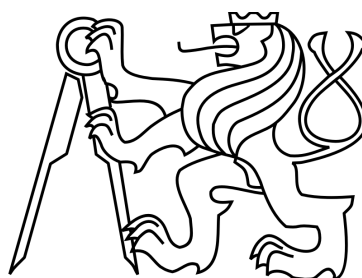


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
Katedra technologie staveb



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
Multikriteriální porovnání realizovaných
sanačních opatření proti vlhkosti
u historických budov

Martina Sehořová

2017

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Václav Pospíchal, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou bakalářskou práci vypracovala samostatně, pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze dne

.....

(Martina Sehořová)

Poděkování.

Děkuji panu Ing. Václavovi Pospíchalovi, Ph.D. za odborné vedení, za cenné rady a podnětné připomínky při zpracovávání bakalářské práce. Dále Ing. Jiřímu Novotnému a Ing. Janu Suchánkovi za poskytnutí informací a rodině za podporu. .
A v neposlední řadě děkuji libereckému arciděkanovi Radku Jurnečkovi.



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Thákuřova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: SEHOŘOVÁ	Jméno: MARTINA	Osobní číslo: 381337
Zadávající katedra: Katedra technologie staveb		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor: Příprava, realizace a provoz staveb		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Multikriteriální porovnání realizovaných sanačních opatření proti vlhkosti u historických budov.

Název bakalářské práce anglicky: Multi-Criteria Comparison of Remedial Measures which had been Implemented on Historical Buildings to Eliminate Moisture.

Pokyny pro vypracování:

Cílem práce je multikriteriální porovnání realizovaných sanačních opatření proti vlhkosti u historických budov (kostelů). Vybraná hlediska: doba realizace, ekonomická a technologická náročnost, míra zásahu do konstrukce, účinnost sanačního opatření.

Osnova:

Rešeršní část

- příčiny pronikání vlhkosti do konstrukcí
- sanační metody používané v České Republice a v zahraničí

Praktická část

- popis řešených objektů a sanačních metod na nich realizovaných
- multikriteriální porovnání realizovaných sanačních metod

Seznam doporučené literatury:

Poruchy a rekonstrukce zděných staveb; rok vydání 2008; Solař Jaroslav
Odstraňování vlhkosti: sanace vlhkého zdiva; vydáno 2013; Solař Jaroslav
Odvhlčení staveb; vydáno 2008; Balík Michael
Vysušování zdiva: v příkladech; 2010; Balík Michael

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Václav Pospíchal, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 10.10.2016

Termín odevzdání bakalářské práce: 15.1.2017

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

10.10.2016

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Anotace

Práce se zabývá multikriteriálním porovnáním realizovaných sanačních opatření proti vlhkosti u historických budov – kostelů. Rešeršní část je věnována vzniku vlhkosti, jejímu šíření v objektu a podkladům, které jsou potřeba pro návrh odvlhčení stavby. Dále jsou popsány jednotlivé sanační metody proti vlhkosti používané v České Republice a zahraničí. V praktické části se práce konkrétně zabývá šesti kostely, z toho jsou čtyři v Libereckém kraji a dva na Moravě. Je zde popsána jejich historie, popis sanačních metod na nich realizovaných. V bakalářské práci autor vyhodnocuje realizované objekty dle vybraných hledisek (doba realizace hlavního sanačního opatření, ekonomická a technologická náročnost, míra zásahu do konstrukce, účinnost sanačního opatření a porovnání) a uvažuje o nejlepším možném řešení.

Klíčová slova:

Zvýšená vlhkost, solný výkvět, historie, sanace historického objektu, sanační systémy, terénní úpravy, podřezání, drenážní systém, injektáž, aktivní elektroosmóza, sanační omítky.

Annotation

The work focuses on a comprehensive comparison of damp prevention measures in historic buildings, mainly churches. The background research focuses on damp, its spread in buildings and the basis for selecting measures of preventing it and reversing the damage caused. Furthermore, the individual measures of damp prevention as they are employed in the Czech Republic and abroad are described in detail. The experimental section focuses on six churches in particular, four situated in the Liberec Region and two located in Moravia. Their history regarding the issues with damp and the preventive and restorative measures taken at each site are described. The measures taken are compared with regard to costs, technological challenges, the degree they disrupt the original architecture and their effectiveness. The best solution in each case is suggested.

Keywords:

Damp, mineral efflorescence, history, historic building restoration, damp proofing systems, earthworks, slot sawing, drainage system, chemical impregnation, active electroosmosis, damp proof plaster

Zkratky:

kce = konstrukce

max. = maximálně

min. = minimálně

NPÚ = Národní památkový ústav

tl. = tloušťky

SO = sanační omítka

ÚSKP = ústřední seznam kulturních památek ČR

WTA = Vědeckotechnická společnost pro sanace staveb a péči o památky

Obsah

ÚVOD.....	11
Cíl práce.....	11
1TERMINOLOGIE.....	12
1.1Hydroizolace.....	12
1.2Difúze vodních par.....	12
1.3Kapilární vzlínavost.....	12
1.4Smáčivost a nesmáčivost.....	12
1.5Rosný bod.....	12
1.6Salinita zdiva.....	13
1.7Sorpce.....	13
1.8Adsorpce.....	13
1.9Dielektrikum.....	13
1.10Syneréze.....	13
1.11Nasákavost.....	13
1.12Sanační metody.....	13
2REŠERŠNÍ ČÁST.....	14
2.1Úvod - Příčiny pronikání vlhkosti do konstrukce.....	14
2.2Zdroje zvýšené vlhkosti.....	14
2.2.1Voda srážková.....	14
2.2.2Voda vzlínající.....	15
2.2.3Voda kondenzující na vnitřním povrchu konstrukce.....	15
2.2.4Voda působící hydrostatickým tlakem.....	15
2.2.5Hydroskopicitata stavebního materiálu.....	15
2.2.6Voda zabudovaná technologická.....	15
2.2.7Další zdroje.....	16

2.3Transport vody vlhkosti do porézního prostředí zdiva.....	16
2.3.1Kapilárním vztlínáním vody.....	17
2.3.2Difúze.....	17
2.3.3Vysychání.....	18
2.3.4V souvislosti s elektrickým polem.....	18
2.3.5Prosakováním (zatékáním vody).....	18
2.3.6Kondenzací vodní páry.....	19
2.3.7Kapilární kondenzace a sorpce.....	20
2.3.8Hydroskopickým příjmem vlhkost a osmóza.....	20
2.3.9Koroze zdiva.....	20
2.3.10Biologické vlivy.....	20
2.4Podklady pro odvlhčovací návrhy.....	21
2.4.1Místní šetření na stavbě.....	22
2.4.2Vlhkostní průzkum.....	22
2.4.3Informace o podzákladi a okolního terénu.....	24
2.4.4Průzkum salinity.....	25
2.4.5Průzkum z hlediska biokoroze.....	25
2.4.6Průzkum archivní.....	26
2.5Metody sanace proti vlhkosti.....	26
2.5.1Ochrana staveb proti vlhkosti v minulosti.....	26
2.5.2Sanační metody proti vlhkosti používané v České Republice.....	27
2.5.3Elektroosmotické metody.....	39
2.5.4Doplňkové metody.....	41
2.5.5Sanační metody a metody měření vlhkosti používané v zahraničí.....	44
3PRAKTICKÁ ČÁST.....	45
3.1Úvod praktické části.....	45
3.2Historie a popis řešených objektů.....	46

3.2.1 Objekt 1 – Kostel sv. Antonína Velikého, poustevníka.....	46
3.2.2 Objekt 2 - Kostel sv. Kateřiny Alexandrijské.....	47
3.2.3 Objekt 3 - Kostel Umučení sv. Jana Křtitele na Koštofranku.....	48
3.2.4 Objekt 4 – Kostel sv. Bonifáce.....	49
3.2.5 Objekt 5 – Kostel sv. Alfonse.....	50
3.2.6 Objekt 6 – Kostel sv. Josefa.....	51
3.3 Popis problematiky objektů a provedení opatření proti vlhkosti.....	52
3.3.1 Souhrnná tabulka vybraných objektů + sanační metoda proti vlhkosti.....	52
3.3.2 Objekt 1.....	52
3.3.3 Objekt 2.....	54
3.3.4 Objekt 3.....	56
3.3.5 Objekt 4.....	57
3.3.6 Objekt 5.....	58
3.3.7 Objekt 6.....	60
3.4 Multikriteriální porovnání realizovaných sanačních metod.....	61
3.4.1 Stanovení kritérií a jejich popis.....	61
3.4.2 Popis kritérií a stanovení hodnot u vybraných objektů.....	63
3.4.3 Metoda vyhodnocení nejlepší varianty.....	76
3.5 Rozhovor – Odbor památkové péče – Liberec.....	79
ZÁVĚR.....	81
LITERATURA.....	85
SEZNAM PŘÍLOH:.....	90

ÚVOD

Vlhkost ve zdivu v historických objektech – kostelech je zcela obvyklým a běžným úkazem. Na vodorovných konstrukcích kondenzuje voda, na svislých konstrukcích se skoro vždy objevují vlhkostní mapy, dochází ke tvorbě omítkových puchýřů a v prostoru je cítit vlhkost a plíseň. Tyto objekty nemají většinou žádnou hydroizolaci, často bývá porušen nebo úplně chybí drenážní systém okolo objektů a proto je důležitá dodatečná ochrana proti vzlínající kapilární vlhkosti, či tlakové vodě. Ve své bakalářské práci se zabývám kompletní problematikou sanačních opatření proti vlhkosti u historických objektů. Dnes, díky dotacím, farnosti ve velkém opravují kostely, kde už bývá míra vlhkosti neúnosná. Mnohdy nedochází jen k narušení kce, ale také k znehodnocování historických děl, která by měla být uchována pro další generaci. Zároveň je důležité případná opatření dobře promyslet, aby nebyla porušena podoba budovy. Velmi často dochází k rozporu mezi investorem (projektantem) a památkovým ústavem. Investor- majitel chce, aby opatření bylo účinné, nejlevnější, nejrychlejší a památkáři zase chtějí zachovat objekt v co nejpřesnější podobě. Významným pomocníkem, který se zabývá problematikou vlhkosti u staveb je směrnice WTA. Ve své bakalářské práci porovnávám realizovaná sanační opatření proti vlhkosti, které byly navrženy a realizovány. Využívám mimo jiné konkrétní projektovou dokumentaci kostela sv. Antonína Velikého v Liberci, Umučení sv. Jana Křtitele na Koštofranku v Semilech, podklady z internetu, e-mailové komunikace a dále výsledky měření a pořízenou fotodokumentaci.

Cíl práce

Cílem bakalářské práce je multikriteriální porovnání realizovaných sanačních opatření proti vlhkosti u historických budov (kostelů). Vybraná hlediska: doba realizace, ekonomická a technologická náročnost, míra zásahu do konstrukce, účinnost sanačního opatření a porovnání.

1 TERMINOLOGIE

1.1 Hydroizolace

„Izolace chrání stavební konstrukci nebo její část, popř. Vnitřní či vnější prostředí, před nežádoucím vnikáním vody (Poznámka: termín voda zahrnuje vodu ve všech skupenstvích) “. [7]

1.2 Difúze vodních par

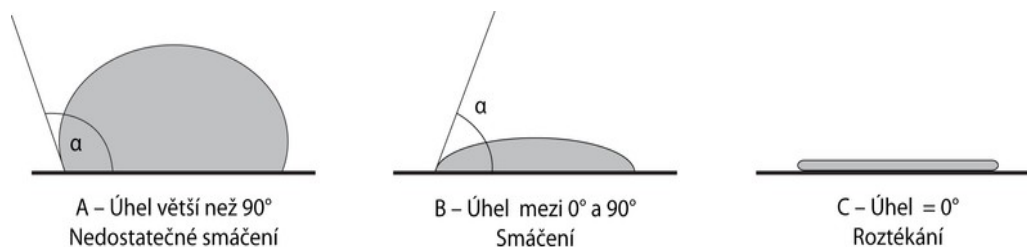
„Transport vlhkosti způsobeným místním rozdílem parciálních tlaků vodních par “. [7]

1.3 Kapilární vzlínavost

„Vzestup vody v kapilárách porézní látky úměrný povrchovému napětí v prostředí voda - vzduch “. [7]

1.4 Smáčivost a nesmáčivost

Je vztah mezi pevnou látkou a kapalinou. Smáčivý systém – kapalina potáhne povrch tenkým filcem (cihla, pískovec, opuka, vápenná a cementová malta, sádra). Nesmáčivý systém – kapalina se sbalí do kapky. Smáčivost lze charakterizovat smáčecím úhlem mezi tečnou povrhu v místě kontaktu a povrchem podkladu. Pokud je úhle ostrý, kapka vody se rozlévá po povrchu = smáčivý. Když je úhel tupý, značí to sbalení vody do kuličky = nesmáčivý systém. [1]



Obr. 1: Úhel smáčivosti [31]

1.5 Rosný bod

„Je teplota, při které vzduch maximálně nasycen vodními parami, více jich absorbovat a pokud klesne teplota, pak nastává proces kondenzace. [7]

1.6 Salinita zdiva

„Obsah solí ve zdivu. (Poznámka: V sanační technice se sleduje především obsah síranů, chloridů a dusičnanů.).“ [7]

1.7 Sorpce

„Pohlcování vlhkosti ze vzduchu a její hromadění na styku fází plyn-tuhá látka“ [7]

1.8 Adsorpce

„Fyzikálně vázaná voda na stěnách pórů v molekulární vrstvě o tloušťce až 10nm, 1 až 2% hmotnostních.“ [7]

1.9 Dielektrikum

„Je látka (většinou izolant), která má schopnost polarizace“ [13]

1.10 Syneréze

„Proces smršťování a vysychání gelu“ [1]

1.11 Nasákavost

„Poměrné množství vody, které pojme vysušená látka ponořená 24 hod do vody- vyjadřuje se v % hmotnostních“ [7]

1.12 Sanační metody

„Jsou technologie, které přímo ovlivňují hydroizolační vlastnosti a možnosti vysušování struktury a povrchů konstrukcí.“ [3]

2 REŠERŠNÍ ČÁST

2.1 Úvod - Příčiny pronikání vlhkosti do konstrukce

Zdivo je nepostradatelným prvkem stavební konstrukce, jeho úloha je mimo jiné i úprava vnitřního prostředí, tak aby vnější podmínky co nejméně ovlivňovaly vnitřní klima. Pozitivní materiálové vlastnosti zdiva se zhoršují nebo ztrácí, když do pórů pronikne voda. Nejenom, že klesne tepelný odpor konstrukce, ale zvýší se tíha objektu, sníží se pevnost a soudržnost materiálů. Ale díky své vlastnosti rozpouštět škodlivé látky z exteriéru do konstrukce se zhoršuje klima interiéru, dále umožňuje vznik plísní, bakterií.

Voda se do stavebních konstrukcí proniká ve skupenství tekutém (voda, tající sněh) i ve skupenstvím plynném (vodní pára) a to mnoha cestami: přes obvodové zdivo, zastřešení, vodorovné prvky fasády, komínové a větrací průduchy, ze zeminy, z interiéru (viz obrázek 1). Důvodem vlhnutí stavebních konstrukcí je jejich pórovitá struktura se schopností přijímat vlhkost. [7]

Z hlediska vlhkosti jsou nejvíce namáhány suterénní konstrukce objektů, do kterých se voda dostává difúzí nebo vztlínáním podzákladí, tam kde je nefunkční hydroizolace nebo nebyla realizována. Pak vodní pára ve zdivu zkapalní, a kapilárními silami je přepravována do nad-základových částí zdiva.

2.2 Zdroje zvýšené vlhkosti

Zdroje vlhkosti můžeme rozdělit podle způsobu a místa vnikání do objektu. Voda je buď ve skupenstvím kapalném nebo plynném a dělíme ji na atmosférickou (vlhkost vzduchu, atmosférické srážky), podpovrchovou (půdní, gravitační, kapilární, podzemní) a provozní vlhkost (důsledek technologického procesu). V následujících podkapitolách jsou popsány jednotlivé zdroje zvýšené vlhkosti. [1]

2.2.1 Voda srážková

Rozdělujeme na vodu hnanou větrem a na vodu odstříkující. Kapky vody, které jsou hnány větrem nabývají značného tlaku a tím pronikají do velké hloubky konstrukce. Nejvíce voda hnaná působí na návětrné straně objektu a pokud je zdivo neomítnuto, nebo se vyskytují na ploše trhliny je tato situace kritická. Soklového zdiva objektu je nejvíce namáháno vodou odstříkující a v zimním a jarním období

vodou z tajícího sněhu, který ještě navíc obsahuje soli z chemického ošetření chodníku.

Problémy se zatékáním vody srážkové dochází u špatně řešených detailů. Například, když není okapový chodník ve spádu od objektu, déšť se odráží a smáčí svislou konstrukci a nebo když není realizován komínový nástavec, voda se akumuluje na dně komínového tělesa a absorbuje se do okolní konstrukce.[1]

2.2.2 Voda vzlínající

Dochází k ní díky zemní vlhkosti, kde je voda vázána v horninovém prostředí sorpčními a kapilárními silami. Do objektu tato voda vniká z podzákladí nebo z boku, když jsou nefunkční svislé nebo vodorovné plošné hydroizolace. [1]

2.2.3 Voda kondenzující na vnitřním povrchu konstrukce

Tato zkondenzovaná voda vzniká na povrchu konstrukce nad i pod úrovní terénu. Dochází k ní, když teplota vnitřního povrchu konstrukce pod teplotu rosného bodu vnitřního vzduchu.

2.2.4 Voda působící hydrostatickým tlakem

Voda, na kterou působí gravitace, vniká do póru zeminy a zdiva. Často k hydrostatickému tlaku na zdivo dochází v jarních měsících a za přivalových dešťů, když je vzdemnutá svahová voda a vysoká podzemní voda.

2.2.5 Hydroskopicitu stavebního materiálu

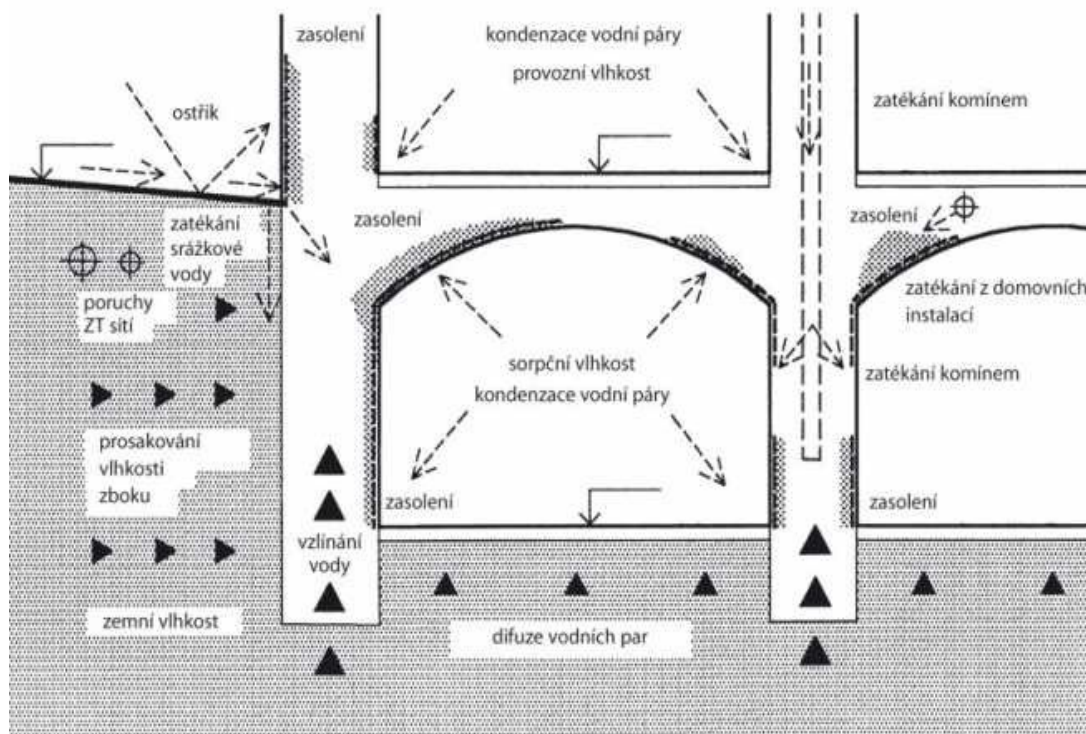
Pokud použitý stavební materiál obsahuje soli s hydroskopickými vlastnostmi. Tyto soli absorbují vodu z okolního prostředí. [1]

2.2.6 Voda zabudovaná technologická

Dochází k ní při realizaci objektu. Tato vlhkost se odpařuje v průběhu 1,5 – 3 let. V historickém objektu řešíme např. při provedení nových omítek, odpařování technologické vlhkosti tedy závisí na použitém materiálu a tloušťce, většinou do 1 roku.

2.2.7 Další zdroje

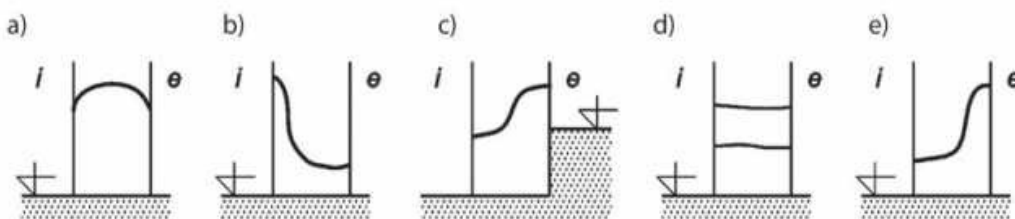
Pronikání vody do objektu může zapříčinit poškozené sanitární instalace nebo chybějící, zanesené nebo porušené okapy a dešťové svody. Dále např. porušení střešní krytiny, nevhodné využívání objektu, prorůstající kořeny stromů,... [1]



Obr. 2: Možné příčiny vlhkostních poruch suterénního zdiva [32]

2.3 Transport vody vlhkosti do porézního prostředí zdiva

Čára v obr.3 nám zobrazuje průběh vlhkosti z exteriéru(e) do interiéru(i) a tím lze určit k jakému pohybu vody ve svislé kci dochází.



Obr. 3: Druhy vlhkosti podle rozložení vlhkosti ve zdivu: a) vlhkost vzlinající, b) povrchová kondenzace na vnitřní straně zdiva, c) vzlinající vlhkost a kondenzovaná, d) hyroskopická vlhkost, e) pronikání dešťové vody [33]

2.3.1 Kapilárním vzlínáním vody

Vzlínavost je jev vyvolaný kapilárními silami, jde o vzestup vody v pórovité látce (pouze) nad hladinu okolní vody. Výška vzlínání je dána tvarem a průměrem kapiláry, to znamená, že čím menší průměr, tím je výška vzlínání větší. Ale jsou tady i další vlivy, které ovlivňují vzlínání vody např. obsah solí ve vodě, drsnost povrchů stěn pórů apod.. Kromě jiného můžeme vzlínavost na objektu charakterizovat tak, že na obou stranách zdi je úroveň vlhkostních map stejná. Výška vzlínající vody se dá vypočítat dle vzorce č.(1)[8]

$$h \approx \frac{2 * \sigma * \cos \phi}{r * g * \rho} \quad (1)$$

Výška (h), do které vzlínající voda vystoupí je přímo-úměrná povrchovému napětí vody (σ) a smáčecímu úhlu porézního materiálu (θ) a nepřímoúměrná poloměru pórů (r), tíhovému zrychlení (g) a hustotě vody (ρ). [6]

2.3.2 Difúze

„U objektů, ve kterých vytváříme vnitřní klima nezávislé na proměnách vnějšího klimatu dochází k rozdílům mezi vlhkostí vzduchu, resp. teploty vzduchu v exteriéru a v interiéru. Vyrovnáním těchto rozdílů vzniká tok vlhkosti a tok tepla obalovými konstrukcemi. Směr difúzního toku je dán snahou po vyrovnání existujících tlakových rozdílů z místa s vyšším parciálním tlakem vodní páry do místa s tlakem nižším. Tento transport se nazývá difúze“.

„Difúze má dva hnací mechanismy a to gradient teploty a tlaku. Gradient teploty (bývá nazýván termoosmóza) přivádí vodu místu s vyšší teplotou, tj. působí v opačném směru než difúze (směr toku vodní páry vlivem gradientu tlaku je opačný vzhledem k toku vlivem gradientu teploty). Obě síly se sčítají a výsledný pohyb vlhkosti směřuje buď k vnějšímu nebo k vnitřnímu lici obalové kce.“ [1]

Většinou směr difúzního toku je z objektu ven, k tomu dochází v zimních měsících, kdy v interiéru je parciální tlak vyšší (větší koncentrace vodních par, teplejší místo) a v exteriéru nižší (menší koncentrace vodních par, studenější místo), ale v během letních měsíců dochází k obrácenému toku, ale tato difúze je nepatrná, protože rozdíl mezi teplotou vnější a vnitřní stranou zdiva je minimální.

Difúze probíhá, jen když materiál má velikost póru větší než $2,78 * 10^{-10}$ m a které jsou zároveň vyplněné jen vzduchem a nebo nejsou zcela zaplněny vodou,

tn. že v pórech menších je difúze vodní páry nemožná. Kapiláry, které jsou menší a jsou zaplněny vodou dochází k přenosu vlhkosti transmisí. [1]

2.3.3 Vysychání

V prvotní etapě vysychání dochází k volnému vypařování vody do okolního ovzduší, pak se vypařovací oblast posune do nitra konstrukce, z toho plyne, že vodní pára se musí nejdříve dostat na povrch difúzí a pak je teprve schopna se vypařit do vnějšího prostředí.

Vysychání závisí na teplotě a parciálním tlaku vodních par, dále na teplotě, vlhkosti a rychlosti proudění vzduchu. Velmi také záleží na hustotě, velikosti a členitosti póru stavebního materiálu [1]

2.3.4 V souvislosti s elektrickým polem

Směr, množství a rychlost pohybující se vlhkosti záleží na tvaru, polaritě a spádu elektrických polí ve vlhké svislé kci. Elektrická pole ve vlhkém zdivu mohou vzniká ze tří příčin. Za prvé vzniká v důsledku proudění vody v pórech materiálu pomocí kapilárních sil (vznik elektrického pole je nezbytným průvodním jevem pohybu vody zdivem). Dále veškeré kovové části zabudované ve vlhkém zdivu, začnou korodovat a tím je vytvořen zdroj elektrických galvanických článků, které působí pohyb vody v kci. Důležité je i chemické složení, elektrické pole mohou vznikat také v důsledku rozdílné pohyblivosti iontů a rozpuštěných solí ve vztlínající vodě. K dalším chemickým vlivům patří, že stavební materiály s rozdílným Ph dodávají elektrické napětí. [7]

2.3.5 Prosakováním (zatékáním vody)

Prosakování je vyvoláno hydrostatickým tlakem, respektive tlakovým spádem. Například to mohou být konstrukce budov, které doléhají k zemině. Intenzita prosakující vody záleží na vydatnosti zdroje – srážková voda, poškozené sítě (kanalizační, vodovodní, svodové, atd.). Lze popsat Darcyho zákonem, dle vzorce č. (2) [6]

$$J = -K \frac{dp}{dx} \quad (2)$$

V rovnici dp (N/m^2) představuje příslušný rozdíl tlaků, dx (m) je tloušťka konstrukce a proudová hustota (J) udává, jak velké množství kapaliny pronikne za sekundu plochou $1 m^2$. Koeficient K nazýváme součinitel propustnosti.

2.3.6 Kondenzací vodní páry

V místě, kde je překročena teplota rosného bodu dochází ke kondenzaci vodní páry. Vzduch je schopen pohltit, při dané teplotě, je omezené množství vodní páry, když se přivádí další vodní pára a nebo při poklesu jeho teploty dochází k vysrážení nadbytečné páry na povrchu konstrukce. [6]

Vzorec č.(3), který nám udává z kolika procent je vzduch nasycen při dané vlhkosti nám udává relativní vlhkost vzduchu φ . [6]

$$\varphi = \frac{p_d}{p_d''} \cdot 100 \quad (3)$$

Relativní vlhkost vzduchu φ se udává jako poměr částečného tlaku vodní páry p_d (množství vody ve formě páry, který může vzduch přijmout při určité teplotě) a tlaku maximální hodnoty p_d'' .

Vzduch, který není schopen vstřebávat žádnou další vodní páru a nedochází ke kondenzaci má hodnotu relativní vlhkosti 100% a absolutně suchý vzduch má relativní vlhkosti 0%.

Rovněž povětrnostní podmínky v různých ročních obdobích velmi ovlivňují kondenzaci v interieru. V zimních měsících, je častá kondenzaci, tam kde je konstrukce nedostatečně tepelně izolována a tím vznikají tepelné mosty. Povrch v těchto místech je chladnější a vlhký vzduch v interiéru zde dosáhne rosného bodu snadněji. Kondenzát, který vznikne vyluhuje pojivo omítek a přispívá výkvětu plísní apod. A zatímco na jaře a na začátku léta nebo při deštivém počasí se do historických budov dostává vlhký vzduch, dochází k masivní kondenzaci chladných stěnách s vysokou tepelnou akumulací. [1,6]

2.3.7 Kapilární kondenzace a sorpce

Kapilární kondenzace vzniká v těch nejjemnějších kapilárách ještě před dosažením nasyceného tlaku vodní páry, závisí tedy na velikosti těchto pórů. Tato kondenzace zapříčiňuje, že materiály s jemnými póry jsou za stejné teploty vlhčí než sousední materiály.

Pojem sorpce znamená pohlcování vodní páry z ovzduší (když parciální tlak stavebního materiálu je menší než parciální tlak ovzduší), až do dosažení rovnovážného stavu. Když je to naopak (parciální tlak v kce větší, uvolňuje se vodní pára do ovzduší), tento jev se odehrává pomaleji a nazýváme jej desorpceí. [6]

2.3.8 Hydroskopickým příjmem vlhkost a osmóza

Materiál je schopný přijmout více vody, pokud obsahuje více vodorozpustných solí. Tyto soli jsou většinou hydroskopické, takže zasolené zdivo přijímá mnohem vyšší množství vody z okolního vzduchu. Patří sem anionty chloridů, síranů a dusičnanů ve vazbě na kationty sodíku, vápníku či hořčíku nebo kation amonný.

Osmóza je jev, kde oblasti s vysokou koncentrací solí se snaží samovolně přijímat vodu, tak aby se roztoky solí naředily a došlo k vyrovnání koncentrace se vedlejšími oblastmi. [6]

2.3.9 Koroze zdiva

Na korozi zdiva se účastní více jevů, probíhajících souběžně nebo na sebe navazujících. Například působení deště a větru ovlivňuje vymývání pojiva a tvorbou rozpustných solí. V dešťových stínech pak vznikají krusty. Svislá konstrukce se projevuje jako sendvič, kde každá vrstva má odlišné vlastnosti (salinita, objemové změna vrstvy, teplota, vlhkost).

2.3.10 Biologické vlivy

Biologické činitele velmi s vlhkostí zdiva souvisejí. Nižší organismy zastupují bakterie, houby, lišejníky a vyšší pak rostliny, keře a stromy. Ty mohou na stavbu působit i pozitivně, například chrání objekt před hnaným deštěm. Ale ve více případech působí tyto faktory negativně. Dochází k mechanickému a chemickému porušení zdiva. Keře a stromy narušují konstrukci mechanicky prorůstáním kořenů a dále zastíňují objekt, tím dochází k vytvoření cest pro zatékání

a ke zvýšení vlhkosti v okolí. Chemicky stavbu poškozují především lišejníky a řasy, tvorbou organických kyselin, a tím dochází k porušení spojovacího materiálu. Aktivita nitrifikačních a siřných bakterií závisí na akumulování vodorozpustných solí, tyto bakterie jsou schopny postupně rozpouštět i silikátové materiály. Zadržování vody v oblastech, které jsou napadeny mikroorganismy vede k vytváření krust ucpávajících póry, tím se zhoršuje evaporace vlhkosti ze zdiva. Mezi biologické činitele musíme zahrnout i živočichy, a to na prvním místě člověka. [6]

2.4 Podklady pro odvlhčovací návrhy

Nejzákladnější podkladem pro odvlhčování stavby jsou údaje o možnostech majitele dané budovy. Záleží zda chce udělat zásadní opatření a nebo jen kosmetickou úpravu konstrukce (např. sanační omítky). Většinou dochází ke kombinaci metod, odstranění příčiny vzniku vlhkosti a následné sanační opatření proti vlhkosti. Odborník by měl nejen provést průzkum, ale především majitele informuje o tom, co bude v dané situaci nejlepší provést. Významnou součástí jsou podklady z minulosti, např. informace o dodatečných úpravách budovy a v okolí, o hladině spodní vody, atd. Nesmíme zapomenout, že památkový ústav si stanoví požadavky, které je nutno dodržet při odvlhčovacím návrhu. Je nutné zpracovat statický posudek a posouzení technického stavu.

Vlhkost stavebního materiálu klasifikujeme pomocí normy ČSN P 73 0610 , kde porovnávanou veličinou je vlhkost hmotnostní w_h [%], která udává poměr hmotnosti vody obsažené ve vzorku hmotnostní sušiny. [9]

Tab. 1: Klasifikace vlhkosti zdiva dle ČSN P 73 0610 [9]

Hodnocení vlhkosti	Vlhkost zdiva (% hm.)
velmi nízká	< 3
nízká	3–5
zvýšená	5–7,5
vysoká	7,5–10
velmi vysoká	> 10

Každý prostor má jiné nároky na kvalitu prostředí, záleží na vlivu provozu a na vnějších vlivech (zda je v kontaktu se zemínou, zda se jedná o obvodové zdivo nebo vnitřní kci). Dále záleží na konstrukčním materiálu. Např. u kostelů je w_h zvýšené 8% a vysoké 9%. Hlediskem pro výběr sanační metody proti vlhkosti, zda se jedná o vlhkost pouze zvýšenou a nebo vysokou. Zvýšená vlhkost nemusí ještě způsobovat viditelné poruchy a lze použít dlouhodobou provizorní metodu, např. sanační omítky. Ale pokud je vlhkost vysoká, způsobuje již viditelné závady, předpokládá se, že bude použita radikální metoda.

Průzkumy dělíme na nutné a doplňující. Mezi nutné patří místní šetření, průzkum vlhkosti a sanility, informace o podzáklaď a průzkum archivní. Podle podmínek stavby lze provést i průzkumy doplňující, mezi ně patří např. srovnání historického materiálu, zkušenosti z podobných staveb či ze staveb z blízkého okolí.
[1]

2.4.1 Místní šetření na stavbě

Viditelné poruchy je možné zaznamenat v stavebně-technologickém průzkumu. Jedná se např. o trhliny, funkce okapů a svodu, funkce drenážního systému, řešení detailů, funkce hydroizolace, s přístupnými souvislostmi. Dále je nutné nalezení a zaměření dřívějších stavebních úprav. Vždy je nutné ověřit druh materiálu, tloušťku zkoumané kce a způsob jeho zdění. Průzkum může být zpracován formou textu, ale pro lepší názornost je dobré vytvořit také grafické výstupy.

Při místním šetření je velmi důležité udělat rozhovor s majiteli, případně uživateli. Otázky rozhovoru by se měly týkat např. doby pozorování poruch, konkrétních projevů nadměrné vlhkosti a jak tyto projevy oscilují v závislosti na atmosférických podmínkách, jaké dodatečné úpravy byly na objektu provedeny.
[1]

2.4.2 Vlhkostní průzkum

Vede k zjištění obsahu vody ve stavebním materiálu a relativní vlhkosti v místnostech. Metody měření dělíme dle způsobu odběru vzorků na metodu destruktivní (odebrán vzorek materiálu) a nebo nedestruktivní metodou (příložný přístroj), dále můžeme dělit dle způsobu měření na přímé a nepřímé metodu. Při nepřímé metodě nedochází k porušení stavebního materiálu, ale hodnota vlhkosti je měřena jen v malé hloubce zdiva (cca několik cm pod povrchem), vede

k okamžitému výsledku, ale vždy musí být provedena kalibrace (zjistit závislost vlhkosti na měřeném parametru). Často ale dochází ke kombinaci těchto metod, např. při metodě elektrické (nepřímé) se alespoň část vzorků ověří metodou gravimetrickou (přímou). [1]

Zásady při měření vlhkosti jsou:

- Místo odběru vzorků

Odebíráme v různých výškách úrovní a hloubkách, ale nesmíme odebrat vzorek v místě, kde jde o jednoznačné zavlhnutí kce volnou vodou, např. poruchy svodů. V exteriéru nikdy neměříme na konci vlhkostních map a v místech evidentní salinity.

- Četnost vzorků

Omezit množství odebraných vzorků, pro získání relevantních analytických výsledků a současně minimálního poškození kce). [1]

Metody měření vlhkosti

Jedinou normovou metodou měření vlhkosti je metoda gravimetrická (ČSN EN ISO 12570) [11], alternativa je v normě pro podlahy (ČSN 74 4505) [10], která uznává metodu karbidovou a nebo dle normy lze místo metody gravimetrické použít takovou, u které je dokázané, že vede ke shodným výsledkům.

Způsobu, jak měřit vlhkost ve zdivu je asi kolem 30, ale v běžné praxi se jich využívá jen z několik např.:

- **Gravimetrická (vážková) metoda**

Princip přímé destruktivní metody spočívá v odebrání vzorků (ručně trubovým sekáčem nebo příklepovou vrtačkou s jádrovým vrtákem (nesmí se používat vysokorychlostní vrtačky, docházelo by k ohřátí materiálu a tím k znehodnocení měření), který je umístěn do uzavíratelné nádoby (kvůli zabránění ztrátě vlhkosti). Dochází k zvážení a sušení do ustálené hmotnosti. Hmotnostní vlhkost odebraného vzorku se určí: dle vzorce (4), kde se rozdíl hmotnosti vlhkého vzorku a suchého se rovná hmotnosti vody, která byla ve vzorku obsažena.

$$\text{Vzorec: } w = (m_w - m_s) / m_s [\%] \quad (4)$$

Nevýhodou metody je, že znemožnění plynulé sledování v místě odebraného vzorku a časové zpoždění výsledku, kvůli vysušení materiálu. Ale stále tato metoda patří k nejvyužívanějšímu a nejpřesnějšímu zjištění vlhkosti. Dále

se vážkové metody využívá ke kalibraci měřících přístrojů ostatních nepřímých metod. [1]

Chemická – Karbidová metoda

Tato metoda lze snadno provést přímo na zkoumaném objektu, metoda je poměrně spolehlivá, ale vyžaduje speciální přístroj (tlaková nádoba s manometrem a váhami). Dochází k chemické reakci karbidu s vodou za vzniku plynu acetylénu.

Princip přímé destruktivní metody, spočívá ve vložení odebraného (rozdrceného, přesně zváženého) vzorku do tlakové nádoby spolu s ocelovými kuličkami a skleněnou ampulí s karbidem. Na nanometru lze odečíst vzniklý tlak, který vznikl chemickou reakcí při rozdrčení ampulí s karbidem a pomocí tabulek transponovat na vlhkost.

Výhodou metody je, že nedochází k časové ztrátě, ale zase se jedná o destruktivní metodu, takže nelze opakovat měření v daném místě. [14]

- **Elektrická – kapacitní, odporová, mikrovlnná**

Metody elektrické jsou nepřímé a nedestruktivní. Dochází k měření elektrických veličin. Dosah těchto přístrojů je poměrně nízký, dosahuje maximálně do hloubky 50mm pod povrchem kce. Využívá se pro rychlé a orientační stanovení vlhkosti, určení dosahu zavlhčeného zdiva.

Princip metody odporové je schopnost vodního roztoku se změnit na elektrolyt, dochází ke změně elektrické vodivosti materiálu, který je za suchého stavu nevodičem. Vlhkoměr závisí na okolní teplotě a na salinitě, proto je méně spolehlivý a více se využívají na dřevěné kce.

Kapacitní vlhkoměry jsou založeny na principu měření změny kapacity kondenzátoru, jehož dielektrikem je prověřovaný materiál, tato změna je závislá na vlhkosti materiálu. Hlavní výhodou je, že vliv okolní teploty a vliv solí nemá význam. Tato metoda je vhodná pro měření pouze v oblastech, kde je nízká vlhkost zdiva. [1,14]

2.4.3 Informace o podzákladí a okolního terénu

Tyto informace zjistíme z geologického a hydrogeologického průzkumu. Je často rozhodující zda bude proveden razantní zásah do kce a nebo budou použity metody nepřímé. Průzkum se provádí sondami (podlahách suterénu nejčastěji při obvodových stěnách a v okolí budovy). Z hlediska zjištění příčin vlhkosti je možné

provést sondy kopané. Z průzkumu zjistíme hladinu podzemní vody zda je dočasná nebo trvalá a jak je agresivní. Provedené sondy mohou sloužit i jako podklad pro statika. [2]

2.4.4 Průzkum salinity

Provádí se odběrem vzorků z ploch, kde je viditelná salinita nebo očekávaná. Ze základních druhů vodo-rozpustných solí se hodnotí zejména dusičnany (objekt je v blízkosti polí, hřbitovů, odpadů), dále sírany (v průmyslových oblastech) a chloridy (v městských oblastech). Zhodnocení tedy závisí na druhu soli, ale i na hloubce odběru vzorku, na povrchu je větší koncentrace než uvnitř kce. Stanovení skutečné koncentrace solí může posoudit pouze odborník v laboratoři. [2]

Tab. 2: Hodnocení stupně zasolení dle ČSN P 73 0610 [9]

Druh solí	Koncentrace (% hm.)			
chloridy	< 0,075	0,075–0,2	0,2–0,5	>0,5
dusičnany	< 0,1	0,1–0,25	0,25–0,5	>0,5
sírany	< 0,5	0,5–2,0	2,0–5,0	>5,0
Stupeň zasolení:	nízký	zvýšený	vyšoký	velmi vysoký

2.4.5 Průzkum z hlediska biokoroze

Každý materiál obsahuje určité množství zárodků, které se aktivují při vyšší vlhkosti a salinitě, velmi záleží i na pohybu vzduchu v interiéru. Působením biokoroze dochází nejdříve u dřevěných kcí, ale je obvyklé, že bývají poškozeny omítky nebo celé zdivo. Při určování rozsahu vlivu biokoroze můžeme vycházet z výše uvedeného stavebně-technologického a vlhkostního průzkumu. Dále musíme znát pH zdiva a orientační posouzení proudění vzduchu v objektu. Posouzení vždy provádí odborník, který odebere vzorky, určí druhy škůdců vzhledem k vlhkosti a salinitě. Tento průzkum je nezbytným podkladem pro návrh sanačního opatření proti vlhkosti, protože některé chemické sanační prostředky mohou podporovat růst těchto organismů. Výsledkem je diagnostikování druhu, množství a rozsah biologických škůdců a jejich zdravotní závadnosti pro člověka či zvířata. Na základě těchto informací je předložen návrh sanace a souvisejících úprav, např. režim užívání [2]

2.4.6 Průzkum archivní

Tento průzkum se provádí u památkově chráněných budov. Jde o prozkoumání původní dokumentace. Z hlediska vlhkosti klademe důraz na prostudování dodatečných úprav, mohou být zde i záznamy o prvotních poruchách. [1]

2.5 Metody sanace proti vlhkosti

2.5.1 Ochrana staveb proti vlhkosti v minulosti

Ochrana budov proti vlhkosti byla v minulosti řešena především vhodným situováním staveb do poloh, v nichž bylo možno ovlivnit vlhkostní poměry umělými úpravami využívajícími jednoduché „přírodní“ postupy. Pro zdivo byly používány méně nasákové materiály jako hutný kámen na jílovou maltu nebo ostře pálené cihly. Důraz byl kladen i na řešení detailů tvarosloví fasád, spádování vodorovných předsazených prvků říms a soklů. Členité plochy fasád představovaly spolehlivou ochranu proti dešti hnaném větrem. Na významných stavbách byly pro venkovní omítky používány kvalitní malty s vysokým obsahem pojiva, často s hydraulickými přísadami. Nezbytnou součástí ochrany staveb proti vlhkosti byla vždy průběžná stavební údržba. Důmyslně býval řešen i odvod dešťových a spodních vod. Často se v okolí objektů zřizovaly drenáže nebo štoly jímající podzemní vodu. Separace zapuštěného zdiva od terénu byla řešena obvodovými vzduchovými kanály nebo otevřenými dvorky. Výskyt „vzduchových izolací“ je u starších staveb poměrně častý, lze je nalézt již v barokních stavbách. Byly používány i pro izolaci podlah, např. sýpek. V některých horských oblastech lze spatřit řadu větracích otvorů v soklech chalup, otvory slouží k odvádění vlhkosti z prostoru pod podlahou v období s výskytem srážek nebo při tání sněhu. Od 19. století se odvětrávané mezery tloušťky asi 15 cm používaly jako systémové opatření separace zdiva od vlhké zeminy. [14]

2.5.2 Sanační metody proti vlhkosti používané v České Republice

Primárním cílem by mělo být odstranění příčiny nikoli pouze důsledků. Např. odstranit zatékání vody, pronikání vlhkosti z přilehlé zeminy, eliminace působení solí, atd. Důležitá je volba vhodné metody (k tomu slouží průzkumy), volba nesprávné úpravy by mohla stupeň vlhkosti i zvýšit. Naopak při extrémním snížení vlhkosti může např. dojít k snížení vaznosti malty a tím ke statickým poruchám. S výběrem sanačního systému lze brát v úvahu ještě jedno kritérium a to vzájemný poměr mezi vlhkého zdiva s m³ místnosti → větší prostor snese vlhčí zdivo. To souvisí právě s historickými objekty - kostely, kde je z toho důvodu nelogické provádět podřezání objektu. Dodržení konkrétního technologického procesu je už věcí provádějící stavební firmy, v projektu by však měly být řešeny důležité související detaily.

Velmi podrobné členění sanačních metod uvádí norma ČSN P 73 0610 Sanace vlhkého zdiva.[9] Metody zasahující do stavební kce můžeme dělit na základní (stavební-vzduchové, mechanické, chemické, elektrofyzikální) a doplňkovou metodu (povrchové úpravy). Je vhodné, aby došlo ke kombinaci těchto opatření. [14]

2.5.2.1 *Stavební-vzduchové metody*

Vzduchový systém se řadí mezi nejstarší metody pro odstranění vlhkosti. Princip je znám cca. 4500 let, zůstává stejný, jen se využívají jiné materiály. Je založen na oddělení kce od zdroje vlhkosti, tím dochází ke zvětšení plochy pro odpařování nebo na odvětrání vlhkosti z dutin.

Proudění vzduchu může být přirozené nebo nucené, zajištěné ventilátorem, jehož výhodou je větší proudění vzduchu, tedy větší účinnost. Nevýhodou je závislost na elektrické energii a na lidském činiteli. Gravitační (přirozený) tok vzduchu nastává u dutin s nasávajícími a výdechovými otvory v exteriéru (v důsledku proudění větru, vliv rozdílu teplot není důležitý) a nebo u dutin s nasávajícími otvory v interiéru a výdechovými v exteriéru (v důsledku rozdílu teplot a výškového rozdílu otvorů).

Metoda patří mezi méně účinné, dochází jen k nepatrnému snížení vlhkosti maximálně o 2-3% hm. Používá se jako pojistné opatření nebo u mírně vlhkého kce.

Při projektování je důležité dbát na rozměr vzduchové mezery, na výšce přívodu a odvodu vzduchu, kvůli účinnému proudění vzduchu. [1]

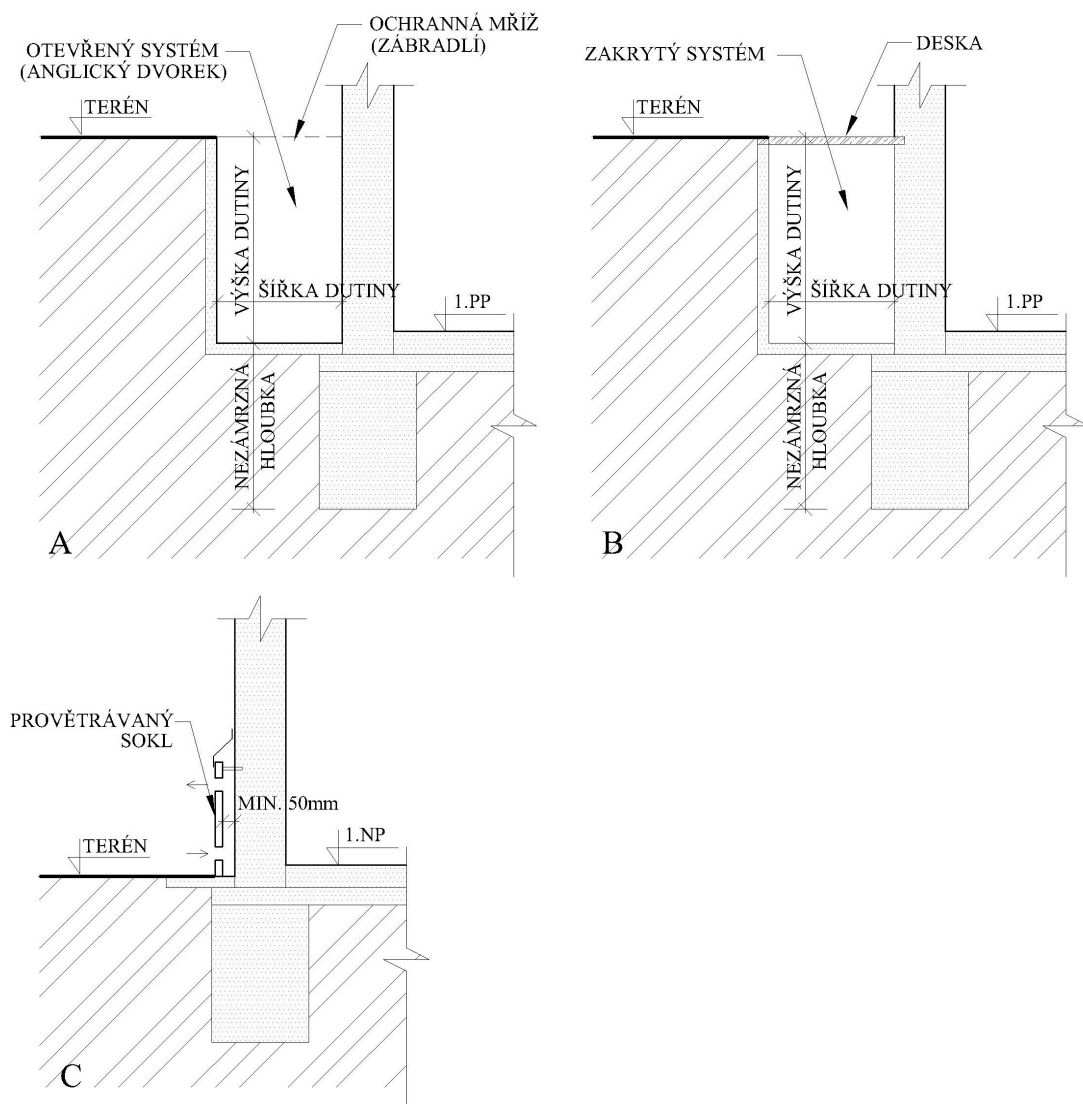
Vzduchové dutiny stěnově

Vzduchové dutiny se provádějí na vnější (pod úrovní terénu – otevřené a zakryté, nad úrovní terénu - provětrávané soklové dutiny) nebo vnitřní straně obvodových stěn. Každý systém má min. jeden přívodní a jeden odvodní otvor, na tvaru nezáleží, ale důležité je umístění (nasávající na návětrné straně objektu a výdechové na závětrné). Otvory musí být opatřeny mřížkou a pravidelně čištěny.

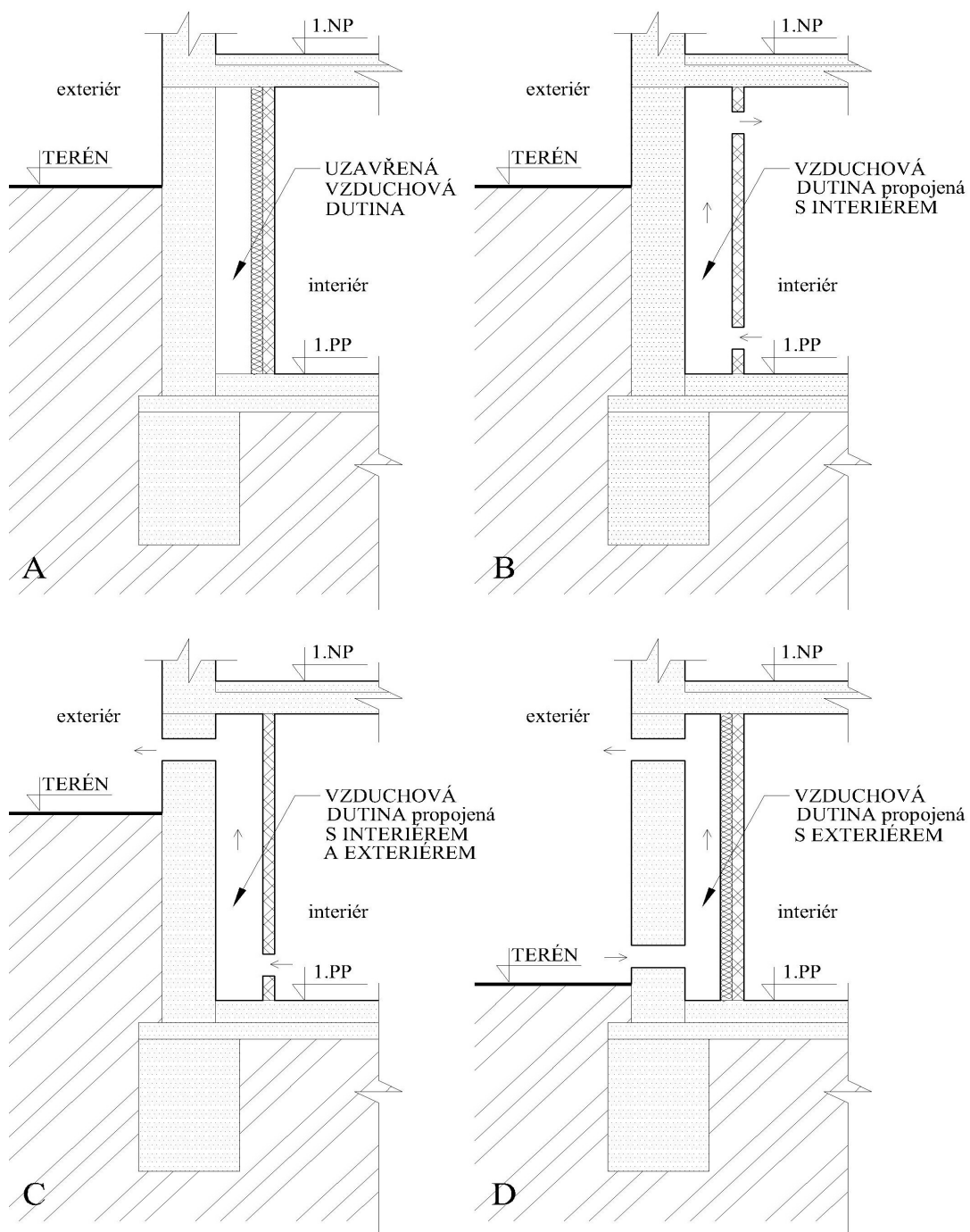
Otevřený vnější systém tzv. anglický dvorek, kde opěrné stěny musí být odizolovány od přiléhající zeminy. Tloušťka stěn závisí na statickém zatížení, zvoleném materiálu. Dno anglického dvorku musí být ve spádu a odvodněno. Proti pádu se zakrývá roštem a nebo zábradlím. Zakrytý systém se vytvoří zakrytím vzduchové dutiny. Pro nejlepší funkci systému je vhodné obnažené zdivo očistit, spáry vyškrábat do hloubky min. 20 mm a před zakrytím je dobré nechat zdivo co nejvíce vyschnout. Pokud to únosnost zdiva dovolí, je vhodné nechat tyto spáry volné, zvětší se odpařovaná plocha. Pomocí přivádějících a odvádějících kanálků dochází k výměně vzduchu a tím k odvodu vlhkosti. Dno musí být ve spádu od objektu a napojeno na systém odvodnění. Vzduchové dutiny je ideální kombinovat s dalšími sanačními opatřeními, např. s podlahovými vzduchovými dutinami, mechanickými a chemickými metodami, povlakovými hydroizolacemi, atd. [1]

Soklová část je přímým kontaktem s terénem, vlhkostní problémy se zde objevují velmi často. Princip provětrávaného soklu systém nasávajících a výdechových otvorů, které zajišťují potřebnou výměnu vzduchu. Minimální šířka průduchu by měla být 50mm. Mohou být řešené jako zděné, zavěšené a nebo z profilovaných folií z plastických hmot.

Umístění vnitřních stěnových dutin je pod úrovní (stejný princip jako dutiny u vnějšího zdiva) nebo nad úrovní podlahy, ty dělíme na předsazené stěny a vnitřní obklady. Obkladový materiál musí odolávat vlhkosti a být vhodně kotven tak, aby kotvicí prvky umožňovaly proudění vzduchu. Předsazená stěna je příčka vyzděná na celou výšku místnosti, pomocí vhodně zvolených přivádějících a odvádějících otvorů (neodvětrávané, odvětrávané) dochází k ovlivňování klimatických poměrů v dané místnosti. [1]



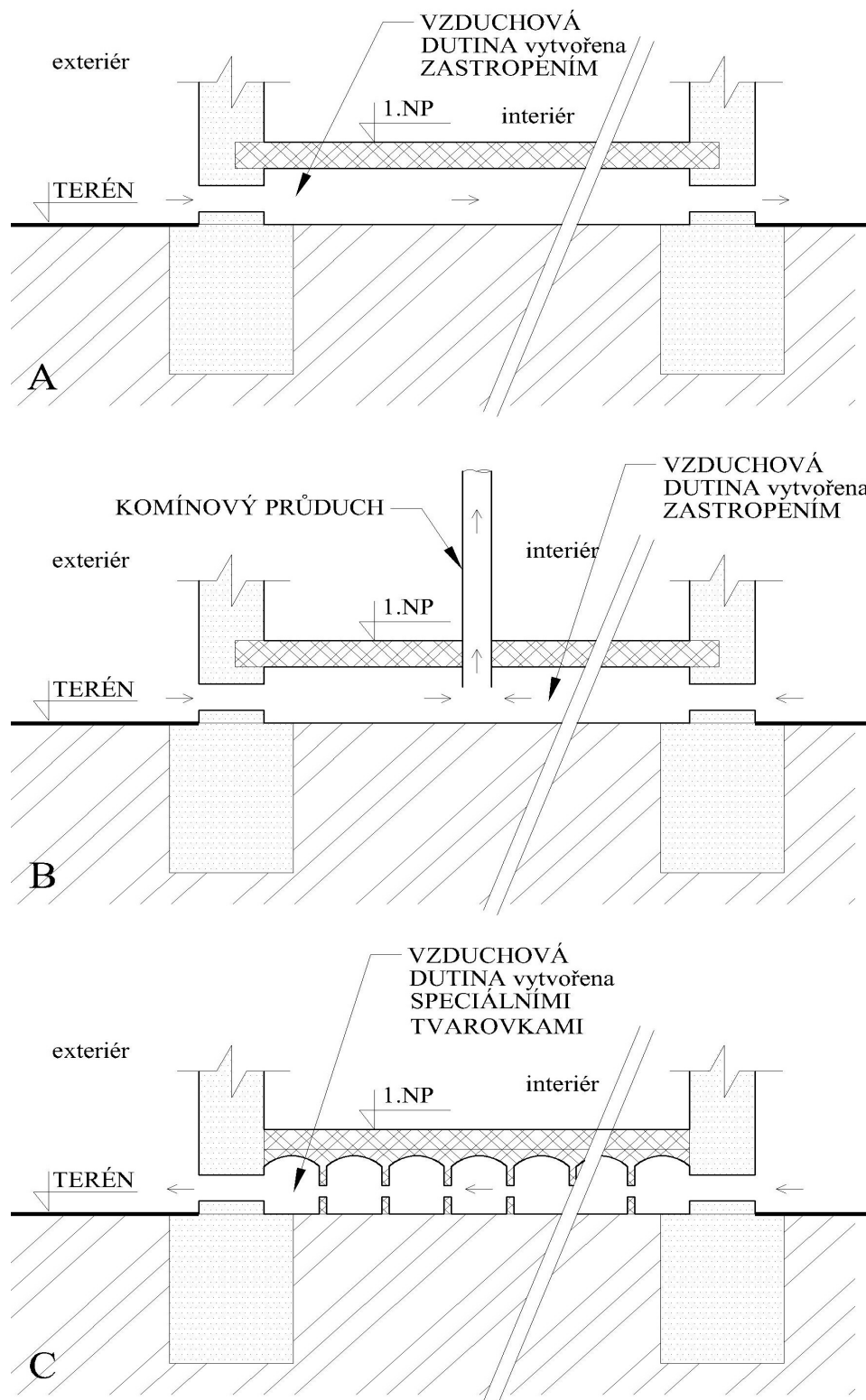
Obr. 4: Schéma vzduchových stěnových dutin vnějších (A- otevřený systém, B – zakrytý systém, C – princip odvětrávaného soklu) [1]



Obr. 5: Schéma vzduchových stěnových dutin vnitřních (A – uzavřená vzduchová dutina, B – přívod vzduchu z interiéru, odvod do interiéru, C - přívod vzduchu z interiéru, odvod do exteriéru, D – přívod vzduchu z exteriéru, odvod do exteriéru) [1]

Podlahové vzduchové dutiny

Jedná se o větraný prostor mezi podlahou a podloží, v České Republice systému podlahové větrané dutiny využívá i k sanaci vlhké svislé kce. Vzduchová mezera může být vytvořena zastropením nebo využitím speciálních tvarovek. Na podkladní vrstvu (beton, zhutněný štěrk) se položí tvarovky, které se následně zalijí betonovou zálivkou a dále se realizují další vrstvy podlahového souvrství. Pokud výškový okraj vlhkostní mapy se objevuje nad úrovní nové podlahy je vhodné v obou případech oddělit novou vodorovnou kci od svislé kce dělicí spárou o min. tloušťce 10mm a překryje se podlahovou lištou. Pro zlepšení funkce je ideální napojit vzduchovou mezery na komínový průduch, případně s ventilační turbínou. Musí být zajištěna těsnost po celé výšce průduchu. Výška mezery závisí na vzdálenosti mezi nasávajícími a výdechovými otvory, dále na ploše otvorů. Nezbytným předpokladem fungování systému je zajištění dostatečného proudění vzduchu, aby nedocházelo ke kondenzaci vody. Z tepelně technického hlediska se podlahová vzduchová dutina dá z části přirovnat k problematice plochých dvouplášťových větraných střeš. Eliminace kondenzace dosáhneme vložení vhodné parozábrany co nejbliže k nášlapné vrstvě podlahy. Posouzení se provede vhodným výpočetním programem. Negativní vliv na funkci podlahové vzduchové dutiny, mimo nesprávného návrhu a provedení může mít okolní zástavba, terén a nebo vegetace. [1]



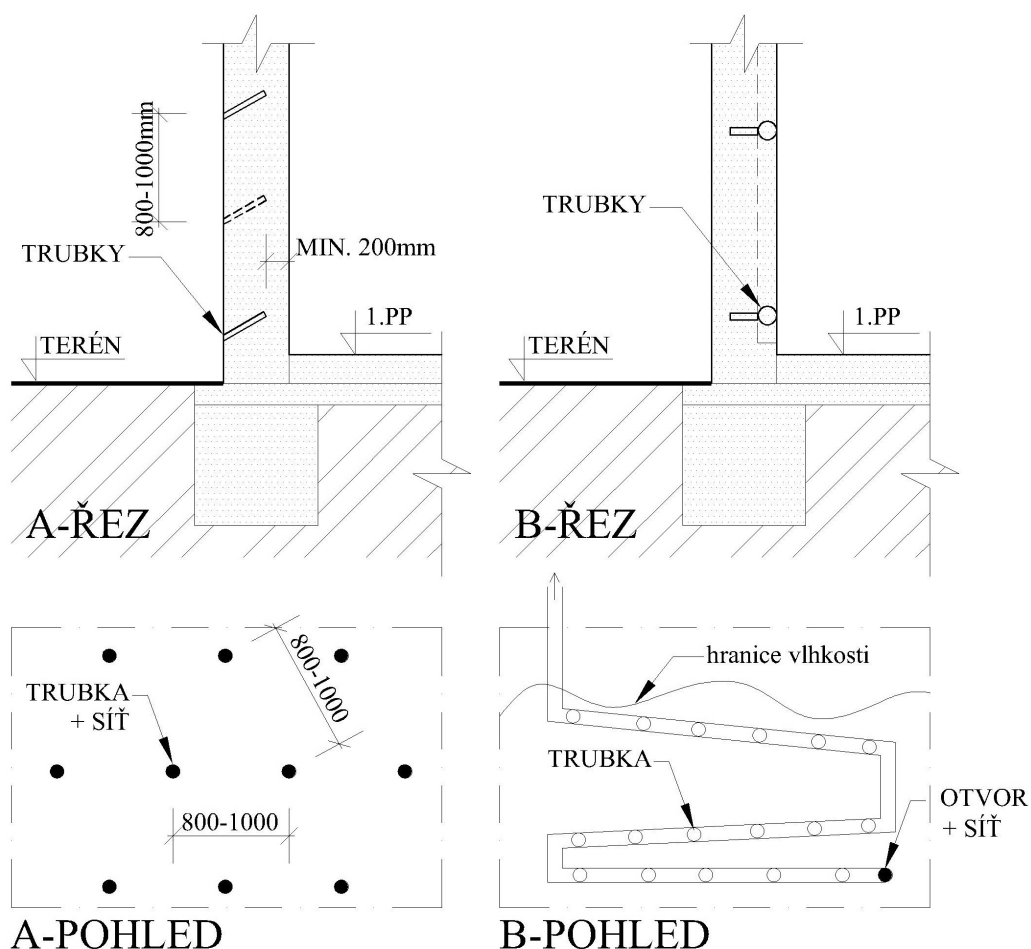
Obr. 6: Schéma podlahových vzduchových dutin (A – vodorovná vzduchová mezera pod podlahou vytvořená zastropením, B - vodorovná vzduchová mezera pod podlahou vytvořená zastropením a napojená na nepoužívaný komínový průduch, C - vodorovná vzduchová mezera pod podlahou vytvořená pomocí speciálních tvarovek) [1]

Sanace systémem kanálků

Efektivita systému kanálků je v našich klimatických podmínkách velmi nízká. V současné době se již nenavrhují. Máme dva způsoby kanálků: Knapenovy kanálky a kanálkový způsob. Knapenovy kanálky jsou založeny na principu odpařování vlhkosti do kanálků a odvětrání do vnějšího prostředí. Do kanálků vstupuje vzduch, nasytí se vodní parou, tím se snižuje jeho teplota a zvyšuje hmotnost. Vlhký vzduch by měl vytékat do vnějšího prostředí a nahrazen vzduchem s vyšší teplotou a s menším obsahem vodní páry. Cirkulace by se měla neustále opakovat a tím by mělo docházet k vysušení zdiva. Tento jev je ale závislý na teplotě a vlhkosti venkovního vzduchu a na vlhkosti zdiva. Často dochází k tomu, že cirkulace neprobíhá (vlhkost vnějšího vzduchu je stejná jako vlhkost kanálků) a nebo k obrácenému účinku (v letních měsících), kdy na chladném povrchu kanálku kondenzuje teplý a vlhký vzduch a dochází k dalšímu přísunu vlhkosti do zdiva. [1]

Provětrávané drenážní systémy lze umístit na vnější nebo vnitřní stranu obvodové stěny. Princip: drenážní hadice jsou umístěny na vnější a vnitřní straně zdi a jdou napojeny skrz otvory na venkovní ovzduší, tím je zajištěno přirozené proudění vzduchu v systému.

I do podloží pod objektem lze umístit provětrávaný drenážní systém. Jeho primární funkce je snížení koncentrace radonu, sekundárně je schopen i výrazně snížit vlhkost stěn v objektu. K největšímu snížení dochází, díky podtlakovému odvětrávání drenážní vrstvy (pomocí ventilátoru). Nevýhodou je dodávka elektrické energie a obsluha. Jedná se o metodu doplňkovou, proto je vhodné, s ohledem na nejistou účinnost, jeho využití dostatečně zvážit. [1]



Obr. 7: Schéma principu kanálků (A-Knapenovy kanálky, B-Kanálkový způsob) Mechanické metody [8]

2.5.2.2 Mechanická metoda

Mechanická metoda vytvoří kontinuální vodonepropustnou překážku. Princip se opírá o vložení dodatečné hydroizolace do vytvořené spáry ve zdivu a tím mechanicky zamezuje vzlínání vlhkosti. Konkrétní aplikace je závislá na místních a statických podmínkách, druhu materiálů, tloušťce zdiva. Spára by měla vést pod úroveň podlahy, což často vede k výkopovým pracím kolem daného objektu. Základní pozitivum, je při správném dodržení technologických postupů, životnost uskutečněné hydroizolace (správně napojení pásů- alespoň 100mm, doplnění proříznuté spáry tlakovou injektovanou maltou-nedochází k trhlinám na omítce). Při provádění mechanické metody je nevýhodou, že dochází k poměrně vysoké prašnosti.

Zdivo můžeme podřezat ručně, řetězovou pilou a lanovou pilou. Další způsob dodatečného vložení vodorovné izolace je zarážení desek z nerezavějících materiálů. **Probourávání zdiva a ruční podřezávání** objektu je velmi pracné a neefektivní, využití hlavně u cihelného zdiva do maximální tloušťky 450-600mm. Lze využít klasické tesařské pily. Novodobé metody nahrazují klasické metody, dochází k urychlení a jsou méně pracné. V místě podřezávání **řetězovou pilou** musí být odstraněna omítka, za účelem kontroly ložné spáry. Spára musí být průběžná o minimální tl. 10mm. **Lanová pila s diamantovým lanem** má využití pro jakékoliv zdivo i smíšené. Řez je možno provádět dle zadaného požadavku, ne pouze vodorovně, ale i svisle a šikmě. Nutné je lano chladit, tím dochází k nechtěnému vnesení vody do kce. Nebezpečí vzniku dynamického namáhání kce dochází při použití metody **zarážení desek**. Metodu lze aplikovat pouze u průběžných ložných spár. Plech má tloušťku okolo 1,5m, je profilován do vlnek a musí odolat odporu při rozpojování materiálu spár a tření desky. Pokud je tloušťka stěny menší než 1m, je možné provádět zarážení desek pouze z jedné strany, pro silnější zdivo musí být přístup z obou stran. [1]

2.5.2.3 Chemická metoda

Chemické hydroizolační clona vzniká při aplikaci vhodných chemický látek do kce. Používá se i pojem injektáž nebo infuze, ale tu norma ČSN P 73 0610 [9] využívá pro označení beztlakové injektáže. Metoda je vhodná pro zdivo s dominantním obsahem velkým pórů a jen proti vztlínající zemní vlhkosti, není možné ji použít v místech, kde se vyskytuje tlaková voda. Ve srovnání s mechanickou metodou podřezání je zdivo porušeno v menší míře, ale přesto je nutné zvážit únosnost objektu, vzhledem k provedeným vrtům. Nevýhodou metody chemických clon není možné z hlediska kvality a účinnost prověřit.

Provádí se nad úrovní terénu nebo v podsklepených objektech nad hladinou tlakové vody. Dle provádění dělíme **tlakovou injektáž** (vhodná pro silně zavlhčené kce), **infuzi** a **zvláštní způsoby provádění**. Beztlakový způsob injektáže je nejběžnější aplikaci látky do póru zdiva. Pouze jen účinkem kapilárních sil dochází k napouštění materiálu. Pokud póry materiálu jsou zaplněné vodou je nutné aplikovat injektážní látky pod tlakem. Když se při vrtání otvorů objeví trhliny, dutiny musí se vyplnit speciální suspenzí. Před zatvrdnutím této suspenze se otvory znovu převrtají. Výběr injektážní hmoty je závislý na stavebním materiálu kce, dle

injektažního prostředku je určen průměr (10-40mm), sklon od vodorovné roviny (15-45°) a vzdálenost vývrtů, která je závislá i na nasákavosti (čím menší osová vzdálenost, tím je metoda účinnější). Hloubka vývrtu je cca o 50mm menší než tloušťka kce. U stěn, které mají tloušťku větší než 500mm je nutné ji navrtat z obou stran, to samé platí i u rohů kcí. Vytvoří se soustava vrtů v rovině nebo ploše, po vrtání je nutné odstranit vzniklý prach, pak se může injektovat látka do vývrtu a dochází k prosycení zdiva roztokem. Roztok je buď utěšňovacího nebo hydrofobizačního charakteru.[1]

Mezi zvláštní způsoby infuzních clon patří např. **metoda následné infuze**. Využívá se ekologicky nezávadný materiál, princip metody: do vývrtů jsou po sobě napuštěny dva infuzní prostředky – utěšňující a hydrofobní. Do kce se zavádí poměrně méně vody, tím se doba vysoušení zdiva nad clonou zkracuje. Nepodléhá procesu syneréze. Další zvláštní způsob je **termicky aktivovaná injektáž**. V technologickém postupu mezi vyvrtáním a vlastní injektáží dochází k vysušování zdiva. Z kapilár je odstraněna vlhkost a materiál zdiva je ohřátý na 200°C. Čas potřebný k ohřevu se pohybuje v rozmezí 12-24 hod a závisí na vlhkosti a složení materiálu a tloušťce kce. Proces vysušování má pozitivní vliv na účinnost metody a ne pevnost zdiva. V této metodě není použita žádná voda, přirozené vysychání zdiva je o polovinu rychlejší než u ostatních chemickým metod. Na styku rubové strany podzemního zdiva se zeminou se provádí tzv. **rubová injektáž**. Využívá se u podzemních částí budovy, je účinná tlaková metoda proti zemní vlhkosti tak tlakové vodě, Vývrty jsou před celou tloušťku zdiva, aby se injektovaný prostředek dostal do styku s přiléhající zeminou. Jako injektažní prostředek se s oblibou využívají tzv. hydrogely, jsou schopné reagovat s vodou a tím dochází k vytvoření vodonepropustnou a trvale pružnou vrstvu. [1]

2.5.2.4 Dodatečné hydroizolace

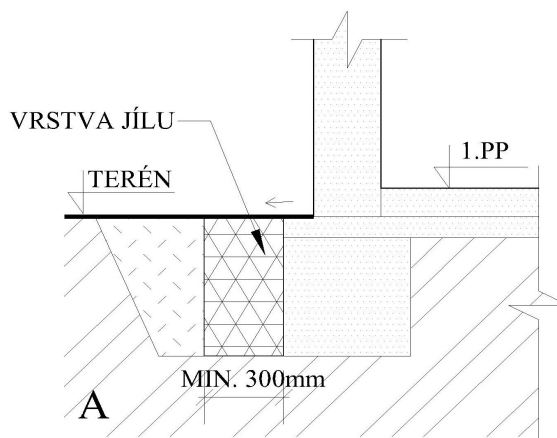
Při provádění dodatečných hydroizolací je vhodné, aby se prováděly s vnější strany obvodové kce. Z toho vychází, že kolem objektu musí být dostatečný prostor pro výkopové práce. Svislá hydroizolace musí být pokaždé napojena na funkční vodorovnou izolaci. V případě neexistující vodorovné izolace se provádí injektažní nebo mechanická metoda. Při správném provedení další voda do objektu neproniká, ale nelze opomenout vodu, vlhkost která se již v objektu nachází. [15]

Jílové izolace

Primární účel je pro izolaci staveb a zemních těles, ale jsou vhodné i pro sanační účely. Jedná se o historické opatření proti vlhkosti, pokud se v objektu vyskytuje tato izolace, většinou je nefunkční (zkorodované, rozprášené) a nebo porušené např. výkopy, vedení inženýrských sítí. Pokud je chceme provádět musíme původní odstranit a nahradit novými. Z hlediska památkového institutu je tato aplikace vhodná pro historické objekty.

Jíl je přírodní materiál, charakteristický snadnou tvarovatelností bez porušení celistvosti díky vodní suspenzi s obsahem vody cca 20% hm. Vždy se jedná o plošnou izolaci, na svislých kci se tloušťka vrstvy pohybuje mezi 300-450mm, u vodorovných ploch okolo 100-200mm a u prefabrikátů se tloušťka vrstvy výrazně snižuje. Principiálně je jíl schopen přijímat vodu, nabývá na objemu a na druhou vrstvu vlhkost neprojde, dochází ke vzniku clony. Mezi jílové materiály patří např. kaolit, illit a montmorillonit. Jíly zdivo neutěsní dokonale a udržují zdivo v přiměřeném vlhkostním stavu, nejúčinnější jsou pokud je jílová izolace stále zvlhlá. Jejich použití je omezeno touto vlastností a nezbytnými stavebními úpravami při provádění jílové izolace. Po vysušení jílové těleso zachovává svůj tvar, získá mechanickou pevnost a odolnost vůči působení vody a vlhkosti.

Vhodné použití je např. pro ochranu boků staveb, zdiva s přímým kontaktem s vodou, izolace stropů a kleneb pod terénem. Nehodí se ke kombinaci s ostatními metodami, či ke kombinaci s ostatními materiály (asfaltové pásy,...). Velká výhoda materiálu je v místech, kde dochází k nebezpečí pohybu zeminy či objektu, pokud je zvlhlý, zůstává relativně pružný. [1]



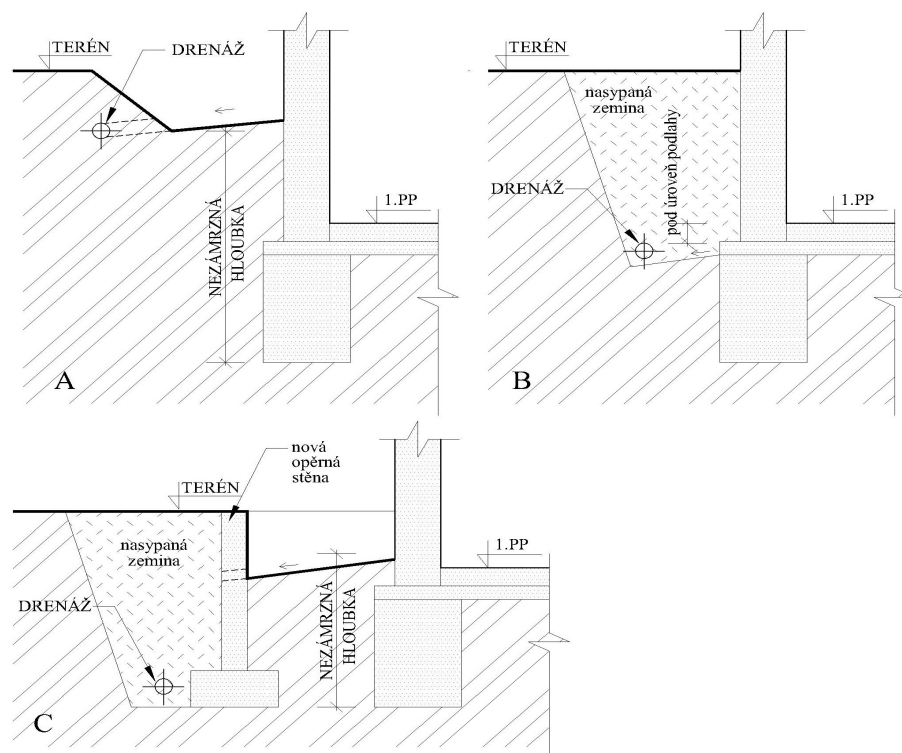
Obr. 8: Schéma použití jílové vrstvy [8]

Povlakové izolace

Povlakové izolace mimo funkce vodotěsné zajišťují ochranu proti radonu. Dle hydrogeologické namáhání navrhujeme izolaci na zemní vlhkost nebo na namáhání proti tlakové vodě. Materiál povlakových hydroizolací dělíme na pásové asfaltové a syntetické fóliové systémy. Při provádění asfaltový pasů je výhoda napojení na stávající kce a můžeme si vybrat ze dvou technologií připevnění, buď mechanické kotvení a nebo navaření na podklad. Ale povlakové izolace lze jen mechanicky kotvit a jsou velké nároky na podkladní vrstvu a ochranou vrstvu, je nutné použít podkladní geotextilií a ochranou textilií, a nebo přízdívkou či tepelnou izolací. Minimální vytažení nad upravený terén je 300mm. [1]

2.5.2.5 Drenáž a úprava kolem objektu

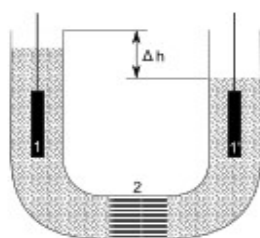
V málo propustných či nepropustných zeminách by měla být součástí hydroizolačního systému vnější drenáž, která ochraňuje izolaci před možným působením naakumulované vody a slouží k odvedení nežádoucí vody z podzákladí. Drenáž je nutné umístit cca 300mm pod úroveň vodorovné hydroizolace, dno výkopu vyspádovat od objektu. Drenážní trubici je nutné chránit geotextilií a štěrkovým obsypem a napojit na kanalizační soustavu. Je nutné zhotovit šachty, které slouží k čištění a kontrole drenáže. Není-li možné uskutečnění odvodu vody pomocí drenáže, musíme na kci použít izolační systém, který je odolný a nepropustný vzhledem k hromaděné vodě. [15]



Obr. 9: Příklady návrhů terénních úprav [8]

2.5.3 Elektroosmotické metody

Jedná se o metodu přímou, tento způsob sanace vytváří potenciál stejnosměrného elektrického proudu v konstrukci a tím dochází k potlačení kapilárního vztlínání vody. Je určena pro všechny druhy pórovitých materiálů v konstrukci. Pojem elektroosmóza je již znám od roku 1807. Prvním pokus byl proveden profesorem F.F.Reussem v Moskvě. Po *zapojení stejnosměrného proudu se skleněné U-trubice s vodou, v jejímž ohbí byla vrstva práškového křemene (2-kapiláry), zjistil, že voda není v obou ramenech stejně vysoko, jak by podle zákona o spojených nádobách měla být, ale že u katody (1) vystoupila mnohem výše než u anody (1'). Tímto pozorováním byl objeven fyzikální jev, který se dodnes označujeme jako elektroosmózu. K praktické využívání účinku elektroosmotické metody začalo až v první třetině 20. století.* [1]

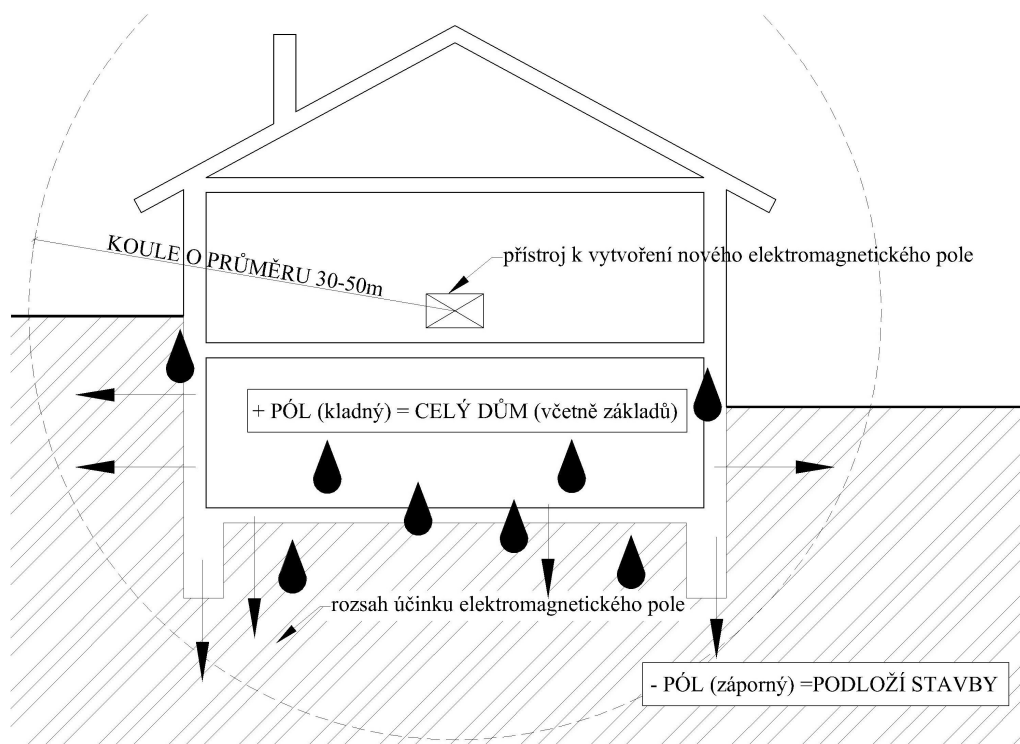


Obr. 10: Schéma principu elektroosmózy [34]

Po čase byly objeveny a popsány další příbuzné jevy, díky společné fyzikální podstatě se nazývají elektrokinetické jevy. Mezi ně patří kromě elektroosmózy např. potenciál proudění, potenciál sedimentace, elektroosmotický tlak a elektroforéza. Jednotlivé metody se vyvíjejí, lišily se ve způsobu tvorby nebo elektrickým polem. Je možné rozdělit je do čtyř skupin kompenzační, galvanoosmóza, metoda pasivní a aktivní. Dnes se využívá pouze metoda aktivní elektroosmózy, ostatní se z důvodu špatných výsledků neaplikují.

Princip této metody je využití pohybu iontů v elektromagnetickém poli. Pokud se eliminuje vliv elektromagnetického pole Země a převažující silou bude gravitace a nové elektromagnetické pole přístroje, voda změní směr pohybu a tím dochází k vysoušení dané konstrukce. Silný minusový magnetický pól je v podloží stavba a mírný kladný se dodá přístrojem (počítačem řízená elektronika). Kvůli překonání energetického pole je dosah přístroje omezený. Uvnitř nového elektromagnetické pole dochází k pozvolnému odtékání vody, ale mimo pole voda v nepatrné míře vzlíná. Výsledky působení této metody lze očekávat v měsících až letech. V prvních měsících dochází k zatlačování vody do podloží, bočních svahů a vypařuje se do okolí, po vysušení zdiva přístroj začne působit jako vodovzdorný uzávěr a brání k opakovanému vzlínání vlhkosti do objektu. [1]

Výhodou je snadná montáž zařízení při minimální zásahu do kce. Funguje proti jakékoli vlhkosti (vzlínává, vlhkost z boku objektu nebo při náhlém vytopení) a pro všechny druhy stavebních materiálů. Nelze však použít pokud je objekt podřezán a pokud jsou vodorovné hydroizolace napojeny na svislé, kapilární cesty pro odvod vody jsou přerušeny. Dále pokud se jedná o vzdušnou vlhkost nebo tlakovou vodu. [16]



Obr. 11: Schéma aktivní elektroosmózy v objektu [35]

2.5.4 Doplňkové metody

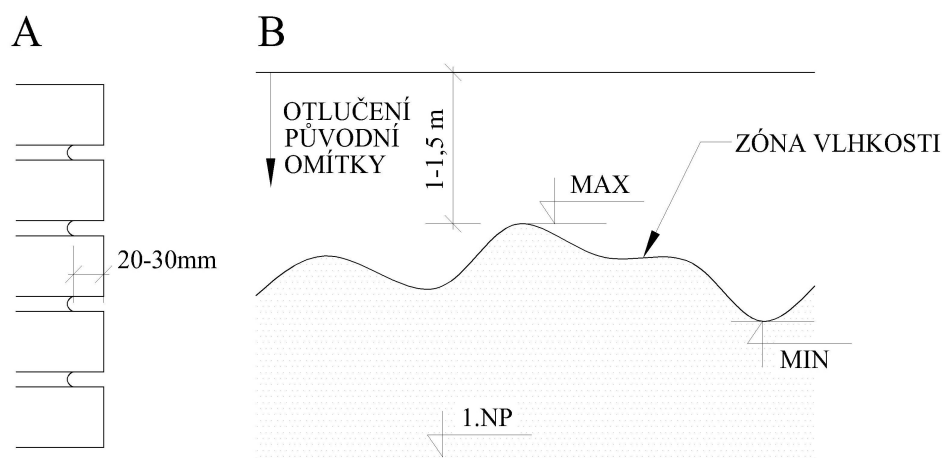
2.5.4.1 *Sanační omítky*

Sanační omítky jsou pouze doplňkové opatření proti vlhkosti, nedochází k odstranění vlhkosti, ale pouze k zadržení zbytkové vlhkosti, která zůstala nad realizovanou hydroizolací.

Princip omítek je založen na jejich pórovitosti, díky vysoké hydrofobitě pronikne voda maximálně do hloubky 5mm (dojde k potlačení kapilární vztlakovosti omítky), póry umožní transport vody ze zdiva ve formě vodní páry, v pórech dojde k uložení vykrystalizovaných solí a tím nedochází k jejich transportu na povrch omítky. Pokud dojde k nasycení těchto pórů (solí vyjdou na povrch) dochází k destrukci. Životnost sanačních omítek se pohybuje mezi 20 roky, záleží na obsahu solí (čím více, tím kratší životnost).

Před realizací je nutné udělat sanační průzkum a pokud má podkladní kce naměřenou vlhkost více jak 8% hm. nelze tyto omítky provádět. Dále musíme určit maximální zónu vlhkosti, přičteme cca jeden metr, do této výšky je nutné starou omítku otlouct, vyškrábat spáry (20-30mm) a očistit tlakem vzduchu či ocelovým

kartáčem. Pokud se jedná o nestabilní podklad je nutné ho zpevnit sanačním podhozem či sanační armovací skelnou tkaninou (v případě větší nerovnosti). [1]



Obr. 12: Příprava podkladu pro sanační omítku (A – vyškrábání spar, B – hranice otlučení staré omítky)[36]

Sanační omítkový systém se skládá minimálně ze dvou vrstev o minimální tloušťce 20mm (návrh tloušťky závisí na množství solí a vlhkosti). Vrstvy můžeme dělit na sanační podhoz (5mm, lze vynechat), sanační omítková vrstva vyrovnávací (10-20mm, lze vynechat), základní sanační omítka (10-30mm) a lící sanační povrchová úprava (1-4mm). Při realizaci je nutné provedení zdrsnění mezi jednotlivými vrstvami. Při aplikaci v interiéru nesmí být místnost krátkodobě vytápěna! Je vhodné, aby docházelo k vyhřívání objektu (10°C) a to 1 týden před sanací a 14 dní po nebo dle výrobce. Nevýhoda sanačních omítek je velká časová náročnost, mezi každou jednotlivou vrstvou je nutné dodržet technologickou přestávku (cca 1mm=1 den). [3,17]

2.5.4.2 Nátěrové systémy

Povrch omítek, obzvláště sanačních, který je opatřen nátěrem, nesmí ovlivnit negativně propustnost vodních par a současně nesmí zvýšit nasákavost dané omítky. Druhou funkcí nátěru je estetická (struktura, barevnost). Mezi obecné technické podmínky pro podklad nátěrových systémů lze zařadit, že nátěr se nanáší nejméně ve dvou vrstvách (penetrační nátěr+vlastní barva), neprovádí se za extrémních klimatických podmínkách (déšť, silný vítr, přímé slunce), závisí na teplotě ovzduší a podkladu (min. 5°C, max. 25°C), dále by podklad měl být čistý (nemastný, bezprašný), soudržný, a vyzrálý. Dle druhu pojiva můžeme nátěrové hmoty dělit

na vodou ředitelné a rozpouštědlové. Další charakteristiky jsou dány výrobcí v technickém listu daného výrobku.

Konzervaci stavebních materiálů na fasádě objektu lze provést hydrofobním povlakem. Jeho primární funkce je redukce průniku vody do stávající kce při zachování jeho vlastností (prodyšnost,...). Tato impregnace chrání povrch před nežádoucími vlivy (kyselá dešť, výfukové plyny, UV záření, biologické činitele - mechy, lišejníky, posypové soli,...). Povrch, který je ošetřen hydrofobním nátěrem by se neměl lišit od nekonzervovaných částí. Výhoda je snadná aplikace a opakovatelnost provádění, životnost závisí na druhu prostředku a na aplikovaném materiálu (cca 15 let). [3]

2.5.5 Sanační metody a metody měření vlhkosti používané v zahraničí

Metody jsou velmi obdobné jako u nás. Výzkum probíhá především v oblasti materiálů. Hlavním cílem je, aby tyto metody bylo co nejvíce efektivní a co nejméně invazivní. Metoda tlakové chemické injektáže je moderní a v zahraničí nejpoužívanější metodou sanace. Například při použití krémové injektáže, nedochází ke ztracení injektovaného materiálu, tím je zvýšená účinnost, vrty nemusí být ve sklonu, průměry vrtů jsou menší s menšími osovými vzdálenostmi. Z nedostatku času bych se této kapitole chtěla více věnovat ve své diplomové práci.

Ještě bych chtěla zmínit metodu měření vlhkosti, která je poměrně využívaná v USA, jedná se o metodu fóliovou. Tato metoda je dokonce popsána v americkém předpisu ASTM D 4263. Je to primitivní, nedestruktivní, levná a značně orientační metoda, své využití je zejména mezi amatéry. Princip metody spočívá v překrytí podlahy čistou plastovou fólií (0,45x0,45m), která se ze všech stran připevní k podkladu. Po 16 hodinách se hodnotí, pokud je na spodním povrchu fólie patrná kondenzace, nebo došlo k ztmavnutí kce, pravděpodobně není podklad připraven na pokládku podlahové krytiny. Výsledek může zapůsobit několik vlivů – teplota, sluneční záření.

Ve Velké Británii patří mezi nejrozšířenější metodu stanovení vlhkosti tzv. British Standard Test (Britská normová zkouška). Zkouška je založena na principu zjišťování relativní vlhkosti. Na povrch je umístěna nepropustná „krabice“ (hygrohood), nesmí dojít k žádnému pohybu přístroje po dobu minimálně 72 hodin. Zkouška se opakuje, dokud dvě měření za sebou nenaměří stejnou hodnotu. Zkouška svým postupem připomíná kalcium-chloridový test. Výhodou na rozdíl od foliové metody je, že při správném provedení dostaneme kvantifikované výsledky. Nevýhodou je časová náročnost. [27]

3 PRAKTICKÁ ČÁST

3.1 Úvod praktické části

Praktická část se zabývá používanými sanačními metodami proti vlhkosti u kostelů v Libereckém kraji. Vzhledem k nedostatečnému zastoupení všech základních metod byly vybrány ještě dva kostely na Moravě. Z hlediska památkové péče se historické objekty dělí na národní kulturní památku, kulturní památku a památku místního významu a podle toho je možné provést sanační opatření.

Nejprve jsou představeny řešené kostely, jejich problémy a použité opatření. Následně jsou jednotlivá opatření porovnávána z následujících hledisek:

- doba realizace hlavního sanačního opatření
- ekonomická náročnost
- technologická náročnost
- míra zásahu do konstrukce
- účinnost sanačního opatření
- porovnání

3.2 Historie a popis řešených objektů

3.2.1 Objekt 1 – Kostel sv. Antonína Velikého, poustevníka



Foto 1: Kostel sv. Antonína Velikého. (autor: Ing. Jiří Novotný)

Jedná se o novogotický arciděkanský kostel, nachází se v Kostelní ulici a řadí se mezi dominanty města Liberce. V roce 1579 byl položen za panství Kryštofa a Melchiora z Redernů základní kámen současného kostela. Tehdy byl vnitřek kostela velice prostý, pouze zde stál oltář, který byl zasvěcen svatému Antonínu Velikému, poustevníkovi. V roce 1734 byl díky hraběti F. J. Gallesovi rozšířen, přibyla sakristie, nové oltáře a křtitelnice. V roce 1787 objekt zasáhl požár, celá věž včetně zvonů byla zničena. V roce 1880 díky sbírce libereckých občanů, byla dokončena nová ještě vyšší věž. Současnou podobu objekt dostal při poslední přestavbě vídeňským architektem Ludwigem Tischlerem (1879-1883), při ní byla podlaha snížena o 500mm a zrušeny 3 krypty. [18]

Položení základního kamene kostela: 1579

Architektonický sloh: novogotický sloh (dispozice ve tvaru latinského kříže, 3 lodě – jedna hlavní a 2 vedlejší, klenby křížové-žebrové).

Použité materiály: smíšené zdivo s velkými kamennými bloky a minimálními spárami (plné cihly, žula), klenby žebrové, dřevěný krov.

Obec, katastrální území, parcelní číslo: Liberec, Liberec, p.č. 460.

Vlastník: Římskokatolická farnost – arciděkanství Liberec, Kostelní 9/7, Liberec.

Způsob ochrany nemovitosti dle katastru: památková zóna

Památková ochrana: kulturní památka, památková zóna (číslo ÚSKP: 32573/5-4138).

Primární použitá sanační metoda proti vlhkosti: Aktivní elektroosmóza.

Rok provedení sanačního opatření proti vlhkosti: 2014.

3.2.2 Objekt 2 - Kostel sv. Kateřiny Alexandrijské



Foto 2: Kostel sv. Kateřiny Alexandrijské. (autor: Martina Sehořová)

Kostel sv. Kateřiny Alexandrijské se nachází na Bergerově náměstí ve Stráži nad Nisou v Libereckém kraji. Nejdříve zde možná stála dřevěná modlitebna, je však dochována pouze zpráva o zvonu. Kateřina z Redernů nechala v roce 1599 místo dřevěné modlitebny vystavět zděný kostel. Ten byl v roce 1727, během oprav kostelů v gallasovských panstvích zbořen, k té byl přistaven jednolodní barokní kostel, bohatě vybaven. Dnes z této doby můžeme vidět například kazatelnu. V letech 1856 až 1859 probíhali jen drobné úpravy, ale v roce 1873 byl kostel rozšířen o levý kůr, půdorys se již neměnil. [19]

Položení základního kamene kostela: 1599.

Architektonický sloh: barokní sloh (jednolodní, valená klenba).

Použité materiály: smíšené zdivo, dřevěný krov.

Obec, katastrální území, parcelní číslo: Stráž nad Nisou, Stráž nad Nisou, p.č.1.

Vlastník: Římskokatolická farnost Stráž nad Nisou, Majerova 160, Stráž nad Nisou.

Způsob ochrany nemovitosti dle katastru: nejsou evidovány.

Památková ochrana: kulturní památka (číslo ÚSKP: 26975/5-4450).

Primární použitá sanační metoda proti vlhkosti: Aktivní elektroosmóza.

Rok provedení sanačního opatření proti vlhkosti: listopad 2014.

3.2.3 Objekt 3 - Kostel Umučení sv. Jana Křtitele na Koštofranku



Foto 3: Kostel sv. Jana Křtitele (autor: Ing. Jiří Novotný)

Kostel Umučení svatého Jana Křtitele v Semilech, který se do poloviny 16. století jmenoval Stětí sv. Jana Křtitele. Jedná se stavbu, která patří mezi nejstarší ve městě Semily i v Libereckém kraji. Z této doby se dochoval pouze zvon (1590), který byl osazen do farního kostela Petra a Pavla. V roce 1691 byl zasažen požárem, poté zůstal několik desítek let v troskách, než se uspořádala mezi obyvateli sbírka na nový kostel. Stavba trvala od roku 1726 do 1727, tento barokní kostel na Koštofranku už slouží jen jako hřbitovní. V presbytáři (kněžišti) na stropě se nachází malba sv. Jana Křtitele od pražského malíře A.F. Hampische z roku 1761.

[20]

Položení základního kamene kostela: 1723.

Architektonický sloh: baroko (jednoduchý, plochý strop).

Použité materiály: pískovcové bloky, plné cihelné zdivo, krov dřevěný.

Obec, katastrální území, parcelní číslo: Semily, Semily, p.č.414.

Vlastník: Římskokatolická farnost – děkanství Semily, Komenského náměstí 125, Semily.

Způsob ochrany nemovitosti dle katastru: nemovitá kulturní památka.

Památková ochrana: kulturní památka (číslo ÚSKP: 35385/6-2472).

Primární použitá sanační metoda proti vlhkosti: Terénní úpravy.

Rok provedení sanačního opatření proti vlhkosti: 2005.

3.2.4 Objekt 4 – Kostel sv. Bonifáce



Foto 4: Kostel sv. Jana Bonifáce (autor: Ing. Jiří Novotný)

V Liberci v části Dolním Hanychově se nalézá kostel sv. Bonifáce. V roce 1915 až 1919 byl kostel postaven varnsdorfským architektem a stavitelem A. Möllerem. Sakrální stavba byla určena pro německy mluvící obyvatelstvo, v roce 1945 došlo k nucenému odchodu německy mluvících farníků a kostel začal chátrat. Díky občanskému sdružení byly na přelomu 20. a 21. století provedeny ty nejnutnější opravy. [21]

Položení základního kamene kostela: 1915.

Architektonický sloh: secese + individuální moderna (dispozice – jednolodní, strop kazetový).

Použité materiály: plné cihelné zdivo, krov dřevěný.

Obec, katastrální území, parcelní číslo: Liberec, Dolní Hanychov, p.č. 20.

Vlastník: Římskokatolická farnost–děkanství Liberec–Rochlice, Na Perštýně 243/15, Liberec.

Způsob ochrany nemovitosti dle katastru: nejsou evidovány.

Památková ochrana: kulturní památka (číslo ÚSKP: 10309/5-5542).

Primární použitá sanační metoda proti vlhkosti: Podlahová vzduchový dutina.

Rok provedení sanačního opatření proti vlhkosti: 2013.

3.2.5 Objekt 5 – Kostel sv. Alfonse



Foto 5: Kostel sv. Alfonse (autor: [38])

V roce 1859 řád redemptoristů získal do vlastnictví jednopodlažní zámeček v Července v okrese Olomouc, který byl upraven na klášter. K němu byl přistaven v roce 1860 (položen základní kámen) kostel sv. Alfonse. Po druhé světové válce došlo ke zrušení kláštera. [22]

Položení základního kamene kostela: 1860.

Architektonický sloh: novorománský sloh.

Použité materiály: smíšené zdivo (kámen, pálené plné cihly, krov dřevěný).

Obec, katastrální území, parcelní číslo: Červenka, Červenka, p.č. 833.

Vlastník: Obec Červenka, Svatoplukova 16, Červenka.

Způsob ochrany nemovitosti dle katastru: nejsou evidovány.

Památková ochrana: památka místního významu.

Primární použitá sanační metoda proti vlhkosti: Chemická metoda.

Rok provedení sanačního opatření proti vlhkosti: 2015.

3.2.6 Objekt 6 – Kostel sv. Josefa



Foto 5: Kostel sv. Josefa (autor: [39])

Ve Zlínském kraji v městě Halenkovice na nejvyšším místě Pláňav byl v roce 1789 dostavěn kostel sv. Josefa . Nad hlavním průčelím je čtyřhranná věž s hodinami a 2 zvony (dříve 4) [24].

Kostel dostavěn: 1789.

Architektonický sloh: pozdní baroko.

Použité materiály: smíšené zdivo, pálené cihly.

Obec, katastrální území, parcelní číslo: Halenkovice, Halenkovice, p.č.249.

Vlastník: Římskokatolická farnost Halenkovice, č.p. 236, Halenkovice.

Způsob ochrany nemovitosti dle katastru: nejsou evidovány.

Památková ochrana: náhrobek ve zdi kostela sv. Josefa (číslo: ÚSKP 97784/37-12041).

Primární použitá sanační metoda proti vlhkosti: Mechanická metoda.

Rok provedení sanačního opatření proti vlhkosti: 2011.

3.3 Popis problematiky objektů a provedeného opatření proti vlhkosti

3.3.1 Souhrnná tabulka vybraných objektů + sanační metoda proti vlhkosti

Přehled porovnávaných objektů a sanačních metod proti vlhkosti na nich provedených.

Tab. 3 Shrnutí sanačních metod u vybraných objektů

Číslo	Název objektu	Použité metody proti vlhkosti
1	Kostel sv. Antonína Velikého, poustevníka	Aktivní elektroosmóza - DryPol, SO, utěsnění kamenného soklu
2	Kostel sv. Kateřiny Alexandrijské	Aktivní elektroosmóza - DryPol
3	Kostel Umučení sv. Jana Křtitele	Terénní úpravy, SO, vsakovací studně, nopová folie, hydrofobizační nátěr soklu
4	Kostel sv. Bonifáce	Podlahová vzduchová mezera – systém Iglú, SO, drenáž kolem objektu
5	Kostel sv. Alfonse	Chemická metoda - injektáž, SO
6	Kostel sv. Josefa	Mechanická metoda - podřezání

3.3.2 Objekt 1

Problematika

Objekt se nachází na vršku přírodního hřebene, okolí je rovinaté, takže tlakovou vodu lze vyloučit. Povrch kolem objektu, je proveden z nepropustných materiálů (žulová dlažba, asfaltová komunikace), díky sklonu dlažby k objektu nedochází k odvodu srážkové vody, ale dochází k namáhání podzákladí a zdíva. Kostel je vystavěn na kamenný sokl, během let došlo na několika místech ke sklonění vodorovných žulových desek směrem k objektu a v kombinaci s netěsnými spárami docházelo ve velkém k pronikání srážkové vody do obvodové kce. Dešťové svody jsou zaústěny do terénu, ale jejich funkčnost nebyla prověřena. Podlaha v interiéru je tvořena žulovou neprodyšnou dlažbou, která neumožňuje odpaření vlhkosti do vnitřního prostoru. Vzhledem stáří objektu lze vyloučit vodorovnou hydroizolaci. Před šesti lety došlo k částečné rekonstrukci: oprava střechy, fasáda do Kostelní ulice, zprůchodnění větracích otvoru ve stropu kostela a tím bylo obnoveno původní přirozené větrání kostela. [42]



Foto 7: Kostel sv. Antonína Velikého – netěsnosti u spár kolem objektu (autor: Ing. Jiří Novotný)

Provedené opatření

Na konci měsíce září 2014 bylo předáno staveniště. Původní návrh hlavní sanační metody proti vlhkosti bylo provedení chemické nízkotlakové injektáže silikonovou mikroemulzí, ale při provedení průzkumu obvodových stěn, po odstranění poškozených omítek a pro provedení kontrolních vývrtů, se dle znaleckého posudku tato metoda jeví jako méně účinná a to z hlediska výskytu lokálních míst s kompaktními bloky kamenů s minimálními spárami. Provedení vývrtů by sice bylo možné, ale není zaručen rozliv mikroemulze, aby byla tato metoda účinná. Místo injektáže došlo k osazení dvou přístrojů DryPol® systém - aktivní elektroosmózy, Tato metoda je vhodná z důvodu odvlhčení objevené hrobky v kněžišti. Po osekání stávajících vnitřních omítek byla provedena aplikace sanačního systému weber. san super : podhoz (weber. san super tl. 5 – 10 mm), jádrová omítka (weber. san super tl. 20 – 40 mm), štuková vrstva (weber. San 600), výmalba (kerasil – vnitřní minerální nátěr). Kolem objektu se náchází kamenný sokl, byl přeložen a vyspádován od objektu. Spáry byly utěsněny hydroizolační spárovací hmotou Navom. [42]



Foto 8: Kostel sv. Antonína Velikého – Drypol (autor: Martina Sehořová)

Foto 9: Kostel sv. Antonína Velikého – utěsnění spár kolem objektu (autor: Ing. Jiří Novotný)

3.3.3 Objekt 2

Problematika

V objektu dochází ke kapilárnímu vztlínání vody, působení tlakové vody lze vyloučit, protože objekt se nachází na kopci. Když se před dvěma lety přišlo do kostela, bylo cítit vlhkost, plíseň. Asi před 20 lety byly údajně provedeny sanační omítky do výšky 1,67m, ale bohužel jsem nenašla podklady. Na přelomu sanační a původní omítky dochází k opadávající povrchové vrstvy, která se separuje do omítkových puchýřů. Tam kde je nevhodná cirkulace vzduchu dochází ke kondenzování vlhkosti na povrchu a následné tvorbě plísní. Dešťové svody jsou zaústěny do terénu, ale funkčnost zaústění do dešťové kanalizace nebyla prověřována. Pozitivní přínos proti pronikání dešťové vody do objektu jsou vzrostlé stromy, které se nachází kolem kostela a tím chrání stavbu před hnaným deštěm.



Foto 10: Kostel sv. Kateřiny Alexandrijské– projevy vlhkosti interiér (autor: Martina Sehořová)

Foto 11: Kostel sv. Kateřiny Alexandrijské– projevy vlhkosti exteriér (autor: Martina Sehořová)

Provedené opatření

Byla uzavřena smlouva s firmou Elektrofyzika s.r.o. na dodávku, montáž, odborná měření přístroje DryPol 50 m. Přístroj je od 26. 11. 2014 trvale v provozu. V kostele se nebudou provádět žádné stavební úpravy po dobu min. 2 let. Potom by mělo následovat odstranění poškozených míst na svislých konstrukcích, omytí mýdlovou vodou a nanesení omítky, která se svým složením, co nejvíce podobá původní, ale nemusí být sanační.



Foto 12: Kostel sv. Kateřiny Alexandrijské– umístění aktivní elektroosmózy– Drypol (autor: Martina Sehořová)

3.3.4 Objekt 3

Problematika

Svislá obvodová kce je tvořena pískovcovými bloky, které jsou velmi nasákavé. Problémovým je odvod srážkové vody, který nebyl řešen, svody byly pouze vyústěny k patě zdi. Namáhání kce je tedy způsobeno působením srážkové vody, která díky nevhodnému spádování terénu vniká do objektu, dále odstříkující vodou od paty zdi. Hydroizolaci lze díky stáří budovy vyloučit. Původní pískovcová podlaha byla nahrazena neprodyšnou teracovou podlahou, která zadržuje vlhkost a neumožňuje odpařování do interiéru, tím se přispělo ke kumulaci vody ve zdivu. Úroveň max. vlhkostní mapy byla ve výšce 1,5m nad úrovní podlahy. Díky kapilárnímu vztlínání docházelo k tvorbě solných výkvětu, odpadávání povrchových vrstev omítek, které se slučují do puchýřovitých štukových vrstev. V rozích objektu docházelo k tvorbě plísní, díky nevhodné cirkulaci vzduchu. [43]



Foto 13: Kostel sv. Umučení sv. Jana Křtitele – projevy vlhkosti interiér (autor: Ing. Jiří Novotný)

Foto 14: Kostel sv. Umučení sv. Jana Křtitele – projevy vlhkosti exteriér (autor: Ing. Jiří Novotný)

Provedené opatření

V roce 2005 byly provedeny zemní práce podél obvodových základových pasů kostela a sakristie kvůli oddělení zeminy od základových pasů a ložné spáry pískovcových soklů, do těchto míst byla vložena nopová fólie GUTTABETA N, byla zakončena pokládkou ukončující lišty N. Dále se provedlo odvedení dešťových vod od objektu do systému vsakovacích studní. Drenážní kanalizace není nutná, není přítomnost spodní vody. Při terénních úpravách došlo i ke snížení terénu (cca.

150mm), protože kolem sakristie byla podlaha v úrovni terénu. Na sokl byl použit hydrofobizační nátěr POROSIL VV plus. Kolem objektu byl proveden okapový chodníček se sklonem od objektu. V interiéru a exteriéru byly v dolní části provedeny sanační omítky navržené firmou Weber Teranova. [43]



Foto 15: Kostel sv. Umučení sv. Jana Křtitele – výkop pro vsakovací studni (autor: Ing. Jiří Novotný)

Foto 16: Kostel sv. Umučení sv. Jana Křtitele – nopová folie (autor: Ing. Jiří Novotný)

3.3.5 Objekt 4

Problematika

Jedná se zděný objekt z cihel pálených, sokl je vyzděn z žulových kvádrů. Spodní část stavby byla vlhká, docházelo tedy k degradaci omítek. Vnitřní omítky byly popraskané. Podlaha byla tvořena směsí pilin a cementu (padalit) a vlivem vlhkosti docházelo ke značným bouším. Při vkročení do objektu byla cítit ve vzduchu vlhkost a podlaha byla kluzká. [44]



Foto 17 : Kostel sv. Bonifáce – projevy vlhkosti exteriér (autor: Ing. Jiří Novotný)

Foto 18 : Kostel sv. Bonifáce – projevy vlhkosti interiér (autor: Ing. Jiří Novotný)

Provedené opatření

Stávající podlaha byla odstraněna (cca 500mm). Byl proveden podsyp, položena nová podkladní betonová deska a provětrávací tvarovky Iglú s napojením na exteriér. Přívodní a odvodní potrubí bylo zasekáno do obvodových stěn a opatřeno tepelnou izolací. Otvor nasávající potrubí je proveden hned nad žulovým soklem a odvětrávací je ve výšce okolo 3m nad úrovní podlahy. Dále byl proveden drenážní systém kolem celého objektu a sveden do vsakovacího systému. Při provádění výkopových prací bude kolem objektu vložena nopová folie. Stávající povrchová úprava byla odstraněna a provedena nová sanační omítka vnější i vnitřní. [44]



Foto 19 : Kostel sv. Bonifáce – provedení odváděcího potrubí (autor: Ing. Jiří Novotný)

Foto 20 : Kostel sv. Bonifáce – provedení vzduchové mezery pomocí tvarovky Iglú (autor: [40])

3.3.6 Objekt 5

Z důvodu špatně zjištěných informací, jsem nejdříve měla hodnotit kostel Nejsvětější Trojce v Liberci, který měl být prováděn pomocí chemické injektáže, bohužel tato metoda tam nebyla provedena a tak jsem sháněla jiný kostel. Památkáři tuto metodu neradi u kulturní památky povolují a na Moravě byla tato metoda prováděla firmou Realsan Group SE, která sídlí v Liberci a to na kostelu, který je pouze památkou místního významu. Bohužel s časových a vzdálenostních důvodů jsem nebyla schopná osobně změřit orientační vlhkost v objektu.

Problematika

Objekt je namáhán atmosférickými srážkami (boční a odstříkující vlhkost) a zemní vlhkostí. Díky stáří objektu lze vyloučit vodorovnou hydroizolaci. V objektu byly viditelné vlhkostní mapy, degradované omítky. Dešťové svody jsou napojeny na kanalizaci, u drenáže, která se nachází kolem objektu, nebylo napojení prokázáno. Terén okolo kostela byl navýšen přibližně o 300mm.[45]

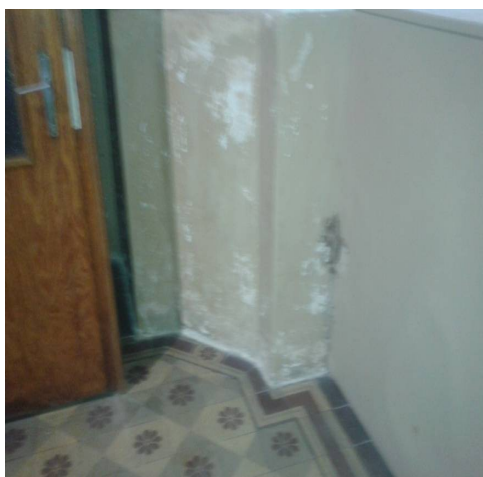


Foto 21: Kostel sv. Alfonse – projevy vlhkosti interiér (autor: [45])

Foto 22: Kostel sv. Alfonse – projevy vlhkosti exteriér (autor: [45])

Provedené opatření

Byla provedena revize rozvodů kanalizace, vody, dešťových okapů a svodů včetně lapačů nečistot a jejich napojení na kanalizaci. Jako hlavní sanační opatření proti vlhkosti u obvodového i vnitřního zdiva byla použita dodatečná horizontální chemická infuzní clona (injektažní krém Aqvabariet III. na silan-siloxanové bázi bez obsahu organických rozpouštědel). Jako doplňkový systém proti vlhkosti byly aplikovány sanační omítky do výšky 1,5 násobku tloušťky zdiva nad viditelnou hranici vlhkosti. [45]

3.3.7 Objekt 6

Problematika

I přesto, že kostel je umístěn na nejvyšším místě obce, léta se potýká s problémem vlhkého zdiva. V minulosti byly provedeny sanační omítky, opatření bylo účinné jen do té doby, než vlhkostní mapy začaly objevovat nad sanační povrchovou úpravou. Vlhkostní měření dosahovala enormní úrovně. [28]

Provedené opatření

V červnu 2011 byla provedeno radikální řešení snížení vlhkosti ve zdivu a to mechanickou metodou podřezáním nejvíce postižené svislé kce v kostele sv. Josefa. Byla vybrána firma Prins z Přerova, která provedla podřezání objektu v západní a jižní lodi kostela. Samotné podřezání objektu bylo provedeno lanovou pilou z důvodu smíšeného zdiva. Dále byly provedeny opatření pro zlepšení větrání kostela. Pokud vlhkost klesne pod 6% hmot. bude provedena na postižených místech nová sanační omítka a propustná malba. A na povrchu by již nemělo docházet k vlhkostním mapám. [28]



Foto 23: Kostel sv. Josefa– provedení podřezání objektu (autor: [39])

Foto 24: Kostel sv. Josefa– lanová pila (autor: [39])

3.4 Multikriteriální porovnání realizovaných sanačních metod

Hodnocení bylo provedeno na základě dostupných a zjištěných informací. Byla zahrnuta následující hlediska: orientační doba realizace, ekonomické hledisko, technologická náročnost, míra zásahu do kce, účinnost sanačního opatření a porovnání.. Cílem multikriteriálního hodnocení je stanovení pořadí výhodnosti provedených opatření u vybraných objektů.

3.4.1 Stanovení kritérií a jejich popis

Byla zvolena následující kritéria:

1. Doba realizace hlavního sanačního opatření

U posuzovaných objektů byla určena doba trvání hlavní sanační metody, podle výpočtu z normy času (Program Kros, ukazatele pracnosti – ČVUT v Praze, fakulta Stavební, databáze činností Contec), internetu nebo dle osobního odhadu. Celková doba realizace byla u každého objektu přepočítána na plochu objektu (m²).

2. Ekonomická náročnost

U každého objektu byla sestavena tabulka s jednotlivými položkami, které tvoří celkové vstupní náklady na sanační metody proti vlhkosti. Tabulka obsahuje vždy u každé položky zdroj (odhad, rozpočet, výpočet) a celková cena byla vždy přepočítána na cenu za m².

3. Technologická náročnost

Jednotlivé metody budou seřazeny od od nejlehčí po nejnáročnější z hlediska technologické náročnosti provádění dané hlavní sanační metody.

4. Míra zásahu do kce

Jednotlivé metody budou seřazeny od od nejlehčí po nejnáročnější z hlediska míry zásahu do kce.

5. Účinnost sanačního opatření

Účinnost jednotlivých objektů bude posuzována dle dostupných informací, a osobním měřením vlhkosti příložným kapacitním vlhkoměrem.(Ser.Nr. 026076), které proběhlo na objektu číslo 1,2,3. Na objektu číslo 4 nebylo dovoleno a objektu číslo 5,6 neproběhlo z důvodu vzdálenosti.



Foto 25: Kapacitní vlhkoměr HydroMeter D-87629 – Ser.Nr, 026076 (autor: Martina Sehořová)

6. Porovnání

Porovnání proti-vlhkostních opatření u vybraných objektů bude provedeno dle hodnotících hledisek na základě dostupných a zjištěných informací.

Kritéria, která nebyla hodnocena:

7. Životnost systému (záleží na provedení, na životnosti daného materiálu či přístroje, na stavu stavby, údržbě)
8. Účinnost sanačních omítek (jsou provedeny u všech objektu, kromě objektu 2, záleží na výši vlhkosti a solí v daném objektu, na provedení a použitém materiálu, u každé stavby se liší)
9. Provozní náklady (jsou jen u aktivní elektroosmózy, samotné přístroje DryPolu pracují na napětí 18V/1,3A při výkonu 4W a jejich spotřeba el. energie činí cca 200,- Kč za rok = náklady minimální, zanedbatelné)

3.4.2 Popis kritérií a stanovení hodnot u vybraných objektů

3.4.2.1 *Orientační doba realizace hlavní sanační metody*

Objekt 1

Instalace dvou přístrojů (Odhad-byla jsem se podívat na provedení instalace u jiné budovy) = **max. 2 hodiny = 0,083 dne**

přepočít na plochu objektu = $0,083 \text{ dne}/1036 \text{ m}^2 = 8,01 * 10^{-5} \text{ den/m}^2$

Nejdříve prováděcí firma odebere vzorky ze zdiva z nejméně viditelně poškozených míst vlhkostí, určí % vlhkost pomocí přístroje pro gravimetrickou zkoušku – váha s ohřevem.. Je proveden zápis do formuláře: místo odběru, výška odběru, naměřená vlhkost. Dle plochy, tloušťky stěn je určen počet přístrojů a jejich umístění. Pak přijde na řadu samotná montáž přístroje, jeho zapojení do elektrické zásuvky a nastavení čísla přístroje.

Objekt 2

Instalace jednoho přístroje = **1,5 hodiny = 0,0625 dne** (odhad)

přepočít na plochu objektu = $0,0625 \text{ dne}/394 \text{ m}^2 = 1,59 * 10^{-3} \text{ den/m}^2$

Objekt 3

Celková doba trvání = **9 dní** (viz. Příloha 1)

přepočít na plochu objektu = $9 \text{ dní}/220 \text{ m}^2 = 0,041 \text{ den/m}^2$

Objekt 4

Příloha 2 – Výpočet doby trvání u objektu 4

Celková doba trvání = **14 dní** (viz. Příloha 2)

přepočít na plochu objektu = $14 \text{ dní}/435 \text{ m}^2 = 0,032 \text{ den/m}^2$

Objekt 5

Výpočet pro: tloušťka zdiva 1000mm, délka zdiva 43m → doba trvání = 3dny [23]

Orientační doba trvání pro délku zdiva 128m = **9 dní**

přepočít na plochu objektu = $9 \text{ dní}/754 \text{ m}^2 = 0,012 \text{ den/m}^2$

Objekt 6

Rychlost při podřezání zdiva diamantovým lanem je cca. 8-12bm za den [30]

Kdyby byl podřezán celý kostel sv. Josefa obvod cca 110m, odhad rychlosti podřezání 10bm/den = **11 dní**

přepočít na plochu objektu = $11 \text{ dní}/583 \text{ m}^2 = 0,018 \text{ den/m}^2$

3.4.2.2 Ekonomické hledisko

Objekt 1

Tab. 4 Výpočet ceny sanačního opatření u objektu 1

položka	MJ	Množství	Cena MJ [Kč]	zdroj	Cena celkem [Kč]
Pořizovací náklady přístroje DryPol® systém (včetně práce)	ks	2	37147,5	rozpočet	74 295,00 Kč
Odstraněná stávající omítky	-	-	-	rozpočet	146 257,44 Kč
Provedení sanační omítky, včetně materiálu	-	-	-	rozpočet	341 472,70 Kč
Trubní vedení – kanalizace, napojení dešťových svodů	-	-	-	rozpočet	234057
Hydroizolace kamenného soklu, podesty - restaurování	-	-	-	rozpočet	176 560,00 Kč
Celkem bez DPH					972642,14
Celkem s DPH (21%)					1176896,99
Přepočítaná cena na plochu 1 m ²			A =1 036m ²		1136 Kč/m²

Objekt 2

Tab. 5 Výpočet ceny sanačního opatření u objektu 2

položka	MJ	Množství	Cena MJ [Kč]	zdroj	Cena celkem [Kč]
Pořizovací náklady přístroje DryPol® systém (včetně práce)	ks	1	35000	odhad	35 000,00 Kč
Celkem bez DPH					35000
Celkem s DPH (21%)					42350
Přepočítaná cena na plochu 1 m ²			A =394m ²		107,49Kč/m²

Objekt 3

Tab. 6 Výpočet ceny sanačního opatření u objektu 3

položka	MJ	Množství	Cena MJ [Kč]	zdroj	Cena celkem [Kč]
Zemní práce	-	-	-	rozpočet	25 508,68 Kč
Ostatní práce – otlučení omítek	-	-	-	rozpočet	42 664,75 Kč
Provedení sanační omítky, včetně odstranění materiálu	m ²	276,3	-	rozpočet	277 094,34 Kč
Okapový chodník	-	-	-	rozpočet	23 428,05 Kč
Izolace proti vodě – nopová fólie, ukončovací lišta	-	-	-	rozpočet	21362,1
Dešťová kanalizace	-	-	-	rozpočet	150 059,17 Kč
Celkem bez DPH					540117,09
Celkem s DPH (21%)					653541,68
Přepočítaná cena na plochu 1 m ²				A =220m ²	2970,64 Kč/m²

Objekt 4

Tab. 7 Výpočet ceny sanačního opatření u objektu 4

položka	MJ	Množství	Cena MJ [Kč]	zdroj	Cena celkem [Kč]
Odstranění stávající podlahy	-	-	-	rozpočet	55 527,85 Kč
Vysekání otvorů pro přívodní a odvodní potrubí + materiál+TI	-	-	-	rozpočet	27 074,25 Kč
Systém Iglú	-	-	-	rozpočet	356 413,90 Kč
Drenáž	-	-	-	rozpočet	183 847,44 Kč
Dešťová kanalizace	-	-	-	rozpočet	155 412,18 Kč
Izolace proti vlhkosti – nopová fólie	-	-	-	rozpočet	43 989,88 Kč
Otlučení stávající omítky + spáry	-	-	-	rozpočet	15 395,43 Kč
Provedení sanační omítky	-	-	-	rozpočet	448 772,25 Kč
Celkem bez DPH					1286433,18
Celkem s DPH (21%)					1556584,15
Přepočítaná cena na plochu 1 m ²				A =435m ²	3578,35Kč/m²

Objekt 5

Tab. 8 Výpočet ceny sanačního opatření u objektu 5

položka	MJ	Množství	Cena MJ [Kč]	zdroj	Cena celkem [Kč]
Chemická injektáž	m ²	128*1	3500	odhad	448 000,00 Kč
Otlučení stávající omítky	m ²	128*1,8	118	odhad	27 188,00 Kč
Vysekání a vyčištění spár	m ²	128*1,8*1,1	56	odhad	14 193,00 Kč
Provedení sanační omítky	m ²	128*1,8	1000	odhad	230 400,00 Kč
Kontrola dešťové kanalizace, napojení	-	-	-	odhad	50 000,00 Kč
Celkem bez DPH					769781
Celkem s DPH (21%)					931435,01
Přepočítaná cena na plochu 1 m ²			A =754m ²		1235,32Kč/m²

Objekt 6

Tab. 9 Výpočet ceny sanačního opatření u objektu 6

položka	MJ	Množství	Cena MJ [Kč]	zdroj	Cena celkem [Kč]
Podřezání celého objektu	m ²	110	3500	odhad	385000 Kč
Otlučení stávající omítky	m ²	110*1,8	118	odhad	23 364,00 Kč
Vysekání a vyčištění spár	m ²	110*1,8*1*1	56	odhad	12 197,00 Kč
Provedení sanační omítky	m ²	110*1,8	1000	odhad	198 000,00 Kč
Kontrola dešťové kanalizace, napojení	-	-	-	odhad	50 000,00 Kč
Celkem bez DPH					668561
Celkem s DPH (21%)					808958,81
Přepočítaná cena na plochu 1 m ²			A =583m ²		1387,58Kč/m²

3.4.2.3 Technologická náročnost hlavní sanační metody

Objekt 2

Minimální, viz objekt 1. V objektu byl umístěn pouze jeden přístroj DryPol® systém.

Objekt 1

Jedná se o nedestruktivní metodou pulzním vysílačem, který indukuje elektrofyzikální jev – elektroosmózu. Tato metoda je vhodná a to zejména pro stavby historické nebo i jiné s problematickým smíšeným nebo kamenným zdivem. Technologická náročnost je minimální, podle půdorysné plochy se určí kolik je třeba

umístit přístrojů. Přístroj musí být připojen na elektrickou energii. Při výpadku může být přístroj 150 h/rok bez energie, není ovlivněna účinnost. Před instalací se provedlo vlhkostní měření, které bylo zapsáno do smlouvy. Díky větší půdorysné ploše byly vhodně osazeny dva přístroje DryPol® systém. Kontrolní měření bude probíhat druhým rokem. [42]

Objekt 5

Práce jsou při použití destruktivní chemické metody poměrně snadné. Byla provedeny rovné vrty o průměru 12mm, v osové vzdálenosti 150mm ve dvou vrstvách nad sebou – šachovnice. Hloubka otvoru byla max. o 40mm menší než daná tloušťka zdiva. Otvory byly vyčištěny od hrubých nečistot kartáčkem a jemný prach byl odstraněn stlačeným vzduchem. Infuzní clona byla vytvořena, injektážní hmota se aplikuje v jednom pracovním kroku. Do připraveného otvoru byl vložen trubkový nástavec, musí se dotýkat dna vrtu a byl vtlačován injektážní krém, který vyplnil otvor až po 1cm od kraje stěny. Nástavec se pomalu vytahoval z otvoru. [45]

Objekt 3

Před provedením byly vytyčeny všechny inženýrské sítě. Byl proveden výkop kolem celého kostela a snížení terénu kolem sakristie cca. 150mm. Ve výkopu bylo provedeno pomocí nopové folie oddělení zeminy od základových pasů a ložné spáry pískovcových soklů. Dešťové svody byly napojeny do vsakovací šachty, trasa potrubí a rozmístění šachet bylo provedeno dle projektové dokumentace. Veškeré zásypy byly provedeny z propustného materiálu a byly zhutněny ve vrstvách po 300mm. Povrch byl upraven do původního stavu, zatravněn a přebytečná zemina odvezena. Kolem celého kostela byl proveden okapový chodníček z kačírku s betonovými obrubníky. [43]

Objekt 4

Při metodě sanace pomocí vzduchově podlahové dutiny byla nejdříve odstraněna stávající omítka a podlaha až na původní zeminu. Ve stěnách byly vysekány přívodní a odvodní komínky dle dokumentace. Na vrstvu z hutněného štěrku se vytvořila rovná podkladní mazanina a na ní byly položeny tvarovky systému Iglú, tím se vytvořila vzduchová podlahová dutina, která je napojena na přívodní a odvodní komínky. Následně se před tvarovky položila armovací síť

a provedla se betonová deska o tloušťce 50mm a nová skladba podlahy, dle projektu.
[44]

Objekt 6

Mechanická metoda z hlediska technologie provádění, je velmi pracná a časově náročná. Nejdříve se uskutečnil průzkum, zjištění stavebního materiálu, poloha inženýrských sítí a byl stanoven technologický postup sanace (výška řezu, počet záběrů, typ vkládané hydroizolace). Byl vypracován i statický posudek, metoda je spojena s velkým rizikem poškození statiky objektu. V kci byl zjištěn výskyt kamenných bloků, z tohoto důvodu bylo k podřezání objektu použita lanová pila. Pro pojezd pily musí mít zajištěn pevný a zároveň rovný podklad. Pro provedení řezu musí být přístup ke kci z obou stran a řez je prováděn ve výšce min. 100mm od terénu. Nejdříve se v místě budoucí řezu vyvrtaly otvory ve vzdálenosti 4-5m od sebe pro vložení diamantového lana. Lano se osadí do stroje a vodících kladek. Princip řezání lanové pily je, že postupným zkracováním uzavřené smyčky diamantového lana dochází k podřezání dané kce. Při zahájení práce s pilou bylo nutné diamantové lano chladit vodou. Přímo do řezu se vkládala hadice s puštěnou vodou ve směru otáčení lana. Do spáry, která se vyčistila byla vložena vodotěsná hydroizolace (přesah sousedních desek min. 10cm) a zajištěna natloukanými plastovými rozpěrovými klíny z obou stran (rozteč 25cm) a podřezávala se další část zdiva. Následně se mezera mezi klíny vyplní tlakovou injektáží cementové malty s plastifikátory. [1]

3.4.2.4 Míra zásahu do konstrukce

Objekt 2

Nedestruktivní zásah do kce.

Objekt 1

Předností technologie aktivní elektroosmózy je, že vysoušení zdiva probíhá bez nutných zásahů do nosných stěn a nemůže tak dojít k narušení statiky odvlhčovaného objektu, takže míra zásahu do konstrukce je minimální. Při procesu odvlhčování nejsou překážkou tloušťky zdiva, ani použitý materiál zdiva. Objekty zachovávají svou formu, materiál a charakter vzhledu.

Objekt 3

Míra zásahu do objektu je u terénních úprav minimální, vše se provádí mimo objekt.

Objekt 5

Oproti mechanické metodě je metoda chemická šetrnější vzhledem k zásahu do stavební kce.

Objekt 4

Velký zásah do objektu, je nutné odstranění podlahového souvrství, vytvoření přírodních a odvodních kanálků, ale není namáháno obvodové zdivo.

Objekt 6

Vždy se jedná o zásadní zásah do kce, je vhodné konzultovat se statikem. Může dojít k následným poruchám díky špatnému vyklínování spáry řezu.

3.4.2.5 Účinnost sanačního opatření

Objekt 1

Účinnost tohoto opatření je dobrá, když se vejde do kostela není cítit vlhkost ani plíseň. Jen při přechodu mezi sanační omítkou vznikají místa, kde dochází k olupování omítky asi z důvodu špatného napojení. V objektu nebyla sanační omítkou použita na sloupech, na nich stále dochází k projevu vlhkosti. Z hlediska aktivní elektroosmózy je účinnost velmi závislá na čase. Výhoda této metody je, že se dochází k vysoušení i objevené hrobky. Při výpadku může být přístroj 150 h/rok bez energie, není ovlivněna účinnost.

Tab. 10 Naměřená průměrná vlhkost objekt 1

Měření vlhkosti v % kapacitním přístrojem 13.11.2016 (viz příloha 3)		
Úroveň měření [m]	1.měření ± 0,000	2.měření +1,000
Průměr	6,08%	3,21%



Foto 26: Kostel sv. Antonína Velikého – projev vlhkosti na stěně, na hraně sanační omítky (autor: Martina Sehořová)

Foto 27: Kostel sv. Antonína Velikého – projev vlhkosti na polosloupě, kde nebyly provedeny sanační omítky (autor: Martina Sehořová)

Objekt 2

Při příchodu do kostela není ve vzduchu cítit vlhkost, omítky v některých oblastech poškozeny, ale dle mého úsudku tato metoda funguje a dochází ke snížení vlhkosti.

Tab. 11 Naměřená průměrná vlhkost objekt 2

Měření vlhkosti v % kapacitním přístrojem 12.11.2016 (viz příloha 4)		
Úroveň měření [m]	1.měření ± 0,000	2.měření +1,000
Průměr	6,34%	4,76%

Objekt 3

Po 11 letech po provedení sanačního opatření (terénní úpravy, odvod dešťové vody sanační omítky), se na objektu objevují vlhkostní mapy, dochází k opadávání ztrávené omítky. Bylo by vhodné zvolit jinou metodu sanace proti vlhkosti, terénní úpravy a osazení nopové folie nebyly dostačující. Pokud by se voda dostala mezi nopovou folii a svislou kci, může naopak ještě dojít k nárůstu vlhkosti ve zdivu.

Tab. 12 Naměřená průměrná vlhkost objekt 3

Měření vlhkosti v % kapacitním přístrojem 13.11.2016 (viz příloha 5)		
Úroveň měření [m]	1.měření ± 0,000	2.měření +1,000
Průměr	7,96%	4,62%



Foto 28: Kostel sv. Umučení Jana křtitele– projev vlhkosti exteriér 13.11.2016 (autor: Martina Sehořová)

Foto 29: Kostel sv. Umučení Jana křtitele– projev vlhkosti interiér 13.11.2016 (autor: Martina Sehořová)

Objekt 4

Nebylo mi dovoleno změřit orientační vlhkost v objektu kapacitním vlhkoměrem. Osobně si myslím, že tato metoda má malou účinnost a velký zásah do kce. Záleží na okolní zástavbě a povětrnostních podmínkách. Kanálky musí být dobře nadimenzované a je vhodné, aby odvětrávací komínky byly v rozích (vzduch proudí co nejkratší cestou). Dle projektu nebyl proveden systém v celé ploše, byla vynechána sakristie a WC, tím jeden roh objektu není vůbec odvětrán a podle mého názoru bude v tomto místě docházet k průchodu vlhkosti do objektu. (viz příloha číslo 6). U kostelů se tato metoda používá jen ojedinělých případech, protože prostor pod podlahovým souvrstvím je archeologickým terénem, do kterého lze zasahovat jen v odůvodněných případech.

Během hodnocení systému Iglú vyvstalo několik otázek, jež mi následně zodpověděla paní Saša Vondráková z firmy Gabex s.r.o., zaměřené na systémy vodotěsné, plynotěsné, ale i hydroizolační.

Otázky + odpovědi:

1. Je potřeba krytí ocel. sítě nad tvarovkami nebo je ocel. síť možné položit i přímo na tvarovky IGLÚ? Do jaké polohy by se v desce měla uložit?

„S krytím oceli v betonové desce se postupuje v praxi zejména tak, že je uložena přímo na tvarovky IGLÚ. Dotyková plocha kari sítě s vrcholem tvarovky je

minimální, proto je uložení výztuže v desce považováno za dostatečné i bez distančních prvků.“

2. Jak se zamezí vniku vlhkosti netěsnostmi mezi tvarovkami do podlahy?
V katalogu ve skladbě podlahy nemáte žádnou vloženou hydroizolaci.

„Vlhkost v plynné podobě vodní páry odchází z dutiny „cestou nejmenšího odporu“, tedy cestou vzdušného proudění . Vodní pára odchází z dutiny průvanem mezi odvětrávacími komínky. Pro plyn je toto nejsnazší cesta. Pokud umožním vlhkosti volný odchod z podloží stavby, nebude se složitě dostávat mezi tvarovkami nahoru.

V místech kolem stěn, kde se setkává vlhkost táhnoucí se ze základových pásů s vlhkostí pod podlahou, je dobré podpořit proudění vhodným umístěním odvětrávacích komínků. V rozích místnosti doporučujeme umístit odvětrávací komínky max. do vzdálenosti 50 cm od koutu/rohu/záhybu místnosti.“

3. Pokud potřebuji odstranit vlhkost ze základových pásů a zdí (ne radon), nebylo výhodnější, když už se odstraní v celé ploše podlahy stávající souvrství konstrukce podlahy, provést na nový podkladní beton i hydroizolaci např. z modifikovaného asfaltového pásu (MAP) s rastroem odvodňovacích kanálků v podkladním betonu (pro odvod případného kondenzátu ve vzduchové dutině vytvořené tvarovkami IGLÚ). Na tuto hydroizolaci pak položit tvarovky Iglú? Nedošlo by tak k prostupu vlhkosti z celé plochy podlahy objektu do vzduchové mezery pod tvarovky IGLÚ. Pokud by tam nebyla hydroizolace tak by podle mne docházelo ke zbytečnému transportu vlhkosti do vzduchové dutiny kterou se snažíme nějak odvést vzduchovými komínky mimo objekt, ale tato vlhkost z podloží neustále tuto dutinu "zásobuje" vlhkostí.

„Výše uvedený postup s novým betonem a hydroizolací je jiným konceptem hydroizolace.

S elementy IGLÚ je zajištěno :

Vytvoření dostatečně celoplošné dutiny, která v dostatečné výšce a celkové ploše modeluje prostor pro odvětrání. Termínem celoplošná se rozumí více než systém kanálků.

Podkladní beton uložený pod základovými pásy zvyšuje riziko nastoupaní vlhkosti do zdí. Pokud se s ním počítá pod elementy IGLÚ, je třeba zajistit dostatečnou výšku dutiny kolem zdí – aby zde průvan omýláním zdi vlhkost odvedl.

V jakémkoliv jiném případě – bez odvětrání - je podkladový beton považován jako uzavření podlahy a budoucí problém natlačení vlhkosti do zdi.“

4. Jak se zajistí účinnost tohoto systému pro odstranění vlhkosti ze základových pasů a zdí? Určuje se na základě nějakého výpočtu (tento systém je velmi závislý na okolní zástavbě, terénu, teplotě, větru, atd., které nelze ovlivnit) nebo se výška tvarovky určí jen z potřebné výšky podlahového souvrství?

„Moment odvedení vlhkosti kolem zdí jsem zmiňovala výše. Pro maximální odvedení vlhkosti kolem stěn v dutině je možno udělat: umístit odvětrávací komínky blízko rohů, navýšit maximálně výšku dutiny kolem stěn a tím vymezit prostor pro omílání stěn vzdušným vírem.

Dalšími parametry jsou návětrné strany kolem domu, rozdíl převýšení odvětrávacích a nasávacích komínků . Vše toto rozhoduje o provětrání.“

5. Jak velkou roli hraje umístění přívodních a odvodních potrubí vzhledem ke světovým stranám?

„Rozmístění ve směru sever jih je ideálním návodem, ale u mnoha staveb není možné ho dosáhnout. Za optimální považujeme docílení odvětrávání na dvou protilehlých stranách. A pokud ani toto není možné, je třeba v půdorysu zvolit doplňující rozmístění komínků tak, aby bylo zajištěno proudění po celém půdoryse, zejména ve všech rozích a koutech. V praxi známe budovy, které jsou odvětrány jen z jedné strany a přesto dochází k dostatečnému odvedení vlhkosti z budovy. Výhodou odvětrané dutiny pod podlahou je i to, že když by vše nestačilo, že je možno umístit dodatečný ventilátor na odvětrávací komínek pro podporu proudění, aniž by bylo nutno stavebně zasahovat do konstrukce podlahy.“

Objekt 5

Účinnost chemické metody velmi závisí na zvolení injektážního prostředku a zejména na kvalitě provedení. Nelze účinnost provedené sanace zkontrolovat ihned po dokončení injektáže, tato metoda není viditelně kontrolovatelná a výsledek se při nesprávném použití ukáže až po delším časovém období ,po ukončení realizace.

Dle paní Likešové z Moravy tato metoda splnila předpoklady, ale zatím je krátká doba na vyhodnocení. Naměřená průměrná vlhkost byla naměřena firmou Realsan, do výšky 1m byla vlhkost 12,125 %. Měření se provádělo elektrickým kapacitním vlhkoměrem ALMEMO se sondou FH A 696-MF firmy AHLBORN

Další názor od patera P. Macha z Mnichova Hradiště, který problém sanací proti vlhkosti u historických budov často řeší s jeho techniky, je tato metoda pro kostely nevyhovující. Z technického a ekonomického pohledu, raději volí úpravu přilehlého terénu a vnitřních podlah.

Objekt 6

Z hlediska památkové péče je tato metoda hodnocena jako nevyhovující, jedná se o radikální zásah do kce, jedná se zdlouhavou a pracnou metodu. Výhoda této metody je v účinnosti, při správném provedení. Je možné ji viditelně zkontrolovat a tím dohlédnout na kvalitu a účinnost provedení.

Dle P. Kundla jsou se sanací spokojení, říká: *„Podřezání zdiva je nejjistější způsob odvlhčení, protože je do podřezané zdi vložena fólie, které zamezí vzlínání vody. Tento způsob ovšem není dovolen v památkově chráněných stavbách, proto se u kostelů tak často nevyskytuje. Nejlepší informace o různých metodách sanace kostelů by Vám mohla dodat firma PRINS, která hydroizolaci prováděla.“* Bohužel mi firma PRINS nereagovala na můj e-mail.

3.4.2.6 Porovnání

Tab. 13 Shrnutí změřené vlhkosti u vybraných objektů

Měření (před/po realizaci)	Přístroj, zdroj	Datum měření	Výška měření [m]	Ø vlhkost [%]	Výška měření [m]	Ø vlhkost [%]	Pořadí
Objekt 1							
před	CM přístroj, [42]	12.9.2012	0,2-03	6,4	1,0	3,1	3
před	Ohaus MB23, [47]	3.2.2017	0,1-0,2	9,8	0,4-0,7	10,2	
po	Moje měření	13.11.2016	0,0	6,1	1,0	3,2	
Objekt 2							
před	Ohaus MB23, [48]	26.11.2014	0,03	7,0	0,1-0,2	4,0	4
před	Ohaus MB23, [48]	23.2.2016	0,03	4,9	0,1-0,2	2,7	
po	Moje měření	12.11.2016	0,0	6,3	1,0	4,8	
Objekt 3							
před	Firma Inpos, [43]	29.3.2005	0,6-0,8	5,0	1,0-1,3	5,1	6
po	Moje měření	13.11.2016	0,0	8,0	1,0	4,6	
Objekt 4							
před	Bez podkladů						5
po	Nedovoleno změřit vlhkost						
Objekt 5							
před	Almemo,[45]	22.2.2014	0,3-0,5	12,4	1,0-2,5	11,6	2
po	Nezměřeno - vzdálenost						
Objekt 6							
před	Bez podkladů						1
po	Nezměřeno - vzdálenost						

Tab. 14 Shrnutí výsledných hodnot u vybraných objektů

číslo objektu	Doba realizace	Ekonomická náročnost	Technolog. náročnost	Míra zásahu do kce	Účinnost
jednotka	den/m ²	Kč/m ²	-	-	-
1	8,01*10 ⁻⁵	1136,00	nejjednodušší	nedestruktivní	středně účinná
2	1,59*10 ⁻³	107,49	nejjednodušší	nedestruktivní	méně účinná
3	0,041	2970,64	méně náročná	minimální	nejméně
4	0,032	3578,35	náročná	velký	málo účinná
5	0,012	1235,32	středně náročná	střední	velmi účinná
6	0,018	1387,58	nejsložitější	zásadní	nejúčinnější

Tab. 15 Porovnání hledisek (kritérií) u vybraných objektů (1 – nejvýhodnější, 6 – nejhorší)

číslo objektu	Doba realizace	Ekonomická náročnost	Technolog. náročnost	Míra zásahu do kce	Účinnost
1	1	2	2	2	3
2	2	1	1	1	4
3	6	5	4	3	6
4	5	6	5	5	5
5	3	3	3	4	2
6	4	4	6	6	1

3.4.3 Metoda vyhodnocení nejlepší varianty

Vyhodnocení opatření, u vybraných objektů, bude určeno dle metody stanovení pořadí jednotlivých variant s preferencí kritérií (váhy).[46] Stanovení vah bylo bráno z pohledu investora, za nejdůležitější hlediska byla brána účinnost dané metody, která velmi závisí na míře povoleného zásahu do kce (dle památkářů). Čím větší zásah do kce je povolen tím roste i míra technologické náročnosti.. Nejméně důležité je hledisko financí, protože tyto stavby jsou většinou financované z evropských fondů, dotací a v malé míře farnostmi.

Váhy jednotlivých kritérií

Váhy jednotlivých kritérií jsem stanovila pomocí Fullerovy metody Tabulka níže ukazuje váhy jednotlivých kritérií. Pokud některé kritérium má nulovou váhu, je nutné přičíst ke každému kritéria +1 a vzorec (5) upravíme, že ve jmenovatel zlomku zvýšíme o n. [46]

$$w_i = f_i / [(n*(n-1)/2) + n] \quad (5)$$

(w_i = váha daného kriteria, součet všech vah se musí rovnat 1, n = počet kritérií, f_i = počet preferencí +1)

Tab. 16 Tabulka stanovení vah vybraných hledisek [46]

n	Hledisko	1	2	3	4	5	+1	f_i	Váha w_i
1	Doba realizace		1	0	0	0	1	2	0,13
2	Eko. náročnost	0		0	0	0	1	1	0,07
3	Tech. náročnost	1	1		0,5	0	1	3,5	0,23
4	Míra zásahu do kce	1	1	0,5		1	1	4,5	0,3
5	Účinnost	1	1	1	0		1	4	0,27
Σ vah									1

Stanovení pořadí výhodnosti u vybraných objektů

Stanovení posloupnosti (Metoda pořadí [46]) bylo vypočteno součinem pořadí jednotlivých hledisek (tab.15) s jejich stanovenou vahou (tab.16). Provedl se vážený součet pořadí a tím se určilo pořadí výhodnosti použitých metod sanací proti vlhkosti u vybraných objektů (tab.17). Nejvýhodnější varianta má tento součet nejnižší.

Tab. 17 Stanovení pořadí výhodnosti vybraných objektů:[46]

číslo objektu	Doba realizace	Eko. náročnost	Tech. náročnost	Míra zásahu do kce	Účinnost	Vážený součet pořadí	Pořadí
výpočet	1*0,13	2*0,07	2*0,23	2*0,3	3*0,27		
1	0,13	0,14	0,46	0,6	0,81	2,14	2
výpočet	2*0,13	1*0,07	1*0,23	1*0,3	4*0,27		
2	0,26	0,07	0,23	0,3	1,08	1,94	1
výpočet	6*0,13	5*0,07	4*0,23	3*0,3	6*0,27		
3	0,78	0,35	0,92	0,9	1,62	4,57	5
výpočet	5*0,13	6*0,07	5*0,23	5*0,3	5*0,27		
4	0,65	0,42	1,15	1,5	1,35	5,07	6
výpočet	3*0,13	3*0,07	3*0,23	4*0,3	2*0,27		
5	0,39	0,21	0,69	1,2	0,54	3,03	3
výpočet	4*0,13	4*0,07	6*0,23	6*0,3	1*0,27		
6	0,52	0,28	1,38	1,8	0,27	4,25	4

3.5 Rozhovor – Odbor památkové péče – Liberec

Nejvyšší úřad v České republice pro památkovou péči je ministerstvo kultury, ale v každém kraji působí NPÚ, které zhotovuje podklad – odborné posouzení, vyjádření pro správní orgán, který má pravomoc rozhodnout (např. krajský nebo magistrátní úřad či obec s rozšířenou působností).

Pokud máme stavbu památkově chráněnou nebo v památkové zóně, je vhodné než zadáme projektantovi zakázku, obrátit se na NPÚ, který určí požadavky, poradí jak provádět opravy, dále jak řešit stavební detaily, poradí s výběrem barev, atd.. Tato služba je bezplatná a proto je výhodné ji využít, ušetření času i financí.

Na moje otázky mi odpověděl vedoucí oddělení památkové péče z Liberce pan Ing. Jaroslav Badalec

Otázky a odpovědi:

- 1) Jaká metoda sanačního opatření proti vlhkosti zdiva je z hlediska památkové péče u památkově chráněných objektů - kostelů nejvhodnější?

„Nejlepší sanační opatření je odstranění důvodu vlhkosti, tj. zamezení přístupu vody (odvodnění, drenáž, oprava svodů, okapů).“

- 2) Dočetla jsem se, že NPÚ nedoporučuje používání mechanických a chemických metod pro zamezení vnikání vlhkosti do památkově chráněného objektu-kostela. Z jakého důvodu se tyto metody nedoporučují? A kdy se povolují?

„Chemické metody jsou historicky neopodstatněné, mechanické (viz bod 1.) proč ne.“

- 3) Jaký máte názor na metodu aktivní elektroosmózy (drypol)? Je z hlediska NPÚ nutné projednávat použití této metody u památkově chráněného objektu-kostela? Jsou nějaká omezení, kdy se provádět nesmí?

„Jakýkoliv stavební zásah či umístění technologie na památce či jinak plošně památkově chráněném území je bez vyjádření orgánu státní památkové péče porušením zákona! Každý případ je posuzován samostatně.“

- 4) Ve většině případů se jako povrchová úprava provádí sanační omítka. Jsou nějaká omezení pro památkově chráněný kostel?

„Bylo řečeno (napsáno). Je-li jiné řešení upřednostňujeme jej. Na románském kostelíku nebudeme určitě preferovat sanační omítku.“

- 5) Jaký máte názor na účinnost nových stěnových vzduchových dutin u historických budov-kostelů, pro odvedení vlhkosti z paty stěny?

„Případ od případu. Je to velice individuální zásah.“

- 6) Je možné u památkově chráněného kostela provést vzduchovou podlahovou dutinu (např. Iglú systém) pro odstranění vlhkosti ze zdiva?

„Spíše nikoliv. Zase případ od případu. U sv. Víta nepřijatelné.“

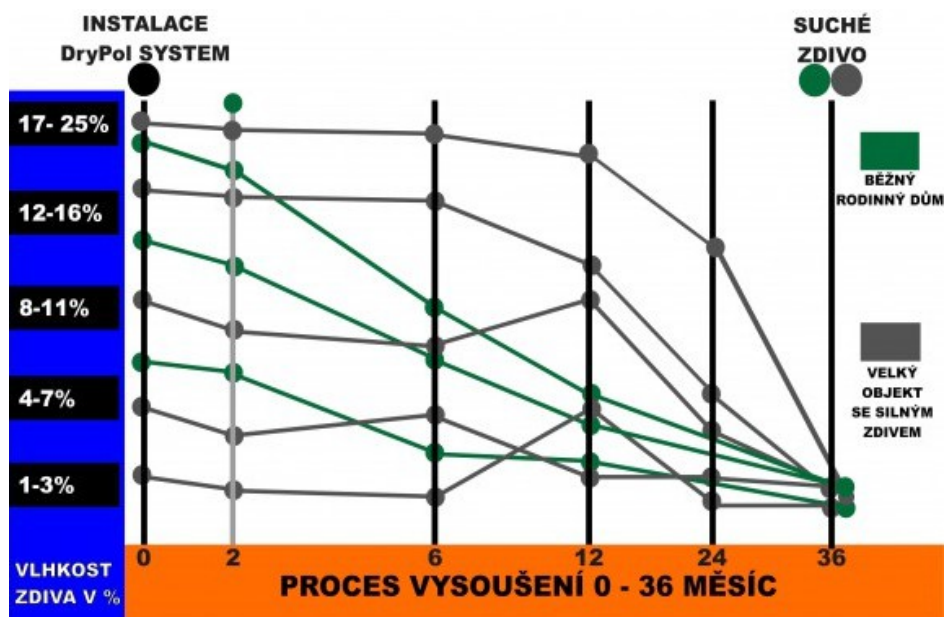
„Všeobecně: zavlhčení má vždy příčinu. Neúdržba, využití, provoz, větrání. Většina kostelů stojí staletí s vlhkostí i bez ní. Často opravdu stačí se o stavbu řádně starat.“

ZÁVĚR

Z provedeného porovnání v tabulce č.17 (Stanovení pořadí vybraných objektů) plyne, že nejvýhodnější řešení sanace proti vlhkosti je použití aktivní elektroosmózy (systém Drypol) na objektu číslo 2 – kostel sv. Kateřiny Alexandrijské.

Tato metoda vyšla jako nejlepší řešení sanace proti vlhkosti z několika důvodů: je nedestruktivní a není třeba dalších sanačních opatření. Jedná se tedy o min. zásah do dané kce a účinnost této metody je velmi vysoký a mimo jiné jsou i velmi nízké náklady na pořízení, takže se nemusí žádat o evropské dotace. Další nesmírná výhoda je, že dochází ke snížení vlhkosti v celém objektu, např. základu objektů nebo hrobek, které se v objektech často nachází. Při použití systému Drypol je nutné zažádat o povolení, nemělo by docházet k zamítnutí tohoto řešení, není zde žádný zásah do objektu, jde pouze o připevnění přístroje na stěnu. Samotný smysl žádosti o povolení je, dle mého názoru, diskutabilní. Je to jako bychom si v historickém objektu nabíjeli např. mobilní telefon.

Hlavní nevýhoda této metody, jak už bylo zmiňováno, je v náročnosti z hlediska času. k úplnému vyschnutí stěn, které vlhly stovky let je otázkou několika dalších roků (obr.13), ale při porovnávání se jednalo o neobydlené prostory, které se využívají minimálně, takže na času úplného vyschnutí nezáleží. Většinou se tato metoda kombinuje s dalšími metodami, například se vymění podlaha za podlahu s drenážním systémem nebo se přidá vnější drenáž, či se ještě jinak vyřeší odvětrání stěn, aby se rychleji odvedla vlhkost a pomohlo se i systému do budoucna systému. Nelze však použít pokud je objekt podřezán a pokud jsou vodorovné hydroizolace napojeny na svislé, kapilární cesty pro odvod vody jsou tehdy přerušeny. Dále pokud se jedná o vzdušnou vlhkost nebo tlakovou vodu.



Obr. 13: Graf různého průběhu vysoušení zdiva v závislosti na stupni vlhkosti a časové ose 36 měsíců [37]

Při volbě sanačního opatření proti vlhkosti u historickým objektů, které jsou památkově chráněny, je výběr metody velmi náročný. Není pevně stanoven obecný předpis, co se na objekt může a nemůže provést za opatření, každý objekt je tedy posuzován zvlášť. Je tedy nutné spolupracovat se zástupcem Památkové péče. Samozřejmostí je odstranění příčiny vzniku vlhkosti ovšem při konzultování s „památkáři“ bývají často investoři (projektantovi) doporučovány metody, které vycházejí z metod historických (např. vzduchové metody), které jsou málo účinné a náročné na provedení. Ve většině případech jsou považovány chemické a mechanické metody za nevhodné. Záměry investorů tak mnohdy končí na nevyvratitelném argumentu „památkářů“: „v šestnáctém století tyto materiály neexistovaly a tak na budovu nepatří!“. Z hlediska provedení je chemická metoda proveditelná až do tloušťky stěny 1600mm, musí být ale přístup z obou stran ke. Mechanická metoda je technologicky náročná, kostely mají většinou velmi široké stěny, materiál je většinou ze smíšeného zdiva a je vhodné mít posouzení od statika. Z ekonomického hlediska je chemická a mechanická metoda velmi nevýhodná.

Jakou metodu tedy zvolit, pokud chceme zabránit vnikání vlhkosti do historického objektu – kostelu?

Postup při řešení vlhkosti v historickém objektu-kostela:

1. KONZULTACE SE ZÁSTUPCEM PAMÁTKOVÉ PÉČE

2. ODSTRANIT PŘÍČINU VZNIKU VLHKOSTI

Je nutné odstranit příčinu např. odvedení dešťové vody, kanalizace, provedení drenáže, oprava svodu, oprava spár soklu, provedení okapového chodníku kolem objektu,...

3. NÁVRH SANAČNÍ METODY PROTI VLHKOSTI A JEJÍ PROVEDENÍ

Pokud chceme, aby systém odvlhčení objektu neodporoval s potřebami památkového objektu, je vhodné dodržovat dle Balíka [1] tyto zásady:

- respektovat v max.míře objevené systémy proti vlhkosti, většinou vzduchové,
- doplnit stávající neúčinnou metodu proti vlhkosti metodou, která je založena na podobném principu,
- nový odvlhčovací systém nesmí být příčinou potlačení nebo zániku historicky chráněného zdiva, měl by být co nejméně destruktivní,
- po účinném vysušení, historický materiál nesmí být namáhán radikálně odlišnými prvky (např. přesušením – statické poruchy,)
- nutné zachovat, dle technických možností, co v největší míře historické omítky, malby a architektonickým prvků,
- uvážlivě navrhovat výdechové a vdechové otvory, tvar a materiál sanačních soklů. [1]

4. ÚDRŽBA DANÉHO OBJEKTU

Nesmíme zapomenout na důležité opatření a to na údržbu daného objektu. Bylo by vhodné, aby v každém objektu byl sepsán plán údržby, který by se měl pravidelně provádět, některé práce lze provádět svépomocí, jiné se musí svěřit odborným firmám či restaurátorům. Je nutné zajistit i funkční odvětrání daného prostoru, zaručit cirkulaci vzduchu a požadovanou relativní vlhkost. U kostelů je po většině případů odvětrání zajištěno pouze přirozeným způsobem a to okenními otvory.

Tab. 18 Příklad plánu údržby kostela: [29]

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

V rámci diplomové práce bych ráda dopracovala metody používané v zahraničí, které jsem z časových důvodů nestihla vypracovat. Dále bych v diplomové práci chtěla tabulku porovnání vah rozeslat uživatelům historických objektů a odborníkům z praxe a použila bych přesnější určení vah, pomocí metody bodovací, na rozdíl od metody pořadí se důležitost daných kritérií ohodnotí počtem bodů, kdy nejdůležitější kritéria získávají nejvíce bodů.

LITERATURA

Seznam knih

- [1] BALÍK, M. a kolektiv. *Odvhlčování staveb*. 2. vydání. Praha: Grada Publishing, a.s.; 2008. 312 stran. ISBN 978 – 80 – 247 – 2693 – 9
- [2] BALÍK, Michael. *Vysušování zdiva I*. 2 vyd, v Grada Publishing, spol. s r.o., Praha, 1999. 84 s. ISBN 80-7169-856-3
- [3] BALÍK, Michael. *Vysušování zdiva II*. 1 vyd, v Grada Publishing, spol. s r.o., Praha, 1997. 132 s. ISBN 80-7169-440-1
- [4] BALÍK, Michael. *Vysušování zdiva III*. 1 vyd, v Grada Publishing, spol. s r.o., Praha, 1999. 128 s. ISBN 80-7169-737-0
- [5] BALÍK, Michael. *Vysušování zdiva v příkladech*. 1 vyd, v Grada Publishing, spol. s r.o., Praha, 2010. 128 s. ISBN 978-80-247-3045-5
- [6] FÁRA, Pavel. *Sanace vlhkého zdiva*. 1.vyd, ve Společnosti pro technologie ochrany památek, Praha, 2003. 82 s. ISBN 80-86657-02-7
- [7] KLEČKA, Tomáš; KOLÁŘ, Karel; KOLÍSKO, Jiří; VLČEK, Milan. *Diagnostika vlhkých staveb*. 1 vyd, v České stavební společnosti, Praha, 2000. 125 s. ISBN 80-02-01366-2
- [8] SOLAŘ, Jaroslav. *Odstraňování vlhkosti sanace vlhkého zdiva*. 1 vyd, v Grada Publishing, spol. a.s., Praha, 2013. 112 s. ISBN 978-80-247-4708-8

Seznam norem

- [9] ČSN P 73 0610: *Hydroizolace staveb - Sanace vlhkého zdiva - Základní ustanovení*. Praha: Český normalizační institut, 2000.
- [10] ČSN 74 4505: *Podlahy – Společná ustanovení*. 2012. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2000.
- [11] ČSN EN ISO 12570: *Tepelně vlhkostní chování stavebních materiálů a výrobků - Stanovení vlhkosti sušením při zvýšené teplotě*. Praha: Český normalizační institut, 2001.
- [12] ASTM D4263-83: *Standard Test Method for Indicating Moisture in Concrete by the Plastic Sheet Method*. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2012.

Seznam internetových podkladů

[13] *Dielektrikum*[online]. [cit. 2016-11-15]. Dostupné z:

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Dielektrikum>

[14] *Průzkum příčin vlhnutí zdiva a metodika návrhu sanace* [online]. [cit. 2016-10-

30]. Dostupné z: [http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/rekonstrukce-](http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/rekonstrukce-staveb/pruzkum-pricin-vlhnuti-zdiva-a-metodika-navrhu-sanace)

[staveb/pruzkum-pricin-vlhnuti-zdiva-a-metodika-navrhu-sanace](http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/rekonstrukce-staveb/pruzkum-pricin-vlhnuti-zdiva-a-metodika-navrhu-sanace)

[15] *Sanace stavebních konstrukcí ve styku se zeminou* [online]. [cit. 2016-11-25].

Dostupné z: [http://stavba.tzb-info.cz/izolace-proti-vode-a-radonu/12328-sanace-](http://stavba.tzb-info.cz/izolace-proti-vode-a-radonu/12328-sanace-stavebnich-konstrukci-ve-styku-se-zeminou)

[stavebnich-konstrukci-ve-styku-se-zeminou](http://stavba.tzb-info.cz/izolace-proti-vode-a-radonu/12328-sanace-stavebnich-konstrukci-ve-styku-se-zeminou)

[16] *VLHKÉ ZDIVO A JEHO VYSOUŠENÍ POMOCI ELEKTROOSMÓZY DRYPOL SYSTÉM* [online]. [cit. 2016-11-11]. Dostupné z: [https://www.hydroizolace-](https://www.hydroizolace-elektroosmoza.cz/vlhke-zdivo)

[elektroosmoza.cz/vlhke-zdivo](https://www.hydroizolace-elektroosmoza.cz/vlhke-zdivo)

[17] *Technologie staveb L2 (122TS2)* [online]. [cit. 2016-11-20]. Dostupné z:

[http://technologie.fsv.cvut.cz/vyuka/vyucovane-predmety/122TS2/podklady-k-](http://technologie.fsv.cvut.cz/vyuka/vyucovane-predmety/122TS2/podklady-k-prednaskam/)

[prednaskam/](http://technologie.fsv.cvut.cz/vyuka/vyucovane-predmety/122TS2/podklady-k-prednaskam/)

[18] *Kostel svatého Antonína Velikého (Liberec)* [online]. [cit. 2016-12-2]. Dostupné

z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Kostel_svat%C3%A9ho_Anton%C3%ADna_Velik](https://cs.wikipedia.org/wiki/Kostel_svat%C3%A9ho_Anton%C3%ADna_Velik%C3%A9ho_%28Liberec%29)
[%C3%A9ho_%28Liberec%29](https://cs.wikipedia.org/wiki/Kostel_svat%C3%A9ho_Anton%C3%ADna_Velik%C3%A9ho_%28Liberec%29)

[19] *Kostel svaté Kateřiny Alexandrijské (Stráž nad Nisou)*[online]. [cit. 2016-12-2].

Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Kostel_svat%C3%A9_Kate

[%C5%99iny_Alexandrijsk%C3%A9_%28Str%C3%A1%C5%BE_nad_Nisou%29](https://cs.wikipedia.org/wiki/Kostel_svat%C3%A9_Kate%C5%99iny_Alexandrijsk%C3%A9_%28Str%C3%A1%C5%BE_nad_Nisou%29)

[20] *Kostel svatého Jana Křtitele (Semily)* [online]. [cit. 2016-12-2]. Dostupné z:

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Kostel_svat%C3%A9ho_Jana_K%C5%99titele_](https://cs.wikipedia.org/wiki/Kostel_svat%C3%A9ho_Jana_K%C5%99titele_%28Semily%29)
[%28Semily%29](https://cs.wikipedia.org/wiki/Kostel_svat%C3%A9ho_Jana_K%C5%99titele_%28Semily%29)

[21] *Kostel svatého Bonifáce (Liberec)*[online]. [cit. 2016-12-2]. Dostupné z:

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Kostel_svat%C3%A9ho_Bonif%C3%A1ce_](https://cs.wikipedia.org/wiki/Kostel_svat%C3%A9ho_Bonif%C3%A1ce_%28Liberec%29)
[%28Liberec%29](https://cs.wikipedia.org/wiki/Kostel_svat%C3%A9ho_Bonif%C3%A1ce_%28Liberec%29)

[22] *Kostel svatého Alfonse (Červenka)*[online]. [cit. 2016-12-2]. Dostupné z:

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Kostel_svat%C3%A9ho_Alfonse_](https://cs.wikipedia.org/wiki/Kostel_svat%C3%A9ho_Alfonse_%28%C4%8Cervenka%29)
[%28%C4%8Cervenka%29](https://cs.wikipedia.org/wiki/Kostel_svat%C3%A9ho_Alfonse_%28%C4%8Cervenka%29)

- [23] *Kalkulačka pro výpočet ceny* [online]. [cit. 2016-12-15]. Dostupné z:
<http://www.kremova-injektaz-zdiva.cz/kalkulator-pro-vypocet-ceny-za-provedeni-kremove-injektaze-firmou-trumf-sanace-s-r-o-injektaz-zdiva-systemem-aquastop-cream/>
- [24] *Halenkovice - farní kostel sv. Josefa* [online]. [cit. 2016-11-18]. Dostupné z:
<http://www.turistika.cz/mista/halenkovice-farni-kostel-sv-josefa>
- [25] *Katastrální mapa kostel sv. Kateřiny Alexandrijské* [online]. [cit. 2016-10-28]. Dostupné z:
<http://ikatastr.cz/#ilon=15.020849&zoom=19&lat=50.79094&lon=15.02671>
- [26] *Národní kulturní památky* [online]. [cit. 2016-10-27]. Dostupné z:
<https://www.mkcr.cz/narodni-kulturni-pamatky-262.html>
- [27] *Kontrolní metody pro stanovení vlhkosti podkladních vrstev podlah* [online]. [cit. 2016-11-15]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/podlahy/8050-kontrolni-metody-pro-stanoveni-vlhkosti-podkladnich-vrstev-podlah>
- [28] *Odvhlčení kostela* [online]. [cit. 2016-11-15]. Dostupné z:
<http://www.halenkovice.cz/kostel11.htm>
- [29] *Údržba a opravy památkových objektů* [online]. [cit. 2016-12-9]. Dostupné z:
<http://www.murus.cz/udrzba-a-opravy-pamatkovych-objektu-p7.html>
- [30] *ANALÝZA ÚČINNOSTI MECHANICKÝCH SANAČNÍCH METOD SE ZAMĚŘENÍM NA PROBLEMATIKU SPOJŮ VKLÁDANÝCH MATERIÁLŮ*. [online]. 2013 [cit. 2016-11-10]. Dostupné z:
https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=89041.
Disertační práce. Vedoucí práce Ing. PETR BENEŠ, CSc.
- [47] *Katastrální mapa kostel sv. Bonifáce* [online]. [cit. 2016-10-28]. Dostupné z:
<http://ikatastr.cz/#ilat=50.741538&ilon=15.020893>
- [48] *Katastrální mapa kostel Nanebevzetí Panny Marie* [online]. [cit. 2016-10-28]. Dostupné z:
http://ikatastr.cz/#ilat=50.741538&ilon=15.020893&zoom=19&lat=49.72387&lon=17.09024&layers_3=0B0000FFTFFT
- [49] *Katastrální mapa kostel sv. Josefa* [online]. [cit. 2016-10-28]. Dostupné z:
<http://ikatastr.cz/#ilat=50.741538&ilon=15.020893&zoom=19&lat=49.1716&lon=17.47143>

Seznam obrázků

[31] *Povrchové napětí a smáčení* [online]. [cit. 2016-11-18]. Dostupné z:

<https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1784>

[32] FÁRA, Pavel. Možné příčiny vlhkostních poruch suterénního zdiva. In: *ABS-portál: Odborný stavební portál* [online]. [cit. 2016-12-18]. Dostupné z:

<http://www.asb-portal.cz/fotogalerie/stavebnictvi/pruzkum-pricin-vlhnuti-zdiva-a-metodika-navrhu-sanace-fotoalbum/pruzkum-pricin-vlhnuti-zdiva-a-metodika-navrhu-sanace-11>

[33] BURGETOVÁ, Eva Burgetová. Příčiny vlhnutí zdiva podle rozložení vlhkosti ve zdivu. In: *ABS-portál: Odborný stavební portál* [online]. [cit. 2016-12-18].

Dostupné z: [https://www.google.cz/search?q=p%C5%99%C3%ADciny+vlhnut](https://www.google.cz/search?q=p%C5%99%C3%ADciny+vlhnut%C3%AD+zdiva+podle+rozlo%C5%BEen)

https://www.google.cz/search?q=p%C5%99%C3%ADciny+vlhnut%C3%AD+zdiva+podle+rozlo%C5%BEen%C3%AD+vlhkosti+ve+zdivu&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwir1Nv8nv7QAhULliwKHRaTAqUQ_AUICCGb&biw=1366&bih=667#imgrc=Gb4uLwLBFG8gPM%3A

[34] [online]. [cit. 2016-12-18]. Dostupné z: [http://www.cojeco.cz/obrazek.php?](http://www.cojeco.cz/obrazek.php?cesta=http://www.cojeco.cz/attach/image/max/16/ee55/16ee55e7495dff25dacfb1c209ddd26b.gif)

<http://www.cojeco.cz/attach/image/max/16/ee55/16ee55e7495dff25dacfb1c209ddd26b.gif>

[35] Rozsah účinku přístoje. In: <https://www.hydroizolace-elektroosmoza.cz/> [online]. [cit. 2016-12-18]. Dostupné z:

https://www.google.cz/search?q=drypol&biw=1366&bih=667&source=lnms&tbm=isch&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwik8NvErYzQAhVMCMAKHAKRBYEQ_AUIBigB#imgrc=16tuvVQcHlzyVM%3A

[36] *Technologie staveb L2 (122TS2)* [online]. [cit. 2016-11-20]. Dostupné z:

<http://technologie.fsv.cvut.cz/vyuka/vyucovane-predmety/122TS2/podklady-k-prednaskam/>

[37] Graf různého průběhu vysoušení zdiva. In: [https://www.hydroizolace-](https://www.hydroizolace-elektroosmoza.cz/)

[elektroosmoza.cz/](https://www.hydroizolace-elektroosmoza.cz/) [online]. [cit. 2016-12-18]. Dostupné z: <https://www.hydroizolace-elektroosmoza.cz/elektroosmoza>

Seznam fotografií

[38] *Farnost Litovel* [online]. [cit. 2016-11-5]. Dostupné z:

<http://farnostlitovel.cz/index.php?obsah=bohosluzby&obec=cervenka>

[39] *Halenkovice - farní kostel sv. Josefa* [online]. [cit. 2016-11-5]. Dostupné z:

[https://www.google.cz/search?](https://www.google.cz/search?q=kostel+sv+josefa+halenkovice&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj92dTemuzQAHL1iwKHaBVAioQ_AUICSgC&biw=1366&bih=667#imgrc=Akan)

[q=kostel+sv+josefa+halenkovice&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj92dTemuzQAHL1iwKHaBVAioQ_AUICSgC&biw=1366&bih=667#imgrc=Akan](https://www.google.cz/search?q=kostel+sv+josefa+halenkovice&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj92dTemuzQAHL1iwKHaBVAioQ_AUICSgC&biw=1366&bih=667#imgrc=Akan)
[nIYVNJ5UM%3A](https://www.google.cz/search?q=kostel+sv+josefa+halenkovice&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj92dTemuzQAHL1iwKHaBVAioQ_AUICSgC&biw=1366&bih=667#imgrc=Akan)

[40] *Kostel sv. Bonifáce* [online]. [cit. 2016-11-5]. Dostupné z: [http://kostel-](http://kostel-hanychov.webnode.cz/fotogalerie/photogallerycbm_357934/16/)

[hanychov.webnode.cz/fotogalerie/photogallerycbm_357934/16/](http://kostel-hanychov.webnode.cz/fotogalerie/photogallerycbm_357934/16/)

[41] *Odvhlčení kostela* [online]. [cit. 2016-11-6]. Dostupné z:

<http://www.halenkovice.cz/kostel11.htm>

Seznam dokumentace, podkladů

[42] NOVOTNÝ, Jiří. *Kostel svatého Antonína Velikého - Liberec: zapůjčená dokumentace firmou R.A.P, Liberec*. Liberec, 2012.

[43] NOVOTNÝ, Jiří. *Kostel Umučení sv. Jana Křtitele na Koštofranku, Semily -rekonstrukce: zapůjčená dokumentace firmou Inpos-projekt,s.r.o., Liberec*. Liberec, 2005.

[44] *Portál pro vhodné uveřejnění* [online]. [cit. 2016-10-22]. Dostupné z:

<https://www.vhodne-uverejneni.cz/index.php?>

[m=xenorders&h=order&a=detaildocumentsandimages&rwr=regenerace-a-revitalizace-kostela-sv-boniface-v-liberci-a-rozsireni-moznosti-jeho-vyuziti-1](https://www.vhodne-uverejneni.cz/index.php?)

[45] LÓN, Karel. *Protokol o vlhkostním průzkumu - Kostel sv. Alfonse, Červenka: zapůjčena hodnotící zpráva farností Litovel, zhotovená firmou Realsan Group,SE*. Liberec, 2014.

[46] *Vícekritériální rozhodování za jistoty* [online]. [cit. 2016-12-16]. Dostupné z:

<http://www2.ef.jcu.cz/~jfrieb/tspp/data/teorie/Vicekritko.pdf>

[47] NOVOTNÝ, Petr. *Protokol měření vlhkosti zdiva, kostel sv. Antonína Velikého*.

Elektroosmóza, 2013.

[48] *Protokol měření vlhkosti v kostele sv. Kateřiny Alexandrijské, Stráž nad Nisou*.

Elektrofyzika, 2016

SEZNAM PŘÍLOH:

Příloha 1: Výpočet doby trvání u objektu 3

Příloha 2: Výpočet doby trvání u objektu 4

Příloha 3: Měření vlhkosti + schéma půdorysu objektu 1 (13.11.2016)

Příloha 4: Měření vlhkosti + schéma půdorysu objektu 2 (12.11.2016)

Příloha 5: Měření vlhkosti + schéma půdorysu objektu 3 (13.11.2016)

Příloha 6: Schéma půdorysu objektu 4

Příloha 7: Schéma půdorysu objektu 5

Příloha 8: Schéma půdorysu objektu 6