběr dřeva

V minulosti byla *výběru a ochraně dřeva* věnována velká péče. Pro významné konstrukce se užívalo dřevo pomalu rostlé s hustými letokruhy. Stromy se kácely v zimě, nechávaly se přirozeně vyschnout. Kulatina se před použitím chránila před napadením, někdy se konzervovala máčením (doporučená doba máčení měkkého dřeva je 2 měsíce). Stejný význam mělo plavení dřeva, které zvyšovalo pevnost dřeva, jeho odolnost proti napadení, zkracovalo dobu vysoušení, omezovalo výsušné trhliny a kroucení.

Díky vysoké jakosti a pečlivém výběru si dřevo mnoha historických objektů zachovalo svou původní kvalitu. U staveb venkovských, pauperitních → IV. / *Kategorie staveb* a zejména u oprav krovů se však často setkáváme se dřevem pořádné kvality.

Kvalita dřeva, které je dnes k dispozici pro opravy historických staveb, je často horší než dřeva, které je zachováno ve staré stavbě.

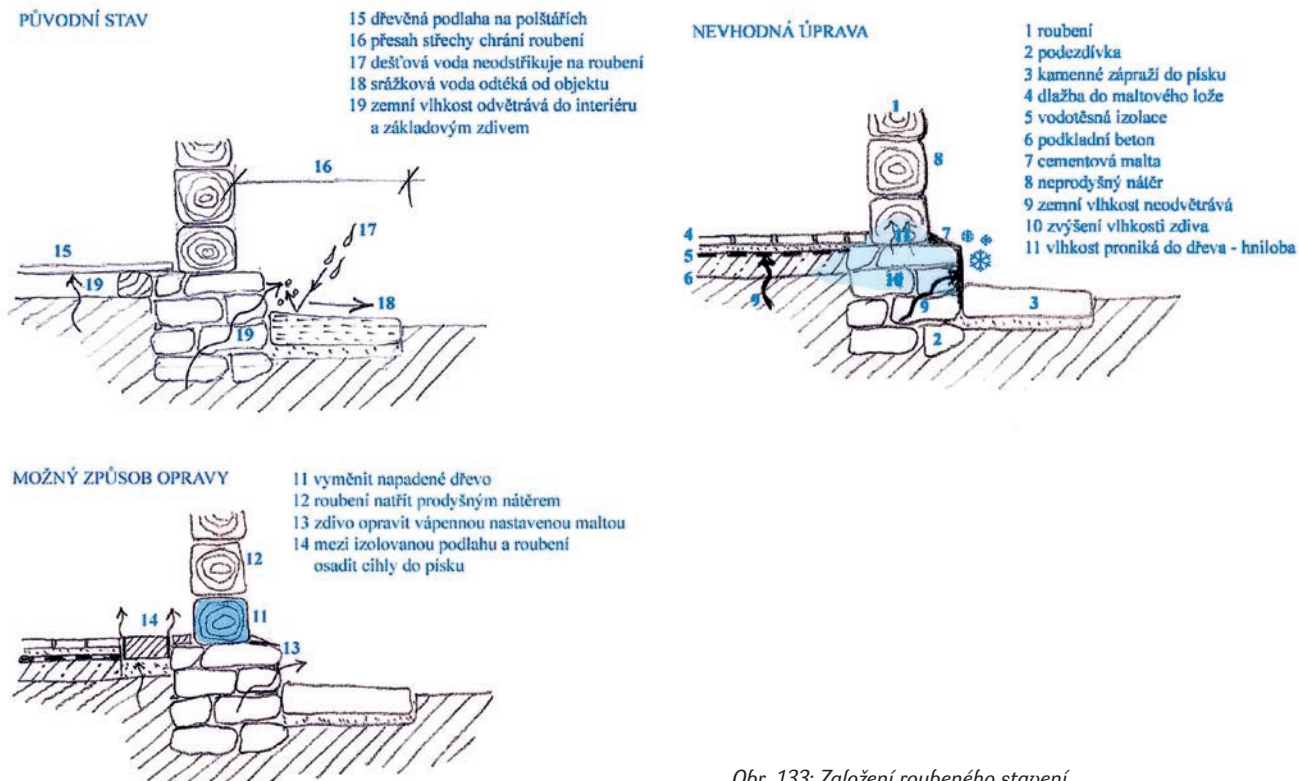
Pro *trvalé a nové konstrukce* se doporučuje:

- zásadně používat jen dřevo I. třídy jakosti,
- používat dřevo ze zimní těžby (lépe vysychá, je menší riziko napadení plísními a hmyzem),
- dřevo vysoušet pozvolna, nejlépe přirozeně,
- nepoužívat dřevo čerstvé, bez proschnutí,
- nepoužívat dřevo narušené výsušnými trhlinami více, než připouští norma,
- nepoužívat dřevo točivé,
- nepoužívat dřevo napadené hmyzem, hnilobou nebo plísní,
- důsledně odstraňovat kůru (u prvků, které jsou součástí autentické konstrukce, je však kůra součástí památkové hodnoty, a proto se **zachovává** – pokud prvek není napaden),
- nepoužívat dřevo *polomové*, které leželo v lese několik roků,
- nepoužívat na nosné prvky a povrchové úpravy ve vlhkém prostředí *bukové dřevo*, u kterého při změně vlhkosti dochází k velkým objemovým změnám.

Ochrana dřeva proti vlhkosti

Při relativní vlhkosti vzduchu kolem 40–60 % je rovnovážná vlhkost dřevěných konstrukcí hluboko pod 20 %. Rozvoj dřevokazných hub a dalších biotických škůdců je při této vlhkosti prakticky vyloučen.

V zastřešených prostorách se *vlhkost dřeva* obvykle pohybuje v rozmezí 10–16 %. Kritických hodnot 18–20 % však vlhkost dřeva může dosáhnout i v chráněných prostorách, které se nevětrají, nebo kde je vlhký provoz (relativní vlhkost větší než 75 % – třída ohrožení 4). V nechráněné expozici je nutné odstranění nebo omezení zdrojů vlhkosti (*obr. 133*).



Obr. 133: Založení roubeného stavení.

Dřevo ve stavbě musí být chráněno zejména:

- před dešťovými srážkami a odstříkující vodou,
- před vztlínající vlhkostí,
- před kondenzací vody,
- před vlhkostí v průběhu realizace stavby,
- v užívané stavbě před vlhkostí vznikající při provozu.

Zásady ochrany před *srážkami* a vodou *odstříkující* při dešti:

- taková úprava detailů, aby voda s povrchu dřeva mohla co nejrychleji odtékat, a aby dřevo mohlo dobře vysychat,
- před vodou odstříkující od vodorovných ploch chrání dřevo dostatečná vzdálenost (20–30 cm) a naklonění vodorovné plochy od stavby,
- u stavebních prvků vystavených dešti musí být čelní plochy dřeva chráněny:
 - venkovní stěny účinně chrání dostatečný přesah střechy,
 - trhliny na povrchu dřeva podporují přijímání vody; hranoly se dřevní nebo silné fošny by se proto pro venkovní prvky neměly používat,
 - dokonalou ochranou venkovních stěn proti povětrnostním vlivům je obložení (například ochrana štítů); obložení ze dřeva musí být ze zadní strany odvětráno; přednost se dává obložení svislými prkny, se kterých voda lépe stéká než při vodorovném uspořádání prken; vodorovné obložení musí být překládané, aby voda nemohla zatékat do spár,
 - k ochraně před povětrnostními vlivy přispívají nátěry.

U nedostatečně udržovaných objektů je hlavní příčinou zvýšené vlhkosti dřeva *zatékání střechou*. Zdrojem vlhkosti je zejména:

- porušená střešní krytina,
- závady oplechování, zejména v úžlabích, za atikou, při komínech, u zdíva vycházejícího nad střechu,
- narušené a nečištěné střešní žlaby, které přetékaají na krytinu a promáčejí zdivo říms,
- otevřené nebo poškozené střešní padáky, okna (ve věžích),
- promočené násypy, hliněné mazaniny.

Konstrukční úpravy pro ochranu dřeva proti *vztlínající vodě*:

- dostatečný odstup od terénu,
- úprava konstrukčních detailů tak, aby nedocházelo k přímému styku dřeva se *zemí*,
- úprava konstrukčních detailů styku dřeva se *zdivem*:
 - líc nosné dřevěné konstrukce musí být vzdálen od zdiva nejméně 5 cm, impregnované konstrukce výjimečně 1 cm,
 - nosné dřevěné konstrukce nesmějí být zazdívány ani obalovány lepenkou; ukládají se na podložku (nejlépe dubovou) min. tloušťky 24 mm (která přesahuje uložený prvek min. o 3 cm) do kapsy se vzduchovou mezerou min. 5 cm kolem celého zhlaví,
 - nosné dřevěné konstrukce ukládané celou plochou na zdivo (pozednice) musejí být impregnovány,
- dřevěné konstrukce a jejich detaily musejí být upraveny tak, aby měly možnost *vysychat*, zejména v prostorách s vyšší vlhkostí vzduchu nebo v kontaktu s vlhkým zdivem,
- **nepřípustné** jsou neprodyšné nátěry dřeva (například asfalt) nebo neprodyšné zakrytí dřeva ze všech stran (obalení lepenkou).

Cílem ochrany proti *kondenzační vodě* je zamezit srážení vlhkosti na povrchu nebo uvnitř konstrukcí. Voda kondenzuje v místech, kde teplota dosáhne rosného bodu. K tomu dochází při vysoké relativní vlhkosti vnitřního vzduchu (ve vlhkých provozech, sklenících, bazénech), při velkém rozdílu vnější a vnitřní teploty, zejména u konstrukcí s malým tepelným od-

porem – *tepelných mostů*. Ke hromadění vlhkosti může dojít ve dřevě neprodyšně uzavřeném (například dřevěné podlahy pod linoleem, neprodyšné obklady, nátěry ve vlhkém prostředí).

Kondenzaci vody na povrchu materiálu nebo v konstrukci brání zejména tato opatření:

- stavební konstrukce musí mít tepelné vlastnosti odpovídající *využití* objektu,
- ve stavebních konstrukcích nesmí být *tepelné mosty*, které mají vyšší tepelnou vodivost než okolní materiály a teplota jejich povrchu může být podstatně nižší než teplota jiných povrchů (například ocelové konstrukce nebo vodovodní potrubí ve střešním plášti),
- ke kondenzaci vody uvnitř konstrukce může docházet na vrstvách s *vyšším difuzním odporem* nebo v dutinách v nekompaktních vrstvách, proto je třeba při návrhu skladby věnovat pozornost průběhu teplot a difuze vodní páry uvnitř konstrukce,
- tepelné izolace musí být dobře navrženy a dokonale provedeny; návrh musí být podložen **tepelně technickým výpočtem** a ochrana proti kondenzované vodě musí být provedena bezchybně,
- nedoporučuje se užití *parotěsných zábran* ve skladbách dřevěných konstrukcí (střešních plášťů, stropů, roubených a hrázdných stěn), jejich užití je třeba vždy zdůvodnit a výpočtem prokázat, že na kontaktu s parotěsnou zábranou, kterou mohou být fólie (včetně děrované „paropropustné“ fólie), plech, pěnové izolace, dřevocementová ale i dřevotřísková deska, nemůže na *onějši ani na vnitřní straně* dojít ke kondenzaci; doporučuje se užití vláknitých izolací, masivního dřeva pro podhledy a záklopy, paropropustné izolační desky
- nepříznivý vliv kondenzace u staveb s vysokou vlhkostí vnitřního prostředí je možno omezit vhodným způsobem větrání nebo klimatizace,
- dřevěné konstrukce **nesmějí** být neprodyšně uzavřeny nebo opatřeny neprodyšnými nátěry.

Ochrana proti vlhkosti *při realizaci stavby*

Při dopravě a skladování dřeva a dřevěných výrobků během stavby je nutno zabezpečit, aby se původní výrobní vlhkost neměnila vlivem srážek nebo půdní a vzdušné vlhkosti. Je nutno dodržovat tyto zásady:

- nikdy neskladovat dřevo přímo na zemi, dochází k jeho znečištění a rychlé zkáze,
- dřevo a dřevěné stavební díly chránit proti dešťovým srážkám; kromě napadení plísněmi může vlivem vlhkostních změn dojít k deformacím řeziva i hotových výrobků,
- dřevotřísky a ostatní materiály na bázi dřeva skladovat zásadně pod střechou,
- zvláštní pozornost je třeba věnovat dřevěným podlahovým krytinám,
- čerstvé betony se nesmí dostat do trvalého kontaktu se dřevem, může dojít k rozvoji dřevokazných hub, zejména dřevomorky,
- stejný vliv mohou mít mokré násypy uložené do stavby nebo konstrukce (zejména násypy nebo hliněné mazaniny) promočené při stavbě,
- zdrojem vlhkosti a napadení dřevomorkou jsou často vlhké sutě a materiál uložený na stavbě nebo dovezený infikovaný materiál,
- ochranou proti těmto vlivům je odstranění konstrukcí a materiálů, které jsou zdrojem vlhkosti a vyloučení mokrých procesů z těch částí stavby, kde by došlo ke kontaktu se dřevem, zejména v objektech s výskytem dřevomorky.

Ochrana dřeva v užívaném objektu

Při opravách a rekonstrukcích je třeba věnovat důkladnou pozornost závadám jako je zatékání střechou, narušené střešní svody, instalace vodovodu a kanalizace v kontaktu s dřevěnými konstrukcemi stropů a podlah (zejména v koupelnách, záchodech, kuchyních, pod umyvadly ve školních třídách), které jsou možnými zdroji vlhkosti a místem častého poškození biotickými škůdci dřeva.

Ve stavbě, která není udržována, dochází nejdříve k poškození dřevěných konstrukcí, v trvale neudržované stavbě podléhají dřevěné konstrukce zkáze, jejich úplná destrukce může v našich podmínkách nastat již po několika letech.

Ochrana a úpravy povrchu dřeva

K účinným metodám ochrany dřeva proti vlivům prostředí patří ochrana povrchu dřeva. V minulosti i dnes se dřevo chránilo nátěry, obklady (bednění, břidlicové obklady, oplechování), omítkami, mazaninami a obezděním. U památkových objektů je při ochraně konkrétní dřevěné konstrukce nebo prvku vždy nutno:

- zjistit historický (autentický) způsob ochrany povrchu dřeva konstrukce a jeho proměny,
- posoudit stav původního povrchu (pokud je zachován),
- posoudit stav dřeva,
- posoudit nutnost ochrany dřeva.

Při rozhodování o způsobu ochrany nebo úpravy povrchu budou zpravidla zvažovány tyto možnosti:

- ponechání dřeva bez ochrany,
- ponechání, případně obnovení autentického způsobu ochrany,
- použití novodobého způsobu ochrany.

Nátěry

Funkcí nátěru je kromě ochrany dřeva ve většině případů i vzhledová nebo barevná úprava povrchu. Nátěry chrání především proti vlivům povětrnosti (omezují pronikání vlhkosti do dřeva a chrání před slunečním zářením). Prostředky určené k ochraně proti povětrnosti a k zušlechťování dřeva obvykle neobsahují biocidy, některé prostředky však mají účinky kombinované s ochranou proti škůdcům dřeva. Nátěry chrání povrch dřeva pouze **dočasně**, obvykle je nutná jejich obnova. Dřevo trvale vystavené vlhkosti (třída ohrožení 4) nátěry dostatečně nechrání, dřevo užitě v těchto podmínkách musí být tlakově impregnováno.

Použití neprodyšných nátěrů dřeva (zejména asfaltem) nebo neprodyšné zakrytí dřeva ze všech stran **zakazují** normy. Uzavření povrchu vytváří podmínky pro zvýšení vlhkosti ve dřevě, tedy pro napadení dřevokaznými houbami. Vlhkost, která proniká do dřeva trhlinami, nemůže utěsněným povrchem odvětrat, uvnitř dřeva vzniká příznivé prostředí pro rozvoj houby. Nechráněné dřevo, které má možnost rychle vyschnout, ve stejných podmínkách odolává napadení lépe. Povrch dřeva však do jisté míry uzavírá každý nátěr. Příkladem může být uzavření povrchu u opakovaně natíraných dřevěných prvků střech nebo plotů a zábradlí, které jsou napadány *trámovkou plotní*. Není dovoleno natírat dřevo mokré, namrzlé a znečištěné.

V minulosti se pro povrchovou ochranu dřeva v interiéru i exteriéru užívaly často nátěry *vápenné a nátěry hlinkou*. Jejich rozšíření bylo zřejmě daleko větší, než je dnes ze zachovaných památek patrné. Životnost těchto nátěrů byla nízká, proto byly často obnovovány, opakování nátěrů mělo význam jako účinná ochrana proti řasám, plísním, případně i hmyzu. Tyto nátěry chránily dřevo před povětrností, ale neuzavíraly povrch dřeva. Doklady o užití nátěrů na historických konstrukcích by měly být dokumentovány a konzervovány. V určitých případech může být účelné a vhodné obnovení ochranného vápenného nátěru.

Pro povrchovou úpravu konstrukčního dřeva v interiéru byla užívána *voľská krev*, která dřevu dává tmavou ušlechtilou patinu se slabým leskem, má pravděpodobně preventivní účinky proti napadení biotickými škůdci.

Dřevo vystavené vlhkosti, jako například šindel, bylo natíráno teplou *fermeží*, často s barvivem. Nátěry, jejichž pojivem byl olej nebo jeho deriváty, se až do nedávné doby užívaly na truhlářské stavební prvky (okna, dveře).

V současné době se pro ochranu a úpravu povrchu dřeva nejvíce užívají nátěry na bázi syntetických rozpouštědel, alkydových pryskyřic (olejové) nebo akrylátů (vodní disperze). Podle podílu pigmentu lze rozlišovat nátěrové hmoty lazurovací a krycí. Podle podílu pojidla se rozlišují lazury tenkovrstvé a tlustovrstvé (silné).

Tenkovrstvé lazury vytvářejí na povrchu dřeva tenký film, který ponechává viditelnou kresbu dřeva, jsou prostupné pro vodní páry, jsou vhodné pro ochranu dřeva tam, kde musí být zachována možnost vysychání dřeva.

Silné lazury mají vysoký podíl polymeru a vytvářejí na povrchu dřeva film nepropustný pro vodní páry. Snižují bobtnání a sesychání dřeva, hodí se pro ochranu prvků, které musí být rozměrově stálé, jako jsou okna a dveře.

Krycí nátěry (laky) mají delší životnost, dlouhodobě chrání před povětrností dřevo zabudované v suché stavbě.

V současné době je k dispozici široké spektrum nátěrů, pro jejich výběr je nutné pečlivě specifikovat prostředí, ve kterém bude dřevo umístěno, a požadavky na ochranu dřeva, případnou sanaci napadení, vzhled a životnost nátěru. Při použití nátěrových prostředků je nezbytné se důkladně seznámit s jejich vlastnostmi, složením a způsobem použití. Vlastnosti nátěru uváděné výrobcem musí odpovídat požadavkům, nátěr musí být proveden technologií předepsanou výrobcem. Kvalita a životnost dnes vyráběných nátěrů, zejména nátěrů určených pro vnější prostředí, je podstatně vyšší než u nátěrů historických, jejich vzhled je však většinou odlišný od vápenných, hlinkových a olejových nátěrů historických.

U památkových objektů ovlivní výběr nátěru nejen technické požadavky, ale především hledisko památkové péče, která sleduje zachování autentické podoby. U památkových objektů je užití určitého typu nátěru nutno zvláště pečlivě **zdůvodnit**, zejména u nátěrů, které upravují vzhled a barvu dřeva. Nátěry jsou mnohdy nezbytnou podmínkou zachování starších dřevěných konstrukcí, je však třeba volit takové nátěrové prostředky, které co nejméně ovlivní vzhled konstrukcí. V konkrétních případech je třeba rozhodnout, zda prioritu má zachování hmotné podstaty památky (autentického materiálu) nebo autentického (případně stávajícího) vzhledu povrchu. Zejména u vnějších konstrukcí a nosných konstrukcí v interiéru, které původně nebyly natřené (roubení, stropy, krovy), je nutno kriticky posuzovat vhodnost použití pigmentovaných lazurovacích nátěrů.

Obklady, bednění, oplechování

V exponovaném prostředí (horské polohy, západní štíty) se chránily (zejména od 19. století) roubené a hrázděné stavby, štíty a vikýře střech bedněním z prken, obkladem z šindele, břidlice, případně z eternitu. V 19. století bylo dřevo hrázdění někdy chráněno oplechováním. Ochrana dřeva oplechováním je častá u mansardových říms, říms a bednění boků vikýřů, konstrukcí věží a sanktusníků. Věže a jejich lucerny se dříve většinou kryly šindelem nebo břidlicí, jejich boky byly bedněné nebo chráněné krytinou, ostatní dřevěné prvky chráněné nebyly. Použití plechu se ve starších dobách omezovalo na bání, postupně (od 19. století) se však oplechování rozšířilo i na bednění, římsy a sloupky luceren.

Ochrana dřeva obkladem nebo oplechováním proti vlhkosti a ostatním vnějším činitelům je velmi účinná, díky obkladům bylo uchováno mnoho částečně narušených starších dřevěných konstrukcí. Proti napadení hmyzem však obklad příliš nechrání, někdy naopak vytváří prostředí chráněné před teplotními výkyvy, které je příznivé pro napadení tesaříkem (obr. 134).



obr. 134: Měděné oplechování neochránilo dřevěné proky hrázdění před napadením tesaříkem, hrad Konopiště.

Ochrana dřeva obkladem lze z technického hlediska doporučit, zejména v exponovaných polohách. Pomocí obkladů je možno chránit i částečně narušené dřevo. Vždy však je třeba dbát těchto zásad:

- obklad nesmí být neprodyšný, případně musí být umožněno odvětrání vlhkosti,
- musí být posouzena nutnost konzervace a preventivní ochrany zakrytého dřeva,
- u památkových objektů obklad nesmí narušit vzhled památky a hodnotu historických konstrukcí.

U památkových objektů je třeba rozlišovat, zda byl obklad součástí původní konstrukce, v řadě případů je třeba chránit i obklady novější (například obklady z přírodní břidlice). Zachování novějšího obkladu (například bednění roubené konstrukce) může být vhodné z hlediska ochrany autentické podoby památky v případě, že obklad umožní ponechat částečně narušené autentické části bez výměn a petrifikace. V odůvodněných případech může být účelná a s ohledem na ochranu autentické konstrukce památky vhodná i ochrana nově navrženým obkladem.

Omítky, mazaniny, obezdění

S omítkami na dřevěných konstrukcích se v historických stavbách setkáme u půdních vestaveb, u roubených nebo hrázděných staveb, štítů a vikýřů, někdy na dřevěných římsách.

Mazaniny, zejména hliněné, se po celé historické období (někde ještě počátkem 20. století) užívaly na dřevěných stropěch jako půdní podlahy. Měly zde funkci tepelné izolace i ochrany proti požáru, v tomto případě se někdy do hlíny vtlačovaly úlomky cihel.

Hliněné mazaniny se užívaly jako tepelná izolace i povrchová úprava roubených a hrázděných stěn a příček, které měly někdy výplně z mazaniny na výpletu z proutí nebo dřevěných špánů. Hliněné mazaniny byly důležitou součástí dřevěných komínů.

Výplňovou a ochrannou funkci mělo někdy i obezdění dřeva, zejména u hrázděných konstrukcí.

Historické konstrukce tohoto typu mají památkovou hodnotu a jsou předmětem ochrany, o jejich zachování, odstranění nebo úpravě nelze rozhodovat jen na základě technických hledisek.

Při opravě a obnově historických omítek, mazanin a hrázdění, případně při ochraně dřeva novou omítkou nebo mazaninou je vždy třeba zajistit spolehlivou ochranu konstrukce proti vlhkosti – zejména u hliněných mazanin je nutné dokonalé vyřešení všech detailů, aby zůstaly za všech okolností suché. Zvláště pečlivě je třeba se zabývat ochranou proti napadení hmyzem, pro který zakrytí dřeva omítkou nebo mazaninou vytváří příznivé teplotní i vlhkostní podmínky, nezbytná je důkladná preventivní ochrana, pravidelná kontrola stavu konstrukcí a případné opakování sanačního zásahu.

Ochranné účinky omítek a mazanin převažují, zejména v suchém prostředí, jejich vliv na dřevo však není jednoznačný, někdy naopak působí nepříznivě:

- ve vnější expozici chrání omítka, mazanina nebo obezdění dřevo před nepříznivými účinky povětrnostních činitelů, znesnadňuje přístup hmyzu ke dřevu,
- v trvale vlhkém prostředí však trvale zvyšuje vlhkost dřeva,
- hliněné mazaniny absorbují vlhkost, dobře vysychají, chrání dřevo proti občasnému zatečení, při dlouhodobém zatékání naopak udržují dřevo trvale ve vlhku,
- omítky a mazaniny, zejména hliněné, udržují stálou teplotu ve dřevě, vytvářejí příznivé prostředí pro dřevokazný hmyz.

Nechráněné dřevo (obr. 135)

V minulosti nebylo konstrukční dřevo ve většině případů natíráno. Přirozenou barvou dřeva ve vnější expozici smáčeného srážkovou vodou (například u roubených staveb) byla šedá. V interiéru, ale i v exteriéru, kde je dřevo chráněno před deštěm, například pod římsou, dostává dřevo již po několika desetiletích patinu v různých odstínech hnědé barvy, spíše světlejší. Tuto barvu má také dřevo většiny historických krovů. Podle barvy je možno někdy odhadnout i relativní stáří dřeva, většinou je však možno odlišit jen relativně nové opravy. Tato zkušenost ukazuje, že patinovat dřevo nových dodatků nebo oprav dřevěných konstrukcí je zbytečné, zvláště u krovů, které většinou nejsou přístupné veřejnosti. Pokud je u presentovaných konstrukcí výjimečně požadováno sjednocení vzhledu doplňovaných částí a původní konstrukce, může být vhodné vyrobit doplňky ze starého dřeva s přirozenou patinou. Před sjednocením povrchu dřeva nátěrem je nutné dát přednost vytvoření umělé patiny některou z metod užívaných restaurátory.

Někdy se u historických krovů, zvláště u krovů několik set let starých, setkáme s tmavohnědou až černou barvou dřeva. Příčin může být více, v jednotlivých případech by se měly zkoumat:

- tmavá barva je způsobena nánosem prachu a nečistot,
- je možné, že krov byl po nějakou dobu vystaven vnějšímu prostředí, u starších krovů je to pravděpodobné,
- dřevo mohlo být zbarveno kouřem unikajícím z topenišť, případně při požáru,
- jedná se o plavené dřevo.



Obr. 135: Poorchová úprava dřeva: a, b – původní hnědá patina překrytá dehtovými nátěry, které jsou místy již vymyté na holé dřevo, Sobotka; c – nově opravené roubení, natřené vápnem, Sobotka; d – postupná tvorba přirozené patiny na dřevě: světle hnědá barva v chráněných místech tmavne; dřevo, na které prší, šedne; Obertilliach, Tyrolsko.

Ochrana dřeva nátěrem není v příznivých podmínkách nutná, zejména v suchých interiérech. Tam, kde nátěry nebyly, není důvod pro jejich uplatnění.

V některých případech je vhodné dát přednost přirozenému vzhledu a ponechat nenatřené dřevo i v exteriéru (například opravy starých nenatíraných konstrukcí, zejména u autentických venkovských staveb, bednění, výpletů z tyčoviny) i za cenu nižší životnosti.

Ve starších dobách a ve venkovském prostředí se ještě v 19. století běžně vyskytovaly nenatírané dřevěné stavební prvky i nábytek, obvykle se nenatíraly ani ostatní užívané předměty, například nástroje. Dřevo získalo denním užíváním nenapodobitelnou patinu.

Patinování nebo nátěr dřeva nepodporuje ani historická skutečnost ani technické důvody.

Úprava povrchů a detailů konstrukčního dřeva

Při opravách krovů (nebo obdobných konstrukcí) může vzniknout požadavek na úpravu povrchu dřeva, případně na úpravu povrchu nových doplňků. V tomto případě je třeba respektovat tyto zásady:

- autentické prvky nebudou broušeny ani natírány, aby nezakryly stopy opracování (tesařské značky, nápisy apod.), přípustné je pouze očištění,
- konzervační a ochranné prostředky nebudou barveny,
- pokud má oprava konstrukce restaurátorský charakter, kdy je žádoucí, aby nové prvky nebyly nápadné, je možné přizpůsobit podle záměru restaurátora vzhled nových prvků barevně i povrchem dřevu původnímu,
- náhrady napadených prvků by měly mít stejný profil jako prvky původní; u točivého nebo křivého dřeva jsou přípustné tolerance cca 1–1,5 cm,
- srážení hran nebo přihoblování hraněného profilu ve styku s ponechanou částí původního prvku není vhodné,
- v žádném případě **není možno** přizpůsobovat profil původního dřeva novému dřevu náhrady,
- osekávání nebo hoblování dřeva napadeného tesaříkem nemá význam pro ochranu proti napadení, výrazně **znehodnocuje vzhled** konstrukce, proto není vhodné,
- tesaříkem silně napadený povrch dřeva (které si zachovalo nosnou funkci) je možno zpevnit syntetickou pryskyřicí nebo nahradit vložkou,
- pokud se konstrukční systém výrazně mění nebo doplňuje, je žádoucí novou konstrukci odlišit (například užitím hoblovaného dřeva),
- pro opravy je možno užít staré dřevo tesané nebo řezané, nové dřevo řezané, tesané, štípané, hoblované nebo broušené; všechny tyto způsoby odpovídají autentickému řemeslu – jejich volba záleží na záměru využití a prezentace konstrukce; je však třeba si uvědomit, že vzhled povrchu tesaného dřeva **nelze napodobit**,
- v žádném případě by nemělo být užíváno řezané dřevo přesekané sekýrkou; pokud má být tesaný trám napodoben otesáním trámu řezaného, musí být tesán šířkou, v tom případě musí být každý rozměr řezaného trámu nejméně o 2 + 2 cm větší,
- svorníky, třmeny, skoby a jiné kovové prvky použité v konstrukci musí být ošetřeny proti korozi zinkováním nebo nátěrem; u autentických železných prvků je obvyklá černá barva; novodobé prvky mohou být pozinkované bez nátěru nebo natřené šedou barvou – černá barva je příliš nápadná.

Konzervační a zpevňující prostředky

Konzervační (konzolidační) prostředky chrání a konzervují zdravé dřevo, mění jeho vlastnosti. *Zpevňující (petrifikační)* prostředky zlepšují mechanické vlastnosti narušeného dřeva, zvýší jeho hydrofobicitu a odolnost proti bobtnání a smršťování. Výsledné vlastnosti závisejí na množství petrifikační látky, která byla do dřeva vpravena. Některé prostředky mají konzervační i zpevňující účinek.

Ke konzervaci nebo petrifikaci dřeva může dojít i přirozeným způsobem. K přirozeným konzervačním látkám patří například sůl (dokonale zachované prehistorické dřevěné předměty ze solných dolů v Hallstattu či lodě zachované v mořských náplavech), humidní kyseliny (vykopávky v severním Německu, Novgorodě, Mikulčicích; několik tisíc let staré dřevo v rašelinách), minerální látky (zkamenělé duby v labských náplavech).

K historickým konzervačním a petrifikačním prostředkům, kterými se konzervovalo dřevo a které zlepšovaly jeho vlastnosti, patřil například vosk a různé druhy pryskyřic (šelak). Odolnost proti vodě zvyšovala smůla, od pradávna užívaná při výrobě člunů, později dřevěných sudů, dehet a asphalt. U stavebních konstrukcí se tyto prostředky užívaly jen výjimečně. Pro ochranu před napadením biotickými škůdci se užívalo opalování (*obr. 126*).

Od poloviny 19. století se používá *karbolineum (karbolka)* – produkt získaný destilací kamenouhelného dehtu, vhodný pro impregnaci dřeva, které je v trvalém styku se zemí (pražce, telegrafní sloupy). Do nedávné doby se karbolka široce užívala pro tlakovou impregnaci i pro velmi účinné nátěry dřeva vystaveného povětrnosti. Vzhledem ke karcinogenním účinkům se dnes užití impregnačních olejů vyráběných destilací dehtu omezuje na průmyslovou impregnaci železničních pražců, sloupů a podobně. Nátěry dehtem a karbolou (i dalšími dnes vyráběnými prostředky) v mnoha případech změnily původní přirozenou šedou barvu dřevěných staveb na tmavě hnědou až černou.

Pro tlakovou impregnaci stavebního dřeva se dnes užívají prostředky, ve kterých mají fungicidní účinek ionty mědi, chromu a boru. Tyto prostředky vzhled a vlastnosti dřeva nemění.

Pro zpevnění dřeva se užívají roztoky přírodních pryskyřic a vosků nebo syntetických polymerů. Časté je zpevňování dřeva umělecko-řemeslných předmětů a mobiliáře. Ve stavbách se zpevnění dřeva užije v případech, kdy je žádoucí ponechat na místě unikátní konstrukce nebo jejich detaily, i když jsou silně narušené (roubené konstrukce, památkově cenné stropy, unikátní krovy).

Návrh konzervace musí být kvalifikovaný, ve většině případů bude návrh i zpevnění provádět restaurátor. Ke zpevnění dřeva, které obvykle výrazně mění jeho vzhled, by se mělo přistupovat jen v případech, kdy autentický prvek je zcela rozpadlý nebo je narušen natolik, že není schopen nést zatížení vlastní vahou, současně však není přípustné nahradit jej kopií nebo vložkou. I v tomto případě by se petrifikace měla omezit jen na nezbytně nutný rozsah, ostatní části konstrukce by si měly zachovat svůj přirozený vzhled. V žádném případě není vhodné přizpůsobovat vzhled zachovaných dřevěných prvků těm částem, které bylo nutno petrifikovat.

Ochrana dřeva proti napadení

Opatření proti napadení dřeva biotickými škůdci (plísněmi, řasami, lišejníky, mechy, dřevokaznými houbami a hmyzem):

- výběr kvalitního dřeva,
- stavební a konstrukční opatření pro ochranu proti vlhkosti (stavební ochrana dřeva),
- povrchové ošetření dřeva proti vlivům povětrnosti – účinkům ultrafialového záření, vody, větru, větrné abrazi, exhalátů a podobně,
- použití biocidních chemických prostředků (preventivní a likvidační chemická ochrana dřeva),

V historických stavbách je často nutné z důvodu zachování památkové hodnoty ponechat i dřevo částečně degradované. To je možné, pokud jsou splněny tyto podmínky:

- tvrdá a suchá hniloba je lokalizována na malé plochy,
- prvek oslabený napadením nebo degradací má bez uvažování degradovaného dřeva, dostatečnou únosnost,
- dřevo s neaktivními pozerky dřevokazného hmyzu má vyhovující kvalitu povrchu; aktivní pozerky hmyzu je nutno chemicky likvidovat,
- dřevo poškozené **dřevomorkou** je nutno odstranit nebo vyměnit; ložisko dřevomorky je nutno vždy najít, mechanicky a chemicky likvidovat, plodnice a mycelium dřevomorky nesmí zůstat ve stavbě.

Vždy je nezbytné provést mechanickou sanaci – citlivé (**bez osekávání**) odstranění nečistot, hniloby, volných pozerků hmyzu a cílenou konstrukční a chemickou ochranu napadeného dřeva.

Dřevo s výskytem *dřevomorky* je možno ve zcela výjimečných případech, které je nutno **vždy** posuzovat individuálně, na stavbě ponechat, pokud byla provedena všechna opatření nezbytná pro **trvalou** likvidaci dřevomorky. Opatření pro likvidaci napadení musí **garantovat specialista**.

Kůra zachovaná na starých trámech má význam pro zachování patiny a historického charakteru konstrukce. Její ponechání je možné, není předpoklad napadení nebo rozvoje škůdců dřeva, protože u starého dřeva k tomu dochází jen výjimečně.

Nové dřevo užívané ve stavbě musí být bezpodmínečně odkorněno.

Preventivní ochrana proti škůdcům

Je nutno si uvědomit, že snížením vlhkosti dřeva pod 20 %, zamezíme škodlivému působení dřevokazných hub, nikoliv však dřevokazného hmyzu. Dřevokazný hmyz napadá dřevo i při vlhkosti kolem 10 %, účinnost stavebně konstrukčních opatření proti dřevokaznému hmyzu je tedy omezená. Proto byly již od nepaměti používány i jiné způsoby ochrany dřeva než stavební. Na prodloužení životnosti dřeva se používaly různé druhy olejů nebo chemické prostředky, které měly dřevo preventivně chránit. V literatuře se uvádějí tradiční prostředky proti napadení dřeva: odvary z bylin pro kredence a spížíni prostory,

roztok kamence, aloe, kafr a podobně. Ochranný účinek měl kouř z otevřených ohnišť, natírání dřeva vápnem, pravidelné mytí dřeva pískem a mazlavým mýdlem, ohazování jílem a zušlechťování dřeva volskou krví. Rakouský vojenský erár koncem 18. století předepisoval pro palisády a hrubé práce ze dřeva nátěr z dřevního dehtu a hnědého okru.

Jako ochrana proti dřevomorce by nátěry vápnem nebo volskou krví nebyly účinné, protože obsahují vápník a železo, které dřevomorka potřebuje ke svému rozvoji. Ve středověku, kdy se tyto prostředky zřejmě v širší míře užívaly, však dřevomorka ještě u nás nebyla, údajně se dostala do Evropy z Indie pravděpodobně až s lodním obchodem v 17.–18. století.

Na ochranu krovů před napadením hmyzem se doporučuje položit v létě čerstvé krajinky smrku nebo borovice nebo vršky stromů bez větví po půdě a na podzim je spálit. Účinným prostředkem preventivní ochrany před napadením tesaříkem u budov v blízkosti lesů nebo velkých parků je uzavření všech otvorů ve střeše a osazení *hustých sítí* ve střešních vikýřích a větracích otvorech.

Chemické prostředky proti biotickým škůdcům [50, 166, 206]

Chemické prostředky mají zabránit poškození dřeva škůdci. K tomu jsou využívány účinné látky – *biocidy*. Podle účinku se rozlišují *fungicidy* (proti houbám) a *insekticidy* (proti hmyzu).

Prostředky na ochranu proti biotickým škůdcům sestávají z vlastní účinné látky (biocidu) a nosiče (voda, rozpouštědlo). Kromě toho mohou obsahovat přídavné složky jako barvivo, pojivo, prostředek proti korozi a podobně. Barva ochranného prostředku, označovaná jako *color*, bývá obvykle zelená nebo hnědá. Barva je signální prostředek, který prokazuje, že dřevo bylo ošetřeno některým chemickým prostředkem ochrany dřeva, nevypovídá však o tom, zda bylo ošetřeno kvalitně. Kvalita ošetření je dána odborností aplikace, dodržěním koncentrace, množství naneseného prostředku apod. U památkových objektů je užívání barvených přípravků **nevhodné**.

Při výrobě, zavádění do provozu a používání prostředků pro ochranu dřeva je nutno respektovat řadu zákonných předpisů o nebezpečných látkách, zákon o vodách a odpadech, o jedech a látkách škodlivých zdraví a předpisy s tím související.

Požadavky, kterým chemický prostředek musí vyhovět:

- neovlivňuje vzhled dřeva,
- je stabilní,
- neovlivňuje bobtnání dřeva,
- má vysokou penetrační schopnost,
- je reversibilní,
- není toxický pro člověka,
- neovlivňuje ostatní části konstrukce (polychromii, nátěry, kovové prvky),
- je schválen příslušnými orgány a je předpisově označen.

Průmyslově vyráběné chemické prostředky na ochranu dřeva se užívají více než sto let. Do roku 1900 to byly dehtové oleje, chlorid rtuťnatý a chlorid zinečnatý. V dalších desetiletích se složení a použití těchto prostředků měnilo podle nových poznatků o jejich účinnosti na biotické škůdce, na člověka i přírodu. Postupem doby se zjistilo, že některé z nich škodí zdraví člověka i přírodě, a byly zakázány (DDT, HCH, chlorid rtuťnatý a jiné). Proto i dnes platí: chemickou ochranu jen tam, kde je to nutné a jen tolik, kolik je třeba!

Prostředky na ochranu dřeva mají typové označení, které je průkazem kvality a označuje účinnost proti konkrétním druhům hub, plísní a hmyzu, zda se jedná o preventivní nebo likvidační prostředek, zda je prostředek vyluhovatelný vodou nebo není, a jeho charakteristiku z hlediska hygienického.

Pro použití chemických prostředků ochrany dřeva platí tyto zásady:

- návrh a aplikaci chemických prostředků musí provádět **specializovaný pracovník** na základě kvalifikovaného průzkumu, který určí druh, rozsah a stupeň napadení,
- mají být užity jen tehdy, když ostatní ochranná opatření proti škůdcům nejsou postačující,
- musí být užity v množství přesně určeném výrobcem; pokud se prostředku aplikuje málo, je ochrana nedostatečná,

- při nadbytečném množství dochází ke zbytečnému zatížení životního prostředí a ochrana dřeva je neekonomická,
- u dřeva v historických objektech, které je možno trvale vizuálně kontrolovat, se užijí, pokud je to třeba, cíleně prostředky *likvidační* (intenzivní) ochrany; ostatní chemická ochrana je obvykle zbytečná, neekonomická a životnímu prostředí škodlivá.

Pro preventivní ochranu dřeva se obvykle užívají základní technologické postupy:

Tlaková impregnace – užívá se skoro výhradně pro *nové dřevo*, ve specializovaných závodech. Tento způsob impregnace je nejúčinnější, je možno dosáhnout hlubokého průniku (**více než 10 mm**), v radiálním směru se proimpregnuje celá běl). Výhodou je, že se dá měřit množství prostředků, které pronikly do dřeva.

Impregnace máčením (polohlubková) – používá se převážně pro *nové dřevo*, ve vanách vyrobených k tomu účelu, na místech k tomu schválených. Máčení je možno provádět přímo na stavbě, vyžaduje pouze zhotovení máčecího žlabu. Nevýhodou je odpařování rozpouštědla a potřeba většího množství ochranného prostředku. Účinnější je dlouhodobé máčení (více než 10 minut) než ponořování (několik sekund). Stavební dřevo by mělo být proschlé a musí být před máčením proloženo. Dosáhne se průniku od několika desetin milimetru **do 2–3 mm**.

Povrchové ošetření (nátěr, postřik, ponořování), používá se pro *nové i zabudované staré dřevo* na staveništích, u aktivního napadení je třeba dát přednost **nátěrům**. Povrchová impregnace nátěrem nebo nástřikem je nejméně účinná. Při aplikaci nátěrem pronikají vodné roztoky do hloubky **1–2 mm**, prostředky v organickém rozpouštědle do hloubky 2–5 mm.

Praktické rady a připomínky k technologickým postupům chemické ochrany dřeva ve stavbách:

- Jádrové dřevo přijímá obecně méně chemického prostředku než dřevo bělové (u některého dřeva žádný).
- Dřevo **smrku, jedle, modřínu a douglasky** patří mezi dřeva těžko impregnovatelná.
- Tlakovou impregnací se dosáhne hloubka průniku do 10–15 mm u dřev těžko impregnovatelných, celá běl se proimpregnuje u borovice. Dřevo buku se proimpregnuje v celé hmotě, kromě nepravého jádra.
- Nosné stavební díly do **exteriéru** musí být impregnovány výhradně tlakovými postupy, povrchová ochrana je neúčinná.
- *Mokrě dřevo* se může ošetřit difuzními postupy, nejlépe prostředky ředitelnými vodou.
- Mokrě dřevo po zabudování dodatečně praská velkými *úsušnými trhlinami*. Odkrývají se vnitřní vrstvy nechráněného dřeva, kam klade vajíčka tesařík krovový. V těchto případech je porušena i tlaková impregnace. Doporučuje se proto dodatečná ochrana postřikem do hlubokých trhlin přibližně po 2 letech po zabudování.
- Staré proschlé zabudované dřevo se chemicky ošetřuje vždy až po *mechanickém očištění povrchu* (u památkových objektů je **nepřípustné** osekávání povrchu dřeva). Chemické ošetření na špinavý povrch dřeva je neúčinné, lépe se osvědčuje **nátěr** než postřik. Postřik na přeschlém povrchu starého dřeva stéká, proto je lépe před postřikem povrch trámů zamlžit vodou a teprve potom stříkat provozním roztokem.
- Chemická ochrana se provádí až **po dokončení spojů a řezů**, jinak je nutno nové řezy dodatečně natřít chemickým prostředkem. Pokud se ošetřuje až hotová konstrukce, doporučuje se nepřístupné plochy spojů ošetřit **před sestavením**.
- Často se v ochraně starého dřeva prosazují metody dodatečné tlakové ochrany s **navrtáváním** trámů a aplikací ochranného prostředku pod tlakem. Tyto metody jsou necitlivé a neadekvátní památkové hodnotě starého dřeva, dřevo se tlakem „trhá“ a impregnace nemůže být účinná, protože buněčné stěny jsou pro vstup ochranného prostředku stejně již uzavřeny. U památkových objektů jsou **nepřípustné**.
- Chemická ochrana je účinná jen při dodržení předepsané technologie a dodržení předepsané koncentrace provozního roztoku.
- O provádění chemického ošetření dřeva se musí dělat **záznamy**, které se předají zákazníkovi. U tlakové impregnace jsou běžně předkládány diagramy technologického postupu, které zaznamená počítač. U ostatních způsobů ochrany dřeva se eviduje její provedení podle skutečnosti, která musí být kontrolována. Způsob kontroly určí zákazník. Bez kontroly jsou výsledky ochrany dřeva **nezaručené** (!).

Likvidace napadení dřeva

Úspěšná sanace a ochrana zabudovaného dřeva napadeného houbami, plísní nebo hmyzem je možná, podmínkou dlouhodobé životnosti konstrukce po provedeném zásahu je však odborný návrh sanace a kvalitní provedení zásahu.

Zásady při poškození dřeva *houbami* – hnilobou:

Projektant a specialista na likvidaci napadení určí rozsah a způsob (v závislosti na postupu opravy nosné konstrukce, která se obvykle provádí současně) odstranění dřeva narušeného hnilobou natolik, že není schopné plnit svou funkci. Při napadení **dřevomorkou** se musí odstranit všechno napadené dřevo. Shnilé dřevo je ze stavby beze zbytků odstraněno (napadené prvky, které mají vypovídací hodnotu, se uloží ve stavebním dvoře tak, aby byla možná jejich **dokumentace**). Hniloba se odřezává až do zdravého dřeva.

Při výskytu dřevomorky musí být zjištěno ložisko a příčina jejího rozvoje (vlhkost, nedostatek světla a pohybu vzduchu). Při likvidaci dřevomorky se doporučuje oddělit ložisko výskytu od ostatního prostoru, aby se dále nerozšířila po objektu. Dřevomorka dokáže překonat suchá místa i místa bez dřeva. Zdivo prorostlé *myceliem* a *rizomorfami* (silné, šedé provazce), se musí mechanicky očistit, opálit plamenem (jsou nutná **bezpečnostní** opatření), ošetřit chemickými prostředky k tomu určenými. Prostředky pro ošetření zdiva by měly být ředěny **lihem**, aby se nezvyšovala vlhkost zdiva.

Dřevo určené na náhradu shnilého dřeva musí být preventivně impregnováno.

Prostor, ve kterém budou nové prvky, musí být odvětráný, dřevo musí mít trvale kolem 15% vlhkosti. Jen tlaková impregnace nebo dlouhodobé máčení v chemických prostředcích, může nové dřevo spolehlivě zajistit proti dřevomorce.

Při sanaci napadení dřevomorkou je nezbytná trvalá kontrola pracovních postupů, chemické ochrany a jakosti provedených prací. Opomenutí nebo nedodržení uvedených zásad vede k **recidivě** napadení (*obr. 136*).



Obr. 136: Nově osazené vazné trámy krovu krátce po opravě napadla dřevomorka šířící se z uložení pozednic, které nebylo vyčištěno a sanováno. Rychlý rozvoj napadení umožnil zásyp z agloporitu, který houbě vytvořil prostředí se stálou vlhkostí a teplotou (projektant vycházel z mylné představy, že mezerovitý násyp umožní odvětrání vlhkosti). Dřevo přijímá vzdušnou vlhkost, která se v něm ukládá v kapalném stavu – pro odvětrání vody ze dřeva musí dojít k přeměně na páru, k tomu je nutné dodat skupenské teplo – tedy dřevo ohřát. Tento proces probíhá ve volném prostředí, násyp nebo zaždění dřeva odvětrání brání. Hospodářský dův v Plasích

Likvidace a sanace napadení dřeva dřevokazným *hmyzem* a sanace dřeva a budov je náročná, dlouhodobá a mnohdy složitá. V budovách většinou nelze snížit vlhkost dřeva pod 10 % a tak se hmyzu zbavit. Dřevokazný hmyz působí ve dřevě skrytě, často se ani nepozná, zda je ještě aktivní.

Základní připomínky k prevenci napadení a k likvidaci hmyzu ve stavbě:

- do stavby nesmí přijít s novým dřevem kůra, dřevo nesmí být z polomů nebo skladované dlouhodobě v lese, na skladě apod.,
- do starých krovů je nutno zásadně používat jen dřevo preventivně chemicky ošetřené proti houbám a hmyzu,

- je nutné zjistit aktivitu a rozsah napadení stávajícího dřeva dřevokazným hmyzem a teprve následně určit další postup opravy a sanace,
- pokud je napadení rozsáhlé a aktivní, musí se do sanace zahrnout celá budova.

Existují účinné prostředky proti dřevokaznému hmyzu, které jej likvidují; práce vyžaduje znalost bionomie hmyzu, trpělivost a opakování zásahu až do likvidace.

Nejvíce využívanou metodou likvidace hmyzu ve dřevě je ošetření chemickými prostředky s intenzivní účinností. K usmrcení hmyzu dojde při kontaktu s prostředkem, likvidace hmyzu trvá několik týdnů. Protože se však prostředek nedostane do všech částí dřevěného prvku, je nutno účinnost sanace kontrolovat a zásah případně opakovat.

Hmyz ve dřevě se spolehlivě likviduje zahřátím dřeva horkovzdušným agregátem (60° až 80° C nejméně po dobu jedné hodiny). Využití této metody přichází v úvahu ve výjimečných případech, je třeba zvážit důsledky **vysušení dřeva**, při kterém může dojít ke vzniku trhlin.

V ojedinělých případech se využívají pro sanaci staveb napadených hmyzem i jiné metody jako plynování, nebo gamma záření. Tyto metody nemají preventivní charakter, pouze likvidační, pro ošetření dřevěných staveb jsou využitelné jen v mimořádných případech. Využití mikrovlnného záření pro likvidaci hmyzu je v památkových objektech **problematické** – u kovových prvků, které mohou být v každé dřevěné konstrukci, může dojít ke zvýšení teploty nad zápalnou teplotu!

Ochrana dřevěných konstrukcí proti ohni

Cílem opatření protipožární ochrany je:

- zabránit vzniku požáru,
- použití prostředků na ochranu proti ohni (retardéry hoření)
- při požáru zajistit únik osob,
- bránit šíření požáru uvnitř objektu,
- bránit šíření požáru mimo objekt,
- vytvořit podmínky pro rychlé a účinné hašení.

U památkových staveb mají zásadní důležitost opatření **zabraňující vzniku požáru**, protože zásah hasičů, i když je rychlý a účinný, může být pro památkový objekt a zejména pro dřevěné konstrukce zničující. U památkových objektů je proto nutno v ještě větší míře než u ostatních staveb klást důraz na opatření preventivní. K nim patří zejména:

- konstrukční principy ochrany budov proti požáru,
- protipožární ochrana při stavbě,
- snížení požárního rizika,
- ochrana konstrukcí před požárem,
- opatření pro urychlení protipožárního zásahu.

Ochrana proti požáru se věnovala velká pozornost v průběhu celé historie, byla jedním z nejdůležitějších požadavků všech stavebních řádů, přesto však docházelo ke vzniku požárů, jejichž důsledky byly mnohdy zničující.

V posledních desetiletích prošly principy a metody protipožární ochrany rychlým vývojem, došlo k mnoha změnám zákonných opatření i praxe ochrany proti požáru, proto je nutno stále sledovat vývoj v této oblasti a návrh a provedení konkrétních opatření **vždy konzultovat** se specializovanými odborníky a výrobcí. V památkové praxi může někdy dojít ke konfliktu opatření požadovaných požární ochranou s principy památkové péče. V těchto případech je jádro problému většinou v **nehodném využití** objektu, které neúměrně zvyšuje požární riziko – je potom nutné rozhodnout, zda má prioritu památková ochrana (v tom případě je nutné využití přizpůsobit možnostem objektu) nebo zda je zásah do historických konstrukcí možno připustit.

Konstrukční principy ochrany budov proti požáru

Významným rizikem vzniku požárů je zanedbání pravidel požární bezpečnosti při provozu objektů a při **provádění stavebních a údržbových prací**. Důležitá je pravidelná kontrola všech topenišť a komínů a dodržování protipožárních předpisů při provozu. V současné době se sice omezuje používání topidel na pevná paliva, rozšiřuje se však užívání krbů, které jsou mnohdy stavěny amatérsky a bez řádné revize napojovány na staré komíny.

Příčinou vzniku požáru v budovách mohou být konstrukční závady, například zazděné trámy v komínech, porušené sopouchy, ale i vadná elektrická instalace. Některé zásady ochrany dřevěných nosníků proti požáru v uložení u komínů určují normy:

- vzdálenost líce dřevěné stropnice od líce komínového otvoru musí být nejméně 30 cm,
- ocelový nosník je možno uložit do komínového zdiva, jeho vnější líc musí být vzdálen nejméně 5 cm od líce komínového otvoru, který musí být opatřen nehořlavou komínovou vložkou přesahující nosník na obě strany nejméně o 20 cm,
- mezera mezi lícem dřevěné konstrukce a komínovým zdivem, která je menší než 5 cm, musí být vyplněna nehořlavým materiálem (nikoliv pouze plechem).

Při adaptacích a stavebních úpravách se v současné době komíny vložkují, je to účelné pro efektivitu vytápění i jako preventivní ochrana před požárem.

Protipožární ochrana při staubě

Protipožární ochraně je třeba věnovat pozornost i při realizaci stavby, zejména při opravách a stavebních úpravách. Kromě požárů způsobených neopatrným zacházením s provizorními **topidly**, je zvlášť nebezpečné **svařování**, kterému se někdy nevyhneme při vkládání ocelové konstrukce. Je bezpodmínečně nutné dodržovat bezpečnostní předpisy, které stanoví normy. Projekt opravy musí **zdůraznit** nebezpečí vzniku požáru při konkrétních pracech. Samozřejmostí musí být, že veškeré svařování provádí držitel svářečského průkazu. Kromě provozních a bezpečnostních opatření jsou důležitá zejména preventivní protipožární opatření, kterými je instalace hasicích přístrojů a hasebních prostředků, příprava **pracoviště** – úklid prachu, odstranění hořlavých materiálů, ochrana před odletujícími jiskrami, ochrana hořlavých materiálů (podložení nehořlavým materiálem). Velmi důležitým opatřením je předepsaný **dozor** odborného pracovníka (mistr, požární technik apod.) na pracovišti se zvýšeným nebezpečím požáru, kam patří **vždy** práce v krovech. Dozor je nutný po dobu svařování i při jakémkoliv přerušení práce. Po skončení svařování musí být místo, kde se svařovalo, prohlédnuto a musí být zjištěno, zda nemůže v důsledku svařování dojít k požáru. Ukončení práce se musí ohlásit **vedení stavby**, která zajistí sledování pracoviště nejméně po dobu **8 hodin**. Praxe ukazuje, že nejčastěji dochází ke vznícení hořlavého materiálu (piliny, odřezky dřeva, papír) od zapadlé jiskry. S ohledem na problémy spojené se svařováním je vhodné navrhnout ocelovou konstrukci vkládanou do blízkosti konstrukcí dřevěných tak, aby ji bylo možno smontovat bez svařování (šroubové spoje).

Opatření pro urychlení protipožárního zásahu

Předpokladem rychlé likvidace ohniska požáru je instalace hasicích přístrojů a hasebních prostředků, vytvoření podmínek pro zásah hasičů (nástupní plochy, hydranty a podobně) podle požadavků požární ochrany a jejich pravidelná kontrola. Účinným prostředkem ochrany dřevěných konstrukcí je *elektrická požární signalizace (EPS)*, která přispívá k rychlému zjištění a včasné likvidaci požáru. Může být účelné požární signalizaci instalovat u významných památkových objektů i v případech, kde to není požadováno orgány požární ochrany. Obdobný význam může mít instalování *sprinklerů*, zařízení, které samočinně likviduje ohnisko požáru, je však třeba posoudit zvýšené riziko poškození stavby vodou.

Protipožární ochrana v minulosti

V minulosti byl častou příčinou vzniku požáru (kromě zhářství a válečných událostí) zejména úder blesku. Potenciálním zdrojem požáru byl vždy otevřený oheň v domě, k požáru docházelo zapálením krytiny od jisker, nebezpečné mohlo být vaření v černých kuchyních pod komínem. Je třeba si uvědomit, že doškové a šindelové krytiny byly snadno zápalné, a pokud

byl vítr, roznášel hořící krytinu po celém městě. Častou příčinou požáru, která se vyskytuje i dnes, bylo zapálení dřeva, které v blízkosti ohně nebo v komíně začalo doutnat. Požárních závad tohoto druhu bylo vzhledem k velkému množství dřeva ve stavbách samozřejmě více než dnes. Byly to zejména dřevěné komíny nebo trámy zazděné do komína. S historií ochrany proti požáru těsně souvisí historie vytápění a vaření a vývoj komínů – topeniště a komíny jsou významnou součástí památkové hodnoty staveb.

Požár byl jednou z nejvíce obávaných pohrom – bylo to především proto, že docházelo ke katastrofálním požárům, které zničily celá města. K rychlému šíření požáru přispíval kromě hořlavých krytin také fakt, že střechy domů byly k sobě obráceny krytinou, oheň tak mohl přeskakovat z jednoho domu na druhý. V každém domě bylo mnoho dřevěných konstrukcí, i ve městech byly běžné celé dřevěné a hrázděné domy. Že byly požáry časté, dokládají například pražské veduty, na každé z nich je možno najít několik domů, které mají ohořelý krov. Vidíme, že při požáru nedošlo vždy k úplnému zničení dřevěných konstrukcí, často požár netrval tak dlouho, aby shořely i krokve.

V historických stavbách, zejména v krovech, jsou někdy zachovány trámy na povrchu ohořelé. Tyto prvky jsou významným dokladem historie stavby, proto by měly **být zachovány**. Ohořelé trámy nezvětšují požární zatížení, protože zuhelnatělý povrch má vyšší zápalnou teplotu než dřevo a je navíc hygroskopický a velmi odolný proti napadení.

Již od nejstarších dob se ochranou proti ohni zabývaly stavební praktiky a předpisy, které ovlivnily podobu staveb a zejména měst. Středověké hrady mívaly pálenou krytinu, která chránila střechy před zápalnými šípy, pro řemesla, která pracovala s ohněm, byly vyhrazeny okrajové čtvrtě, dříve obvyklé městské střechy se společným úžlabím a štítem v uličním průčelí byly nahrazovány střechami s hřebenem rovnoběžným s ulicí a s požárními štíty přesahujícími krytinu, podle josefínských předpisů musely být vazné trámy krovu nad podlahou půdy z pálené dlažby. Staršími praktikami byly půdní mazaniny s cihelnými střepy, stropy pod půdou z povalů, v 19. století klenby do travers v posledním patře. [230, 231, 232]

POSUZOVÁNÍ DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

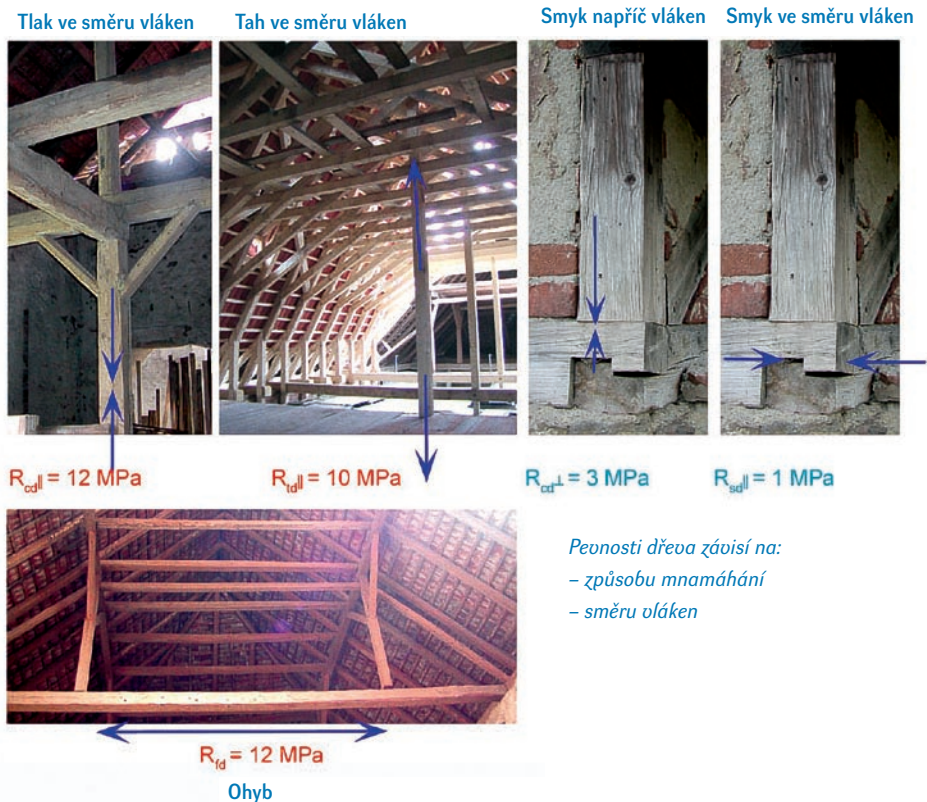
Statický výpočet dřevěných konstrukcí musí posoudit napětí v **prvcích, spojích a uložení** při namáhání tlakem, tahem, ohybem a smykem ve vztahu k pevnostem dřeva odpovídajícím způsobu namáhání, **směru vláken** a vlhkosti (*obr. 137*). Je třeba posuzovat deformace a stabilitu konstrukcí a prvků s ohledem na ustanovení norem a funkci prvků (uložení nosníků, omezení průhybu omítaných podhledů).

Při posuzování dřevěných konstrukcí je třeba uvažovat se spolupůsobením dalších konstrukcí (táhla, zděné výplně hrázdění, zavětrování), které je možno zahrnout do statického výpočtu. Statickou funkci může mít i bednění, povaly stropů, laťování apod. Při posuzování historických konstrukcí z nenapadeného dřeva je většinou možno využít tabulkové pevnosti – je možno vycházet z poznatku, že dřevo, které nebylo napadeno, si uchovává své vlastnosti po staletí. Pro zařazení do pevnostní třídy obvykle postačí určení druhu dřeva a vizuální posouzení hustoty letokruhů, vad dřeva (suky), výsušných trhlin, točivosti apod., případně doplněné pevnostními zkouškami.

SPOJE DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

Při spojování dřevěných konstrukcí je možno uplatnit spoje:

- a) tesařské,
- b) svorníkové,
- c) hřebíkové a vrutové,
- d) spoje s kovovými prvky,
- e) lepené,
- f) celodřevěné.



Obr. 137: Pevnosti dřeva.

U historických konstrukcí se při spojování nosných prvků uplatní především spoje ad a), b), f), ve zvláštních případech spoje ad d). U novodobých staveb se užívají převážně spoje ad b), c), d), e).

Každý způsob spojení je založen na jiných principech (viz níže), **kombinace** uvedených spojů **není přípustná**, protože není možno počítat se současným spolupůsobením například svorníků a lepených ploch. Při namáhání konstrukce je lepený spoj namáhán současně se vznikem napětí ve dřevě, zatímco svorníkový spoj se uplatní, až když dojde k jeho dotvarování. Pokud by tedy lepený spoj nebyl dimenzován na plné zatížení, mohlo by k jeho porušení dojít dřív, než by začal působit spoj svorníkový.

Každý spojovací prvek musí proto být dimenzován na samostatné působení. Výjimkou je zachycení tahové síly svorníkem u některých tesařských spojů a spoje ad f), jejichž principem je spolupůsobení kontaktních ploch spojovaných prvků s dřevěnými kolíky nebo hmoždíky (tyto spoje **musí** být navrhovány a prováděny podle schválené **metodiky** [24]).

Tesařské spoje

se uplatňují u *prutoových* konstrukcí historických staveb (například v krovech a hrázděných stavbách), kde se uvažuje **kloubové spojení** prvků. Posuzuje se kontaktní napětí ve spoji vzhledem k pevnostem dřeva, které odpovídají **způsobu namáhání** a **směru vláken**. Dimenze prvku někdy určuje namáhání spoje, nikoliv namáhání profilu. Pro namáhání **tlakem, tahem nebo smykem** se užívají různé typy tesařských spojů. Tesařské spoje namáhané ohybem se u historických konstrukcí vyskytují zcela výjimečně. Pro nastavení prvků namáhaných ohybem (například při náhradách napadených částí nosníků) není možno tesařské spoje využít.

Přehled posuzování a navrhování tesařských spojů je např. v [23, 102, 123, 190].

Parametry a tvar spojů (poměry plátů, délky čepů, úhly rybin apod.) vycházejí z autentických způsobů provedení, které mají dobové a regionální odchylky. Volba profilu prvku dřevěné konstrukce vychází z jeho namáhání, ale někdy je podstatně ovlivněna konstrukčními parametry a napětím v tesařských spojkách. Montážní spojení a spolupůsobení prvků v tesařském spoji zajišťují dřevěné kolíky, které se u správně fungující konstrukce nepodílejí na přenosu sil.

Vyhovující tolerance provedení tesařských spojů je 5 mm. Tato tolerance umožňuje pootočení, kolík je obvykle umístěn v průniku střednic prvků, kde je střed otáčení kloubu.

Při opravách tesařských konstrukcí je třeba vždy **zachovat autentické spoje** a v novém dřevě provést jejich kopie.

U staveb z *kulatiny* se uplatňuje jen omezený počet tesařských spojů (zapíchnutí, osedlání, kamp), které bylo možno provádět jednoduchým nářadím (teslice). U primitivních staveb byly sloupky vetknuté do země, využívaly se rozsochy a háky, prvky byly vázány (= původ výrazu *vazba*) řemeny nebo houžvemi. Spoje novodobých staveb z kulatiny se zpevňují kramlemi (tesařskými skobami).

Svorníkové spoje

užívali v krovech již staří Římané (pro zachycení vodorovné síly v uložení krovu nebo u věšadel), běžné jsou od doby baroka. Svorníky se aktivují závlačkou, klínovým zámkem nebo šroubem.

U svorníkového spoje se posuzuje smyková nebo tahová síla v kovovém svorníku, smykové napětí a otláčení ve dřevě v kontaktu s průměrem svorníku a napětí v tlaku ve dřevě pod podložkou hlavy (matice) svorníku.

Svorníkové spoje je možno uplatnit u všech způsobů namáhání, včetně namáhání ohybem a při nastavování prvků. Ohýbané a tlačené prvky se nastavují svislým plátem – nastavovaný prvek musí v místě oslabení plátem vyhovět na ohyb, smyk i tlak nebo tah. Profil plátu je možno zvětšit šikmým podélným řezem. Šikmý podélný řez využívají tesaři u prvků s výsušnými trhlinami v místě spoje. Šikmé příčné řezy se využívají u celodřevěných spojů [24] – u svorníkových spojů se s jejich spolupůsobením nepočítá.

Při nastavování nosníků stojatým plátem se může uvažovat stejnoměrné rozdělení napětí na jednotlivé svorníky a momentové rameno dané rozměry spoje (délkou plátu). Parametry spoje určují normou předepsané **rozteče svorníků**, které je nutno bezpodmínečně dodržet.

Při posuzování tesařského spoje zesíleného svorníkem se svorníku přisoudí celá smyková nebo tahová síla.

Hřebíkové a vrutové spoje

se užívají u novodobých konstrukcí, zejména pro spojování deskového řeziva. Nosné hřebíkové a vrutové spoje se navrhují podle norem. U nosných spojů je rovněž nutné dodržovat nejen předepsané **rozteče**, ale i dostatečnou délku hřebíků.

Konstrukce spojované hřebíky (zejména jejich spoje) jsou někdy provedeny neodborně a nemají dostatečnou únosnost, proto je při jejich opravě **vždy** nutné posouzení statickým výpočtem.

U historických konstrukcí se hřebíky běžně užívaly pro doplňkové konstrukce (laťování, bednění, podlahy, podhledy). Až do 19. století se užívaly hřebíky kované, které jsou měkké, ale díky výrazné kónicitě snadno pronikají do dřeva a dobře drží. Dnes užívané strojní hřebíky při tepelném namáhání (například u vnějšího bednění) „vylézají“. Z toho důvodu se doporučuje u exponovaného vnějšího bednění užívat hřebíky delší a případně je na vnitřní straně ohýbat. Pro tento účel jsou vhodné hřebíky tordované.

Při opravách doplňkových konstrukcí, kdy je třeba se vyhnout otřesům (například při opravě omítaných podhledů), je vhodné užívat *vruty*.

Při spojování menších profilů se tesařské spoje doplňovaly kovanými *hřebky*. Při opravách historických konstrukcí je žádoucí užití původní prvky nebo jejich kopie.

Pro nosné spoje menších profilů bývá účelné využití *podstavcových* vrutů, které mají závit jen v části dřívku. Tyto vruty umožňují (někdy potřebné) připojení masivnějšího profilu k profilu subtilnímu.

U historických staveb se pro spojování doplňkových konstrukcí (například pro přibíjení střešních latí nebo dřevěných schodnic) užívaly *dřevěné hřeby* (obvykle z dubu). Je žádoucí toto řešení, pokud je autentické, uplatnit (*obr. 138*). Doporučujeme rozlišovat:

- železné *hřeby* – kované nosné prvky většího profilu,
- dřevěné *hřeby* – jsou určeny pro přibíjení doplňkových konstrukcí (tesané, hranaté, obvykle z tvrdého dřeva),
- *kolíky* tesařských spojů (v řemeslnickém slangu: *holcnágl*) – mají pouze spínací funkci (tesané, hranaté, obvykle z tvrdého dřeva),
- *kolíky* celodřevěných spojů – nosný prvek (kalibrovaný kruhový profil z tvrdého dřeva),
- ocelové *kolíky* – nosný prvek kruhového profilu, může doplňovat svorníkový spoj.

Obr. 138: Fošny přibíjené hřeby z tvrdého dřeva, dřevěný most, hrad Zlenice.



Spoje s kovovými prvky



Obr. 139: Ztužení namáhaného spoje ocelovými prvky, Letenský kolotoč, Praha.

K historickým *spojům s kovovými prvky* patří například závlače trámů, spoje dřevěných konstrukcí s táhly, věšadla krovů, vyvěšení trámů pomocí svorníků nebo třmenů, zesílení spojů kramlemi (tesařskými skobami) apod. Všechny tyto prvky jsou významnou součástí památkové hodnoty nosné konstrukce a měly by být zachovány; a pokud to funkce konstrukce vyžaduje, doplněny kopiemi. (*obr. 139*).

Při posuzování a navrhování se kovovému prvku obvykle přisoudí tahová síla, v kontaktu s ním se dřevo posuzuje na smyk a otlacení.

U novodobých dřevěných konstrukcí se kovové prvky (například plechové spojky) běžně užívají – u konstrukcí historických, kde jsou zachovány (nebo z analogií známé) spoje autentické, by novodobé spojovací prvky užívány být neměly.

Lepené spoje

U *lepených spojů* se uplatňuje soudržnost styčných ploch, která může dosáhnout pevnosti základního materiálu. Lepené spoje dřevěných lamel namáhané tahem i smykem se uplatňují u průmyslově vyráběných novodobých konstrukcí – části těchto konstrukcí se obvykle spojují pomocí kovových prvků.

Pro spojování historických konstrukcí provedených z masivních dřevěných profilů lepené spoje **nejsou** vhodné především z těchto důvodů:

- je nutné precizní provedení (v dílně), které je obtížné na stavbě zajistit:
 - je nutné přesné a dokonalé opracování styčných ploch,
 - plochy se lepí pod tlakem,
- trvanlivost spoje významně závisí na kvalitě provedení, užitém lepidle a rozpouštědlu,
- jsou k dispozici autentické technologie, kterým je při spojování historických konstrukcí třeba dát přednost.

Kombinace tradičních spojů se spoji lepenými není z důvodů uvedených výše **přípustná**.

Prvky z lepeného dřeva

Prvky z lepeného dřeva se v historických stavbách mohou uplatnit tam, kde je obtížné získat profil velkého průřezu nebo délky. Při navrhování konstrukcí z lepeného dřeva (zejména v exteriéru) je vždy nutná kontrola dodržení předepsané technologie a provedení všech prací, zejména spojů, uložení konstrukcí a ochrana proti vlhkosti.

Celodřevěné spoje

Na základě výzkumu a zkoušek byla vytvořena **metodika** navrhování a provádění *celodřevěných spojů*, u kterých spolupůsobí styčné plochy spojovaných prvků a dřevěné kolíky nebo hmoždíky. Metodika [24] doporučuje pro jednotlivé prvky dřevěných konstrukcí a pro různé způsoby namáhání vhodné typy spojů, podává návod pro jejich návrh a předpisuje způsob provedení (*obr. 140*).

Nutnou podmínkou spolupůsobení styčných ploch i spojovacích prvků je výpočet únosnosti spoje a jeho provedení podle metodiky. Požadovaná **přesnost provedení** je podstatně vyšší než u tesařských spojů, vyžaduje přesné opracování dřeva a rozměření spoje, je nutné speciální nářadí.

U spojů, které nejsou provedeny podle Metodiky [24], **není možno** určit ani ověřit únosnost.

Novodobé, tzv. „*celodřevěné spoje*“ se u tesařských konstrukcí užívají v případech, kdy svorníkový spoj by působil rušivě. Nejedná se o spoje tradiční (autentické), i když principy zámkových spojů a spojů hmoždíkových byly známé a užívají se například v Japonsku [102] nebo u spojů truhlářských. U památkových konstrukcí je možno tyto spoje užívat **pouze** v případě, že jsou navrženy a provedeny podle Metodiky [24].



Obr. 140: Celodřevěný spoj, ve kterém spolupůsobí šikmá čela, hmoždíky a dřevěné kolíky, Vlastivědné muzeum, Olomouc.

Trámové rošty

Hmoždíkové spoje byly v 19. století užívány například při konstrukci *trámového roštu* = nosníku sestaveného ze dvou trámů položených na sebe, které jsou spojeny svorníky a jejich spolupůsobení je zajištěno hmoždíky z tvrdého dřeva vloženými do spáry mezi trámy. Metodika návrhu trámového roštu je například v [159].

Starší typ trámového roštu, který se vyskytuje v historických stavbách, má spáru mezi horním a spodním trámem zazubenou tak, že při zatížení se zuby proti sobě opírají a zajišťují spolupůsobení obou polovin (*obr. 97, 98*).

Spoje roubených staveb (*obr. 156, 157, 158*)

Do kategorie celodřevěných spojů patří také spoje *roubených staveb*, které jsou velmi rozmanité a liší se dobově i regionálně. Spoje roubených staveb (nárožní spoje, spoje roubení a ostění oken a dveří, zapuštění příček, hmoždíky ve spárách) jsou prvky, které zajišťují příčnou tuhost stavby, proto mají často podobu zámku, který je možno rozebrat pouze ve směru svislém. Při nutné výměně roubení je proto nutné postupovat tak, aby nové prvky byly spojovány autentickým způsobem a tuhost stavby nebyla snížena narušením nebo zjednodušením původních spojů, případně nedostatečně tuhými spoji v místech nastavování prvků.

Při opravě roubené stavby památkově chráněné je nutné uplatnit spoje *oboyklé v daném regionu*.

Nastavování dřevěných nosníků

K nastavení nebo náhradě napadené části dřevěných nosníků⁹⁾ docházelo u historických konstrukcí (do 19. století) jen ojediněle. Opravy narušených stropů a krovů měly většinou provizorní charakter. Běžným způsobem opravy bylo vyvážení narušených trámů na trám příčný, který zatížení přenesl na trámy ostatní. Pokud byly narušené konce trámů nastavovány, užíval se někdy ležatý plát, který v konstrukci mohl nevhodně působit jako kloub. Později se napadené trámy opravovaly příložkami spojenými svorníky s napadeným dřevem (které se obvykle neodstraňovalo).



Obr. 141: Nevhodné způsoby nastavení dřevěných proků ocelí; nepřesné vložky a přenos celé reakce jedním svorníkem navíc nevyhovují z hlediska únosnosti, Lemberk.

9) Náhrada narušené části dřevěného prvku se někdy nazývá *protěza*.

Ve 2. polovině 20. století se někdy užívaly ocelové příložky (dvojice U profilů) spojené s trámem svorníky a zabetonované do původních kapes – napadené dřevo se v tomto případě odstranilo. Tento způsob sice z hlediska zajištění nosné funkce a ochrany proti napadení (pokud je ovšem provedena sanace proti škůdcům dřeva) vyhovuje, znamená však neadekvátní zásah do konstrukčního systému → IV. / **Posuzování a návrh opravy / Priority (obr. 141)**, neautentické řešení, tedy ztrátu památkové hodnoty. V případech, kdy je konstrukce viditelná, je **nepřípustný**.

Oprava napadených zhlaví stropů a krovu představuje vždy koncepční problém, který je nutno řešit již ve stadiu projektu pro **stavební povolení**. Vzhledem ke vzájemnému spolupůsobení konstrukcí je nutno v projektu vyřešit tyto problémy (obr. 142):

- nastavení napadených stropních nosníků, vazných trámů, případně i rákosníků,
- nastavení krokví, vzpěr, námětků, pozednic krovu,
- sanaci a ochranu zdiva a dřeva proti napadení,
- uložení stropů a krovu (je nutná konstrukční ochrana dřeva – mezera mezi zdí a dřevem),
- konstrukci a stabilitu římsy (bývá zajištěna zatížením krovem),
- zjištění a úpravy starších konstrukcí (zazděné pozednice staršího krovu, druhotně užitá stropní trámy),
- případné izolace, podlahy apod.,
- způsob a postup realizace.

Návrh řešení musí vycházet ze **skutečné** podoby a stavu konstrukcí a z jejich posouzení. Vzhledem k nutnosti dodržet zásady konstrukční ochrany dřeva, je často nutné provést určité změny konstrukčního systému – některá řešení jsou v → III. / **Dřevěné krovu**.

Při nastavování stropních trámů historických budov je možno užít *svislý plát a svorníkový spoj*. Svislý plát musí být proveden ve zdravém dřevě, takže dojde k větší ztrátě autentického materiálu, než vyžaduje samotné napadení. Pokud je trám viditelný, případně zdobený, je možno hlavy a matky svorníků zapustit a zakrýt dřevěnou zátkou.

Při nastavování prvků z *točivého dřeva* je nutné respektovat deformaci zachovávané části trámu a přizpůsobit tvar spoje. Vnější plochy zachovávané části se neupravují, vnitřní plochy plátů budou zkosené, případně je možno zkosením ploch nového profilu vytvořit přechod z točivého prvku do nastavené části.

Při nastavování silně namáhaných nosníků, kdy je nutný velký počet spojovacích prvků, je možno počet svorníků omezit jen na ty, které jsou nutné pro sepnutí spoje, a únosnost zajistit *ocelovými kolíky*.

Délku spoje je možno zkrátit vložení *ocelového plátu* (desky o tloušťce řádově 10 mm, která zajistí přenesení ohybového momentu z jedné části trámu do druhé) do drážek vyříznutých v ose spojovaných částí trámů. Toto řešení vyžaduje velkou přesnost, výhodně se může uplatnit při opravě zlomených trámů.

U konstrukcí, které se pohledově uplatňují, je vhodnou metodou nastavení trámů využití *celodřevěných spojů* (ad f). Spoj namáhaný ohybem však u této metody vychází delší, než spoj svorníkový.



Obr. 142: Uložení vazných trámů po odkrytí: narušené zdivo, degradovaná pozednice, napadení dřeva, zazděné dřevěné prvky, nestabilní římsa, Zákupy.

DŘEVĚNÉ KROVY

Stavebně statický průzkum

Standardní *stavebně statický průzkum* konstrukce krovu musí zjistit a dokumentovat **všechny** tyto skutečnosti:

- konstrukční systém krovu a jeho parametry, funkce a dimenze všech prvků, typy a vzdálenosti plných i jalových vazeb, příčné a podélné ztužení, spoje,
- způsob uložení krovu (na pozednice ležící na zdivu, částečné zazdění pozednic nebo vazných trámů); uložení krovu a konstrukce římsy se musí zakreslit podle skutečnosti,
- způsob zachycení vodorovné reakce krovu (vazné trámy, spojení se stropem nebo se zdivem, táhla),
- odstraněné prvky, druhotně užitě prvky, prvky staršího krovu (i zazděné), opravy (rozlišit opravy kvalitní, nevyhovující a provizorní),
- vztah a spolupůsobení krovu s ostatními nosnými konstrukcemi (zdivo, římsy, stropy, klenby, táhla, štíty, atiky),
- deformace a poruchy krovu, spoju i jednotlivých prvků a souvisejících konstrukcí (zdivo, stropy),
- dřevo krovu (druh, způsob opracování, kvalita, vady, tesařské značky, nápisy, ochranné nátěry apod.),
- stav dřeva (druh napadení a jeho rozsah, stupeň narušení jednotlivých prvků, nefunkční prvky),
- příčiny napadení (zazdění, zatékání),
- druh, konstrukci a stav krytiny a oplechování,
- konstrukci a stav střešních prvků (vikýře, střešní okna, vylézáky, hrotnice, korouhve, hromosvod, antény apod.),
- zdivo v podkroví a jeho stav (nadezdívky, štíty, atiky, požární zdi, světlíky, komíny),
- podlahy, podhledy, vestavby a další doplňkové konstrukce a prvky v podkroví a jejich stav,
- charakter využití podkroví.

Pokud je krov narušen, pokud dojde k zásahu do konstrukcí nebo ke změně zatížení, musí být krov posouzen *statickým výpočtem*.

Na základě průzkumu a statického výpočtu se posoudí konstrukční systém a kvalita provedení stávajícího krovu, zjistí se konstrukční vady, určí se *příčiny poruch* a navrhne se *koncepce opravy*.

Při statickém průzkumu by měl být využit průzkum stavebně historický, který poskytne údaje o přestavbách, opravách, požárech apod., datování stavebních úprav krovu upřesní analýza konstrukčního systému, dendrochronologie, tesařské značky, úprava povrchu dřeva, nápisy tesařů a pokrývačů.

Statický výpočet krovu

Dřevěné krovky se posuzují jako prutové soustavy, ve spojích se obvykle uvažují klouby. Posuzuje se únosnost a tuhost konstrukcí krovu, únosnost jednotlivých prvků a spoju, tuhost konstrukce krovu jako celku, spolupůsobící konstrukce a uložení krovu (zejména zatížení a stabilita římsy).

Při posuzování krovu je velmi účelné využít matematický model, na jehož deformacích se názorně projeví nedostatečná tuhost krovu a poddimenzované prvky.

Možnosti zvýšení únosnosti nebo tuhosti konstrukce krovu:

- a) zesílení prvku (výměna za větší profil, příložky),
- b) zmenšení rozpětí nebo zatěžovací šířky (doplnění plných vazeb, přidání vazeb),
- c) doplnění prvků do stávající konstrukce (horní hambalky, další vaznice a sloupky, zdvojení pásků vaznice),
- d) doplnění konstrukčního systému (vlození dalších plných vazeb, vložení vzpěr do plných vazeb),
- e) změna konstrukčního systému (nová konstrukce plných vazeb, zřízení vzpěradla).

Ad a) Nahrazení celého prvku novým se uplatní u ojedinělého prvku. Využití přílozek nedoporučujeme tam, kde je riziko napadení houbou – ve styčné ploše starého a nového dřeva je vyšší vlhkost.

Možnosti b), c) se uplatní v případech, kdy nedostatečnou dimenzi mají jen některé prvky (krokev, její část, nebo vaznice).

Priority řešení:

1. minimální zásah,
2. zachování původního konstrukčního systému,
3. maximální zachování stávajících prvků,
4. autentické (= vzhledem i provedením blízké původnímu) řešení,
5. oprava bez rozebírání krovu (krov by se měl rozebírat jen ve výjimečných a zdůvodněných případech).

Matematický model krovu umožní rychle ověřit, která z možností bude optimální. U valbových střech, krovů na nepravidelných půdorysech, krovů navazujících křídel objektu apod. je často nezbytné zpracovat třídídimenzionální model.

Závady krovů a jejich opravy

Při opravě krovů památkových objektů má vždy přednost oprava pod stávající nebo provizorní krytinou (**bez úplného rozebrání konstrukce**).

V projektu musí být **vždy** zdůrazněn požadavek na **zakrytí střechy** po dobu opravy a na kontrolu a údržbu zakrytí v době, kdy se nepracuje. Při opravě krovů je obvykle nutný zásah do uložení krovu, stropu a římsy. To vyžaduje zabezpečení stability římsy a dobrý přístup k římsě zvenku a k uložení krovu zevnitř. Osvědčeným a bezpečným způsobem opravy je postavení vnějšího lešení, na které se podepře římsa a na které se uloží provizorní pultová střecha, která je opřena o opravovaný krov. Výška provizorního zastřešení nad římsou se volí taková, aby umožnila pohodlný přístup k uložení a pohyb pracovníků mezi vnějším lešením a krovem. Při opravě uložení může být původní krytina horní části krovu zachována.



Obr. 143: Provizorní zastřešení celé stauby, kaple sv. Václava, Praha-Suchdol; kostel sv. Michala, Praha-Petřín.

V případě, že je rozebrání krovu nezbytné, je u památkově chráněného objektu nutné uvažovat o zřízení **provizorního zastřešení** (obr. 143).

Konstrukční systém by měl být opraven nebo doplněn tak, aby byla spolehlivě zachycena vodorovná reakce krovu **bez spolupůsobení se zdívm**. Reakce šikmých nosníků krovu namáhá zdivo velmi nepříznivě, při extrémním zatížení větrem jde o zatížení dynamické. U památkových objektů je proto zřizování železobetonových věnců kotvených do zdiva kvůli zachycení reakcí krovu **nevhodné**. Nutnost kotvení pozednic krovu do zdiva je třeba prokázat statickým výpočtem (například u krovů věží).

Možnosti a metody opravy krovů jsou uvedeny v [190].

Konstrukční závady

V uložení krovu jsou *vodorovné reakce* od zatížení větrem, ale mohou vzniknout i od svislého zatížení.

Krov by měl mít takový konstrukční systém, aby nepůsobil na spodní stavbu (na zdivo) vodorovnou silou. Tato zásada není dodržena u jednoduchých staveb bez vazných trámů nebo u krovů bez vazných trámů v uložení zazděných (archaický typ krovů, který se u nás nevyskytuje).

Konstrukční vady bývají v krovech našich staveb, zejména kostelů, které vazné trámy mají, přesto však vodorovná síla od krovu není vždy konstrukcí krovu zachycena, například:

- ve valbách,
- v nárožních a úžlabních vazbách,
- u krovů, které mají vazné trámy níže, než je vrchol klenby,
- u krovů, které nemají výměny krácat,
- u nevhodných spojů krácat s výměnou (běžný spoj na čep zajištěný kolíkem není schopen přenášet tah).

Tyto konstrukční závady je možno opravit pouze *doplněním konstrukce krovu*, například přidáním vazných trámů, přidáním výměn krácat, ztužením spojů ocelovými třmeny, vložením diagonál, vytvořením vodorovných příhradových nosníků v úrovni vazných trámů apod. Konceptně **nevhodné** je zajišťovat zachycení vodorovné síly od krovu pomocí táhel nebo věnců ve zděné části stavby. U složitějších krovů se vyplatí vypracování prostorového matematického modelu, který umožní vkládáním doplňkových prvků nalézt šetrné řešení.



Obr. 144: Dodatečně podepřený krov s ležatou stolicí, zámek Nové Dvory:

a – stav před opravou: střední vaznice podepřena sloupky na strop, neúplné vazné trámy, příčná ocelová táhla;

b – stav po opravě: střední vaznice podepřena příhradovým vazníkem uloženým na obnovené vazné trámy plných vazeb, využity stávající prvky, příčná táhla byla odstraněna.

Častou konstrukční závadou bývá nedostatečná **únosnost ležaté stolice**. S tím se setkáváme u pozdního typu stolice z 19. století, který míval příliš malý sklon a byl vylehčován (někdy až příliš). Tyto krovy byly opravovány už v minulosti, nejčastěji podepřením ležaté stolice na dodatečnou podélnou vaznici na svislých sloupcích nebo podepřením vzpěr sloupky. V těchto případech je nutné statickým výpočtem zjistit, jaká je únosnost původní konstrukce a zda je dodatečná oprava účinná (*obr. 144*).

Nedostatečné dimenze prvků

Nedostatečnou únosnost mají krovy, které byly navrženy na *lehkou krytinu* (šindel), ale dnes mají krytinu střední (bobrovky) nebo těžkou (prejzy). U ležatých stolic měly krovy stavěné pro lehkou krytinu větší rozteče vazeb (až 1,5 m), mezi plnými vazbami bylo 4–5 polí, podélné ztužení bylo jednodušší, vzpěry ležatých stolic měly menší sklon. V těchto případech je nutné posoudit krov na různé typy krytiny, stavebně historický průzkum by měl zjistit, čím byla střecha kryta v minulosti. Na základě těchto zjištění se pak rozhodne o volbě krytiny. Konstrukční systém krovn byl v takových případech někdy doplněn dalšími prvky – je proto třeba posuzovat i konstrukční systém doplněný.

S volbou krytiny úzce souvisí i posuzování dimenzí jednotlivých prvků. Při posuzování krovn většinou vyhovují prvky tlačené (sloupky, vzpěry, rozpěry), poddimenzované bývají prvky ohýbané (krokve, vaznice, vazné trámy). Pokud se tento problém nevyřeší změnou krytiny, je možno prvky zesílit, zvětšit jejich počet (zmenšit zatěžovací plochu), podepřít je na více místech. Rozhodující je, zda nevyhoví pouze jeden prvek, více prvků nebo celý konstrukční systém. Změna konstrukčního systému podložená statickým výpočtem (viz dále) může být efektivnější než zesilování prvků.

Příklady

Nevyhovují *krokve*:

- nahradí se větším profilem,
- mezi stávající krokve se vloží krokv další, počet krokví se zdvojnásobí – vznikne většinou předdimenzovaný systém, výhodou však je možnost opravy bez rozebírání krytiny,
- změni se rozteče a přidá se několik krokví (krokve se při realizaci postupně rozebírají a doplňují),
- přidá se hambalek, který zmenší rozpětí krokví,
- přidá se vaznice, která zmenší rozpětí krokví (účelné v případě, že nevyhovují také vaznice),
- zesílí se příložkou (zespodu nebo zbokou) – tímto způsobem je možno zesílit jednotlivé krokve, zesilování většího počtu krokví není efektivní.

Nevyhovují *vaznice*:

- zesílí se příložkou boční (postačí svorníky spínací) nebo příloženou shora či zespodu (příložky mohou být jen v místech největšího momentu – mezi pásky, je však nutné, aby svorníky zachytily smykovou sílu),
- vaznice se podepře pásky, sedly, zdvojenými pásky, kombinací sedla a pásků (zmenší se její rozpětí),
- vaznice se podepře vzpěrami nebo dalším sloupkem (zatíží se další prvky krovu),
- přidá se další vaznice (zmenší se zatěžovací plocha, účelné v případě, že nevyhovují také krokve),
- nahradí se větším profilem.

Nevyhovují *vazné trámy*:

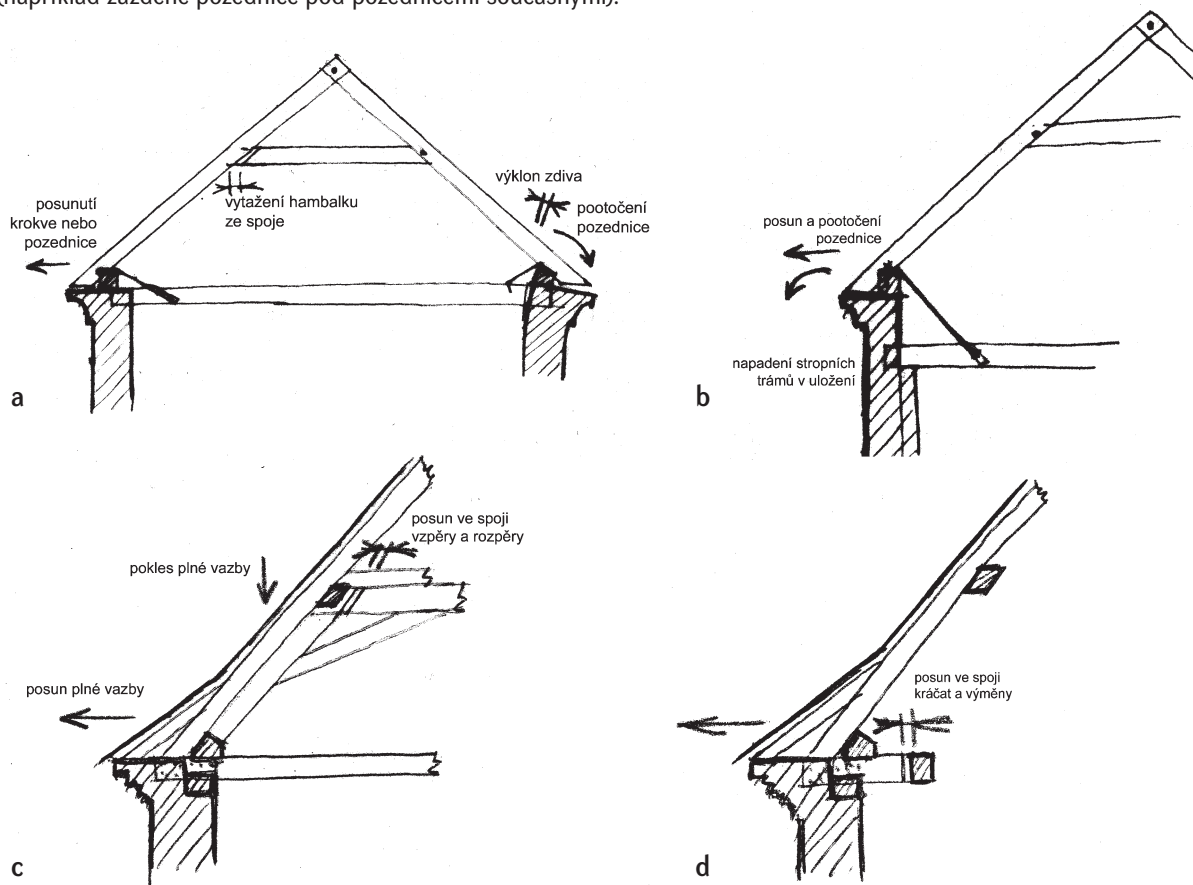
- zesílí se příložkami bočními nebo příloženými shora či zespodu; u příložek bočních postačí pouze spínací svorníky, spolupůsobení horních či dolních příložek musí zajistit poměrně velký počet svorníků; příložky mohou být dřevěné i ocelové (vhodnost použití ocelových příložek se posuzuje podle kritérií uvedených v kapitole → **III. / Dřevěné konstrukce / Ochrana proti napadení**,
- nahradí se větším profilem,
- podepřou se na zdivo, na vložený průvlak, zavěsí se na věšadlo apod.,
- přidá se další vazný trám (zmenší se zatěžovací plocha),

- vaznice se podepřou vzpěrami nebo novým sloupkem na mezilehlý vazný trám (zmenší se zatížení vazného trámu plné vazby),
- vloží se šikmé vzpěry a rozpěry, které přenesou zatížení od sloupků blíže k podporám (sníží se účinek zatížení),
- poddimenzované vazné trámy je možné posílit začleněním do vzpěradla nebo věšadla.

Někdy je možno dřevěné prvky (vaznice, vazné trámy) zesílit vzpinadlem, tj. předepnutím ocelovým táhlem, které převezme tahy a opře se o zesilovaný prvek pomocí ocelových botek. Na tomto principu byly založeny úsporné krovy na velká rozpětí. Musí být zajištěna možnost dopínání táhla.

Uložení krovu

Téměř u všech historických staveb se vyskytují poruchy a závady v uložení krovu. V uložení musí být zachyceny vodorovné reakce od větru a svislá reakce vazeb musí být přenesena do zdiva. U starších staveb měl krov i funkci *ztužení staoby*, kterou zajišťovalo zazdění zhlaví nebo spojení konstrukce krovu s táhly a závlačemi kotvenými do zdiva. Někdy bývá konstrukčně spojen krov, klenba, systém táhel a zdivo. Zazdění uložení krovu často zajišťovalo i *stabilitu hlavní římsy*. S krovem bývají konstrukčně spojeny i dřevěné klenby. U starších krovů (do 16. století) bývají vazné trámy krovu současně i *stropními trámy*. U staveb středověkého založení (zejména u kostelů) musíme počítat s tím, že zůstaly zachovány prvky starších konstrukcí (například zazdění pozednice pod pozednicemi současnými).



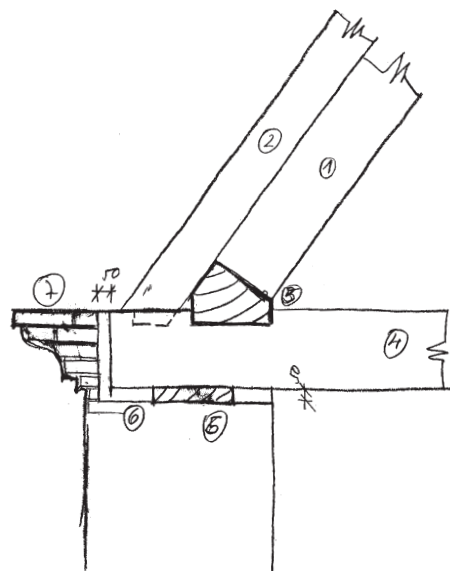
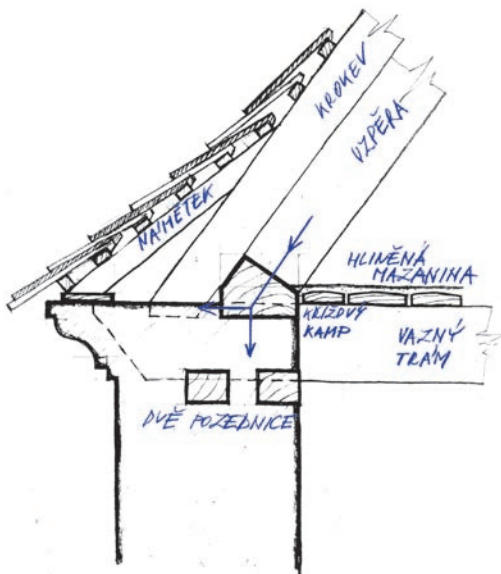
Obr. 145: Uložení krovu: a – krokve uložené na pozednicích nad vaznými trámy; b – pozednice na půdní nadezdívce; c – vazné trámy na zazděných pozednicích – narušení zhlaví; d – vazné trámy na zazděných pozednicích – posun krokví o jalových vazbách.

Existuje několik typů uložení krovů, u kterých jsou uvedené funkce nosných konstrukcí různým způsobem řešeny (obr. 145). Velký problém představují zazděné dřevěné prvky, které jsou zpravidla napadené (obr. 146 a, b).

V těchto případech je nutné kromě naplnění všech funkcí uložení zajistit ještě **konstrukční ochranu dřeva** (vzduchovou mezerou kolem zhlaví). Bývá nutný zásah do konstrukčního systému – změna detailu uložení by však měla být co nejmenší. Problémem bývá zajistit stabilitu hlavní římsy současně s vytvořením kapes pro trámy. V některých případech je možno uplatnit zdivo armované nerezovou šroubovicovou výztuží,¹⁰⁾ které je vhodnější než železobetonové desky a věnce (obr. 146 c).

Volba způsobu uložení krovu **není jednoznačná**, každé řešení znamená zásah do autentické konstrukce, proto je nutné v konkrétním případě stanovit, jaká koncepce bude mít prioritu → IV. / Posuzování a návrh opravy / Priority:

- minimální změna konstrukčního systému,
- omezené užití oceli,
- půdní vestavba,
- vyloučení využití podkroví apod.



Obr. 146: Uložení ležaté stolice:

a – klasické uložení;

b – stav uložení po odkrytí, Červené Poříčí;

c – doporučené řešení: 1 – vzpěra, 2 – krokev, 3 – pětiboká vaznice, 4 – vazný trám, 5 – uložení na fošnu, 6 – kapsa ve zdivu, 7 – zdivo římsy.

10) Například Statical, Helifix

Některé možnosti, které přicházejí v úvahu [190]:

- Vazné trámy uložit ve vyšší poloze na nezazděnou pozednici. Uložení dřeva vyhovuje, stabilita římsy je zajištěna, ztužení stavby se zajistí kámpováním vazných trámů na pozednice a kotvením pozednic do zdiva. Změní se konstrukce krovu. Toto řešení je možno uplatnit tam, kde je spodní část krovu napadena, při posunutí trámů výše se spoje dostanou do zdravého dřeva krokve a vzpěr, nemusí se tolik nastavovat. V drážce ve zdivu po vyhnílé pozednici je možno zřídit železobetonový věnec, do kterého se kotví nová pozednice – toto řešení má význam pouze tehdy, je-li podélné a příčné ztužení stavby nutné. Pokud ztužení není nutné, je možno drážku zazdit. Nová pozednice může být nižší, vhodná je dubová fošna.
- Dřevěné vazné trámy nahradit ocelovými zazděnými do původních kapes, které zajistí ztužení objektu i stabilitu římsy. Vzpěry a krokve je možno uložit na spodní vaznice (změna konstrukčního systému) nebo do bačkor na ocelových vazných trámech (podříznutí krovu). Toto řešení je vhodné tam, kde je krov značně narušen a kde dojde ke zvýšení zatížení (užitné podkroví).
- Vazné trámy odříznout u zdi, do kapes vložit ocelové příložky. Nedojde ke změně konstrukčního systému, pouze k dílčí změně materiálu. Toto řešení se nepokládá za vhodné ani u jednotlivých narušených zhlaví, zcela nevhodné tam, kde je nastavení vidět.
- Ponechání vazných trámů na původním místě, odstranění pozednic, vytvoření kapes ve zdivu, ve kterých je kolem zhlaví trámu vzduchová mezera, trámy se uloží na dubové podložky, stabilita římsy se zajistí nabetonovanou deskou, případně s výztuží kotvenou do věnce na vnitřní straně půdního zdiva. Drážku po pozednici je možno zazdit, případně zde vytvořit železobetonový věnec, do kterého se budou kotvit vazné trámy. Vhodnější než železobetonové věnce a desky je cihelné zdivo s nerezovou výztuží (*obr 146 c*).

Vazné trámy, které leží na zdi, je vhodné ukládat na dubové podkladky. Při každém zásahu do uložení krovu je nutno počítat s tím, že krov zajišťuje stabilitu římsy, proto musí být při stavbě **římsa podeprvena** na lešení.

Napadení dřeva krovu → III./Ochrana dřeva proti napadení

V minulosti bylo napadené dřevo vyměňováno spíše výjimečně, obvykle byla funkce narušených prvků nahrazena příložkami, vzpěrami, sloupky, prvek byl vyvěšen nebo podeprven. S tímto přístupem se můžeme setkat i dnes v případech, kdy se provádí výměna krytiny bez předchozího průzkumu krovu a návrhu jeho opravy, „opravu“ provádějí pokrývači, kteří zajistí pouze podklad pro krytinu. Součástí opravy střechy (pokud nejde o opravu provizorní) musí být kromě opravy krytiny a klempířských prvků **vždy** i kvalifikovaná oprava krovu (někdy i stropu pod půdou) a ošetření dřeva.

Problémy s napadením dřeva v uložení jsou zejména v úžlabních a nárožních vazbách (u kostelů ve styku lodi a presbytáře), kde jsou obvykle i konstrukční závady v zachycení vodorovných sil. V těchto místech byly krovy opravovány opakovaně, většinou provizorním způsobem. Při opravě je obvykle nutné odstranit dodatečné prvky, obnovit původní konstrukce a doplnit prvky nutné pro odstranění konstrukčních závad (zachycení vodorovných reakcí).

Napadení *hnilobou* se vyskytuje zejména v uložení nebo v místech, kam zatéká narušenou krytinou, oplechováním, pod střešními okny, ve hřebeni střechy. Napadení hmyzem, zejména tesaříkem, se soustřeďuje v místech, kde jsou pro jeho život vhodné podmínky, například pod hliněnými mazaninami podlah a v osluněném dřevě (u vikýřů a střešních oken). Silně bývají napadeny prvky dodatečných oprav, pro které se často používalo podřadné dřevo. U věží a sanktusníků kostelů se napadení broukem soustřeďuje v okolí lucerny.

Prvky napadené hnilobou se většinou odstraňují kvůli nebezpečí recidivy.

U napadení *hmyzem* je třeba rozlišovat stupeň narušení. U napadení tesaříkem jsou požerem poškozeny někdy jen povrchové vrstvy. Pokud je průřez nenarušeného dřeva dostatečný pro to, aby prvek plnil svou funkci a pokud není povrch destruován natolik, že je narušena funkce spojů, je možno prvek ve stavbě ponechat. V některých případech není nutné měnit celý prvek, je možno jej opravit vložkou, někdy je účinné zpevnění dřeva pryskyřicí.

U poškození dřeva hmyzem je nutno rozlišovat i stáří napadení. Pokud jde o napadení staré a pokud je v krovu nenapadené dřevo mladší, není třeba mít obavy z rozšíření starého napadení.

Chemické prostředky proti škůdcům je třeba uplatnit jako preventivní ochranu u nového dřeva, jejich účinnost pro likvidaci napadení je však omezená. Ošetření dřeva naléváním prostředků do vyvrtaných otvorů je **neúčinné**.

Napadené prvky by měly být nahrazovány stejnými profily, je třeba zachovat a obnovit původní tesařské spoje, nové spoje musí vyhovovat z hlediska únosnosti i deformace.

Starší opravy

Dodatečné opravy, které změnilý původní konstrukční systém, byly často dobře koncipované a někdy i dobře provedené. V těchto případech jsou **součástí památkové podstaty** stavby a je nutno je zachovat. Časté jsou případy, kdy dodatečná oprava je sice účinná, má však provizorní charakter – byla provedena ze dřeva nekvalitního, často druhotně užitého. V těchto případech je nutno zvažovat, které části konstrukce vyměnit a které ponechat.

Dodatečné prvky se do konstrukce přidávaly i v případech, kdy částečně ztratila únosnost v důsledku narušení dřeva, zejména v uložení. V těchto případech se původní konstrukce obvykle obnoví.

Při korekci starších oprav se doporučuje následující postup:

- posouzení původní konstrukce,
- pokud vyhoví, odstranit dodatečné prvky a vyměnit narušené prvky původní konstrukce,
- pokud nevyhoví, posoudit konstrukci s dodatečnými prvky,
- pokud vyhoví, opravit původní i dodatečnou konstrukci,
- pokud nevyhoví, opravit konstrukci původní, odstranit dodatečné prvky a původní konstrukci zesílit jiným způsobem

Odstranění prvků

U krovů, které nejsou památkově chráněné, se obvykle odstraňují prvky provizorních oprav, jejichž účelem bylo nahradit funkci prvků narušených. U oprav, které odstraňovaly konstrukční závady nebo krov zesilovaly, je nutno efektivnost starší opravy posoudit, v případech, kdy není možno opravu provést lépe, nebo když má oprava památkovou hodnotu, je vhodné ji ponechat.

Zesílení a oprava spojů

Zesílení spojů je nutné tam, kde původní spoje nebyly správně provedené nebo dimenzované, nebo při přetížení krovu. Obvykle nevyhovují spoje vzpěr a krokví s vaznými trámy tam, kde je přenášena velká vodorovná síla. Vodorovné síly často nejsou zachyceny ve styku krokví s pozednicemi nebo krácat s výměnami. V minulosti se spoje zesilovaly nejčastěji kramlemi, třmeny se svorníky nebo klíny, narušené spoje se opravovaly přibitými příložkami.

Pro spoje krokví a vzpěr s pozednicemi a vaznými trámy je ve většině případů vyhovujícím řešením zesílení spoje ocelovými pásky, případně v kombinaci se svorníky. Pro spojení krácat a výměn se nejčastěji užívají svorníky a svorníkové třmeny.

Při narušení spojů hnilobou může být vložení bačkory (například v uložení vzpěr do vazných trámů) účelnější než nastavování prvků. Při omezeném napadení je možno spoj opravit vložním plátem, který nahradí čep (vhodné jsou pláty z dubového dřeva).

Doplnění autentického konstrukčního systému

Chybějící prvky (které byly odstraněny při pozdějších zásazích) se u památkových krovů jinak dobře zachovaných obvykle doplní. Doplní se vždy, pokud je jejich funkce důležitá z hlediska statiky konstrukce. Žádoucí je provést chybějící prvek jako kopii prvků autentických. Ve většině případů bude nový prvek z řezaného dřeva, pouze u nejvýznamnějších konstrukcí nebo tam, kde bude krov prezentován, má význam doplňovaný prvek vyrobit ze dřeva tesaného (nebo ze dřeva starého).

Doplnění konstrukčního systému novými prvky je obvykle nezbytné tam, kde *prostorové ztužení* krovu není dostatečné nebo tam, kde jsou některé prvky (většinou vazné trámy) přetíženy. Nejčastěji se doplňují další vazné trámy, chybějící výměny krácat, diagonály ztužení, pásky, sloupky a vzpěry přetížených prvků.

Při doplňování *tažených proků* je účelné jejich připojení plátem na rybinu. Plát na rybinu se užíval u krovů do 16. století, u starších ležatých stolic a v některých regionech u venkovských staveb, proto jeho užití u novějších krovů může být z hlediska slohové čistoty problematické – v tomto případě je třeba rozhodnout mezi ztužením spoje **ocelovým prvkem** nebo uplatněním **archaického** plátu na rybinu.

Někdy je nutné vložit další vazbu, jindy krov nebo jeho část vynést vloženou konstrukcí. Nejvhodnějším typem konstrukce je *dřevěné vzpěradlo*, které nevyhovující konstrukci podepře nebo vynese pomocí závěsů. Konstruktivní systém krovů byl v minulosti zesilován (ležaté stolice) často právě tímto způsobem. Esteticky příznivě působí, když vzpěry vložené konstrukce zachovávají sklon prvků krovu (stolice, krokví, vzpěr).

Do krovu je možné vložit konstrukci dřevěnou nebo i *ocelovou* (prolamovaný nosník, příhradový nosník, ocelový rám).

Konstrukční řešení by mělo být zvoleno na základě stanovení **priorit**:

- minimalizace úprav původní konstrukce,
- přípustnost použití oceli,
- vzhled vložené konstrukce,
- montáž dodatečné konstrukce → III. / **Dřevěné konstrukce** / **Ochrana proti vlhkosti při realizaci stavby**.

Konstrukce by měla být navržena tak, aby nebylo nutné rozsáhlé rozkrývání střešní krytiny, někdy jsou proto nutné montážní spoje vkládaných konstrukcí

Změna konstrukčního systému

Úprava konstrukčního systému je nutná v případě, kdy má původní krov konstrukční závady. Příkladem je doplnění chybějícího vodorovného ztužení nebo změna uložení u krovů, které mají některé prvky zazděné. Zásadní změna je nutná v případě, že krov není dostatečně dimenzován. Dílčí změny konstrukčního systému jsou nutné tam, kde krov nemá dostatečné příčné ztu-



Obr. 147: Všechny krokve a hambalky, pozednice a detaily uložení (včetně pozoruhodných dodatečných proků a některých námětků) vznikly v 15. století. V 19. století byl krov podchycen stojatou stolicí. Díky iniciativnímu přístupu projektanta a staoby mohly být pozednice zachovány na místě – to umožnilo zachovat významnou část historické konstrukce bez rozebírání. Stojatá stolice byla nahrazena novými plnými vazbami a novými vaznicemi, na které byly uloženy krokve starého krovu, které nesou jenom svoji vlastní tíhu. Střešní krytinu včetně izolací nesou nové krokve osazené na nové vaznice. Oprava krovu byla nominována na cenu Patrimonium pro futuro 2021. Český Krumlov.

žení, například ve valbách nebo u krovů, do kterých proniká klenba. Změna konstrukčního systému je někdy účelná u krovů, které jsou silně narušené. Zásahy do konstrukčního systému nebo jeho změnu často vyvolá změna využití podkroví.

V běžných případech postačí ponechání původní konstrukce ve funkci a její doplnění dalšími prvky. Případy, kdy nosnou funkci původní konstrukce v celém rozsahu převezme konstrukce vložená, jsou méně časté, omezí se zpravidla na památkově chráněné krovky, které jsou natolik narušené, že nosnou funkci již nemohou plnit (*obr. 147*).

Přednost by mělo mít řešení vycházející z konstrukce krovu, to znamená užití dřeva a užití prvků a spojů, které jsou v původním krovu – nezbytné je to v případech, kdy konstrukce krovu zůstane viditelná. Dřevo většinou dobře vyhoví u prvků namáhaných převážně tlakem, užití oceli může být efektivní u prvků ohýbaných a tažených, kde by dřevo vyžadovalo příliš velké profily. Užití oceli se může omezit na nosníky stropů a vazné trámy, na zesílení spojů a případně vložení táhel. Téměř vždy je však možno krov zesílit vložением dřevěné konstrukce.

Doplnění vodorovného ztužení

Prosté *hambalkové krovky* většinou nejsou ztuženy v podélném směru, ve směru příčném mají vyhovující tuhost, pokud jsou vazné trámy v každé vazbě. Podélné ztužení je možno zajistit například tužší konstrukcí bednění (například šikmo kladená prkna) nebo vložением diagonál do roviny krovků.

Hambalkové krovky s podélnými stolicemi mají většinou velkou prostorovou tuhost – pokud není jejich původní konstrukce narušena. K tomu došlo například tam, kde byly kvůli dodatečnému zaklenutí odstraněny vazné trámy.

Ležaté stolice mají prostorové ztužení dobře vyřešeno v pravidelných vazbách, nedostatečné vodorovné ztužení valeb a krovů, do kterých proniká klenba, však patří k typickým konstrukčním závadám.

Vodorovné ztužení krovu je obvykle nedostatečné u *polovičních ležatých stolic* v nárožích, úžlabích a ve valbách. Zde je téměř vždy nezbytné zesílit spoje kráčat s výměnami pomocí třmenů, vodorovnou sílu je možno přenést do vazných trámů vložением dalších prvků, případně vytvořením ležatého příhradového nosníku v úrovni vazných trámů.

U krovů, do kterých proniká *klenba*, bývá vzdálenost plných vazeb větší, než je obvyklé. Spoje v patě plné vazby (obvykle jde o ležatou stolic) nejsou dimenzovány na větší sílu, dochází k jejich porušení a k deformaci stolice. Výměny, které vynášejí mezilehlé vazby, jsou dlouhé, jsou ohýbány ve vodorovném směru, jejich spoje s kráčaty jsou uvolněné. Deformace krovu mohou způsobit výklon zdiva – povolení podpor vyvolá vznik trhlin v klenbě. Při deformacích krovu dojde k poruchám krytiny, zatékání a hniloba ve zhlaví krovu celkový stav ještě zhorší.

Pokud byla *vzdálenost mezi plnými vazbami* příliš velká, bývaly u krovů s kráčaty vkládány kvůli příčnému ztužení vazné trámy i do sousedních jalových vazeb.

Pokud není možnost vložit do krovu pro posílení příčného ztužení další vazné trámy (například u kleneb přesahujících úroveň vazných trámů), bývají vazby zesíleny *kleštinami* (často dodatečnými). Podobně i ležaté stolice nad klenbou, které nemají vazný trám, byly obvykle dodatečně ztuženy masivními kleštinami, někdy uloženými šikmo (ne vodorovně).

Obdobné závady mají i celkově *poddimenzované ležaté stolice*. Dochází k tomu u krovů s menším sklonem vzpěr nebo velkou vzdáleností krovků a plných vazeb, které byly navrženy na lehkou krytinu a jsou dnes přetíženy, případně u příliš odvážně vylehčených ležatých stolic z počátku 19. století odvozených z Ránkových krovů.

V minulosti se tyto závady opravovaly ztužením spodního rohu stolice pásky, kleštinami, obedněním spodního rohu prkny, vložением sloupku pod vzpěru stolice, nebo podepřením střední vaznice sloupky stojícími na vazných trámech nebo na podélném prahu ležícím na vazných trámech (někdy položeném na podlahu půdy), stažením krovu dodatečnými kleštinami. Tato opatření jsou účinným provizorním řešením, definitivní oprava se však neobejde bez posílení konstrukce, nezbytná je ovšem výměna narušeného dřeva.

Je třeba posoudit a zesílit všechny spoje – obvykle spojením kráčat s výměnami a krokvy pomocí ocelových pásků, případně zesílením spojů kráčat a výměn pomocí ocelových třmenů.

Pokud statický výpočet prokáže, že vzpěra je poddimenzována, je obvykle vhodné ponechat dodatečný patní sloupek nebo dodatečnou podélnou stolic, případně krov podobným způsobem zesílit. Patní sloupek je možné uvažovat ve výpočtu ležaté stolice. Dodatečná podélná stolice zatěžuje vazné trámy, pokud vazné trámy na plné zatížení od střední vaznice nevyhoví, je třeba posoudit spolupůsobení příčné ležaté stolice a podélné stolice stojaté na 3D modelu.

Příliš dlouhé *újměny* kráčet namáhané ohybem od vodorovné síly je možno posílit vložení vodorovných diagonál přes rohy mezi vaznými trámy a výměnami, které zkrátí jejich rozpětí a zvýší vodorovnou tuhost krovu. I zde jsou vhodné styky s plátem na rybinu.

Přidáním dalšího trámu rovnoběžného s výměnou a jejich vzájemným spojením diagonálami je možno vytvořit ležatý příhradový nosník, který spolehlivě přenesse vodorovnou sílu do plných vazeb.

Obdobně je možno zachytit vodorovnou sílu od kráčet ve valbě, která jsou obvykle uložena do nejbližšího vazného trámu, vodorovným příhradovým nosníkem vytvořených ze dvou nebo tří vazných trámů a diagonál.

Pokud má krov *kráčata bez újměň*, je většinou nutné výměny doplnit. Některé krovy s kráčaty bez výměň byly takto postaveny, jinde byly vazné trámy odřezány kvůli zaklenuť, případně i z jiných důvodů. U nových výměň doporučujeme ve styku s kráčaty plát na rybinu zajištěný kolíkem. Tento spoj sice není u tohoto prvku tradiční, je však spolehlivý, pro zajištění tradičního středního čepu s kolíkem (obvykle dodatečně jištěného kramlí) by byl nutný ocelový třmen. Doplnění výměň kráčet u krovu, který jinak nemá závady, nedoporučujeme – krovy s kráčaty bez výměň jsou zřejmě *regionální zoláštností* (setkáváme se s nimi například na Moravě), která by měla být zachována.

Nedostatečné vodorovné ztužení mívají někdy stojaté stolice, zejména stojaté stolice pultových střech. Ztužení je obvykle možno doplnit vložení kleštin, případně kotvením pozednic k vazným trámům nebo ke stropním nosníkům. Některé změny konstrukčního systému krovu viz [190].

Nedostatečné příčné ztužení mají krovy s *půdní nadezdívkou*, na které je uložena pozednice, obvykle kotvená železnými pásy do stropních trámů. Tento způsob zachycení vodorovné reakce krovu je nutno považovat za **konstrukční závadu** (*obr. 145 b*), která se běžně vyskytuje u staveb rustikálních, kde je možno ji tolerovat. U staveb vysoké kategorie by však měla být samozřejmá zásada, že každá konstrukce a každá dílčí část stavby by měla být **tuhá** – to znamená, že by neměla přenášet vodorovnou reakci způsobenou trvalým zatížením na konstrukce jiné:

- vodorovnou reakci krovu od stálého zatížení by měl zachytit vazný trám,
- do zdiva by se měla přenášet vodorovná reakce pouze od klimatického zatížení (větru),
- na zatížení větrem je třeba posoudit spáru mezi pozednicí a zdívem – pokud vyhoví, není třeba pozednici kotvit,
- pokud je pozednice, která přenáší velkou vodorovnou sílu od krovu, kotvena do zdiva (věnce), může docházet k nadměrnému namáhání a deformacím zdiva.

Tento princip je třeba uplatňovat při změnách konstrukčního systému historických staveb i při návrhu staveb nových. V současné době projektanti nových staveb (ale někdy i u oprav staveb historických) často spoléhají na to, že vodorovnou sílu od krovu zachytí železobetonový věnec, do kterého je pozednice kotvena. Věnec může vodorovnou sílu zachytit tehdy, pokud je vyztužen jako nosník namáhaný vodorovným zatížením, a pokud je uzavřený a jeho příčná ramena mohou zachytit celkovou reakci. Věnec pod krovem však obvykle nemá velkou hmotnost a tření ve spáře se zdívem je malé. → III. **Dřevěné konstrukce/Obytné podkroví**

OBYTNÉ PODKROVÍ V HISTORICKÝCH OBJEKTECH [19, 51]

Podkroví bylo využíváno pro bydlení od nejstarších dob, někdy byly podkrovní místnosti součástí původního záměru, jindy se podkroví zřizovalo dodatečně. Při navrhování obytného podkroví v historických domech se setkáváme s problémy památkovými, technickými i architektonickými. K **technickým problémům** patří především sanace napadeného dřeva, řešení nosných konstrukcí, tepelných izolací a osvětlení podkrovních prostorů. Většina uvedených poznatků a doporučení platí i pro domy z 19. a 20. století, kde se v současné době obytná podkroví zřizují velmi často.

Napadením je nejvíce ohroženo zazděné dřevo, kromě zhlaví stropních a vazných trámů bývají zazděné i **pozednice**. Ne vždy si projektanti uvědomují, že u staveb, kde jsou krokve čepovány do vazných trámů nebo kráčet, byly pozednice **pod** vaznými trámy, v mnoha případech jsou pozednice ze všech stran obezděné. U velkých staveb nejsou zvláštností **dvě pozednice** položené vedle sebe (*obr. 146*), v mnoha případech zůstala ve zdívu zazděná **pozednice staršího krovu**, která

může být zdrojem nákazy dřevomorkou. S pozednicemi zazděnými do štítů a atik se setkáme často u barokních staveb, ale často i u důkladně postavených a navenek honosných domů z druhé poloviny 19. století.

Při navrhování obytného podkroví je nutno posuzovat i *vazné trámy*. Vazné trámy obvykle nesou sloupky nebo šikmé vzpěry konstrukce krovu, kromě toho zajišťují příčnou tuhost krovu – zachycují vodorovnou sílu od šikmých prvků (krokví, vzpěr). Vazné trámy osazené nad podlahou půdy někdy v navrhované dispozici podkroví překázejí, mají-li být odstraněny, je nutné spolehlivě nahradit **všechny** jejich funkce.

Nedostatečnou únosnost stropních a vazných trámů je v mnoha případech možno řešit vložením dodatečné konstrukce, která zesílí, vynese nebo nahradí *strop nad posledním patrem*, vynese sloupky krovu a zajistí zachycení vodorovné síly. Nejeftektivněji obvykle vycházejí ocelové nosníky. Toto řešení je výhodné v případě, kdy je patro pod půdou užíváno a není žádoucí zasahovat do jeho konstrukcí. V každém případě je však nutno prověřit stav stropu posledního patra a odstranit jeho závady, zejména napadení dřeva, které by se mohlo po vybudování obytného podkroví nekontrolovaně rozšířit.

Pokud se osazují ocelové nosníky, které nesou *podlahu podkroví*, často se v poslední době na jejich horní příruby osazuje trapezový plech a zřizuje se betonová deska, která se u řady stavebníků i stavitelů těší větší důvěře než dřevěné konstrukce. Zejména v těchto případech je nutno posuzovat i přetížení zdiva, pozor na nosné příčky tloušťky 15 cm v domech z 19. století. Betonová deska a zejména plech jsou nepropustné pro vodní páru, mohou způsobit výrazné zvýšení vlhkosti ve dřevě stropních trámů a nekontrolovatelný růst dřevokazných hub. Zdrojem vlhkosti, kromě zatékání střechou a poruch instalací, může být i vlhký provoz v místnostech nižších pater. Vzhledem k nebezpečí napadení dřeva proto plechová nebo betonová deska **není vhodná** u konstrukcí z obou stran uzavřených, o jejím užití by bylo možno uvažovat snad jen v případě, že vnitřní prostor stropu je účinně odvětrán, a dřevo bezpečně zdravé. Obdobné výhrady platí pro zřizování hrubých podlah z dřevotřískových desek, které rovněž představují parotěsnou zábranu. V památkově chráněných objektech je plechová nebo betonová deska ve stropě pod půdou **nepřípustná**.

Preventivní účinek prostředků proti houbě je omezený, zvláště v případě, že dřevo je vlhké. Proto jsou ve stropěch vždy vhodnější konstrukce dřevěné bez parotěsných zábran. Vhodný může být například strop z fošen ukládaných do přírub ocelových nosníků, podhled, záklop a konstrukce podlahy mohou být z rostlého dřeva a izolace z minerálních vláken.

Dřevěné trámy je možno zesílit i příložkami, případně i dřevěnou *deskou z povalů* spráženou s trámem.

Prostorové možnosti vhodné pro obytné podkroví poskytují krovky s *půdními nadezdívkami*. Tyto krovky však mívají konstrukční závady, které si projektanti někdy neuvědomují. Pozednice uložené na nadezdívkách bývají kotveny šikmými železnými pásky ke stropním trámům, kotvení a jeho spoje jsou zpravidla poddimenzované. Konstrukce tvořená nadezdívkou, krokviemi, železnými pásky a vaznými trámy je tvarově neurčitá, proto dochází k vyklánění nadezdívky, pootáčení pozednic a jejich posouvání po nadezdívce. Tyto závady se projevují u většiny krovů této konstrukce, po přetížení pláštěm podkroví se mohou deformace ještě zvětšit a projevit se trhlinami v podhledu podkroví.

Krovky s půdní nadezdívkou byly obvyklé na venkově, kde se půdní patro využívalo jako seník. Dnes jsou tyto půdy s oblibou využívány pro obytná podkroví. Problémy s příčným ztužením krovu jsou uvedeny v kapitole → III. / **Dřevěné krovky** / **Doplnění vodorovného ztužení**. U obytných podkroví obvykle nelze příčné ztužení zajistit železobetonovým věncem. Spolehlivěji, než železnými pásky je možno vodorovnou sílu v pozednici zachytit kotvením kleštinami ke krovu, pokud je v příčném směru tuhý. Pokud není možno doplnit kleštiny, je nutné vodorovnou sílu od krokví zachytit a převést do zdiva tuhou, obvykle ocelovou konstrukcí. Ve většině případů **nelze počítat** s tím, že vodorovné ztužení zajistí kotvení krovu do železobetonového věnce, který je kotvený k půdní nadezdívce.

Jako nosná konstrukce stropu vestavěného podkroví se často užívají *kleštiny*, které však byly dimenzovány na tah. Jejich únosnost v ohybu je nutno vždy posuzovat, často se zapomíná počítat s užitným zatížením kleštin v prostoru nad stropem podkroví. Kleštiny je třeba posuzovat na kombinaci ohybu i tahu od zatížení vodorovnou silou. Pokud kleštiny nevyhovují, je nutné je nahradit větším profilem nebo případně podepřít další vaznicí nebo sloupkem. Kromě únosnosti průřezu je třeba také posoudit únosnost spojů. Kleštiny jsou obvykle spojeny jedním svorníkem se sloupkem nebo kroví, který většinou nevyhoví (nosný spoj s jedním svorníkem se nedoporučuje), proto je nutné spoj posílit (například ocelovým třmenem). Vhodnější je použít hambalky nebo kleštiny umístit nad vaznici a uložit je na její horní plochu.

V průběhu 19. století se často stavěly *krovky bez příčné vazby*, s vaznicemi uloženými na zdivu štítů a na příčných zdech v podkroví. Někdy se vaznice ukládaly do komínů nebo na konzoly vyložené z komínového zdiva. Vodorovná síla od krokví

byla zachycena pouze kotvením pozednice ke stropům pod půdou. U těchto krovů je nutno posuzovat všechny prvky, často nevyhovující dimenze vaznic a jejich uložení, kotvení pozednic je nedostatečné, proto je nutné dodatečnou konstrukcí zajistit příčnou tuhost krovu.

Jsou uvedeny problémy, které se vyskytují u některých typů konstrukcí. Největší potíže však působí nepravidelnosti konstrukce, které jsou téměř v každém krovu, a ve kterých bývají konstrukční závady. Závady vznikaly tehdy, když tesař, který dobře použil osvědčenou vazbu, si už nedokázal poradit s nepravidelnostmi tvaru střechy. Nepravidelnosti se vyskytují u střech na lichoběžném nebo mnohoúhelném půdorysu, u nároží, ve styku křídel budovy, ve styku střech různě vysokých, u věží, velkých vikýřů nebo štítů vložených do krovů, v místech, kde v patře pod půdou je místnost o velkém rozpětí, a podobně. I v případě, že krov nemá konstrukční závady, bývá řešení konstrukce podkroví v takových místech obtížné.

Při zřizování podkroví je tedy nutno ještě pečlivěji než v ostatních případech posoudit, zda krov nemá konstrukční závady, prověřit jeho stav, posoudit vliv přetížení krovu, posoudit stropy pod půdou a prověřit jejich stav. Především je nutno varovat před neuváženým vyřezáváním prvků (pásků, někdy dokonce vazných trámů), které „překážejí“.

Dalším problémem podkroví jsou *tepelné izolace*, zejména jejich správný návrh a provedení z hlediska ochrany dřeva proti kondenzační vodě. Nejméně problematickým řešením je vnější izolace na krokvicích. Výhodou tohoto řešení je malá pracnost, rychlá montáž, odstranění tepelných mostů ve styku s krokviemi, spolehlivé provedení parotěsné zábrany, možnost pohledového uplatnění celé konstrukce krovu, která se tak dostane do příznivého prostředí interiéru a je možné snadno kontrolovat její stav. (→ III. / Dřevěné konstrukce / Ochrana proti vlhkosti)

Izolaci na krokvicích je ovšem možno použít jen tam, kde se zvětšení tloušťky střešního pláště neprojeví nepříznivě u kraje střechy, například u střech s námětky (tepelná izolace se u nich ukončí) nebo u střech s atikami.

Závažným tématem je *osvětlení* podkroví, kde se technické problémy stýkají s problémy architektonickými. Je třeba připomenout principy, které se uplatňují v umístění vikýřů vzhledem k architektuře průčelí:

- Štíty, atiky a *zděné* vikýře nasazené na hlavní římsu jsou součástí *průčelí*, mají vazbu na jeho architekturu – okna zděných vikýřů proto bývají nad okny fasády.
- Umístění *střešních* vikýřů naproti tomu vychází z konstrukce *krovu* – odpovídá poloze krokví. Střešní vikýře proto zpravidla nekorespondují s architekturou průčelí, střecha je chápána jako do součást stavby jisté míry autonomní, která stavbu sice respektuje svými proporcemi, má však svou vlastní kompoziční skladbu.

U *památkově chráněných domů* a domů v zástavbě s plošnou památkovou ochranou o přípustnosti zřízení obytného podkroví rozhodují orgány památkové péče. Posuzuje se míra změny nebo narušení architektury domu, ke které dojde po zřízení vikýřů, střešních oken nebo světlíků a přípustnost zásahu do památkově hodnotných konstrukcí krovů. Záměr na využití podkroví by měl být konzultován už v počátečním stadiu.

U památkově cenných krovů (patří k nim prakticky všechny krovky do roku 1850), které představují významnou součást hodnoty objektu, by se obytné podkroví mělo zřizovat jen výjimečně, vždy by měl být respektován a zachován původní konstrukční systém, detaily a izolace je třeba řešit tak, aby původní konstrukce nebyla narušena. U krovů ze 2. poloviny 19. století a mladších je možno zřízení podkroví připustit tam, kde budou využity existující vikýře, okna ve štítech a atikách nebo, kde se nově zřízená okna nebudou nepříznivě uplatňovat. Je při tom nutno posuzovat i dálkové pohledy a výhledy z věží.

Interiér podkroví může být velmi atraktivní, konstrukce krovu se v něm uplatňují většinou příznivě. Užitečné je připojit poznámku o nátěrech dřeva → III. / Dřevěné konstrukce / Ochrana a úpravy povrchu / Nátěry. Dřevo historických krovů se natíralo pouze tam, kde byl krov součástí interiéru – v italských kostelích se můžeme setkat i s nátěry pestrobarevnými, u otevřených krovů anglických kostelů se uplatňuje hnědá patina (zřejmě volská krev), u nás obdobné příklady pocházejí až z pseudohistorických staveb 19. století (otevřený krov kostela sv. Václava v Pečkách [190]). Staré krovky udržovaných staveb, které nebyly nikdy vystaveny povětrnosti, mají přirozenou světlehnědou patinu, dřevo starších krovů, které spolu se stavbou prodělaly složitější historii, má barvu světlešedou, jen výjimečně je povrch dřeva tmavohnědý nebo černý. Světlehnědá barva vzniká rozkladem dřeva působením světla, šedá barva je způsobena vymýváním povrchu dřeva vystaveného povětrnosti. Přednost by mělo mít dřevo přírodní barvy, bez nátěru, které samo vytvoří přirozenou patinu. Povrch tesaného i řezaného dřeva je možno očistit, jemně přebrousit a ošetřit voskem. Při úpravách povrchu dřeva nesmí dojít k odstranění prvků, které jsou součástí *památkové hodnoty* – tesařských značek, šnorování, nápisů, stop po tesání nebo štípání, dokladů o plavení dřeva apod.

Zřízení podkroví v památkově chráněném domě je spojeno s řadou komplikací, proto je nutné **záměr předem projednat** s příslušným památkovým orgánem. Zásady péče o střechy i ve vztahu k obytným podkrovím [19, 51, 60].

Zřízení podkroví vždy znamená větší či menší zásah do krovu, **vždy** je třeba se zabývat stropem pod půdou. Stropy pod půdou zpravidla mívaly slabší dimenze, v 19. století byly navrhovány na snížené užité zatížení (75 kg/m^2), které je pro byty nedostatečné a tím spíše pro zatížení stropu příčkami podkrovního bytu. Proto je vždy nutné sondami zjistit dimenze a stav stropních trámů. U stropů pod krovem se mnohdy setkáváme s napadením zhlaví stropních trámů hnilobou, zejména tam, kde jsou trámy uloženy v blízkosti hlavní římsy, atik nebo štítů, kde často zatéká.

Vazné trámy je vždy nutno posoudit na přetížení konstrukcemi podkroví (izolacemi, podhledy, příčkami) i užitným zatížením. Pokud není možno vazné trámy dodatečně podepřít, obvykle na přetížení podkrovím nevyhoví.

KROVY VĚŽÍ [128, 190]

Sedlové, valbové nebo dlátové střechy věží mají krovy obdobné konstrukce jako ostatní střechy.

Kuželové a jehlanové střechy věží jsou obvykle středově symetrické. Jejich krokve se opírají o středový *sloup z jednoho kmene*, u střech s lucernou o *sloup štenýřový* (složený z více sloupků), který je obvykle osmiboký (u kaplí ambitu na Zelené hoře pětiboký), který tvoří sloupky propojené v několika patrech vodorovnými věnci, případně ztužené diagonálami nebo ondřejskými kříži. Středový sloup stojí na roštu z diagonálních a mezilehlých trámů – obvykle jen dva trámy na sebe kolmé jsou překlátovány, ostatní jsou uloženy na výměny mezi trámy hlavními. Trámový rošt je uložen na pozednicový věnec. Zatížení roštu středním sloupem, respektive sloupem štenýřovým je vylehčeno šikmými vzpěrami.

Tvar bání vytvářejí ramenáty obvykle sbíjené z několika vrstev fošen. Ramenáty mohou být uloženy na krokve nebo mají vlastní podpůrnou a ztužující konstrukci. Sloupky štenýřového sloupu (obvykle pětiboké) jsou často od uložení na rošt až po střechu lucerny z jednoho kmene. Příčnou tuhost krovu věže zajišťují vzpěry, kleštiny a ondřejské kříže.

Střecha *lucerny* má trámový rošt uložený na věnci, kterým je ukončen štenýřový sloup, na roštu stojí středový sloup, který tvoří hrotnici věže. Krov lucerny je obvykle zmenšenou kopií spodní střechy věže.

Sanktusníky kostelů mají štenýřový sloup založený na trámovém roštu, který obvykle leží na vazných trámech krovu – zatížení sanktusníku se přenáší na více trámů šikmými vzpěrami. Lucerna a její střecha je obdobná jako u věží.

V krovech historických věží se užívají tesařské spoje a železné spojovací prvky.

Při opravách krovů věží je nutno posuzovat především:

- napadení dřeva, které bývá zejména v pozednicích a uložení roštu, pod lucernou, ve sloupcích lucerny, pod vikýři, v hrotnici,
- zatížení trámového roštu a vazných trámů krovu lodi,
- stav krytiny – často je nutná prohlídka s pomocí horolezců,
- stav bednění – zevnitř jsou patrná místa, kudy zatéká,
- stav hrotnice – železné kříže zapsuté do dřeva hrotnice bývají uvolněné nebo vykloněné, narušené korozí; makovice, která chrání styk kříže, hrotnice a krytiny bývá deformovaná,
- stav lucerny – narušeny hnilobou bývají sloupky, podlahy, poklop, poškozeno je často oplechování,
- stav **kotvení** krovu věže.

Věže a všechny jejich části jsou silně namáhány větrem, proto musí být kotveny navzájem a do zdiva věže. Kotví se:

- střecha lucerny do horního věnce lucerny a věnec do sloupků lucerny železnými pásky nebo svorníky,
- sloupky štenýřového sloupu do spodního věnce a spodní věnec do trámového roštu svorníky nebo železnými třmeny,
- **trámový rošt** se kotví pomocí dlouhých železných táhel do zdiva věže nebo do příčných trámů uložených do zdiva jedno až dvě patra pod úroveň hlavní římsy.

Kotvení trámového roštu, který je základem celého krovu, zajišťuje stabilitu celé střechy – posunutí nebo zvednutí a překlopení střechy při náporu větru brání tíha zdiva, které je pomocí táhel spojeno s krovem. Při přestavbách mohlo být kotvení narušeno nebo vůbec vyřazeno z funkce, je proto nutný jeho důkladný průzkum a posouzení statickým výpočtem.

Před opravou věží je nutný detailní průzkum, zjištění příčin poruch a rozsahu stavebních prací. Bezpodmínečnou součástí koncepce opravy musí být návrh **postupu prací** – pro opravu krovu věže je nutné lešení, proto bývá účelné s ní spojit i další práce (oprava omítek, oken, hodin, zvonové stolice a zvonů, stropů ve věži). Součástí opravy střechy bude i oprava hrotnice a atributů s ní spojených, které jsou uměleckořemeslnou prací a obvykle je provádí restaurátor (zlacení, kovářská práce). Je nutné rozhodnout, zda bude vhodné využití jeřábu (pomocí velkého jeřábu byla zvednuta opravená střecha věže (obr. 148).



Obr. 148: Přesná kopie silně napadeného krovu věže byla včetně krytiny, kříže a zlacené makovice provedena na zemi a osazena pomocí jeřábu, kostel Nanebevzetí Panny Marie, Kostelní Lhota.

ZVONOVÉ STOLICE

Typická zvonová stolice, které se u nás stavěly od 16. století, je složena z prahů, do kterých jsou čepovány stojky vzepřené šikmými vzpěrami (jedním, dvěma i více páry), dvě až čtyři stojky jsou ve vrcholu spojeny podélným trámem; u dvou a vícepatrových stolic jsou podélné trámy dva až tři. Ložiska hlavy zvonu jsou nejčastěji uložena do krátkých příčných trámů, které mají funkci kleštín stahujících vzpěry. Kleštiny jsou typickým prvkem stolic, kromě původních kleštín se často vyskytují kleštiny dodatečné.

Stolice bývá volně položena nebo osedlána na trámy zvonového patra, které jsou často uloženy na ústupek zdiva – **nikoliv do kapes**, aby se otřesy od zvonů nepřenašely do zdiva. Tento princip by měl být zachován i při návrhu opravy nebo zřízení nové zvonové stolice.

U středověkých zvonů bývala do zděné věže na celou výšku vestavěna samostatná dřevěná konstrukce, kterou tvoří prostorový skelet ztužený pásky, diagonálami a ondřejskými kříži. Profily všech prvků jsou si blízké, stykovány jsou pláty na rybinu zajištěnými kolíkem. Konstrukce tohoto typu zřejmě vyhovovaly pro malé zvony, velké zvony však celou konstrukci rozkývaly, proto byl vytvořen typ samostatné, dostatečně stabilní a tuhé stolice, která byla volně položena na strop nebo jen na podlahu zvonového patra.

Zřejmě v průběhu 16. století docházelo u nás k rozšíření velkých zvonů, a proto se u kostelů, které neměly věž, začaly stavět samostatné zvonice, často jen dřevěné [258, 259].

Namáhání zvonové stolice

Při vychýlení zvonu vzniká moment, který je úměrný velikosti, váze a umístění těžiště zvonu a počtu úderů za minutu. Tento moment, který se snaží vychýlit stojky, namáhá tlakem a tahem vzpěry – nejvíce jsou namáhány čepy vzpěr, kde se tlaková síla soustředí do malé plošky. Uplatní se pevnost dřeva v otláčení kolmo na vlákna, která je 3 až 4 krát nižší než pevnost v tlaku ve směru vláken (obr. 137).

Při střídavém zatížení a odlehčení dochází ve spoji k posunům, jejich velikost je dána přesností provedení spojů, která je u tesařských konstrukcí řádově 5 mm. Opakovaným namáháním se dřevo ve styku otláčuje, dlab se vymílá a čep se uvolňuje.

Zvonové stolice se zpravidla dělaly z dubového dřeva – výjimku tvoří zvonové stolice v horách, které jsou ze smrku (Horní Polubný). Důvodem byly vyšší pevnosti dubu – proti jehličnatému dřevu je pevnost v ohybu vyšší o 25 %, pevnost v tahu o 30 %, v tlaku o 17 %, v otláčení dokonce o 66 % a ve smyku při kroucení o 100 %. Význam má i o 25 % vyšší modul pružnosti dubového dřeva, tedy lepší odolnost vůči deformacím. Pokud je čep ve spoji natolik poškozen, že v něm při zvonění dochází k pohybu, zvyšuje se soustředěně zatížení v otláčení a vznikají rázy. Zde se příznivě uplatňuje vysoká houževnatost dubového dřeva – měkké dřevo oslabené zářezem se při namáhání rázy snadno zlomí. Vyšší modul pružnosti a pevnost v ohybu tvrdého dřeva se uplatňuje i u stropů pod zvonovou stolicí, které jsou velmi často také z dubu (také středověká stolice v Sázavském klášteře je celá z listnatého dřeva).

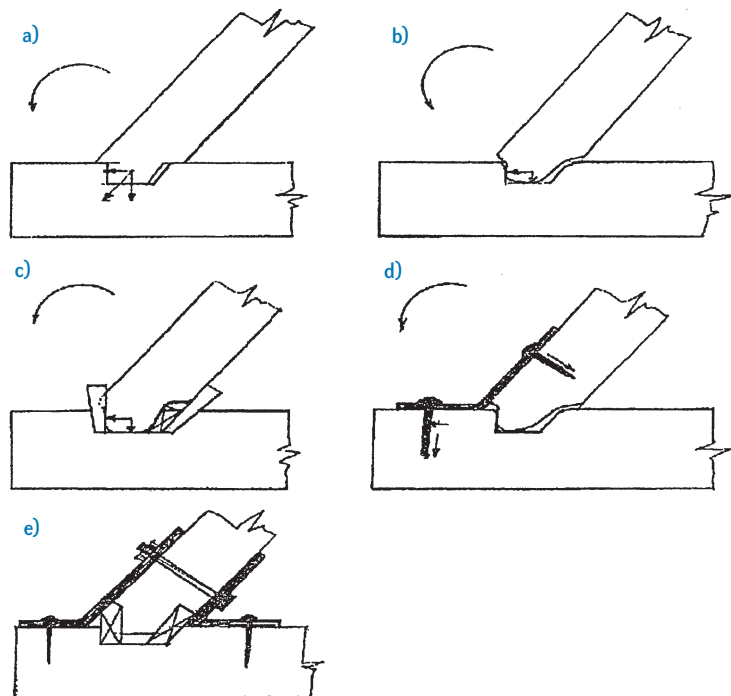
Zvonové stolice se posuzují dynamickým výpočtem, který je nutný v případě, že má být do stávající stolice osazen další nebo větší zvon.

Opavy zvonových stolic

Uvolněná stolice ztrácí svou tuhost a podstatně se zvětšují její deformace. Pohybu v čepích se bránilo utahováním spojů klíny nebo železnými kramlemi, třmeny a sponami. Tuhost stolice se zvyšovala sepnutím jednotlivých prvků svorníky nebo sponami, ztužením kleštinami, vložením rozpěr nebo diagonál, případně rozepřením stolice o zdivo.

Některým z těchto způsobů byla opravena téměř každá stolice, která je v užívání déle než 200 let. Zesilování konstrukce a spojů železnými prvky, které jsou podstatně tužší než dřevo a soustřeďují namáhání do míst, kde se s dřevem stýkají, není příliš vhodné. Výjimkou jsou svorníky v kloubech konstrukce (například v sepnutí stolice kleštinami), pokud jsou namáhány na stříh a mají přesně vrtanou díru. Nejvhodnější je nejstarší způsob opravy spojů dřevěnými klíny, které ovšem vyžadují pravidelnou údržbu a utahování.

Staré železné spony, které jsou téměř v každé zvonové stolicí, jsou součástí její památkové hodnoty, proto by neměly být odstraněny, ale tam, kde železo přebírá veškeré síly, je nutné spoj pečlivě vyklínovat (obr. 149). Klíny



Obr. 149: Detaily spojů vzpěr zvonové stolice: a – čep přenáší statické i dynamické zatížení do prahu stolice, funguje jako kloub, musí umožňovat pootočení vzpěry v dlabu; b – čep i jeho lůžko se časem opotřebují, to se projevuje pohybem celé stolice při zvonění a její trvalou deformací; c – tradičním způsobem opravy je utahení spoje dubovými klíny – musí se udržovat; d – rovněž tradiční způsob opravy železným páskem – umožňuje pohyb v kloubu; e – příliš tuhý způsob opravy.

je třeba kontrolovat a utahovat, směr utahování by měl být, pokud možno kolmý na směr působení sil ve spoji.

Zásadně **nesprávný** (ale v nové době, kdy upadla znalost řemesla zvoníků, často uplatňovaný) způsob opravy, je rozpírání stolice o zdvo zvonice. Je to zdánlivě nejjednodušší způsob zajištění stability zvonové stolice, který však může mít vážné důsledky pro celou stavbu.

Stav zvonové stolice se posuzuje při zvonění. Závady ve spojích se projevují tím, že se stolice při zvonění pohybuje („chodí“), vrže, pohybují se nebo samostatně vibrují klíny nebo železné prvky spojů. Zvonová stolice v dobrém stavu se při zvonění rozechvěje vlastní vibrací, která rezonuje se zvony, nesmí však dojít k **rezonanci** se zdívkou nebo dalšími konstrukcemi zvonice. Kmitočty zvonové stolice a ostatních konstrukcí je možno orientačně porovnat, když na ně položíme ruku. Rezonance zvonové stolice s jinými konstrukcemi je dokladem konstrukční závady nebo dokladem toho, že zvony jsou pro danou stolicu příliš velké.

Elektrické zvonění může svou strojovou pravidelností vyvolat rezonanci snáze než zvonění ruční. Proto **musí** být při zřizování elektrického zvonění zvonová stolice prověřena a správným způsobem opravena. Elektrické zvonění může mít další nepřímý důsledek, který může vyvolat vážné problémy – zvoní se častěji, ale do zvonice se nechodí, nekontrolují se zvony, stolice a ostatní konstrukce.

U stolic, kde se zvoní více zvony současně, dochází kromě zesílení účinku při současném výkyvu zvonů na jednu stranu také k podélnému namáhání při nesouhlasném výkyvu zvonů. V podélném směru (kolmo na kyv zvonů) stolice nebývaly tak důkladně ztuženy, navíc při výměně zvonů a změnách závěsů a způsobu zvonění byly příčné rozpěry vyřezávány nebo odstraňovány. Stolice, které mají jen svislé a vodorovné prvky, je možno účinně ztužit vložení pásků nebo diagonál.

Zvonové stolice bývají poškozeny ve spojích, jejich konstrukce bývá narušena dodatečnými úpravami při osazování a převěšování zvonů, instalaci elektrického zvonění, stolice byly ztužovány dodatečnými prvky.

Dubové dřevo stolic je odolné vůči napadení hmyzem, napadení houbami se vyskytuje v prazích stolice, do kterých mnohdy zatéká okny zvonového patra, jejichž okenice bývají ve špatném stavu.

K opravám zvonových stolic je nutno přistupovat individuálně a zodpovědně, protože jde o značně namáhanou konstrukci, jejíž spolehlivá funkce musí být zajištěna s dostatečnou bezpečností.

Všechny zvonové stolice jsou významnými památkami, při jejich opravě musí být **vždy** uplatněna konzervační metoda:

- je nutné zachovat autentickou konstrukci a všechny její prvky,
- opravovat by se měly pouze ty části, jejichž funkce je narušena,
- před výměnou celých prvků by měla mít přednost oprava pomocí vložek,
- ve zvonících jsou často zachovány starší závěsy a další prvky zvonových stolic, které byly autentickou součástí konstrukce – tyto prvky je nutné zachovat a konzervovat.

Návrh opravy zvonů, návrh nových zvonů, úpravu zavěšení zvonů, instalaci mechanického zvonění a posouzení stolice je nutno zadat zkušeným **specialistům**.

DŘEVĚNÉ STROPY

Stropní trámy

Podobu konstrukce dřevěných stropů určují *dřeviny*, které se užívají pro výrobu trámů. V regionech, kde není k dispozici jehličnaté dřevo (například v Burgundsku nebo v Anglii), jsou stropní nosníky dubové, jsou subtilní a kladou se blízko sebe. U nás se smrk, jedle nebo borovice kácí v tzv. „mýtném“ stáří 70–100 let. Z takového stromu je možno vyrobit trám o rozměrech cca 22/28 až 30/34 cm v délce cca 7 m. Poměr šířky a výšky se lišil podle způsobu výroby s ohledem na maximální

využití profilu – u tesaného trámu se poměr blíží 1 : 1 (aby byl minimalizován odpad), u trámů řezaných na katru se volí poměr 5 : 7 (optimální z hlediska získání maximálního průřezového modulu trámu a využití zbytku kmene na prkna a krajiny). Štípaním je možno vyrobit z jednoho kmene trámy dva, které proto bývají štíhlejší. S vysokými štípanými trámy se setkáme ve starších dobách, kdy se zřejmě ještě využívaly staleté stromy.

Se stropními trámy výše uvedených rozměrů se setkáváme ve stavbách od 18. do 20. století, v době, kdy vznikají a posléze převládají lesní monokultury. Stropní trámy se ukládají ve vzdálenostech 0,9–1,2 m, nesou záklop z fošen tloušťky 40 až 60 mm (v činžovních domech z 19. a 20. století bývají coulová prkna – 24 mm). V obytných budovách tyto dimenze vyhovují z hlediska únosnosti i průhybu pro stropy různé konstrukce (s viditelným záklopem, s omítaným podhledem na stropních trámech nebo na rákosnicích, s násypem a s obvyklou skladbou podlahy). Potřeba zesílení trámových stropů vzniká při zatížení příčkami nebo při využití pro sklady nebo výstavní prostory.

Konstrukce dřevěných stropů → III. / Dřevěné stropy / Tepelné izolace; III. / Příčky

V Kolíně se v několika sklepech středověkých domů zachovaly trámové stropy se záklopem z tlustých *desek z krystalické břidlice*, v Kutné Hoře se našly zbytky trámů ve sklepech později zaklenutých. K *atypickým skladbám* historických dřevěných stropů patří trámy s ozubem, na který byly uloženy masivní dřevěné vložky nebo trámy, do kterých byla osazena tyčovina, která nesla lepenici. U historických stropů se vyskytují různé konstrukce *podhledů* (omítané lačkové, rákosové, z tyčoviny, z plateniny...).

Ve výše uvedených případech jde o **vzácné pozůstatky** historických konstrukcí, které jsou významnou součástí památkové hodnoty, proto musí být dokumentovány a pokud možno zachovány a konzervovány.

Kromě trámových stropů se vyskytují stropy *povalové* z částečně hraněných profilů uložených těsně vedle sebe, které jsou někdy spojeny uprostřed rozpětí kolíkem (nebo řadou kolíků po celé délce). Tyto stropy se užívaly jako nespalná konstrukce v patře pod krovem, podlahu tvořila hliněná mazanina.

Ve venkovských stavbách se vyskytují stropy z *kulatin* kladené těsně vedle sebe, na kterých je lepenice (hliněná mazanina s řezankou) (*obr. 150*). Povalové stropy jsou z menších profilů, proto mají nižší únosnost než stropy trámové – pokud však je hliněná mazanina kvalitní (nabíjená), spolupůsobí s dřevěným povalem, který je namáhán tahem a mazanina přenáší tlak, obdobně jako spolupůsobí železobetonový trám s deskou. Odstranění hliněné mazaniny by znamenalo snížení únosnosti konstrukce. Spolupůsobení trámu s hliněnou mazaninou je doloženo i u staveb ze 16. století. Tuto skutečnost je možno využít při posuzování povalových stropů.



Obr. 150: Strop z částečně hraněné kulatiny osazené do drážky ve stropních trámech, na kulatině je hliněná mazanina.

Průzkum stropů

Každý zásah do stropů památkového objektu musí předcházet detailní *průzkum*, který zjistí skutečnou podobu všech prvků, jejich funkci, uložení, spoje a stav.

Součástí stropů historických staveb mohou být:

- vazné trámy krovu,
- stropní trámy (nesou záklop),
- výměny u komínů,
- záklop (nese násyp) – viditelný záklop může být řezaný nebo malovaný,
- polštáře uložené do násypu (nesou hrubou podlahu),
- hrubá podlaha,
- čistá podlaha,
- rákosníky (nesou podhled),
- ramenáty fabionů nebo falešné klenby,
- omítaný podhled (může být štukový nebo malovaný),
- kazetový podhled,
- konstrukce starších stavebních etap,
- konstrukce oprav a změn,
- novodobé izolace.

V průběhu stavebního vývoje se funkce některých prvků mohla změnit.

Průzkum obvykle má několik fází: v průběhu projektování se postupně pomocí sond zjišťuje podoba, skladba a stav stropů, při realizaci se plošným průzkumem upřesní rozsah prací a případné detaily.

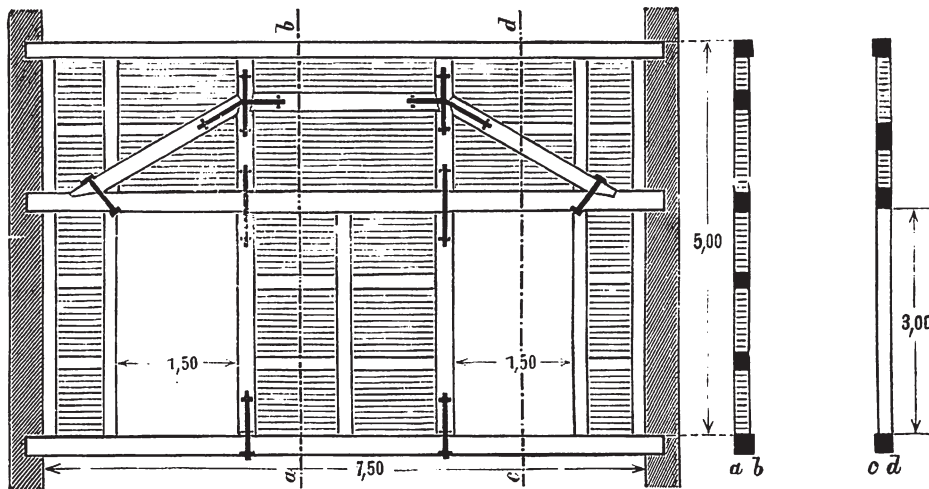
Posuzování a oprava stropů → II. / Krok 3 / Fáze průzkumu

Stropy je nutno posoudit z hlediska únosnosti a průhybu. **Statickým výpočtem** je třeba posoudit a navrhnout také všechny *spoje*, zejména spoje náhrad napadených částí prvků a spoje výměn u komínů.

Stropní trámy na větší rozpětí často nevyhoví na *průhyb*. Norma neumožňuje snížit užité zatížení dané využitím, u posuzování průhybu (kde jsou normou *doporučené* maximální hodnoty) je možno vycházet ze skutečnosti, že průhyb u stálého



Obr. 151: Hrázděné příčky na dřevěných stropěch, špitál, Hrádek nad Nisou.



Obr. 152: Samonosná hrázděná stěna [173].

zatížení je již realizován a posuzovat průhyb od zatížení užitého. Je ovšem nutné ověřit, že celkový průhyb nenaruší funkci konstrukce (zejména při pootočení v uložení).

Důležité je zjišťovat uspořádání stropních trámů u komínů, kde bývají *výměny* různé konstrukce, běžné však jsou i trámy uložené do komína nebo komínem procházející, zvláště u stropů starších než z 19. století. Spoje výměn stropních trámů jsou v mnoha případech poddimenzované, běžný je střední čep nebo osedlání a zajištění kramlí. Nevhodně provedené bývají spoje výměn v povalových stropech. Výměny u komínů omezují možnosti vložení nových nosníků do dřevěných stropů. U památkově chráněných objektů by měly být výměny u komínů zachovány. Ani v případě že komíny nebudou po opravě nebo rekonstrukci využívány pro vytápění, není v památkově chráněných objektech přípustné ukládat stropní nosníky do komínového zdiva → III. / Zděné konstrukce / Komíny. Při opravě dřevěných stropů je vždy bezpodmínečně nutné **dodržovat** normami určené zásady ukládání nosníků do zdiva v blízkosti komínových sopouchů → III. / Dřevěné konstrukce / Ochrana proti ohni. Obdobné zásady platí i u stropů z nehořlavých materiálů. Výjimkou může být komín, který je využit jako instalační šachta nebo který je zaslepený. V tomto případě je vždy nutno provést takové úpravy, aby nebylo možné vytápění obnovit.

U rekonstrukcí se staré stropy často přitěžují *příčkami* – řešením, které nevyžaduje zesílení stropu, může být vynesení příčky přidáním nosíkem nebo samonosné příčky (hrázděné příčky byly obvyklé v barokních stavbách) (obr. 151, 152).

Při zvyšování únosnosti stropů historických budov *okládáním nových prvků* nebo nové konstrukce by vždy mělo mít přednost řešení, které je autentické – zesílení dřevěných trámů příložkami, přidání nových dřevěných trámů, *spřažení trámů* s podlahovou konstrukcí z povalů.

Pokud se dřevěný strop zesiluje ocelovými nosíky nebo se na ně vyvěšuje, neměla by v žádném případě vzniknout ve stropě **parotěsná zábrana**, kterou může být například železobetonová deska nebo trapezový plech. Parotěsná zábrana podstatně zvyšuje riziko napadení houbou, jejíž nezjištěná ložiska je nutno v historické budově předpokládat.

Při opravě stropů chráněných památek by **vždy** měla být zachována ta část konstrukce, která není narušena, poškozené části by měly být doplněny autentickým způsobem. Pokud doplňková konstrukce (například omítaný podhled) nemá dostatečnou únosnost – je třeba dát přednost jejímu zesílení (například kotvením k nosným prvkům) před nahrazením novou konstrukcí. Tento přístup se běžně uplatňuje při restaurování maleb na omítaných podhledech.

Při opravě dřevěných stropů historických památek by se měly uplatňovat pokud možno autentické technologie a materiály.

U dřevěných stropů je nutné kromě únosnosti zjišťovat *napadení* a rozsah narušení. Opatření pro ochranu a likvidaci napadení dřeva viz → III. / Dřevěné konstrukce / Ochrana proti napadení.

Dřevěné konstrukce jsou ohrožené napadením biotickými škůdci, zejména celulózožravými houbami, proto je třeba důsledně dodržovat konstrukční ochranu dřeva:

- v kontaktu dřeva a porézních materiálů musí být vzduchová mezera,
- v blízkosti dřevěných prvků nesmí dojít ke vzniku rosného bodu,
- ve skladbách dřevěných konstrukcí (stropy, podlahy, střešní pláště, hrázdění, roubení) nesmí být parotěsná zábrana.

Parotěsnou zábranu může tvořit plastová fólie, sádrokarton, cementovláknitá deska, pěnové plasty, plech, beton, ale také dřevovláknitá nebo dřevotřísková deska. Proto u památkově chráněných staveb by se ve skladbě stropů a střešního pláště mělo užívat pouze masivní dřevo, nikoliv aglomeráty na bázi dřeva. Ze stejných důvodů je u památek vhodnější požadavkům na požární odolnost stropů vyhovět použitím rostlého dřeva (záklpem z povalů) místo obvyklé cementovláknité desky. Rovněž spojení dřevěných trámů se železobetonovou deskou, které se užívalo pro zvýšení únosnosti stropů, vytváří parotěsnou zábranu – jde o neautentickou konstrukci obtížně opravitelnou a odstranitelnou, je proto u památkových objektů **nepřípustná**.

Vhodným plošným paropropustným materiálem je geotextilie nebo řídká tkanina, užití „paropropustné“ fólie je nutno omezit na pojistnou izolaci v ověřené skladbě střechy. Užití parozábrany je nepřípustné u hrázděného zdiva (i u roubení), které musí být prodyšné v obou směrech (z interiéru ven a z exteriéru dovnitř). (→ III. / Hrázděné konstrukce) Parozábrana na vnitřní straně vestavby v krovu může být problematická, proto by u historické památky neměla být použita.

Tepelné, zvukové a protipožární izolace stropů

U kleneb a trámových stropů měl izolační funkci *násyp*, obvykle ze stavebního rumu (suť z otlučených omítek a bouraných konstrukcí, úlomků staviva, zeminy apod.). Hmotnost stavební suť je cca 1300 kg/m³, je tedy lehčí než zemina. V násypch je často velký podíl organických příměsí (plevy, dřevěné třísky, piliny, sláma apod.), které jsou při promočení násypů zdrojem napadení plísněmi a houbami.

Násypy (zejména násypy kleneb, které někdy mají velkou mocnost a velké stáří) jsou součástí památkové hodnoty stavby a mnohdy uchovávají cenné doklady o stavebním vývoji objektu. V násypch bývají uchovány zbytky starších krytin, kamnové kachle, kování, nástroje řemeslníků, střepy keramických i skleněných nádob, písemnosti a staré tiskoviny – pozůstatky věcí, které se jako nepotřebné ukládaly na půdu, ale dnes mohou přinášet cenné informace. Proto by se násypy neměly vyklízet, a pokud je to z nějakého důvodu nezbytné, měly by být předměty, které mají historickou nebo informační hodnotu, vytříděny. Staré násypy kleneb, které jsou někdy vrstevnaté, by měly být vyklízeny pod dohledem oprávněné archeologické organizace – mohou přinášet informace o stavební historii objektu.

Při opravě dřevěných stropů se někdy uplatňuje požadavek na zachování původních násypů. Tento požadavek je oprávněný, problematické je ovšem navrácení násypu do stropů, které jsou napadeny houbou. Určitou možností by mohla být recyklace násypu, při které by původní násyp byl zahřát na teplotu, která likviduje biotické škůdce. Tento postup je ovšem nutno vždy důkladně prověřit.

Jako náhradu původních násypů je vhodné užít obdobné sypké materiály, je však třeba vždy pečlivě prověřit jejich vlastnosti. Je možno užít opět suť, která vzniká na stavbě, nesmí však obsahovat organické příměsí a musí být skladována v suchu. Bez rizika je recyklována suť, pokud je atestována pro použití ve stavbě. Od 19. století se do násypů užívala škvára, která však nesmí obsahovat nespálené zbytky uhlí a některé prvky, zejména síru. Vhodnost použití škváry je nutno ověřit atestem. Od 2. poloviny 20. století se běžně užívá keramzit (agloporit), perlit nebo pěnové sklo. Tyto materiály jsou lehké, nejsou navlhavé a mají vysoký tepelný odpor. Malá hmotnost může být výhodou při použití ve stropích, nemusí to však být výhodné u kleneb.

Pro násypy a tepelné izolace v historických stavbách by se měly využívat materiály, které jsou prodyšné. Vždy však musí být dodrženy zásady konstrukční ochrany dřeva – odstrašujícím příkladem je zasypání vazných trámů násypem z keramzitu, které vytvořilo podmínky pro šíření dřevomorky (obr. 136).

Pro tepelnou izolaci stropů ale i podkroví památek jsou na rozdíl od pěnových plastů vhodné vláknité materiály, které nepotřebují parotěsnou zábranu na vnitřní straně – viz → III. / Obytné podkroví.

U dřevěných stropů se násyp ukládal na záklop, který byl položen na horní plochu trámů, zákloповé stropy měly viditelný záklop zapuštěný, překládaný nebo lištovaný. V 19. století býval u stropů s omítaným podhledem zapuštěný záklop uložen na latě přibité k bokům trámů – vrstva násypu nad horní plochou trámu zajišťovala kročejovou neprůzvučnost (obr. 153).

Dlažby se kladly do maltového lože na násyp stropů nebo kleneb, fošny hrubé podlahy se přibíjely do polštářů kladených do násypu (obvykle příčně na stropní trámy).

Hliněné *mazaniny*, případně lepenice se slámou doplňovaly tepelnou izolaci násypů.

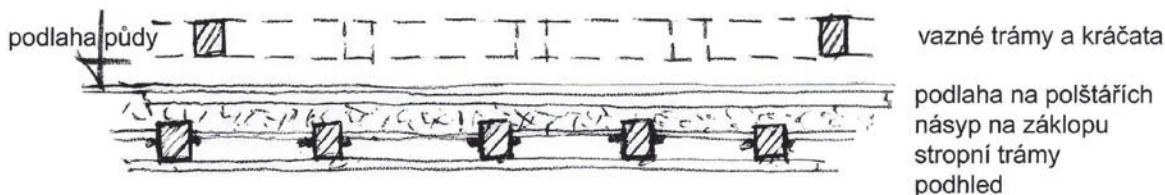
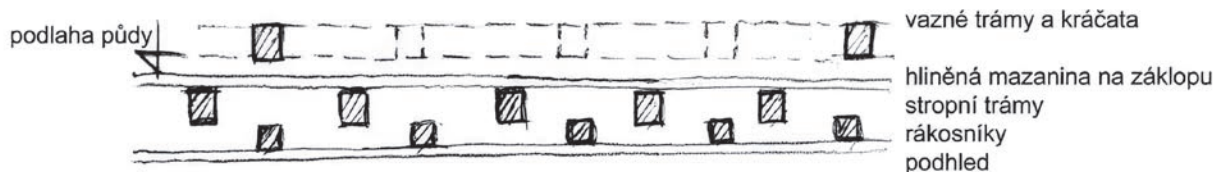
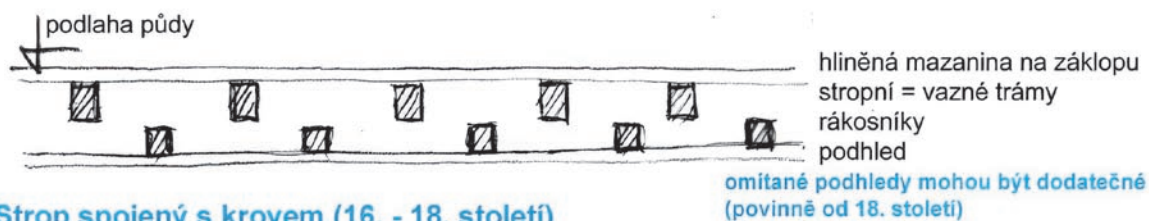
Hliněné mazaniny na půdě do jisté míry chrání před zatékáním, protože zadrží vodu a pokud je závada v krytině opravena, zase rychle vyschnou. Tento princip se uplatňuje v subtropických krajinách, kde jsou na plochých střechách hliněné podlahy na dřevěných stropech. V těchto oblastech bývají prudké a silné deště – mazaniny nasáknou, ale vodu nepropustí a během krátké doby opět vyschnou. V našich podmínkách jsou však hliněné půdní mazaniny v neudržovaných objektech nepřímým zdrojem napadení dřevěných stropů houbami.

Při obnově narušených mazanin památkových objektů a jejich případné recyklaci se uplatní obdobné zásady jako u násypů (viz výše).

Stropy pod krovem

Konstrukce krovu je někdy spojena se stropem nižšího patra (obr. 153).

U starých staveb byly mnohdy *vazné trámy* krovu současně viditelnými *trámy zákloповých stropů*. Na tuto skutečnost je třeba pamatovat při průzkumu starších krovů, kde můžeme najít řezané nebo malované trámy zakryté dodatečným podhledem.



Obr. 153: Konstrukce dřevěných stropů pod krovem.

U starších krovů (hambalkových) bývaly stropní/vazné trámy podvlečeny *průvlakem* viditelným zesponu, který byl pomocí dřevěné závlače zavěšen na sloupky věšadel. U pozdějších konstrukcí (od 17. století) se již běžně užívaly železné závěsy (klínové svorníky, třmeny), průvlak mohl tedy být položen na stropní trámy – každý z nich byl na něj zavěšen.

Také u ležatých stolic s vaznými trámy ve všech vazbách (bez kráčat) bylo obvyklé, že vazné trámy krovu nesly podlahu půdy, stropní podhled byl pak vynášen samostatnými *rákosníky*.

Pokud měl strop pod půdou samostatné trámy nesoucí podlahu a rákosníky, byly u krovu *vazné trámy* obvykle *jen v plných vazbách*. V tomto případě byly vazné trámy a kráčata nad podlahou půdy. Oddělení krovu od stropu a nespálnou podlahu půdy vyžadovaly josefínské požární předpisy, proto jsou od 19. století vazné trámy většinou již nad podlahou půdy → III. / Dřevěné konstrukce / Protipožární ochrana v minulosti; Dřevěné stropy / Protipožární izolace.

Konstrukce krovu byla v mnoha případech, zejména u sálů na velká rozpětí, využita pro vynesení stropů posledního patra, které často měly podobu klenby s dřevěnou konstrukcí nebo stropu s vysokými štukovými fabiony na bedněných ramenátech. Nosnou konstrukci obvykle tvořila *věšadla* využívající velkou výšku půdního prostoru, na která byly prostřednictvím průvlaků zavěšeny stropní nosníky. Věšadla někdy vynášela krov i strop, jindy byla samostatná (bývalo tomu tak při dodatečném vynesení stropu).

Kromě případů, kdy je vynášecí konstrukce stropu zřizována v krovu současně s jeho stavbou, se velmi často vyskytují případy, kdy je strop na krov *zavěšen dodatečně*. To býval obvyklý způsob opravy stropu narušeného zatékáním. Stropní trámy jsou pomocí svorníků zavěšeny na podélné trámy, které leží na trámech vazných. U krovů s vaznými trámy skrytými v podlaze půdy bývají vynášecí nosníky často na podlaze, starší opravy mohou být naopak skryty pod půdní mazaninou. Vyvěšení stropních trámů se někdy provádělo opakovaně, opravy mají často **provizorní charakter**, bylo užito nekvalitní dřeva, které je mnohdy již značně narušeno tesaříkem (*obr. 144*).

Při opravách krovu se **vždy musí** počítat s tím, že současně s opravou krovu bude nutné opravit i strop pod půdou. Pokud je stav krovu špatný kvůli napadení, je nutno předpokládat, že i strop pod ním je ve špatném stavu. Pro vytvoření **koncepce opravy**, která by u památkových objektů měla být navržena a konzultována už při práci na projektu pro stavební povolení, je nutná zkušenost, a především znalost historických konstrukcí – projektant by měl předvídat podobu konstrukce i její stav. Rozmanitost typů konstrukcí a jejich provedení je veliká, a proto je třeba vždy počítat s tím, že detaily řešení se budou upřesňovat v průběhu realizace (*obr. 142, 146*).

Ve většině případů je účelné nejprve opravit krov a krytinu (případně zřídít krytinu provizorní) – oprava stropu by měla proběhnout pod opravenou střechou.

Konstrukce stropu je zpravidla skryta, proto jeho *průzkum* činí obtíže. Je třeba zjišťovat podobu konstrukce, prověřovat její stav a konstrukci posuzovat výpočtem. Ve většině případů jsou nezbytné sondy, jejich provedení je kvůli havarijnímu stavu někdy problematické. Způsob provedení sond je nutné volit tak, aby památková podstata konstrukce byla co nejméně narušena. Při návrhu *sond* je třeba vycházet z pravděpodobné podoby konstrukce: pokud předpokládáme, že konstrukce stropu je barokní a nelze vyloučit malby na omítaném podhledu, je nutno sondovat shora; naopak u stropů starších, kde se mohou vyskytnout řezané nebo malované dřevěné podhledy dodatečně zakryté podhledem omítaným, je vhodné sondovat zesponu (*obr. 153 a*). Vhodným způsobem je průzkum pomocí *optické sondy*, která vyžaduje pouze otvor o průměru 1 cm, narušení je minimální, ve většině případů je možno sondovat shora i přes podlahy, které mají být zachovány. Tento způsob průzkumu však může zklamat například u povalových stropů, když se nepodaří povalem projít. Průzkum optickou sondou má význam pro zjištění podoby konstrukce a její posouzení (skladbu stropu a dimenze prvků je většinou možné při tomto průzkumu zjistit), stav dřeva se však zjistí jen orientačně. Pro spolehlivé zjištění stavu dřeva je nutný průzkum *plošný* – průzkum endoskopem volbu způsobu otevření konstrukce usnadní → II. / Krok 3 / Průzkumy.

Z *trhlin* v podhledech omítaných stropů můžeme usuzovat na průhyb trámů od vlastní tíhy nebo užitého zatížení (trhliny kolmé na směr trámů), zatížení části stropu (trhliny rovnoběžné se stropními trámy). Trhliny ve fabionech mohou vyznačovat uvolnění nebo narušení zhlaví. Trhlinami v podhledech se však projevují i jiné poruchy, například odklon nebo pokles zdí (řada rovnoběžných, obvykle diagonálních trhlin – směr působení síly je kolmý na trhliny) (*obr. 8 e*).

O *narušení zhlaví* stropů svědčí dodatečné vyvěšení stropu na rubu konstrukce (na půdě) na podélné trámy při obvodovém zdívu, o *nedostatečných dimenzích* stropů dodatečné vyvěšení uprostřed rozpětí (*obr. 144*).

Konstrukce stropů o velkém rozpětí bývají vynášeny věšadly krovů nebo samostatnými věšadly na půdě – z jejich uspořádání lze usuzovat na podobu konstrukce stropu. Vyvěšení konstrukce udává *rozteče* stropních trámů. Na podobu stropní konstrukce posledního patra lze usuzovat i z uspořádání konstrukce krovu (*obr. 144 a, 153*):

- jsou-li vazné trámy krovu ze 17.–18. století v každé vazbě a jsou skryté pod podlahou půdy, jsou obvykle současně trámy stropními, podhled stropu je pak nesen rákosníky,
- má-li krov ze 17.–18. století vazné trámy a kráčata nad podlahou půdy, strop ze stejné doby má obvykle samostatné stropní trámy a rákosníky,
- má-li krov z 19. století vazné trámy a kráčata nad podlahou půdy, strop ze stejné doby má obvykle stropní trámy, na kterých je podhled a záklop, podlaha je na polštářích v násypu.

DŘEVĚNÉ KLENBY

Konstrukce dřevěných klenb kostelů a zámků je často spojena s konstrukcí krovu, konstrukci je vždy nutno zkoumat individuálně, většinou se neobejdeme bez sondáže. Klenbu obvykle nesou trámy, ke kterým jsou přibity ramenáty uložené do zdiva. Závady bývají v uložení trámů a ramenátů, ramenáty jsou v uložení zazděné nebo jsou opřené o zděnou patku vyloženou ze zdiva. Pokud je vrchol klenby výše než uložení krovu, bývají problémy v příčném ztužení krovu.

Kromě nosné konstrukce klenby je nutné se zabývat i konstrukcí podhledu a omítky, protože na dřevěných klenbách jsou zpravidla malby nebo štuková výzdoba. Omítka podhledů bývá nahozena na trojúhelníkové nebo lichoběžníkové latě, vyskytují se i pletené rohože, už od 18. století se užíval rákos spojený drátem a přibíjený rákosníky.

Nejobtížnějším problémem je zjišťování stavu dřeva v patce klenby, kde zužující se prostor mezi zdivem a ramenáty je obvykle vyplněný sutí a nečistotou nejrůznějšího druhu, kterou je nutné shora vybrat.

Průzkum v celé ploše je nutný u klenb (a stropů), jejichž konstrukci tvoří poval. Při průzkumu konstrukce a při sondáži je u malovaných nebo štukových klenb nezbytná spolupráce s restaurátorem (*obr. 154*).



Obr. 154: Malovaný salon pod půdou má povalový strop, který byl v kontaktu s hliněnou mazaninou povrchově napaden hnilobou. Dřevo bylo pečlivě očištěno a opakovaně ošetřeno ochrannými prostředky proti napadení (stav se sleduje), fara, Náměšť n. Oslavou.

ROUBENÉ STAVBY [157]

Velkou předností roubených staveb je vysoký *tepelný odpor* stěn, stavěly se v oblastech, kde bylo drsnější klima a současně dostatek dřeva.

K narušení roubených staveb dochází především v důsledku *napadení* škůdci dřeva. Spodní trámy roubení, které jsou v kontaktu s podezdívkou, případně se zděnými částmi objektu, bývají napadeny hnilobou, ostatní části roubení nejčastěji tesaříkem, ale i červotočem.

Roubená stěna je namáhána *tlakem* kolmo *na vlákná* (nižší pevnost dřeva) od svislého zatížení. Tuhost stěny v příčném směru je malá (závisí na způsobu úpravy vodorovné spáry mezi trámy roubení), proto se u stěny může uplatnit *vzpěr*, i když je sroubená z poměrně masivních trámů (*obr. 156, 157, 158*).

Konstrukční a objemové řešení roubených staveb (většinou měly nejvýše dvě podlaží, u patrových domů bývaly *podstávky*) dokládá, že stavitelé s uvedenými vlastnostmi roubení počítali → III. / *Hrázděné konstrukce / Konstrukce stěn historických staveb; Statická funkce stěny*.

Posuzování a opravy roubených staveb

Při *posuzování* nosných konstrukcí roubené stavby je třeba:

- zjistit druh a rozsah napadení,
- detailně určit, které prvky napadené hnilobou je nutné odstranit a nahradit,
- posoudit stav povrchu a zjistit úbytek profilu napadených prvků,
- posoudit, zda napadené prvky mohou plnit nosnou funkci (posoudit napětí ve zbylém profilu),
- posoudit možnosti zpevnění povrchu napadeného dřeva nebo jeho nahrazení vložkami,
- posoudit stav spojů a celkovou tuhost objektu,
- zpracovat **koncept** ochrany proti vlhkosti, zajištění nosné funkce, likvidace a ochrany proti napadení a úpravy povrchů.

Pro zajištění nosné funkce roubení obvykle stačí jen část profilu trámů roubení. Pokud je nutná výměna spodních trámů roubení, je nutno ji navrhnout a provést takovým způsobem, aby pokud možno **nebylo nutné stavbu rozebírat** a aby byly zachovány nenarušené autentické prvky. Vyměňované prvky musí mít profily, všechny spoje a detaily stejné jako prvky původní. Při částečné výměně dřeva je nutné pro nastavení trámů roubení zvolit spoje, které nenaruší památkovou hodnotu stavby → III. / *Spoje dřevěných konstrukcí*.

Za autentický způsob opravy roubené stavby, která se v minulosti často uplatňovala, je možno považovat i částečnou náhradu roubení zdivem.

Stavba musí mít dostatečnou *tuhost*, kterou zajišťují nárožní zámky, provázání s vnitřními stěnami, ostění dveří a oken provázaná s roubením, zděné stěny, které jsou součástí stavby (černé kuchyně, komíny), trámové stropy, krovy, konstrukce podstávky (původní i dodatečné), případné dodatečné svislé příložky stěn apod. Je třeba posoudit, zda tyto konstrukce a prvky jsou dostatečné a opravit jejich poruchy. Dodatečné konstrukce (příložky, podstávky), jsou součástí stavebního vývoje, proto je žádoucí je ponechat, pokud mají autentický charakter. Pokud tuhost objektu není dostatečná, měla by být doplněna konstrukcemi, které mají autentický charakter (například stropní trámy, podmíněně i příložky) nebo nenaruší příliš památkovou hodnotu (například zpevnění spojů vhodně upravenými kovovými prvky). Doplnění táhly nebo věnci **není** autentickým způsobem ztužení stavby → IV. / *Tuhost*.

Povrchové úpravy

Povrchová úprava dřeva roubení by měla odpovídat autentické podobě objektu, která se ovšem mohla v průběhu jeho existence proměňovat. V různých regionech a v různých obdobích je doloženo: dřevo bez povrchové úpravy, vápenné nátěry, nátěry dehtové, barevné nátěry i nátěry fermeží. Rozdílný byl i způsob provedení spár, jejich těsnění a povrchová úprava.

Autentickým způsobem ochrany roubených staveb je bednění nebo obklady břidlicí (v pozdějších dobách eternitem). Pro rozhodnutí o povrchové úpravě roubené stavby je proto nezbytný průzkum, který bude podkladem pro závazné stanovisko památkových orgánů.

Zásady *likvidace napadení* dřeva a preventivní ochrany jsou v kapitole → III. / *Dřevěné konstrukce / Ochrana proti napadení*.

Zásadní důležitost má ochrana roubených staveb před *vlhkostí*, která je prvotní příčinou napadení dřeva. Principy ochrany staveb proti vlhkosti viz kapitola → III. / *Dřevěné konstrukce / Ochrana proti vlhkosti*.

Koncepce všech zásahů do nosných konstrukcí, prvků i povrchů památkově chráněné roubené stavby by měla být **schválena** příslušnými památkovými orgány. Stejně zásady ochrany nosných konstrukcí a jejich povrchu platí v přiměřeném rozsahu i pro roubené stavby v památkových zónách, jejichž konstrukce je neoddělitelnou součástí vnějšího vzhledu stavby.

HRÁZDĚNÉ KONSTRUKCE

Konstrukce stěn historických staveb a jejich vlastnosti

Konstrukce stěn historických staveb je možno dělit podle následujícího schématu:

stavby, konstrukce:

- dočasné, mobilní (přístřešky, stany apod.)
- trvalé
 - masivní (zděné, monolitické)
 - dřevěné
 - roubené
 - sloupkové
 - kůlové
 - rámové
 - bez výplně
 - bedněné
 - hrázděné (vyzděné)
 - s lehkou výplní

Pro volbu jednotlivých typů konstrukcí byla rozhodující některá z následujících charakteristik nebo jejich kombinace:

- tepelné vlastnosti,
- statická funkce,
- stavební náklady.

Tepelné vlastnosti

Tepelné vlastnosti stěny charakterizuje její *tepelný odpor* a *tepelná jímavost* (schopnost akumulovat teplo). Zjednodušeně je možno říci, že:

- tepelný odpor je přímo úměrný tloušťce stěny a nepřímo úměrný *tepelné vodivosti* materiálu – tedy: čím tlustší je stěna, tím lépe izoluje, stěna z dobře izolujícího materiálu může být tenčí,
- tepelná jímavost je přímo úměrná tloušťce stěny a její *hmotnosti* – tedy: tlustá stěna z těžkého materiálu udrží déle teplo.

Historické materiály je možno charakterizovat z hlediska tepelných vlastností:

- dřevo má vysoký tepelný odpor a nízkou tepelnou jínavost,
- zdivo z hutného kamene (například ze žuly nebo křemence) má ve srovnání se zdivem cihelným nízký tepelný odpor, ale vysokou jínavost.

Význam tepelné jínavosti známe ze zkušenosti:

- roubenou chalupu je možno vytopit rychle, kdežto v chalupě kamenné je třeba topit dlouho, než se ohřeje vzduch, ale po přerušení vytápění se teplo dlouho udrží,
- v nevytápěném kamenném kostele je dlouho do zimy teplo, ale zase na jaře je kostel promrzlý.

Po energetické krizi v 70. letech 20. století byly na Západě i u nás zpřísněny požadavky na tepelné vlastnosti konstrukcí obytných budov. Ukázalo se, že minimální tloušťky stěn vypočtené pro různé materiály podle tehdy zavedených přísnějších norem jsou obdobné jako tloušťky stěn obvyklé u historických staveb, například (*obr. 27*):

- masivní dřevo ~ 20 cm,
- hlína, nepálené cihly ~ 50 cm,
- **zdivo z pálených cihel ~ 60 cm**,
- kamenné zdivo ~ 80–100 cm.

Je zřejmé, že v minulosti byla při navrhování staveb sledována efektivita vytápění. Důvodem bylo hlavně to, aby nebylo nutné vytvářet nadměrné zásoby dřeva.

V 19. a 20. století byla stavebními předpisy pro stavby z plných pálených cihel, které tehdy převažovaly, určena minimální tloušťka zdi **45 cm**. V té době se začalo běžně topit uhlím, které bylo relativně levné a podstatně výhřevnější než do té doby užívané dřevo. Úspora nákladů na stavbu s menší tloušťkou zdiva byla výraznější než úspora nákladů na palivo.

Výše uvedené hodnoty minimálních tlouštěk stěn vycházející z jejich tepelných vlastností platí pro naše podmínky, tedy pro oblast *mírného pásu* na přechodu mezi oceánským a kontinentálním podnebím.

Klimatické podmínky velmi často rozhodují o volbě typu konstrukce a jejího materiálu, platí to zejména pro *kontinentální* (východní část střední Evropy, Rusko, sever USA, jižní Kanada) a *subarktické* (Sibiř, Finsko, střední Švédsko, Kanada) pásmo mírného pásu a pro oblasti vysokohorského klimatu.

V *oceánském* pásmu mírného klimatu, kam patří větší část západní Evropy (Francie, Německo, jižní Švédsko, větší část Norska, britské ostrovy i ostrov Bornholm v Baltském moři), se klimatické vlivy při volbě typu konstrukcí uplatňují podstatně méně výrazně.

Jižní Francie, větší část Španělska, Itálie, Dalmácie, Řecko, Bulharsko jsou v *subtropickém pásmu*, kde jsou požadavky na tepelný odpor stěn a vytápění ještě méně významné.

Hranici mezi oceánským a kontinentálním pásmem tvoří Krušné hory. Rozdíl mezi klimatem u nás a na druhé straně Krušných hor je ve větší délce mrazů, kdy hrázděný dům se stěnami o tloušťce pouze 20 cm promrzne.

Tepelné vlastnosti hrázděných budov *nevyhovují* požadavkům současných předpisů na obytné budovy, proto dochází k jejich zateplování. U masivních budov je nevhodnější umístit tepelnou izolaci na vnější líc, aby zdivo akumulovalo teplo přicházející z interiéru a uvnitř zdiva nedošlo ke vzniku rosného bodu, jehož důsledkem by bylo hromadění vlhkosti. Vnější izolační obklad hrázděných budov je ovšem z hlediska památkového nevhodný. Pro vnitřní izolaci hrázděných budov jsou běžně užívané tepelně izolační materiály nevhodné, protože nejsou prodyšné, takže vnější vlhkost by pronikala až k izolaci a docházelo by k **vlhnutí** dřeva a výplně hrázděné stěny. Proto byly vyvinuty izolační materiály na bázi jílu, které jsou prodyšné a umožňují průchod vzdušné vlhkosti stěnou oběma směry. Metodika návrhu a provádění byla vypracována a ověřena v Německu [260, 261], materiály pro *vnitřní tepelné izolace* hrázděných stěn jsou dostupné. Při aplikaci uvedených postupů u památkových objektů musí být před schválením **ověřena** správnost návrhu i kvalifikace zhotovitele.

Statická funkce stěny

Pro spolehlivé zajištění statické funkce musí mít stěna dostatečnou *únosnost a tuhost*.

Únosnost stěny ovlivňuje:

U masivních staveb (v uvedeném pořadí) → III. Zdivo /Mechanické vlastnosti:

- tloušťka stěny,
- kvalita vazby zdiva,
- pevnost malty,
- pevnost staviva.

U roubených staveb → III. Dřevěné konstrukce/Roubené stavby:

- příčná tuhost stěny.

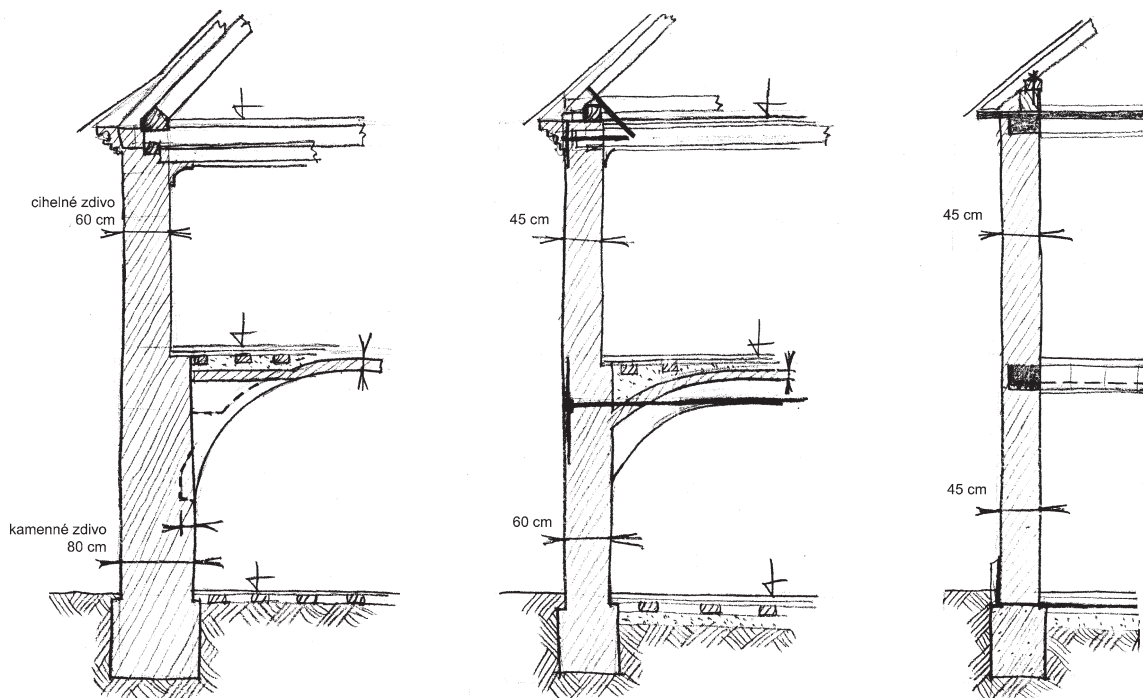
U sloupkových staveb (v uvedeném pořadí):

- uspořádání konstrukce (vzdálenost sloupků, umístění diagonál),
- druh a kvalita provedení výplně,
- profil a kvalita dřeva konstrukce.

U *masivních staveb* je možné do jisté míry nahradit kvalitu zdiva větší tloušťkou. Platí, že zdi, které mají tloušťky dané tepelnými vlastnostmi (viz výše), vyhoví pro 2–3 podlažní domy.

Od 19. století byly tloušťky zdí u nás určeny stavebními předpisy a o tloušťce zdí začala u vyšších domů rozhodovat jejich statická funkce. U několikapatrových domů byla v nejvyšším patře s ohledem na tepelné vlastnosti předepsána minimální tloušťka zdi 45 cm. Tloušťka zdi každého nižšího patra musela být vždy o $\frac{1}{4}$ cihly větší, takže u čtyřpatrového domu byla tloušťka zdi druhého patra 60 cm a přízemí mělo zdi 75 cm tlusté (*obr. 155*).

Velká tloušťka (a tedy i značná váha) je charakteristickým znakem masivních konstrukcí. Váha (tíha) jejich stěn tvoří podstatnou část (60–80 %) zatížení nosných zdí a základů budov.



Obr. 155: Tuhost domů: a – 18. stol.; b – 19. stol.; c – 20. stol.

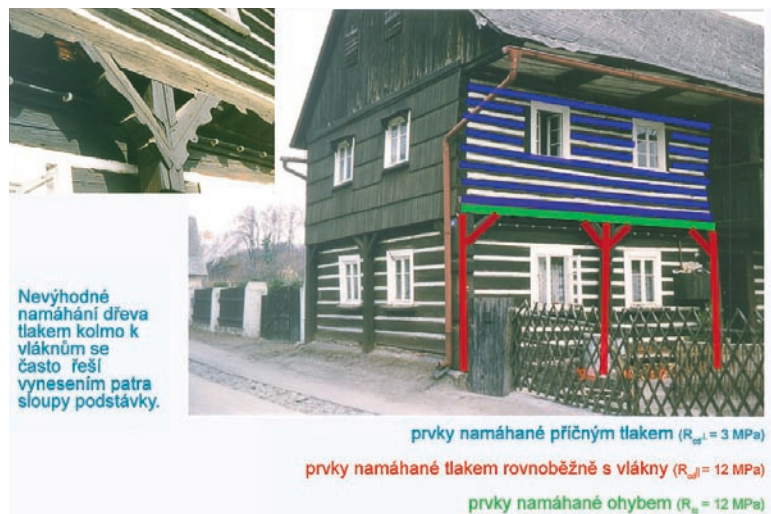
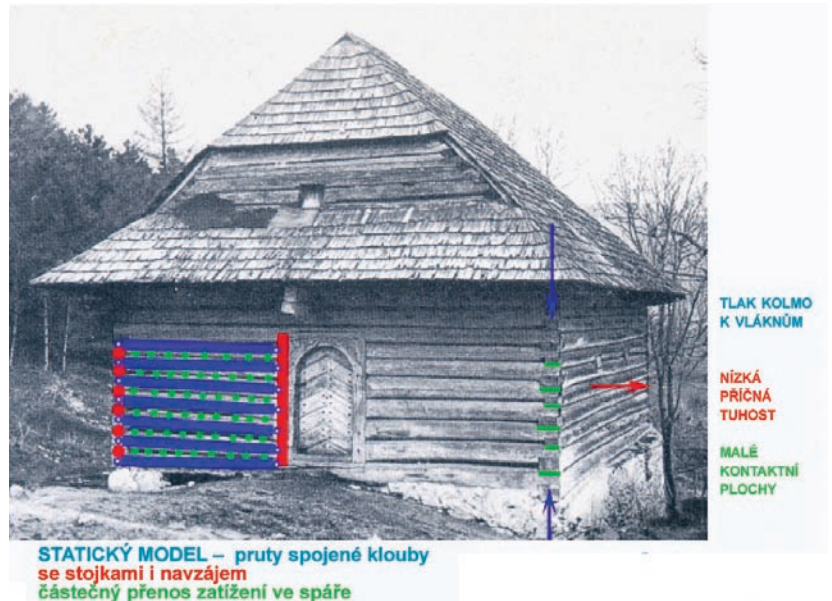
U dřevěných konstrukcí rozhoduje způsob namáhání dřeva, které má (na rozdíl od většiny ostatních historických materiálů) vysokou pevnost v tlaku i tahu při namáhání ve směru vláken. Naproti tomu pevnost dřeva v tlaku a tahu kolmo na vlákna a ve smyku je podstatně nižší (obr. 137).

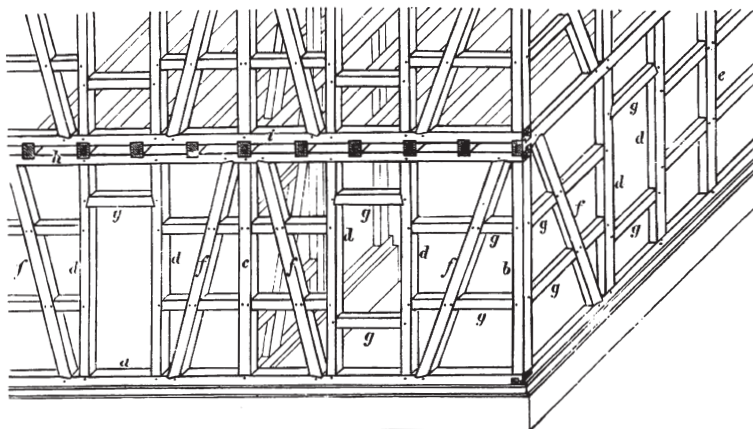
U roubených stěn, které jsou velmi výhodné z hlediska tepelného, je dřevo namáháno napříč vláken, nejsou tedy využity vysoké pevnosti dřeva – pevnost materiálu stěn je zde srovnatelná s pevností zdiva. Tloušťka roubených stěn je dána tloušťkou kmene, u jednotlivých staveb se příliš neliší, nemá v běžných případech podstatnější vliv na únosnost konstrukce. Únosnost stěny ovlivňuje především její příčná tuhost, která je u kulatiny ale i u trámů položených na sebe a spojovaných pouze v rozích poměrně nízká – snadno může dojít k vybočení stěny (obr. 156). Příčnou tuhost stěny zvyšuje provázání s příčnými stěnami, vložení svislých sloupků, hmoždinek nebo příložek (obr. 157). Proto mají roubené stavby zpravidla nejvýše dvě podlaží, často je horní patro založeno na sloupech představených před roubení spodního patra (podstávce) (obr. 158) nebo alespoň předsazeno na krakorcích. Všechny tyto úpravy zlepšují statickou funkci stěn – zkracují volnou délku trámů roubení namáhaných při svislém zatížení stěny vodorovným ohybem a zkracují vzpěrnou výšku roubené stěny.

Obr. 156: Statické působení roubené stavby.

Obr. 157: Prostorová tuhost roubené stavby, Skalsko.

Obr. 158: Roubené stavby s podstávkou, Dubá.





Obr. 159: Konstrukce hrázdění [173].

Sloupková stěna bez vetknutí do základů vyžaduje ztužení alespoň vodorovnými prvky, které vytvoří konstrukci, která je pracovně nazvaná *rámovou*. I zde je využita vysoká pevnost dřeva v tlaku, může být využita i řádově stejná pevnost v tahu (dřevo a ostatní rostlinné materiály užívané ve stavbách, jako sláma nebo rákos, jsou jediným přírodním materiálem, který má vysokou pevnost v tahu). Únosnost rámové stěny je dána především jejím uspořádáním, to jest vzdálenostmi sloupků, umístěním diagonál apod. Znamená to, že ze stejných průřezů dřeva je možno bez výrazného zvýšení množství materiálu při vhodném uspořádání vytvořit konstrukce s vysokou únosností. Tloušťka rámové stěny je dána tloušťkou užitého dřeva – obvykle je kolem 20 cm. Tuhost sloupkové stěny zajišťují příčky a diagonály (obr. 159), u hrázděného zdiva i jeho výplň.

Při vhodném uspořádání je možné zřizovat samonosné stěny, které zatěžují spodní stavbu jen v místech uložení, a které mohou případně vynášet i konstrukce ostatní (stropy). Konstrukce tohoto typu působí jako vzpěradlo (obr. 151, 152) (nebo příhradový vazník), které je konstruováno tak, že jeho prvky jsou namáhány převážně tlakem a tahem. U vzpěradel a příhradových vazníků jsou vlastnosti materiálu využity s vysokou efektivitou. U ideálního příhradového nosníku mají příhrady (vymezené pasy, diagonálami a vertikálami) tvar trojúhelníka, osy všech prutů se protínají v jednom bodě (styčnicku) a zatížení je do konstrukce vnášeno ve styčnicku. U historických dřevěných konstrukcí tyto požadavky nejsou vždy zcela splněny, dřevo je proto namáháno i ohybem od mimostyčného zatížení a od excentrického připojení prutů. Podmínkou správné funkce rámové stěny je i správná funkce spojů, do kterých je soustředěno zatížení, a které jsou obvykle diferencovány podle toho, zda jsou namáhány tlakem nebo tahem. Charakteristickým spojem je čep, kámp a plát na rybinu zajištěný dřevěným kolíkem. U samonosných stěn se velmi často uplatní i železné třmeny nebo táhla.

Pokud jde o funkci a provedení detailů, platí pro rámové konstrukce obdobné principy jako u konstrukcí krovů. Kromě toho, že rámová stěna má vysokou únosnost, je i lehká, což umožňuje snadno budovat vícepatrové stavby, značně vyložené arkýře apod. (obr. 160)

Vysoká pevnost dřeva v tlaku se využívá u *sloupkových* konstrukcí. Sloupkové konstrukce jsou ve výše uvedeném schématu rozděleny na rámové a *kulové*, ze kterých se rámové konstrukce zřejmě vyvinuly. Kulové stavby byly rozšířené v pravěku a dodnes se vyskytují v primitivních kulturách. Výhodou kulových staveb je vysoká tuhost jejich stěn daná vetknutím do země, možnost zakládat i v místech, kde jiné stavby mají problémy (na vodě, na půdách s vysokou hladinou podzemní vody, na věčně zmrzlé půdě) (obr. 127). Nevýhodou je omezení výšky dané délkou kmene a možností zarážet kůl a také hnití dřeva v zemině, které podstatně snižuje životnost stavby.



Obr. 160: Hrázděné konstrukce umožňovaly budování lehkých visutých konstrukcí arkýřů, vikýřů a mostů: Strasbourg, Tübingen, Bebenhausen.

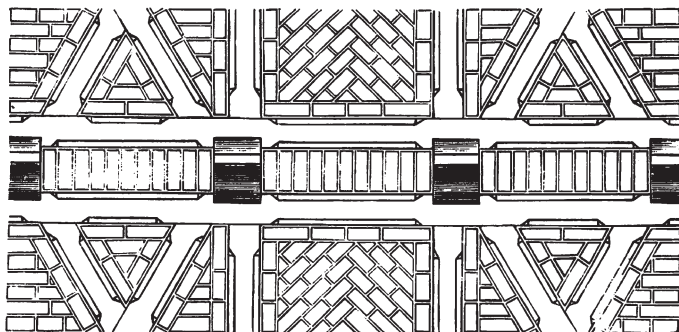


Obr. 161: Dřevěná konstrukce z dubového dřeva nemá diagonály, ale výplně jsou velmi pečlivě vyklínovány proti hornímu dřevu šikmo kladenými cihlami, Vitoria-Gasteiz, Baskicko.

Váhu (tíhu) rámové konstrukce zásadně ovlivňuje její výplň, proto se u konstrukcí, které mají být lehké (příčky), používá bednění nebo různé typy pletené nebo lačkové výplně.

Výplň může mít i statickou funkci, je tomu tak především u hrázděných (vyzdívaných) obvodových a vnitřních nosných stěn, u kterých vyzdívkou stavbu ztužuje a přenáší zatížení v kontaktu dřeva a zdiva. Platí to zejména u hrázděných staveb bez diagonál, které jsou pro některé oblasti typické, například na dánském ostrovu Bornholmu, v Anglii nebo ve Francii, kde je hrázdění někdy vyzdíváno plochými čtvercovými cihlami, podobnými cihlám římským, rozměr cihly určuje tloušťku stěny i vzdálenost vertikál hrázdění. Vyzdívky velkých hrázděných domů v baskické Vitorii-Gasteiz jsou proti dřevu velmi pečlivě klínovány, aby zajistily tuhost stavby. Pokud tyto domy mají diagonály, jejich funkcí bylo pouze ztužení dřevěného skeletu při stavbě (obr. 161).

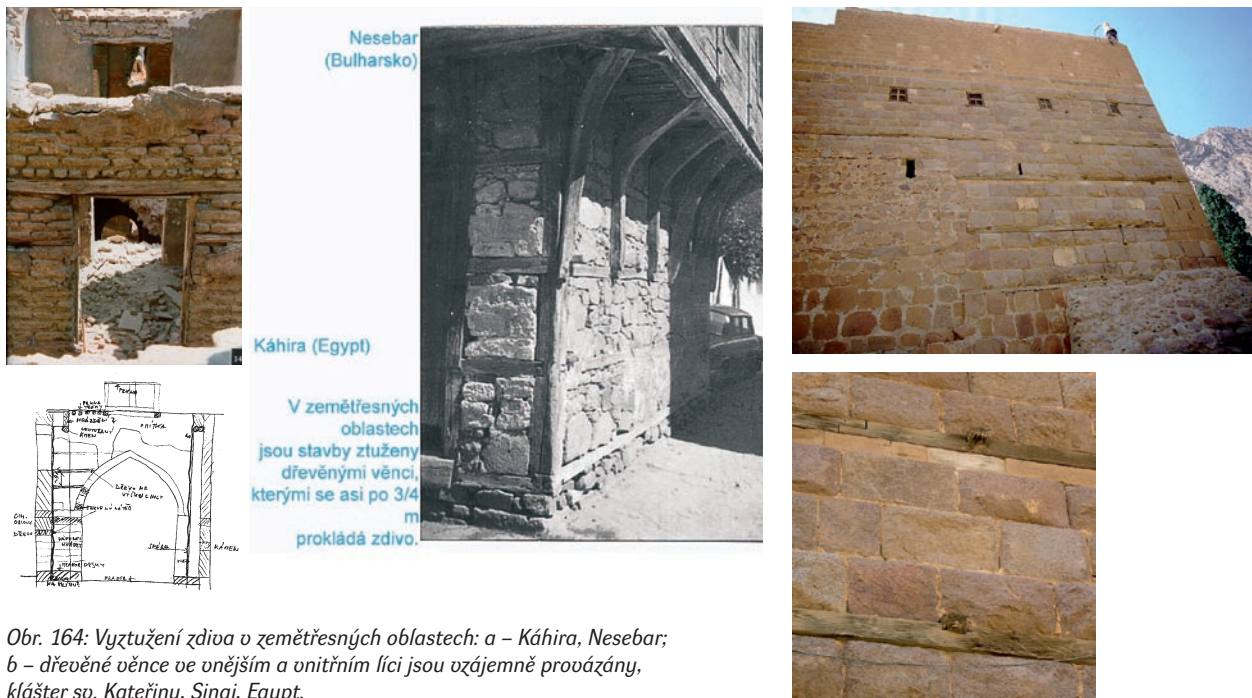
U vyzdívek hrázděných staveb se často setkáváme s parketovou vazbou nebo klasovým zdívem (opus spicatum). Zdivo s touto vazbou má stejnou pevnost ve dvou směrech na sebe kolmých, což má význam pro roznesení zatížení na svislé a šikmé dřevěné prvky (zdivo s rovnoběžnými spárami má vysokou pevnost kolmo na spáru, ale podstatně nižší pevnost ve směru ložné spáry).



Obr. 162: Dekorativní vazba hrázděného zdiva [177].



Obr. 163: Hrázdění z tyčoviny, neuspořádaná („entropická“) vazba z nepálených cihel, Chiva, Uzbekistán.



Obr. 164: Vyztužení zdiva v zeměřesných oblastech: a – Káhira, Nesebar; b – dřevěné věnce ve vnějším a vnitřním líci jsou vzájemně provázány, klášter so. Kateřiny, Sinaj, Egypt.

Přenos sil mezi dřevem a zdivem v hrázděné konstrukci byl pravděpodobně původní funkcí dekorativní vazby rezných cihel v příhradách hrázdění. (obr. 162) Podobné tendence můžeme sledovat i na příkladech primitivního hrázdění, kde záměrně neuspořádaná vazba zajišťuje (po dotvarování) vyrovnanou pevnost zdiva ve dvou směrech a tím rovnoměrné zatížení dřevěných prvků. (obr. 163)

U některých hrázděných staveb má dřevěná konstrukce pouze funkci prostorového ztužení tenkých stěn, tj. zachycení vodorovných sil, svislé zatížení přenáší v celém rozsahu vyzdvíka.

Hrázděné zdi tohoto typu tvoří přechod ke zděným stavbám ztuženým dřevěnými věnci, které jsou běžné v zeměřesných oblastech (obr. 164).

Se stavbami s tenkými zdi (tloušťky řádově 20 cm) ztuženými dřevěnými věnci provázanými se stropy a krovky, se můžeme setkat i u nás, například na Malé Straně, kde v celé řadě domů v Mostecké nebo Nerudově ulici byly po požáru v 16. století uplatněny vlašské stavební technologie. Z úsporných důvodů byly zdi tenké, bylo však nezbytné jejich ztužení. V těchto domech byly zjištěny dřevěné věnce i v poloze mezi stropem a podlahou, což zřejmě vycházelo z konstrukčních zásad běžných v zeměřesných oblastech. Tento způsob stavění vyšel zřejmě poměrně záhy z užívání, protože kvůli tepelným vlastnostem bylo nutno stavět zdi tlustší a brzo se ukázalo, že jejich ztužení věnci není nezbytné.

Stavební náklady

Stavební náklady ovlivňuje především množství materiálu, který je nutný na stavbu. Z výše uvedených charakteristik různých typů stěn je zřejmé, že konstrukcemi s nejmenší spotřebou materiálu jsou stěny rámové, jejich láce je velmi významnou předností.

Cena stavebních materiálů se velmi různí podle místních podmínek – zatímco v lesních oblastech je dřevo levné, jinde je naopak dřevo drahé. Příznačné je, že i v oblastech, kde je dřevo poměrně vzácné, se u chudých staveb uplatňují hrázděné konstrukce,¹¹⁾ protože hrázděná konstrukce dovoluje použít i dřevo podřadné kvality, malých profilů a jako výplň

11) Láci hrázděného zdiva i jeho základní charakteristiky výstižně popisuje Vitruvius: „Chtěl bych ovšem, aby hrázděné zdivo (cratitii) nebylo vůbec

cihly z nepálené hlíny (obr. 165).

Důležitým faktorem zlevňujícím hrázděnou stavbu je i okolnost, že může být postavena velmi rychle a jak je vidět na příkladu z Buchary i poměrně primitivním způsobem. Jedinými nástroji zde užívanými byla teslice (sekyra nasazená kolmo na topůrko), kterou se dřevo zkracuje a kterou se provádí jediný typ spoje – zapíchnutí osekávaného dřeva (původně výhradně kulatiny) do dlabu na plný profil a široká motyka užívaná na kopání hlíny i na její promísení s vodou v hliněné míse přímo uvnitř stavby. Z hlíny se přímo na stavbě vyrábějí cihly nebo spíše války, které v pouštním klimatu rychle uschnou, z nich se pak na hliněnou maltu vyzdí stěny, které se rukama omažou hliněnou omítkou. Na zdicí maltu, omítku i cihly se užívá stejná hlína rozdělaná vodou.

Funkce a využití rámových a hrázděných konstrukcí

Rozlišili jsme rámové konstrukce bez výplně, konstrukce bedněné a hrázděné (vyzdívané). Podle účelu stěny se volí druh výplně, která může mít funkci oddělující, ochrannou, tepelnou, statickou a podobně.

Pokud má rámová konstrukce pouze funkci podpůrnou, zůstane bez výplně, příkladem jsou stěny otevřených přístřešků, tržnic, otevřených zvoníc, věží.



Damašek (Sýrie)



V hrázděných konstrukcích je dřevo využito velmi efektivně, proto jsou hrázděné konstrukce ze dřeva a nepálených cihel levné i v oblastech, kde je dřeva nedostatek.



Stavba hrázděného domu je rychlá a levná, je možno ji realizovat i velmi jednoduchými prostředky.



Obr. 165: Hrázděné zdivo z leoného materiálu: a – Damašek, Sýrie; b – Buchara, Uzbekistán, 70. léta 20. století.

vynalezeno. Oč totiž prospívá více svým rychlým provedením a úsporou místa, o to je k větší a k obecné pohromě, poněvadž je to hotová smolnice pro požáry. Je proto zřejmě výhodnější mít vydání s nákladem na zdi z pálených cihel nežli být v nebezpečí následkem úspor, jichž se dosáhlo při hrázdění. Hrázdění působí také trhliny v omítkových pracích při členění příčných a svislých trámů v konstrukcích. Hrázděné stěny totiž při omazávání do sebe nasávají vlhkost a bobtnají, při vysychání se potom stahují a svým smršťováním rozrušují celistvost omítek. Poněvadž však některé lidi k tomu nutí spěch, nedostatek peněz nebo potřeba přičky na nepodloženém místě, je nutno postupovat takto: Základ hrázděné zdi se provede tak, aby hrázděná zed' nebyla ve styku s podlahovou masou (rudus) ani s dlažbou. je-li totiž do nich zapuštěna, stárím zetlívá, a když se sesedává, naklání se a rozrušuje vzhled omítky."

Pokud je nutná funkce oddělující nebo ochranná a stavba má být lehká a levná, opatří se rámová stěna bedněním (zvonice, dřevěné kostely, vikýře). Často je *bedněná stěna* omítnuta a prezentuje se jako zděná (příkladem je světlíkové patro zámku v Horní Polici, jehož jedna stěna je zděná, druhá, která stojí na stropěch spodního patra, je bedněná).

Charakter bedněných rámových konstrukcí mají také stavby se stěnou vyplněnou násypem nebo novodobou tepelnou izolací vláknitou nebo z pěněního polymeru, které jsou tradiční v USA, Kanadě, Skandinávii a v Rusku, ale dnes se staví po celém světě.

Termínem hrázděné *zdívo* (das Fachwerk, the framework) se označuje rámová konstrukce s výplní, která může mít různou podobu i různé vlastnosti. Výplně pletené, laťkové a podobně se užívaly u chudých staveb nebo u konstrukcí, které měly být lehké nebo které sloužily jako příčka. Zděné výplně se užívaly tam, kde staticky spolupůsobily s dřevěnou konstrukcí nebo tam, kde stěna měla mít funkci tepelně izolační.

S hrázděným zdívem se setkáváme od starověku do současnosti. Genesi hrázděných konstrukcí můžeme sledovat u primitivních staveb, například u tak zvané *murus gallicus*, kterou Caesar popisuje jako zeď z kamenů kladených nasucho prokládanou vodorovnými trámy. Bójové v našich zemích stavěli hradby s kamennou plentou v líci vyztuženou svislými kůly zapuštěnými do země, o plentu se opíral násyp z kamení a hlíny prokládaný příčnými břevny. Kůly ztužující suché zdi se užívaly i u obytných domů.

Příklady z Damašku i ze Střední Asie dokládají využití hrázděného zdíva u staveb chudých, takových staveb bylo jistě mnoho i u nás. Hrázděné stavby jsou doloženy například na starých vyobrazeních Prahy. Většinou se jedná o stavby podružné nebo o doplňky staveb, jako jsou podsebití věží, vikýře, arkýře, štíty a podobně. Do současnosti se z nich zachovala zřejmě jen nepatrná část. Ze 70. let 20. století pocházejí fotografie vnitřních stěn ochozu novoměstské radniční věže, dodnes se zachovala hrázděná konstrukce vikýře domu na Pohořelci, většinou až podrobný průzkum odhalil hrázděné vnitřní zdi a příčky domů, se kterými se můžeme setkat především na Malé Straně. Vzácné jsou v pražském prostředí hrázděné vnější stěny *obytných* staveb, donedávna byly například zachovány v domě U zlaté studně, kde jejich autentická podoba zanikla při nekvalifikovaně vedené rekonstrukci. V našich zemích rozšíření hrázděného zdíva zřejmě nedosáhlo takové míry jako v zemích západní Evropy, kde je běžně užíváno u obytných domů a je konstrukcí typickou pro některé oblasti a některá období.

Rozšíření obytných hrázděných staveb se do jisté míry kryje s hranicí oceánského pásma, kterou překračuje jen v oblastech západoevropských kulturních vlivů (u nás německých). Zjevně se zde uplatnil *vliv klimatu* – zatímco v západní Evropě tepelné vlastnosti hrázděného zdíva vyhovují, v našich podmínkách nebyl tepelný odpor tenkého zdíva dostatečný. Proto se u nás s hrázděnými *vnějšími* stěnami setkáváme u staveb hospodářských, nástaveb, střešních štítů a podobně – to je patrné i na starších vyobrazeních Prahy.

Hrázděnou konstrukci mívají *samonosné* stěny a stěny podpírající nebo vynášející stropy. V této funkci byly hrázděné stěny užity například při Pacassiho přestavbě Pražského hradu (kde byly jejich součástí i železná táhla) nebo příčky stojící na stropěch 1. patra zámku v Červeném Poříčí, ve špitále v Hrádku nad Nisou, v Juditině věži Karlova mostu a jinde. Samonosné hrázděné zdi uplatnil i architekt Mocker v královském paláci na Karlštejně (*obr. 151, 154*).

Hrázděné zdívo, pokud není zakryto omítkou, je výrazným *dekorativním* prvkem. V této funkci se uplatňuje v celé řadě oblastí, stalo se slohotvorným prvkem i v nové době, kdy ovlivnilo vnější tvář architektury i u nás, kde hrázdění nepatří k tradičním prvkům. Příkladem mohou být vily v Bubenči, hotel v Hamru na jezeře, ale i Navrátilova dekorativní malba interiérů zámku na Klenové. Hrázdění jako architektonický prvek bylo dokonce napodobováno v omítce, příkladem je holešovický přístav nebo romantický Artušův hrad na Sychrově.

V 19. století bylo hrázděné zdívo běžnou konstrukcí, která se uplatňovala pro své výhodné vlastnosti i jako výrazný architektonický prvek. Byly vypracovány vzorové detaily, konstrukční principy hrázděného zdíva se vyučovaly, byla vydána řada příruček [177].

Je třeba připomenout, že od 19. století až do současnosti se u staveb, které mají být lehké a levné, například u zemědělských nebo průmyslových hal, hojně užívalo hrázděné zdívo i opláštěné rámové stěny s ocelovou konstrukcí.



Obr. 166: Typické poruchy hrázděného zdiva: a – stodola, Opálka, 19. století; b – vysychání dřeva, uvolnění výplně; c – uhníování spojí; d – hniloba ve styku se soklem.

Poruchy hrázděných staveb

K narušení hrázděných konstrukcí dochází nejčastěji při napadení dřeva dřevokazným hmyzem a houbami a působením povětrnostních vlivů. Poruchy jsou způsobeny nedostatečnou údržbou objektů, nevhodně vyřešenými konstrukčními detaily a nedostatečnou ochranou dřeva před vnějšími vlivy. Pokud dřevo v kontaktu se zdivem nemůže vysychat (když je zazděno, když jeho povrch nemůže odvětrávat, nebo když je zdivo příliš vlhké), dochází ke zvýšení vlhkosti dřeva, k jeho napadení plísněmi a houbami a k postupnému zhoršování jeho mechanických vlastností. Pokud je dřevo trvale promočeno (v místech, kam zatéká, v dotyku se zeminou), dochází po čase k napadení dřevomorkou, které má destruktivní charakter. Hrázdění v blízkosti lesních porostů nebo parků bývá na prosluněných místech napadeno tesaříkem. Nechráněné dřevo vystavené slunci a dešti vysychá, deformuje se a křehne (obr. 166).

Při opravě porušené hrázděné konstrukce je třeba rozlišit druh, charakter a rozsah napadení a rozsah způsobených škod, je třeba určit **priority** zachování funkcí konstrukcí a priority památkové hodnoty nosné konstrukce a ostatních prvků. Je důležité určit, nakolik je narušena statická funkce konstrukce, v jakém stavu jsou její spoje, zda porušení má charakter globální nebo místní a bezpečně lokalizovat napadení. Někdy je obtížné skrytou hrázděnou konstrukci vůbec zjistit. Vodítkem může



Obr. 167: Hrázděná stěna měla vápennou omítku, po jejím odstranění se objevila hlíněná mazanina se slámou na výplni z dřevěné tyčoviny. Stopy prstů mají význam pro spojení mazaniny s omítkou, K. Vary, 18. století (?)

být malá tloušťka stěny (to platí i pro zakryté roubené konstrukce) a často trhliny, které prozrazují diagonály (obr. 170). U bedněných rámových stěn se při jejich deformaci objevují paralelní šikmé trhliny.

Při návrhu opravy je třeba se zabývat nejenom samotnou dřevěnou konstrukcí, ale i její výplní a povrchovými úpravami (omítkami, nátěry, malbami apod.). Často jsou to právě **autentické povrchové úpravy**, které představují nejcennější část konstrukce (příkladem může být Pluhův dům v Horním Slavkově, kde byly zachovány pozdně gotické barevné dekorativní nátěry dřevěných prvků i omítky výplní), ale i domy v Karlových Varech (obr. 167).

Nahrazení dřeva zdivem bylo vždy jedním z nejčastějších způsobů opravy hrázdění, často byla celá dřevěná konstrukce postupně nahrazena zdivem nebo z ní zůstaly jen nepatrné zbytky. Tento přístup by mohl mít oprávnění i dnes, pokud by v případě, kdy hrázděná konstrukce zůstane zakryta omítkami, znamenal minimalizaci opravy.

Opravy hrázděných staveb

Oprava dřevěné konstrukce je nutná v případě, kdy musí být zachována její statická funkce nebo když se hrázdění viditelně uplatňuje. Opravu je možno provést zpevněním narušeného dřeva (někdy jen v místech, kde je namáháno příčným tlakem), nahrazením části profilu vložkou, výměnou narušené části profilu (v nastavení bude nový spoj), výměnou celého prvku nebo výměnou části konstrukce. Pokud je možno vybourat výplň, nečiní výměna dřeva větší potíže. Tam, kde je žádoucí původní výplň zachovat, jsou možnosti výměny dřeva omezené. Příkladem opravy vložkami a výměny částí prvků při zachování původní výplně je oprava hrázdění věže na hradě Konopišti, kde byla cihelná výplň při výměně dřeva vynesena betonářskou výztuží osazenou do otvorů vyvrtaných ve spáře.

Stavba musí mít dostatečnou *tuhost*, kterou zajišťují diagonály nebo výplň hrázdění, provázání s vnitřními stěnami, zděné stěny, které jsou součástí stavby, trémové stropy apod. Je třeba posoudit, zda tyto konstrukce jsou pro zajištění tuhosti dostatečné a opravit jejich poruchy. Pokud tuhost objektu není dostatečná, měla by být doplněna konstrukcemi, které mají autentický charakter (například vložení diagonál, případně hrázděné příčky) nebo nenaruší příliš památkovou hodnotu (například zpevnění spojů vhodně upravenými kovovými prvky. Doplnění táhly nebo věnci není autentickým způsobem ztužení stavby.

U dřevěných konstrukcí může být závažným problémem trvalá deformace, která se při dlouhodobém zatížení projevuje při zvýšení vlhkosti dřeva.

Při opravě je důležitá správná **konstrukční úprava detailů**, preventivní ošetření, ochrana konstrukcí a následně jejich údržba. Důležitá je zejména konstrukční ochrana dřeva v uložení hrázdění na zdivo, kde nejčastěji dochází k přechodu vlhkosti do dřeva. Vodotěsná izolace je v této spáře **nepřípustná**. Ve stavebních příručkách z konce 19. století, kdy se běžně stavěly nové hrázděné budovy, jsou dokonale vyřešeny detaily uložení, kotvení, spoju dřeva, styku dřeva s výplní a modulová koordinace, která je nezbytná u dekorativních vazeb režného zdiva. [177]

Podstatou preventivních opatření při opravě historických hrázděných budov je samozřejmě **dokonalé odvodnění** stavby, důkladná likvidace ložisek napadení a preventivní ošetření dřeva proti napadení.

Zásady *likvidace napadení* dřeva a preventivní ochrany jsou v kapitole → III. / **Dřevěné konstrukce / Ochrana proti napadení**. Principy ochrany staveb proti vlhkosti viz kapitola → III. / **Dřevěné konstrukce / Ochrana proti vlhkosti**.

Koncepci všech zásahů do nosných konstrukcí, prvků i povrchů památkově chráněné hrázděné stavby je nutno **schválit** příslušnými památkovými orgány. Stejně zásady ochrany nosných konstrukcí a jejich povrchu platí v přiměřeném rozsahu i pro hrázděné stavby v památkových rezervacích a zónách, jejichž konstrukce je neoddělitelnou součástí vnějšího vzhledu stavby.

Povrchové úpravy

Povrchová úprava může výrazně ovlivnit životnost hrázděné konstrukce. Omítnutí nebo obklad je velmi účinnou ochranou před degradací dřeva i před vlhkostí, před napadením hmyzem však obklad chrání jen částečně. Příkladem je zmíněná nástavba věže na Konopišti z konce 19. století, kde bylo dřevo hrázdění oplechováno mědí (*obr. 134*), pod plechem však byly velmi příznivé teplotní a vlhkostní podmínky pro život tesaříka, který kladl do dřeva vajíčka ve spáře u zdiva, kde dřevo nebylo kryto plechem.

Významnou ochranu, zejména před degradací dřeva slunečním zářením, představují *nátěry*, které mají význam, pokud jsou pravidelně obnovovány. U nátěrů je základním problémem jejich autenticita, v současné době se i v památkové praxi užívají převážně nátěry novodobé, je proto třeba se u autenticky zachovaných památek vrátit k nátěrům tradičním, jako byly nátěry olejové, ale i nátěry vápnem či hlinkou.

Při opravě hrázděného zdiva s cennými omítkami a nátěry, které jsou dílem výtvarného umění nebo uměleckořemeslnou prací je nutná spolupráce s **restaurátorem**. Zpravidla je nutná předběžná konzervace a ochrana omítek, krajním řešením může být sejmutí a opětné osazení omítek na opravenou konstrukci. Mnohdy se při opravě hrázdění nedbá na zachování výplní z různých typů pletiva, povřísel, latěk a podobně. Jejich podoba je velmi různorodá a provedení věrné kopie problematické, proto je důležité zachování těchto konstrukcí v autentické podobě.

Povrchová úprava hrázděné stavby by měla odpovídat **autentické** podobě objektu, která se ovšem mohla v průběhu jeho existence proměňovat. Pro rozhodnutí o povrchové úpravě roubené stavby je proto nezbytný průzkum, který bude podkladem pro závazné stanovisko památkových orgánů.

DŘEVĚNÉ MOSTY

Historické dřevěné mosty jsou u nás vzácné. Nejstarší z nich jsou chráněné střechou a bedněním [92].

U konstrukcí vystavených povětrnosti je nejdůležitější vyřešit detaily podle zásad konstrukční *ochrany před napadením* – především zajistit odvodnění spojů a vysychání. Z hlediska ochrany proti napadení je účelné využití kulatiny, která má uzavřený povrch.

Ve styku kovových spojovacích prvků a dřeva dochází k napadení hnilobou, osvědčuje se dělat exponované prvky (mostiny, madlo zábradlí) z **dubového dřeva** a spojovat je dřevěnými kolíky (*obr. 138*).

U dřevěných mostů je ideální užívat tesařské spoje – tažené prvky se v tom případě spojují pláty na rybinu. U subtilnějších konstrukcí se využije čepování, osedlání a kámpování, tažené spoje budou svorníkové. Utažení svorníků je nutno pravidelně kontrolovat.

V uložení je účelné využít prahy z dubového dřeva uložené na odvodněný zděný nebo betonový základ, případně na zhutněné a dobře odvodněné štěrkové lože.

Madlo a sloupky dřevěného *zábradlí* musí být dimenzovány na předepsané vodorovné zatížení. V patě sloupků vodorovná síla působící na rameni, které je dáno výškou sloupku, vyvolá poměrně velký moment. Tento moment může být dvojicí svorníků přenesen do konstrukce mostu. Výška podélných nosníků mostu však obvykle není pro osazení dvojice svorníků dostatečná, proto je třeba volit jiný způsob kotvení zábradlí. Vhodným řešením jsou vzpěrky sloupků umístěné na vnější straně zábradlí spojené se sloupkem a přesahujícím příčnickem plátem na rybinu. Jiným způsobem mohou být ocelové sloupky, které je možno do nosníků mostu kotvit svíslými svorníky. Návrh zábradlí musí být podložen statickým výpočtem.

Dřevěný most je nutné průběžně **udržovat**, nejméně dvakrát ročně kontrolovat odvodnění, vlhkost a napadení dřeva, stav všech prvků a spojů a opravovat drobná poškození.

Nosníky a stropy z jiných materiálů

KAMENNÉ NOSNÍKY

Kamenné nosníky se vyskytují už v megalitických a archaických stavbách. Vzhledem k tomu, že pevnost kamene v tahu je velmi nízká, musí mít nosník dostatečnou výšku, aby se jeho zatížení přeneslo do podpor *klenbovým účinkem* (tlakem) (*obr. 62*).

V klasické architektuře, která využívá sloup a kladí (Egypt, Řecko, Řím), se dimenze kamenného nosníku určovala pomocí *proporčního kánonu*.

V historických stavbách se kamenné nosníky běžně užívají jako překlady uložené na zdivu nebo na kamenném ostění (v portálech). Nad kamenným nadpražím je zpravidla *odlehčovací oblouk*, který přejímá zatížení zdivem, nadpraží je namáháno pouze zdivem pod odlehčovacím, obloukem, rozpětí překladu se někdy zmenšuje konzolkami [87, 178].

Kamenné překlady jsou obvykle dobře dimenzované. Při poruše stavby (poklesu v základech, částečné destrukci) nebo při jejich změnách (bourání otvorů) dojde k přerozdělení zatížení ve zdivu, které se v kamenném překladu může projevit tahovou trhlinou v místě největšího zatížení momentem nebo trhlinou smykovou při uložení

Poučným příkladem je porušení opukového překladu niky románského domu ve foyeru Divadla v Ungeltu tahovou trhlinou. Překlad má malé rozpětí a jeho zatížení není velké. Suterénní prostory malého divadla jsou odvětrávány výkonným ventilátorem, který způsobil intenzivní vysušování a destrukci zdiva v místech, kudy proudil vzduch. Překlad niky nebyl přímo ofukován, přesto však napětí od smrštění spodní hrany nosníku se sečetlo s napětím od zatížení a pevnost kamene v tahu byla překonána. Tento příklad dokládá že opuka je mimořádně citlivá na změny vlhkosti a reaguje na ně objemovými změnami [219]. Pražské středověké domy mají mimořádnou památkovou hodnotu, proto je třeba je důsledně chránit především zachováním stálého klimatu, které bude mít dostatečnou vlhkost. Praktickým opatřením je **zabránit vytápění** sklepních prostor.

Opravy nosníků (a jiných kamenných prvků)

Kamenné překlady narušené trhlinami, navětralé nebo mechanicky poškozené se opravují **restaurátorským** způsobem, pokud možno na místě bez rozebírání. Trhlina se zatmelí, případně zainjektuje materiálem, jehož složení se navrhne na základě průzkumu kamene. Pokud je trhlina širší, nebo je nebezpečí dislokace oddělených částí kamene, může být tahová

nebo smyková síla zachycena nerezavějícím kovovým trnem, který se zatmelí do vrtu.

V případě, že kamenný prvek byl při poruše stavby silně narušen – zlomen, vyštípnut a podobně, obvykle se vyjme ze zdiva, sesadí a spojí pomocí trnů osazených v lomové ploše, doplní se kamennou vložkou nebo umělým kamenem a osadí se jako celistvý prvek.

Tmely a umělý kámen užívaný pro opravy kamenných prvků nesmí při působení vnějších činitelů (zejména při vlhkostních a teplotních změnách) vyvolat degradaci původního materiálu, proto musí být **měkčí** než původní kámen.

KAMENNÉ KRAKORCE (KONZOLY), CHRLIČE, PAVLAČE, ŘÍMSY

Kamenné krakorce nesoucí arkýře, balkony, pavlače nebo římsy historických staveb jsou konzoly vetknuté do zdiva. Pevnost kamene v tlaku je vysoká, únosnost kamenných prvků v tahu za ohybu a ve smyku je vzhledem k malé pevnosti kamene při tomto namáhání nízká, proto bylo nutné únosnost a stabilitu kamenných konstrukcí řešit *konstrukčním uspořádáním*.

Při větším vyložení jsou kamenné konzoly někdy znásobené a postupně vysunuté přibližně pod úhlem „gotického“ trojúhelníka s odvěsnami 1:2. V uložení se šikmá složka zatížení přenesou do zdiva, vodorovná složka zatížení, která směřuje ze zdiva ven, musí být menší než tření vyvolané svislým zatížením. Tato podmínka je u „gotického“ trojúhelníka s dostatečnou bezpečností splněna (koeficient tření ve zdivu je min. 0,5) (*obr. 55*).

Stabilita konstrukce je zajištěna dostatečnou délkou uložení konzol ve zdivu – moment od zatížení vetknutého konce zdivem musí být větší než moment od zatížení převislého konce konzoly.

V některých případech byla ohybová únosnost kamenných konzol zajištěna železným táhlem.

Při *posuzování* kamenných krakorců je nutno prověřit stav kamene, zejména, zda není v blízkosti uložení narušen smykovými trhlinami.

Obdobně se posuzují i kamenné chrliče. Historické plechové, ale i kamenné chrliče, bývají podepřeny železnou podpěrou. Tento způsob opravy se může uplatnit i u památkově chráněné stavby.

Nosnou konstrukci mezi kamennými konzolami arkýřů a pavlačí zámků a městských domů tvoří segmentové klenby nebo tlusté kamenné desky.

Kamenné desky se posuzují na ohyb a smyk, je třeba prověřit, zda nemají smykové nebo tahové trhliny a zda nejsou navětralé.

Pavlače domů z 19. století mívají *litinové nebo ocelové konzoly*, které jsou kotveny do zdiva. Konzoly mají rámovou nebo příhradovou konstrukci, ohybový moment je přenášen dvojicí kotev svislého prvku přiloženého ke zdivu. Alternativním řešením byly konzoly z ocelových válcovaných nosníků (často napadených korozí) vetknuté do zdiva, mezi nimiž byly segmentové cihelné klenby. Podlaha pavlače má často dřevěnou nosnou konstrukci, někdy je dlážděná a zespodu omítaná, někdy podlahu tvoří pouze prkna.

Vylehčené *pavlače* pravděpodobně nebyly dimenzovány na dnes platné užité zatížení. Pokud vzniknou problémy při posuzování, je možno nosnou konstrukci podlahy posílit a současně vylehčit, případně znásobit počet železných konzol.

Na předepsané užité zatížení také nemusí vyhovět kotvení zábradlí. U některých vylehčených pavlačí je zábradlí účinně kotveno do zdiva pomocí podchozího oblouku.

Konstrukce pavlačí je **vždy** nutné posoudit statickým výpočtem.

Římsy zděných staveb jsou obvykle konstruovány jako konzoly uložené na korunu zdiva. Stabilitu říms zajišťuje:

- tření od vlastní váhy, pokud jsou konstruovány jako přečnělková klenba, která je stabilní při poměru výška : vyložení = 2 : 1,
- pokud je vyložení stejné jako konstrukční výška římsy nebo větší, musí být stabilita zajištěna tíhou krycí desky, která je často kamenná; v některých případech byly římsy vyzděny ze speciálních tvarovek nebo cihel dvojnásobné velikosti (*obr. 51*),

- konstrukce římsy musí být kompaktní, tzn. dobře provázaná, bez mezer ve spárách a bez trhlin,
- ke stabilitě říms barokních staveb přispívají přesahující konce zadržných vazných trámů a zatížení krovem (obr. 146 a).

Stabilita říms je velmi často narušena zatékáním do zdiva a hnilobou zadržného dřeva, proto je třeba při opravách nebo stavebních úpravách velmi pečlivě řešit a na základě **statického výpočtu** posuzovat (obr. 146 c):

- stabilitu římsy,
- uložení krovu tak, aby byla zajištěna konstrukční ochrana dřeva proti napadení,
- postup stavby,
- bezpečnostní opatření – při každém zásahu do uložení krovu je nutné **podepřít římsu** na lešení.

U staveb římských, renesančních a novorenesančních se uplatňovaly *lunetové římsy*, jejichž konstrukci tvořily kamenné nebo zděné konzoly vetknuté do zdiva, do nichž byly uloženy segmentové klenby. U novorenesančních staveb se užívala ocelová konstrukce konzol, která byla obedněna a omítnuta.

KAMENNÁ A VISUTÁ SCHODIŠTĚ

Vřetenová točitá schodiště jsou složena z kamenných (nebo dřevěných) stupňů, které jsou na vnější straně uloženy do zdi, jejich vnitřní uložení tvoří profilované vřeteno. Stupně jsou kamenné nosníky uloženy na obou koncích, které se o sebe částečně opírají. V novějších konstrukcích jsou ve vřetenové části stupňů otvory, kterými prochází svislá železná tyč. Pokud tomu tak není, má schodiště malou příčnou tuhost, kterou zajišťuje pouze osazení do vnějšího zdiva. Únosnost stupňů je obvykle vyhovující, stará točitá schodiště však bývají různým způsobem narušena:

- deformací vřetene, vzájemným posunutím stupňů (příčinou je malá tuhost schodiště),
- mechanickým poškozením stupňů,
- prošlapáním stupňů, takže je narušeno vzájemné opření,
- porušením stupňů trhlinou (obvykle smykovou) při deformaci schodiště,
- uvolněním stupňů v uložení.

Točitá schodiště jsou někdy umístěna v samostatných věžích malého průměru, které bývají narušeny dilatačními trhlinami, které se mohou projevat deformacemi schodiště.

Při opravě točitého schodiště je nutné:

- hloubkově vyspárovat (případně zainjektovat) trhliny v obvodovém zdivu,
- podle možnosti srovnat deformace vřetene a doplnit maltu ve spárách vřetene,
- důkladně opravit uložení ve vnějším zdivu (doplnit maltu a vyklínovat),
- zatmelit trhliny ve stupních, případně je prokotvit nerezavějícím kovovým trnem,
- opravit mechanicky poškozená místa vložkou nebo umělým kamenem,
- doplnit maltu do spár mezi stupni.

Opravy kamenných prvků se provádějí restaurátorským způsobem → III. / **Opravy kamenných prvků**. Obdobným způsobem se posuzují a opravují i dřevěná vřetenová schodiště.

Visutá schodiště nemají vřeteno, jsou tvořena kamennými stupni, které jsou vetknuty do obvodové zdi a opírají se o sebe ozubem, který přenáší část zatížení do základu, případně do podestavých nosníků. Dokonalé vetknutí musí být zajištěno dostatečným zatížením nosné zdi, proto v bytových domech z 19. století bylo poslední rameno visutých schodišť (pod

půdou) neseno schodnicemi z ocelových nosníků. Visutá schodiště byla běžná v 19. století, byla navrhována na základě podrobných podkladů (žulové stupně, uložení min. $\frac{1}{6}$ šířky ramene nebo 30 cm), jsou spolehlivá a nemají poruchy, pokud nebyla vystavena působení povětrnosti.

NOVODOBÉ STROPY

Od 19. století se užívají *válcované stropní nosníky* ve tvaru **I**, efektivní při namáhání ohybem (díky soustředění hmoty do horní a spodní pásnice má profil vysoký moment setrvačnosti).

V městských činžovních domech (v suterénech, obchodech v přízemí, v komunikačních prostorách, v patrech pod půdou), ale také v hospodářských budovách (chlévech, skladech) a výrobních objektech se široce využívaly *klenby do travers* („do železných nosičů“), které mají vysokou únosnost a jsou **nespalné**. Segmentové klenby do ocelových nosníků měly malé rozpětí, v reprezentačních prostorách městských domů se užívaly neckové klenby s malým vzepětím. V rozlehlých prostorách



Obr. 168: Podhled ve tvaru klenby ze Staussova pletiva nese mřížovina z ocelových drátů kotvená do stěn, zavěšená a vzepřená na dřevěnou konstrukci pod krovem. Mřížovina a pletivo jsou spojovány vázacím drátem, závěsy jsou vypnuty rádlouáním. Unikátně zachovanou konstrukci, která byla částečně narušena zatékáním, se podařilo zachovat, kostel M. Jana Husa z 30. let 20. století, Česká Lípa.



výrobních staveb se ocelové nosníky nesoucí klenby do travers podpíraly litinovými (později ocelovými) sloupy. Litinové sloupy (i architektonizované sloupy ocelové) jsou technickým a architektonickým prvkem, který je významnou součástí památkové hodnoty, proto by měly být uchovány ve funkci a konzervovány.

Koncem 19. století byly vyvíjeny různé prefabrikované systémy (většinou z cihelných tvarovek ukládaných do ocelových nosníků), které měly nahradit pracnější klenby do travers. Vrcholem tohoto vývoje byly *hurdiskové stropy* velmi oblíbené zejména ve druhé polovině 20. století.

Spíše ojediněle se objevují nosníky založené na *vyztužení* kamenných nosníků nebo přímých kleneb (*obr. 102*) železnými pásky při spodním líci.

Tyto pokusy ukončilo uplatnění systému Hennebique (patentovaná konstrukce železobetonového trémového stropu – 1892) [90].

Souběžně probíhal vývoj *částečně prefabrikovaných nosníků*, u kterých se kombinuje železobeton s dutinovými tvarovkami pálenými nebo z lehkého materiálu (škvárobeton, pórobeton). Až do současné doby se stropy tohoto typu uplatňují zejména při individuální, někdy i svépomocné výstavbě.

Pozoruhodnou konstrukci má samonosný podhled stropu kostela M. Jana Husa v České Lípě zbudovaný ze Staussova pletiva (*obr. 168*).

Pokud jsou starší typy výše uvedených konstrukcí v památkových objektech, jsou důležitou součástí památkové hodnoty, proto by měly být důkladně dokumentovány jako **doklad vývoje techniky** a podle možností ponechány ve funkci, případně konzervovány.

V současné době jsou ve velkém rozsahu využívány ocelové *nosníky sprážené* se železobetonovou deskou ukládanou do inventárního bednění nebo do trapézových plechů. Tato konstrukce je efektivní z hlediska úspory oceli. V památkových objektech představuje parotěsnou zábranu, která může být **riziková** vzhledem k nebezpečí šíření houby v dřevěných konstrukcích. Ocelobetonové stropy jsou navíc výrazně těžší než stropy dřevěné. Ocelové nosníky zadržené do kapes po dřevěných stropěch mohou plnit funkci ztužení stavby. Vhodnějším řešením než stropy ocelobetonové, jsou **stropy z fošen** osazených do ocelových nosníků, které mohou být při vhodné skladbě stejně těžké jako původní stropy dřevěné, mohou být osazeny do původních kapes a nepředstavují parotěsnou zábranu.

Obr. 169: Subtilní prvky teras paláce Lucerna jsou výrazně narušeny korozí. Všechny nosné konstrukce budovy velkého sálu s terasami postavené v letech 1913 až 1921 jsou ze železobetonu. Stanislav Bechyně touto stavbou demonstroval možnosti železobetonu a vypracoval metody výpočtu a navrhování, které se úspěšně užívaly ještě v poválečných letech. Korekce původního řešení je nutná pouze u tenkostěnných prvků vystavených povětrnosti, kde je nutno stanovit krycí vrstvy výztuže, a u sklobetonových výplní, kde je nutná dilatace mezi sklem a betonem.



Pokud je nutné (doložené průzkumem a jeho analýzou) nahradit dřevěné stropy památkového objektu stropy novými, je třeba jejich konstrukci a skladbu pečlivě volit podle těchto **principů**:

- minimalizovat přetížení zdiva,
- minimalizovat zásahy do konstrukcí (sekání kapes),
- dodržet zásady ochrany proti napadení (prověřit možnou existenci zazděného dřeva – pozednic, věnců; likvidační a preventivní sanace),
- navrhnout bezpečný postup náhrady starých stropů.

Ocelové nosníky jsou efektivní a mohou být velmi variabilní. Příkladem je *profamovaný nosník*, který vznikne rozříznutím válcovaného nosníku a svařením obou částí tak, že se vytvoří vysoký nosník s otvory ve stojně, který má velkou únosnost.

Ocelové nosníky plnostěnné i *příhradové* se ve velkém rozsahu užívaly i v reprezentativních stavbách z konce 19. století, představují významnou součást jejich památkové hodnoty, proto musí být zachovány ve funkci a citlivě opravovány a konzervovány.

Železobetonové stropy se ve velkém rozsahu uplatňují ve 20. století. Rovněž jejich starší typy vyžadují památkovou ochranu a citlivou opravu (*obr. 169*).

Do železobetonových konstrukcí patří i sklobeton, který se od 1. poloviny 20. století užíval v konstrukcích stropů, kleneb i stěn.

Poruchy novodobých stropů a jejich opravy [36, 41, 49]

Válcované nosníky si i při stáří více než 100 let obvykle zachovávají svoji únosnost. Výjimku tvoří nosníky dlouhodobě vystavené povětrnosti nebo vlhkému prostředí (ve sklepech), které mohou být silně zkorodované. U památkových objektů, kde jsou ocelové nosníky významnou součástí stavebního vývoje, by měly být zachovány ve funkci. Jejich výměna obvykle není složitá, určitý problém může být (vzhledem ke změnám výrobního sortimentu) v nalezení vhodného profilu pro náhradu. V případě, že vyjmutí celého profilu je obtížné, je možno v některých případech únosnost původního nosníku zvýšit po odstranění narušených částí, očištění části zachované a navaření nových prvků, které původní profil zesílí.

Klenby do travers jsou velmi trvanlivé, k jejich narušení dochází při dlouhodobém promočení. Pokud jsou ocelové nosníky v relativně dobrém stavu, je možno narušené cihly v klenbě vyměnit a doplnit spárování, případně části klenby přezdít. Pokud jsou korozi narušené jen spodní pásnice ocelových nosníků a klenby jsou relativně dobře zachované (tento způsob narušení kleneb do travers se vyskytuje ve vlhkých sklepech), je možné traversy po podepření konstrukce a odstranění zkorodovaného železa zesílit přivařením pásnice bez rozebírání konstrukce. V uvedených případech se bude zvažovat pracnost a náklady řešení.

Hurdiskové stropy jsou velmi únosnou a dlouho byly bezpečnou konstrukcí. K nevratnému porušení dochází při dlouhodobém promočení, pokud nejsou ocelové nosníky narušeny korozi, je obnova hurdiskového stropu snadná. V posledních desetiletích se však objevily významné poruchy hurdiskových stropů, kterými se zabývaly profesní instituce a výzkumné ústavy. Docházelo ke vzniku tahových trhlin uprostřed ve spodním líci hurdisky, někdy došlo i ke zřícení. Jedním z vlivů, který byl experimentálně prokázán, bylo smrštění betonové vrstvy na rubu hurdisky, které namáhalo hurdisku ohybem a její spodní líc tahem. Další příčinou bylo nedostatečné uložení keramických patek na spodní příruby ocelového nosníku a vlastní hurdisky na patky (málo malty v osazení). Přestože hurdisky se vyrábějí velmi dlouho, k haváriím pravděpodobně docházelo až v 90. letech. Je možno předpokládat, že hlavním důvodem toho byl prudký rozvoj individuální a svépomocné výstavby, která byla prováděna neprofesionálně a neodborně. Dříve se hurdiskový strop stavěl podle podrobného předpisu, který znal každý vyučený zedník, a který určoval, jak osazovat patky a hurdisku a jak má vypadat mazanina na jejím rubu. V době stavebního boomu se poměrně pracné osazení hurdisek provádělo ledabyle, zato na tloušťce mazaniny na rubu hurdisky a na cementu se nešetřilo – stavebníci zřejmě vycházeli z představy, že čím je vrstva betonu pevnější, tím bude únosnost

hurdisly větší. Vznik poruch mohl být někdy způsoben příliš rychlým postupem stavby a nedodržením technologických přestávek nutných pro ztvrdnutí malty před zatížením.

Příčiny poruch *vložkových stropů* jsou různé, patří k nim především konstrukční závady, zejména nedostatečné krytí výztuže (zásady vyztužování betonu se vyvíjely v prvních desetiletích 20. století), přetížení a působení vlhkosti. Pokud byly vložkové stropy dlouhodobě vystaveny povětrnosti, jsou obvykle neopravitelné. Vzhledem k tomu se starší typy těchto konstrukcí stávají **vzácnými**, a proto jejich poznání a dokumentace jsou z hlediska vývoje stavitelství (a tedy i památkové péče) velmi významné.

Při opravách starších ocelových *příhradových vazníků* (zejména u staveb z 19. století) je třeba zjišťovat rozsah narušení koroze, svařitelnost materiálu a posuzovat štíhlost prutů, která nemusí vždy odpovídat současným požadavkům [169].

Poruchy *železobetonových stropů* souvisejí často s nedostatečným krytím výztuže, zejména u konstrukcí vystavených povětrnosti. K závadám dochází také při nedodržení technologické kázně při výrobě betonu, jeho ukládání a hutnění. Obecně lze říci, že kvalita betonů předválečných (i válečných) je obvykle vyhovující, přestože se mísení a hutnění provádělo ručně. Horší kvalitu mívají betony ze 60. a 70. let, po zavedení centrálních betonárek se kvalita betonu výrazně zlepšila.

Po stu letech vývoje betonových a železobetonových konstrukcí je možno dojít k představě o jejich životnosti. U staveb a konstrukcí vystavených působení vnějších činitelů lze konstatovat, že **ve vnější expozici** je životnost železobetonu přibližně 70 let, u betonu pravděpodobně 100 let [189].

U zastřešených staveb není se životností betonu problém. V současné době existují spolehlivé technologie opravy železobetonových konstrukcí, které je možno uplatnit při opravě novodobých památek ze železobetonu.

Výjimku představují *hlinitanové cementy*, které se vyráběly a používaly od 30. do 50. let, a které byly odolné proti síranům a jejich tvrdnutí bylo rychlejší. Později se zjistilo, že po delším čase beton z hlinitanového cementu ztrácí pevnost a dochází ke korozi výztuže. Po havárii v Uherském Hradišti v roce 1984, při které zahynulo 18 lidí, bylo užívání hlinitanových cementů zakázáno a sledují se stavby, ve kterých byl v minulosti použit. Norma ČSN EN 14647, platná od 1. června 2006 uvádí požadavky na chemické složení CAC (Calcium Aluminate Cement) [168]. V případě zjištění hlinitanového cementu v památkově chráněné stavbě je nutné věnovat velkou pozornost jejímu průzkumu.

Ve 20. století se ve velkém rozsahu užívaly *sklobetonové stropy*. K jejich porušení dochází při korozi výztuže ve vnější expozici, při rozbití jednotlivých skleněných tvárnice – mechanickým poškozením u stropů anglických dvorků nebo při tepelných dilatacích mezi sklem a betonem u starších konstrukcí, kde byly skleněné tvárnice zality do betonu. Teprve podle pozdějších předpisů se skla osazovala do hotového betonu na dilatační vložku, u sklobetonových stěn, stropů a kleneb byly předepsány velikosti sklobetonových rámců a jejich oddělení dilatacemi.

Při opravě sklobetonových stropů v paláci Lucerna, které neměly dilataci mezi sklem a betonem bylo nutno skleněné tvárnice vyřezat a osadit je po opravě železobetonové konstrukce na dilatační vložku. Rozbitá skla byla nahrazena tvarovkami vyrobenými na zakázku. Určitý problém byl při hledání odpovídající barevného tónu skla.

Důležitým faktorem, který ovlivňuje kvalitu (i trvanlivost) železobetonových konstrukcí, je dodržení technologické kázně. Historickým dokladem porušení technologické kázně (dokonce snad záměrného) je stavba Bondyho vily v Bubenči (dnes ruské velvyslanectví), kde byly ve 30. letech 20. století zbudovány tzv. *bedničkové stropy*. Konstrukci tvoří tenká deska podhledu spojená s trámem, který nese podlahovou desku, je celá ze železobetonu a všechny její části jsou propojeny výztuží. Stavba probíhala tak, že v úrovni podhledu bylo zřízeno celoplošné bednění, na které se v místech trámů osadily třmínky, na ně se položila spodní výztuž trámů a na ni výztuž podhledu zatažená do trámů. Poté se vybetonovala deska podhledu, na kterou se osadily bedničky tvořené bočnicemi trámů a spodním bedněním podlahové desky. Do bednění se osadila výztuž trámů a podlahové desky a nosná část konstrukce se vybetonovala – bedničky zůstaly v konstrukci. Pro tuto konstrukci byly vypracovány výrobní postupy, ve kterých se předpisovala i tloušťka prken bedniček (5/4"). Při rekonstrukci velvyslanectví v 70. letech 20. století se zjistilo, že při betonáži stropu došlo k povolení podpor bednění, takže celý strop

nepravidelně poklesl. Důsledkem bylo odtržení desky podhledu od trámů a odhalení jejich nosné výztuže. Těžce poškozená nosná konstrukce však nebyla opravena, pokles horní desky byl vyrovnán nabetonováním (místy až o 20 cm) a spodní deska byla zakryta novým podhledem, takže žádná porucha nebyla patrná. Přístup stavitele je zřejmý mimo jiné z toho, že na bedničky (které zůstaly zabudované ve stropě) si nechal vyrobit prkna tloušťky 1 cm, která se ve stavebnictví vůbec neužívají. Podobně asi šetřil na stavbě podpor bednění, jejichž kolaps byl příčinou havárie.

Z uvedených příkladů poruch novodobých konstrukcí stropů je patrné, že jsou podstatně citlivější na narušení vnějšími vlivy než konstrukce historické – tedy že jejich **trvanlivost je nižší**. Dalším poznatkem je, že u nových konstrukcí dochází na základě zkušeností z realizace k vývoji, který vede ke zdokonalení technologií (nebo k jejich opuštění).

Uvedené důvody plně potvrzují zásadu, která se uplatňuje v památkové péči – **při opravě historických stavebních památek přednostně užívat autentické technologie a materiály**.

Příčky

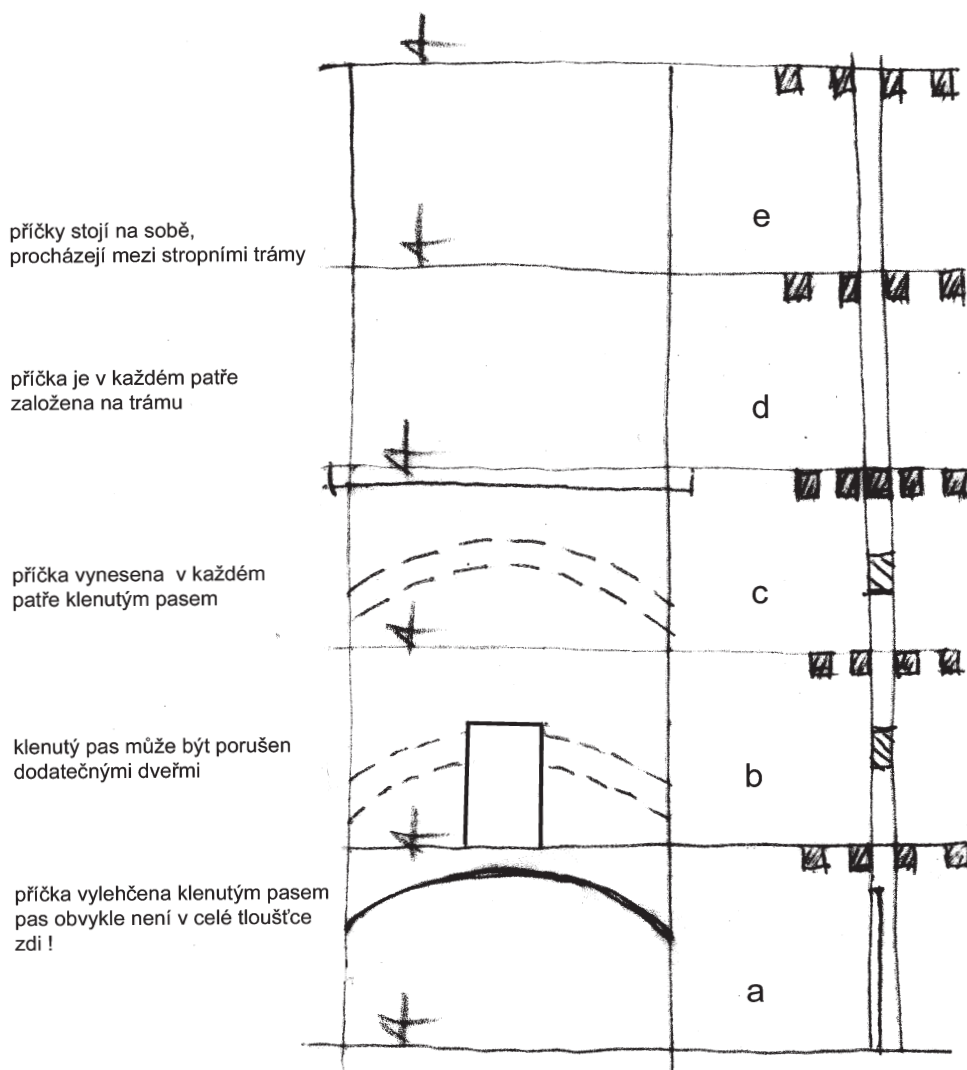
Příčky jsou nenosné konstrukce, které často zatěžují klenby a stropy. Funkce příček je dána způsobem využití budovy, které se v průběhu existence stavby proměňuje – mění se poloha, konstrukce a materiál příček i umístění otvorů v příčkách.

Klenba, která měla být zatížena nosnou zdí, se při stavbě zesílila rubovým pasem. Příčky byly vyzdívány přímo na rub klenby nebo byly podloženy dřevěným trámem, který měl zajistit rovnoměrné roznesení zatížení a zabránit vzniku trhlin v tenké příčce.

U *plochých stropů* se příčky vyzdívaly přímo na stropní trám, na trám mezi stropní trámy vložený nebo uložený na stropní trámy příčně.



Obr. 170: Šikmou trhlinou se projevuje diagonála v hrázděné příčce, Juditina věž Karlova mostu.



Obr. 171: Konstrukce mezibytových příček užívané u městských domů ze 2. poloviny 19. století).

V historických stavbách jsou běžné *hrázděné* konstrukce příček, které jsou lehké, mohou být i samonosné, a pokud jsou konstruovány jako vzpěradlo, případně věšadlo, mohou podírat horní a vynášet spodní strop (obr. 151, 152, 170).

Při *adaptacích a rekonstrukcích* historických staveb je nutno respektovat původní nosné konstrukce. U památkově chráněných staveb je třeba volit takovou konstrukci a skladbu příček, aby změna nosné konstrukce stropů nebyla nutná. Při návrhu konstrukce příček je třeba posuzovat požadavky na jejich izolační funkce i hmotnost.

Při současných adaptacích je možno příčku uložit na ocelový nosník uložený mezi stropní trámy, případně i uplatnit samonosnou hrázděnou příčku s ocelovou, ale i dřevěnou konstrukcí.

Od 19. století se vyvíjejí různé systémy *lehkých příček* tvořených tvarovkami a deskami z pálené hlíny, porézních materiálů nebo na bázi sádry, cementu, dřeva, plastů apod. U venkovských staveb (ale i ve městech) se uplatňovaly lepenicové příčky s nosnou kostrou z tyčoviny nebo výpletů. Uvedené konstrukce jsou dokladem stavebního vývoje a technického pokroku, ale při stavebních úpravách velmi často zanikají. Proto je nutné u kulturních památek a u staveb v území s plošnou památkovou ochranou konstrukce příček, podhledů apod. z 1. poloviny 20. století a starší **dokumentovat**, podle možností ponechat ve funkci a **konzervovat**.

Dvoutraktové nebo třítraktové **městské domy z 19. století** (*obr. 171*) mají často vnitřní nosné zdi (ve kterých jsou komíny) rovnoběžné s uličním a dvorním průčelím. Dřevěné stropní nosníky jsou na ně kolmé.

Mezibytové příčky těchto domů, které mají tloušťku 30 cm, jsou někdy ukládány na stropní nosníky, někdy procházejí na celou výšku domu mezi krajními nosníky sousedních bytů. Stropní nosníky **nejdou na zatížení příčkou dimenzovány** – pokud byly vloženy pod příčku, mají funkci věnce zajišťujícího příčné ztužení a rovnoměrný přenos zatížení, proto jsou v každém patře.

Kvůli odlehčení trámu pod příčkou a jejímu ztužení je někdy v příčce vyzděn skrytý *klenutý pas*. Rozpětí pasu bývá někdy menší než šířka traktu, takže patky se neopírají do podélných nosných zdí, ale zatěžují trám. Vzepětí pasu odpovídá přibližně polovině světlé výšky místnosti.

V přízemí, které se využívalo komerčně (někdy i v polozapuštěném suterénu) bývá ve zdi pod mezibytovými příčkami mělká *nika zaklenutá pasem*. Tento pas je pouze v líci zdiva, neměl jiný význam než vytvořit niku, do které se obvykle vkládala skříň (obdobné niky byly nejméně od 16. století běžné v obytných i obchodních místnostech domů).

V poslední době se při adaptacích městských domů velmi často spojují byty, zřizují se mezi nimi nové dveře, bourají se příčky, adaptují se prostory přízemí a suterénu na jiné využití. Vzhledem ke složitým a někdy nepřehledným vlastnickým vztahům, probíhají tyto změny nekoordinovaně a často i nelegálně (bez stavebního povolení). Přitom dochází k narušení původního konstrukčního systému, jehož důsledky mohou být **katastrofální**:

- při odstranění příčky v jednom patře, ponese stropní trám nejenom zdivo horního patra, ale i všech pater vyšších – na toto zatížení není dimenzován, dojde k jeho přetížení a ke vzniku trhlin v horních patrech,
- při přerušení klenutého pasu novým dveřním otvorem, dojde ke vzniku trhlin v horních patrech a k přetížení trámu pod příčkou,
- bourání pod klenutým pasem uzavírajícím niku v přízemí ohrozí příčky ve všech patrech domu.

Projektant, který navrhuje, a stavitel, který realizuje stavební změny příček, musí provést průzkum v bytech **všech** pater, aby zjistil, jaký je vztah příček a stropů a k jakým změnám v původním konstrukčním systému došlo, konstrukční změny je nutno navrhovat a provádět po důkladném zvážení a posouzení statickým výpočtem.

U *novodobých staveb* jsou ploché stropy z ocelových nosníků a vložek, stropy železobetonové a panelové jsou dimenzovány na zatížení příčkami, které se obvykle zakládají na hrubou podlahu. Výhodou je možnost adaptace bez změny nosné konstrukce, přesto je **vždy** nezbytné posoudit stropy statickým výpočtem. U panelových domů je ovšem nutné každé **bourání otvorů v panelové stěně** posuzovat z hlediska statiky.

Novodobé památkově chráněné stavby [27]

Novodobé stavby jsou v kapitole → I./Úvod/Předmět a terminologie charakterizovány jako stavby z 19. až 21. století využívající novodobé materiály (litinu, ocel, beton, železobeton, prefabrikáty, předpjaté konstrukce apod.). Památky této kategorie jsou chráněné nejenom pro svoje architektonické kvality, ale také pro svoji kvalitní a mnohdy progresivní konstrukci. *Nosné konstrukce* těchto staveb jsou podstatnou součástí jejich památkové hodnoty a musí být chráněny, dokumentovány a opravovány stejně pečlivě jako památky předchozích období. Nosné konstrukce novodobých staveb byly navrhovány na základě exaktních metod, jsou dokladem užití aplikované fyziky a matematiky, vývoje metod výpočtu a navrhování, nových technologií provádění staveb, tvorby metodických podkladů. Významnou součástí historické hodnoty novodobých staveb jsou doklady o jejich návrhu a stavbě, proto musí být součástí stavebně historického (a stavebnětechnického) průzkumu shromáždění a studium původní dokumentace včetně statických výpočtů, konstrukčních výkresů a stavebních deníků [41, 82].

Podobně jako u staveb „historických v užším slova smyslu“, i u památek „novodobých“ je nutno řešit problémy dané stářím stavby, které její předpokládanou *životnost* obvykle už přesahuje (typickým příkladem jsou památky technické). Zejména u staveb ze železobetonu se projevuje stárnutí, na kterém se výrazně podílí koroze výztuže – praxe dokládá, že ve vnějším prostředí je trvanlivost betonu a železobetonu pouze 50–100 let. Jedním z důvodů je okolnost, že teprve na základě zkušeností z prvních železobetonových staveb byly vypracovány principy vyztužování betonových konstrukcí, krycích vrstev výztuže, dilatací, vodotěsných izolací apod.

Při posuzování novodobých konstrukcí je proto nutné znát principy, na jejichž základě byly konstrukce navrženy, pokud možno se seznámit s původními projekty, statickými výpočty, způsobem provedení atd. a porovnat je s detailním průzkumem stavby a statickým výpočtem podle současných norem. Důležité je zjištění materiálů, které již vyšly z užívání, a jejich vlastností, například pevnostních charakteristik litiny, výskytu svařkového železa (běžné do roku 1862, do roku 1909 možné), svařitelnosti oceli, užití hlinitanových cementů apod. Výhodou je, že materiálové charakteristiky je u novodobých staveb možno zjistit pomocí zkoušek snáze než například u historického kamenného zdiva [168].

V současné době se běžně využívají technologie, které umožňují opravu vad a poškození ocelových a železobetonových konstrukcí a případně i jejich zesílení. Ve většině případů je možno tyto technologie uplatnit i při opravě nosných konstrukcí novodobých památek. Je však nutné uplatnit stejný *přístup* jako u staveb historických → I. / Úvod / Cíle, to jest:

- zásahy do nosných konstrukcí musí mít jen nezbytně nutný rozsah,
- nezbytnost a účelnost zásahů musí být průkazně doložena (nutný je statický výpočet),
- památkovou hodnotu má nosná konstrukce i její technologie, opravy by proto měly být provedeny **autentickým** pracovním postupem, pokud možno **beze změny** konstrukčního systému,
- nesmí dojít ke snížení památkové hodnoty stavby,
- u nosných konstrukcí, které měly ve své době progresivní charakter, je v rámci stavebně historického průzkumu nutná detailní dokumentace technického řešení a jeho **odborná analýza**.

Nedílnou součástí průmyslových staveb je i výrobní technologie (strojní zařízení), které je rovněž předmětem ochrany.

Novodobé tvrdé omítky a obklady

Od konce 19. století se začal cement užívat nejenom pro nosné konstrukce z betonu a železobetonu, ale ve velké míře i do malt na zdění, pro omítky, mazaniny, obklady apod. Vysoká pevnost a malá prodyšnost betonu a cementových malt umožnila významný pokrok stavebnictví, ale u některých konstrukcí, zejména ve stavbách vystavených povětrnosti, působí negativně → III. / Malty; Zděné konstrukce; IV. / Stárnutí materiálů. K poznání, že životnost cementových malt ve vnějším prostředí je 50–100 let, se docházelo postupně až v posledních desetiletích 20. století.

V první polovině 20. století byly cementové malty a omítky, keramické obklady a sklobetonové konstrukce oblíbenou součástí moderních staveb. Skutečnost, že u cementových omítek a mazanin dochází k výraznému smrštění, nebyla obecně známá, takže řada staveb z té doby má plochy stěn a podlah bez dilatací (*obr. 17*). V cementových omítkách vznikly při tvrdnutí vlasové trhliny, které nebyly zpočátku nápadné, v průběhu 50–60 let existence objektu se rozšířily působením tepelných dilatací, ale také působením vlhkosti, která jimi proniká do omítky.

Kombinace smršťovacích trhlin se závadami způsobenými nedostatečnou údržbou a podmáčením objektu přivedla nezkušeného projektanta k přesvědčení, že se jedná o závažné narušení statiky domu a k návrhu na zbourání památkově chráněného objektu, který byl částečně realizován (*obr. 18*).

Smršťovací trhliny v cementových spárách a zatékání do zdiva se projevy i u zděných parapetů a korun vnějších zdí (*obr. 38, 111, 113*).

Uvedené příklady dokládají **nutnost** velmi pečlivě dokumentovat, rozlišovat a interpretovat příčiny vzniku trhlin statických, dilatačních a smršťovacích.

Provizorní a pomocné konstrukce

PROVIZORNÍ VÝDŘEVA

Při opravě narušených nosných konstrukcí, ale také při každém zásahu do nosné konstrukce (zřizování nebo úprava otvorů a průstupů, výměna překladů, přezdívaní, podezdívání, podchytávání základů, bourání nosné konstrukce), případně i při výklizech sutí nebo sklepů je nutná provizorní výdřeva.

Provizorní výdřeva kleneb a stropů je **vždy** nutná při bourání příček, které na nich stojí nebo které jsou pod narušenými klenbami nebo stropy.

Bourání je odborná činnost, kterou musí provádět **kvalifikovaný** pracovník pod dozorem stavbyvedoucího.

U historických památek je nepřipustné používat při bourání stroje nebo těžkou mechanizaci (*obr. na obálce, obr. 12*).

Výkopy pro stavební konstrukce, sondy (i pro archeologický výzkum) musí být paženy podle stavebních předpisů.

U stavby v *havarijním* stavu je nutno podepřít, případně vzepřít části, které hrozí zřícením, které jsou výrazně narušeny nebo nestabilní, a příslušnými opatřeními zabránit přístupu cizích osob.

Každou historickou stavbu (i značně narušenou) je **možno** provizorně zajistit výdřevou – díky vysoké pevnosti dřeva v tlaku je možno nosnou funkci zdi a pilířů nahradit subtilními dřevěnými prvky. Součástí návrhu výdřevy značně narušené stavby musí být **postup práce** a případné ochranné přístřešky pro pracovníky při zřizování výdřevy. Před provedením výdřevy by neměly být bourány žádné části stavby – i příčky, bednění, podhledy apod. se u narušené stavby mohou podílet na nosné funkci.

Pokud je jednou z příčin narušení stavby působení vodorovné síly (například reakce krovu nebo klenby), může být účelné zřízení provizorních táhel.

Provizorní zajištění havarijní stavby se provede na základě návrhu odborného posudku.

Provizorní výdřeva musí být dimenzovaná na zatížení podporovanou konstrukcí. Výdřeva musí být prostorově tuhá (zavětrování ve třech směrech), musí spolehlivě přenést zatížení do podloží (uložení na prahy), musí být stabilní, šikmé vzpěry musí být zajištěny proti posunutí. Při návrhu se posuzují prvky, spoje i uložení.

Provizorní výdřeva musí být provedena tak, aby pro její funkci a osazení nebylo nutné žádné bourání, průrazy, kapsy, výkopy, zásahy do terénu, využití těžké mechanizace nebo jiná opatření, která by mohla zhoršit stav zajišťovaného objektu.

Výdřevu musí provádět kvalifikovaný pracovník pod dozorem stavbyvedoucího.

Stav výdřevy je nutno pravidelně **kontrolovat** (utažení svorníků a klínů), u dlouhodobé výdřevy i stav dřeva (vysychání, napadení).

Pro podpůrné konstrukce je nejvýhodnější používat dřevo, které je možno snadno přizpůsobit potřebným parametrům stavby. Výhodné mohou být šroubovací stojky, kterými je možno podepření aktivovat. V namáhaných spojích se užívá osedlání, kempování, zapuštění, tesařské skoby a hřebíky, pro aktivaci klíny z tvrdého dřeva a svorníky, pro zajištění spojů příložky.

Výdřeva se aktivuje postupně, musí se sledovat chování podpíraných konstrukcí, aby se aktivací nezhoršil jejich stav.

LEŠENÍ

Lešení musí být navrženo a provedeno odbornou firmou, musí odpovídat normovým požadavkům, musí být před uvedením do provozu převzato a v průběhu stavby pravidelně kontrolováno. Atypické lešení musí být posouzeno statickým výpočtem. Konstrukce klenby, stropu nebo sklepa, na kterých má být postaveno lešení, je nutno posoudit statickým výpočtem. Při

stavbě lešení v historické památce nesmí dojít k poškození památkově cenných prvků, detailů a povrchů. Před stavbou lešení v památkově hodnotném interiéru musí být v projektu navržena ochrana památkově cenných prvků. Výhodná mohou být dřevěná lešení, jedním z důvodů je okolnost, že se stávají majetkem investora a neplatí se z nich nájem.

Stejně požadavky platí i pro přístřešky a jiné provizorní stavby.

IV. Historická stavba a její nosné konstrukce

U nosných konstrukcí historických staveb je prvotní jejich prostorotvorná funkce (vytvoření a uzavření objemu stavby, dispoziční řešení a naplnění požadavků na účel stavby). Kromě toho mají nosné konstrukce historických staveb téměř vždy i funkci architektonickou, estetickou a izolační (tepelně, zvukově i proti vlhkosti), tyto funkce naplňují i povrchy nosných konstrukcí. Pro historické stavby je charakteristické těsné propojení a spolupůsobení všech konstrukcí a *neoddělitelnost jejich funkcí*. Proto je nutné **každou** historickou stavbu a její funkce **posuzovat jako celek**.

Tato charakteristika zásadně odlišuje historické stavby od *staveb novodobých*, které vznikly v době industriální výroby materiálů, prvků a konstrukcí a na základě jejich navrhování podle moderních vědeckých metod. Podstatou industrializace je ekonomie výroby, navrhování a stavby, jejímž důsledkem je stále vyšší specializace oborů a vymezování funkcí jednotlivých konstrukcí. Nosné konstrukce se stále více oddělují od povrchů a izolací, architektonický výraz vytvářejí někdy materiály, někdy samostatné dekorativní prvky, někdy volná prostorová tvorba architekta a méně často statické (nebo i dynamické) řešení nosné konstrukce, případně polemika se statickými principy.

Památková hodnota

Památkovou hodnotu stavby kromě umělecké výzdoby a architektury tvoří i její hmotná podstata, technologie a zejména *vypovídací hodnota* stavby. Současná doba přináší prostředky a vědecké metody, které se stále zdokonalují a které umožňují podstatně prohloubit naše poznatky o všech stránkách života a kultury minulých dob. Proto jsou předmětem ochrany **všechny** konstrukce včetně povrchů, tedy podlahy, omítky, obklady, nátěry, malby, truhlářské prvky, kování atd. Chrání se nejenom původní části stavby (z doby vzniku), ale všechny konstrukce a prvky, které jsou *autentické* (to znamená takové, které jsou dokladem historie stavby a které vznikly v době, kdy stavba byla přiměřeně využívána a nebyla devastována).

Mimořádnou důležitost má zachování **nosných konstrukcí** (stěn, základů, krovů, stropů, kleneb), které představují podstatnou část objemu celé stavby. Ideální podmínky pro uchování památkové hodnoty jsou u staveb, které si zachovaly stejné nebo podobné využití, jaké měly v dobách minulých. Velkou důležitost má proto volba účelu využití, která by měla být možností historického objektu přiměřená. Součástí památkové ochrany je také **ochrana** původní (autentické) **funkce** nosných konstrukcí – to znamená, že přednost se vždy dává opravě, případně doplnění nebo zesílení, před výměnou konstrukce nebo dokonce změnou konstrukčního systému.

Opravy a doplňky by se měly přednostně dělat pomocí autentických technologií a materiálů. Využití moderních materiálů by mělo být výjimečné a vždy dostatečně zdůvodněné. Tento přístup, který je u historických památek dnes už samozřejmý, je třeba prosazovat i u památek technických a novodobých, které jsou mimo jiné dokladem pokroku technologie a vědy v moderní době.

Kategorie staveb

Při posuzování historických staveb je třeba si uvědomit, že nároky na jejich kvalitu, trvanlivost a životnost se lišily podle toho, pro jaký účel a v jakém prostředí vznikaly. Tato okolnost se výrazně projevuje při posuzování nosných konstrukcí historických staveb. Proto jsme pro účely Metodiky rozlišili *kategorie staveb*:

- I. *Vysoká stavební kultura* – Stavba je navrhována a řízena osobami s vysokou kvalifikací (architektky, mistry), všem prvkům a konstrukcím je věnována značná pozornost, počítá se s dlouhou životností stavby, kterou zajišťují mohutnější dimenze prvků a pečlivý výběr materiálu, práce provádějí specializovaní řemeslníci. V tomto prostředí vznikaly stavby mimořádného charakteru, reprezentativní stavby pro bohaté investory (církvní stavby, hrady, zámky, významné stavby ve městech). U staveb tohoto typu se častěji setkáváme s netradičním řešením a inovacemi architektury i konstrukcí, s importem, vytvářením a zdokonalováním prototypů nových konstrukcí, které sloužily jako vzor a byly pak široce užívány. U vynikajících staveb (zejména starověkých) se můžeme setkat se zcela mimořádnými rozměry, dimenzemi a kvalitou provedení (pyramidy, chrámové stavby, hradby). Je zjevné, že v těchto případech bylo záměrem vytvoření stavby s neomezenou životností. Dochované památky dokládají, že se tento záměr podařilo naplnit.
- II. *Standardní stavební kultura* – Do této kategorie patří většina našich zachovaných památek, zejména městských, od středověku do 20. století, ale i řada staveb vesnických, jako menší kostely, tvrze, fary, panské dvory, větší statky a od 18. a 19. století i vesnické obytné a hospodářské budovy. Charakteristické je užívání osvědčených typologických, architektonických a konstrukčních schémat, často odvozených z prostředí vysoké stavební kultury. Pro naše kulturní prostředí je příznačná specializace a vysoká kvalifikace řemeslníků. Životnost těchto staveb byla asi 100 let, této životnosti odpovídá i cyklus úprav a přestaveb vyvolaných změnami v užívání (morální životnost daná střídáním 2–3 generací uživatelů).
- III. *Rustikální stavební kultura* – Do této kategorie je možno zařadit stavby stavěné podle tradičních vzorů vesnických staveb z materiálů místní provenience, prováděné s ohledem na úsporu nákladů a s nižšími požadavky na životnost. Při přejímání stavebních typů, konstrukcí a architektonických prvků ze staveb vyššího standardu dochází ke zjednodušení, někdy nevhodnému uplatnění nebo nepochopení původních vzorů, ne zcela funkčnímu použití nebo poddimenzování konstrukcí. Rustikální charakter mají mnohdy i některé nosné konstrukce (například krovny) městských domů, které mají jinak vysoký standard. Poddimenzované krovny těchto objektů jsou dokladem pauperizace prostředí některých měst v 19. století.
Roubené a hrázděné stavby vesnických domů (ale i kostelů), které vznikaly v prostředí s vysokou kulturou zpracování a užívání dřeva, mohou patřit do kategorie standardní i rustikální stavební kultury. Je pro ně charakteristické užívání tradičních typologických a konstrukčních schémat a práce lokálních řemeslníků, pravděpodobně se svépomocí stavebníka. Roubené a hrázděné vesnické stavby mnohdy navazují na starší technologii a vzory vytvořené v prostředí standardní stavební kultury, kde byly v minulosti běžné, dnes se však zachovaly jen ojediněle (Waldštejnské domy v Liberci).
U vesnických staveb se počítalo pravděpodobně s padesátiletou životností, které odpovídá trvanlivost dřevěných konstrukcí a konstrukcí využívajících hlínu, slámu a jiné organické materiály (roubení, lepenice).
- IV. *Pauperitní, primitivní a provizorní stavby* – Do této kategorie je možno řadit objekty stavěné se záměrem minimalizovat náklady. Tento charakter mohou mít stavby pravěké, stavby primitivních kultur, jednoduché stavby hospodářské, dočasné stavby (salaše) nebo nejchudší stavení. U těchto staveb se počítalo s nízkou životností (jen několik let), byly stavěny většinou svépomocí jednoduchou stavební technikou, jejich konstrukce jsou velmi často poddimenzované.

U zachovaných historických staveb se setkáváme se všemi kategoriemi. Hodnotu historické památky dnes už neurčují kritéria z doby jejího vzniku. Od vzniku novodobé památkové péče se oceňovala estetická, architektonická, případně umělecká úroveň stavby, a dokonce i patina stáří, která mnohdy vzniká degradací původního materiálu. To bylo donedávna prvořadým měřítkem hodnoty památky, dnes oceňujeme i kvalitu technického a řemeslného provedení, autentičnost a **vzácnost** zachování. Mimořádnou památkovou hodnotu tak mohou mít i stavby nebo jejich části, které vznikly jako stavby primitivní nebo dočasné. V těchto případech je třeba jak posouzení a hodnocení stavby, tak i návrhu a provedení opravy věnovat maximální pozornost.

Statika stavby

Při zjišťování poruch a jejich příčin a při návrhu stavebních úprav a zásahů do nosných konstrukcí je vždy nutné zabývat se *stavbou jako celkem*. Je nutno řešit problémy *únosnosti* a *stability* konstrukcí, *pevností* materiálů, *tuhosti* konstrukcí i celé stavby a s její ochranou proti *onějším vlivům*, zejména proti vlhkosti. Památková péče musí posuzovat stávající i nově navrhované *skladby konstrukcí*, které by svými fyzikálně chemickými vlastnostmi a svou funkcí mohly nepříznivě ovlivnit historické konstrukce a jejich stav.

Při analýze příčin poruch je nutné rozlišit poruchy lokální a systémové. *Lokální* poruchy jsou způsobeny příčinou, která působí místně, například podmáčení základu, přetížení pilíře zdiva, narušení uložení krovu v místě, kde zatéká.

Systémové (globální) poruchy jsou způsobeny konstrukční závadou (krov bez vazných trámů), případně plošně působícími vlivy (hniloba pilot při poklesu hladiny podzemní vody, narušení zazděné pozednice, založení na neúnosných půdách). V tomto případě bývá nutná změna nebo zásadní úprava konstrukčních systémů.

Pro určení příčin poruch a rozlišení poruch lokálních a systémových je důležité rozlišení *směrů* trhlin. Trhliny, které jsou podélné nebo příčné (ve směru delší osy prostoru stavby nebo na osu kolmé), bývají projevem vady nebo poruchy konstrukce samotné nebo konstrukce s ní spolupůsobící. Trhliny nesouhlasné s orientací prostoru – šikmé (v rovině svislé) nebo diagonální (v rovině vodorovné) – signalizují lokální poruchu. Směry trhlin udávají směry působení sil – tahovou trhlinu způsobila síla k trhlíně kolmá, smyková síla působila ve směru trhliny. Z průsečíků směrů šikmých a diagonálních sil je možno určit působiště příčiny lokální poruchy (*obr. 8*).

Při analýze poruch je nutné počítat s tím, že různé příčiny mohou způsobit poruchy, které vypadají stejně nebo podobně, a že téměř každou stavbu ovlivňuje více příčin. Proto musí být objasněna příčina **každé** poruchy. → II. / Krok 4.

Je třeba rozlišovat trhliny, které jsou projevem poruch, od trhlin, které funkci konstrukce neohrožují. U kleneb kostelních lodí na větší rozpětí se setkáváme s podélnými trhlínami v ose klenby, které jsou dokladem působení zděné klenby jako *trojkloubového oblouku* → III. / *Klenba / Statický model*. Pokud jsou klouby v uložení klenby neposuvné, je tento statický model stabilní. Je proto třeba vždy zkoumat, zda podélná trhlina v ose není doprovázena trhlínami při patkách klenby nebo v čelech lunet, které by dokládaly posun patek klenby (*obr. 79, 80*).

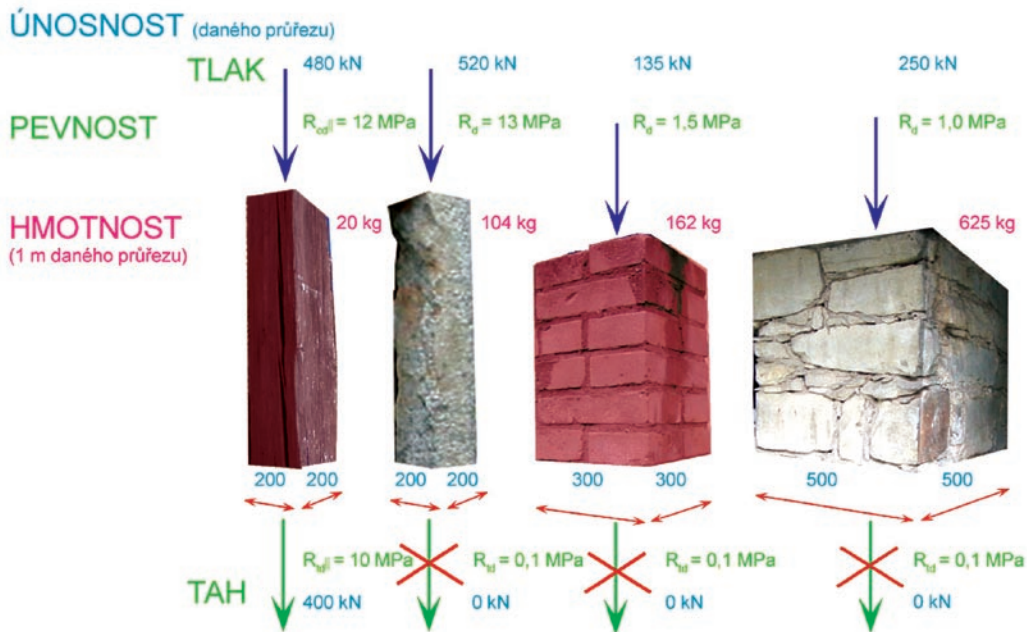
Od statických trhlin (které vznikají působením statického zatížení – hmotnosti konstrukce, užitého zatížení, větru a sněhu), je nutno rozlišovat trhliny **dilatační**, které vznikají působením dynamického a teplotního zatížení. Periodické působení těchto sil se projevuje vznikem trhlin v místech nejmenší tuhosti stavby (v okenních osách, ve spárách mezi jednotlivými stavebními etapami apod.). V novodobých stavbách se dilatační spáry vytvářejí záměrně. V historických stavbách mají tuto funkci někdy trhliny, které vznikly působením zatížení statického, jindy spáry mezi jednotlivými etapami. Dilatační trhliny vznikají v místech, kde jsou rozdíly v založení (různá hloubka základové spáry, různá únosnost základové půdy) nebo v místech, kde se výrazně mění tuhost stavby. Rozlišení statických a dilatačních trhlin a posouzení jejich vlivu na stabilitu a únosnost je nutno provést velmi pečlivě, protože zajištění dilatačních trhlin by mohlo vyvolat jejich vznik v jiném místě (případně i v místě dosud neporušeném).

Statické a dilatační trhliny je nutno rozlišit také od **smršťovacích** trhlin, které vznikají při objemových změnách některých materiálů → III. / *Novodobé stavby / Tvrdé omítky*, při vysychání dřeva, dotvarování zdiva, konsolidaci základové půdy apod. (*obr. 17, 18*).

ÚNOSNOST

Únosnost historické stavby závisí na únosnosti jednotlivých konstrukcí a jejich spolupůsobení. Únosnost *stavby jako celku* výrazně ovlivňuje působení *vodorovných* sil. Vodorovné reakce od stálého zatížení vznikají u všech konstrukcí prostorových (krovy, klenby) nebo šikmých. U historických staveb byly vodorovné reakce krovů zachyceny vaznými trámy, reakce kleneb

svislým zatížením podpor, táhly nebo opěráky. V mnoha případech však vodorovné reakce přebíraly spolupůsobící konstrukce, zejména zdivo, které bylo v historických stavbách masivní a mělo velkou *tuhost*. Pokud analýza poruch zjistí, že příčinou narušení je vodorovná reakce konstrukcí, je žádoucí obnovit autentický způsob zachycení vodorovné síly (pokud byl narušen) nebo doplnit konstrukci způsobem, dobově a materiálově adekvátním → IV. / *Tuhost*. Vkládání novodobých konstrukčních systémů využívajících železobetonové, ocelové nebo předpjaté prvky by se mělo využívat jen zcela **vyjimečně** v případech, kdy řešení vycházející z autentických konstrukcí nepostačuje. Nezbytné je zdůvodnění a schválení takového řešení již ve stadiu Koncepce → I. / Krok 5, *obr. 172*.



Obr. 172: Porovnání pevnosti historických stavebních materiálů

Únosnost konstrukce je dána konstrukčním systémem a jeho tuhostí, pevnostmi materiálů, provedením spojů a uložením konstrukce. S určitým zjednodušením je možno formulovat některé principy, které se u historických nosných konstrukcí (pravděpodobně na základě empirie) uplatňovaly:

- čím je konstrukce (klenba, krov) nebo prvek (nosník, trám, vazník) *vyšší* – tím větší je jeho *únosnost* a menší *vodorovná reakce*,
- čím větší je *šklon* šikmé konstrukce (šikmý nosník, krov, klenba, opřený žebřík) – tím *větší* je její namáhání *tlakem* a *menší* namáhání *ohybem* a tím *menší* je *vodorovná reakce*,
- lomený oblouk (oblouk parabolický nebo nadvýšený) je únosnější než půlkruhový, protože má vyšší *uzepětí*.

Možnosti *zvýšení únosnosti* konstrukce:

- zvýšení pevnosti materiálu – je možné jen ve velmi omezené míře → III. / *Zděné konstrukce / Posuzování a opravy*,
- doplnění chybějícího a výměna degradovaného nebo narušeného materiálu/prvku (provádí se u dřevěných a zděných konstrukcí),
- zesílení poddimenzovaných prvků,
- doplnění nebo zesílení konstrukce,
- změna konstrukčního systému.

Při volbě způsobu zvýšení únosnosti je třeba u památkových objektů respektovat priority uvedené v → IV. / *Historická stavba a její nosné konstrukce / Posuzování a návrh opravy / Priority*. Stavební zásahy do památky by **vždy** měly vycházet z únosnosti **autentických** nosných konstrukcí a z **možností** obnovení jejich původního stavu. Přednost se dává metodám, které nenaruší původní konstrukce, a které jsou **odstranitelné**.

Návrh využití nebo rekonstrukce stavby, který vyžaduje zvýšení únosnosti nosných konstrukcí chráněné památky, je přípustný jen ve zcela **výjimečných** případech.

DEFORMACE

V oblasti bezpečného působení prvku/konstrukce se předpokládá pružné chování materiálu (tj. deformace účinkem síly a návrat do původního stavu po odlehčení) a lineární závislost poměrného přetvoření (zkrácení, prodloužení, zkosení) na napětí, která je vyjádřena tuhostními charakteristikami (*moduly pružnosti*).

I v rámci pružného chování materiálu může deformace ohrozit funkci konstrukce, proto je velikost deformace některých konstrukcí omezena. *Meze deformací* stropů jsou dány užíváním. Podle dnešních předpisů je omezení deformace stropů (**doporučený** průhyb) dáno těmito požadavky:

- průhyb stropu nemá být viditelný,
- průhyb stropu nemá být při chůzi pociťován,
- průhyb stropu nesmí způsobit trhliny v podhledu,
- průhyb nosníku nesmí způsobit poruchu v uložení (soustředěné zatížení v podpoře může porušit zdivo a způsobit vypadnutí trámu ze zdi).

První dva požadavky v minulosti nemusely být splněny – velké průhyby průvlaků jsou u historických staveb běžné. U větších rozpětí (6–7 m) je pro dimenzování dřevěného nosníku rozhodující průhyb, a proto stropy historických staveb někdy nevyhoví na průhyb podle současných norem. U památkově chráněné stavby bude viditelný průhyb tolerován, je však nutné posoudit, zda není projevem přetížení nosníku. V žádném případě **není přípustné přetěžovat** nosníky, jejichž průhyb přesahuje doporučenou mez.

U dřevěných nosníků o velkém rozpětí, které jsou trvale zatíženy (průvlak stropů na velké rozpětí) může vzniknout *trvalý* (nevratný) *průhyb*. Tato vlastnost dřeva se využívá při výrobě ohýbaného nábytku (většinou bukového), kdy se napařené profily mechanickou silou tvarují podle šablony. Podobně i ve stavbě se u silně zatížených nosníků vlivem vyšší teploty a vlhkosti při změně počasí sníží modul pružnosti, vlákna dřeva se protáhnou, nosník se prohne, ale protože se nezmění zatížení, nezmění se ani průhyb.

Výpočet deformací je účinnou pomůckou při *posuzování prutových konstrukcí*, zejména u prostorově složitých krovů. Nadměrná deformace upozorní na místo, kde má konstrukce nedostatečnou tuhost. Porovnáváním deformací matematického modelu je možno vyhledat nejučinnější místo pro vložení ztužujícího prvku. Teprve po vyrovnání deformací celé konstrukce má smysl posuzovat napětí v jednotlivých prvcích.

Obdobně se postupuje při posuzování staveb, jejichž konstrukční systémy spolupůsobí – například, když jsou na vazných trámech krovu osazena táhla, která zachycují vodorovné reakce klenby, současně dochází k pootočení základu nosné zdi v patě a ke vzniku trhlin v klenbě i ve zdivu. Vzájemné spolupůsobení konstrukcí a jejich tuhosti je možno analyzovat porovnáním deformací a poruch matematického modelu se skutečností (*obr. 173, 174*).



Obr. 173: Využití matematického modelování při analýze příčin havárie věže, kostel sv. Šimona a Judy, Lenešice: a – zřícení věže;

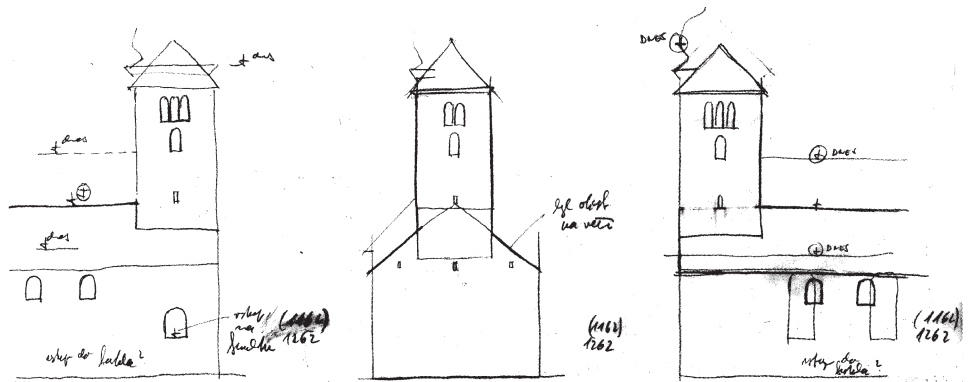
1) překročení pevnosti zdiva	řádkové hrubé z pevné opuky na vápennou maltu	2 000 kPa
	lomové z pevné opuky	500 kPa
	lomové z dekalcifikované opuky	400 kPa
	A) románský	380 kPa
	B) barokní	750 kPa
	C) před zřícením	980 kPa
2) překročení únosnosti zákl. půdy	jílovitá zemina měkké konzistence	100 kPa
	zlepšení založením na čedičových kamenech	200 kPa
	A) románský	280 kPa
	B) barokní	300 kPa
	C) před zřícením	345 kPa
3) k tomu došlo v důsledku	oslabení zdiva prolomením západního vstupu, soustředění napětí do oslabených míst, které vyvolalo vznik trhlin a postupné zhoršování stavu	

Havarijní stav lodi byl odstraněn v roce 1800, kdy byla loď podstatně přestavěna, věž byla opravena jen částečně. Pozdější opravy byly opět jen dílčí, zdivo západního štítu pod kvádrovým nárožím věže, kde zřejmě došlo k vyčerpání únosnosti, opravováno nebylo.

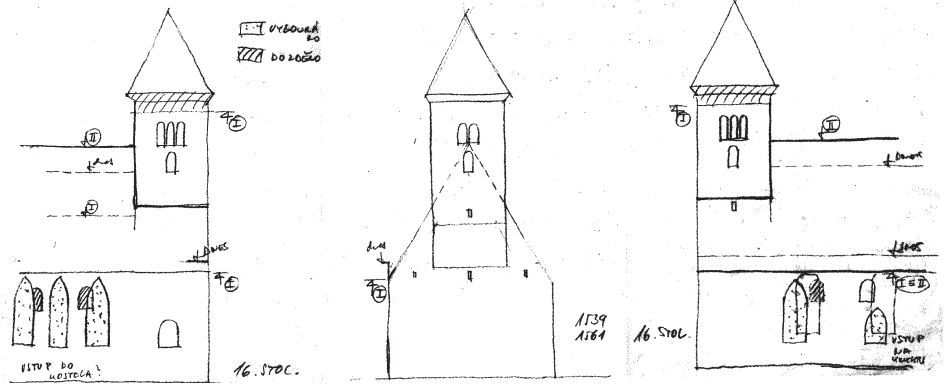
f – výsledky analýzy.

b – stavební vývoj;

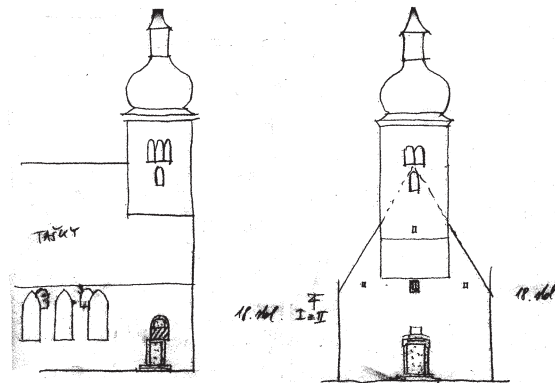
románský kostel



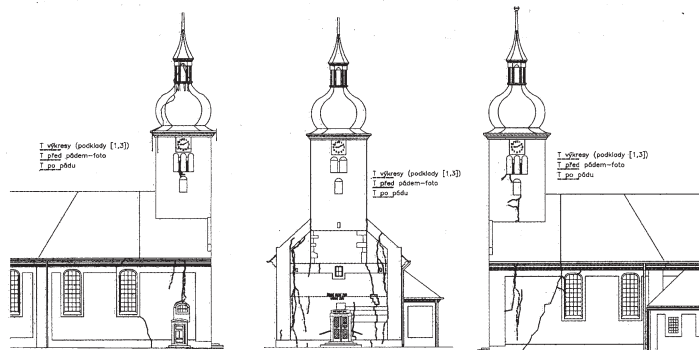
gotický kostel



barokní kostel



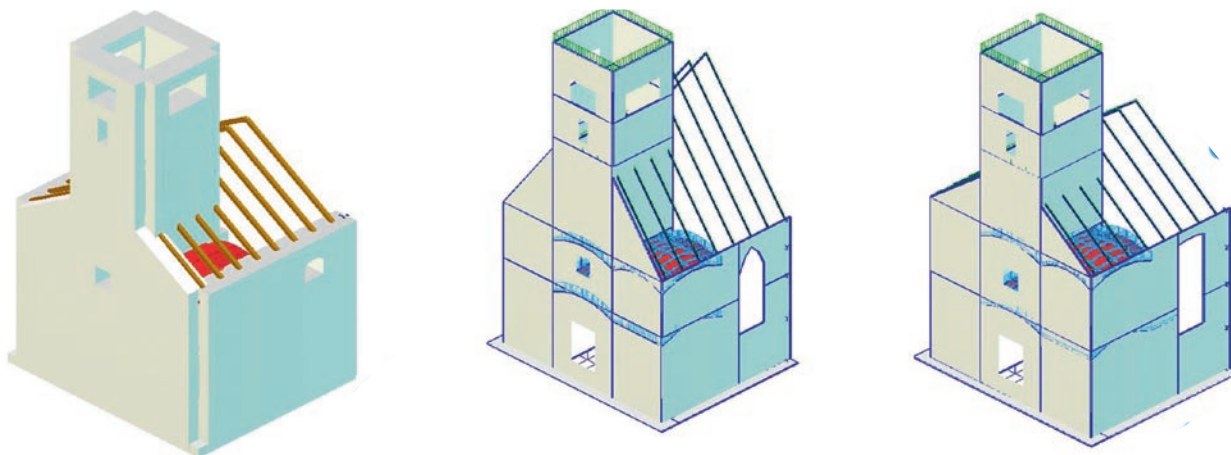
stav před zříčením





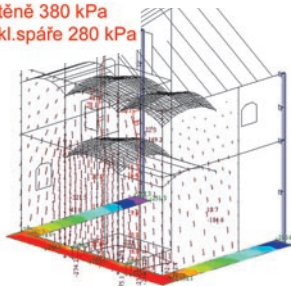
fotodokumentace
statické průzkumy
archivní rešerše
stav. historický průzkum
průzkum zdiva

c – podklady pro analýzu historie poruch;

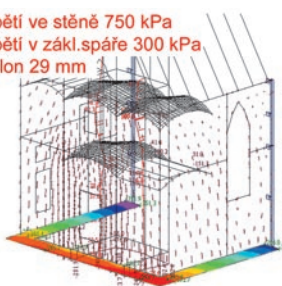


d – statické modely: románský, barokní, před zřícením;

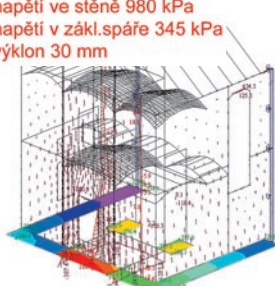
napětí ve stěně 380 kPa
napětí v zákl.spáře 280 kPa
výklon 0



napětí ve stěně 750 kPa
napětí v zákl.spáře 300 kPa
výklon 29 mm



napětí ve stěně 980 kPa
napětí v zákl.spáře 345 kPa
výklon 30 mm



napětí ve stěně 807 kPa
napětí v zákl.spáře 175 kPa
výklon 0



e – statický výpočet: románský, barokní, před zřícením, návrh dostavby

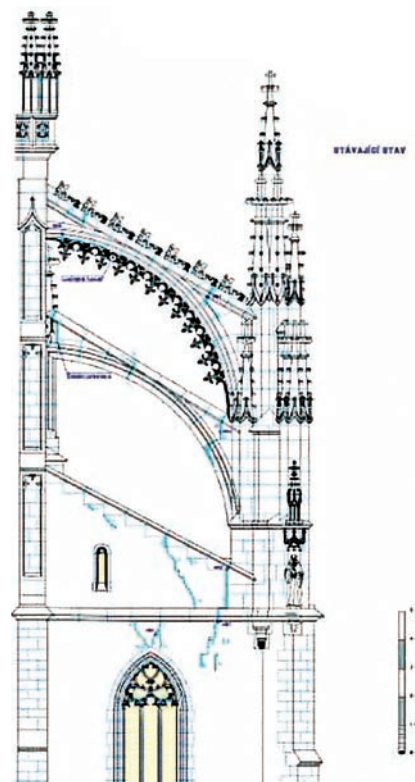
Obr. 174: Využití matematického modelování při analýze příčin vzniku poruch a návrhu opravy opěrného systému chrámu sv. Barbory v Kutné Hoře (hlavní příčinou bylo tepelné namáhání málo zatížených opěrných oblouků).



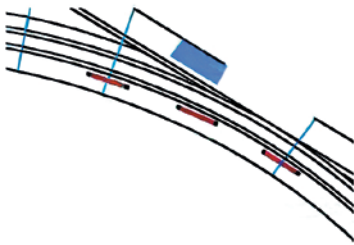
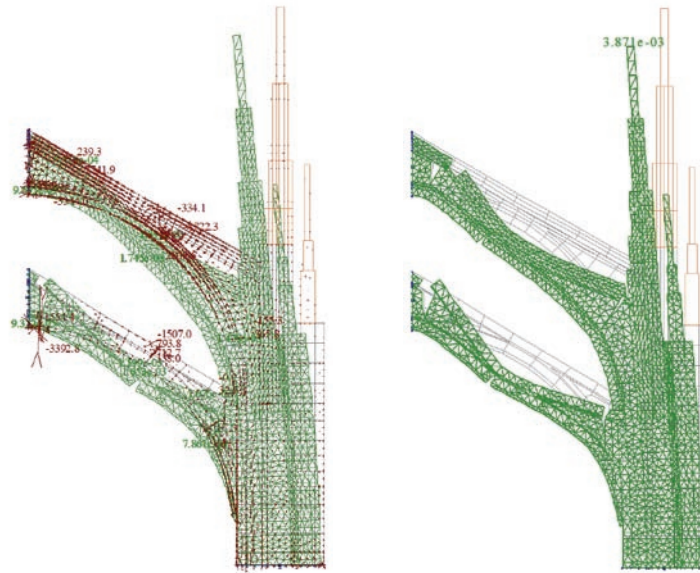
a – dokumentace trhlin;



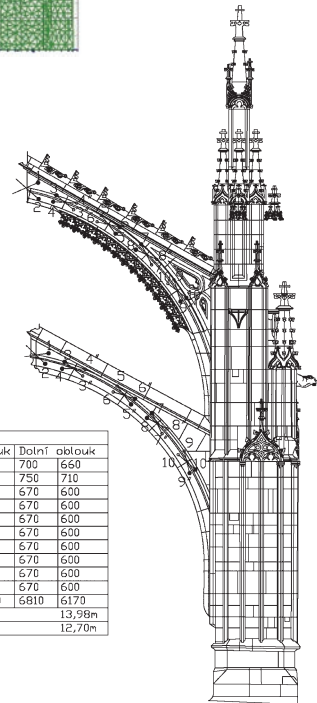
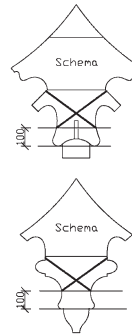
b – analýza poruch;



d – statický výpočet;



e – původní návrh – sepnutí klenáků vnějšími skobami;



f – konečný návrh – spojení klenáků úztuží Helifix injektovanou ve vrtech;



Délky vrtů a výztuže			
Číslo vrtů	Horní oblouk	Dotní oblouk	
1	800	760	700
2	850	810	750
3	690	620	670
4	690	620	670
5	690	620	600
6	690	620	670
7	690	620	670
8	690	620	670
9	690	620	670
10	690	620	670
Součet	7170	6530	6810
Celkem vrtů		13,98m	
Celkem výztuž		12,70m	



g – jádrové vrtání.

TUHOST

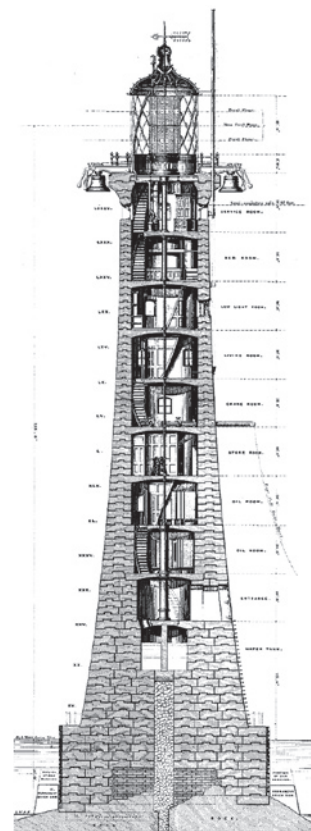
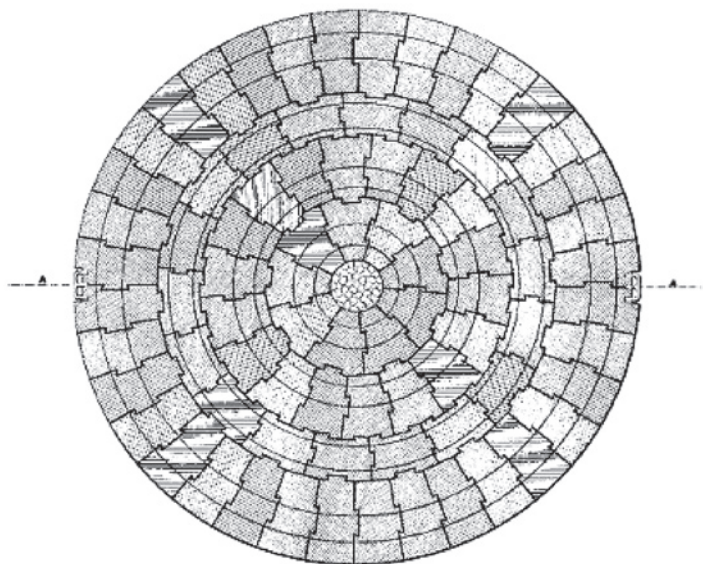
Pro zajištění odolnosti při namáhání *vodorovnými silami* je nutné, aby stavba jako celek měla dostatečnou tuhost. Je možno zobecnit zkušenost, že pokud má historická stavba vyhovující tuhost, vyhoví na únosnost, stabilitu a zpravidla i z hlediska deformací (s výjimkou stropů).

Ve stavbě působí zejména tyto vodorovné síly:

- příčné tahy od svislého zatížení (*obr. 25, 26*),
- reakce šikmých a prostorových prvků a konstrukcí (nedostatečně ztužené krovy, klenby),
- vnější zatížení – vítr, zatížení dynamická (otřesy, zemětřesení, bouřky), tepelné zatížení, havárie, stavby, propady v sousedství,
- důsledky poruch (poklesy ve zdivu, v základech, narušení dřeva),
- vliv změn využití (přetížení, přestavby).

K tuhosti *celé stavby* přispívá (*obr. 174, 175*):

- Geometrie stavby – *skloněný líc* zvyšuje stabilitu staveb ze suchého zdiva, vysokých věží italských měst, barokního opevnění, opěrných zdi apod.
- *Masivnost* stavby.
- *Opěráky a opěrné systémy* gotických kostelů, vtažené pilíře barokních kostelů, pilíře opěrných zdí. Opěráky jsou historickým způsobem zachycení vodorovné síly, který se může ve **zdůvodněných** případech uplatnit i dnes jako účinný a šetrný způsob.



Obr. 175: Mimořádná tuhost obdivovaného Eddystonského majáku z 18. století, který musí odolávat mořským bouřím a příboji, je dána jeho tvarem a vodorovným i svislým provázáním kamenů, které mají ve třech směrech zámky. Zámky významně zvyšují tření v ložných i styčných sparách a tedy i pevnost zdiva ve směru svislém i vodorovném.

- Prvky, které jsou schopny zachytit tah (*táhla a věnce*) se uplatňovaly jako původní i dodatečné konstrukce. Pokud jsou autentická táhla historické stavby narušena, je žádoucí obnovit jejich funkci. Nutnost vložení nových táhel do chráněné památky musí být **prokázána** statickým výpočtem a analýzou alternativních možností zajištění stavby.
- *Tuhé konstrukce*, které byly součástí stavby, významně zvyšovaly její celkovou tuhost (hrázdění, příhradové konstrukce, klenby, rámové konstrukce, nárožní zámky a příčné stěny roubených staveb, vetknutí do země u sloupkových staveb). Vložení tuhé konstrukce může být alternativní možností zajištění stavby.
- Na tuhosti historické stavby se podílí větší tloušťka stěn, klenby včetně násypů, zalděné konce trámů a krovu, případně i příčky. Celková tuhost historických staveb byla zajištěna spolupůsobením konstrukcí a obvykle byla dostatečná.

Velmi názorné je porovnání tuhosti běžného městského domu z 18. století, která byla zajištěna masivnějšími konstrukcemi a jejich spolupůsobením, a domů stavěných podle předpisů z konce 19. a začátku 20. století, které nařizovaly zřízení táhel a věnců. Tehdy levné a praktické vytápění uhlím umožnilo zmenšit tepelný odpor stěn (tedy jejich tloušťku) a navrhnout stavbu podle požadavků statiky (*obr. 155*).

Při opravě stavby je třeba prověřit, zda v současném stavu spolupůsobení konstrukcí tuhost stavby zajišťuje, případně, zda je možné původní spolupůsobení **obnovit**.

Je žádoucí, aby byla **tuhá každá konstrukce** – to znamená, že by neměla přenášet vodorovnou reakci od trvalého zatížení na konstrukce jiné (zejména ne do zdiva). Příklady:

- krov by měl do zdiva přenášet vodorovnou reakci pouze od klimatického zatížení (od větru),
- vodorovnou reakci krovu od stálého zatížení by měl zachytit vazný trám,
- vodorovnou reakci klenby od stálého zatížení by mělo zachytit tření v patce, táhlo nebo opěrák.

Tento princip je třeba uplatňovat při změnách konstrukčního systému historických staveb i při návrhu staveb nových. V současné době projektanti nových staveb (ale někdy i u oprav staveb historických) často spoléhají na to, že vodorovnou sílu od krovu zachytí železobetonový věnec, do kterého je pozednice kotvena. Věnec může vodorovnou sílu zachytit jen tehdy, pokud je vyztužen jako nosník namáhaný vodorovným zatížením, pokud je uzavřený a jeho příčná ramena mohou zachytit celkovou reakci. Věnec pod krovem však obvykle nemá velkou hmotnost a tření ve spáře se zdivem je tedy malé. Zřizování železobetonových věnců v úrovni uložení krovu není efektivní, nevyhovuje požadavku na životnost konstrukce a její odstranitelnost, proto **není** bez řádného zdůvodnění u chráněných památek **přípustné**. (→ III. / *Dřevěné konstrukce / Obytné podkroví; IV. / Stárnutí*) Když je pozednice, která přenáší velkou sílu od krovu, kotvena do zdiva nebo do věnce, může docházet k nadměrnému namáhání a deformacím zdiva – pokud to statický výpočet prokáže, je nutné tuhost krovu zajistit jiným způsobem (například vložení vazných trámů nebo kleštin). Spáru mezi pozednicí a zdivem je třeba posoudit na zatížení větrem – pokud vyhoví, **není třeba** pozednici kotvit.

Tření

U masivních staveb k zachycení vodorovných sil ve zdivu přispívá tření. Tření je síla, která působí proti směru pohybu tělesa, její velikost je přímo úměrná váze (tíze) tělesa. Úměrou je koeficient tření, který závisí na kvalitě styčných ploch.

Úhel vnitřního tření je sklon stabilního svahu zeminy, stěny kužele ze sypaného materiálu nebo zděné pyramidy. Úhel vnitřního tření závisí na velikosti zrna, jeho povrchu, vlhkosti apod.

Koeficient tření ve zdivu je 0,5–0,7 – to odpovídá úhlu vnitřního tření 63,43°–55°.

Pokud šikmá síla ve zdivu působí pod úhlem 63,43°, její svislá složka vyvolá tření, které je stejné nebo větší (s bezpečností 1,4–2,1) než vodorovná složka šikmé síly – „**gotický trojúhelník je stabilní**“. Toto zjištění se využívalo u přečnělkových kleneb, které bylo možno stavět bez podepření. Ve sklonu 63,43° jsou velmi často založeny patky gotických katedrál zděné současně s obvodovými stěnami (*obr. 48, 55, 62, 86*).

Úhel sklonu zikkuratů a egyptských pyramid je 52°, bezpečnost těchto staveb je (1,6–2,4).

Velikost tření ve zdivu se zvyšovala konstrukčními úpravami (u klenby nadezdívkou, zatížením zdivem patra, u opěrného systému katedrály fiálami).

Vzácné jsou případy zajištění tuhosti zdiva zvýšením součinitele tření – příkladem je suché zdivo z přesně opracovaných bloků (Machu Picchu) nebo cihly s vlnitou ložnou plochou ve zdivu Pantheonu (*obr. 22, 175*).

Armování nároží

Největší vodorovné síly jsou při nárožích, proto se u staveb z lomového zdiva *nároží armují* mohutnými kvádry – ve spáře je velké tření, které dokáže vodorovné síly od zatížení zachytit i v případě, že je spára částečně narušená. Pro stabilitu stavby a její trvanlivost je žádoucí, aby kameny v nároží, které zajišťují tuhost celé stavby, byly velké, pravidelné, měly dobře opracované ložné plochy a byly dobře provázány se zdivem stěn. Kde tyto zásady nebyly dodrženy, tam dochází k narušení nároží (*obr. 26*).

Oblá nároží

Ne všude byl k dispozici kámen, ze kterého bylo možno tesat kvádry. Velká část našich hradů je postavena z pevných krystalických břidlic, které se lámou nepravidelně a nedají se opracovat. Pokud nebylo možné dovézt pískovec, dostala nároží oblý tvar (*obr. 26, 176*).

Oblá nároží se u hradů vyskytují často, Dobroslava Menclová [133] charakterizuje skupinu *“hradů s obalovou zdí a zaoblenými rohy”*, ve které vidí *“výtvarné přehodnocení”* dosavadního vývoje, a pro kterou bychom *“v sousedních zemích hledali marně nějakou starší obdobu”*. Menclová má samozřejmě pravdu v tom, že oblá nároží se stala významným výtvarným prostředkem, který stavitelé záměrně využívali. Dynamické linie a tvary hradů působily na své současníky jistě stejně emotivně jako na nás. Je zde patrný rozdíl proti hradům, jejichž zdi s ostrými hranami armovanými mohutnými kvádry měly působit dojmem pevnosti a nedobytnosti. Ale přesto si myslíme, že *“tvárné a pružné útvary”*, jak píše Menclová, nebyly výsledkem prvotního výtvarného záměru, ale důsledkem nezbytnosti stavět z lomového, někdy i špatně vazného kamene. Příčný tah se tak nesoustředil do nároží, ale rozprostřel se do větší šířky – u válcových věží do celého obvodu stavby.

Skutečnost, že hrady s oblými nárožími se vyskytují právě u nás, by mohla vyplývat z geologie Čech, kde převažují horniny vyvěřelé a přeměněné (zejména v oblastech, kde se stavělo nejvíce hradů). Pískovce jsou u nás hojné, ale s výjimkou některých oblastí se z pískovce hrady stavěly jen málo a s pískovcovými ostěnými a kvádry se vždy šetřilo. Vápenec je u nás na rozdíl od jiných zemí vzácnější.



Obr. 176: Oblé nároží hradu, Zlenice.

Dřevěné věnce

Oblá nároží jsou i na hradě Zlenice. Místní kámen je velmi pevný a nepravidelně se láme a pískovec na tesaná nároží není v blízkosti hradu dostupný.

Zdivo s nepravidelnou vazbou má nízkou pevnost v tahu a smyku, proto v něm snadno vznikají trhliny. Staří stavitelé při zdění z nepravidelného kamene obvykle velmi pečlivě vyrovnávali spáry plochými šíbrý, odštěpky, které vznikají při lámání kamene. Drobný kámen však při těžbě místního kamene vzniká jen v malém množství, proto zdivo zlenického hradu není dobře provázané. Stavitele není možno obvinít z nedbalosti, jejich péči dokládá to, že zdivo má malou mezerovitost, protože nešetřili kvalitní maltou. Na závalu je vysoká pevnost horniny, protože větší kameny převezmou velké zatížení, které přenášejí do slabších míst. Projevuje se zde stejný mechanismus jako při zatěžovacích zkouškách – při nárožích vznikly tahové trhliny. (obr. 24–26, 176) Zleničtí stavitelé zjevně o těchto problémech věděli, a proto do zdiva osadili dřevěné věnce. Věnce nebyly průběžné, ale byly uloženy při nárožích, v navázání dalšího objektu a ve větším rozsahu u stavby založené na prudkém svahu. Věnce byly osazeny při zdění a zality maltou, ve které se zachovaly otisky dřeva.

Funkcí věnců při nárožích bylo rovnoměrné roznesení svislého zatížení tak, aby tření v ložné spáře zachytilo příčný tah. Věnce nebyly provázané, protože masivní stavba velkého paláce měla dostatečnou tuhost. Ztužující funkci měly věnce v objektu založeném na prudkém svahu.

S dřevěnými věnci se u nás někdy setkáme u středověkých staveb věží a hradů, od renesance jsou dřevěné věnce a táhla běžné u zámků, klášterů a kostelů.

Na přerušené a nedostavěné stavbě konventu v Plasích je vidět diferencované užití materiálu: lomový kámen a úlomky cihel pro masivní zdivo (kvůli úspoře nákladů); cihelné zdivo u pilířů a kleneb (kvůli přesnému provedení) a v dočasných zadržkách kvůli snadnému vybourání; kamenné kvádry (šmorce) pro provázání s budoucí dostavbou; dřevěné věnce pro vodorovné ztužení stavby.

Věnce z cihel ztužovali lité zdivo (emplekton) Římané, stejný význam (roznesení zatížení do větší plochy) měly věnce zděné na parketovou vazbu nebo klasové zdivo (opus spicatum) a klenuté pasy v základech (obr. 119).

Dřevěné věnce v zemětřesných oblastech

Pro italské stavitelství (tak jako pro celé Středomoří) jsou charakteristické některé odlišnosti konstrukce budov od našich poměrů:

- požadavky na tepelný odpor vnějších konstrukcí jsou podstatně nižší než u nás a budovy mají slabší vnější zdi,
- budovy mají slabší zdi, ale musí mít dostatečnou tuhost,
- budovy musí odolávat zemětřesení.

V celém Středomoří se proto do zdiva osazují dřevěné věnce ve vzdálenostech cca 75 cm po výšce, věnce jsou při jednom nebo při obou lících – nejedná se však o hrázděné zdivo. Vzdálenost věnců je u staveb z různých kulturních okruhů a různých dob (obr. 164) vždy stejná (odpovídá požadavkům ochrany proti zemětřesení podle novodobých norem), smyslem je zabránit při zemětřesení kmitání zdi na celou výšku patra a tím zmenšit amplitudu vlny. V úrovni pater jsou věnce provázány se stropními trámy.

S touto praktikou se můžeme vzácně setkat i u nás. Po velkém požáru Malé Strany v roce 1541 se na její obnově na starých gotických parcelách (například v Mostecké a Nerudově ulici) podíleli vlašští stavitelé, kteří stavěli podle svých zvyklostí – tenké vnější i podélné nosné zdi, na které byly příčně (na celou šířku parcely) položeny stropní trámy a vazné trámy krovu. Ve zdivu je možno nalézt pozůstatky dřevěných věnců v poloze, která odpovídá vyztužení proti zemětřesení obvyklému v Itálii. Tyto praktiky zřejmě vymizely po zjištění, že v našich podmínkách je nutno stavět tlustší zdi (problémy s vytápěním se objevily u mnoha zámků navržených podle italských vlivů, kde se dodatečně zazdívaly arkády) a ztužení stavby dřevěnými věnci není nutné.

Táhla

Železná táhla obepínající celou stavbu chrámu sv. Barbory v Kutné Hoře jsou začleněna do kružeb a zasklení oken, jsou zde i příčná táhla v úrovni klenb bočních lodí, ve vítězném oblouku i nad klenbou lodi hlavní (*obr. 93*).

Železná táhla jsou spolu se žebry a rubovými pasy součástí konstrukce klenby Vladislavského sálu. Železná táhla osazená viditelně v patě oblouků jsou běžná u arkád renesančních zámků (*obr. 94*).

Nezbytnou součástí ztužení mnoha barokních kostelů jsou táhla nad klenbou, která mají někdy šikmé rameno zazděné do patky klenby. Vodorovná a šikmá část táhla bývají pod vnější omítkou spojena společnou závlačí o délce až 4 m. U barokních kostelů bývají táhla a závlače na vazných trámech krovů nebo na trámech samostatných (*obr. 82, 84, 85*).

Železná táhla jsou nezbytnou součástí hospodářských budov (chlívů, ovčínů, sladoven) z 19. století s plochými plackami do pasů, kde táhla bývají zazděna v pase a na vnější straně zdi mají pod omítkou závlače (*obr. 96*).

VYVĚŠENÍ RAMENÁTŮ PŘI STAVBĚ KLENBY

Nad klenbami kostelů jsou někdy zachovány dřevěné nosníky a železné prvky, které byly součástí dočasné konstrukce zavěšených ramenátů, na které byla vyzdívána klenba (*obr. 97, 98*). Tyto konstrukce byly nezkušenými projektanty zaměněny za táhla zajišťující vodorovnou složku reakce klenby a byla navrhována nová konstrukce, která měla nahradit jejich údajnou funkci.

Provizorní a pomocné konstrukce jsou zachovány jen velmi vzácně, proto je třeba je chránit, konzervovat a studovat jejich účel a funkci.

ZVÝŠENÍ TUHOS TI STAVBY

Zvýšení tuhosti stavby bývá nutné u staveb se složitějším stavebním vývojem, kde byly například dodatečně vloženy klenby, nebo kde došlo k poklesům v základech.

Nutnost zvýšení tuhosti stavby je **vždy** nutno prokázat analýzou stavby a jejich poruch a statickým výpočtem.

V předchozí kapitole jsou uvedeny autentické způsoby zajištění celkové tuhosti stavby. Využití nebo obnova **autentických konstrukcí** zajišťujících tuhost objektu má při opravách chráněných památek **prioritu**.

Navržené řešení musí být vždy **zdůvodněno a podloženo** statickým výpočtem. Kromě požadavku na **odstranitelnost** přidané konstrukce, je nutno posoudit i její **životnost**, která by u památkově chráněných objektů měla být minimálně sto let.

Nevyhoví-li některé konstrukce z hlediska únosnosti, přestože stavba nemá statické poruchy a její konstrukční systém byl prověřen dostatečně dlouhou dobou existence, je možno s využitím matematického modelování uvažovat spolupůsobení vedlejších a doplňkových konstrukcí.

Zřizování **železobetonových věnců** pod krovem je u historických staveb většinou zbytečné a z důvodů uvedených výše **není** u chráněných památek **přípustné**.

Zvýšení tuhosti stavby **předpjatými lany** považujeme za tvrdé řešení, které je **nevhodné** zejména z těchto důvodů (*obr. 177*):

- konstrukční závady by měly být vyřešeny v jednotlivých nosných konstrukcích, nikoliv přenesením problémů se zachycením vodorovných sil do zdiva,
- do stavby se vnáší další (poměrně velké a navíc vodorovné) zatížení, které ve stavbě nebylo,



Obr. 177: Trhliny ve zdiu a klenbách jsou evidentně způsobeny poklesy v základech, které zhoršily neuvážené změny a snížení úrovně terénu a zcela nedostatečné odvodnění. Projektant navrhoval sepnutí kostela vodorovnými táhly, které by příčiny poruch neodstranilo a k jejich stabilizaci nepřispělo – při aktivizaci poklesů by v trhlinách působily smykové síly, které v příčném směru měkká táhla nemohou zachytit, kostel sv. Martina, Javorník

- pro osazení táhel je nutné zřízovat kapsy pro poměrně velké kotvící prvky a drážky, které zdivo výrazně oslabují v exponovaných místech,
- u historických staveb táhla a úpravy nutné pro jejich osazení přicházejí do konfliktu s historickými konstrukcemi a prvky,
- účinnost táhel je podmíněna existencí předpětí, jehož udržování je problematické.

Nedostatečnou tuhost stavby je možno většinou zvýšit jednodušším způsobem, například vložením ocelových táhel, která jsou odstranitelná a která je možno snadno **kontrolovat** a **dopínat**.

STABILITA

Při průzkumech a opravách historických nosných konstrukce staveb je nutné posuzovat stabilitu prvků, konstrukcí i celé stavby, tedy bezpečnost proti změně polohy (zejména vybočení, posunutí a překocení).

U nosných konstrukcí historických staveb je nutno z hlediska stability prověřovat zejména tyto konstrukce a prvky:

- štíhlé nosné prvky ocelových, dřevěných, kamenných a zděných konstrukcí,
- střešní štítů a atiky, zvláště vychýlené nebo s římsami s velkým vyložení → III. / Nosníky z jiných materiálů,
- římsy všech staveb, zejména při opravách krovů,
- sochy osazené na římsách, atikách, parapetech balkonů,
- krovky věží a věžiček,
- komíny, zejména komíny vychýlené,
- všechny objekty i dílčí části torsálních staveb (zřícenin) a staveb narušených,
- stavby ohrožené zemními pracemi v sousedství nebo změnou vodního režimu,
- opěrné zdi.

Uvedené prvky a konstrukce je nutno posuzovat zejména na:

- vzpěrný tlak,
- zatížení nárazovým větrem,
- ohybový moment vyvolaný vlastní tíhou u vykloněných prvků, prvků s vyloženími římsami a u převislých částí prvků a konstrukcí,
- posunutí nebo překlopení tlakem větru,
- deformace podloží,
- zemní tlak.

Stabilitu uvedených prvků a konstrukcí zajišťují zejména:

- táhla a kotevní prvky zděných nebo kamenných prvků,
- kotvení krovů věží,
- vlastní tíha a tření v uložení,
- opěrné pilíře štítů (zesílení na vnitřní straně), věží, kamenných architektonických prvků (obr. 47),
- kotvení štítů a atik do krovu,
- pilíře, předsunuté základy, rubové konstrukce, zemní kotvy opěrných zdí.

Uvedené prvky a konstrukce musí odpovídat příslušným předpisům pro navrhování.

Posuzování a návrh opravy → I./Krok 5 a 6

Při posuzování a návrhu zásahů do nosných konstrukcí historické stavby je nutné zachovat následující postup:

1. rozlišit jednotlivé konstrukce stavby (krov, stěny, klenby, základy...),
2. definovat jejich konstrukční systémy a vzájemné vazby (krov spojený s táhlovým systémem klenby...),
3. zjistit a posoudit funkčnost, poruchy, opravy, změny a historii (úplnost, dodatečné prvky, stav, degradaci) jednotlivých konstrukcí a celé stavby,
4. posoudit statickým výpočtem jednotlivé konstrukce a celou stavbu v rozhodujících fázích existence (původní stav, opravy, změny, současný stav bez poruch, současný stav narušený, návrh opravy); posuzují se napětí a deformace v konstrukci, dimenze a spoje prvků,
5. zjistit spolupůsobení konstrukčních systémů (bývá nutné posuzovat statickým výpočtem),
6. určit příčiny poruch na základě zjištění funkce nosných konstrukcí a podrobného průzkumu poruch,
7. navrhnout **odstranění příčin** poruch,
8. navrhnout zásahy do nosných konstrukcí.

Návrh zásahu do nosných konstrukcí musí být **zdůvodněný**, měl by mít jen nezbytně **nutný** rozsah – vždy mají přednost **autentické** technologie a materiály.

Pokud je nezbytné (a dostatečně zdůvodněné) užití novodobé technologie, měl by být zásah do nosných konstrukcí památky **reverzibilní** (odstranitelný).

Rozhodující body postupu (průzkum, analýza, koncepce, návrh) musí být u památkových objektů schváleny památkovými orgány.

Nosné konstrukce památkových objektů musí vyhovět z hlediska:

- únosnosti,
- deformace,
- stability,
- bezpečnosti,
- trvanlivosti,
- památkové péče.

Všechna tato hlediska jsou stejně důležitá, žádnému z nich nemůže být dána přednost na úkor hlediska jiného. Hledisko ekonomické, uživatelské (požadované změny dispozice, změny zatížení apod.) nebo realizační (využití mechanizace, úsporných technologií apod.) je nutné výše uvedeným hlediskům **podřídit**.

Památkové orgány posuzují splnění všech hledisek, kterým musí vyhovět nejen památkově chráněné objekty, ale i objekty v památkových rezervacích nebo zónách.

Součástí návrhu opravy bude (v uvedeném pořadí):

- Odstranění příčin poruch
- Oprava poškození
- Zesílení nebo výměna poddimenzovaných konstrukcí a prvků
- Případné doplnění nebo změna konstrukčního systému
- Postup a způsob provedení prací

PRIORITY

Při opravě nosných konstrukcí stavební památky je třeba respektovat následující pořadí *priorit*:

1. konzervace současného stavu, pokud jsou zachovány všechny funkce stavby,
2. obnovení autentického stavu (opravou, případně výměnou poškozených částí), pokud jsou některé funkce narušeny,
3. doplnění konstrukčního systému, pokud měl původní systém vady nebo došlo ke změně podmínek stavby,
4. náhrada původního konstrukčního systému, pokud autentický systém není obnovitelný,
5. vždy je třeba **památkově hodnotné prvky** nosných konstrukcí uchovat a konzervovat – i v případě, že již nemají nebo nebudou mít nosnou funkci.

Při záchraně a obnově *devastovaných objektů* památkově chráněných a objektů v památkových zónách nebo rezervacích má prioritu zachování památkových hodnot. Postup záchranu a obnovy je nutno navrhnout tak, aby byla zajištěna bezpečnost veřejnosti a pracovníků stavby. Návrh musí být vždy individuální – zásady postupu viz → II. / *Proces přípravy*; III. / *Zděné konstrukce / Vnější konstrukce*.

Rozdíly v navrhování historických a novodobých staveb / Bezpečnost

Dnes se stavby navrhují na základě posuzování mezních stavů *únosnosti, deformace, stability, případně trhlin*.

Až do 19. století byly obytné budovy masivnější, tehdejší způsob vytápění vyžadoval velké zásoby dřeva, proto byl výhodný velký tepelný odpor vnějších stěn. Vytápění obytných budov uhlím umožnilo v našem podnebním pásmu zmenšit tloušťky obvodového zdiva a dát před náklady na vytápění dát přednost úspoře stavebních nákladů.

Statika 19. století umožnila posuzování a úsporné řešení nosných konstrukcí. Konstrukce a jejich statické modely byly navrhovány s ohledem na tehdejší výpočtové metody (metody výpočtu staticky neurčitých konstrukcí se uplatnily až ve 20. století).

Bezpečnost konstrukce se po vzniku vědeckých metod založených na výpočtu namáhání konstrukce a zjišťování vlastností materiálů posuzovala porovnáním napětí v daném prvku konstrukce s pevností materiálu zjištěnou zkouškami. Průměrnou hodnotou bylo *dovolené namáhání*.

Ve 20. století [84] bylo zavedeno posuzování podle *stupně bezpečnosti*, který byl určen pro určitý typ stavby nebo konstrukce v hodnotách 1,5; 2,0; 2,2... Porovnávalo se napětí vypočtené z reálné kombinace zatížení s dovoleným namáháním materiálu. Stupeň bezpečnosti 2,0 znamenal, že prvek unese dvojnásobné zatížení, než které výpočet předpokládá.

Podle současných předpisů se únosnost prvku posuzuje na základě porovnání s *mezním stavem*, který je dán pravděpodobností dosažení kritických podmínek zatížení, vlastností materiálu a provedení konstrukce. Pro výpočet únosnosti je ovšem třeba znát pevnosti materiálů, které u historických staveb není možno vždy spolehlivě zjistit. Obtížné je to u dřeva, kamene, kovů, ale zejména u zdiva. Při posuzování historických konstrukcí podle mezních stavů je tedy třeba vyjádřit únosnost v intervalu předpokládaných hodnot pevností materiálu a podrobně zjišťovat, která pevnost je u daného materiálu reálná. V každém případě je zřejmé, že metodika výpočtu únosnosti bude odlišná než u nových konstrukcí, kde si pevnost materiálu můžeme volit.

Metodika stupně bezpečnosti je pro posuzování nosných konstrukcí historických staveb názorná. Statické výpočty historických konstrukcí prokazují, že bezpečnost vyjádřená stupněm 2,0 až 2,5 byla u starých staveb obvyklá. Tato bezpečnost je nutná, aby nedošlo ke kolapsu (meznímu stavu) konstrukce v případě, že:

- dojde k mimořádnému zvýšení zatížení (sněhová kalamita, silný vítr),
- byla chyba v projektu,
- byla skrytá vada v konstrukci nebo materiálu.

Dvojnásobná bezpečnost může pokrýt dvě z uvedených příčin, nestačí při mimořádných událostech (povodeň, velké navýšení užitého zatížení, poddolování apod.).

V historických dobách se údajně uplatňovalo tzv. „pětiminutové kritérium“:

- pokud stavba vydrží prvních 5 minut po postavení, zůstane stát alespoň 20 let,
- pokud vydrží 20 let, bude stát alespoň 500 let.

Z těchto kritérií vyplývá, že:

- pokud stavba spadne hned po postavení, návrh měl vážnou *konstrukční chybu*,
- do 20 let proběhne stabilizace podloží a dotvarování zdiva, bude realizováno užité zatížení, uplatní se vnější vlivy – pokud nevznikly poruchy, byla stavba dobře navržena i realizována,
- pokud nedojde k vnějším zásahům (přestavby apod.) a stavba bude **udržována**, může stát i 500 let – *degradace* materiálů chráněné a udržované stavby probíhá pomalu.

Statické zajištění / Novodobé materiály a technologie

U stavby, která je v **havarijním stavu** nebo je značně narušená, je nutné statické zajištění. Jeho cílem je zajistit bezpečnost, zabránit zřícení stavby nebo jejích částí a zabránit zhoršování stavu objektu. U památkového objektu má havarijný charakter i takový stav nebo okolnosti, které mohou způsobit **ztrátu památkových hodnot** (zatékání do objektu, napadení houbou, volně přístupný objekt).

Pro návrh statického zajištění platí dvojnásob, že nezbytným podkladem je komplexní průzkum a **analýza poruch** stavby a jejich příčin. Opakovaně se setkáváme s návrhy statického zajištění, které nejsou podloženy objektivní, zdůvodněnou a ověřitelnou analýzou, které jsou řešeny bez znalosti stavební historie objektu a bez ohledu na jeho památkové hodnoty. V některých projektech se navrhuje náročné ztužení stavby přesto, že příčiny vzniku trhlin, které jsou ve stavbě, byly v minulosti již odstraněny. Častým argumentem pro zřízení nových věnců a táhel bývá údajná nutnost zvýšení tuhosti stavby. Projektanti, kteří nemají zkušenosti s historickými stavbami, si někdy neuvědomují, že tuhost historických staveb byla podstatně větší než tuhost staveb 19. a 20. století, které táhla nebo věnce mít musejí (*obr. 155*). Tuhost každé stavby (to jest schopnost odolávat působení vodorovných a dynamických sil) je dnes možno posoudit pomocí matematického modelu.

Statické zajištění památkové stavby je nutné **pouze v případech**, kdy stavba má vážné statické poruchy, mělo by mít jen **nezbytně nutný rozsah** a mělo by být navrženo a provedeno tak, aby nesnižovalo památkovou hodnotu stavby. Tento přístup vyžaduje znalost historických konstrukcí, zkušenost při navrhování jejich oprav, dokonalý průzkum stavby a průkaznou analýzu nosných konstrukcí, **všech** poruch a jejich příčin. Ke každé stavbě je nutno přistupovat individuálně, problémy je třeba řešit tvůrčím způsobem, ne rutinně. Právě rutina byla hlavní příčinou nevhodných zásahů při nešetrném „zajišťování“ staveb, kdy se plošně uplatňovaly metody, jako zesilování kleneb železobetonovou vrstvou na rubu, ztužování staveb předpjatými táhly, plošná injektáž zdiva apod.

Projekt statického zajištění musí navrhnout:

- odstranění příčin poruch,
- odstranění poškození,
- odstranění konstrukčních závad,
- ochranu nosných konstrukcí,
- zajištění únosnosti a stability všech nosných konstrukcí.

Charakteristické poruchy a možnosti jejich statického zajištění a opravy jsou v → kapitole III.

Při poruchách nosných konstrukcí se statické zajištění provádělo i v minulosti – známé jsou příklady opakovaných oprav chrámu Hagia Sophia v Konstantinopoli nebo katedrály v Beauvais (*obr. 92*). Byly zajišťovány poruchy vyvolané chybami v nosné konstrukci, přestavbami nebo poškozením vnějšími vlivy (povodně, požáry). Rejstřík konstrukcí v minulosti užívaných pro statické zajištění byl relativně omezený: zesílení zdiva, opěráky, podchycení kleneb pasy, vložení táhel, vyvěšení dřevěných prvků, vložení prvků zesilujících. V průběhu historie se užívaly stále stejné technologie: zdění, klenutí, dřevěné, železné nebo bronzové prvky. Od 19. století a zvláště ve 20. století se *novodobé materiály a technologie* (ocel, cement, beton, železobeton, prefabrikáty, lanová táhla, předpjaté konstrukce, injektáže, lepidla, umělé hmoty, speciální malty, pojiva a nátěry, vodotěsné izolace), které jsou součástí novodobých staveb (a často se efektivně užívají v nosných konstrukcích staveb inženýrských), uplatňují i při opravách a statickém zajištění historických objektů.

Pro použití těchto technologií v historických stavbách platí ve zvýšené míře zásady uvedené výše:

- zjištění příčin poruch,
- nezbytnost a zdůvodnění užití speciálních technologií,
- minimalizace, opravitelnost a odstranitelnost zásahu.

Využití moderních technologií je problematické zejména proto, že mají podstatně **nižší životnost** než technologie historické (50–100 let) (*obr. 16, 20, 37, 49*), proto by se při opravách chráněných památek, jejichž životnost a opravitelnost musí být dlouhodobě zajištěna, měly využívat jen zcela výjimečně.

Záchrana a obnova devastovaných objektů

Záchranu a obnovu devastovaných objektů je vždy nutno řešit individuálně, je však třeba dodržet následující **postup a zásady**:

- A. Zabránit vstupu a zajistit *bezpečnost* veřejného prostoru. Vlastník nebo správce objektu (v případě nutnosti na příkaz stavebního úřadu) zřídí zábrany, oplocení, výstražné nápisy.
- B. Urychleně zpracovat odborné *posouzení* statického stavu a navrhnout *provizorní zajištění*, které zabrání dalším škodám na objektu nebo ohrožení bezpečnosti.
 - a) U objektů *památkově chráněných*, včetně objektů v památkových rezervacích a zónách musí odborný posudek zpracovat autorizovaný statik, provizorní zajištění může mít formu výdřevy, vzpěr, táhel, kotev apod. Bez souhlasu orgánu památkové péče závazného stanoviska je **nepřípustné** bourání, odstraňování střechy, stropů, vyklízení násypů stropů a kleneb, suti apod.
 - b) U objektů památkově nechráněných se někdy již v této fázi zvažují náklady na odstranění stavby nebo její opravu. Tento přístup je u objektů památkově chráněných **nepřípustný** – prioritu mají vždy opatření ad a).
- C. Realizovat provizorní opatření a provést detailní *průzkum* stavu objektu → II. **proces přípravy a realizace / Krok 3**. Statický průzkum bude probíhat současně se zaměřením a se stavebněhistorickým průzkumem, které budou dokumentovat aktuální stav objektu.
- D. Na základě průzkumů stanovit *zadání* projektu opravy. Na zadání projektu se kromě vlastníka, uživatele a investora **musí** podílet i *památkové orgány*.
- E. Zpracovat *projekt* opravy nosných konstrukcí, zastřešení a odvodnění. Součástí projektu bude **postup prací**, který bude rozdílný u objektů:
 - a) poškozených *havárií* (zřícením části objektu, výbuchem, dopravní nehodou, požárem, povodní, vichřicí apod.), kde je nutno přednostně zajistit části objektu, jejichž stabilita nebo únosnost je ohrožena,
 - b) devastovaných *dlohodobě* (nedostatečnou údržbou, působením vnějších činitelů, vandalů apod.), které jsou částečně stabilizované a kde je nutno vytypovat a přednostně opravovat havarijní stavy → III. **Zděné konstrukce / Zříceniny a torsální objekty**.

Koncepce projektu opravy nosných konstrukcí:

 - při haváriích je především nutné zajistit **stabilitu** vykloněných nebo vyboulěných zdí, výdřevou zajistit klenby, záklenky a překlady (u stavby bez střechy v celém rozsahu), vzpěrami převísle části zdiva, stropů a krovů, učinit opatření pro odvodnění stavby (střešní žlaby a svody napojit na provizorní odpady),
 - dalším krokem by mělo být **zastřešení** (zvažovat vhodnost provizorní nebo definitivní střechy),
 - současně s odstraňováním havarijních stavů je nutné chránit, konzervovat a případně předběžně restaurovat **památkově hodnotné** konstrukce a prvky, které jsou ohroženy.
- F. *Studie*, která prověří možnosti využití objektu a bude podkladem pro celkový projekt obnovy.
- G. *Projekt celkové obnovy* a úprav pro využití objektu.

Obdobně se postupuje u dlouhodobě devastovaných objektů. U devastovaných památkově chráněných objektů je prioritou **vždy** záchrana a obnova autentického stavu. Tento přístup se může uplatnit i v případě totálně zničených objektů.

Stárnutí materiálů a konstrukcí

→ III. Materiály, technologie, nosné konstrukce historických staveb

VNĚJŠÍ VLIVY

Stárnutí historických konstrukcí se projevuje především tam, kde přicházejí do styku s vnějším prostředím. Týká se to střech, fasád, nezastřešených objektů a jejich částí, jako jsou terasy, vnější schodiště, pomníky, zříceniny, mosty, ohradní a opěrné zdi apod.

Nejvýznamnější jsou *povětrnostní olivy* (obr. 178):

- *Střídání teplot v průběhu roku* vyvolává objemové změny konstrukce. V konstrukci vznikají silová napětí, která působí souběžně s namáháním od mechanického zatížení, a se kterými se musí při návrhu nebo posuzování konstrukce počítat. U chrámu sv. Barbory v Kutné Hoře se výpočtovou analýzou prokázalo, že právě napětí od tepelného namáhání bylo rozhodující pro vznik trhlin a deformací v opěrném systému, který byl dimenzován pouze na statické zatížení (obr. 174).
- Napětí od tepelného namáhání přesahují pevnosti některých konstrukcí v tahu (zejména pevnosti zdiva), důsledkem je vznik *dilatačních trhlin*. U historických konstrukcí zpravidla nejsou záměrně vytvořené dilatační spáry jako u konstrukcí novodobých. Spontánně vzniklé dilatační trhliny jsou nepravidelné a nejsou kryté proti vnikání vlhkosti, stávají se proto někdy místem, kde dochází k intenzivnější degradaci materiálů.



Obr. 178: Zdivo z měkké místní opuky špatně odolává působení povětrnosti. Exponované části zdi (nároží, ostění) byly proto vyzdívány z kvádrů, koruna byla kryta masivními deskami z pískovce a oba líce zdi byly omítané. Dnešní stav byl způsoben zanedbáním údržby. Obnova zdi bude velmi obtížná, řešením není dozdivování nebo omítání cementovou maltou. Viniční zdi, Liběchov

- *Střídání teplot v průběhu dne* způsobuje objemové změny a vyvolává vznik mechanických napětí na povrchu konstrukcí. Je jedním z činitelů, který způsobuje stárnutí nátěrů, u omítek, malt a měkkého kamene je jednou z příčin odtrhávání povrchových částí. Tepelné změny a působení mrazu způsobují křehnutí dřeva.
- Při *mrznutí* vlhkých omítek nebo pórzního kamene se zvětšuje objem a také vznikají silová napětí. Stejně působí led vznikající při mrznutí vody v dutinách nebo v trhlinách.
- Mrznoucí vlhké zeminy působí při zvětšování objemu na související konstrukce tlakem. K *promrzání zeminy* dochází u nás při velkých mrazech ($-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) trvajících několik dní. Do hloubky 0,8 až 1,0 m promrzají nesoudržné zeminy (píscitě hlíny, písky), soudržné zeminy (jíly) až do hloubky 1,5 m pod terénem. K promrzání zeminy za zdí (například za zdí opěrnou) dochází tehdy, nemá-li konstrukce dostatečný tepelný odpor.
- *Vítr* působí nepříznivě tím, že ochlazuje konstrukce, zesiluje tedy účinek tepelných změn. Vítr unášející částičky zemin působí abrazivně – obrušuje povrch měkčích materiálů (voštinové větrání pískovců, cihelného zdiva, vypreparování zimních letokruhů ve dřevě).
- Na některé materiály, například dřevo, působí destruktivně *sluneční záření*. Hnědá patina dřeva vzniká v krytých prostorách. V nekrytých prostorách působením slunečního záření společně s vymýváním povrchu deštěm dostává dřevo šedou barvu. Sluneční záření je také hlavní příčinou stárnutí nátěrů (*obr. 135*).
- *Voda* ve všech formách (vzdušná vlhkost, zemní vlhkost, déšť, led) spolupůsobí s ostatními povětrnostními činiteli a významně zesiluje jejich účinek. Kromě fyzikálních (mechanických) účinků je velmi významné její působení chemické – rozpouští a vyluhuje chemické látky, které jsou součástí konstrukcí (zejména vápno), transportuje chemické látky v roztoku do jiných částí stavby, kde může docházet k nepříznivým chemickým reakcím, na kterých se podílí i znečištěné ovzduší (sádrovcová koroze). Také koroze kovů probíhá za vlhka daleko intenzivněji.

Voda je také nezbytnou podmínkou působení všech forem činitelů *biologických*:

- Z těchto činitelů stavby nejvýrazněji ovlivňují vyšší rostliny – dřeviny, ale i byliny. Vegetace nekontrolovaně rostoucí přímo na stavbě nebo v její těsné blízkosti působí na konstrukce mechanicky růstem svých kořenů, případně větvemi, které narušují omítky. Vegetace rostoucí na zdivu získává živiny z malty, kterou postupně rozkládá. V okolí kořenů i koruny dřevin je vyšší vlhkost, která rovněž může stavbu nepříznivě ovlivňovat.
- Biologické napadení stavby začíná *plísněmi, řasami, lišejníky a mechy*, které vytvářejí podmínky pro uchycení vyšších rostlin. Nezbytnou podmínkou napadení je zvýšená vlhkost a vhodné živiny. Nižší rostliny se usazují v místech, kam zatéká z okapů, na nedostatečně odvodněných římsách, na soklech, které zvlhčuje zemní vlhkost nebo odstříkující voda. Intenzivnější napadení nižšími rostlinami můžeme pozorovat u staveb, které jsou znečištěné ptačím trusem.
- Napadení *dřeva* plísněmi, houbami a hmyzem je rovněž podmíněno zvýšenou vlhkostí. Tam, kde delší dobu zatéká, takže dřevo je trvale vlhké, dojde k napadení celulózovornými houbami, které může po několika letech zatékání způsobit destrukci konstrukcí. Pomalejší rozklad dřeva houbami nastává tam, kde je dřevo v trvalém kontaktu s vnějším zdivem – například u zadržných zhlaví trámů. Někdy se setkáváme se zadržnými trámy, které však napadeny nejsou a uchovaly se i více než 200 let v dobrém stavu. Je to patrné v těch případech, kdy bylo použito kvalitní dřevo, zhlaví byla těsně zadržena a střecha byla po celou dobu v dobrém stavu – nebyly zde tedy podmínky nezbytné pro biologické napadení (voda a vzduch).
- Také pro napadení hmyzem musí mít dřevo dostatečnou vlhkost (větší než 18 %). Všechny druhy hmyzu vyhledávají místa, která mají v průběhu roku jen málo proměnlivou vlhkost a teplotu (například dřevo chráněné hliněnými mazaninami). Druhy, které pro své rozmnožování potřebují styk s vnějším prostředím (tesařici), napadají konstrukce, které jsou volně přístupné, například půdy. To neplatí pro červotoče, pro které je stavba jejich životním prostředím, a kteří se s oblibou usazují v dřevěných podlahách v přízemí nebo v zadních stěnách nábytku přistaveného k vlhkým zdem.

Dalším vlivem, který dlouhodobě na stavbu působí, je *dynamické zatížení*, tedy zatížení, které způsobuje otřesy stavby [38]. Dynamickým zatížením jsou například zemětřesení, údery blesku, řícení skal, otřesy od dopravy (železniční, silniční i letecké), střílení v lomu, výbuchy, válečné události apod. Dynamická zatížení mají obvykle malou intenzitu, přesto však mohou vyvolat otřesy stavby, při kterých vznikají trhliny nebo se rozšiřují trhliny starší. Účinky dynamických zatížení se

u stavby existující několik staletí sčítají a mohou se projevat poměrně výraznými trhlinami, ve kterých stavba dilatuje při dynamických i tepelných zatíženích. Vliv dynamických zatížení se výrazněji projevuje u staveb vysokých a štíhlých nebo u staveb složených z celků s rozdílnými tuhostmi. Účinek otřesů (zejména zemětřesení) se více projeví u staveb založených na pevném podkladu (na skále) (*obr. 179*).

Posledním, ale mnohdy **velmi významným** vlivem, který zhoršuje stav stavby, jsou nevhodné nebo neuvážené *zásahy do okolí* (stavební činnost v sousedství, zásahy do vodního režimu, tunelování, změny dopravní situace apod.) a nevhodné *zásahy do stavby samé*.



Obr. 179: Dynamické namáhání věží, trhliny ve zdiu věží hradů:
 1 – Žebrák;
 2 – Neuburg v Podhradí u Aše;
 3a – charakter trhlin; 3b – původní podoba věže; 3c – kmitání věže.



PŮSOBNÍ VLHKOSTI

Hlavním činitelem, který působí na nezastřešené konstrukce, je voda pronikající do horních ploch i do stěn konstrukce. Dochází k tomu při dešti (přímo nebo ostřikem), z tajícího sněhu, z vyšší úrovně neodvodněného terénu, ke kterému konstrukce přiléhá, pronikáním zemní vlhkosti z vyššího terénu nebo vztlínáním. Voda ovlivňuje stav konstrukce vyplavováním rozpustných složek malty i staviva (nejvýznamnější je vyluhování vápna z malty), vyplavováním malty ze spár a zvýšením vlhkosti zdiva. Vlhké zdivo je narušováno mrazem, vlhké prostředí zpravidla urychluje průběh chemických reakcí ve stavivu i v maltě, dochází k rozpouštění a migraci solí. Vlhkost je nezbytná pro růst vegetace na zdivu i pro biotické napadení zdiva (řasy, plísně), které přispívá zejména k narušení omítek. Významnými činiteli ovlivňujícími stav konstrukcí jsou kromě vody i tepelné změny, které vyvolávají objemové změny materiálu a vítr, který způsobuje mechanické poškození materiálů. V konkrétních případech většinou působí několik činitelů společně.

K poškození konstrukcí nejčastěji dochází:

- snížením pevnosti:
 - malty, ze které je vyluhováno vápno,
 - zdiva, ze kterého je vyplavena malta,
 - zdiva prorostlého kořeny vegetace, která mění maltu na humus;
- namáháním tahovými silami:
 - při zvětšení objemu mrznoucího zdiva,
 - při zvětšení objemu krystalizujících solí vyplavených k povrchu zdiva,
 - při zvětšení objemu korodujícího železa (např. u skob, kterými jsou spojovány kamenné prvky),
 - při růstu kořenů,
 - při tepelných dilatacích,
 - při dynamickém zatížení,
 - působením příčných sil od svislého zatížení;
- mechanickým rozrušením a úbytkem materiálu při větrné abrazi.

Rozvolňování zdiva je zvláště intenzivní u nechráněných korun a v líci zdiva. U nechráněné koruny odpadávají kameny z líců, jádro zdi odolává déle – u zdiva z lomového kamene vzniká charakteristická homole, jejíž stěny mají sklon přibližně 60°. Tento sklon odpovídá tzv. „gotickému“ trojúhelníku, jehož výška se rovná základně. Koeficient tření ve zdivu na hliněnou maltu je 0,5 – při sklonu líce, který odpovídá odvěsnám v poměru 1 : 2, vyvodí vlastní tíha tření, které má stejnou velikost jako vodorovná složka tíhy, takže v tomto sklonu je relativně stabilní i narušené zdivo (bez malty). → IV. / Statika / Tření (obr. 48) Působení vnějších činitelů je v různých klimatických oblastech značně odlišné, pro vnitrozemskou (kontinentální) oblast mírného pásu, ve které jsou naše země, je charakteristické především působení vody, mrazu, vegetace a dřevokazných hub. Zvláště nepříznivá je kombinace vysokých srážek a mrazu, ale také velké tepelné rozdíly mrazivého vzduchu a oslunění v zimě.

Původní řešení historických staveb působení těchto činitelů omezovalo, stavby byly udržovány, docházelo k periodickým opravám, počítalo se s nižší životností. Stavební památky ve velké většině již svou životnost překonaly. Jejich současný stav nezávisí tolik na trvanlivosti jejich materiálu a kvalitě konstrukce jako na údržbě a způsobu využití.

Historický vývoj prokázal, že v našem podnebí je nejúčinnější ochranou staveb před vnějšími vlivy střecha se sklonem 40°–50°, při kterém spolehlivě fungují skládané krytiny (šindel, břidlice i krytina pálená).

Nezastřešené historické stavby, které působení vnějších činitelů dobře odolávají, mají některé rysy společné. Je možno formulovat zásady, které se staří stavitelé snažili dodržovat:

- horní plocha konstrukce byla téměř vždy chráněna stříškou nebo pečlivě vyzděnou korunou,
- pro exponované plochy byl volen nenasákový a nenamrzavý materiál (cihly nebo kvalitní kámen – žula, krystalická břidlice, nikoliv pískovec),

- prvky vystavené působení tepelných dilatací a mrazu byly masivní, byly spojovány kovovými sponami, které byly zalévány olovem nebo sírou,
- exponované prvky byly ukládány do velmi kvalitní malty s dostatečným množstvím pojiva, důležité bylo, aby maltové lože bylo **bez mezer**,
- detaily exponovaných (kamenných) prvků byly pečlivě řešeny, dlažby a prvky tvořící plochy vystavené dešti měly co nejužší spáry,
- užití vápenných malt zaručovalo, že konstrukce byla vždy propustná pro vodu,
- byla věnována přiměřená péče odvodnění,
- údržba a pravidelné opravy byly samozřejmé.

OCHRANA PŘED VLHKOSTÍ

Vlhkost je hlavním původcem škod na památkových objektech. Zásady ochrany dřevěných konstrukcí před vlhkostí jsou v → III. / *Dřevěné konstrukce / Ochrana před vlhkostí (obr. 11)*. Stavbu jako celek je třeba chránit především před *srážkovou a vzlínovou* vlhkostí, které poškozují nejenom povrchy (nátery a omítky), ale i nosné konstrukce, zejména zdivo, a mohou způsobit vážné poruchy základů.

Před srážkovou vodou objekt chrání střecha, vodu se střechy je třeba odvést tak, aby nezatékala do stavby a nezvyšovala vlhkost zeminy. Terén v okolí stavby musí být odvodněn tak, aby voda nezatékala do stavby a aby vsakující se voda nezvyšovala vlhkost zeminy v blízkosti stavby.

Odvedení srážkové vody musí zajišťovat spolehlivý a dobře udržovaný systém *odvodnění*. Jeho součástí jsou: střešní žlaby a svody, okapní chodníky, spádování terénu, odvodňovací rigoly, dešťová kanalizace. Pokud je stavba poškozována vlhkostí, je nutné nejprve odstranit **závady v odvodnění**, které se vyskytují téměř u každé stavby.

Pokud stavba nemá střešní žlaby, voda z okapu vymílá terén a vsakuje se u paty zdiva. V těchto případech je vždy třeba zřídit a pravidelně udržovat *okapní chodníky* a udržovat terén ve spádu od zdiva.

Pro snížení množství vody, která ovlivňuje objekt, má největší význam odvedení vody ze střechy pomocí střešních žlabů a svodů do kanalizace. Střešní *žlaby* ovšem mohou být zdrojem značných poškození, pokud nejsou pravidelně čistěny, není kontrolován jejich spád a pokud jsou narušené. U některých staveb, například u kostelů, kde by bylo obtížné žlaby čistit, je někdy vhodnější od zřízení žlabů upustit.

Dešťové *svody* nesmí být poškozené, pokud nejsou zaústěny přes *lapač střešních splavenin* (gajgr) do kanalizace, musí být ukončeny kolenem nad nepropustnou mísou nebo žlábkem, který odvádí vodu do dostatečné vzdálenosti od zdiva – podle spádu terénu, nejméně však 4 m.

Dešťová kanalizace je nevhodnějším způsobem odvodnění, musí však být nepropustná, musí mít revizní šachty a musí být **pravidelně čistěná**. Starší betonové kanalizace (například na hřbitovech) jsou většinou úplně zanesené hlínou (pokud nemají revizní šachty). Zřízení kanalizace na hřbitovech (i bývalých) je někde problematické, je vhodné vést trasy kanalizace pod cestičkami. Na hřbitovech značnou překážku v odvodnění představují hroby. Zvláště problematické jsou hroby těsně u kostelní zdi. Pokud nejsou udržované, je vhodné je odstranit nebo upravit tak (ponechat jen pomník), aby byl terén dobře odvodněn. Staré hroby jsou často zarostlé křovinami, nepříznivě působí i keře udržovaných hrobů, pokud jsou blízko zdiva. Terén v patě stavby musí být udržován, dřeviny by neměly být těsně u zdiva a neměly by bránit odtékání vody z terénu.

Terén by měl mít minimální spád 5 %, vždy směrem od zdi. Pokud se terén svažuje ke stavbě, je vhodné zřídit ve vzdálenosti 3–4 m od zdiva odvodňovací rigol, který se do terénu zařizuje. Nedostatečné odvodnění terénu se pozná podle porostu – voda se drží a vsakuje tam, kde je mech a vlhkomilné byliny.

Odvodněním je třeba se zabývat u každé stavby. Příčiny vlhkosti ve stavbě má smysl zkoumat teprve po odstranění uvedených závad v odvodnění. Účinek odvodnění se na snížení vlhkosti stavby projeví s určitým zpožděním, proto je vhodný tento postup:

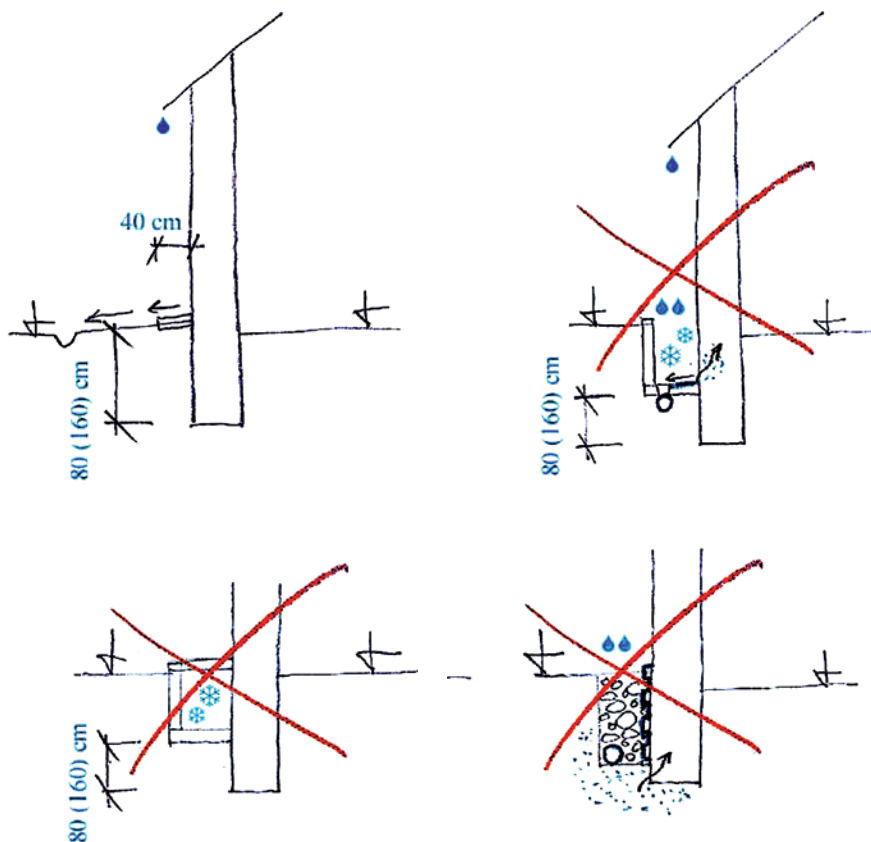
1. zdokumentovat stav vlhkosti zdiva a poškození vlhkostí způsobená,
2. odstranit závady v odvodnění,
3. účinek provedených opatření vyhodnotit (nejlépe po 1 roce),
4. zabývat se **odvlhčením** stavby.

Ve většině případů je hlavní příčinou vysoké vlhkosti ve zdivu špatné odvodnění. Po odstranění závad v odvodnění je třeba vyhodnotit situaci a polohu stavby, geologickou stavbu podloží, zástavbu i terén v okolí stavby (včetně změn, ke kterým došlo v průběhu její existence), zdroje vlhkosti atd. Všechny tyto okolnosti výrazně ovlivní volbu metody **odvlhčení**. Ne všechny metody jsou vhodné pro odvlhčení památky, proto jejich výběr musí být proveden uvážlivě.

Památky většinou nemají izolace proti vlhkosti. Dehtové a asfaltové lepenky se užívají teprve od 20. století, jejich životnost, a tedy i účinnost obvykle není delší než 50 let.

Novostavby je možno chránit před vlhkostí tak, že mezi zdroj vlhkosti a stavbu vložíme nepropustnou izolaci. U existující stavby je však velmi obtížné tento způsob ochrany před vlhkostí uplatnit. Účinnou metodou může být podřezání nebo infúze, důsledkem vložení nepropustné izolace do zdiva je však někdy výrazné zvýšení vlhkosti zdiva **pod** vloženou izolací nebo clonou. Pokud je zdivo se zvýšenou vlhkostí nad úroveň terénu, dochází k jeho intenzivní degradaci vyluhováním, chemickými změnami a mrazem. Při uplatnění těchto metod u památkových staveb je nutno posoudit stav zdiva pod izolací a vyřešit návaznost na vodorovnou izolaci podlahy v interiéru.

Metodou **nevhodnou** pro odvlhčení památkových staveb jsou odvětrávací kanály na vnější straně zdiva. Hlavním důvodem je to, že je velmi obtížné kanály udržovat v takovém stavu, aby do nich nezatékalo stropem nebo nepronikala vlhkost z terénu. Kanály pak spíše vlhkost sbírají, než aby ji odváděly. Druhým důvodem je vystavení základové spáry vlivům prostředí, u namrzavých zemín může dojít k podmrzáání základů. U městských staveb mohou být účinnou metodou snížení vlhkosti



Obr. 180: Vhodné řešení onějšiho terénu a nedoporučené úpravy neizolovaných staveb:

- a – nezbytná úprava terénu;
- b – otevřený kanál;
- c – krytý kanál;
- d – drenážní kanál.

ve zdivu anglické dvorky, **vždy** je však nutné (a někdy je to obtížné) zajistit, aby do dvorků nezatékalo, aby byly odvodněné, větrané a především udržované. Příklady dokládají, že správně provedené a po řadu let dobře fungující anglické dvorky v důsledku nedostatečné údržby způsobily vážné poškození stavby.

Nevhodné (u všech staveb) je zřizování drenáží ve výkopu na vnější straně zdiva, které je v poslední době oblíbené. Drenáž přivádí k základu vodu a (i když je drenáž dobře odvodněná) dochází ke vzlínání vody do základového zdiva, k vyluhování a vymývání zdiva. Osazení nopové folie do výkopu na vnější straně zdi je rovněž **nevhodné**. Nopová folie sice zabrání kontaktu základového zdiva se zemínou, pro odvětrání vlhkosti je však naprosto neúčinná. Pokud se dostane voda mezi folii a zdivo (a tomu se nedá dlouhodobě bránit sebelépe vyřešeným detailem), bude její účinek zcela opačný – dojde ke zvýšení vlhkosti ve zdivu. U základů na jílovitých zemínách způsobila drenáž při základech podstatné zhoršení únosnosti základové zeminy – důsledkem byl pokles základů a vznik trhlin ve zdivu (*obr. 180 b, d*).

Metody, které jsou zde charakterizovány jako nevhodné, nemusí v každém případě vést ke zhoršení vlhkostních poměrů. Zkušenosti však potvrzují, že uplatnění těchto metod přináší tak velká rizika, že je lépe je neužívat.

K metodám **účinným** při snižování vlhkosti ve zdivu historických budov patří zřízení *větracích kanálků v interiéru*. Kanálky musí být dobře dimenzované (například tvarovky IGLÚ), musí mít dobře dimenzovaný přívod vzduchu i odtah. U památkových objektů je tato metoda využitelná jen v případě, že prostor pod podlahou není archeologickým terénem, do kterého by se mělo zasahovat jen zcela výjimečně.

Obdobná omezení mají další účinné metody: sanační omítky a aktivní elektroosmóza, které je možno využívat jen tam, kde je možný zásah do omítek.

Sanační omítky je u památek možno uplatnit tam, kde jsou původní omítky zcela zničené vlhkostí. Při aplikaci sanačních omítek se stává, že investor nedodrží návrh výrobce omítek a v zájmu úspor nechá provést sanační omítky jen na vlhkém zdivu. Tento přístup je riskantní, protože nad sanační omítkou vznikne zóna zvýšené vlhkosti, kde může po opravě dojít k degradaci omítek, které jsou dosud dobře zachovány. Navázání sanačních omítek na původní omítky a jejich nátěry je dnes většinou možné bez problémů. Při aplikaci sanačních omítek by neměly být odstraňovány starší nenarušené omítky. U památkových staveb se totiž často vyskytují hydraulické omítky původní nebo užitě při opravách, které jsou dobře zachované, i když nejsou celistvé. V těchto případech je nutno od aplikace sanačních omítek (které by měly být v celistvé ploše), upustit a volit jinou omítku, u které se bude počítat s častější obnovou.

Aktivní *elektroosmóza* je účinná metoda, která zasahuje do původních omítek jen v omezené míře. Jejím většímu rozšíření (a prověření její účinnosti) většinou brání vyšší náklady.

Ve výjimečných případech může být účinná *drenáž*, která sníží vysokou hladinu podzemní vody nebo zabrání přítoku podzemní vody tím, že přetne jeho horizont. Tuto metodu není možno navrhovat bez podrobného geologického a hydrogeologického **průzkumu** a projektu. Její účinnost je nutno **prokázat**. V každém případě musí být taková drenáž **v dostatečné vzdálenosti** od objektu. Tato vzdálenost se rovněž musí určit na základě podrobného průzkumu.

Dalším zdrojem vlhkosti, který může vést k degradaci konstrukcí (zejména dřeva) je vysoká *vzdušná vlhkost* v interiéru. Jejím zdrojem může být mokřý provoz ve stavbě, případně i vlhkost ve stavbě, která je užívána pouze nárazově. U takových staveb dochází k poškození povrchů, zejména omítek, plísněmi a řasami, které bují v místech, kde dochází ke vzniku rosného bodu. Pro ochranu stavby v těchto podmínkách je rovněž nutný kvalifikovaný návrh konstrukčních úprav a provozních opatření (vytápění, temperování, větrání), je také nutné zpracovat návrh údržby.

Významným zdrojem vlhkosti mohou být *úniky z instalací*. Těm je třeba předcházet pravidelnou údržbou a okamžitou opravou všech technických zařízení (*obr. 11*).

Stavební materiály a zeminy jsou pórzní. V pórech o průměru 0,01 mm se projevuje kapilární vzlínavost (*kapilarita*), tzn. že díky molekulárním silám, které působí mezi stěnou póru a povrchem vody může voda v pórech nastoupat až do výše cca 1,5 m nad souvislou hladinu vody.

Voda v kapilárách je kapalná – ze zdi se může dostat jen otevřenými póry při povrchu zdiva, když se změní v páru. K přeměně vody v páru je nutné dodat *skupenské teplo*. K tomu dojde při zahřátí povrchu stěny ve vytápěném interiéru nebo zahřátím vnějšího povrchu stěny slunečním zářením nebo proudícím teplým vzduchem.

Vlhký vzduch se do zdiva dostává otevřenými póry (i kapilárami) a trhlinami z interiéru i z exteriéru. Při ochlazení (studený interiér, tepelné mosty, vnější nároží panelových domů) se vodní pára obsažená ve vzduchu změní v kapalinu a kapilarita ji udrží ve zdivu.

Pronikání vody do zdiva se zabrání *hydrofobizací* = vytvořením nesmáčivého povrchu. Hydrofobizace není trvalá, musí se obnovovat.

Vápenná malta s hydraulickou přísadou má otevřené póry, vniká jimi voda i vlhký vzduch, ale při zahřátí povrchu se vlhkost ze zdiva odvětrává. Při opakovaném pronikání a odvětrávání vlhkosti se rozpouští a z malty vyplavuje vápno, dochází k její degradaci, proto je nutné malty na bázi vápna pravidelně opravovat.

Cementová malta má póry uzavřené, není vlhkostí narušována, má tedy větší trvanlivost. Při tvrdnutí se cementová malta smršťuje, vznikají v ní trhliny, kterými do zdiva (malty) vniká vlhký vzduch a zatéká. Odvětrání vlhkosti z úzkých trhlin brání kapilarita – trhliny v cementové maltě se nepříznivě projevují zejména ve spárách zděných korun, parapetů, říms i dlažeb v exteriéru.

Vyplnění trhlin (spárováním, případně injektáží) má tedy význam nejenom pro zvýšení homogenity zdiva, tedy zajištění nosné funkce → III. / *Zděné konstrukce / Posuzování a opravy*, ale i proti pronikání vlhkosti do zdiva.

Trvanlivost / Životnost

Životnost *novodobých staveb* je dána trvanlivostí jejich konstrukcí a morální životností. Morální životnost je doba užívání stavby způsobem, pro který byla navržena. Po změně způsobu užívání nebo po dožití jejich konstrukcí se stavba rekonstruuje nebo zbourá.

Trvanlivost *doplňkových konstrukcí* (technického zařízení a vybavení, instalací, povrchů, izolací, výplní otvorů) je cca 30 let – po uplynutí této doby se obvykle provádí generální oprava.

Morální životnost:

- u panelových domů se generální opravy prováděly asi po 40 až 50 letech,
- u činžovních domů z konce 19. století:
 - se modernizace prováděla asi po 60 letech,
 - generální opravy se provádějí asi po 100 letech.

Trvanlivost *nosných konstrukcí* novodobých staveb je vyšší než 100 let. Pokud je stavba udržována, mají její nosné konstrukce životnost v řádu staletí. Investoři novodobých komerčních staveb však obvykle počítají s životností investice kratší než 100 let. Před uplynutím této doby dojde k radikální přestavbě nebo (častěji) k nahrazení jinou stavbou.

Východiska péče o *památkově chráněné* stavby jsou odlišná:

- trvanlivost (fyzická životnost) stavebních konstrukcí je vysoká (v řádu staletí),
- existence památky vysokou trvanlivost jejich konstrukcí potvrzuje,
- cílem památkové péče je prodloužit životnost památky a jejich konstrukcí,
- využití, úpravy a údržba nesmí trvanlivost autentických konstrukcí památky snížit.

Z uvedeného vyplývá, že **morální životnost chráněné památky je neomezená**. Nutnou podmínkou úspěšné péče o památku je **využití**, které není v rozporu s uvedenými východisky.

ÚDRŽBA

Velmi důležitá je *údržba všech povrchů*. Ta má dvě stejně důležité funkce:

- chrání konstrukce před přímým působením degradujících činitelů (před srážkovou vodou, před pronikáním vody do konstrukce, tepelnými změnami, chemickými vlivy, slunečním zářením, biologickým napadením),
- zajišťuje vyhovující vzhled objektu.

Údržbou povrchů rozumíme: → I. / Krok 12.

- Pravidelnou obnovu nátěrů vnějších omítek – měla by se provádět tehdy, když nátěr již omítku nechrání, dříve, než dojde k narušení omítky. Tímto způsobem se dříve udržovala venkovská stavení, která se každý rok na jaře bílila vápnem (to mělo význam i z hlediska hygienického), pravidelně se obnovovaly i nátěry hospodářských budov šlechtických statků, erárních železničních staveb, někteří z nás to zažili i na vojně. U památkových objektů je možno nátěr provést v rámci údržby, ovšem na základě **závažného stanoviska** památkových orgánů.
- Pravidelnou obnovu nátěrů oken a dveří – zde platí stejné zásady, které se dříve dodržovaly. Pokud se nátěr obnovuje dříve, než dojde k jeho narušení (to znamená po 4 až 6 letech), je možno okna udržet v dobrém stavu po **neomezenou dobu**. Je to dobře patrné na stavu oken městských domů, kde dřevo pravidelně natíraných oken si uchovává všechny své vlastnosti po dobu delší než sto let.
- Pravidelnou obnovu nátěrů oplechování, kovových prvků fasád, dřevěných střešních prvků, šindelových krytin.
- Pravidelnou obnovu nátěrů ocelových prvků.
- Pravidelnou opravu podlah, zejména podlah poškozených provozem (uvolněná prkna, dlaždice, případně prošlapání podlahy).
- Pravidelnou obnovu spárování režného zdiva, které chrání před pronikáním vlhkosti.

Důležitou součástí ochrany objektů před stárnutím je *udržování jejich funkce*. Objekt, který není využíván, velmi rychle chátrá. Platí to zejména o obytných a výrobních objektech, ve kterých je celá řada technických zařízení, která přestanou fungovat, když nejsou delší dobu v provozu. Proto v objektu, který není dočasně využíván, by měla být technická zařízení udržována tak, aby si svoji funkci zachovala.

Problém udržení původní funkce má zásadní význam zejména u technických památek, kde je často předmětem ochrany právě původní funkce. U památek, jejichž součástí jsou strojní zařízení (mlýny, kovárny), jsou nároky na pravidelnou údržbu podstatně vyšší a mnohdy jsou skoro stejně náročné jako v době, kdy stroje byly v pravidelném provozu (stroje parní, elektrické).

K významným památkám se v poslední době řadí i technické památky, jejichž funkci nebylo možno udržet (hutě, vápenky, cihelny). U těchto památek se údržba omezuje na konzervaci zachovaného stavu. Často jde o památky, jejichž životnost byla omezená, byla dána opotřebením strojního vybavení a stárnutím materiálů (vyzdívek, ocelových konstrukcí). Například životnost vysokých pecí se uvažovala v řádu několika málo desítek let, po té době byla provedena celková oprava nebo úplná přestavba. Této životnosti odpovídal i charakter provozní údržby – udržovala se funkčnost strojních zařízení, nátěry se obnovovaly jen v omezené míře.

ŽIVOTNOST MATERIÁLŮ A KONSTRUKCÍ

Rozhodující je, v jakém prostředí se materiál nebo konstrukce nachází a jaké nároky na něj činí provoz v daném prostředí. Obecně je možno říci, že všechny stavební materiály mají vysokou životnost (řádově staletou), pokud se nacházejí v chráněném prostředí a nejsou nepříznivě ovlivňovány těžkým provozem (dynamická zatížení, chemické produkty). Jestliže vlhkost dřeva nepřekročí hodnotu 18 %, vlhkost zdiva 7 % a nedochází ke vzniku rosných bodů na povrchu konstrukcí, stárnutí většiny

krytiny šindelové	30 let 70 let	bez obnovy nátěrů nátěry 8–10let, opravy šindele
omítky vápenné s hydraulickým pojivem	30–70 let	utno včas opravit poškozená místa
omítky cementové	70–100 let	nutno včas opravit vlasové trhliny
restaurování omítek, kamenných prvků	10–30 let	nutné sledovat
okna	100–200 let	nátěr 4–6 let

Životnost stavby závisí kromě vlastností materiálu a působení vnějších činitelů také na *konstrukčním řešení*. Z analýzy historických památek vyplývá, že z hlediska dlouhodobé životnosti jsou příznivé tyto vlastnosti stavby:

- stavba je masivní – má velký objem, její prvky mají velkou hmotnost,
- stavba je kompaktní (zdivo má malý objem mezer),
- stavba je stabilní (působení vodorovných sil je eliminováno vlastní hmotností stavby),
- stavba je plošně založena,
- založení je odolné vůči klimatickým vlivům,
- stavba je zastřešená,
- konstrukce stavby jsou prostupné pro vlhkost,
- materiály stavby nepodléhají degradaci vlivem vlhkosti,
- únosnost a stabilita stavby a jejich konstrukcí nezávisí na:
 - prvcích namáhaných **tahem**,
 - dřevěných prvcích,
 - kovech podléhajících korozi,

U žádné stavby nejsou a ani nemohou být splněny všechny tyto požadavky, ale při posuzování chráněných památek je vždy účelné zkoumat, které z uvedených požadavků konkrétní stavba nespĺňuje, jakým způsobem ji to ovlivňuje a jaké má být konstrukční řešení opravy, obnovy a stavebních úprav, aby životnost památky byla prodloužena.

V. Literatura a podklady

Vyznačeny jsou základní podklady a literatura související s nosnými konstrukcemi historických a památkových staveb. Uvádíme i starší normy a zákonné předpisy, které byly ve 20. století podkladem návrhů nosných konstrukcí, a jejichž znalost může být při posuzování historických staveb užitečná. **Využití platných norem je samozřejmé.**

ZÁKONY A VYHLÁŠKY

- [1] *Vyhláška 709/1950 Ministerstva stavebního průmyslu ze dne 28. prosince 1950 o podrobnějších předpisech pro pozemní stavby* [146]
- [2] *Zákon 40/1886 ř. z. daný dne 10. dubna 1886: stavební řád pro Prahu a další obce* [146]
- [3] *Zákon ze dne 28. března 1928 Sb. o stavebním ruchu. Změna 197/1928; 32/1929; 155/1929* [146]

ČESKOSLOVENSKÉ (ČESKOMORAVSKÉ) STÁTNÍ NORMY

- [4] *ČSN 1168-1939 Provádění prací zednických a přidružených.* prosinec 1943
- [5] *ČSN 73 0035 Zatížení stavebních konstrukcí.* 1. 5. 1988
- [6] *ČSN 73 1001 Základová půda pod plošnými základy*
- [7] *ČSN 73 1101 Navrhování zděných konstrukcí*
- [8] *ČSN 73 1401 Navrhování ocelových konstrukcí.* 1. 3. 1986; Změna b -3/1988
- [9] *ČSN 73 1701 Navrhování dřevěných stavebních konstrukcí.* 1. 8. 1984
- [10] *ČSN 73 1901 Navrhování střech – Základní ustanovení.* únor 2011
- [11] *ČSN 73 2310 Provádění zděných konstrukcí*
- [12] *ČSN 73 3251 Navrhování konstrukcí z kamene*
- [13] *ČSN 73 8105 Dřevěná lešení.* 1. 3. 1983
- [14] *ČSN 37 0038 Hodnocení spolehlivosti*
- [15] *ČSN P ENV 1990, Stanovení vlastností materiálů při hodnocení existujících konstrukcí*
- [16] *ČSN P ENV 1996-1-1 73 1101, září 1996, Navrhování zděných konstrukcí, Pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce*
- [17] *ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí.* 2005

METODICKÉ PODKLADY

- [18] DOBRÝ, O.; PALEK, L.: *Jak zjišťovat vlastnosti dřevěných konstrukcí při modernizaci?* Ústav stavebních informací, Praha, 1989
- [19] FOUĐ, K.: *Tvorba a ochrana prostředí historických jader měst a obcí.* Plzeň, 2005
- [20] KAIGL, J. a kol.: *Příručka vlastníka kulturní památky.* Praha, Jalna, 2004
- [21] KLOIBER, M.: *Metodika tradičního opracování stavebního dřeva pro konstrukční opravy historických staveb.* Praha,

- ÚTAM AV ČR, 2020
- [22] KOPECKÁ, I.; NEJEDLÝ, V.: *Průzkum historických materiálů, Analytické materiály pro restaurování a památkovou péči*. Praha, Grada, 2005
- [23] KUKLÍK, P.; KUKLÍKOVÁ, A.: *Navrhování dřevěných konstrukcí. Příručka k ČSN EN 1995-1*, Praha, ČKAIT, 2010
- [24] KUNECKÝ, J. a kol.: *Celodřevěné plátové spoje pro opravy historických konstrukcí*. Praha, ÚTAM AVČR, 2015
- [25] MENCL, V.: *Stavebnětechnické průzkumy. MP 8,1 – metodická pomůcka k činnosti autorizovaných osob*. Praha, ČKAIT, 2012
- [26] *Metodika posuzování historické, architektonické a konstrukční hodnoty zděných klenbových mostů*, ČVUT, 2022, v tisku
- [27] *Metodika posuzování historické, architektonické a konstrukční hodnoty betonových klenbových a obloukových mostů*. projekt NAKI II, DG20P020VV001, 2022
- [28] MICHOLINOVÁ, D.: *Příprava vápenných malt v péči o stavební památky, materiálně technologické zásady péče o historické stavby*, Praha, ČKAIT 2020
- [29] *Recommendations for the Analysis, Conservation and Structural Restoration of Architectural Heritage*. ICOMOS, 2003
- [30] *Rekonstrukce cenných betonových mostních objektů*. Památkový postup, ČVUT 2023, rozpracováno
- [31] *Sanace zděných kleneb, doporučený standard technický*, ČKAIT, 2000
- [32] *Standards der Baudenkmalpflege*. Wien, Bundesdenkmalamt, 2015
- [33] *Stanovení vlastností materiálů při hodnocení existujících konstrukcí*, sborník k semináři 3.4.2007, ČVUT
- [34] SUCHÝ, L.; ZACHAROVÁ, D. a kol.: *Metodika identifikácie a výskumu historických krovov*, Pamiatkový úrad Slovenskej republiky, Bratislava, 2018
- [35] *Zatížitelnost zděných klenbových mostů*. Technické podmínky TPP 199, revize 2022, Ministerstvo dopravy
- [36] *Tradiční městské stavitelství a stavební řemesla na přelomu 19. a 20. století*. ČVUT, Souhrnná zpráva 2021
- [37] TVRZNÍK, VI.; ŠEJNOHA, J.: *Metodika pro navrhování oprav historicky významných kamenných mostů, podložena zkušenostmi z opravy Karlova mostu*. Praha, ČVUT, listopad 2011
- [38] URUSHADZE, Sh.; PIRNER, M; BAYER, J.: *Památkový postup – ochrana památkových objektů proti vibracím*. Ústav teoretické a aplikované mechaniky Akademie věd České republiky, 2021
- [39] *Vápenné omítky pro památkovou péči, seminář*. WTA, 15. dubna 2008
- [40] *Vápenné omítky v památkové péči, WTA – směrnice 2-7-01/D, překlad z německého vydání, WTA CZ, 2007*
- [41] *Zásady hodnocení existujících konstrukcí, sborník k semináři*. 12.4.2006, ČVUT

METODIKY A PODKLADY VYDANÉ SÚPP A NPÚ

- [42] KOUKAL, P.: *Péče o varhany a zvony*. Praha, NPÚ, 2006
- [43] KUČA, K.; KUČOVÁ, V.; KIBIC, K.: *Novostavby v památkově chráněných sídlech*. Praha, NPÚ, 2004
- [44] *Metodika digitalizace a 3D dokumentace památek*. Ústí n. Labem, NPÚ, 2015
- [45] *Metodika dokumentace drobných památek*. Ústí n. Labem, NPÚ, 2015
- [46] *Metodika dokumentace lidové architektury*. Ústí n. Labem, NPÚ, 2015
- [47] *Metodika dokumentace sakrální architektury*. Ústí n. Labem, NPÚ, 2015
- [48] *Metodika hodnocení a ochrany průmyslového dědictví z pohledu památkové péče*. Ostrava, NPÚ, 2018
- [49] *Metodika hodnocení a ochrany staveb 2. poloviny 20. století*. Brno, NPÚ, 2020
- [50] *Metodika ochrany dřeva*. Praha, NPÚ, 2000
- [51] *Metodika pro posuzování nástaveb, půdních vestaveb a ochranu střešní krajiny*. Praha, NPÚ, 2001
- [52] *Mikroklima v historických interiérech*. Praha, NPÚ, 2011
- [53] *Obnova okenních výplní a výkladců*. kolektiv autorů, Praha, NPÚ, 2010
- [54] *Ochrana, údržba a stavební úpravy zřícenin hradů*. Praha, SÚPP, 1998
- [55] *Operační průzkum a dokumentace historických staveb*. Praha, NPÚ, 2005

- [56] *Organokřemičitany v české památkové praxi, sborník z konference*. Praha, NPÚ, 2008
- [57] *Památková obnova vilové architektury 20. století*. Brno, NPÚ, 2015
- [58] *Péče o kamenné sochařské a stavební prvky*. Praha, SÚPP, 1998
- [59] *Péče o památkově významné venkovní komunikace*. Praha, NPÚ, 2007
- [60] *Péče o střechy historických budov*. Praha, NPÚ, 2003
- [61] *Péče o úplně historických okenních a dveřních otvorů*. Praha, NPÚ, 2004
- [62] PEŠTA, Jan: *Plošný průzkum lidové architektury a venkovských sídel*. Praha, NPÚ, 2014
- [63] *Požární ochrana památkových objektů*, Praha, NPÚ, 2015
- [64] *Preventivní péče o historické objekty a sbírky v nich uložené*. Praha, SÚPP, 2002
- [65] *Principy péče o lidové stavby*. Praha, SÚPP, 1999
- [66] *Projektování obnovy stavebních památek*. Praha, NPÚ, 2008
- [67] *Předprojektová příprava a projektová dokumentace v procesu péče o stavební památky*. Praha, SÚPP, 2001
- [68] RYKL, M.: *Metodika dokumentace městských domů*. Ústí n. L., NPÚ, 2015
- [69] *Standardní nedestrukční stavebně-historický průzkum*. Praha, NPÚ, 2004
- [70] *Světové kulturní a přírodní dědictví UNESCO*. Praha, NPÚ, 2009
- [71] *Šindel – tradiční střešní krytina*. Praha, NPÚ, 2016
- [72] VÁCLAVÍK, Fr.: *Průzkum, dokumentace a inventarizace architektonických prvků*. Praha NPÚ, 2014
- [73] VÁCHA, P.: *Dokumentace kampanologických památek*. Praha NPÚ, 2018
- [74] *Vizuální prohlídky a nedestrukční metody; Stanovení materiálových charakteristik; obnova – betonu a žb. konstrukcí*. Památkový postup, Brno NPÚ, 2020
- [75] VESELÝ, J.: *Měřická dokumentace historických staveb*. Praha, NPÚ, 2014

ODBORNÁ LITERATURA A PRAMENY

- [76] ALBERTI, Leone Battista: *Deset knih o stavitelství*. Praha, SNKLHU, 1956
- [77] BALÍK, M.: Izolace zdiva jílovými vrstvami. in: *Stavebnictví 06–07/2008*
- [78] BALÍK, M. a kol.: *Odolňčování staveb*. Grada Publishing, 2005
- [79] BAŽANT, Z.; KLUSÁČEK, L.: *Statika při rekonstrukcích objektů*. VUT v Brně, srpen 2010
- [80] BERTL, J.; ČENSKÝ, A.: *Krytiny, odkapní žlaby a trouby*. v Praze 1912
- [81] BERTL, J.; ČENSKÝ, A.: *Typy krovů dřevěných, smíšených a ze ztuženého betonu / Krytiny, okapní žlaby a trouby*. ČVUT
- [82] *Beton a památková péče*. Obnova památek 2015, Axis, 2015
- [83] BINDING, G.: *Das Dachwerk auf Kirchen im deutschen Sprachraum vom Mittelalter bis zum 18. Jahrhundert*. München, Deutscher Kunstverlag, 1991
- [84] CAIS, S.: *Statika stavebních konstrukcí – Dějiny stavební mechaniky*. Praha, ČVUT, 1991
- [85] CIHLA, M.; PANÁČEK, M.; SLÍŽKOVÁ, Z.: Technologie stavby klenutí oblouků středověkých kamenných mostů v Čechách. in: *Historické zdivo, 12. specializovaná konference stavebně historického průzkumu*, Roudnice nad Labem, 18.–21. června 2013
- [86] ČENSKÝ, A.; Jandáček, V.: *Okenní a dveřní otvory, Tradice z pohledu dneška*. Grada, 2005
- [87] ČENSKÝ, A.; BERTL, J.: *Přednášky, ČVUT, nedatováno*
- [88] ČUNDERLE, K.; KÖSSLEROVÁ, E.; NOVOTNÝ, P.: Základy klenební technologie. in: *Rekonstrukce památek 1 až 4*, Šumperk, Arkáda, 1993
- [89] DAVIS, L. J.: *Load Rating of the Stone Arch Bridge at Poniklá Using 2D and 3D Models. Master's Thesis*, ČVUT 2021
- [90] DOHNÁLEK, J.: Kořeny betonu v 18. a jeho vývoj v 19. století. in: *Obnova památek 2015, Beton a památková péče*, Axis, 2015
- [91] *Dřevo, historický lexikon*. Grada Publishing, 2005

- [92] DUTKO, P.: *Drevené konštrukcie*. Alfa, 1976
- [93] EBEL, M.: *Původní plánová dokumentace vesnických staveb z 18. a první poloviny 19. století*. GA ČR 103/93/213, 1995
- [94] EBEL, M.: *Archiv stavebně historických průzkumů ve Státním ústředním archivu*. GA ČR 103/00/1191, 2002
- [95] EBEL, M.: *Tradiční městské stavitelství a stavební řemesla na přelomu 19. a 20. století*. NAKI, projekt 38, 2022
- [96] EICHLER, J.: Časový vývoj poruch staveb. in: *Rekonstrukce památek 0*, Šumperk, Arkáda 1992
- [97] FAJMAN, P.: *Statický výpočetní model věže kostela sv. Jakuba v K. Hoře – vliv frekvence zvonení na věž*. 2016
- [98] FÁRA, P.: Dodatečná hydroizolace zdiva proti vztlínající vlhkosti. *Materiály pro stavbu 4/2005*
- [99] FISCHER, T. et al.: Tectonophysics – Intra–continental earthquake swarms. in: *West–Bohemia and Vogtland*, Elsevier B. V., 2013
- [100] FROLÍK, J.; SMETÁNKA, Z.: *Archeologie na Pražském hradě*. Paseka, 1997
- [101] FUKA, Z.: Využití torkretáže při statickém zabezpečení památkových konstrukcí. *Obnova památek 4*, Šumperk 1971
- [102] GERNER, M.: *Tesařské spoje*. Grada, 2003
- [103] *Historické a současné dřevěné konstrukce. Sborník příspěvků konference v zámku v Kostelci nad Černými lesy*, Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze, 2007
- [104] *Historické dlažby a obklady v interiérech*. Studio Axis, 2016
- [105] *Historické zdivo*. 12. specializovaná konference stavebně historického průzkumu – metodika oprav památkově chráněných objektů, Roudnice nad Labem, 18. – 21. června 2013
- [106] HOŠEK, J.; LOSOS, L.: *Historické omítky*. Praha, Grada Publishing, 2007
- [107] HRUBAN, I.: Zmizelé stavební památky – Řetězové mosty. in: *Obnova památek 4*, Šumperk, Vlastivědný ústav, 1971
- [108] CHLUPÁČ, I. a kol.: *Geologická minulost České republiky*. Academia, 2002
- [109] JELÍNEK, L.: *Tesařské konstrukce*. ČKAIT, 2003
- [110] JÍRA, J.: *Statický a konstrukční rozbor poutního kostela sv. Jana Nepomuckého na Zelené hoře*. diplomová práce, ČVUT FS, 2006/2007
- [111] *Klenby*. Svorník 5/2007, Praha, Unicornis, 2007
- [112] KLOIBER, M.; DRDÁČKÝ, M.: *Diagnostika dřevěných konstrukcí*. ČKAIT, 2015
- [113] KODERA, P.: Centrum stavitelského dědictví v Plasích. *Inženýrská komora*, 2015
- [114] KOHOUT, J.; TOBEK, A.: *Tesařství, tradice z pohledu dneška*. Praha, Grada Publishing 1996, podle vydání z roku 1943
- [115] KOHOUT, J.; TOBEK, A.: *Zednictví, tradice z pohledu dneška*. Praha, Grada Publishing 1998, podle vydání z roku 1943
- [116] KOHÚT, V.: Statické problémy při sanaci vlhkých staveb. in: *Sborník přednášek z konference STOP dne 28. 4. 2016*. Praha 2016
- [117] KOLÁŘ, J.; KLOKNER, F.: *Kamenné a cihelné mosty. Technický průvodce 11*, Technicko-vědecké vydavatelství, 1951
- [118] KOPECKÁ, I.; NEJEDLÝ, V.: *Průzkum historických materiálů*. Grada Publishing
- [119] KOTT, J.: *Dvojúroveň analýza opěrných systémů katedrál*. disertační práce, ČVUT, 2012
- [120] *Krovky a střechy*. Svorník 3/2005, Praha, Unicornis, 2005
- [121] KUBIČKA, R.; ZELINGER, J.: *Výkladový slovník – malířství, grafika, restaurátorství*. Grada, 2004
- [122] KUKLÍK, Pavel: *Vliv diagonál a výplně na únosnost hrázďeného zdiva*. in: *Zpravodaj WTA CZ 1–2/2011*
- [123] KUKLÍK, Petr: *Dřevěné konstrukce*. ČVUT, 2005
- [124] *Kvalitní řemeslnická práce při obnově podstávkových domů*. sešity: Metodika kurzu, Kamnářství, Klempířství, Kovářské řemeslo, Opravy (restaurování) kamenných prvků, Pokrývání, Tesařství a truhlářství, Základy, Zednictví a hliněné omítky. Frýdlantsko, z.s. a MAS Frýdlantsko, z.s., 2015
- [125] LAMBOJ, L.; ŠTĚPÁNEK, Z.: *Mechanika zemin a zakládání staveb*. ČVUT, 2005
- [126] LANDA, KYŠ, SLAVÍK: *Rekonstrukce a opravy budov*. Praha, SNTL, 1983

- [127] LORENZ, K.: *Navrhování nosných konstrukcí*. Praha, ČKAIT, 2015
- [128] LUNGA, R., SOLAŘ, J.: *Kostelní věže a zvonice*. Grada 2010
- [129] MACEKOVÁ, V.: Prevence vzniku poruch konstrukcí. in: *Rekonstrukce památek 0*, Šumperk, Arkáda, 1992
- [130] MENCL, V.: *České středověké klenby*. Praha, Orbis, 1974
- [131] MENCL, V.: *Dřevěné kostelní stauby v zemích českých*. Praha, Jan Štenc, 1927
- [132] MENCL, V.: *Výtoarný vývoj středověkých omítek*. Orbis, 1968
- [133] MENCLOVÁ, D., *České hrady*. Praha, Odeon, 1972
- [134] MERHAUTOVÁ, A.: *Rané středověká architektura v Čechách*. Academia, 1971
- [135] MEŠŤAN, R.: *Chyby při stavbě svépomocí, jejich příčiny a odstraňování*. SNTL, 1975
- [136] MEŠŤAN, R.: *Stavba svépomocí*. SNTL, 1977
- [137] MICHONOVÁ, D.: *Příprava vápenných malt v peci o stavební památky*. Praha, ČKAIT, 2006
- [138] MICHONOVÁ, D.: Příspěvek k modifikaci vlastností vápenných malt tradičními organickými přísadami. in: *Zprávy památkové péče 5/73/2013*
- [139] MLÝNEK, R.: *Sbírka střešních krytin*
- [140] *Mosty/Bridges*. sborník příspěvků, 16. mezinárodní sympozium, Brno, 14.–15.4.2011
- [141] MUK J.: *Historické konstrukce I*. Vydavatelství ČVUT, 1996
- [142] MUK, J.: *Konstrukce a tvar středověkých kleneb*. in: Umění, ročník XXV, Academia, 1977
- [143] MUK, J.: O klenbách Petra Parléře. in: *Staletá Praha IX, Sborník Pražského střediska státní památkové péče a ochrany přírody, Praha, Panorama, 1979*
- [144] NÁHŮNEK, K.: *Krovky*. Praha, Ústav pro učební pomůcky průmyslových a odborných škol, 1944
- [145] NATTERER, J.; HERZOG, Th.; VOLZ, M.: *Holzba Atlas Zwei*. München, Institut für internationale Architektur Dokumentation, 1991
- [146] NOVOTNÁ, D.: *Městské stavební řády*. NPÚ ÚOP v Brně, 2011
- [147] *Obnova památek*. Šumperk, Vlastivědný ústav, 1970–1972
- [148] *Okna a dveře. Svorník 2/2004*, Praha, Unicornis, 2004
- [149] OSTENDORF, F.: *Die Geschichte des Dachwerks*. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1908
- [150] PACOLD, J.: *Konstrukce pozemního stavitelství, díl I., práce tesařské, pokrývačské a truhlářské. nákladem vlastním*, v Praze, 1890
- [151] PACOLD, J.: *Statika konstrukcí pozemního stavitelství. nákladem vlastním*, v Praze, 1897
- [152] *Palác Lucerna, minulost, přítomnost, budoucnost. sborník konference, 1. čerona 2016*, Lucerna – Barrandov
- [153] PALLADIO, A.: *I quattro libri dell'architettura*. Venezia, MDLXX
- [154] PAVLÍK, M., in: *Oldřich Stefan, 1900-1969. Sborník příspěvků, Komora českých architektů, 1994*
- [155] PAVLÍK, M. a kol.: *Regenerace historických budov, sídel a krajiny, ochrana památek*, ČVUT, 1998
- [156] *Péče o architektonické dědictví*. sborník prací, I. až III. díl, Idea servis, 2008–2009
- [157] PEŠTA, J.: *Rekonstrukce roubených staveb*. Grada Publishing, 2020
- [158] PIRANESI: *The complete Etchings*. Luigi Ficacci, Taschen
- [159] POSPÍŠIL, A.; KOVÁŘ, R.; RŮŽIČKA, A.; PAUL, J.: *Základy stavitelství*. Praha, Práce, 1953
- [160] [POSPÍŠIL, M.: *Kamenořez (odraz stavební mechaniky v konstrukci historických oblouků)*. disertační práce, ČVUT, 2007
- [161] PŘÍKRYL, R.; NOVOTNÁ, M.; WEISHAUPTOVÁ, Z.; ŠTASTNÁ, A.: Materiály původního výplňového zdiva Karlova mostu a jejich skladba. in: *Průzkumy památek XVI–1/2009*
- [162] PUME, D.; ČERMÁK, Fr. a kol.: *Průzkumy a opravy stavebních konstrukcí*. Praha, ABF nadace, 1993
- [163] RADOVÁ, M.: *Architektura románská*. ČVUT, 1972
- [164] RADOVÁ, M.; ŠKABRADA, J.: *Románské stavitelství*. ČVUT, 1992
- [165] RADOVI, M., O.: *Kniha o sklípkových klenbách*. Praha, Jalna, 1998
- [166] REINPRECHT, L.: *Ochrana dřeva a kompozitov*, Technická univerzita vo Zvolene, 1994
- [167] *Rekonstrukce památek, časopis pro stavební obnovu*, Arkáda Šumperk, 1993–1995

- [168] ROVNANÍKOVÁ, P., BAYER, P., VÍTEK, L.: Hlinitanový cement jako pojivo konstrukčního betonu, in: *Beton, 2007/3*
- [169] ROSENKRANTZ, B.: Únosnost ocelových centricky tlačných prutů, zesílených pod zatížením. in: *Stavebnický časopis č. 10, 1974*, str. 650–665
- [170] RŮŽIČKOVÁ, J.: Zpráva o založení sbírky cihlářských prvků na NPÚ. in: *Výroční zpráva NPÚ, úop Praha, 2006*
- [171] ŘEHÁK, J.: Vodní systém plaského kláštera. in: *850 let plaského kláštera, Sborník příspěvků semináře pořádaného v Mariánské Týnici ve dnech 31. 5. – 2. 6. 1995*
- [172] ŘÍHÁK, J. M.: *Pokrývačství, tradice z pohledu dneška*, původní vydání 1948, Grada Publishing, 2003
- [173] SEIDLEROVÁ, I.; DOHNÁLEK, J.: *Dějiny betonového stavitelství*. Praha, ČBZ, ČKAIT, 1999
- [174] SOBON, Jack. A.: *Historic American Timber Joinery*. Timber Framers Guild, 2002
- [175] SOLAŘ, J.; LOKAJ, A.: Výpočet únosnosti zděného pilíře zesíleného ocelovou bandáží pomocí metody SBRA, in: *IV. ročník konference Spolehlivost konstrukcí, Dům techniky Ostrava, 23. až 24. 4. 2003*
- [176] SÝKORA, M.; HOLICKÝ, M.; MARKOVÁ, J.; ŠENBERGER, T.: *Probabilistic Reliability Assessment of Existing Structures*. ČVUT, 2016
- [177] STADE, Fr.: *Die Holzkonstruktionen*. Leipzig, 1904, reprint: Weltbild Verlag GmbH, 1997
- [178] SYROVÝ, B.: *Architektura, naučný slovník*. Praha, SNTL, 1961
- [179] ŠEFCŮ, O.; ŠTUMPA, B.: *100 osvědčených stavebních detailů*. Grada Publishing, 2010
- [180] ŠKABRADA, J.: *Konstrukce historických staveb*. Praha, ČVUT, 2000
- [181] ŠKABRADA, J.: *Konstrukce historických staveb*. Argo 2003
- [182] ŠTAJNOCHR, V.: Tesařské nástroje, in: *Muzejní a vlastivědné práce 3, XVI/1978; 1, XVIII/1979; 2,3,4/1981; 1/1996*
- [183] TEPLÝ, St.: *Architektura a stavitelství v kostce*. Praha, Práce, 1963
- [184] TITSCHER, Fr.: *Stavitelství*. Wien 1919, reprint Grada 2002
- [185] TŘEŠŤSKÝ-ROŠICKÝ, M.: *Staby dřevěné a hrázdné*. I. L. Kober v Praze
- [186] TYAPUS, P.: *Vývoj klenbového umění*. disertační práce, ČVUT, 2001
- [187] VILLARD de HONNECOURT: *Skicář (cca 1230–1240)*, Národní knihovna v Paříži. on-line: <https://web.archive.org/web/20080828102034/http://www.cgagne.org/villarcg.pdf>
- [188] VINAŘ, J.: *Archiv projektů a fotografií*.
- [189] VINAŘ, J.: Cement a beton při statickém zajištění a konzervaci památek. in: *Obnova památek 2015, Beton a památková péče*. Axis, 2015
- [190] VINAŘ, J. a kol.: *Historické krovy*. Grada, 2010, 2022
- [191] VINAŘ, J.: Opravy a zpevnování zdiva zřícenin. in: *Zříceniny historických staveb a jejich památková ochrana, příloha časopisu Zprávy památkové péče*, Praha, Státní ústav památkové péče, 1998
- [192] VINAŘ, J.: *Opravy historických staveb – Báje, mýty a realita*. GRADA, 2021
- [193] VINAŘ, J.; Vybíhalová, Z.: Zřícení věže románského kostela v Lenešicích – analýza příčin. in: *Monumentorum tutela, Ochrana pamiatok 22*, Pamiatkový úrad Slovenskej republiky, 2010
- [194] VIOLET-le-DUC: *Encyclopédie medievale*. Bibliothèque de l'Image, 1996
- [195] VITRUVIUS: *Deset knih o architektuře*. Praha, Svoboda, 1979
- [196] *Vývoj a funkce topenišť*. Svorník 1/2003, Unicornis, Praha 2003
- [197] VÍTEK, J.: *Světové mosty od antiky po současnost*. Grada Publishing, 2019
- [198] WITZANY, J.; ZIGLER, R.; ČEJKA, T.; KUBÁT, J.: Complex Static and Dynamic Protection of Historic Buildings from the Effects of Technical Seismicity. in: *The Civil Engineering Journal, 3, 2019*
- [199] WITZANY, J.; ZIGLER, R.: *Failure Mechanism of Compressed Reinforced and Non-reinforced Stone Columns, Materials and Structure*. Springer, 2014
- [200] WITZANY, J.: Poruchy a rekonstrukce nosných zděných stěn a sloupů. in: *Stavební ročenka, 1997*
- [201] WITZANY, J. a kol.: Sanace vybraných klenbových konstrukcí konventu kláštera premonstrátů v Teplé. in: *Zprávy památkové péče, 2015*
- [202] WITZANY, J.; ČEJKA, T.; ZIGLER, R.: *Strengthening of Historical Masonry Vaults and Pillars with carbon Fabric*. American University in Dubai UAE, 2011

- [203] WITZANY, J.; ČEJKA, T.; ZIGLER, R.: Vliv vlhkosti na dlouhodobé přetváření zdiva. in: *Stavební listy, 11–12/2005*
- [204] WITZANY, J.; ZIGLER, R.: Zesilování zdiva tkaninami z uhlíkových a skleněných vláken. in: *Stavební obzor 9/2011*
- [205] *Zelené památky, možnosti snižování energetické náročnosti památkově cenných staveb*. Slavonická renesanční, o.p.s. a Státní fond životního prostředí ČR, 2011
- [206] ŽÁK, J.; REINPRECHT, L.: *Ochrana dřeva ve staobě*. Praha, ABF, 1998
- [207] ŽÁK, J.: *Zpracování dřeva, materiály pro 1. ročník SOU*. Praha, Informatorium, 2000

PUBLIKACE SPOLEČNOSTI PRO TECHNOLOGIE OCHRANY PAMÁTEK (STOP)

- [208] *Cement v památkové péči, Odborný seminář STOP, 2.dubna 1998*. Praha, STOP 1998
- [209] *Co se v památkové péči (ne)osvědčilo. Odborný seminář STOP, 11. říjen 2018*. Praha, STOP 2018
- [210] *Chrást sv. Barbory v Kutné Hoře. Odborný seminář STOP, 10. červen 2004*. Praha, STOP 2014
- [211] FÁRA, P.: Jílové izolace staveb. in: *Ročenka 2001*. Praha, STOP 2001
- [212] FÁRA, P., Nevhodné způsoby sanace vlhkého zdiva. in: *Ročenka 2012*. Praha, STOP 2012
- [213] *Hrázděné stauby. Odborný seminář STOP, 18. dubna 2002*. Praha, STOP 2002
- [214] JERIE, P.: Nové technologie a metody při obnově památek – očekávání, úskalí, prohry. in: *Ročenka 2012*. Praha, STOP 2012
- [215] *Jíly v tradičním stavitelství. Odborný seminář STOP, 7. čerona 2001*. Praha, STOP 2001
- [216] *Klenby historických staveb. Odborný seminář STOP, 18. září 2003*. Praha, STOP 1998
- [217] KOHÚT, V.: Statické problémy při sanácii vlhkých stavieb. in: *STOP, svazek 19, 1/2017*
- [218] KOTLÍK, P. a další: *Cement v památkové péči*. Praha, STOP 1998
- [219] KOTLÍK, P.; ŠRÁMEK, J., KAŠE, J.: *Opuka*. Praha, STOP, 2000
- [220] KOTLÍK, P. a kol.: *Sanační omítky na historické stauby?* Praha, STOP, 2001
- [221] KOTLÍK, P. a kol.: *Vápno*. Praha, STOP 2001
- [222] KOTLÍK, P. a další: *Vápenné omítky*. Praha, STOP, 1998
- [223] KOTLÍK, P. a další.: *Vápno, tradice a současnost*. Praha, STOP, 1997
- [224] MODRÝ, S.: Pojivo jako zdroj výkvětů. in: *Režné zdivo historických objektů, odborný seminář STOP, 28. května 1998*
- [225] *Nanomateriály v památkové péči*. odborný seminář, STOP, 17. května 2012
- [226] *Obnova teras a ohradních zdí*. odborný seminář STOP, 13. květen 2004
- [227] *Ohradní zdi*. odborný seminář STOP, 11. června 2009
- [228] *Opravy fasád historických budov*. odborný seminář STOP, 20. října 2011
- [229] *Opravy nosných konstrukcí historických staveb*. odborný seminář, STOP, 18. října 2001
- [230] *Pálená krytina na památkových objektech*. odborný seminář STOP, 11. září 1997
- [231] *Požár na památkách, příčiny, následky, prevence*. odborný seminář STOP, 12. května 2005
- [232] *Protipožární ochrana památkových objektů*. odborný seminář STOP, 22. dubna 1999
- [233] *Renesance litiny ve městě*. odborný seminář STOP, 25. března 1997
- [234] *Režné zdivo historických objektů*. odborný seminář STOP, 28. května 1998
- [235] *Ročenka 1998*. Praha, STOP, 1999
- [236] *Ročenka 1999*. Praha, STOP, 2000
- [237] *Ročenka 2000*. Praha, STOP, 2001
- [238] *Ročenka 2001*. Praha, STOP, 2002,
- [239] *Ročenka 2012*. Praha, STOP, 2013
- [240] ROVNANÍKOVÁ, P.: *Omítky*. Praha, STOP, 2002
- [241] *Sanace budov proti nadměrné vlhkosti*. svazek 19, 1/2017
- [242] *Sanace dřevěných konstrukcí*. odborný seminář STOP, 15. května 2008
- [243] SOLAŘ, M.; ROVNANÍKOVÁ, P.; FÁRA, P.: *Opravy fasád historických budov. STOP, 20. října 2011*

- [244] SOLAŘ, M.: Význam betonu v památkové péči. in: *Ročenka STOP 2012*
- [245] *Staveništní malty a suché maltové směsi při obnově památek*. seminář STOP, 18. dubna 2013
- [246] ŠIMŮNKOVÁ, E., KUČEROVÁ, I.: *Dřevo*. STOP, 2008
- [247] *Technologie, které se v památkové péči neosvědčily*. odborný seminář STOP, 15. listopadu 2012
- [248] *Torzální architektura, technologie konzervování, památková obnova*. odborný seminář STOP, 30. listopad 2017
- [249] *Torzální architektura II, technologie konzervování, památková obnova*. odborný seminář STOP, 29. listopad 2018
- [250] *Torzální architektura, technologie konzervování, statika, památková obnova, organizace obnovy*. Zpravodaj STOP, Svazek 21, 1/2019
- [251] *Údržba památkových objektů v exteriéru*. Zpravodaj STOP, Svazek 15, č.2 (2013)
- [252] *Vápno, tradice a současnost*. odborný seminář STOP, Praha, 22. dubna 1997
- [253] *Vápenné omítky*. Křivoklát 98, odborný seminář STOP, 10. září 1998
- [254] VINAR, J.: Charakter a metody statického průzkumu. in: *Odborný seminář STOP, 14. května 2009*
- [255] VINAR, J.: *Konstrukce historických staveb*. STOP, 2006
- [256] VINAR, J.: Tradiční a netradiční metody oprav tesařských konstrukcí. in: *Odborný seminář STOP, 19. září 2002*
- [257] VINAR, J.: Zjišťování poruch dřevěných konstrukcí a analýza jejich příčin, metodika oprav památkově chráněných objektů. in: *Odborný seminář STOP, 15. března 2001*
- [258] *Zvoony*. odborný seminář STOP, 17. června 1999
- [259] *Zvoony*. odborný seminář STOP, 17. května 2001

PUBLIKACE VĚDECKOTECHNICKÉ SPOLEČNOSTI PRO SANACE STAVEB A PÉČI O PAMÁTKY – WTA CZ

- [260] *Sanace a rekonstrukce staveb 2004*. Sborník 26. konference WTA, Praha, 2004
- [261] *Sanace a rekonstrukce staveb 2016*. Sborník 38. konference WTA, Brno, 2016
- [262] *Sanace dřevěných konstrukcí a staveb*. odborný seminář, WTA, Praha, 2008
- [263] *Vápenné omítky pro památkovou péči*. sborník přednášek ze semináře WTA, Praha, duben 2008
- [264] VINAR, J.: Konstrukční principy hrázděných staveb. in: *Zpravodaj WTA, č. 1–2, květen 2014*
- [265] *Zpravodaj WTA CZ, číslo 3, září 2011*
- [266] *Zpravodaj WTA CZ, číslo 1–2, květen 2013*

VI. Rejstříky

Věcný rejstřík a výkladový slovník

Rejstřík slouží pro vysvětlení a sjednocení významu pojmů i pro jejich vyhledání v textu. Výrazy nedoporučené jsou v uvozovkách.

- agloporit/keramzit ... 125, 155
 akryláty ... 117
 aktivovaná malta ... 50, 57
 alkydy ... 117
 analýza poruch ... 26, 28
 anglické dvorky ... 113, 178, 213
 architekt (= projektant zodpovědný za celou stavbu – ve významu užitém v Metodice) ... 11
 arkýř (= krytý balkon) ... 11, 164, 168, 173
 armovaná zemina (= snížení zemního tlaku násypu proložením sítěmi nebo rohožemi) ... 63
 armování nároží (= osazení kvádrů v nároží, které omezí příčnou deformaci) ... 198
 „asanace“ (= opatření pro zlepšení stavu – nepoužívat ve smyslu „bourání“) ... 33 a další
 asfalt ... 52, 103, 115, 117, 121, 212
 autentická technologie/konstrukce (= která je součástí stavebního vývoje památky) ... 10–11, 31
 autorizace ... 21, 33 a další, 206
 bačkora (= krátký vodorovný hranol osazený pod sloupek, který roznáší zatížení do větších plochy) ... 141, 142
 balkon (= plošina vysunutá z vnější zdi stavby) ... 11, 173, 202
 bání ... 118, 148
 baroko/barokní ... 69, 70, 71, 72, 77, 78, 88, 89, 91, 130, 146, 154, 157, 174, 191, 192, 196, 200
 bastion (= bašta barokního opevnění) ... 70
 bednění (= 1. pomocná konstrukce – např. při zdění klenby nebo betonáži; 2. doplňková konstrukce z prken – bednění štítu, stěny, stropu) ... 86, 88, 94, 117, 118, 120, 128, 130, 144, 148, 157, 160, 165, 167, 168, 170, 174, 176, 178, 179, 183
 bedničkové stropy (= trámový strop s podhledem ze železobetonu) ... 178 a další
 bentonit (= rozpínavý jíl) ... 71
 beton 29, 37, 51, 57, 58, 61, 62, 104, 105, 106, 112, 116, 134, 146, 155, 172, 177, 178, 181, 205, 211, 216
 bezpečnost ... 14, 19, 26, 33, 65, 66, 125, 173, 174, 197, 201, 203, 204 a další
 biocidy (= prostředky proti biologickým škůdcům) ... 117, 122 a další
 bobrovky ... 138
 bobtnání dřeva (= objemová změna při namočení) ... 117, 121, 123
 boulení stěny (= vybočení z roviny) ... 18, 28, 29, 47, 61, 97, 98, 206
 bourání (= odstranění konstrukce/stavby; někdy užívaný termín „asanace“ je nevhodný, znamená „ozdravení“) ... 33 a další, 39, 54, 172, 181, 182, 183, 206
 břidlice ... 117, 118, 152, 210, 216
 bukové dřevo ... 114, 124, 189
 celostní (=holistický) ... 14
 cement ... 39 a další, 49, 57, 177, 180, 205
 cement hlinitanový ... 178, 182
 cement portlandský ... 41, 59
 cementová malta/omítka ... 50, 52, 54, 60 a další, 182, 207, 214, 217
 cihly nepálené (vepřovice/kotovice) ... 37, 46, 161, 166
 cihly pevnostní (= cihly většího formátu užívané při stavbě barokních opevnění) ... 70
 cihly slinuté/klinkery (= vypálené při vysoké teplotě, mají nízkou pórovitost) ... 60, 71, 112
 coul/palec (= cca 2, 5 cm) ... 152
 cratitii (= hrázděná konstrukce, lat.) ... 166
 čep (= tesařský spoj) ... 145, 149, 150, 171
 červotoč (= dřevokazný hmyz) ... 159, 208

- česká placka (= kulový vrchlík) ... 79
- deformace/přetvoření (= změna tvaru nosné konstrukce) ... 13,
18 a další, 44, 47 a další, 111 a další, 128, 135 a další, 150,
170 a další, 174, 189 a další, 197, 202, 204
- deformace příčná (= vyvolaná svislým zatížením) ... 44
- degradace (= narušení celistvosti materiálu působením vnějších
činitelů) ... 29, 39, 46 a další, 71, 171, 207 a další
- dehet ... 57–58, 121
- destrukce (= zřícení) ... 18, 70, 116, 208
- devastované objekty ... 18, 97, 203, 206 a další
- diagonální (= ve vodorovné rovině) x šikmý (= ve svislé rovi-
ně) ... 18, 28, 47, 97, 157, 187
- difuze vodní páry ... 116
- difuzní odpor (= schopnost bránit průchodu vodní páry) ... 50,
116
- dilatace dynamické (= vibrace způsobené otřesy) ... 10, 18, 44,
54
- dilatace tepelné (= změny tvaru nebo polohy vyvolané změnou
teploty) ... 18, 21, 44, 46, 52, 55, 61, 178, 182, 210, 211
- dilatační spáry (= spáry nebo trhliny, ve kterých dochází k po-
hybu vyvolanému tepelnými nebo dynamickými vlivy) ... 18,
29, 39, 40, 54, 61, 66, 71, 99, 103 a další, 174, 176, 178 a
další, 187, 207, 210
- dimenzování (= návrh profilu nosného prvku)
- dohled památkový ... 20
- dokumentace poruch ... 16 a další
- dokumentace skutečného stavu ... 20, 32
- dovolené namáhání (= metoda navrhování a posuzování nos-
ných konstrukcí) ... 204
- dozor investora (technický dozor) ... 14
- dozor projektanta (autorský) ... 14
- drážky ... 33, 53, 102, 201
- drenáž (= odvedení podzemní vody pod úroveň terénu) ... 24, 59,
70, 111–113, 212–213
- drnová koruna (= ochrana horní plochy zdiva bylinným poros-
tem) ... 58, 61, 65, 66, 69
- dron ... 65
- dřeviny ... 46, 66, 151, 208, 211
- dřevo – patina (= přirozená změna barvy) ... 117, 119, 120, 122,
147, 208
- dřevo – povrchové úpravy ... 114, 159 a další, 171
- dřevo nechráněné ... 117, 119, 169
- dřevo plavené (= dopravované po vodě) ... 113, 119, 147
- dřevo polomové ... 114, 125
- dřevo točivé (= odklon vláken způsobený namáháním stromu
v době růstu) ... 114, 121, 134
- dřevokazný hmyz ... 18, 24, 114, 117 a další, 169, 208
- dřevomorka (= dřevokazná houba) ... 116, 122 a další, 146, 155,
169
- dřevotřísky ... 116, 146, 155
- dřevovláknité desky ... 155
- dubové dřevo ... 77, 99, 108, 109, 115, 121, 131, 141, 142, 150,
151, 165, 171, 172, 216
- duťinové cihly ... 60, 176
- dynamické zatížení (= vibrace způsobené seizmickými nebo
technickými otřesy) ... 10, 18, 29, 44, 54, 56, 137, 150, 187,
196, 205, 208, 209, 210, 215
- dynamika stavební (= část mechaniky zabývající se působením
pohyblivých sil a otřesů od vnějších vlivů na stavební kon-
strukce) ... 22, 33, 150, 185
- emplekton/lité zdivo (= římské zdivo s jádrem z pucolánového
„betonu“ ukládaného do vzděných líců) ... 37, 38, 199
- endoskop (= optická sonda) ... 157
- eternit ... 118, 160
- excentricita (= výstřednost) ... 72
- extrados (= vnější líc oblouku) ... 80, 81
- fabion (= oblý přechod mezi stěnou a stropem) ... 153, 157
- fermež ... 117, 159
- fólie nopová ... 213
- fungicidy (= prostředky proti houbám) ... 122, 123
- funkce statická (= schopnost stavby odolávat zatížení stálému,
užitnému i vnějším vlivům) ... 10, 22, 26 a další, 46, 128,
160, 162, 163, 165, 169
- gabiony (= klece z drátěného pletiva vyplněné nasucho skláda-
ným lomovým kamenem) ... 64
- gajgr (= lapač střešních splavenin) ... 211
- geotextilie ... 59, 155
- globální/systémové poruchy ... 169, 187
- gotický trojúhelník (= pravouhlý trojúhelník s odvěsnami v po-
měru 1:2) ... 45, 75, 87, 173, 197, 210
- gotika/gotický ... 42, 77, 87, 88, 170, 191, 196, 197, 199
- hambalek (= vodorovný prvek/hranol ztužující krov v příčném
směru, je namáhán tahem i tlakem) ... 135, 138, 143, 144,
146, 157
- havarijní stav (= ohrožující bezpečnost nebo památkovou hod-
notu) ... 19, 21, 24, 26, 32, 55, 65, 66, 67, 103, 113, 157,
183, 205, 206
- Hennebique (= patentovaný systém železobetonového stro-
pu) ... 176
- historie poruch ... 11, 16, 18, 19, 20, 26, 33, 55, 192
- hliněná malta/mazanina ... 41, 46, 50, 115, 116, 119, 141, 152,
156, 158, 167, 170, 208, 210
- hlinitanový cement ... 178, 182
- hlínka ... 117, 118, 171
- hloubkové spárování (= vyplnění spar ve zdivu do maximální
hloubky) ... 48 a další, 54 a další, 67, 99, 174
- hmoždíky (= tesařské spojovací prvky namáhané smykem) 129,
132, 133

- hmyz ... 18, 24, 114, 117 a další, 169, 208
- hniloba ... 114, 122, 125, 141, 142, 144, 148, 158, 159, 169, 171, 174, 187
- hodnota památková ... 9, 185
- homogenní (stejnorodý) materiál (= má stejné vlastnosti ve všech místech) / homogenita ... 44, 49, 50, 51, 53, 54, 57, 214
- horní x dolní (= je dole)
- horní x spodní (= je níže)
- houby ... 18, 114, 116, 117, 122 a další, 146, 155, 169, 176, 210
- houžev (= provazec spletený z neloupaných prutů) ... 130
- hradba (= pevnostní konstrukce) ... 52, 53, 69 a další, 168, 186
- hrázděná stavba (= dřevěná nosná konstrukce s výplní) ... 10, 116–119, 128, 129, 154, 155, 159, 160 a další, 179, 180, 186, 197, 199, 216
- hrotnice (= 1. osový sloup, který nese střechu věže; 2. ukončení střechy věže) ... 135, 148, 149,
- hřebíky, hřeby ... 128, 130, 131, 183, 216
- hurdisky ... 94, 176, 177, 178
- hydraulická malta (= tvrdne i ve vlhkém prostředí) / hydraulická přísada ... 37, 39, 40, 49, 57, 60, 66, 106, 112, 213, 214, 217
- hydrofobizace (= na povrchu materiálu se vytvoří vrstva, která odpuzuje vodu) ... 36, 51, 61, 66, 121, 214
- hyfy/rizomorfy (= vlákna hub) ... 125
- Chaudyho zeď (= konstrukce na rubu opěrné zdi, které zvyšuje její stabilitu a únosnost) 63
- chrliče ... 102, 103, 173
- iglú (= tvarovky pro vytvoření větracího kanálu v interiéru) ... 58, 213
- impregnace (= změna vlastností napuštěním) ... 36, 115, 117, 121, 122, 124, 125
- injekční směs ... 56, 57
- injektáž trhlin/zdiva ... 49–51, 57, 65, 67, 205, 214
- injektáž – technologie ... 56, 57
- injektáž kleneb ... 55
- injektáž plošná ... 51, 55, 205
- injektáž trysková (= technologie podchycení základů) ... 63, 112
- insekticidy (= prostředky proti hmyzu) ... 123
- intrados (= vnitřní líc oblouku) ... 80, 81
- investiční záměr ... 19, 32
- investor ... 14 a další
- inženýring ... 14 a další
- islám ... 75, 76, 79, 80
- izolace akustické ... 155
- izolace jílové ... 58, 69, 71, 112
- izolace tepelné ... 46, 116, 119, 146, 147, 148, 155, 156, 161, 168
- izolace vodotěsné ... 59, 104, 114, 171, 205, 212
- izotropní materiál (= má stejné vlastnosti ve všech směrech) ... 44
- jíl ... 23, 24, 41, 101, 110, 111, 123, 161, 208, 213
- jílové izolace ... 58, 69, 71, 112
- kámen lomový ... 37–44, 46–57, 58–71, 72–106, 198–199, 210
- kámen tesaný ... 37–44, 46–57, 58–71, 72–106, 172–174, 196, 198, 202, 217
- kameník ... 42
- kamenořez/stereotomie (= rozdělení spar ve zdivu z tesaného kamene) ... 79 a další
- kamp (= tesařský spoj) 91, 130, 141, 164, 171, 183
- kanály odvětrávací ... 58, 111, 113, 212, 213
- kapilarita (vzlínavost) ... 39, 104, 213, 214
- karbolineum/karbolka ... 121,
- katedrála ... 87, 88, 90, 91, 107, 197, 198, 205
- kategorie staveb ... 186
- katr (= rám strojní pily) ... 152
- kazetový podhled ... 153
- keramzit/agloporit ... 125, 155
- klasicismus ... 72
- klenák (= prvek zděné klenby) ... 55, 82, 83, 88, 99, 102, 106, 195
- klenba (= nosná konstrukce uzavírající prostor shora, která je namáhána převážně tlakem) ... 29, 55, 56, 72 a další, 183, 188, 200
- klenba do travers (= segmentové klenby uložené do spodních přírub ocelového nosníku I) ... 78, 94, 128, 175, 176, 177
- klenba dřevěná ... 158
- klenba katalánská ... 41
- klenba klášterní ... 72, 77, 79
- klenba křížová ... 72, 79, 97
- klenba parabolická ... 73 a další
- klenba pruská (= klenba s dvojitou křivostí) ... 79
- klenba přečnělková/krakorcová (= klenba s vodorovnými sparami) ... 75 a další, 173
- klenba přímá (= klenba s přímým spodním lícem) ... 78, 80
- klenba s výsečemi/lunetami ... 79, 97, 189
- klenba segmentová ... 78, 79, 94, 173, 174, 175
- klenba valená ... 79
- klenba – tvarovky žeber ... 70, 88, 90
- klenba – zdění ... 94 a další
- klenba žebrová ... 79, 86, 88
- klenbovky (= cihly pro zdění kleneb) ... 70, 96
- klenby dřevěné ... 158
- klenutý pas (= klenutá nosná konstrukce vynášející část stavby – klenbu, strop, stěnu, základy) ... 11, 79, 82, 85, 88, 91, 93, 94, 96, 98, 100, 102, 107, 108, 179, 181, 199, 200, 205

- kleštiny** (= 1. vodorovné prvky/fošny ztužující krov v příčném směru, měly by být namáhány jen tahem; 2. táhla; 3. kotevní prvky táhel) ... 144, 145, 146, 148, 149, 150, 197
- klimatické vlivy** ... 18, 46, 64, 110, 159, 161, 167, 168, 210, 217
- klinkery/zvonivky** (= ostře pálené cihly) ... 60, 71, 112
- klínový zámek** (= napínač táhla) ... 84, 95, 130, 157
- klíny** ... 54, 55, 99, 112, 142, 150, 151, 165, 174, 183
- kloubové uložení** (= uložení, které umožňuje pootočení) ... 27, 29, 83, 95, 97, 99, 129, 130, 133, 135, 150, 187
- koeficient tření** ... 173, 197, 210
- kolík** (= 1. tesařský spojovací prvek/holcnágl; 2. kalibrovaný prvek celodřevěných spojů; 3. ocelový spojovací prvek) ... 129, 130, 131, 132, 134, 137, 145, 149, 152, 164, 171,
- kolmý** (= svírající pravý úhel; nikoliv svislý)
- komíny** ... 16, 19, 33, 53, 57 a další, 115, 119, 127–128, 135, 146, 153–154, 159, 181, 202
- koncepte řešení** ... 30 a další
- kondenzační voda** (= kapalná vlhkost vysrážená ze vzduchu) ... 115, 116, 147
- konsolidace** (= ustálení vlastností) ... 18, 102, 113, 187
- konstrukce** (= strukturovaná část stavby – viz prvek)
- konstrukce doplňkové** (= nenosné konstrukce: příčky, podlahy, podhledy, okna, dveře, instalace)
- konstrukce nosné** (= části stavby, které zajišťují statickou funkci) ... 10–11
- konstrukce prutové** (= složené z prvků, u kterých převládá délka nad příčnými rozměry; prvky jsou spojeny ve styčnýchích – například krov nebo příhradový vazník) ... 129, 135, 189
- konstrukční chyby** (= závady, které vznikly při návrhu nebo realizaci stavby) ... 17, 54, 55, 101, 204, 205
- konstrukční ochrana dřeva** (= úprava styků dřevěné konstrukce s porézními materiály) ... 134, 140, 155, 171, 174
- konstrukční systém** ... 13, 17 a další, 33, 98, 121, 135 a další, 147, 182, 200, 202
- konzervace** (= ochrana prvku/konstrukce před vnějšími vlivy při zachování hmotné podstaty, funkce, současného stavu i vzhledu) ... 66
- konzistence zeminy** (= je dána obsahem vody) ... 23, 46, 111
- konzoly** (= vodorovné nosné prvky vyložené ze stěny / krakorce) ... 146, 173–174
- kopáky** (= kvádry přímo vysekávané z pískovcové stěny) ... 37
- koroze** ... 18, 29, 58, 61, 67, 92, 121, 123, 148, 173, 176, 177, 178, 182, 208, 217
- koruna zdi** ... 39, 46, 47, 52, 60–62, 65–71, 103, 173, 182, 207, 210, 214
- koruna zdi osazená drnem** ... 58, 61, 65, 66, 69
- kotvení, kotvy** ... 48, 54, 55, 63, 83, 86, 94, 96, 99, 112, 137, 139, 141, 145–149, 154, 171, 172, 174, 175, 197, 201, 202
- kotvy zemní** ... 63, 202
- kráče, kráčata** (= zkrácený příčný prvek krovu – vazný trám nebo hambalek, uloženy do výměny) ... 137, 142, 143–145, 157–158
- krakorce/konzoly** (= vodorovné nosné prvky vyložené ze stěny) ... 163, 173
- kramle** (= tesařské skoby) ... 130, 131, 142, 145, 150, 154
- krokov** (= šikmý prvek krovu, který nese krytinu) ... 135 a další
- krokov vlašská** (= vodorovný prvek, který nese krytinu vlašského krovu – složeného ze stejných vazníků)
- krov** (= vázaná konstrukce střechy) ... 135 a další
- krytina** ... 135–149, 155–157, 210, 215–217
- kulatina** (= neopracované dřevo) ... 113, 130, 152, 163, 167, 171
- kůlová stavba** (= sloupky nosné konstrukce jsou vetknuty do země – u staveb primitivních) ... 160, 164,
- kupole/kopule** (= klenba na centrálním půdorysu) ... 77, 79, 94
- kůra** ... 114, 122, 125,
- kurtina** (= hradba mezi baštami) 70
- kvádry** (= zdicí prvky z tesaného kamene) ... 37–44, 47–51, 70, 86, 102, 104, 105, 198, 199, 207, 216
- kvádříky** ... 37, 112
- kvalifikace** ... 14, 15, 21, 22, 33, 34, 36, 54, 122, 161, 183, 186
- lapač střešních splavenin** (gajgr) ... 211
- lazura** (= tenká vrstva nátěru/malby) ... 117, 118
- lepené prvky** ... 132
- lepené spoje** ... 128, 129, 132
- lepenice** (= omítka nebo výplň stěny z hlíny) ... 152, 156, 180, 186
- lešení** (= dočasná konstrukce zpřístupňující stavbu) ... 77, 136, 141, 149, 174, 183 a další
- lícovky** (= cihly pro rezné zdivo) ... 60, 70
- lích** ... 125
- lišejníky** ... 122, 208
- lité zdivo/emplekton** (= římské zdivo s jádrem z pucolánového „betonu“ ukládaného do vyzděných líců) ... 37, 38, 199
- litina** ... 37, 173, 176, 181, 182
- lokální/místní poruchy** (= jsou způsobeny lokálním narušením nebo závadou) ... 18, 28, 29, 47, 48, 55, 97, 100, 111, 187 ...
- ložná plocha/ložná spára** ... 42, 44, 45, 64, 72, 75, 79, 94, 165, 196, 198, 199
- lucerna** (= otevřená nástavba věže) ... 118, 141, 148
- luneta** (= čelní plocha klenby s výsečemi) ... 79, 97, 174, 187
- malta** ... 11, 25, 29, 37, 39 a další, 46 a další, 94 a další, 156, 162, 167, 174, 177, 178, 182, 199, 205, 208, 210–211
- malta – pevnost malty** ... 42–44, 49–50, 83, 162

- malta cementová ... 39, 52, 54, 60, 61, 62, 66, 69, 70, 71, 104, 105, 112, 182, 207, 214
- malta hliněná ... 41, 46, 50, 167
- malta hydraulická (= tvrdne i ve vlhkém prostředí) ... 39, 66, 106, 112
- malta nastavená (= vápenná malta s přísadou cementu) ... 39, 51, 61
- malta sádrová ... 41, 94
- malta vápenná ... 47, 51, 57, 60, 61, 214
- manažer projektu (= inženýring) ... 14–15
- mansarda (= střecha s dvojnásobným sklonem) ... 118
- manýrismus ... 72
- matematické modelování ... 12, 18, 21, 26, 27, 190–195, 200
- mazanice/lepenice (= hliněná malta se slámou) ... 115, 116, 119, 141, 152, 156, 158, 170, 180, 186, 208
- mazanina (= monolitická podkladní nebo plošná vrstva) ... 41, 115, 116, 117, 119, 128, 157, 177, 182
- mechy ... 122, 208
- měkké řešení (= odstranění následků poruch, zlepšení statického stavu, částečné odstranění příčin poruch)
- mezerovitost zdiva (= objem mezer mezi zdicemi prvky) ... 48, 49–51, 54 a další, 199
- mezni stav (= metoda navrhování a posuzování nosných konstrukcí) ... 204,
- mikropiloty (= piloty malého průřezu) ... 63, 112
- modul průřezový (= geometrická charakteristika profilu) ... 152
- modul pružnosti (= vyjadřuje závislost deformace materiálu na napětí) ... 44, 150, 189
- monolitická koruna (= betonová bez dilatačních spar) ... 39, 61
- morální životnost (= životnost daná původním využitím) ... 186, 214
- mosty dřevěné ... 65, 131, 171 a další
- mosty zděné ... 11, 39, 61, 67, 71, 83, 102 a další, 207
- murus gallicus (= suché zdivo prokládané dřevem, lat.) ... 168
- mycelium (= podhoubí) ... 122, 125
- mykologie (= nauka o houbách) ...
- nadpraží (= horní část ostění) ... 55, 172
- nadvýšení oblouku ... 72, 78, 79
- namáhání dynamické ... 10, 18, 29, 44, 54, 56, 137, 150, 187, 196, 205, 208, 209, 210, 215
- namáhání tepelné ... 18, 21, 44, 46, 52, 55, 61, 207, 211
- napadení dřeva ... 12, 16, 18–21, 22, 24 a další, 113–119, 122 a další, 134, 135, 136, 141–146, 148, 151, 154–158, 159 a další, 169–172, 174, 177, 183, 205, 208, 210
- napětí (= intenzita vnitřních sil) ... 27, 44, 53, 61, 76, 89, 111, 128–130, 159, 189, 202, 204, 207, 208
- napětí v základové spáře ... 61, 111
- nároží/armované nároží/oblé nároží ... 44, 45, 70, 198, 199
- nástřik maltou ... 52, 60, 61
- násyp (= sypká výplň na klenbě nebo na stropních trámech)
- nátěr krycí, nátěr lazurní ... 117, 118
- nátěry/nátěry dřeva ... 25, 36, 47, 50, 52, 57, 115–124, 135, 147, 159, 170–171, 185, 205, 208, 211, 213, 215, 216–217
- nebezpečný průřez klenby ... 72, 78, 82, 97, 100,
- nopová folie ... 213
- nosné konstrukce – vymezení pojmu ... 10–11
- nosník (= prvek/konstrukce namáhané ohybem) / uložení ... 54, 127, 172 a další, 188
- nosník dřevěný ... 79, 94, 128–134, 151, 154, 189
- nosník kamenný ... 172, 174, 176
- nosník prolamovaný (= rozříznutím a svařením válcovaného nosníku vznikne vyšší nosník s otvory) 143, 177
- nosník příhradový (= prutová konstrukce) 137, 143, 144, 145, 164, 177
- nosník spřažený (= spolupůsobí s jinou konstrukcí, například s nosnou deskou) ... 146, 154, 155, 176
- novodobé materiály/technologie (=vzniklé v době industriální – v 19. a 20. století, které využívají hromadně vyráběné a nové materiály – litinu, ocel, železobeton)
- oblady ... 34, 116, 117, 118, 160, 161, 171, 182, 185
- oblé nároží ... 198
- oblouk dvojkřehový; islámský; italský (= intrados půlkruhový, extrados lomený); lomený (hrotitý); nadvýšení oblouku (= vzepětí je vyšší než poloměr oblouku); odlehčovací; oválný; parabolický; podkovovitý (= vzepětí je vyšší než poloměr, vzdálenost patek je menší než průměr oblouku); půlkruhový; trojkřehový; vetknutý ... 72 a další, 172, 187, 188, 174, 200
- obloun/torus (= článek půlkruhového průřezu) ... 70, 71
- obnova (= obnovení podstaty, funkce a vzhledu konstrukce/stavby bez zásadních změn)
- odstřikující voda ... 115, 208
- odvlhčení ... 31, 212
- odvodnění ... 31, 34, 36, 47, 50, 51, 58, 59, 61, 64, 65, 67, 70, 71, 102–106, 111–113, 171–172, 201, 206, 208, 210–213,
- odvodňovací otvory ... 59, 70
- ohradní zeď ... 11, 59 a další
- ochrana dřeva ... 114 a další
- ochrana povrchu dřeva ... 117 a další
- ochrana základové spáry ... 110 a další, 189, 211 a další
- okap (= okraj střechy – nezaměňovat s okapním žlabem) ... 61, 208, 211
- okapní chodník (= zpevněná plocha při patě stavby) ... 211
- omítka cementová ... 52, 60 a další, 182, 207, 214, 217
- omítka sanační ... 213
- omítka ušlechtilá (= novodobá omítka s upraveným povrchem) 39, 40, 182

- omítky novodobé** ... 182, 217
- ondřejské kříže** ... 148, 149
- opalování dřeva** ... 109, 121
- opěrná stěna/zeď** (= stěna/zeď, která je namáhána zemním tlakem) ... 11, 39, 49, 52, 59 a další, 69 a další, 196, 202, 207, 208
- opěrný oblouk** (= je namáhán svislým i vodorovným zatížením) ... 11, 84, 87 a další, 194 a další
- opěrný pilíř/opěrák** (= svislá nosná konstrukce, která je namáhána svislým i vodorovným zatížením) ... 11, 48, 62, 68, 84, 88, 91, 98, 101, 188, 193 a další, 196, 197, 202, 205
- opěrný systém** (= soustava opěrných pilířů a oblouků – například u katedrál) ... 11, 45, 73, 85, 86–89, 91, 98, 193 a další, 196, 198, 207
- opevnění** (= stavby nebo jejich části sloužící obraně) ... 11, 69 až 71, 196,
- oplechování** ... 36, 37, 115, 117, 118, 135, 142, 149, 171, 215
- oprava** (= uvedení poškozeného, opotřebeného, zestárlého prvku/konstrukce do funkčního stavu beze změny jeho podstaty)
- optická sonda** ... 18, 21, 157
- opuka** ... 39, 47, 49, 52, 53, 59, 60, 63, 88, 112, 172, 207, 216 ...
- opus incertum** (= emplekton – líc je z lomového tufu) ... 38
- opus isodomon** (= líce jsou z kvádrů stejné výšky) ... 38
- opus reticulatum/sítové zdivo** (= emplekton – líc je z tufových tvarovek se šikmými sparami bez provázání) ... 37, 38
- opus spicatum/klasové zdivo** (= ložné spáry jsou šikmé, směr spar se po vrstvách střídá) 108, 165, 199
- osedlání** (= tesařský spoj) ... 149, 154, 171, 183
- oslabení zdiva** ... 50, 53
- osový** (v ose konstrukce/stavby – například vaznice nesená osovým sloupkem)
- ostění** (= konstrukce, která vymezuje dveřní nebo okenní otvor)
- památková hodnota** ... 185
- památkový dohled** ... 15 a další
- parabola** ... 73 a další, 188
- paropropustný** ... 116, 155
- parotěsná zábrana** (= vrstva zabraňující průchodu vzdušné vlhkosti) ... 116, 146 a další, 154 a další, 176
- pas/meziklební/rubový** ... 11, 79, 82, 85, 88, 91, 93, 94, 95, 98, 100, 102, 108, 179, 181, 199, 200, 205
- pásky** (= krátké šikmé prvky ztužující dřevěnou konstrukci v podélném, případně příčném směru) ... 135 a další,
- pásky sádrové** ... (= pásky osazované pro zjištění pohybu v trhlíně) ... 21
- pasport prvků** (= soupis prvků, které mají památkovou, historickou, architektonickou a užitnou hodnotu) ... 16
- pasport statický** (= dokumentace všech statických poruch stavby – je podkladem pro analýzu a určení příčin poruch) ... 21
- pasta di Praga** ... 39
- patina** (= přirozeně zašlý povrch) ... 119, 120, 122, 147, 188, 208
- pauperitní** (= chudobný) ... 113, 186
- pavlač** (= komunikace vysunutá na vnější stranu budovy) ... 11, 173 a další, 216
- pažení** (= dočasná konstrukce zajišťující výkop nebo nestabilní stěnu) ... obálka, 63, 183
- pendentiv** (= přechod mezi odlišným půdorysem zdiva a kupole) ... 79
- pěnové sklo** 155
- perlit** 155
- pětiminutové kritérium** (= historický způsob posouzení bezpečnosti) ... 204
- petrifikace** (= zpevnění) ... 118, 121–122
- pevnost** (= schopnost materiálu odolávat silovému napětí) ... 29, 187–188, 204, 210
- pevnost malty/kamene/zdiva** ... 29, 37, 39, 41, 42 a další, 48 a další, 162, 163, 165, 166, 172, 173, 198, 199, 207
- pevnosti dřeva** ... 128–129, 132, 150, 159, 163, 164, 183
- pevnostní stavby** ... 11, 69 a další, 198
- pilíř** (= svislý nosný prvek většího průřezu, může být součástí stěny nebo samostatný – viz sloup)
- piloty** (= konstrukce pro zakládání v neúnosných zeminách) ... 63, 108–109, 112, 187
- pískovec** ... 47, 49, 59, 63, 87, 112, 198, 199, 207, 208, 210, 216
- placka** (= klenba s dvojitou křivostí); česká placka (= kulový vrchlík) ... 72, 79, 94, 200
- plán údržby** ... 32, 33, 36, 63, 104, 215
- plasticita** (= schopnost deformovat se bez porušení nevratným způsobem)
- plasticita zeminy** (= závisí na obsahu jemnozrnných součástí) ... 23, 111
- plát** (= tesařský spoj) ... 130–134, 148
- plát ležatý/vodorovný** ... 133
- plát na rybinu** (= tesařský spoj) ... 143, 145, 149, 164, 171
- plát svislý** ... 130, 134
- plát vložený** ... 134, 142
- plavené dřevo** (= dřevo dopravované po vodě) ... 119
- plíšně** ... 18, 24, 103, 114, 116, 117, 122 a další, 155, 169, 208, 210, 213
- plnivo** (= součást malty – písek, štěrk) ... 37
- podezdívání** ... 62, 100, 108, 112, 183
- podhled** (= spodní líc stropu) ... 29, 34, 101, 116, 128, 130, 135, 146, 148, 152–157, 158, 175, 176, 178, 179, 180, 183, 189

- podchycení základu** (= prohloubení nebo rozšíření základu) ... 65, 111 a další
- podkroví** (= využitý prostor pod krovem) ... 19, 53, 135, 140, 141, 144, 145–148, 155
- podlaha čistá** (= nášlapná vrstva podlahy) ... 153
- podlaha hrubá** (= je uložena na stropních trámech nebo na polštářích, nese čistou podlahu) 146, 153, 156, 181
- podloží** (= podle ČKAIT se má užívat výraz základová půda) ... 19, 22, 47, 63, 108, 111, 112, 115, 183, 202, 204, 212
- podstávka** (= sloupky vynášející patro roubené stavby) ... 159 a další, 163
- podzemní voda** (= voda v pórech zeminy – vytváří hladinu mezi saturovanou a nesaturovanou zónou v hornině) ... 22, 23, 32, 59, 70, 108, 112, 164, 187, 213
- Poissonovo číslo** (= vyjadřuje vztah mezi svislou a vodorovnou deformací při zatížení materiálu) ... 44
- pojivo** (= aktivní součást malty – vápno, cement) ... 37, 38, 39, 41, 46, 48, 49, 50, 56–57, 102, 117, 123, 207, 211, 217
- polomové dřevo** ... 114, 125
- polosloup** (= svislý nosný prvek přisazený ke stěně)
- polštář šterkový/polštář základový** ... 108
- polštáře** (= trámy uložené do násypu, které nesou hrubou podlahu) ... 153, 156, 158
- polyuretanová pěna** ... 41
- popílek** ... 57
- poruchy lokální/místní** (= jsou způsobeny lokálním narušením nebo závadou) ... 18, 28, 29, 47, 48, 55, 97, 100, 111, 187
- poruchy systémové/globální** (= ovlivňují celou stavbu, jsou způsobeny konstrukční vadou nebo zhoršením podmínek celé stavby) ... 169, 187
- poval** (= strop z trámů nebo kulatiny kladené těsně vedle sebe) ... 128, 146, 152, 154, 155, 157, 158
- povětrnostní vlivy** ... 39, 46, 48, 50, 51, 54, 57, 58, 60, 63, 65, 66, 67, 98, 110, 113, 115, 117, 119, 121, 122, 147, 169, 171, 175–178, 182, 207, 208, 216
- povrchové úpravy** ... 36, 47, 50, 51, 54
- povrchové úpravy dřeva** ... 114, 117, 119, 120, 121, 124, 159 a další, 170 a další
- pozednice** (= vodorovný prvek, který přenáší zatížení od krovu na spodní stavbu; rozlišovat od spodní vaznice) ... 20, 94, 95, 115, 125, 134, 135 a další, 145 a další, 187, 197
- požár** ... 18, 33, 87, 119, 126 a další, 135, 155, 157, 166, 167, 199, 205, 206
- požerky** (= stopy žíru hmyzu) ... 122, 141
- práh** (= 1. vodorovný prvek, na který jsou osazeny sloupky dřevěné konstrukce; 2. spodní prvek dveří) ... 144, 149, 150, 172, 183
- „prasklina“** (= není stavařský výraz, správně má být trhlina)
- prejzy** ... 60, 138
- priority** ... 12, 14, 31, 32, 48, 64, 65, 11, 118, 126, 136, 140, 143, 169, 189, 203 a další, 206
- projektant** (viz architekt, statik) ... 10, 11 a další, 15 a další
- prolamovaný nosník** (= rozříznutím a svařením válcovaného nosníku vznikne vyšší nosník s otvory) ... 143, 177
- prostředky chemické** ... 121 a další, 142 a další
- prostředky konzervační** ... 121 a další
- prostředky zpevňující** ... 50, 121 a další
- prostupy** (= otvory v konstrukci pro vedení instalací)
- „protéza“** (= náhrada napadené části prvku)
- protipožární ochrana** ... 126 a další
- provizorní** (= dočasný)
- provizorní konstrukce** ... 11, 18, 19, 21, 24, 26, 32, 54, 55, 63, 65, 95, 133, 135, 136, 141, 142, 144, 157, 183 a další, 186, 200, 206
- provizorní zajištění** ... 11, 26, 183, 206
- provizorní zastřešení** ... 18, 136, 137
- průhyb** ... 18, 20, 95, 128, 152 a další, 157, 189 a další
- průhyb doporučený** (= omezení průhybu doporučené normou) ... 155, 159 a další, 189
- průhyb trvalý** ... 189
- průvlak** (= nosník zatížený stropní konstrukcí nebo zdí) ... 11, 138, 157, 189
- průzkum/výzkum archeologický** ... 23, 24 a další, 33, 65, 100, 113, 155, 183
- průzkum archivní** ... 16, 22, 65, 111,
- průzkum botanický** ... 66
- průzkum dendrochronologický** ... 20, 24, 25, 135
- průzkum dendrologický** ... 66
- průzkum geologický** ... 19, 22 a další, 25, 111 a další, 213
- průzkum hydrogeologický** ... 19, 22 a další, 213
- průzkum napadení dřeva** ... 19, 24, 25
- průzkum nedestruktivní** (= průzkum bez sondáže) ... 18, 20, 21
- průzkum nosných konstrukcí** ... 13, 17
- průzkum plošný** ... 20, 153, 157
- průzkum předběžný** ... 19, 20, 22, 24, 23, 32, 66, 111
- průzkum restaurátorský** ... 20, 25
- průzkum sondážní** ... 18, 19, 23, 24, 33, 111, 113, 158
- průzkum standardní** ... 17 a další, 135
- průzkum statický** ... 16 a další, 135 a další, 205
- průzkum stavebně historický** ... 13, 16 a další, 65–66, 100–101, 113, 135, 138, 181–182
- průzkum stavebně technický** ... 16 a další
- průzkum technologický** (= průzkum skladby a materiálů konstrukce) ... 25, 65, 66
- průzkum vlhkosti** ... 16, 19, 24, 25
- průzkum zoologický** ... 66
- průzkumy – analýza** ... 10 a další, 26–33, 47, 54 a další, 65–67,

- 89, 97–104, 111, 135, 177, 182, 187–189, 190–194, 197 a další, 205, 207, 217
- pružnost** (= schopnost vrátit se po odstranění zatížení do původního stavu)
- prvek** (= část konstrukce stavby – viz konstrukce)
- pryskyřice** ... 117, 121–122, 141
- předpjatá táhla/lana** ... 200, 205 ...
- předpjaté konstrukce/prvky** ... 181, 188
- předzáklad/fórgrunt** (= základ rozšířený před líc nadzemního zdiva) ... 107
- překlad** (= konstrukce nadpraží otvoru)
- přestavba** (= stavební zásah, při kterém dochází ke změně funkcí, objemů i konstrukcí stavby) ... 18, 135, 149, 196, 204, 205, 214, 215
- přetvoření/deformace** (= změna tvaru nosné konstrukce) ... 13, 18 a další, 44, 47 a další, 111 a další, 128, 135 a další, 150, 170 a další, 174, 189 a další, 197, 202, 204
- příčiny poruch** ... 12, 18, 19, 25, 28, 29, 30, 32, 33, 46 a další, 55, 67, 97, 99, 104, 135, 178, 182, 187, 201, 202, 205, 211
- příčkovky** ... 38,
- příčky** (= nenosné zdi obvykle stojící na stropech nebo klenbách) ... 29, 97, 146, 148, 152, 153, 154, 164–170, 179 a další, 183, 197
- příčky hrázděné** ... 119, 153, 154, 168, 170, 179, 180
- příčky mezibytové** ... 180, 181
- příčky samonosné** ... 154, 164, 168, 180
- příčná deformace** (= vodorovná deformace při svislém zatížení tlakem) ... 44, 46–47, 49, 196, 198, 199, 210
- příčný** (= ve směru kratší osy konstrukce/prostoru) x podélný ... 19, 81, 99, 104, 105, 132, 135,
- příčný tah** (viz příčná deformace) ... 44, 46–47, 49, 196, 198, 199, 210
- příhradový nosník** ... 137, 143, 144, 145, 164, 173, 177, 178, 197
- příložky roubení** (= svislé profily ztužující roubení) ... 159
- přípora** (= sloup/pilíř přisazený ke stěně, který vynáší patku klenby) ... 79
- pucolán** (= hydraulická přísada) ... 37, 49, 57
- půdní nadezdívka** (= zdivo mezi podlahou půdy a uložením krovu) ... 135, 145, 146,
- půdní vestavba** ... 19, 119, 135, 140, 145 a další, 155, a další
- puklina** (= trhlina v hornině – užívá se v geologii; není stavařský výraz, správně má být trhlina)
- působení vlhkosti** ... 40, 178, 210 a další
- původní technologie/konstrukce = která je (nebo byla) nejstarší** ... 11
- rákos** ... 37, 152, 158, 164
- rákosník** (= 1. nosník omítaného podhledu; 2. hřebík omítaného podhledu) ... 134, 152, 153, 157, 158, 160
- rám** (= konstrukce s tuhými styčníky)
- ramenát** (= dřevěná konstrukce 1. pro zdění klenby; 2. nesoucí bednění bání) ... 86 a další, 102, 148, 153, 157, 158, 200
- ramenáty zavěšené** ... 200
- rámová konstrukce** (= prutová konstrukce s tuhými styčníky)
- rampa** (= komunikace ve spádu) ... 11
- ravelin** (= předsunutá pevnůstka barokního opevnění) ... 70
- reakce klenby** ... 44, 45, 55, 72, 75, 79, 84 a další, 88 a další, 94 a další, 97, 99, 101, 133, 187–188, 189, 196 a další, 200
- recyklovaná suť** ... 155–156
- rehabilitace** (= pojem, který lze použít v případě, že stavba devastovaná nebo nevhodně využívaná získá přiměřenou funkci a vzhled – podle rozsahu stavebního zásahu může mít rehabilitace charakter opravy až rekonstrukce) ... 14
- rekonstrukce** (= obnovení konstrukce/stavby, při které dochází k větším změnám podstaty, funkce a vzhledu)
- restaurátor** ... 25 a další, 47, 50 a další, 56–57, 66, 119, 121–122, 149, 158, 171, 174, 206, 217
- restaurátorská konzervace** (= provedená restaurátorskými metodami) ... 50
- restaurátorský záměr** ... 25, 32, 33, 34, 50, 57, 121
- restituce** (= obnovení původního, nebo staršího stavu – podmínkou je zachování alespoň části autentických prvků a spolehlivé doklady stavu původního; současná památková péče připouští změnu zachované památky ve prospěch starší podoby jen ve zcela výjimečných případech)
- reverzibilní** (= odstranitelný)
- rezonance zvonové stolice s konstrukcemi zvonice** ... 151
- rizomorfy/hyfy** (= provazce podhoubí dřevomorky, které mohou prorůstat zdivem) ... 125
- rosný bod** (= teplota, při níž se sráží vzdušná vlhkost – relativní vlhkost vzduchu je 100 %) ... 18, 39, 115, 155, 161, 213, 215
- roubená stavba** (= nosnou konstrukci tvoří provázané vodorovně kladené trámy nebo kulatina) ... 11, 46, 110, 114, 116, 118, 119, 120, 122, 133, 155, 159–163, 171, 186, 197, 216
- rozpočet** ... 33, 34, 35
- rozšíření základů** ... 62, 63, 112
- rozteče** (= vzájemné vzdálenosti prvků)
- rubová „skořepina“** (= výraz užívaný pro zesílení klenby železobetonovou nebo torkretovou vrstvou – pojem skořepina neodpovídá působení konstrukce) ... 100
- rubové žebro klenby** ... 79, 88, 94, 98, 100, 102, 179, 200
- rybina** (= plátový spoj, který je možno namáhat tahem i tlakem) ... 130, 143, 145, 149, 164, 171, 172
- řasy** ... 18, 24, 103, 117, 122, 208, 210, 213
- římsa** ... 16, 33, 34, 38, 70, 71, 115, 118, 119, 134, 135, 136, 139, 140, 141, 147, 148, 165, 173–174, 202, 208, 214
- sádra** ... 37, 41, 94, 180

- sádrová malta ... 41, 94
- sádrovcová koroze ... 208
- sádrové pásky (= pásky osazované pro zjištění pohybu v trhlíně) ... 21
- samonosné stěny/příčky ... 154, 164, 168, 180
- sanace (= ozdravení, záchrana)
- sanktusník (= věžička na hřebeni střechy kostela) ... 118, 141, 148
- saze ... 57–58
- sedlo (= krátký prvek pod uložením nosníku na sloupek) ... 26, 140,
- sednutí/sedání základů (= pokles stavby nebo její části způsobený přetížením základové půdy) ... 24, 111
- seismičita (= aktivita zemětřesení; užívá se i pro otřesy způsobené dopravou nebo stroji) – viz zemětřesení ... 18, 29, 166, 196, 199 a další, 208–209
- sesychání dřeva (= objemová změna při vysychání) ... 117
- schodiště ... 11, 174–175, 207
- schodiště točité ... 174
- schodiště větvenové ... 174
- schodiště visuté (= nemá větveno) ... 174–175
- síťové zdivo (opus reticulatum, lat.) (= emplekton, jehož líce jsou z tvarovek z tufu se šikmými sparami) ... 37, 38
- skarpa/scarpa (= šikmý líc zdi) ... 69
- skladba konstrukce střechy/stropu/klenby ... 21, 34, 116, 152 a další, 176–177, 180, 187
- sklobeton ... 176 a další
- skoby/kramle ... 121, 130, 131, 142, 145, 150, 154, 183, 195, 210
- skupenské teplo (= množství tepla, které je nutné pro změnu skupenství) ... 125, 213
- sloup (= izolovaný svislý nosný prvek)
- sloupek (= svislý prvek dřevěné konstrukce – krovu, lešení, vřídla)
- směr – rozlišení umístění a polohy prvku/směr působení síly ... 17, 18, 28, 29, 47, 99, 157, 187
- smíšené zdivo (= zdivo z kamene i cihel) ... 38, 47
- smrštění ... 18, 61, 71, 121, 167, 172, 177, 182, 214
- smršťovací trhliny ... 18, 29, 39, 40, 61, 71, 182, 187
- smůla ... 121
- smyk/smykové napětí ... 17, 28, 29, 44, 46–48, 53–56, 61–63, 70, 72, 89, 97, 99, 100, 128 a další, 138, 150, 163, 172–174, 187, 199, 201
- sondy ... 13, 17–33, 35, 61–63, 71, 98, 111–113, 148, 153, 157–158, 183
- sopouch (= komínový průduch) ... 16, 57–58, 127, 154
- sparořez/stereotomie/kamenořez (= rozdělení spar ve zdivu z tesaného kamene) 79 a další
- spára základová ... 23–24, 59, 110–113, 187, 211, 212
- spárování hloubkové (= vyplnění spar ve zdivu do maximální hloubky) ... 48, 49–57, 67, 99, 174
- spáry ... 18, 29, 39, 42–57, 58, 60–62, 65–67, 69–71, 83, 97, 99–105, 115, 159, 165, 174, 177, 182, 187, 197, 198, 199, 210, 211, 214, 215, 216
- spáry dilatační (= vznikají při změně rozměrů konstrukce) ... 29, 39, 41, 56, 69, 73, 101, 105, 174, 178, 182, 187, 207
- spáry ložné (= přenášejí zatížení tlakem) ... 42, 44, 45, 64, 72, 75, 79, 94, 165, 196, 199
- spáry styčné ... 61, 104, 196
- spoje celodřevěné (= spoje navržené podle Metodiky [21]) ... 128–134
- spoje dřevěných konstrukcí ... 128 a další
- spoje lepené ... 128, 129, 132
- sprinklery (= zařízení pro samočinnou likvidaci ohniska požáru) ... 127
- srážková voda ... 36, 39, 47, 58, 59–60, 65–66, 71, 102, 119, 211, 215
- stabilita (= bezpečné zachování polohy – omezený výklon, posuv nebo pootočení) 21, 50, 55, 61–64, 65–69, 134, 135, 139–141, 173–174, 183, 187, 196, 201–202, 203 a další, 206, 217
- statická funkce (= schopnost stavby odolávat zatížení stálému, užitnému i vnějším vlivům) ... 46, 160, 162 a další, 169, 170
- statické zajištění (= odstranění nebo zabezpečení statických poruch) ... 24, 30, 32, 65, 205 a další
- staticky neurčitá konstrukce (= při jejím řešení se kromě statických podmínek rovnováhy uvažují i podmínky deformační závislé na pružnosti materiálu) ... 204
- statický pasport (= dokumentace všech statických poruch stavby – je podkladem pro analýzu a určení příčin poruch) ... 21
- statický výpočet ... 18, 19, 21 a další, 26, 27, 30, 33 a další, 53, 61, 64, 89, 98, 128, 132, 135, 144, 182, 189, 192–195, 197, 204
- statik = projektant zodpovědný za nosné konstrukce (ve významu užitém v Metodice) ... 11 a další, 21, 22, 33, 56, 113, 206
- statika (= část mechaniky zabývající se působením sil ve stavebních konstrukcích) 187
- Staussovo pletivo (= patentovaný systém vyztužené omítky) ... 175–176
- stavby historické – ve významu užitém v Metodice (= stavěné řemeslným způsobem přibližně do konce 19. století) ... 10
- stavby hrázděné (= dřevěná nosná konstrukce s výplní) ... 160 a další
- stavby kůlové (= sloupky nosné konstrukce jsou vetknuty do země – u staveb primitivních) ... 160
- stavby novodobé – ve významu užitém v Metodice (= vzniklé v době industriální – v 19. a 20. století, které využívá-

- jí hromadně vyráběné a nové materiály – litinu, ocel, železobeton apod.; nezáleží na slohu – může se jednat o stavby pseudohistorické, eklektické nebo moderní) ... 175 a další, 181 a další
- stavby pevnostní** (= hrady, hradby) ... 69 a další
- stavby roubené** (= nosnou konstrukci tvoří provázané vodorovně kladené trámy nebo kulatina) ... 11, 46, 110, 114, 116, 118, 119, 120, 122, 133, 155, 159–163, 171, 186, 197, 216
- stavby sloupkové** (= nosnou konstrukci tvoří svislé dřevěné prvky) ... 162 a další
- stavebně statický posudek** ... 19 a další
- stavební historie** ... 16 a další
- stavební rum** ... 155
- stavební úpravy** ... 10
- stavivo** (= zdící prvky – kámen, cihly, tvárnice) ... 37 a další, 46, 48, 50, 51, 57
- stěna** (= svislá nosná konstrukce – plošná) ... 10, 162 a další
- stěna hrázděná** (= prutová svislá nosná konstrukce – dřevěná, kovová, spolupůsobící s výplní) 160 a další
- stereotomie/kamenořez** (= rozdělení spar ve zdivu z tesaného kamene) ... 79 a další
- stolice ležatá** (= vzpěradlová konstrukce plných vazeb barokních krovů) ... 135 a další
- stolice podélná** (= vaznice a její podpory) ... 135 a další, 144
- stolice stojatá** (= vaznice krovu jsou v plných vazbách podepřeny svislými sloupky) ... 135 a další, 145
- stolice zvonová** (= konstrukce, na které jsou zavěšeny zvonky) ... 149 a další
- strop** (= vodorovná nosná konstrukce uzavírající prostor shora – klenba není strop) ... 151 a další, 172 a další
- strop bedničkový** (= podhled tvoří železobetonová deska, na které je uloženo ztracené bednění) ... 178
- strop sklobetonový** (= ze skleněných tvarovek osazených do železobetonových nosníků) ... 176 a další
- strop vložkový** (= z tvarovek osazených do železobetonových nebo vyztužených cihelných nosníků) ... 94, 178
- strop záklopový** (= s viditelnými trámy a dřevěným záklopem) ... 152 a další
- strop železobetonový** ... 175
- střední** (ve středu konstrukce – například vaznice uprostřed krokví)
- střešní žlaby** ... 36, 115, 211
- stupeň bezpečnosti** (= metoda navrhování a posuzování nosných konstrukcí) ... 204
- suché zdivo** (= zdivo bez malty) ... 37, 42, 63, 168, 196, 198
- svářková ocel** (= starší způsob výroby oceli) ... 182
- svislý** (= vertikální)
- svorník** (= železný spojovací prvek se šroubem nebo klímem) ... 121, 128 a další, 148, 150, 157, 171–172, 183
- šelak** (= přírodní pryskyřice) ... 121
- šindel** ... 60, 94, 117, 118, 127, 128, 210, 215, 217
- šířičina** (= tesařská sekera) ... 121
- škůdci dřeva** ... 121 a další, 134, 142, 155, 159
- škvára** ... 38, 155, 176
- šmorce** (= kameny/cihly vysunuté ze zdiva pro pozdější navázání další stavby) ... 199
- šnorování** (= vyznačení linie na dřevě šňůrou) ... 147
- špány** (= dřevěné štěpiny) ... 119
- šroubovicová výztuž** (= nerezová výztuž malého profilu – například Helifix) ... 48, 49, 96, 100, 140
- šrouby** ... 127, 130
- štenýř** (= dřevěný sloupek konstrukce věže nebo lešení) ... 148
- štět** (= základová konstrukce z větších kamenů, obvykle zarážených do podloží) 108
- tah/tahové napětí** ... 48, 49, 53–56, 64, 83–84, 89, 97, 99, 105, 128–130, 132, 137, 139, 146, 150, 152, 163–164, 172–173, 177, 187–188, 196–199, 200, 207, 210, 217
- táhla předpjatá** ... 200, 205
- táhlo** (= konstrukce namáhaná tahem – dřevěná, ocelová, železobetonová) ... 11, 37, 55, 79, 84 a další, 89–95, 98, 101–102, 128 a další, 159, 170, 197–200, 202, 205
- tambur/buben** (= nad střechem vystupující zdivo, na kterém leží kupole) ... 79
- technologie** ... 11, 25, 32, 33, 37 a další
- technologie/konstrukce autentická** (= která je součástí stavebního vývoje památky) ... 11
- technologie/konstrukce původní** (= která je, nebo byla nejstarší) ... 11
- technologie/konstrukce „tradiční“ – tento pojem je neurčitý, jeho užití v památkové péči nedoporučujeme** ... 11
- tektonika** (= působení sil vyjádřené architektonickými prostředky) ... 86
- teorie skořepinová** (= metoda modelování prostorových konstrukcí) ... 72
- teorie stěnodesková** (= metoda modelování prostorových konstrukcí) ... 72
- tepelná jímavost** (= schopnost akumulace tepla) ... 160–161
- tepelná pohoda** (= hodnocení kvality prostředí) ... 46
- tepelné namáhání** (= napětí vyvolané změnou teploty prvku/konstrukce) ... 130, 193, 207
- tepelně technický výpočet** (= posouzení tepelných ztrát objektu) ... 116
- tepelné vlastnosti** ... 48, 116, 160–162, 166, 168
- tepelný most** (= místo sníženého tepelného odporu) ... 116, 147, 214
- tepelný odpor** (= míra prostupu tepla konstrukcí) ... 115, 155, 159–161, 168, 197, 199, 204, 208
- tesař** ... 33, 86, 130, 135, 147

- tesařík** (= dřevokazný hmyz) ... 118, 121–124, 141, 157, 159, 169, 171, 208
- tesařské spoje** (= spoje bez kovových prvků) ... 128–132, 142, 147, 150, 171
- tesařské značky** (= označení dřevěných prvků konstrukce při stavbě) ... 121, 135, 147
- teslice** (= sekera s příčným ostřím) ... 130, 167
- tíha/váha [kN]** (= silový účinek hmotnosti [kg]) ... 11, 149, 162, 202, 210
- tlak/tlakové napětí** ... 17, 37, 44–49, 55, 61, 63, 67, 72, 74, 79, 83, 86, 89, 97, 99, 144, 150, 172–173, 188
- tlak kolmo na vlákna/ve směru vláken** (= pevnosti dřeva jsou rozdílné v závislosti na směru namáhání) ... 128, 129, 159, 163, 164, 170, 183
- tlak zemní** ... 59, 61–64, 70, 202
- tlaková čára** (= průběh napětí v klenbě) ... 72, 100
- tlaková zkouška** (= zjišťování pevnosti/únosnosti materiálu/prvku) ... 44, 45
- točivost** (= růstová vada dřeva, při vysychání se dřevo podélně deformuje) ... 128
- torkret** (= stříkaný beton) ... 52, 62, 100
- torsální objekty** (= zachované jen zčásti; částečně zřícené) ... 65 a další, 202
- „tradiční“ technologie/konstrukce – tento pojem je neurčitý, jeho užití v památkové péči nedoporučujeme**
- trámový rošt** (= 1. konstrukce z trámů uložených v různých směrech; 2. nosník ze dvou trámů na sobě položených a spojených) ... 94, 95, 133
- trámy** (= vodorovné nosníky)
- tras** (= hydraulická přísada) ... 49, 57
- trhlina** (= vznikne při překročení pevnosti materiálu – trhlina tahová/smyková) – pojmy „prasklina“, „puklina“ nejsou stavařské termíny ... 16–18, 26–30, 48
- trhliny dilatační** (= trhliny, které umožňují vzájemný pohyb částí stavby při změnách teploty nebo při dynamickém namáhání) ... 18, 29, 39, 40, 54, 61, 66, 71, 99, 103 a další, 174, 176, 178 a další, 187, 207, 210
- trhliny smršťovací** (= vznikají při rychlém tvrdnutí nebo vysychání materiálu/konstrukce) ... 18, 29, 39–40, 61, 71, 182, 187, 214
- trhliny výsušné** (= trhliny vznikající při vysychání dřeva) ... 20, 115, 126, 130, 132
- triangulace** (= geometrická konstrukce architektury založená na trojúhelnících) ... 87–90
- trojúhelník „gotický“** (= má odvěsny v poměru 1:2) ... 45, 75, 87, 173, 197, 210
- tromp** (= přechod mezi odlišným půdorysem zdiva a kupole) ... 79
- trvanlivost materiálu/konstrukce** (= odolnost vůči stárnutí a opotřebení) ... 9, 11, 12, 68, 112, 178, 182, 186, 203, 214 a další
- trysková injektáž** (= technologie podchycení základů) ... 63, 112
- tření** (= síla ve styčné ploše bránící posunu je závislá na zatížení a kvalitě styčné plochy – koeficientu tření) ... 30, 45, 55, 62, 72, 84, 91, 145, 173, 196, 197 a další, 199, 202, 210
- tření/úhel vnitřního tření/koeficient tření** ... 45, 61, 62, 173, 197, 210
- třída ohrožení** (= stupeň ochrany dřeva odpovídající expozici) ... 114, 117
- třmeny** ... 49, 51, 55, 99, 121, 131, 137, 142, 144, 145
- tuf** (= usazená hornina ze sopečného popela) ... 37
- tuhost konstrukce/stavby** (= odolnost vůči deformacím) ... 29–30, 51, 54, 55, 102, 133, 135, 144–148, 150, 159, 162–165, 170, 174, 187–189, 196 a další, 200 a další, 205, 209
- tvárnice** (= umělé stavivo, obvykle nepálené) ... 38
- tvrdé řešení** (= odstranění příčin poruch radikální změnou konstrukčního systému) ... 200
- týčovina** (= neopracované dřevo malého profilu) ... 152
- údržba** (= pravidelná péče o stavbu, která spočívá v ochraně před vnějšími vlivy a drobných opravách, při kterých se nemění podstata, funkce ani vzhled) ... 14, 15 a další, 35–36, 40, 58, 60, 65, 71, 102–105, 136, 150, 169, 171, 182, 206, 207, 210–214, 215 a další
- úhel vnitřního tření** (= sklon stabilního svahu zeminy) ... 197
- uložení krovu** ... 30, 125, 127, 128, 130, 134, 135–137, 139–147, 187, 197
- uložení nosníků/kleneb** ... 53–54, 61, 83, 97, 132, 134, 148, 153, 158, 164, 171–177, 183, 187–189, 202
- úniky z instalací** ... 113, 213
- únosnost** (= schopnost materiálu/konstrukce odolávat silovému zatížení) ... 21, 47, 48–49, 51–58, 62–64, 67, 72–87, 96–97, 99, 100–106, 111–112, 122, 130–135, 138, 142, 146, 152–155, 162–164, 173–177, 187–189, 196, 200–206, 213
- vady dřeva** ... 135
- váha/tíha [kN]** (= silový účinek hmotnosti [kg]) ... 11, 149, 162, 202, 210
- valba** (= šikmá střecha na kratší straně budovy) ... 136, 137, 144, 145, 148
- vápno** ... 37, 39, 41, 46, 57, 66, 120, 123, 171, 208, 210, 214, 215
- vazba krovu příčná/podélná; plná** (= hlavní nosná); jalová (= mezilehlá mezi plnými) ... 137–158
- vazba zdiva** (= způsob kladení staviva) ... 37, 42, 44, 48, 49, 50, 51, 63, 77, 162, 165, 166, 199
- vaznice** (= podélný vodorovný prvek krovu, který vynáší krokve nebo hambalky – spodní, střední, hřebenová) ... 135, 136–147, 138

- vazník** (= prutová nebo plnostěnná nosná konstrukce stropu nebo krovu na větší rozpětí) ... 137, 164, 178, 188
- vazný trám** (= příčný vodorovný prvek krovu, který zachycuje vodorovné síly) ... 94, 134, 135–148, 155–157, 174, 187, 189, 197, 200
- vegetace** ... 18, 36, 46, 65, 66, 71, 103, 208, 210
- vektor** (= udává směr a velikost síly) ... 72
- věvec** (= vodorovná konstrukce ztužující stavbu) ... 11, 30, 61, 77, 91, 102, 137, 140, 141, 145, 146, 148, 159, 166, 170, 177, 181, 197, 199, 200, 205
- vepřovice/kotovice** (= nepálené cihly) ... 37, 46, 161, 166
- věšadlo** (= konstrukce, na kterou je vynášena konstrukce zavěšena) ... 131, 138, 139, 157, 158, 180
- vetknutí** (= uložení, při kterém nedojde k posunu ani pootočení podpor) ... 27, 37, 83, 130, 164, 173, 174, 197
- větrací kanálky** ... 58, 111, 113, 212, 213
- větrná abraze** (= obroušení povrchu působením větru) ... 122, 208, 210
- vikýř** (= konstrukce okna ve střeše) ... 33, 34, 118, 119, 123, 135, 141, 147, 148, 164, 168
- visuté schodiště** (= schodiště vetknuté do vnějších stěn) ... 174–175
- vlastnosti mechanické** ... 24, 42, 46, 113, 121, 169
- vlhkost** ... 16 a další, 24, 39–40, 46–113, 114–184, 185–209, 210, 211–214, 215–217
- vlhkost dřeva** (= udává se v procentech hmotnosti) ... 114, 115, 119, 122, 125, 169, 170, 215
- vlhkost relativní** (= poměr okamžitého množství vodní páry k množství vlhkosti v nasyceném vzduchu) ... 114, 115
- vlhkost vzdušná** (= obsah vodní páry ve vzduchu) ... 47, 116, 125, 161, 208, 213
- vlhkost vzlínavá** (= vlhkost pronikající do stavby účinkem kapilárních sil) ... 39, 47, 59, 211, 213
- vlhkost zemní** (= vlhkost v kapilárách zeminy) ... 58, 59, 65, 208, 210
- vlivy/činitelé povětrnostní/klimatické** ... 58, 69, 102, 117, 171, 182, 206, 207, 215
- vnější vlivy** ... 16 a další, 207
- voda kondenzační** (= voda, která se sráží ze vzdušné vlhkosti) ... 115, 116, 147
- voda odšťikující** (= voda, která se odráží od terénu nebo výstupků stavby) ... 115, 208
- voda podzemní** (= voda v pórech zeminy – vytváří hladinu mezi saturovanou a nesaturovanou zónou v hornině) ... 22, 23, 32, 59, 70, 108, 112, 164, 187, 213
- voda srážková** ... 36, 39, 47, 58, 59, 60, 65, 66, 71, 102, 119, 211, 215
- voda vzlínající** (= voda pronikající do stavby působením kapilárních sil) ... 39, 47, 59, 211, 213
- vodní součinitel** (= poměr hmotnosti obsahu vody k hmotnosti pojiva) ... 57
- vodorovné ztužení** (= konstrukce zajišťující tuhost stavby ve vodorovném směru) ... 143, 144–146, 199
- vodorovný** (=horizontální)
- volská krev** ... 117, 147
- vosk** ... 121, 122, 147
- voštinové větrání** (= odolnější části horniny nebo zdiva vytvářejí voštinovou strukturu) ... 47, 208
- vruty** ... 128, 130–131
- vřetenové schodiště** ... 174
- výběh projektanta/zhotovitele** ... 15 a další, 35
- výdřeva** (= provizorní dřevěná konstrukce zajišťující stabilitu narušené stavby) ... 18 a další, 54–55, 183, 206
- výkaz výměr** (= podklad pro rozpočet stavby) ... 32 a další, 34
- výklon stěny/konstrukce/prvku** ... 18, 28, 29, 47, 64, 93, 98, 101, 144, 202, 206
- výměna** (= podélný prvek krovu nebo stropu vynášející zkrácené prvky – viz kráče) ... 137, 142, 143, 144, 145, 148, 153, 154
- výplet** ... 119, 120, 180
- výztuž šroubovicová** (= nerezová výztuž malého profilu – například Helifix) ... 48, 49, 96, 100, 140
- vzlínavost** (kapilarita) ... 39, 47, 59, 211, 213
- vzpěr** (= ztráta stability štíhlých tlačných prvků) ... 163, 202
- vzpěra** (= šikmý prvek vzpěradla nebo provizorní výdřevy) ... 134, 135, 138–148, 149–150, 159, 172, 183, 206
- vzpěradlo** (= konstrukce vynášející zatížení pomocí šikmých vzpěr) ... 135, 139, 143, 164, 180
- vzpinadlo** (= konstrukce, jejíž únosnost zajišťuje předpjaté táhlo) ... 139
- zadání průzkumu/ projektu** ... 15 a další, 206
- základ** (= konstrukce, která přenáší zatížení stavbou do podloží) ... 11, 23 a další, 44 a další, 59 a další, 65 a další, 97 a další, 102, 107 a další, 162 a další, 183, 185 a další, 211 a další
- zakládání na pasech** ... 107 a další, 199
- zakládání na polštářích** ... 107 a další
- základová půda** (podloží) ... 22
- základová spára** (= kontakt stavby se základovou půdou) ... 23–26, 110, 112 a další, 189, 211
- základová zemina** ... 23, 24, 28, 61, 101
- základový rošt** (= dřevěná konstrukce pod úrovní hladiny podzemní vody, na které jsou vyžděny základy) ... 109
- záklenek** (= klenutá konstrukce nadpraží) ... 11, 53, 56, 67, 79, 206
- záklon** (= bednění uložené na stropní trámy, které nese náryp) ... 116, 145, 152–158
- zaměření** ... 15, 16 a další, 65–66, 206

- zapíchnutí (= tesařský spoj kulatiny) ... 130, 167
- zárubeň (= nosná konstrukce ostění) ...
- zárubní zeď (= zeď, která obezdívá výlom ve skále) ... 62–63
- zastřešení provizorní ... 18, 26, 65, 136, 137, 206
- zatížení ... 10, 18, 21, 27, 29, 44–48, 51, 53, 59, 61, 64, 72, 79, 84, 84, 98, 100, 129, 133, 134, 135 a další, 148, 152 a další, 162, 164 a další, 172 a další, 179, 183, 187 a další, 204, 207 a další
- zatížení dynamické (= zatížení otřesy nebo pohyblivým zatížením) ... 10, 29, 44, 54, 56, 137, 150, 187, 196–197, 199, 207 a další, 215
- zatížení klimatické (= zatížení větrem, sněhem, změnami teploty) ... 137, 145, 187, 196–197, 202, 207 a další
- zatížení užité (= zatížení vybavením, zařízením, osobami a provozem stavby) ... 19, 97, 141, 146, 148
- závazné stanovisko (= podklad orgánu památkové péče pro rozhodnutí správního orgánu) ... 160, 171, 206, 215
- zavlač (= koncový prvek táhla, zajišťující přenos síly) ... 85, 91, 93, 95, 131, 139, 157, 200
- zdění kleneb ... 94 a další
- zdivo – pevnost ... 29, 37, 39, 41, 42 a další, 48 a další, 162, 163, 165, 166, 172, 173, 198, 199, 207
- zdivo – zpevnění ... 48–51
- zdivo cihelné ... 44, 47, 50, 51, 69, 141, 161, 199, 208
- zdivo kamenické (= zdivo z kvádrů a architektonických prvků tesaných na míru) ... 38, 42
- zdivo klasové/opus spicatum (= zdivo se střídavě šikmými ložnými sparami) ... 108, 165, 199
- zdivo kvádrové ... 38, 44, 47, 50, 51, 104, 198
- zdivo kyklopské (= zdivo z velkých kamenů s bosami v líci, ložené spáry jsou přitesané do nepravidelných pěti nebo šestiúhelníků)
- zdivo lité/emplekton (= římské zdivo s jádrem z pucolánového betonu ukládaného do vyzděných líců) ... 37, 38, 199
- zdivo lomové (= zdivo z nepravidelného kamene) ... 37, 38, 41, 42, 44, 47, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 61, 63, 69, 96, 99, 102, 105, 198, 210, 216
- zdivo mezerovité ... 48–51, 54 a další, 199
- zdivo režné (= neomítané zdivo) ... 47, 54, 60, 69, 171, 215, 216
- zdivo řádkové (= lomové zdivo zděné do řádků) ... 38, 44
- zdivo římské ... 38
- zdivo síťové (opus reticulatum, lat.) (= emplekton, jehož líce jsou z tvarovek z tufu se šikmými sparami) 37, 38
- zdivo smíšené (= zdivo z kamene i cihel) ... 38, 47
- zdivo středověké ... 37, 38, 70
- zdivo suché (= zdivo bez malty) ... 37, 42, 65, 168, 196, 198
- zeď (= pouze zděná stěna) – neužívat pro „stěnu z jiného materiálu“
- zeď ohradní ... 11, 39, 49, 52, 59 a další, 207
- zeď opěrná (= zeď zatížená zemním tlakem) ... 11, 39, 48, 49, 52, 59 a další, 64, 69 a další, 196, 202, 207, 208
- zeď zárubní (= zeď, která obezdívá skalní výchoz) ... 62, 63
- zemětřesení ... 18, 29, 166, 196, 199 a další, 208–209
- zemina jílovitá/nesoudržná (= zemina s vyšším obsahem jemnozrnných částí) ... 23, 24, 41
- zemní tlak (= zatížení, kterým působí násyp na rub opěrné zdi) ... 62, 70, 202
- zemní vlhkost (= vlhkost v kapilárách zeminy) ... 58, 59, 65, 208, 210
- zesílení klenby ... 96, 100
- zhlaví (= uložení nosníku do zdiva) ... 97, 115, 134, 139 a další, 157, 208
- zhotovitel (dodavatel) stavby (= stavební firma/stavitel) ... 14 a další, 40, 60, 113, 161
- zkoušky zatěžovací ... 51, 199
- zpevnění zdiva ... 48–51,
- zrntost (= poměr částí různé velikosti v sypkém materiálu) ... 54, 57
- zříceniny (= neužívané a nezastřešené historické stavby) ... 49, 61, 65 a další, 96, 207
- ztužení krovu ... 144, 154
- zvonová stolice (= konstrukce, na které jsou zavěšeny zvony) 149 a další
- zvony ... 149–151
- zvýšení únosnosti ... 48 a další, 51, 53, 57, 64, 96, 99, 106, 135, 154, 188–189
- žebro (= architektonický prvek klenby) ... 77, 79, 86–98, 102, 133, 200
- žebro rubové (= zesílení klenby na rubu) ... 88–89, 94 a další
- železobeton ... 10, 37, 51, 61, 63, 67, 74, 83, 100, 101, 103, 105, 112, 136, 140, 141, 145, 146, 152, 154, 155, 176, 177, 178, 181, 182, 188, 197, 200, 205, 216
- životnost (= doba, po kterou konstrukce/stavba plní své funkce) ... 9, 35, 39, 41, 51, 61, 64, 68, 69, 100, 105, 112, 117 a další, 120, 122, 125, 164, 175, 178, 182, 186, 197, 200, 205, 210, 212, 214 a další
- životnost morální (= životnost daná původním využitím) ... 186, 214 a další

Místní rejstřík

- Alqosh (Kurdistán) ... 41
Andělská Hora ... 66, 69
Assisi (Itálie) ... 81
Barcelona (Španělsko) ... 73
Barrandien ... 39
Baťův kanál ... 68
Beauvais (Francie) ... 91, 205
Bečov ... 103
Bornholm (Dánsko) ... 161, 165
Brno ... 74
Bučovice ... 92
Buchará (Uzbekistán) ... 167
Burgundsko ... 151
Cordoba (Španělsko) ... 81
Červené Poříčí ... 140, 167
Česká Lípa ... 175
Český Krumlov ... 67, 74, 143
Damašek (Sýrie) ... 166
Eddystone (V. Británie) ... 196
Florence (Itálie) ... 77
Gallarus (Irsko) ... 76
Hamr na Jezeře ... 168
Hartenberg ... 2
Hněvín ... 39
Horní Bříšťě ... 62
Horní Police ... 168
Horní Polubný ... 149
Horní Slavkov ... 170
Hradec Králové ... 37
Hrádek nad Nisou ... 153
Chavín de Huantar (Peru) ... 42
Chiva (Uzbekistán) ... 165
Javorník ... 201
Jihlava ... 39, 52, 61
Josefov ... 71
Kadaň ... 52, 108
Káhira (Egypt) ... 76, 80, 166
Karlovy Vary ... 105, 170
Karlštejn ... 168
Kašperk ... 110
Katalánie (Španělsko) ... 41, 79, 94
Kladruby ... 81, 88, 94, 95
Klenová ... 52, 70, 168
Konopiště ... 105, 118, 170, 171
Konstantinopol/Istambul (Turecko) ... 205
Kostelní Lhota ... 149
Krásná Lípa ... 98
Krásné Březno ... 88
Kroměříž ... 96
Ktésifón (Irák) ... 75
Kutná Hora ... 92, 154, 193–195, 200, 207
Ledčice ... 85
Lemberk ... 133
Lenešice ... 41, 190–192
Liběchov ... 207
Litoměřice ... 81
Mělník ... 87
Měrunice ... 52
Město Touškov ... 93
Mezopotámie (Irák) ... 37
Milán (Itálie) ... 82, 90
Mykény (Řecko) ... 75
Náměšť nad Oslavou ... 158
Newgrange (Irsko) ... 70
Nezamyslice ...
Nové Dvory ... 137
Nové Syrovice ... 101
Nymburk ... 37, 53
Obertiliach (Rakousko) ... 120
Olomouc ... 86, 132
Opálka ... 169
Osek ... 85
Paříž (Francie) ... 87
Pečky ... 147
Plasy ... 96, 109, 125, 199, 216
Poblet (Španělsko) ... 79
Počápy ... 78
Poděbrady ... 40
Podhradí ... 209
Polabí ... 37
Postoloprty ... 105
Praha, Archeologický ústav ... 96
Praha, Břevnov ... 78
Praha, Bubeneč ... 168
Praha, Čertovka ... 74
Praha, Emauzy
Praha, Hrad ... 52
Praha, Hradčany ... 60
Praha, Hvězda ... 52
Praha, Karlův most ... 39, 179
Praha, Letná ... 131
Praha, Libeň ... 104

- Praha, Lucerna ... 40, 178, 176
Praha, Malá Strana ... 60
Praha, Malešice ... 41
Praha, Mikulandská ... 34
Praha, Na Slovanech ... 100
Praha, Na Šafránce ... 40
Praha, Petřín ... 136
Praha, Pohořelec ... 48, 71
Praha, Ruzyně ... 64
Praha, Suchdol ... 136
Praha, Ungelt ... 172
Praha, Úvoz ... 52
Praha, Vyšehrad ... 69
Rokštejn ... 68
Rokytovec ... 67
Řím (Itálie) ...
Saint Denis (Francie) ... 87
Schwarzenberský kanál ... 77
Sinai (Egypt) ... 166
Skalsko ... 163
Slavkov ... 73
Sobotka ... 120
Strenice ... 58
Sv. Jakub ... 56
Sychrov ... 168
Šlapánov ... 94, 95
Thouars (Francie) ... 80
Toledo (Španělsko) ... 80
Tolštejn ... 100
Trstené (Slovensko) ... 24
Ústí nad Labem ... 74
Varnsdorf ... 88
Veltrusy ... 37, 107
Vitoria-Gasteiz (Španělsko) ... 165
Vinařice ... 216
Vranov ... 83
Zákupy ... 92, 103, 134
Zbořený Kostelec ... 65
Zdislavice ... 2
Zlenice ... 110, 131, 198, 199
Žďár nad Sázavou/Zelená hora ... 44, 45, 77, 88, 89, 148
Žebrák ... 209
Žehuň ... 101
Želiv ... 88

Osobní rejstřík

- Alberti, Leon Battista ... 78
Bechyně, Stanislav ... 176
Brunelleschi, Filippo ... 77
Caesar, Julius ... 168
Cesarian ... 90
Dientzenhofer, Kilián Ignác ... 78
Dientzenhofer, Kryštof ... 78
Fanta, Josef ... 73
Filippi, Giovanni M. ... 83
Frianus Ambrosius ... 90
Gaudí, Antoni ... 73
Hacar, Bedřich ... 100
Kadeřávek, František ... 90
Kalous, Josef ... 74
Mocker, Josef ... 168
Navrátil, Josef ... 168
Pacassi, Nicolo ... 168
Ranek, Michael ... 144
Ried, Benedikt ... 70
Ryff-Rivius ... 90
Santini, Jan Aichl ... 77, 81, 88, 89, 95
Stornaloco, Gabriele ... 90
Valenta, Jaroslav ... 74
Vitruvius Polio, Marcus ... 166

Resumé

Methodology of repairs of heritage listed buildings

Surveys, assessments, preparation, design, and implementation of construction interventions, repairs, and maintenance of the load-bearing structures of listed buildings

The load-bearing structures of historic buildings include, in particular: *walls, foundationss, ceilings, vaults, and roofs*.

The load-bearing structures form a substantial part of the building's mass and are an important part of its *heritage value*.

In addition to load transfer, they have a number of other functions: they create and enclose the volume of the building, they contribute to its layout, and they almost always have an architectural, aesthetic, and insulating function – these functions are also fulfilled by their surfaces. Historic buildings are characterised by the close connection and interaction of all structures and the *inseparability of their functions*. It is therefore necessary to consider each historic building and its functions as a *whole*.

This makes historic buildings fundamentally different from *modern buildings*, which were built in the era of industrial production of materials, elements, and structures. The essence of industrialisation is the economy of production, design, and construction, resulting in an increasing specialisation of disciplines and the definition of the functions of individual structures. The load-bearing structures are increasingly separated from surfaces and insulation; the architectural expression is sometimes created by materials, sometimes by separate decorative elements, sometimes by the free spatial creation of the architect, and rarely by the static design of the load-bearing structure.

The load-bearing structures of modern buildings differ from those of historical buildings in terms of material, technology of production of elements, method of construction and static function. The assessment, design and implementation of repairs of historic buildings therefore requires specialisation.

The care of building monuments is a *comprehensive activity* that requires close cooperation between specialists from many disciplines. While significant progress has been made in recent years in the care of architecture, historic plasters and surfaces, stone, timber, and other components, structures, and elements of heritage buildings, as reflected in expert discussions, publications, and methodologies, no systematic attention has been paid to load-bearing structures.

The aim of the Methodology is to ensure that the maintenance, conservation, repair, renovation, and structural alterations of the load-bearing structures of a listed building are designed and carried out competently, only to the extent necessary and in a way that does not diminish its heritage value. It is therefore necessary to place considerably higher demands on the preparation and processing of documentation for structural interventions in listed buildings than is the case for other buildings.

The Methodology is intended for heritage protection workers, both experienced and novice, designers, construction companies, investors, and administrators of listed buildings as well as state and local government authorities.

The principles set out in this Methodology can also be used as a basis for the assessment, repair, and constructional alteration of historic buildings that are not listed.

Part II of the Methodology recommends a verified *procedure for the preparation and implementation of repairs* to the load-bearing structures of listed buildings – the scope and form of surveys, the analysis of the causes of failures, and the method of submitting and approving the design of each construction intervention. The relationship of structural design to related disciplines (moisture protection, materials technology, pest invasion and protection of wood, geology, restoration, etc.) is formulated.

Part III of the Methodology presents the *characteristics and properties* of historic building materials, the function of the load-bearing structures of historic buildings, and typical failures and their causes. An overview is given of the most important traditional and modern methods of repair and strengthening of load-bearing structures. The procedures that should be used in the care of heritage properties are recommended.

In Part IV of the Methodology, the historic *building as a whole* is characterised and the method, procedure, and prioritisation of solutions for the design and implementation of the renovation of load-bearing structures is recommended.

METODIKA OPRAV NOSNÝCH KONSTRUKCÍ PAMÁTKOVĚ CHRÁNĚNÝCH OBJEKTŮ

Zajištění statické funkce při zachování autenticity

Jan Vinař

Vydal Národní památkový ústav, Valdštejnské nám 3/162, 118 01 Praha 1
v roce 2022 jako 107. svazek edice Odborné a metodické publikace
1. vydání

Fotografie: Jan Vinař

Překlad anglického resumé: Bryce Belcher

Odborný redaktor: Lukáš Hytha

Grafická úprava a tisková příprava: Matěj Šrám

Tisk: Typos, tiskařské závody, s.r.o., Podnikatelská 1160/14, 301 00 Plzeň 3

ISBN 978-80-7480-156-3 (tištěná verze)

ISBN 978-80-7480-175-4 (digitální verze)

Měřitko velikosti trhlin

0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0 1,2 1,4 1,6 1,8 2,0 2,5 3,0 3,5 4,0 4,5 5,0 mm





ISBN 978-80-7480-156-3



9 788074 801563 >