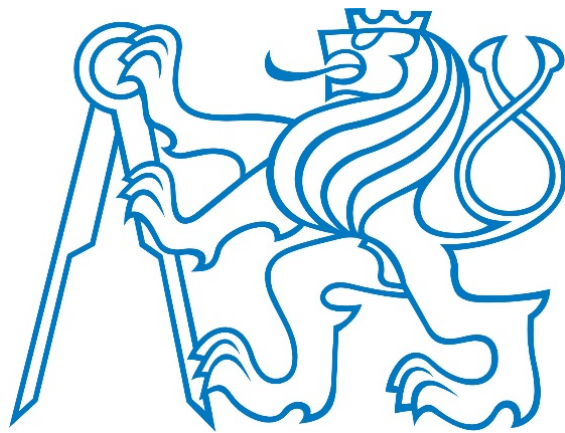


České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra technologie staveb



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Průzkum a návrh sanace vlhkého zdiva historické budovy v Klatovech
Survey and design of measurement moisture masonry of historical building
in Klatovy**

Vedoucí diplomové práce: Ing. Michal Procházka, Ph.D.

LEDEN 2019

Michaela Šillarová



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Šillarová	Jméno: Michaela	Osobní číslo: 423771
Zadávající katedra: Katedra technologie staveb		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor: Příprava, realizace a provoz staveb		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Průzkum a návrh sanace vlhkého zdiva historické budovy v Klatovech	
Název diplomové práce anglicky: Survey and design of measurement moisture masonry of historical building in Klatovy	
Pokyny pro vypracování: Provést rešerši na zpracovávané téma. Popis historie objektu. Provést průzkum poškozených stavebních částí. Návrh variant opatření. Vyhodnocení nevhodnějších variant s ohledem na památkovou ochranu.	
Seznam doporučené literatury: HOŠEK, Jiří a Ludvík LOSOS. Historické omítky: průzkumy, sanace, typologie. Praha: Grada, 2007. Stavitel. ISBN 978-80-247-1395-3. SOLAŘ, Jaroslav. Odstraňování vlhkosti: sanace vlhkého zdiva. Praha: Grada, 2013. Profi & hobby. ISBN 9788024747088. ŠKABRADA, Jiří. Konstrukce historických staveb. Praha: Argo, 2003. ISBN 80-7203-548-7. HOŠEK, Jiří. Omítky historických staveb. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1990. ISBN 9788004233495.	
Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Michal Procházka, Ph.D.	
Datum zadání diplomové práce: 4. 10. 2018	Termín odevzdání diplomové práce: 6. 1. 2019 <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příštího ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové 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“.

Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)
-----------------------	---------------------

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze, dne 20.11.2018

.....

Michaela Šillarová

Poděkování

Poděkování bych ráda věnovala svému vedoucímu diplomové práce Ing. Michalovi Procházkovi, Ph.D. za odborné rady a za čas, který mi v průběhu vypracování věnoval. Dále bych také chtěla poděkovat své rodině a svým přátelům za podporu během celého studia.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá průzkumem variant sanačních opatření vlhkého obvodového zdiva. Způsoby provedení těchto opatření jsou popsány v teoretické části. V rámci praktické části je proveden průzkum poruch vybraného objektu a měření vlhkosti vnější fasády, především v soklové oblasti a dále je navržena konkrétní sanační metoda s ohledem na jeho historickou hodnotu.

Klíčová slova

Sanace, vlhkost, zdivo, měření, porucha, památka

Abstract

This diploma thesis is focused on the survey and design of measurement moisture masonry. The methods for implementing these techniques are described in the theoretical part. In the practical part was done a survey of the faults and the measurement of the humidity of the external facade, especially in the skeleton area, and a specific remediation method is designed with respect to its historical value.

Keywords

Sanitation, humidity, masonry, measurement, monument

OBSAH

1. ÚVOD	11
2. CÍLE	12
3. TEORETICKÁ ČÁST	13
3.1. Vlhkost	13
3.1.1. Vlhkost vnitřního prostředí	13
3.1.2. Vlhkost ve stavebních konstrukcích	14
3.2. Vlhkostní vlastnosti stavebních materiálů	15
3.2.1. Smáčivost	15
3.2.2. Nasákavost	16
3.2.3. Porozita	17
3.2.4. Mrazuvzdornost	18
3.2.5. Odolnost vůči krystalickým solím	18
3.2.6. Rozpustnost, vyluhování	18
3.3. Zdroje zvýšené vlhkosti ve stavebních konstrukcích	19
3.3.1. Voda srážková (atmosférická)	20
3.3.2. Voda vzlínající	20
3.3.3. Voda kondenzující na vnitřním povrchu konstrukce	20
3.3.4. Voda působící hydrostatickým tlakem	20
3.3.5. Hygroskopicitata stavebního materiálu	20
3.3.6. Voda zabudovaná technologická	21
3.3.7. Další zdroje zvýšené vlhkosti	21
3.4. Transport vody a vlhkosti v pórovitých materiálech	21
3.4.1. Difuze vodní páry	21
3.4.2. Kapilární vedení	23

3.4.3.	Kapilární kondenzace	26
3.4.4.	Povrchová kondenzace	26
3.4.5.	Sorpce	27
3.4.6.	Vysychání	28
3.5.	Příčiny stavebních poruch z hlediska vlhkosti	29
3.5.1.	Chybějící hydroizolace spodní stavby, nefunkční hydroizolace	29
3.5.2.	Vadné návrhy hydroizolace	30
3.5.3.	Vady vzniklé nekvalitním provedením izolace	30
3.5.4.	Vady vzniklé změnou podmínek stavby	30
3.5.5.	Vnější negativní vlivy způsobující poruchy izolací	30
3.5.6.	Vnitřní negativní vlivy stavby	31
3.6.	Salinita zdiva	31
3.6.1.	Zdroje solí ve zdivu	32
3.6.2.	Stanovení a vyhodnocení salinity zdiva	33
3.6.3.	Snížení salinity	33
3.7.	Negativní důsledky zvýšené vlhkosti a salinity ve stavbě	34
3.7.1.	Účinky vodorozpustných solí na stavební konstrukce	34
3.7.2.	Biokoroze stavebních materiálů	35
3.7.3.	Vliv vlhkosti na statiku budov	35
3.8.	Průzkum stavby z hlediska vlhkosti	36
3.8.1.	Průzkum v terénu – místní šetření	36
3.8.2.	Měření vlhkosti zdiva	37
3.8.3.	Informace o základových poměrech a vlastnostech okolního terénu	37
3.8.4.	Salinita zdiva	37
3.8.5.	Průzkumy z hlediska biokoroze	37
3.8.6.	Průzkumy archivní	37

3.9.	Metody měření a klasifikace vlhkosti ve zdivu	38
3.9.1.	Destruktivní metody	38
3.9.2.	Nedestruktivní metody	39
3.9.3.	Vyhodnocení vlhkosti zdiva	41
3.10.	Sanační metody pro vlhké obvodové zdivo	42
3.10.1.	Přímé sanační metody vlhkého zdiva	44
3.10.2.	Nepřímé metody sanace vlhkého zdiva	57
3.10.3.	Doplňkové metody přímé	61
3.10.4.	Doplňkové metody nepřímé	61
3.11.	Sanační návrhy z hlediska památkové péče	62
4.	PRAKTICKÁ ČÁST	64
4.1.	Seznámení s objektem	64
4.1.1.	Popis – lokalita, snímek z katastru	64
4.1.2.	Historie objektu	69
4.1.3.	Dějiny architektury	69
4.1.4.	Památková péče	69
4.2.	Průzkum objektu – zachycení stávajícího stavu, fotodokumentace	71
4.2.1.	Popis stavebních materiálů	71
4.2.2.	Popis poruch	72
4.3.	Měření	77
4.3.1.	Měření vlhkosti příložným kapacitním vlhkoměrem	79
4.3.2.	Měření vlhkosti odporovým vlhkoměrem	82
4.3.3.	Termovizní snímky	85
4.4.	Návrh sanačního opatření s ohledem na historickou hodnotu objektu	89
4.5.	Technologický postup na vybrané řešení	91
4.5.1.	Identifikační údaje stavby	91

4.5.2.	Vstupní materiály a výrobky	92
4.5.3.	Zásady manipulace, dopravy, skladování	92
4.5.4.	Pracovní podmínky	93
4.5.5.	Technologický postup	93
4.5.6.	Postupový diagram	96
4.5.7.	BOZ a PO	97
4.5.8.	Vliv na životní prostředí	98
5.	DOPORUČENÍ PRO PŘÍPADNÉ DALŠÍ POSTUPY	98
6.	ZÁVĚR – ZHODNOCENÍ CÍLŮ	99
7.	LITERATURA	100
8.	SEZNAM OBRÁZKŮ	103
9.	SEZNAM TABULEK	104

1. ÚVOD

Předmětem této diplomové práce je seznámení s variantami řešení sanace vlhkého obvodového zdiva, metodami měření vlhkosti ve stavebních konstrukcích a návržení konkrétních sanačních opatření pro zvolený objekt s ohledem na jeho historickou hodnotu.

Problémy s vlhkostí se vyskytují téměř u všech starších staveb v důsledku chybějící či nesprávně provedené hydroizolace. U nadměrně zavlhlého zdiva dochází k degračním procesům, které zahrnují mokré mapy na stěnách, nepříjemný zápach, plísně spojené s alergiemi, opadávání omítky, v nejhorším případě narušení celé statiky objektu.

Nejdříve jsou vymezeny hlavní cíle práce a určeny metody, kterými bude cílů dosaženo.

V teoretické části je nejprve vysvětlen princip vzniku vlhkosti a jejího transportu stavebním materiálem. Dále jsou popsány vlhkostní vlastnosti stavebních materiálů, příčiny vlhkostních poruch a jejich důsledky. Následně je provedena kategorizace způsobů měření vlhkosti. Zásadní kapitolou teoretické části je popis všech možných způsobů sanačních opatření pro vlhké obvodové zdivo.

V praktické části je představen vybraný objekt v historickém a prostorovém kontextu. Dále je proveden průzkum objektu, jehož součástí je popis stavebních materiálů a odhalení stavebních poruch z hlediska vlhkosti. Dále je provedeno zhodnocení naměřených hodnot a posouzení nejvhodnější metody pro řešení sanace zavlhlého obvodového zdiva včetně popisu jeho technologie.

Výstupem celé práce je návržení konkrétních sanačních metod pro vybraný objekt s ohledem na jeho historickou hodnotu.

V závěru jsou navržena doporučení pro další postupy a vyhodnocení plánovaných cílů.

2. CÍLE

Cíl 1: Provést základní rešerši v problematice sanace vlhkého obvodového zdiva

Cíl 2: Popsat řešený objekt v historickém a prostorovém kontextu

Cíl 3: Analyzovat příčiny zvlhnutí zdiva na zvoleném objektu

Cíl 4: Navrhnout konkrétní sanační opatření a zvolit vhodnou variantu s ohledem na historickou hodnotu objektu

3. TEORETICKÁ ČÁST

3.1. Vlhkost

Voda je nedílnou součástí našeho života. Potřeba vody je nenahraditelná, blahodárně působí na zdraví člověka, zvířat, vitalitu rostlin. Zároveň ale patří mezi základní přírodní živly a může napáchat spoustu škod.

3.1.1. Vlhkost vnitřního prostředí

Relativní vlhkost vzduchu

Relativní vlhkost vzduchu je bezrozměrná veličina uváděná v procentech. Jedná se o poměr mezi množstvím vodních par ve vzduchu a maximálním množstvím par, které vzduch za daných podmínek dokáže pojmout neboli jak se vzduch za dané teploty a tlaku dokáže nasýtit. Tato veličina patří mezi základní ukazatele kvality vnitřního prostředí. Ideální hodnota relativní vlhkosti vzduchu v uzavřeném prostoru budovy se pohybuje okolo 50 % (+-10%). Množství vodní páry, které je vzduch schopen pojmout, vzrůstá s rostoucí teplotou vzduchu a při 100 % nasycení dochází ke kondenzaci (zkapalnění) vodních par. Relativní vlhkost místnosti, která se odchyluje od běžné doporučené hodnoty, negativně ovlivňuje kvalitu vnitřního klimatu a může se odrazit na zdraví člověka.

Při vysoké relativní vlhkosti vzduchu (vlhký vzduch) dochází ke kondenzaci vodních par, které jsou příčinou vzniku plísní a množení roztoků. Dlouhodobý výskyt těchto organismů v budově má neblahý vliv na zdraví člověka, účinky mohou být až karcinogenní. Nízká relativní vlhkost (suchý vzduch) místnosti způsobuje vysychání sliznic a pokožky a také může zapříčinit únavu. Zdravotní potíže se projevují v podobě kašle, škrábání v krku, zánětu dutin, vyrážky, pálení očí nebo rýmy. Suché prostředí nevyhovuje ani pokojovým rostlinám a může mít za následek i nadměrné sesychání dřevěného nábytku a dřevěných konstrukcí. Regulaci vlhkosti v budově lze zajistit větráním přirozeným nebo nuceným. (1)

Absolutní vlhkost vzduchu

Absolutní vlhkost vyjadřuje poměr hmotnosti vodní páry obsažené v jednotkovém objemu vzduchu, proto se také někdy nazývá jako hustota vodní páry nebo měrná hmotnost vodní páry.

Vztah pro absolutní vlhkost vzduchu lze zapsat pomocí následující vzorce:

$$\Phi = \frac{m}{V} [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$$

m – hmotnost vodní páry [kg]

V – objem vzduchu [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$] (směs suchého vzduchu + vodní páry) (2)

3.1.2. Vlhkost ve stavebních konstrukcích

Vlhkost je voda nacházející se v pórech a kapilárách. Stavební materiály se běžně nevyskytují v suchém stavu, za daných atmosférických podmínek vždy obsahují určité množství vlhkosti. Objem vlhkosti, kterou obsahuje daný materiál, závisí na teplotě, vzdušné vlhkosti a pórovitosti materiálu. Nadměrná vlhkost negativně ovlivňuje tepelně-technické, fyzikální, statické a estetické vlastnosti stavebních materiálu, popřípadě stavebních konstrukcí.

Hmotnostní vlhkost

Hmotnostní vlhkost je dána poměrem hmotností kapaliny a vysušeného materiálu:

$$w_h = \frac{(m_w - m_d)}{m_d} = \frac{m_k}{m_d}$$

m_w hmotnost vlhkého materiálu [g];

m_d hmotnost vysušeného materiálu [g];

m_k hmotnost kapaliny [g];

w_h hmotnost vlhkosti [-, % hmotnostní]. (3)

Objemová vlhkost

Objemová vlhkost je dána poměrem objemů volné vody a suchého materiálu:

$$w_v = \frac{V_v}{V_d} = \frac{(m_w - m_d)}{q_k \cdot V_d} = \frac{(w_h - q_d)}{1000}$$

V_v objem volné vody [m^3];

V_d objem suchého materiálu [m^3];

q_k hustota vody [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$];

q_d objemová hmotnost suchého materiálu [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$];

w_v objemová vlhkost [-, % objemová]. (3)

Vlhkostní bilance

Vlhkostní bilance porovnává naměřené hodnoty hmotnostní vlhkosti w_h stavebních materiálů s vlhkostí materiálu, který je zcela nasycen vodou w'_h a se stupněm nasycení ψ .

$$w_h = \frac{m_w - m_d}{m_d} \cdot 100\% \text{ hm.}$$

$$w'_h = \frac{m_u - m_d}{m_d} \cdot 100\% \text{ hm.}$$

$$\psi = \frac{w_h}{w'_h} \cdot 100\% \text{ hm.}$$

Jednotlivé veličiny vyjadřují:

m_w hmotnost vlhkého vzorku;

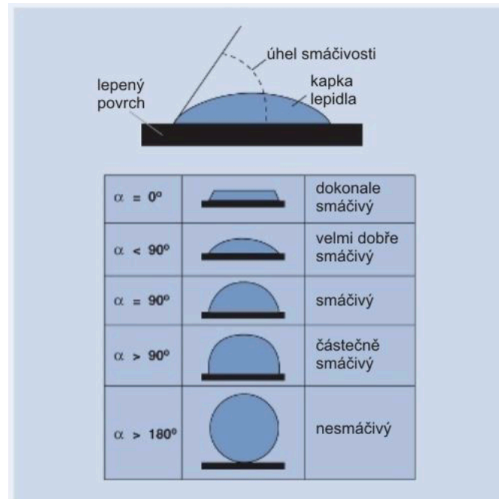
m_d hmotnost suchého vzorku;

m_u hmotnost vzorku nasyceného vodou. (3)

3.2. Vlhkostní vlastnosti stavebních materiálů

3.2.1. Smáčivost

V poréznych materiálech lze pozorovat vlastnost smáčivost, případně nesmáčivost. Jedná se o interakci pevné látky (podkladu) s kapalinou, v našem případě vlhkosti = voda. Míra smáčivosti závisí na smáčecím úhlu θ , což odpovídá úhlu mezi tečnou povrchu v místě kontaktu a povrchu podkladu. Pokud je smáčecí úhel ostrý tj. $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$, rozlévá se kapka vody po povrchu = smáčí, jeli $\theta \geq 90^\circ$ sbalí se voda do kuličky = nesmáčí (viz obrázek 1). (3)



Obrázek 1: Závislost smáčivosti na úhlu smáčení (4)

Téměř všechny zdící materiály patří mezi vodou smáčivé (cihly, pískovec, opuka, vápenná i cementová malta, sádra). Použitím hydrofobizátorů lze smáčivost materiálu potlačit a změnit ho na nesmáčivý.

Se smáčivostí souvisí i nasákavost (viz kapitola 3.2.2) a proces kapilárního vztlínání (viz kapitola 3.4.2).

3.2.2. Nasákavost

Nasákavost je veličina, která vyjadřuje maximální množství vody v kapalném skupenství, které je materiál schopný přijmout. Uvádí se v objemových nebo hmotnostních procentech. Nasákavost se hodnotí po určité době ponoření vzorku do vody (kapaliny) nebo maximální hodnotou, kdy jsou všechny otevřené póry materiálu nasyceny vodou (závisí na způsobu měření – kapilární nasákavost, vakuová nasákavost atd.). Nasákavost objemová se pohybuje v rozmezí 0–100 %, naopak nasákavost hmotnostní může být i větší než 100 %.

Materiál	Hmotnostní nasákavost %	Objemová nasákavost %
Dřevo	140 - 170	55 - 70
Ocel	- 0	- 0
Cihly plné, pálené	20 - 25	36 - 55
Beton hutný	6 - 13	13 - 30
Pórobeton	40 - 90	35 - 40
Pěnový polystyren	70 - 500	< 7

Obrázek 2: Nasákavost vybraných stavebních materiálů (5)

3.2.3. Porozita

Porozita, pórovitost jsou vzduchové dutiny = póry obsažené ve stavebním materiálu. Pórovitost vyjadřuje poměr objemu pórů ku celkovému objemu daného materiálu.

$$p = \left(1 - \frac{\rho_v}{\rho}\right) \cdot 100 \% = 1 - h$$

h - hutnost [-]

ρ_v – objemová hmotnost [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]

ρ – měrná hmotnost [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$] (3)

Některé stavební materiály se vyznačují vysokou hodnotou pórovitosti (perlit, pemza), některé mají malý objem pórů, tedy vysokou hutnost (čedič, rula, sklo). Množství vlhkosti vázané v pórech není ovlivněno jen objemem pórů, ale závisí také na jejich tvaru a velikosti.

Dle tvaru dělíme póry na:

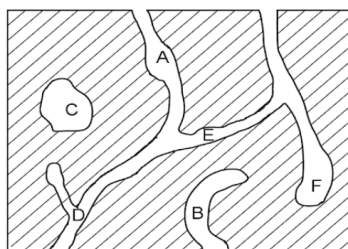
- Otevřené – póry na povrchu → snadný přístup vody/vlhkosti
- Uzavřené – póry uvnitř látky → pro vodu téměř nepřístupné – využívají tepelně-izolační materiály – zachování tepelně-izolačních vlastností i ve vlhkém prostředí

Dle velikosti dělíme póry na:

- Mikropóry $< 10^{-7}$ m – nenasákavé, vodotěsné
- Kapilárně aktivní póry $10^{-7} - 10^{-4}$ m – nasákavé, kapilární vztlínání
- Makropóry $> 10^{-4}$ m – nenasákavé, zatékání

Dle polohy a tvaru dělíme póry na (viz Obrázek 3):

A – otevřené, B – slepé, C – uzavřené, D – rozvětvené, E – spojovací, F - lahvovitě



Obrázek 3: Rozdělení pórů dle polohy a tvaru

Při rozhodování o výběru sanačního opatření je důležité brát ohled i na pórovitost, neboť tato vlastnost rozhoduje o množství a způsobu transportu vlhkosti ve stavební konstrukci. (3)

3.2.4. Mrazuvzdornost

Schopnost materiálu nasáklého vodou odolávat střídavému zmrazování a rozmrazování. Mrazuvzdornost stoupá s rostoucí pevností materiálu, obzvlášť s rostoucí pevností v tahu za ohybu.

3.2.5. Odolnost vůči krystalickým solím

Odolnost proti krystalickým tlakům při přeměně roztoku soli na krystaly solí po odpaření vody. Dle normy se pro testování využívá sůl síranu sodného, který při krystalizaci vytváří vysoký tlak a vzniká tak poškození materiálu měřitelné po pár cyklech. Cyklus obnáší vyschnutí a ponoření do nasyceného roztoku síranu sodného.

3.2.6. Rozpustnost, vyluhování

Rozpustnost určuje změna (úbytek) hmotnosti při dlouhodobém ponoření materiálu do čisté vody nebo vyluhováním tekoucí vodou.

3.3. Zdroje zvýšené vlhkosti ve stavebních konstrukcích

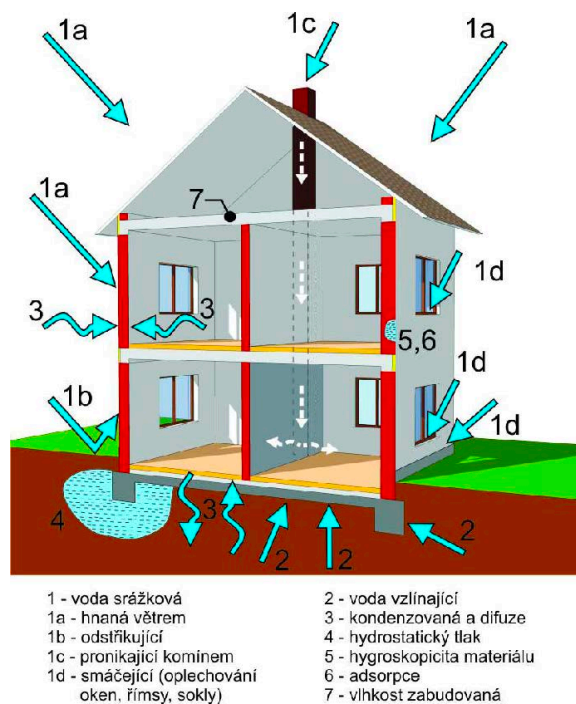
Na stavbu působí voda, která se vyskytuje v různých podobách v přírodě i ve stavbě. Míra namáhání objektu závisí na poloze objektu v krajině, úpravě terénu, na druhu provozu v objektu a také způsobu realizace stavby.

Dle místa vzniku a způsobu pronikání vlhkosti do stavební konstrukce můžeme zdroje rozčlenit do třech kategorií na:

- atmosférickou vodu = voda obsažená ve vnějším vzduchu (atmosférické srážky – kapalné, tuhé, vlhkost vzduchu);
- podpovrchovou vodu = voda vyskytující se v zemině = zemní vlhkost (půdní, gravitační, kapilární, podzemní);
- provozní vlhkost = vodní pára vznikající technologickými procesy (uvnitř objektu).

Provozní vlhkost závisí na účelu užívání objektu, způsobu vytápění a větrání (mokrý/suchý provoz).

V objektu se může vyskytovat kombinace různých druhů vlhkostí. (6)



Obrázek 4: Zdroje zvýšené vlhkosti zdiva

3.3.1. Voda srážková (atmosférická)

Atmosférická voda namáhá především spodní část soklového zdiva působením odstříkující vody a vody z tajícího sněhu. V zimních měsících je navíc zdivo vystaveno působení solí z chemických posypů chodníků. Pro zamezení působení odstříkující vody je zapotřebí důsledné řešení detailu soklové části, dodržení sklonu asfaltového chodníku od objektu a také kvalitní provedení klempířských prvků z důvodu stékající vody ze střechy (svody, okapy, průduchy).

Voda hnaná větrem proniká do zdiva na návětrné straně. Nebezpečí hrozí u neomítnutého zdiva, nárazy dopadajících kapek působí značným tlakem a může tak dojít k narušení zdiva a následným vlhkostním a statickým poruchám. (6)

3.3.2. Voda vzlínající

Zemní vlhkost vstupuje do stavebních konstrukcí kapilárním vzlínáním (viz kapitola 3.4.2) z podzákladí nebo z přilehající zeminy v důsledku chybějící (případně nefunkční) svislé plošné hydroizolace u podsklepených objektů. (6)

Díky kapilaritě otevřených pórů zemin probíhá transport vody do základového zdiva. Dále se voda přesouvá z podzákladí do zdiva vlivem difuze. V základovém zdivu dochází ke kondenzaci a voda je pomocí kapilárních sil transportována zdívem vzhůru. (6)

3.3.3. Voda kondenzující na vnitřním povrchu konstrukce

Zkondenzovaná voda je voda vysrážená na povrchu nebo uvnitř stavební konstrukce. Kondenzace probíhá při poklesu teploty vnitřního povrchu konstrukce pod teplotu rosného bodu vnitřního vzduchu. Projevy zkondenzované vlhkosti jsou lokální, obvykle v místech tepelných mostů. (6)

3.3.4. Voda působící hydrostatickým tlakem

Vlivem gravitace proniká voda do pórů zemin a zdiva například z kaluží, která vyvolává hydrostatický tlak v kapilárním systému.

3.3.5. Hygroskopicitu stavebního materiálu

Hygroskopicitu je schopnost materiálu pohlcovat a vstřebat vzdušnou vlhkost z okolního vlhkého vzduchu. Sorpční vlhkost získává stavební materiál díky přítomnosti hygroskopických solí. Nadměrné množství hygroskopických solí ovlivňuje míru zavlhčení stavební konstrukce.

3.3.6. Voda zabudovaná technologická

Vlhkost výrobní nebo také zabudovaná je vlhkost, kterou má stavební materiál už od počátku. Její množství je ovlivněno mokkými procesy při realizaci, odpaření může trvat 1,5 – 3 roky. Po provedení nových omítkových systému se vlhkost odpařuje v závislosti na použitém materiálu a tloušťce omítky. (6)

3.3.7. Další zdroje zvýšené vlhkosti

Voda prosakující do zdiva v místech porušených nebo netěsných instalací (rozvody vody, špatně udělané odpady), která se dál šíří konstrukcí vztlínáním. Mezi další faktory negativně ovlivňující výskyt vlhkosti ve stavbě patří špatné provedení klempířských prvků nebo poškození střešní krytiny. (6)

3.4. Transport vody a vlhkosti v pórovitých materiálech

Šíření vlhkosti v pórovitých stavebních materiálech probíhá v plynném i kapalném skupenství. Při vedení vlhkosti uvnitř materiálu/konstrukce se odehrává sled doprovodných jevů, jako jsou fázové změny, absorpce vody na stěnách materiálu a kapilární efekty. Samotný transport vlhkosti se dělí na procesy difuze pro vodní páru a kapilární vedení (vzlínání) pro kapaliny.

Během vlhkostního průzkumu stavby je zapotřebí identifikovat příčiny zvýšené vlhkosti a podílově vyhodnotit převažující způsoby transportu vlhkosti do stavebních konstrukcí.

Vedení vlhkosti probíhá především díky přítomnosti otevřených pórů ve stavebních materiálech. Množství otevřených pórů ovlivňuje chování stavebního materiálu (viz kapitola 3.2.2). Látky s uzavřenými póry nepodléhají transportním pochodům vlhkosti. Při návrhu a výběru sanačního opatření se musí brát ohled na pórovitost materiálu. (6)

3.4.1. Difuze vodní páry

K procesu difuze vodní páry dochází v případě, že stavební konstrukce odděluje dvě různá prostředí s rozdílnými částečnými tlaky vodní páry. Vodní pára se pohybuje (= difunduje) z místa o vyšším částečném tlaku vodní páry do místa s nižším částečným tlakem → tok vlhkosti. Toto chování potvrzuje běžné chování odehrávající se v přírodě = vždy se směřuje k rovnováze (tlaků, koncentrací, teplot). V místních klimatických podmínkách je po většinu roku směr difúzního toku skrz obvodovou stěnu z interiéru (teplejšího místa) do exteriéru (chladnějšího místa).

Vodní páru propouští každá látka, jejíž póry mají velikost větší než $2,78 \cdot 10^{-10}$ m, což odpovídá střední volné dráze molekul vody. V pórech menších rozměrů difuze nemůže probíhat. K transportu vlhkosti difuzí dochází jen v kapilárách a pórech vyplněných vzduchem nebo částečně naplněných vodou.

Veličiny hodnotící difúzní vlastnosti stavebních materiálů/konstrukcí

- Součinitel difúzní vodivosti δ [s]

Součinitel propustnosti pro vodní páru (difúzní vodivost) udává schopnost materiálu propouštět vodní páru. Čím vyšší je tato veličina, tím větší je paropropustnost. Difuze a vedení tepla fungují na stejném fyzikálním principu, součinitel difúzní vodivosti analogicky odpovídá součiniteli tepelné vodivosti, proto se i výpočet toků tepla podobá výpočtu difúzních toků.

$$\delta = \frac{\Delta m \cdot d}{S \cdot \tau \cdot \Delta p_p}$$

Δm - množství prodifundované páry vzorkem za čas τ [kg]

d – tloušťka vzorku [m]

S – měrná plocha vzorku [m²]

τ – časové období korespondující s transportem hmoty vodní páry Δm [s]

Δp_p – rozdíl parciálních tlaků vodní páry ve vzduchu nad a pod měrným povrchem vzorku [Pa] (3)

- Faktor difúzního odporu μ [-]

Faktor difúzního odporu je bezrozměrná veličina, která vyjadřuje, kolikrát pomaleji probíhá transport vodní páry materiálem než transport vodní páry vzduchem.

$$\mu = \frac{1}{N \cdot \delta}$$

δ – součinitel propustnosti pro vodní páru [s]

N – hodnota difúzního odporu vzduchu (závisí na teplotě) [s⁻¹] (3)

- Ekvivalentní difúzní tloušťka materiálu s_d [m]

Ekvivalentní difúzní tloušťka je schopnost materiálu propouštět vodní páru difusí v závislosti na jeho tloušťce. Vyjadřuje, jakou tloušťku by musela mít vrstva vzduchu, aby dosahovala stejného difúzního odporu jako pozorovaný stavební materiál.

$$s_d = \mu \cdot d$$

d – tloušťka materiálu [m]

μ – faktor difúzního odporu [-] (3)

- Difúzní odpor materiálu R_d [m.s⁻¹]

Difúzní odpor materiálu vyjadřuje odolnost materiálu vůči prostupu vodních par. Výpočet odpovídá podílu tloušťky materiálu a jeho součinitele difúzní vodivosti.

$$R_d = \frac{d}{\delta}$$

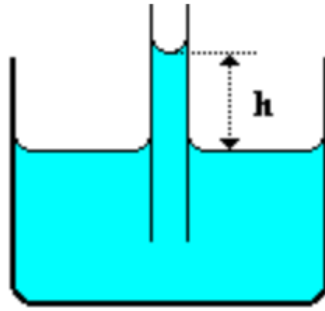
Pokud se jedná o vícevrstvou konstrukci, odpory jednotlivých vrstev se sčítají.

- Ekvivalentní součinitel difúze (nehomogenní materiály)
- Ekvivalentní faktor difúzního odporu (nehomogenní materiály) (7)

3.4.2. Kapilární vedení

Kapilární vedení vlhkosti (vzlínavost, kapilarita) patří mezi vlastnost pórovitých materiálů, kterou můžeme pozorovat při částečném ponoření materiálu do kapaliny. Projevuje se u vodou smáčivých materiálu (viz kapitola 3.2.1), mezi které patří většina stavebních hmot. Vlivem kapilárních a sorpčních sil dochází při kontaktu s vodou, díky přítomnosti otevřených pórů v materiálu, k nasákání. Čím větší jsou póry, tím se zvyšuje rychlost nasákání, ale snižuje výška vzlinutí. U materiálů s jemnými póry je rychlost sání pomalejší, avšak výška vzlinutí vysoká. Kapilarita je nejběžnější způsob vlhnutí konstrukcí vystavených působení zemní vlhkosti.

Vzlínavost funguje na principu kapilární elevace, je dána rozdílem výšky kapaliny v kapiláře proti úrovni hladiny okolí (viz Obrázek 5). (8)



Obrázek 5: Kapilární elevace

- Maximální výška vztlínání vlhkosti h [m]

$$h = \frac{2 \cdot \sigma \cdot \cos\theta}{r \cdot \rho \cdot g}$$

σ – povrchové napětí kapaliny [$\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$]

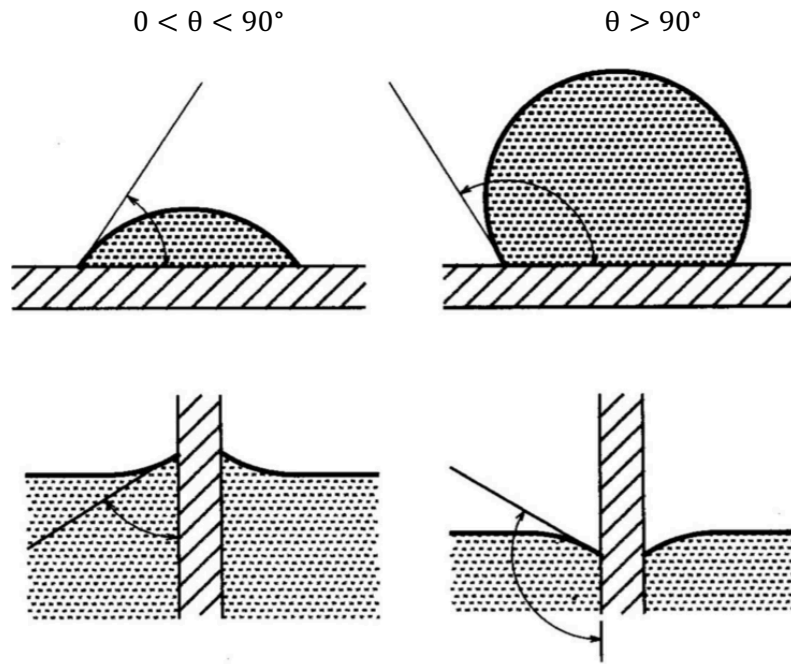
θ – úhel smáčení mezi kapalinou a stěnou kapiláry [$^\circ$]

r – poloměr kapiláry [m]

ρ – objemová hmotnost kapaliny [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

g – gravitační zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$] (3)

Pokud jsou stěny kapilár opatřeny hydrofobními látkami (= látkami omezující smáčivost), mění se podle toho úhel smáčení. Překročí-li úhel smáčení $\theta=90^\circ$, začne mít vztlínání opačný charakter a hovoříme o tzv. kapilární depresi (viz Obrázek 6). (9)



Obrázek 6: Kapilární elevace (vlevo), Kapilární deprese (vpravo)

U vztlínání neposuzujeme pouze maximální výšku vztlínání, ale také rychlost a čas potřebný k dosažení kapilární výšky.

- Rychlost vztlínání v [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]

$$v = \frac{r \cdot \sigma \cdot \cos\theta}{4 \cdot \eta \cdot h}$$

η - viskozita kapaliny

- Čas k dosažení výšky h [s]

$$t = \frac{2 \cdot \eta \cdot h^2}{r \cdot \sigma \cdot \cos\theta}$$

Transport vlhkosti vztlínáním probíhá u stavebních materiálů, které mají velikost pórů od 10^{-7} do 10^{-4} m. U pórů většího průměru nedochází k transportu vlhkosti vztlínáním, neboť kapilární síly jsou menší než výška kapiláry. V takových případech se transport vlhkosti nezastaví, voda se odpařuje a pomocí difuze prochází k protější stěně, kde opět zkondenzuje a vztlínáním se transportuje do dalšího póru. (9)

3.4.3. Kapilární kondenzace

Kapilární kondenzace se odehrává uvnitř stavebních konstrukcí, závisí na množství a poloměru pórů. Thompsonův jev uvádí, že nad zakřivenou plochou je tlak vodních par menší než nad rovnou hladinou a tlak se navíc zmenšuje s rostoucím zakřivením hladiny. V nejtenčích kapilárách dochází proto ke kondenzaci dříve než při dosažení nasyceného tlaku vodní páry, tento jev je vyjádřen pomocí Kelvinovy rovnice:

$$\ln \frac{p}{p_o} = - \frac{\sigma}{R \cdot T \cdot \rho \cdot r}$$

P/P_o – relativní vlhkost vodní páry vyjádřená poměrem tlaků;

σ – povrchové napětí kapaliny [$\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$];

r – poloměr kapiláry [m];

ρ – objemová hmotnost kapaliny [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$];

R – konstanta molární plynová [$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$];

T – termodynamická teplota [K].

Pomocí tohoto vztahu lze odhadnout, ve které kapiláře při daném parciálním tlaku dojde ke kondenzaci, zjistit horní hranici velikosti poloměru mikrokapilár nebo spočítat, že v kapilárách s poloměrem cca 10^{-6} m kondenzuje voda již při relativní vlhkosti vzduchu cca 75 %. V reálném případě je nutné uvědomit, že pokud máme totožné teplo-vlhkostní podmínky a stejný objem pórů, liší se od sebe dvě stejné látky vnitřní vlhkostí v případě, že mají různý poloměr.

3.4.4. Povrchová kondenzace

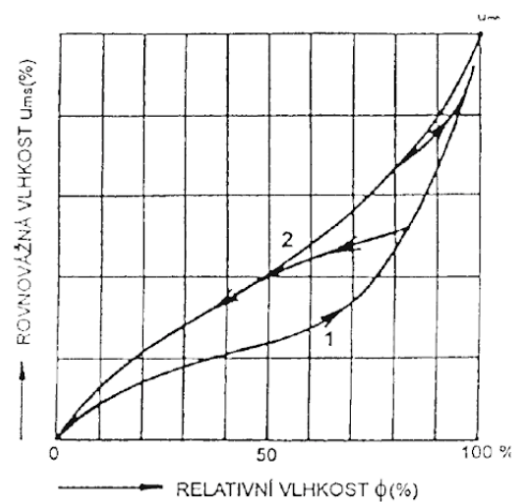
Povrchová kondenzace se vyskytuje v různých podobách (mlha, kapky vody – rosa, jinovatka apod.). Poměr částečného tlaku vodní páry p_v a částečného tlaku nasycené vodní páry $p_{v,sat}$ vyjadřuje relativní vlhkost vzduchu (viz kapitola 3.1.1). Nasycení vodní párou ovlivňuje teplota. Pokud dojde k vyrovnání parciálních tlaků $p_v = p_{v,sat}$, je dosaženo 100 % relativní vlhkosti vzduchu. Při jakémkoliv snížení teploty nebo zvětšení $p_{v,sat}$, nadbytečná vlhkost okamžitě zkondenzuje. (6)

3.4.5. Sorpce

Materiály ve stavebních konstrukcích pohlcují vodní páru z okolního ovzduší, dokud není dosaženo rovnováhy (sorpce vodní páry). V případě, že je parciální tlak vodní páry vyšší ve zdivu než v okolním prostředí, uvolňují se vodní páry naopak směrem do ovzduší, opět do vyrovnání parciálních tlaků (desorpce vodní páry). Tyto procesy závisí na teplotě a parciálním tlaku vodní páry.

Při sorpci se molekuly vody shlukují na povrchu pevného materiálu, postupně vytváří vodní vrstvičku. Množství takto vázané vody odpovídá 1-2 % hmotnostních jednotek vody obsažené v celém porózním materiálu.

Závislost množství vody vázané sorpcí v hmotnostních jednotkách na relativní vlhkosti vnějšího prostředí, vykreslují křivky tzv. sorpční a desorpční izotermy.



Obrázek 7: 1 – sorpční izoterma, 2- desorpční izoterma

Dle průběhu izoterem lze konstatovat, že určité množství vlhkosti se v materiálu vyskytuje vždy. (3)

3.4.6. Vysychání

Transport vlhkosti k povrchu stavebního materiálu probíhá kromě difuze vodních par, také kapilárním vedením dle zakřivené čáry průběhu vlhkosti (vysychací fronty). Na začátku vysychání stavby se vlhkost volně vypařuje do okolního prostředí. Časem se vypařovací zóna přesouvá do středu stavební konstrukce, již není umožněno volné vypařování. Začíná proces difuze vodních par k povrchu materiálu a dále opět k vypařování do ovzduší.

Průběh vysychání stavebního materiálu závisí na teplotě, parciálním tlaku vodních par, rychlosti proudění vzduchu, jeho teplotě a vlhkosti. Suchý proudící vzduch s vyšší teplotou než samotná zvlhlá konstrukce vytváří ideální podmínky pro vysychání. Dalšími činiteli, které mohou ovlivnit průběh vysychání, je hustota, průměr, tvar a členitost stěn pórů. Póry se zakřivenou strukturou prodlužují dobu vysychání. Dobu vysychání zdiva negativně ovlivňuje přítomnost výkvětů solí na povrchu.

Dle Cadierguese platí pro dobu vysušení neomítnutého zdiva:

$$t = S \cdot d^2 \text{ [dny]}$$

d – tloušťka zdiva [cm]

S – faktor v závislosti na druhu stavebního materiálu (cihla 0,28)

Vlivem odpařování se horní hranice vlhkosti určená převládajícími kapilárami ve skutečnosti snižuje. K ustálení hranice dochází při rovnováze přívodu vody a odpařeného množství. Ve zdivu vzniká vlhká zóna, která uvnitř vystupuje výše než na povrchu zdi. Na rozhraní suchého a vlhkého materiálu se na povrchu zdi vlhkost odpařuje, v této oblasti se hromadí soli. Při posunutí zóny odpařování vlhkého a suchého zdiva, migrují soli opět za rozhraním.

Proces odpařování funguje především u povrchových a podpovrchových vrstev. Vysychání vícevrstevných stavebních konstrukcí závisí na skladbě a vlastnostech jednotlivých stavebních materiálů, především na jejich vlhkostních a tepelně-technických vlastnostech. Nebezpečí poruch hromaděním vlhkosti pod povrchem hrozí u stavebních konstrukcí, u kterých se v místě předpokládaného přirozeného vysychání, nachází vrstva s vysokým difúzním odporem. Proto je nezbytně nutné umísťovat na povrch konstrukce materiály, které splňují podmínku propustnosti difundující vodní páry. Hydrofobizační prostředky vytváří vodu nepropustnou clonu, za kterou dochází k hromaděním vlhkosti

v konstrukci, projevuje se opadáváním omítkových vrstev, neboť stěna potřebuje „dýchat“, proto je jejich použití pro odstranění vlhkosti zcela nevhodné. (3)

3.5. Příčiny stavebních poruch z hlediska vlhkosti

Během stavebního průzkumu je zapotřebí odhalit příčiny stavebních poruch způsobené nadměrnou vlhkostí. Obvykle je vlhkost důsledkem chybějící nebo vadné hydroizolace spodní stavby, popřípadě střešních pláštů. Nadměrné zvlhčení objektu může také způsobit porucha na vodovodním nebo kanalizačním potrubí anebo také změna provozu.

Pronikání vody do zdiva způsobují:

- Voda volná – dešťová – poruchy instalací, špatné odvodnění
- Vlastnosti stavebního materiálu (viz kapitola 3.2)
- Typ provozu – mokrý/suchý provoz

Pokud stavební konstrukce nedokáže bránit pronikání vody do objektu, dochází ke vzniku vad.

3.5.1. Chybějící hydroizolace spodní stavby, nefunkční hydroizolace

U starých případně historických objektů nebyly hydroizolace spodní stavby běžně provedeny. Výjimkou jsou městské středověké domy, církevní stavby nebo empírové romantické vily, u kterých bychom se mohli setkat s původními izolacemi. Při průzkumu u těchto typů staveb lze odhalit vrstvy ostře pálených keramických materiálu, které se vkládali do zdiva, kamenné desky, případně jílové vrstvy při patě obvodového zdiva pod soklovou částí. K odvlhčení objektu se dříve dále používaly systémy vzduchových kanálků pod podlahami, po obvodě nebo vnější vzduchové otevřené kanálky. Běžně se u samostatně stojících vil nachází po obvodě tzv. anglické dvorky, které se propojovaly s odvodňovacím systémem.

Ve stavbách, ve kterých dochází k poruchám vlivem vlhkosti, jsou bohužel původní izolační systémy částečně nebo zcela nefunkční, případně chybí úplně. Velice často dochází k tomu, že dožilé hydroizolační systémy jsou příčinou dalších poruch. (6)

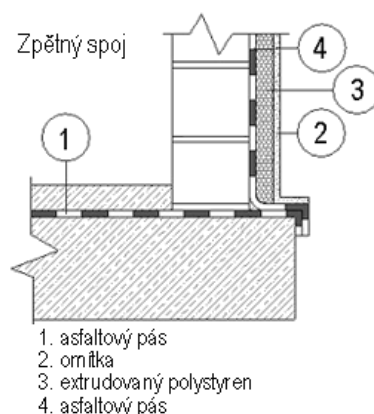
3.5.2. Vadné návrhy hydroizolace

Projektantovi se ne vždy podaří odhadnout podmínky pro založení objektu a navrhnout vhodnou izolaci, což souvisí i s jeho výběrem sanační metody. Míra jeho úspěšnosti závisí na předešlých zkušenostech a odborných znalostech o sanačních opatřeních a jejich aplikaci na konkrétní objekt.

3.5.3. Vady vzniklé nekvalitním provedením izolace

Vhodně navržená hydroizolace nemusí být zárukou zabránění průniku vlhkosti do budovy. Nedůsledné provedení detailů může způsobit fatální škody. Jedná se zejména o chybné provedení detailů styků vodorovných a svislých plošných izolací – tzv. zpětné spoje (viz Obrázek 8), vadné napojení jednotlivých izolačních pásů a špatně provedené zakončení izolace ve styku s terénem. Kvalitu hydroizolačních systémů může také ovlivnit provádění prací v nevhodných klimatických podmínkách.

S těmito závadami se setkáváme převážně u novostaveb. (10)



Obrázek 8: Zpětný spoj – napojení vodorovné a svislé hydroizolace (10)

3.5.4. Vady vzniklé změnou podmínek stavby

V některých případech může být izolace správně navržena a provedena, ale vlivem změny původních podmínek stavby může být použitý hydroizolační systém nefunkční.

3.5.5. Vnější negativní vlivy způsobující poruchy izolací

Klasickým případem jsou jiné hydrogeologické vlastnosti okolního terénu a podzákladí budovy. K takovým poruchám dochází při nevhodném situování a založení novostavby v blízkém okolí, nevhodným provedením povrchů nejbližšího okolí (chodníky, přilehající komunikace), zatížením

dynamickými účinky (pojezd těžkých vozidel, obsluha stavebních strojů) nebo změnou úrovně spodní vody. (3) (11)

3.5.6. Vnitřní negativní vlivy stavby

Mezi vnitřní negativní vlivy stavby na hydroizolace patří špatná statika stavebních konstrukcí, změna účelu provozu, případně změna tepelně technických vlastností konstrukcí. (3)

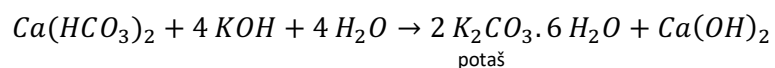
3.6. Salinita zdiva

Obsah vodorozpustných anorganických solí ve zdivu patří mezi hlavní příčiny porušení vlhkého zdiva. Nejedná se jen o zdivo historických objektů, soli se mohou vyskytovat i u novostaveb. U památkově chráněných objektů dochází ke sporu mezi památkáři a projektanty, investory o zachování původních historických omítek a dokonalém vzhledu povrchů (viz kapitola 3.11).

Transport solí ve zdivu probíhá současně s transportem vlhkosti v porézních materiálech. Při řešení sanace vlhkosti se musí řešit i problém zasolení, neboť soli mají schopnost na sebe vázat vzdušnou vlhkost (= chovají se hygroskopicky) a způsobují tak zavlhčení stavební konstrukce. Vlhkost zdiva vlivem salinity pak závisí na relativní vlhkosti vzduchu a na množství obsažených solí. Úplné odsolení zdiva není v praxi proveditelné.

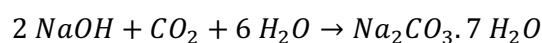
Mezi vodorozpustné soli nacházející se ve zdivu patří anionty chloridů, síranů a dusičnanů, na které se vážou kationty sodíku, vápníku, hořčíku nebo kationt amonný. Soli reagují s látkami obsaženými ve stavebním materiálu a chemickou reakcí dochází k narušení zdiva. Další problém představuje koroze stavebních materiálů, která se děje v důsledku hydratačních a krystalizačních tlaků vznikajících změnou krystalické struktury solí.

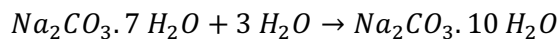
- **potašový výkvět** – reakce zkarbonatizovaného vápna s pojivem silikátové barvy



Díky nižší rozpustnosti potaše, který nemá hygroskopické vlastnosti nehrozí rozsáhlé destrukce. Tento druh výkvětu stačí pouze očistit a dále se nevyskytuje.

- **sodný výkvět** – reakce volného hydroxidu sodného s oxidem uhličitým





Rekrytalizací sody může dojít až k destruktivním poruchám omítek a zdiva.

Výskyt solí ve zdivu ovlivňuje lidská činnost, jejíž produkcí dochází ke znečištění ovzduší, půdy, povrchové i spodní vody. Dále mohou být soli do stavební konstrukce vnášeny již při výrobě při výpalu nebo v přísadách upravující vlastnosti materiálu. Mezi další zdroj zvýšené salinity patří i silně mineralizovaná voda vztlínající do objektu z podloží. Obvykle v objektu najdeme hned několik druhů solí najednou. Dle jejich rozpustnosti se během transportu oddělují a poměrové zastoupení se liší po výšce a hloubce zdiva. Soli z nasyceného roztoku krystalizují za určité hodnoty relativní vlhkosti vzduchu nad nasycenými roztoky solí. Při relativní vlhkosti větší než 75 % dochází k časté krystalizaci, při relativní vlhkosti 50-75 % krystalizují soli jen zřídka. (11)

3.6.1. Zdroje solí ve zdivu

Chloridy

- kamenná sůl na posyp komunikací v zimním období (soklová část objektu)
- chlorové vápno (desinfekce)
- mineralizovaná spodní voda (zasahuje spodní stavbu)
- technologické procesy (potravinářská výroba, úpravný vody)

Dusičnany

- rozklad organických látek (hřbitov, kanalizace, stáje)
- chemická hnojiva
- technologické procesy (potravinářská výroba)
- holubí trus (fasády)
- znečištěná atmosféra

Sírany

- znečištěná atmosféra (kyselé deště)
- mineralizovaná spodní voda (zasahuje spodní stavbu)
- výroba stavebních surovin (ze sirnatého uhlí při výpalu, z přísad při výrobě cementu a cihel)
- spalování uhlí
- chemická hnojiva

3.6.2. Stanovení a vyhodnocení salinity zdiva

Dle druhu a množství vodorozpustných solí ve zdivu lze identifikovat způsob migrace a zdroj vlhkosti (déšť, splašky, zatékání z chodníku, vztlínání mineralizované spodní vody apod.).

Pro určení obsahu solí existuje několik metod, které závisí na pracnosti, výběru přístroje, přesnosti, požadavku na velikost vzorku a ceně. Základem chemické analýzy je stanovení síranových, chloridových a dusičnanových aniontů, jejichž množství se určuje pomocí metody gravimetrické, spektrometrické nebo postupů využívající iontově selektivní elektrody.

Proces chemické analýzy patří mezi velice nákladné, proto se vždy využívá všech dostupných informací o užívání objektu, u památkově chráněných objektů je vhodným podkladem stavebně historický průzkum. Odběr vzorků se provádí v různých výškách a hloubkách tak, aby byly odebrané části dostatečně reprezentativní.

Vyhodnocení salinity je velice komplikované, závisí na hloubce odběru (nejvíce solí se vyskytuje na povrchu v odpařovací zóně), na druhu solí a odolnosti materiálu. Skutečný stav se hodnotí podle směrnice WT A E-2-6-99 (viz Tabulka 1). (11)

Tabulka 1: Hodnocení salinity v materiálu

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	vysoký	velmi vysoký

3.6.3. Snížení salinity

Na základě výsledků chemického rozboru lze navrhnout sanační opatření, která se odvíjí od stavebně technického stavu a charakteru objektu. Důležitým kritériem pro výběr způsobu sanace je respektování ochrany historických objektů. Sanace musí být provedena komplexně včetně povrchové úpravy zasoleného zdiva. Pro zachování stavu po sanačních zásazích se musí dodržovat předepsané kroky pravidelné údržby.

Metody sanace lze rozčlenit na:

- Odstranění solí včetně kontaminovaných materiálů
- Redukci obsahu solí v materiálech
- Převedení rozpustných solí na nerozpustné pomocí chemické reakce
- Omezení transportu solí na povrch materiálu (hydrofobizace, sanační omítky) (12)

3.7. Negativní důsledky zvýšené vlhkosti a salinity ve stavbě

V místech, kde se hromadí vlhkost vznikající následkem kondenzace, dochází k výskytu plísní a degradačním procesům, které způsobují narušení omítkových vrstev, rozpad pojiva, cihel, kamene a mnoho dalších poruch.

Vysoké nasycení kapilár a pórů vodou negativně ovlivňuje tepelně-technické vlastnosti stavebního materiálu. Zvyšuje se hodnota tepelné vodivosti a následně tím dochází k úniku tepla, což způsobuje značné tepelné ztráty.

Nadměrná vlhkost může být příčinou hniloby dřevěných konstrukcí, znehodnocování uměleckých předmětů a nástěnných maleb (v historických objektech). (3)

3.7.1. Účinky vodorozpustných solí na stavební konstrukce

Transport vodorozpustných solí v pórovitých materiálech probíhá díky přítomnosti vody, která se chová jako nosné médium (viz kapitola 3.6). Projevy zvýšené salinity závisí na místě krystalizace a rychlosti odpařování. Ke krystalizaci solí na povrchu fasády dochází při pomalém odpařování, vznikají výkvěty a výluhy, které zásadně neovlivňují statiku stavebních konstrukcí, ale ničí především jejich estetický vzhled. Krystalizační a hydratační procesy uvnitř porézního materiálu působí destruktivně na jeho strukturu. Projevují se odpadáváním vrstev nátěrů, praskáním a následným opadáním omítek, ztrátou soudržnosti spárových malt a můžou zapříčinit i rozpadání zdiva jako celku. Schopnost solí vázat na sebe vodu způsobuje vyšší zavlhčení stavební konstrukce a vlivem změn klimatických podmínek dochází k cyklické krystalizaci, která má za následek rozrušování fasády. (6)

3.7.2. Biokoroze stavebních materiálů

Zvýšená relativní vlhkost vnitřního prostředí v budově a zavlhčení stavebních konstrukcí podporují vznik a růst mikroorganismů. Přítomnost biologických škůdců může způsobit velké zdravotní potíže pobývajících osob a zvířat. Dále také může dojít k degradaci omítkových vrstev, zdiva a výplňových a obkladových prvků (převážně dřevěných).

Průzkum biokoroze je samostatným podkladem v případě průzkumu stavby z hlediska vlhkosti a návrhu sanačních metod. Pomocí mikrobiologické analýzy, kterou provádí odborníci, lze stanovit druh a množství škůdců množících se s rostoucí vlhkostí.

Mezi hlavní druhy biologických škůdců řadíme:

- bakterie;
- sinice a řasy, lišejníky;
- houby;
- mechorosty;
- hmyz a plísň.

Cílem průzkumu biokoroze je odhalení množství plísní, dřevokazných hub a dalších mikroorganismů, které negativně působí na lidský organismus, navržení způsobu sanace po napadení biologickými škůdci a zvážení změny užívání objektu tak, aby došlo k zamezení vzniku a růstu mikroorganismů.

Na povrchu stěnách se často vyskytují plísňe rodů *Aspergillus*, *Penicillium* a *Cladosporium*, které patří mezi potenciálně choroboplodné a mohou zapříčinit vznik alergií pobývajících osob. V obdobích, kdy dochází k maximálnímu kulminaci mikroorganismů, musí být zajištěna dostatečná intenzita výměny vzduchu (větrání). (6)

3.7.3. Vliv vlhkosti na statiku budov

Vlhkost působící společně s procesem zmrazování a přítomností vodorozpustných solí na stavební konstrukci má za následek degradační procesy, které vedou k rozpadání stavebního materiálu. V takovém případě dochází k narušení bezpečnosti a spolehlivosti konstrukce, až ke statickým poruchám objektu.

3.8. Průzkum stavby z hlediska vlhkosti

Většina starších objektů se potýká s vlhkostními problémy. Nadměrné zavlhčení zdiva způsobuje degradaci stavebních materiálů, zvyšování tepelných ztrát (= větší energetická náročnost) a může negativně ovlivňovat zdraví pobývajících osob. Pro nalezení účinného řešení sanace vlhkého obvodového zdiva je nutné provést průzkum příčin vlhnutí zdiva.

Průzkum stavby probíhá obvykle v následujících krocích:

- místní šetření;
- měření vlhkosti ve stavebních konstrukcích = vlhkostní průzkum;
- zjištění informací o základových poměrech a vlastnostech okolního terénu;
- průzkum salinity;
- průzkumy z hlediska biokoroze;
- průzkumy archivní.

Hloubka provedení jednotlivých kroků závisí na velikosti stavby a na míře poškození stavební konstrukce vlhkostí. Nikdy však nelze vynechat průzkum vlhkostní, průzkum salinity a místní šetření.

3.8.1. Průzkum v terénu – místní šetření

Během místního šetření se využívá nashromážděných podkladů, které se ověřují, případně doplňují. Průzkum v terénu zahrnuje zjišťování stavu zdiva, hodnocení tepelně vlhkostních parametrů a také průzkum okolí objektu s ohledem na sousední zástavbu. Zkoumá se druh, tloušťka zdiva, způsob zdění a celistvost zděných konstrukcí. Odhalení vlhkostních poruch často komplikují asfaltové nátěry, cementová omítka nebo přizdívky v interiéru, v exteriéru (na fasádách) krycí disperzní nátěry. Proto se musí při průzkumu sledovat povrchy stěn z hlediska materiálové skladby. V praxi se běžně průzkum zabývá pláštěm budov zejména soklů fasád, stavem střechy a provedením klempířských prvků.

Přítomnost vlhkosti určuje charakteristický vzhled zdiva. Dle tvaru a polohy vlhkostních map lze obvykle vizuálně odhalit příčiny vlhkostních poruch. Přesnější hodnoty vlhkosti a salinity zdiva se zjišťují na základě měření. (13)

3.8.2. Měření vlhkosti zdiva

Způsobů měření vlhkosti existuje celá řada. Popis jednotlivých metod a rozdělení vlhkost zdiva dle hmotnostních procent je rozebrán v kapitole 3.9.

3.8.3. Informace o základových poměrech a vlastnostech okolního terénu

Informace o schopnostech půdy v šetřené oblasti shromažďovat vodu, hladině spodní vody se zjišťují na základě geologického a hydrogeologického průzkumu. Pro odhalení příčin poruch z hlediska vlhkosti se provádějí sondy kopané, případně pomocí vrtů v podlahách suterénů zejména při obvodových zdech nebo sondami v okolí budovy. (3)

3.8.4. Salinita zdiva

Vlhkost slouží jako transportní médium i pro vodorozpustné soli. Ve stavební konstrukci pozorujeme množství síranů, chloridů a dusičnanů, jejichž přítomností dochází k degradaci materiálu. Chemické reakce solí s některými složkami stavebních materiálů způsobují rozrušování zdiva. Další poruchy vznikají v důsledku koroze zdiva, kterou zapříčiňují hydratační a krystalizační tlaky při změně krystalické formy solí.

Množství solí se zjišťuje z chemické analýzy, orientačně vizuálně dle vlhkostních map, případně pomocí vlhkoměrů, jejichž výsledek hranice vlhkosti nemusí vždy odpovídat hranici zasolení. (13)

3.8.5. Průzkumy z hlediska biokoroze

Při průzkumu z hlediska biokoroze se zjišťuje přítomnost biologických činitelů. Závisí přímo na stavebně-vlhkostním průzkumu a zkoumá se rozsah poškození zděných a dřevěných prvků, výskyt negativních podmínek pro proces biokoroze a stav materiálu s ohledem na vlhkost, chemické složení a rozsah vad (viz kapitola 3.7.2).

3.8.6. Průzkumy archivní

U památkově chráněných budov a budov v památkové zóně by se mělo při návrhu sanačních metod vycházet z archivních průzkumů, z nichž lze získat podklady o předchozích stavebních úpravách a poruchách spojených s užíváním objektu. Archivní průzkum tvoří pracnou část přípravných prací, jejichž důkladným studiem dojdeme k úspěšnému návrhu řešení sanace. (3)

3.9. Metody měření a klasifikace vlhkosti ve zdivu

Existuje mnoho způsobů měření vlhkosti. Obecně dělíme metody měření do dvou základních skupin. Pokud je pro určení vlhkosti nutné odebrat vzorek, tedy narušit stavební konstrukci, jedná se o metodu destruktivní. Jestliže nedochází k narušení konstrukce, hovoříme o metodě nedestruktivní.

3.9.1. Destruktivní metody

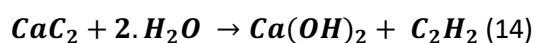
Gravimetrická metoda

Gravimetrická metoda (vážková) patří mezi nejběžnější způsoby měření vlhkosti. Spočívá v odebrání vzorku pomocí sekáče nebo vrtačky z místa porušeného vlhkostí. Není dovoleno používat vysokorychlostní vrtačky, které by mohly odebíraný materiál ohřívat (vysušit) a zkreslit tak výsledné hodnoty vlhkosti. Měření probíhá tak, že odebraný vzorek se převezze ze staveniště v těsně uzavřených nádobách, aby se vlhkost nevypařila, a následně se zváží v laboratoři. Sušení probíhá v otevřených nádobách při teplotě minimálně 105°C, několikrát, dokud se hmotnost vysušeného vzorku neustálí. Rozdíl hmotností před a po vyjadřuje hmotnost vody, která byla v odebraném vzorku obsažena. Výpočet vlhkosti se provádí pomocí vzorce na hmotnostní vlhkost (viz kapitola 3.1.2). Nevýhodou této metody je nemožnost provádět více měření ve stejném místě a časová prodleva mezi odebráním a vysušením vzorku.

Metoda karbidu vápnicku

Metodu karbidu vápnicku lze provádět přímo na stavbě (in situ). Tento způsob měření funguje na principu chemické reakce karbidu s vodou za vzniku plynného acetylenu, jedná se tedy o chemickou metodu. Ke zjištění hodnot vlhkosti je zapotřebí speciální tlaková nádoba s manometrem a váhami, do níž se nasype přesně odvážený nadrcený vzorek, ocelové kuličky a skleněná ampule s karbidem. Po uzavření nádoby se s ní zatřese, ampule karbidu se rozpadne a spustí se okamžitá chemická reakce. Vzniká plyn acetylen, který svým rozpínáním vytváří tlak v nádobě. Hodnotu tlaku na manometru lze pomocí tabulek přepočítat na množství vlhkosti v materiálu. Čím víc plynu, tím větší tlak a tím větší množství vlhkosti materiál obsahuje. Stejně jako u gravimetrické metody se jedná destruktivní způsob měření vlhkosti, proto nelze opakovat měření v jednom místě. (14)

Rovnice reakce karbidu vápnicku s vodou za vzniku hydroxidu vápenatého a acetylenu:



3.9.2. Nedestruktivní metody

Příložný vlhkoměr kapacitní

Měření vlhkosti kapacitním vlhkoměrem patří mezi elektrické metody. Princip fungování spočívá v závislosti elektrických vlastností nekovových stavebních materiálů na vlhkosti. Voda má vliv na elektrickou permitivitu daného materiálu ϵ [-]. Běžné stavební materiály dosahují hodnot relativní permitivity $\epsilon \leq 10$, naopak relativní permitivita vody je $\epsilon \cong 82$, z toho vyplývá, že i malé množství vody obsažené v materiálu zvyšuje hodnotu relativní permitivity. Výhodou měření kapacitními vlhkoměry je zanedbatelný vliv okolní teploty a vodorozpustných solí na výsledné hodnoty vlhkosti. Nevýhodou je potřeba kalibrace přístroje pro každý materiál zvlášť. (15)

Vlhkoměr odporový

Odporové vlhkoměry měří odpor vlhkého materiálu. Odporová metoda využívá schopnosti vodného roztoku měnit se na elektrolyt. Suchá pórovitá látka patří mezi nevodivé, s rostoucím množstvím vlhkosti elektrická vodivost stoupá. Běžně se tato metoda používá k měření vlhkosti dřeva. Odporové vlhkoměry bývají méně spolehlivé, hodnoty závisí na okolní teplotě a množství obsažených solí. (15)

Mikrovlnná metoda

Při měření mikrovlnným vlhkoměrem se využívá schopnosti vody tlumit elektromagnetické vlnění. Dle útlumu elektromagnetických vln při průchodu pórovitým materiálem lze určit vlhkost materiálu. Mezi výhody této metody patří, že nezasahuje destruktivně do konstrukce a umožňuje měření v celém objemu látky. Jedná se o přesný způsob zjišťování vlhkosti, neboť elektromagnetické vlastnosti vody a suchých pórovitých látek jsou výrazně odlišné. Mikrovlnný měřič tvoří vysílač, na jehož straně se nachází generátor mikrovlnného záření, a přijímač, jehož přijímací anténa je napojena na detekční diodu propojenou s vyhodnocovacím voltmetrem. Toto zařízení je těžko použitelné pro práce v terénu, měření probíhá v laboratořích, kde se měří vlhkost sypkého materiálu. (15)

Vodivostní metoda

Princip metody spočívá v měření elektrické vodivosti. Materiál umístěný mezi dvě elektrody vykazuje určitou hodnotu elektrického odporu, která klesá s rostoucím množstvím vody v materiálu. Tuto metodu lze použít pro všechny materiály, které jsou elektrickými nevodíči (zdivo, dřevo, beton).

Metoda impedanční spektroskopie

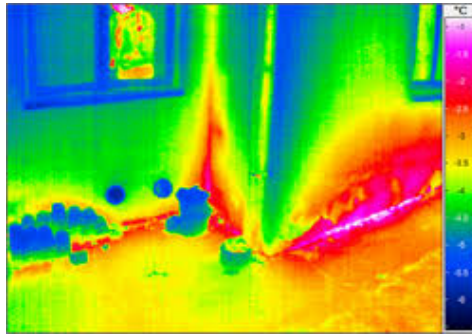
Laboratorní metoda, která využívá k analýze vlastností látky frekvenčních závislostí impedančních charakteristik. Výhodou je nedestruktivní povaha sledování vlhkosti a kvality stavebních materiálů s nízkou vodivostí (plasty, sklo, keramika, cement, kamenivo). (15)

Radiometrická metoda

Radiometrická metoda měří objemovou vlhkost na základě brždění rychlých neutronů, především atomy vodíku. Jako zdroj se využívá směsný zářič americia a beryllia. Ve vlhkém prostředí dochází ke zpomalování neutronů vlivem srážek s vodíkovými jádry. Po dosažení tepelné rovnováhy s jádry prostředí, je množství neutronů zachyceno pomocí detektorů pomalých neutronů. S rostoucí vlhkostí materiálu se zmenšuje objem látky potřebný ke zpomalení neutronů. Měření zpracovává vyhodnocovací jednotka napojená na detektory pomalých detektorů. Výsledky měření můžou znehodnotit materiály, které obsahují velké množství vázané vody (rašelina) nebo prvky, které pohlcují pomalé neutrony (chlor, kadmium, draslík, brom). (15)

Termografická metoda

Termografickou metodu můžeme řadit mezi nedestruktivní způsoby měření vlhkosti. Při užití této metody nezískáváme konkrétní hodnoty, ale jen orientační představu, kde se může vlhkost vyskytovat. Termografie využívá mapování tepelné energie, kterou tělesa vyzařují formou elektromagnetických vln, jejichž frekvence a vlnová délka závisí na teplotě tělesa. Podle zbarvení termovizních snímku lze odhalit místa, kde dochází k úniku tepla (= tepelným ztrátám). V těchto místech se obvykle setkáváme s vlhkostními problémy, neboť přítomnost vlhkosti ve stavebním materiálu zvyšuje tepelnou vodivost materiálu. Mezi výhody patří rychlost provedení. Naopak nevýhody představuje závislost na klimatických podmínkách a orientační představa o rozložení vlhkosti pouze na povrchové části konstrukce. (16)



Obrázek 9: Termovizní snímek zdiva (17)

3.9.3. Vyhodnocení vlhkosti zdiva

Hmotnostní vlhkost (viz kapitola 3.1.2) zdiva je základním parametrem pro výběr sanační metody. Naměřené hmotnostní hodnoty vlhkosti zdiva se porovnávají s hodnotami uvedenými v ČSN P 73 0610 (viz Tabulka 2).

Tabulka 2: Klasifikace vlhkosti zděných konstrukcí dle ČSN P 73 0610

Stupeň vlhkosti	Vlhkost zdiva w v % hmotnostních
Velmi nízká	$w < 3$
Nízká	$3 \leq w \leq 5$
Zvýšená	$5 \leq w \leq 7,5$
Vysoká	$7,5 \leq w \leq 10$
Velmi vysoká	$w > 10$

Třídění konstrukcí dle výše uvedené tabulky platí jen pro stavby s místnostmi a prostory určenými pro pobyt osob. Tato klasifikace předpokládá, že stěny jsou vyzděné z plných cihel pálených na vápennou, vápenocementovou, případně cementovou maltu, z cihel vápenopískových a z kamenů, které se dříve používaly jako tradiční zdící materiály (pískovec, opuka, další druhy kamene s nasákavostí ≥ 10 % hmotnostních).

Vzorky ke zjištění hmotností vlhkosti by se měly odebírat z hloubky alespoň 100–150 mm od líce zdi, aby došlo k vyloučení okolního prostředí na povrchovou vrstvu konstrukce (povrchová kondenzace, vysychání, účinky větrem hnaných dešťů).

U vysoké a velmi vysoko hmotnostní vlhkosti lze na zdivu pozorovat viditelné poruchy, v těchto případech je zapotřebí využít sanačních opatření. Vlhkosti s hodnotou nižší než zvýšená nezpůsobují viditelné vady, k jejich řešení postačí použití povrchových sanačních metod. Pokud se jedná o vlhkosti velmi nízké a nízké, nedochází k destrukci omítek vlivem mrazu.

Při hodnocení hmotnostní vlhkosti materiálu je vhodné pro upřesnění informací o celkovém vlhkostním poměru udat také stupeň zavlhčení zdiva C_w , který vyjadřuje poměr hmotnostní vlhkosti materiálu vůči jeho maximální nasákavosti: (14)

$$C_w = \frac{w_m}{N_{max}} [\%]$$

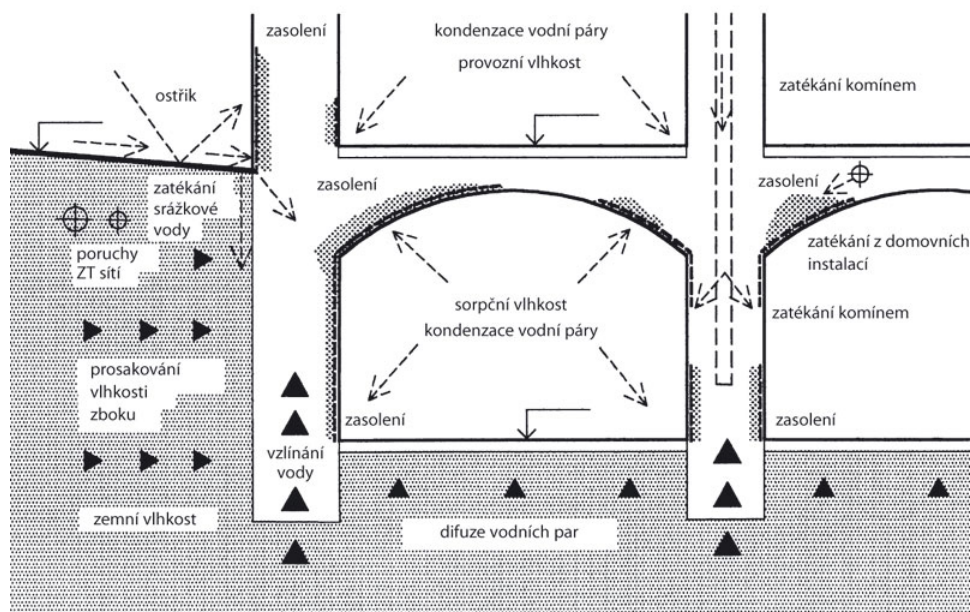
w_m [%] – hmotnostní vlhkosti zdiva;

N_{max} [%] – maximální nasákavost zdiva.

3.10. Sanační metody pro vlhké obvodové zdivo

Obor sanace vlhkého zdiva zahrnuje systém hydroizolačních, vysušovacích a stavebních opatření, jejichž cílem je dosažení trvalého snížení obsahu vlhkosti ve zdivu a tím i dosažení požadovaných tepelně-izolačních vlastností konstrukcí a požadované vlhkosti vzduchu v interiérech sanovaných budov. (18)

Sanace vlhkého zdiva je zaměřena na odstranění důsledků vlhkosti. Návrh konkrétní sanační metody pro zavlhlé zdivo se provádí na základě výsledků průzkumu objektu a analýzy příčin vlhkostních poruch (viz Obrázek 10). Součástí vlhkostního průzkumu objektu je odhalení příčin zvýšené vlhkosti, obsah solí a nasycení zdiva vodou. (13)



Obrázek 10: Příčiny vlhkostních poruch

V běžných případech lze v objektu odhalit více příčin vlhkostních poruch, proto je potřeba řešit sanaci kombinací několika sanačních metod. Základním pilířem všech sanačních opatření je zamezit vnikání vody do objektu. Výběr způsobu sanace závisí na návaznosti s dalšími stavebními úpravami, na efektivitě provedení vzhledem k poznanému stavu a účelu objektu, na složitosti provedení a případným vlivům na provoz budovy a na možnosti použití s ohledem na historickou hodnotu objektu. Kvalita a důslednost průzkumných, projektových i realizačních prací a zkušenosti prováděcí firmy zajišťují úspěšný výsledek sanace.

Metody sanace vlhkého zdiva proti zemní vlhkosti, srážkové vodě prosakující do zeminy a dalším typům namáhání dělí norma ČSN P 73 0610 dle zásahu do stavební konstrukce na:

- metody přímé;
- metody nepřímé;
- doplňkové metody přímé;
- doplňkové metody nepřímé. (19)

3.10.1. Přímé sanační metody vlhkého zdiva

Přímé sanační metody brání pronikání a šíření vlhkosti do konstrukcí nebo do vnitřního prostředí, patří mezi ně:

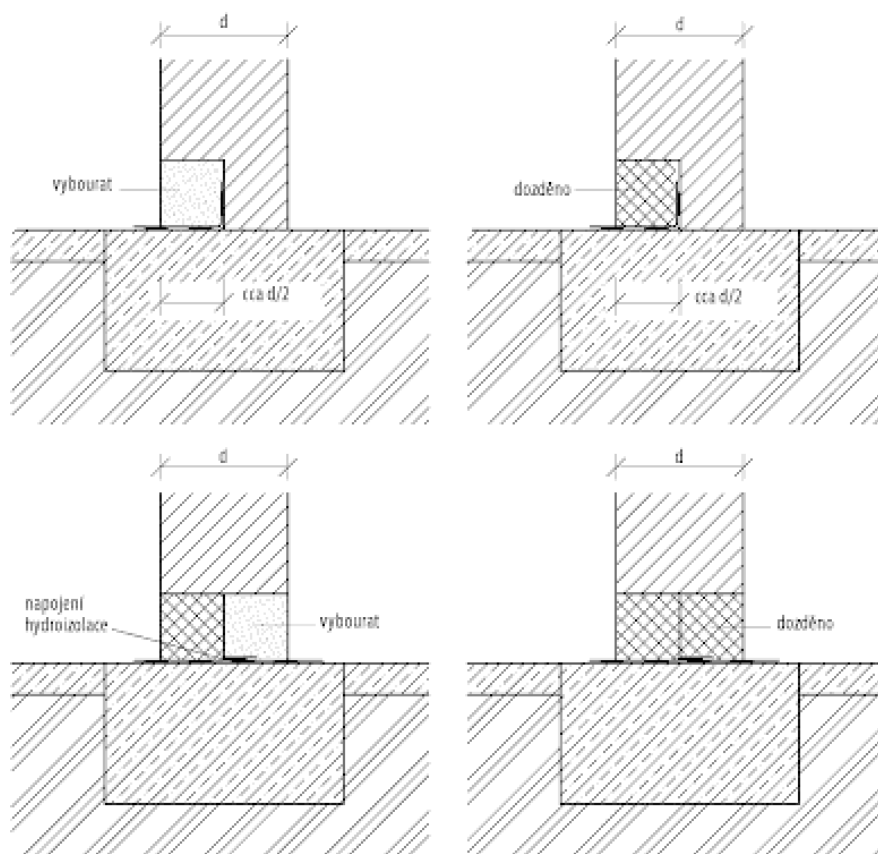
- metody mechanické;
- metody chemické;
- metody elektroosmotické;
- metody vzduchoizolační.

Mechanické metody sanace zdiva

Mechanické metody sanace zdiva spočívají v dodatečném vložení chybějící hydroizolace, případně výměně poškozené (nefunkční) hydroizolace za novou. Dříve se tento způsob sanace prováděl ručně, v dnešní době se přikláníme k použití strojních zařízení: řetězová, kotoučová pila nebo diamantové lano. Sanační opatření zdiva pomocí mechanických metod patří při důsledném provedení mezi nejspolehlivější, nevýhodou však zůstává vyšší cena. (20)

➤ Probourávání zdiva

Proces probourávání patří mezi zastaralé metody řešení zvlhlého zdiva vzhledem k její pracnosti, časové náročnosti a možnému ohrožení statiky objektu. V dnešní době se využívá jen při rekonstrukcích menších budov a budov s komplikovanou skladbou zdiva, kde není možné použít jiných mechanických metod. Proces této metody spočívá v postupném vybourávání 2-4 vrstev cihel po úsecích dlouhých 0,8-1,5 m. Do vytvořeného očištěného prostoru se nanáší vyrovnávací vrstva z cementové malty a následně se vkládá vodotěsná hydroizolace (modifikované izolační pásy, PE fólie) s přesahem 100–150 mm přes líc stěny a také v horizontálním směru k napojení další hydroizolace. Dále se vybouraná část opět dozdí, zajistí plastovými klíny z obou stran a doinjektuje cementovou maltou. (3)



Obrázek 11: Postup vybourávání zdiva

➤ **Ruční podřezání zdiva**

Podřezání lze provádět ručně nebo strojně zejména v cihelném zdivu. Přes velice příznivou cenu provedení se od ručního způsobu provádění v současnosti ustupuje z důvodu technologické pracnosti. Základem ručního podřezání zdiva je vytvoření vodorovné spáry ve zdivu pomocí tzv. břichatky, kterou obsluhují dva pracovníci. Po vytvoření a vyčištění spáry se do ní vkládá hydroizolace s přesahem na líci zdiva i přes jednotlivé pásy. Dále se stejně jako u metody vybourávání zdiva spára vyklínuje a vyplní maltou. (14)

➤ **Strojní podřezání odřezání**

Při strojním podřezání, se ve zdivu prořízne spára pomocí elektrických zařízení. Princip těchto metod je obdobný ručnímu podřezání s výhodou rychlejšího provedení a v některých případech možnosti použití u zdiva bez průběžné spáry. Do proříznuté mezery se vkládají vodotěsné izolace (PE fólie, sklolaminátové desky), zdivo se zajistí plastovými klíny a následně se spára řezu doplní rozpínavou maltou.

a) Podřezání řetězovou pilou

Pila s řetězem osazená v pojízdné konstrukci umožňuje podřezat zdivo tloušťky až 1 m. Pro pojezd celé soupravy se musí zajistit dostatečný manipulační prostor podél podřezávané stěny (cca 1,5 m).

Mezi výhody této metody patří příznivá cena provedení a možnost využití trvanlivých izolačních materiálů. Další výhodou je, že tato izolace může sloužit i jako izolace proti tlakové vodě a jako radonová clona. Nevýhodou této metody je, že ji lze použít jen pro cihelné zdivo s vodorovnou průběžnou spárou. Zdivo nesmí vykazovat poruchy pevnosti, musí být soudržné a zděné na vápennou maltu.

b) Podřezání zdiva diamantovým lanem

Pro realizaci je nutné zajistit dostatečně velký manipulační prostor z obou stran zdiva. Postup je obdobný jako u podřezání zdiva řetězovou pilou. Nejprve se musí určit délka lana s ohledem na sílu zdiva a členitost okolního prostoru, dále se na začátku a na konci řezaného úseku vyvrtají otvory, kterými se provleče lano, a to se poté ukotví do vodících kladek. Při řezání musí být lano chlazeno proudem vody. Do proříznuté vyčištěné spáry se vkládají fóliové izolace z PE nebo sklolaminátu včetně plastových klínů, které vyplňují společně s rozpínavým tmelem spáru po podřezání.

Metoda sanace vlhkosti podřezání diamantovým lanem umožňuje podřezat všechny typy zdiva smíšeného i kamenného bez ohledu na jeho tloušťku. Zdivo nesmí být sypké, soudržnost je nezbytná pro vložení izolace po provedení řezu. Diamantové lano lze využít také pro realizaci svislé izolace zdiva, protože kladky umožňují variabilitu řezu jak v horizontálním, tak ve vertikálním směru. Nevýhodou je nižší pracovní výkon oproti podřezání řetězovou pilou a vyšší cena provedení. (14)

c) Podřezání zdiva kotoučovou pilou

Podřezání zdiva kotoučovou ruční pilou patří mezi méně používané metody. V závislosti na tloušťce zdiva se zvětšuje potřebný průměr kotoučů, jejichž rozměry komplikují manipulaci. Proto se tento způsob využívá maximálně do tloušťky zdiva 150 mm.

➤ **Zarážení nerezových desek (HW systém)**

Dodatečnou izolaci zdiva zarážením nerezových desek lze použít pro stěny tloušťky do 1 m (zarážením plechů z jedné strany) nebo do 2 m (zarážením plechů z obou stran). Vlnité plechy z chromniklové oceli tloušťky 1,5 mm se zaráží do průběžné spáry zdiva pomocí speciálního strojního zařízení. Délka plechu odpovídá tloušťce zdiva. Propojení nerezových desek je zajištěno zámkovými spoji, případně překrytím.

Výhodou zarážení nerezových desek je dlouhodobá životnost a vysoká rychlost provedení. Mezi nevýhody patří nutnost průběžné spáry pro provedení a potřeba manipulačního prostoru pro strojní mechanizaci. (14)

Chemické metody sanace zdiva

V případě použití chemické metody se hydroizolační vrstva vytváří napuštěním speciální látky do zdiva, která vyplňuje póry a kapiláry. Tato látka se chová jako hydroizolační clona, která brání postupu vzlínající vody a zastupuje funkci klasické hydroizolace. Chemickou injektáž lze provádět beztlakovou, tlakovou či zvláštní metodou.

Výběr chemické metody pro sanaci zvlhlého zdiva závisí na technickém stavu zdiva z důvodu provádění vrtů. U dutinového zdiva je použití chemického způsobu sanace obtížně řešitelné, lze injektovat dutiny pomocí speciální malty, jedná se ovšem o nevýhodné řešení z důvodu pracnosti a zvýšených nákladů.

Injektážní metody se dají považovat za nejméně invazivní způsob řešení zvlhlého objektu, proto bývají často součástí návrhu sanace památkově chráněných objektů. Výhodou je snadná dostupnost injektážních prostředků a strojního vybavení. Realizaci a návrh konkrétní injektážní metody vyřizuje odborná firma. (3)

Dle funkce dělíme injektážní látky na:

- utěšňovací – různé typy vodního skla, užívaly se dříve, nyní základ pro výrobu kombinovaných injektážních látek, jejich působením dochází k zúžení pórů a ke snížení kapilární nasákavosti;
- hydrofobizační – roztoky organokřemičitých kyselin v organických rozpouštědlech, zamezují vzlínání a kondenzaci vody v kapilárách zdiva vytvořením vrstvičky na stěnách pórů, nebrání difuzi vodní páry;
- kombinované – spojení vlastností utěšňovacích a hydrofobizačních prostředků. (14)

➤ **Beztlaková injektáž a injektáž s hydrostatickým tlakem**

Beztlaková injektáž patří k nejběžnějším a nejpoužívanějším způsobům injektážních metod. Injektážní látky se do připravených vrtů dostávají díky kapilárním silám (beztlaková injektáž), případně vlivem hydrostatického tlaku sloupce kapaliny, který vzniká převýšením zásobníku nad injektovaným otvorem (injektáž hydrostatickým tlakem).

Vzdálenost jednotlivých vrtů závisí na nasákavosti zdiva a typu použitého materiálu. Ideálním řešením je navrtání otvorů ve dvou řadách (hlavně u silnějších stěn) nad sebou v osové vzdálenosti 120-125 mm. Průměr vrtů se odvíjí od použité technologie a injektážního prostředku cca 20-38 mm, úhel vrtání se pohybuje mezi hodnotami 15°–45°. Hloubka vrtů závisí na tloušťce zdiva, obvykle končí o 50-100 mm před protějším lícem zdiva (pro zdivo do tloušťky 800-900 mm), zdivo silnější je zapotřebí navrtat oboustranně tak, aby vrty zasahovaly minimálně do poloviny (lépe do dvou třetin) tloušťky stěny.

Vyvrtné otvory se zbavují nečistot vyfoukáním nebo odsátím, dále jsou plněny = injektovány pomocí speciálních nádobek, elektrických čerpadel nebo samospádem. Spotřeba injektážní hmoty závisí na pórovitosti zdiva, orientačně je uvedena výrobcem.

Pro beztlakovou injektáž jsou vhodné látky s nízkou viskozitou (silikáty, silany, silikonové mikroemulze, ohřáté parafíny), které snadno pronikají do porézní struktury sanovaného materiálu.

Injektáž s hydrostatickým přetlakem probíhá z nádoby umístěné 1-2 m nad vrtem skrz hadičku do otvoru. Těsnění zajišťuje ucpávka s přechodkou na ústí vrtu, což zvyšuje pracnost provedení. Tato metoda je vhodná pro viskóznější látky nebo pro méně porézní zdiva. (3)

➤ **Tlaková injektáž**

Tlaková injektáž se používá u vysoce zvlhlých stavebních konstrukcí. Vyvrstávají se otvory o průměru 10-12 mm v osové vzdálenosti 100-300 mm v jedné nebo více řadách. Vrty se provádí dle technologického postupu výrobce pod úhlem nebo vodorovně. Do vrtů se vkládají injektážní ventily, které jsou pomocí tlakového čerpadla vyplňovány injektážní látkou pod tlakem do 1000 kPa. Velikost tlaku se kontroluje pomocí manometru. Pokud není dosaženo požadovaného tlaku, musí se provést kontrola úniku injektážního prostředku trhlinami nebo dutinami ve zdivu. V tomto případě musíme daná místa opravit a vyplnit.

Injektování se provádí do té doby, dokud není vytvořena souvislá hydroizolační clona. Během procesu injektáže se musí zaznamenávat spotřeba injektážní látky a hodnoty tlaku.

V porovnání s beztlakovou injektáží je tlaková metoda snadnější při manipulaci a rychlejší v provádění, vyššího nasycení kapilár ale nedosahuje. (3)

➤ **Zvláštní metody chemických injektáží**

a) Termicky aktivované injektáže

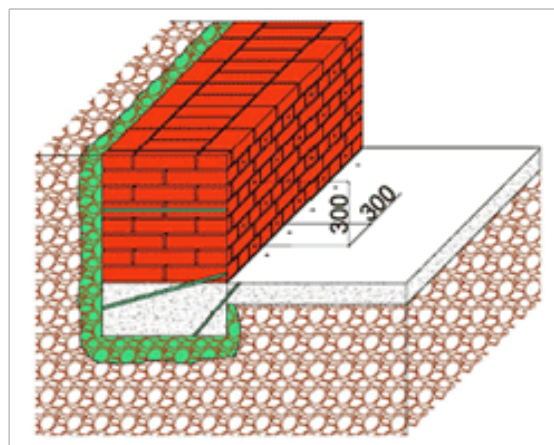
Při termicky aktivované injektáži se po vyvrtání otvorů vysouší zdivo zasunutím odporových tyčí do vrtů po dobu 12–24 hodin a působením teploty cca 200°C. Poté se aplikuje infuzní látka – roztavený parafín. Výhodou při použití této metody je absence vody, což zapříčiní rychlejší vysychání konstrukcí.

b) Metoda následné infuze

Metoda následné infuze spočívá v aplikaci dvou typů injektážních látek–hydrofobizačních a těsnících. Důležitou podmínkou pro aplikaci je vysoká penetrační schopnost těchto injektážních hmot. Oproti injektážím, kdy se aplikují jen hydrofobizační nebo jen těsnící prostředky, se do konstrukce vnáší méně vody, tím se zkracuje doba vysušování nad vytvořenou hydroizolační vrstvou.

c) Rubová injektáž

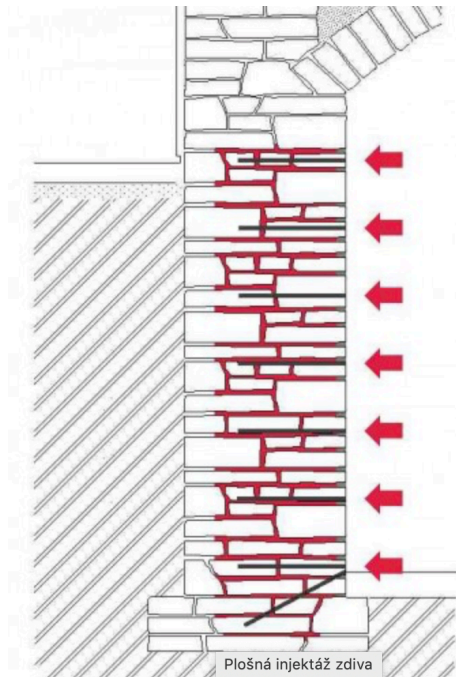
Rubovou injektáž lze využít jen u podzemních stěn, je vhodná i do velmi vlhkých prostředí. Při této metodě se injekční hmota neaplikuje do zdiva, ale na styku rubové strany podzemního zdiva a obklopující zeminy (viz Obrázek 12). Vrtů prochází celou tloušťkou zdiva a tlakovou injektáží jsou plněny do místa kontaktu zdiva a zeminy. Svislá a vodorovná rozteč vrtů musí být taková, aby po aplikaci injektáže došlo k vytvoření souvislé hydroizolační clony. Osovou vzdálenost otvorů ovlivňuje druh injektážního prostředku, vlastnosti zeminy a hydrofyzikální namáhání. Jako injekční hmota slouží gely nebo hydrogely, které při reakci s vodou vytváří vodu nepropustnou a pružnou vrstvu.



Obrázek 12: Uspořádání vrtů plošné rubové injektáže stěn (21)

d) Plošná injektáž

Mezi další chemické metody patří chemická injektáž, která se provádí v ploše stěn, a to v případě, pokud není umožněno vytvořit svislou hydroizolaci na vnější straně zdi nebo je provedení komplikované (výkopy chodníků, v blízkosti komunikací, nepřístupný sousedící objekt). (20)



Obrázek 13: Plošná injektáž zdiva (22)

Elektrofyzikální metody sanace zdiva

Základem elektrofyzikálních metod je elektroosmóza, jejíž podstatu tvoří elektrokinetický jev. Elektroosmóza je způsob opatření proti vlhkosti, kdy se využívá fyzikálních jevů pro vytlačení vlhkosti ze zdiva. Voda materiálem postupuje vlivem elektrického stejnosměrného proudu. Při proudění vody skrz kapiláru vzniká na jejím styku s vodou elektrická soustava s kladným potenciálem. Elektroosmotická metoda vychází z poznatku, že se mezi horní částí zvlhlého zdiva a základovou půdou vytváří napětí vyvolané prouděním vody v kapilárách. Uzemněním zdiva se vytváří uzavřený elektrický obvod, ve kterém má elektroosmotické proudění opačný směr než proudění vody kapilárou. Je předpoklad, že elektrické pole vyvolané vzlínáním má kladný ve směru proudění kapaliny (ve zdivu) a záporný pól v zemině. Zdivo vysychá, neboť nad rovinou uzemnění převažuje odpařování nad vzlínáním.

Dle druhu použitého materiálu pro elektrody a využití zdroje elektrického napětí při provádění dělíme metody na: pasivní elektroosmózu, galvanoosmózu nebo aktivní elektroosmózu.

V současné době se využívá především metoda aktivní elektroosmózy, která vylučuje nedostatky ostatních elektroosmotických metod a je také jako jediná součástí ČSN P 730610. (19) (3)

Výsledek elektroosmotické metody může negativně ovlivnit přítomnost bludných proudů v zeminách, anorganické soli, neizolovaná kovová potrubí a instalace ve zdivu, dále také vodivost a kyselost zdiva. Během aplikace těchto metod je zapotřebí neustálá kontrola a seřizování. Není vhodné používat v místech výskytu kondenzační vlhkosti od základové spáry, okolní zeminy a v místech výskytu migrace vodní páry. Aktivní elektroosmózu nelze provádět u cihelných a betonových konstrukcí s $\text{pH} < 6$.

K výhodám elektroosmotických metod patří jednoduchý způsob montáže a minimální zásahy do konstrukce zdiva. Proto se jedná o velice vhodnou sanační metodu pro historické či památkově chráněné objekty, avšak finančně velice nákladnou. (23)

Vzduchově izolační metody sanace zdiva

Obvykle se vzduchoizolační systémy kombinují s chemickými injektážemi nebo elektroosmotickými metodami a slouží k odvodu zbytkové vlhkosti suterénního nebo základového zdiva. Vzduchoizolační systémy patří mezi méně nákladnější, mají neomezenou životnost a k provozu není zapotřebí energie. Lze tuto metodu použít pro všechny typy materiálů. Za nevýhodu můžeme považovat pomalejší pokles vlhkosti. (14)

Metodu vzduchoizolačních systémů volíme v případě, že:

- řešíme sanaci zvlhlého objektu, kde není možné zasahovat do nosného zdiva pomocí mechanických metod (památková ochrana, klenby stropů);
- v rámci stavebních úprav došlo během předešlých stavebních úprav k poškození vzduchoizolačního systému (zasypáním) a z důvodu ochrany proti zemní vlhkosti se vyplatí systém obnovit;
- jsou vzduchoizolační systémy špatně navrženy a neplní svou funkci, můžou být na základě odborného posouzení a provedení stavebních úprav uvedeny do provozu.

Vzduchoizolační systémy lze rozdělit do dvou kategorií:

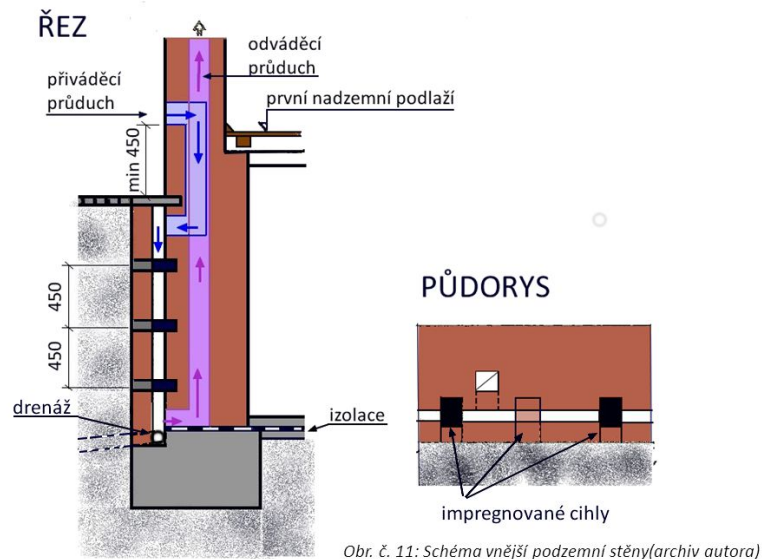
- vzduchové dutiny;
- ostatní vzduchové izolační systémy. (14)

Vzduchové dutiny

Vzduchově izolační systémy oddělují zdroj vlhkosti od samotné stavební konstrukce pomocí vzduchové dutiny (provětrávaná štola, sokl, podlaha, vzduchová dutina na stěně z interiéru). Vzduchové dutiny fungují jako zábrana proti pronikání zemní vlhkosti. Účinnost vzduchové dutiny zajišťuje neustálá cirkulace vzduchu, při které by uvnitř dutiny nemělo docházet ke kondenzaci vodních par. Cirkulaci vzduchu dutinou lze zprostředkovat pomocí nasávacích a výdechových otvorů, případně nuceně pomocí ventilátorů, které do dutin vzduch vhání nebo vysávají (viz obrázek 14). Při projektování lze ověřit funkčnost systému výpočtem, který obsahuje následující části:

- stanovení průběhu rychlosti proudění vzduchu v dutině – w_x (m/s);
- stanovení průběhu teplot proudícího vzduchu v dutině – t_x (°C);
- stanovení průběhu parciálních tlaků vodní páry ve vzduchu v dutině – p_{dx} (Pa);
- stanovení průběhu parciálních tlaků vodní páry ve vzduchu v dutině při jeho nasycení – p_{dx} (Pa);
- posouzení kondenzace vodní páry ve vzduchové dutině;
- stanovení tlakového spádu proudícího vzduchu Δp (Pa);
- výpočet tlakových ztrát Δp_z (Pa);
- posouzení správné funkce dutiny. (23)

Podzemní vzduchoizolační stěna



Obrázek 14: Vzduchoizolační systém u podzemní stěny

Sanaci zavlhlého zdiva pomocí vzduchových dutin lze použít jen pro cihelné zdivo s hmotnostní vlhkostí $w < 10\%$ z důvodu nižší účinnosti. Tímto procesem můžeme dosáhnout snížení hmotnostní vlhkosti o 2-3 %. Z hlediska technického a dispozičního se dává přednost přirozené cirkulaci vzduchu s napojením nasávacích i výdechových otvorů na vnější ovzduší, které zajišťují proudění vzduchu díky rychlosti proudění větru, případně pomocí dutin s nasávacími otvory v interiéru a výdechovými otvory v exteriéru, jejichž funkci zajišťuje rozdíl venkovních a vnitřních teplot vzduchu a výškový rozdíl umístění nasávacího a výdechového otvoru.

Dělení vzduchových dutin provést na základě:

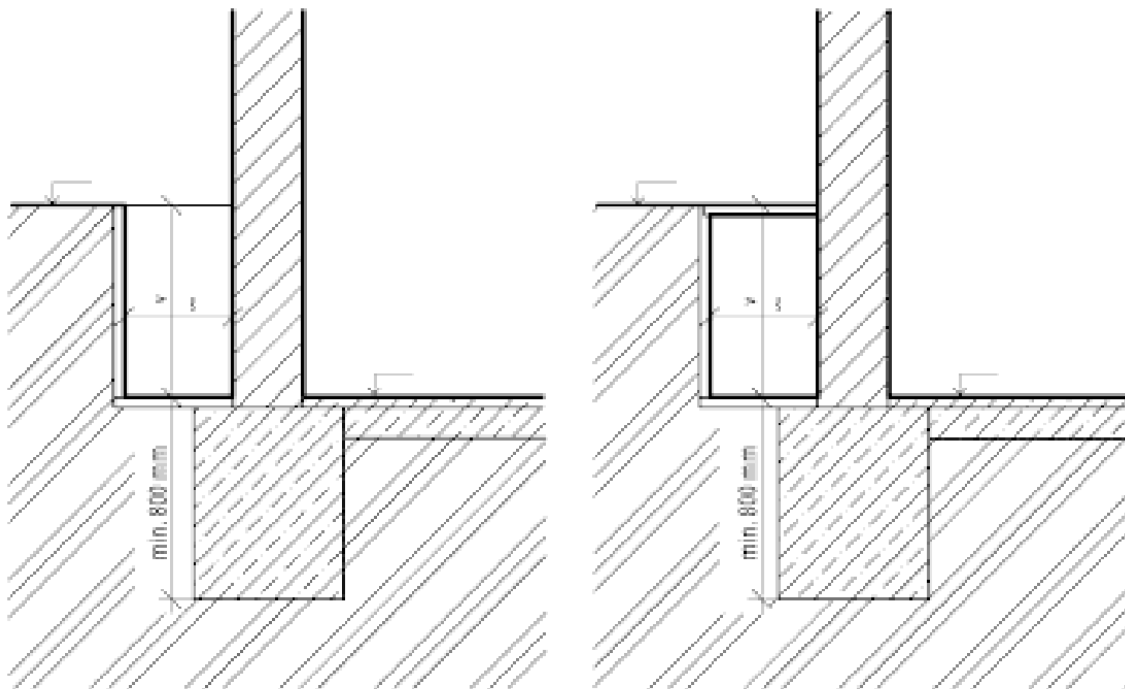
- a) polohy:
 1. svislé (stěnové)
 2. vodorovné (podlahové)
- b) umístění
 1. v exteriéru – na vnější straně zdiva
 2. v interiéru – na vnitřní straně zdiva
- c) způsobu odvětrávání
 1. přirozená cirkulace vzduchu
 2. nucené proudění vzduchu

- d) způsobu odvětrávání
 - 1. odvětrávané – do exteriéru/do interiéru
 - 2. neodvětrávané
- e) doby realizace
 - 1. původní
 - 2. dodatečné

➤ **Vzduchové dutiny stěnové**

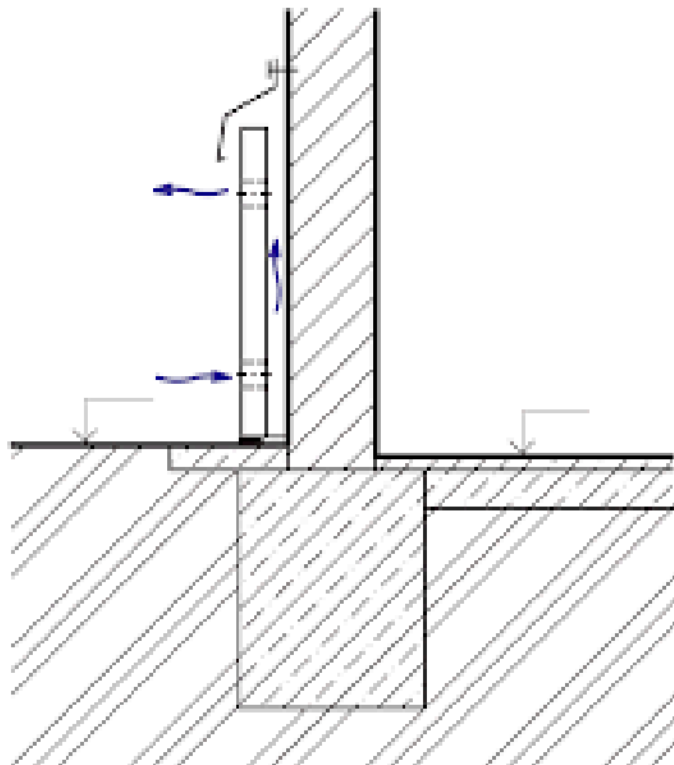
Vzduchové dutiny mohou být umístěny jak z vnější, tak z vnitřní strany obvodového zdiva.

Na vnější straně zdi mohou být vzduchové dutiny provedeny pod úrovní terénu nebo nad úrovní terénu. Pod úrovní terénu mohou být vzduchové zakryté nebo otevřené = anglické dvorky (viz Obrázek 15).



Obrázek 15: Vlevo – vzduchová dutina na vnější straně s otevřeným systémem (anglický dvorek),
Vpravo – vzduchová dutina na vnější straně s uzavřeným systémem

Nad úrovní terénu se jedná o provětrávané soklové dutiny. Soklová oblast je velice zatížená působením vlhkosti z různých zdrojů. Systém nasávacích a výdechových otvorů zajišťuje cirkulaci vzduchu, během které dochází k odvodu přebytečné vlhkosti ze vzduchové dutiny, jejíž šířka by měla být alespoň 50 mm.



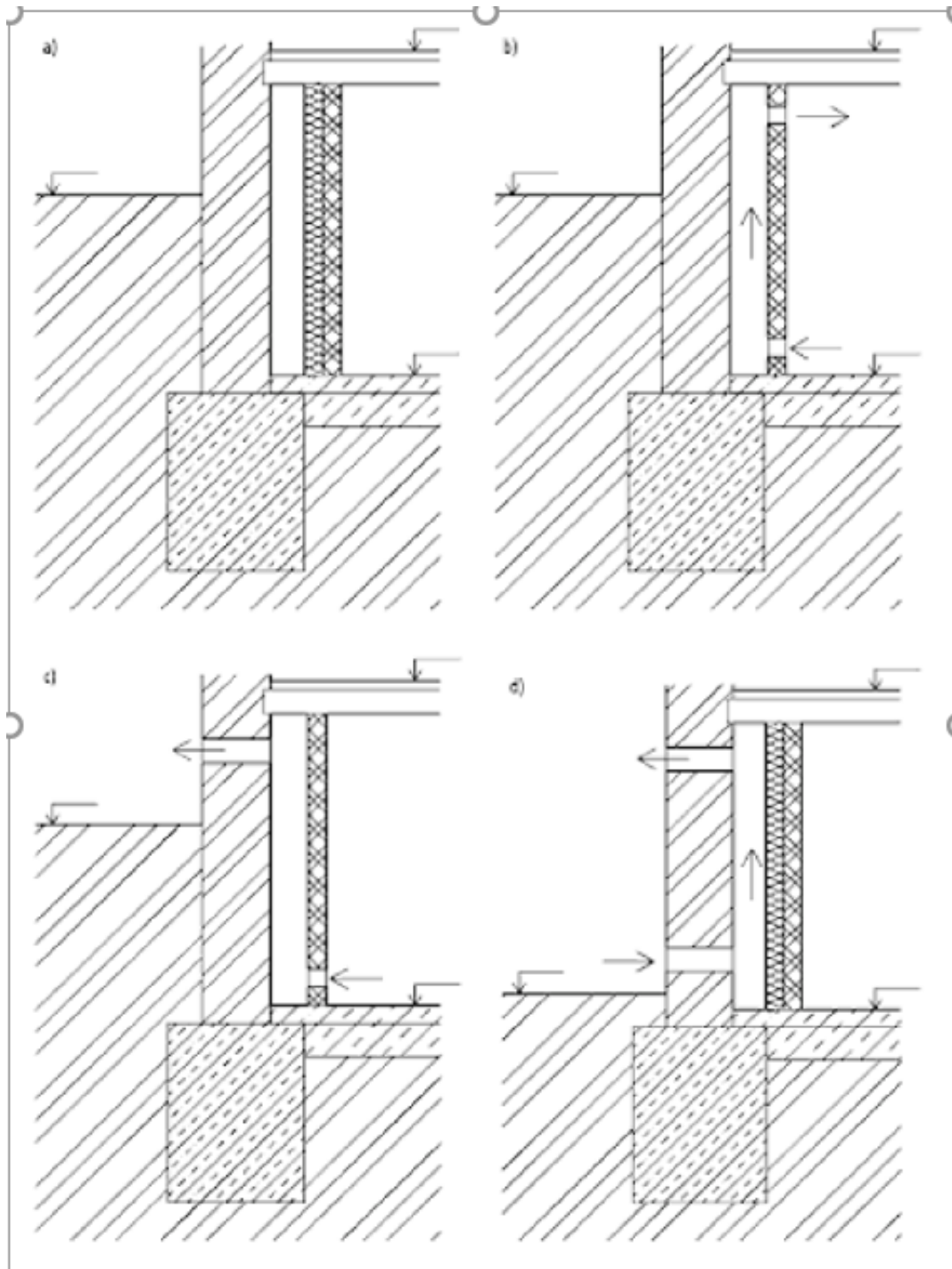
Obrázek 16: Způsob odvětrávání soklu pomocí nasávacích a výdechových otvorů

Provětrávané sokly mohou být řešeny jako zděné (soklová přizdívka), zavěšené (zavěšení soklové desky), z profilovaných fólií plastických hmot (fólie s obkladem).

Stěnové dutiny na vnitřní straně zdi se nachází dle umístění pod úrovní podlahy nebo nad úrovní podlahy. Stěnové dutiny pod úrovní podlahy fungují na podobném principu jako tytéž stěnové dutiny z vnější strany obvodového zdiva. Stěnové dutiny nad úrovní terénu lze technologicky řešit jako předsazené stěny nebo jako vnitřní obklady.

Podle způsobu dovádění vzduchu z dutiny lze předsazené stěny na vnitřní straně zdiva dělit na (viz Obrázek 17):

- neodvětrávané;
- odvětrávané – s přívodem a odvodem do exteriéru, s přívodem i odvodem do interiéru, s přívodem vzduchu z interiéru a odvodem do exteriéru.



Obrázek 17: Předsazená stěna na vnitřní straně

- a- nevětraná (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

➤ **Ostatní vzduchoizolační systémy**

Mezi ostatní vzduchoizolační systémy řadíme izolace systémy kanálků, použití profilovaných fólií, provětrávané drenážní systémy.

Sanační způsob vlhkosti pomocí kanálku lze provést dvěma způsoby a to pomocí takzvaných Knapenových kanálků nebo kanálkovým způsobem. Profilované fólie jsou vhodné použít pouze jako ochrannou vrstvu hydroizolací. Provětrávané drenáže fungují především jako radonová clona

Efektivita odvlhčení těchto metod je v našich klimatických podmínkách velice nízká, proto se v současnosti neprojektují. (14)

3.10.2. Nepřímé metody sanace vlhkého zdiva

K zamezení opakovaného výskytu nadměrné vlhkosti v objektu se kromě přímých sanačních metod využívá metod nepřímých. Mezi nepřímé metody, které snižují hydrofyzikální namáhání (= působení vodního prostředí na stavební konstrukce a objekty) konstrukcí, lze zařadit:

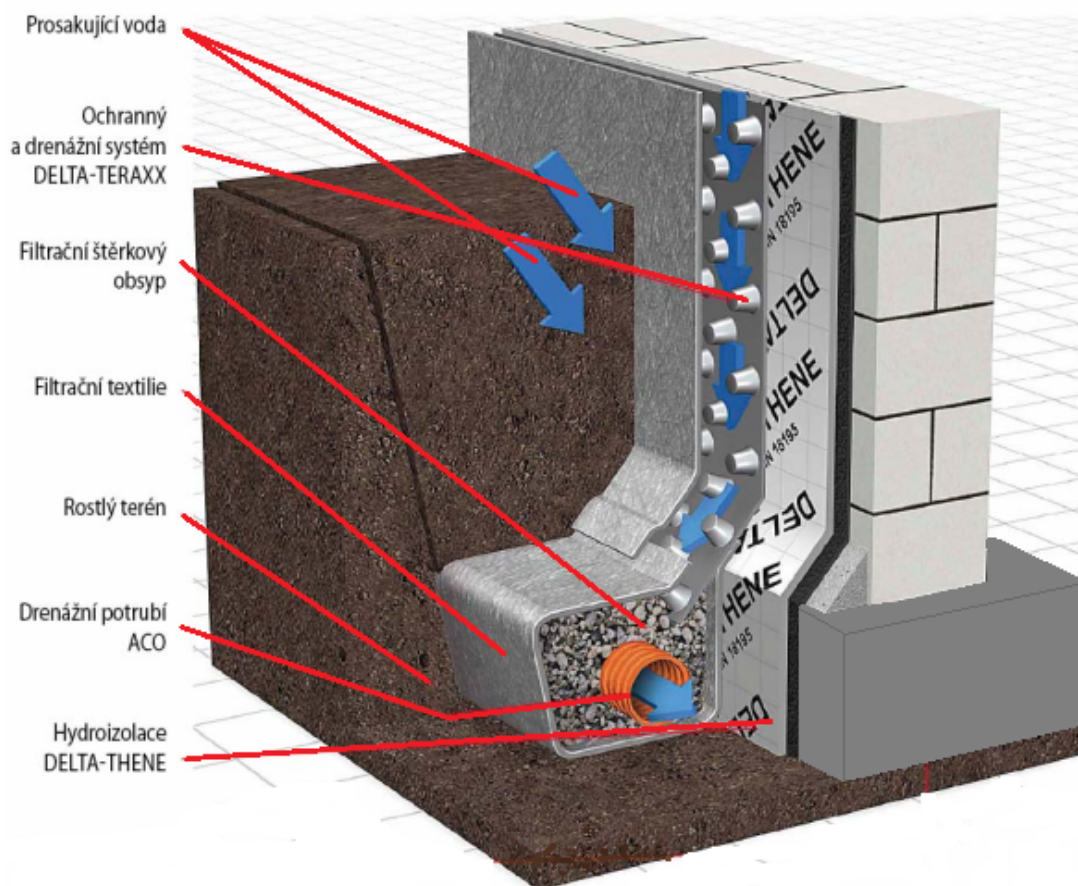
- Drenážní systémy v okolí objektu
- Úpravy povrchu a sklonu terénu v okolí objektu
- Větrání budov a místností
- Vysoušení vnitřních povrchů konstrukcí

Drenážní systémy v okolí objektu

Drenáž je systém drénu a drenážních objektů, pomocí kterých se odvádí voda (srážková, podzemní) od objektu. Drenáž se navrhuje jako podpůrný způsob přímých sanačních metod kdy:

- objekt se nachází nad úrovní hladiny podzemní vody v nepropustném podloží – z důvodu nepropustného podloží by se srážková voda zadržovala v násypu podél obvodového zdiva, což by vytvářelo vodní sloupec, který by působil na zdivo hydrostatickým tlakem, provedením drenáže se odvádí voda a dochází tak ke snížení hydrofyzikálního namáhání;
- budova je založena na svahu – v tomto případě se navrhuje drenážní systém z důvodu odvedení srážkové vody, která by při stékání mohla působit hydrostatickým tlakem na obvodové zdivo;
- v případě návrhu sanace při porušení hlavní hydroizolace gravitační nebo tlakovou vodou.

Nemá smysl navrhovat drenážní systémy ve chvíli, kdy se založení budovy nachází pod úrovní hladiny spodní vody nebo pokud se v okolí objektu nachází propustné podloží, které dokáže přebytečnou vodu vsakovat.



Obrázek 18: Příklad provedení drenáže obvodového zdiva (24)

Úpravy povrchu a sklonu terénu v okolí objektu

Tyto úpravy zahrnují spádování přilehlého terénu směrem od budovy, snížení výškové úrovně terénu v místě kontaktu s obvodovým zdivem, případně realizaci okapních chodníků.

Snížení výškové úrovně terénu eliminuje vliv zemní vlhkosti a vsakující se srážkové vody na obvodové zdivo. Nesmí se však opomenout požadavek na nezámraznou hloubku 800 mm, při jejím nedodržení by v zimních měsících došlo k zmrznání vody v okolí základových konstrukcí a vlivem objemových změn by mohlo dojít k nerovnoměrnému sedání objektu a ke vzniku trhlin, což by mohlo ohrozit celou statiku objektu. (14)

Větrání budov a obytných místností

Ze zdravotních a hygienických důvodů je nezbytně nutné zajistit přísun čerstvého vzduchu do objektu. Množství potřebného vzduchu je dáno počtem osob a typem jejich činnosti. Větrání je důležité nejen pro uživatele objektu, ale i pro budovu samotnou, neboť se odvádí přebytečná vlhkost, nedochází ke kondenzaci a zamezuje se tak vzniku plísní. Základní veličina hodnotící míru větrání místnosti je výměna vzduchu, která určuje, jaké množství čerstvého vzduchu je do místnosti za hodinu přivedeno.

Větrání u mnoha objektů je stále zajištěno jen přirozeně, otevíráním a zavíráním oken a skrz netěsnosti spár oken a dveří, takzvanou infiltrací. Zlepšováním tepelně-technických vlastností otvorových výplní dochází k těsnějšímu uzavření obálky budovy, tedy k omezení možnosti přirozeného větrání infiltrací a větrání je potřeba zajistit pravidelným a důsledným větráním okny, což je uživatelsky nepohodlné a energeticky nevýhodné, proto se v dnešní době přikláníme k systémům nuceného větrání.

U nuceného větrání je proudění vzduchu zajištěno pomocí ventilátorů. Dle tlakových poměrů přiváděného a odváděného vzduchu rozlišujeme systémy nuceného větrání na podtlakové, přetlakové a rovnotlaké. Podle rozmístění rozvodů rozdělujeme systémy nuceného větrání na centrální a lokální. Centrální systém výměny vzduchu vyžaduje rozmístění rozvodů potrubí po celém objektu (v podhledech, ve stěnách, v podlaze), proto je tento systém vhodný pro novostavby nebo pro razantní rekonstrukce. Lokální systém větrání nevyžaduje složité rozmístění rozvodů, umísťujeme je samostatně do jednotlivých místností. Nucené podtlakové větrání je založeno na přivádění venkovního vzduchu pomocí podtlaku skrz větrací otvory a odvodu vnitřního vzduchu pomocí ventilátoru. Tento typ větrání je vhodný použít v budovách, kde není venkovní vzduch znečištěn. Nucené rovnotlaké

větrání funguje tak, že přívod i odvod vzduchu probíhá přes ventilátory. Jedná se o kvalitnější způsob zajištění přísunu vzduchu než u podtlakového větrání, neboť se přiváděný vzduch čistí přes filtr obsažený ve větrací jednotce. Součástí rovnotlakého řízeného větrání je rekuperátor neboli výměník zpětného získávání tepla, díky kterému se v zimním období převedený vzduch ohřívá a v letním období ochlazuje. Nucené přetlakové větrání neboli teplovzdušné větrání je založeno na dohřevu přiváděného venkovního vzduchu v zimních měsících, z tohoto pohledu se jedná o neekonomické řešení. Výhodné je využití tohoto systému v letním období v nočních hodinách, kdy přetlakem z budovy odchází teplý vzduch a dochází tak k jejímu ochlazení.

Tradiční historické stavby byly vybaveny mnoha prvky, které sloužily pro přirozenou ventilaci. Přirozené větrání bylo zajištěno komínovými a ventilačními průduchy, okny, okenicemi anebo světlíky. Při provádění rekonstrukcí dochází často k jejich poškození, případně i úplnému odstranění a budova tak ztrácí schopnost „samoventilace“. Během vlhkostního průzkumu stavby je zapotřebí tyto prvky identifikovat, zhodnotit jejich stav a funkčnost a případné závady odstranit. (25)

Vysoušení vnitřních povrchů konstrukcí

Pro odstranění nežádoucí vlhkosti pomocí vysoušení existuje řada metod. Doba vysoušení trvá v závislosti na vlhkosti materiálu, tloušťce zdiva, na klimatických podmínkách (teplota, relativní vlhkost interiéru a exteriéru) a také na druhu použité metody k vysoušení: přirozené vysoušení, teplovzdušné vysoušení, topné tyče, mikrovlnný ohřev. K porovnání jednotlivých metod slouží následující tabulka, u níž jsou jednotlivé nároky hodnoceny stupnicí 1 – 10 (1 – nejlepší, 10 – nejhorší).

	nároky na vybavení	nároky na obsluhu	doba vysoušení	náklady
přirozené vysoušení	1	1	10	1
kondenzační a absorbční vysoušení	4	2	6	3
teplovzdušné vysoušení	6	4	5	6
topné tyče	7	6	4	6
mikrovlnné vysoušení	10	10	1	10

Obrázek 19: Porovnání technologií vysoušení na zděné konstrukci (26)

3.10.3. Doplnkové metody přímé

Hydroizolační prostředky

Mezi hydroizolační prostředky dle ČSN P 73 0610 patří vodotěsné malty a silikátové materiály s krystalizačními schopnostmi. Slouží pro ochranu podzemních a nadzemních konstrukcí proti účinkům vzlínající vlhkosti, prosakující vody a vůči podzemní vodě. Obvykle se nanáší z vnější strany zdiva, kde dochází k působení vody vnějšími vlivy, ve výjimečných případech se můžou tyto prostředky nanášet z interiéru. (19)

Vnější nátěry, nástřiky, těsnění spár

Vnější nátěry, nástřiky a těsnění spár se využívají ke snížení smáčivosti fasády a proti pronikání srážkové vlhkost (hnané větrem) do stavební konstrukce.

Pro tyto povrchové úpravy jsou vhodné jen takové prostředky, které umožňují průnik vodních par ven z konstrukce, v opačném případě by mohlo dojít ke kondenzaci uvnitř konstrukce a následnému vzniku plísní. Dále musí tyto prostředky vykazovat odolnost v agresivních městských podmínkách a dlouhodobou životnost. Těsnění spár zajišťují jen tmely, které mají dlouhodobou těsnící funkci a elasticitu. U montovaných staveb se využívá k těsnění speciálních pásků z elastických polymerů. (27)

3.10.4. Doplnkové metody nepřímé

Sanační omítky

Po provedení přímých a nepřímých sanačních metod zůstává zdivo nadále zavlhlé. K okamžitému užívání prostor je zapotřebí využít sanační omítku. Jedná se o povrchovou vrstvu, která vykazuje vysokou pórovitost a nízký difúzní odpor, proto aplikací docílíme postupného uvolňování vlhkosti ze zavlhlého zdiva. Díky vnitřní hydrofobizaci v sanační omítce nedochází k transportu vlhkosti vzlínáním, soli obsažené ve zdivu se tak nedostanou na povrch konstrukce, usazují se v pórech omítky a zamezí se vzniku nevzhledných výkvětů. (14)

Proces nanášení sanačních omítkových vrstev:

- podhoz = podkladní omítka – zajišťuje přilnavost podkladu, vyrovnání nerovností povrchu, aplikace probíhá dle požadavku výrobce síťovaně/celoplošně;

- základní vrstva omítky = kompresní omítka = obětovaná – porézní, místo, kde se ukládají soli;
- sanační omítka = odvlhčovací omítka – umožňuje zvýšené odpařování vlhkosti ze zdiva;
- štuk = sanační štuk – finální úprava, kvůli estetickému vzhledu. (3) (14)

Požadavky na sanační omítky lze najít ve směrnici WTA CZ 2-9-04, případně v ČSN EN 998-1.

Při zpracování suché maltové směsi a přípravě směsi sanační omítky se musí respektovat předpisy postupů dané výrobcem (příprava malty, míchání, množství záměsové vody, doba míchání, způsob nanášení), abychom dosáhli u omítky požadovaných vlastností.

Před aplikací sanační omítky je zapotřebí připravit si kvalitní podklad, zdivo se musí očistit a spáry vyškrabat do hloubky cca 20 mm (odstranění solí, zajištění větší přilnavosti podkladu). Dále se nanese sanační omítka přibližně 800 mm nad hranici vlhkostní mapy.

Sanační omítkové systémy neodstraňují příčiny nadměrné vlhkosti zdiva, proto se vždy využívají v kombinaci s hlavními sanačními metodami. Sanační omítky jsou účinným doplňkovým řešením při realizaci sanace vlhkosti, bohužel u památkově chráněných objektů není památkáři doporučováno z důvodu, že složení sanačních omítek netvoří tradiční přírodní materiály. (14)

3.11. Sanační návrhy z hlediska památkové péče

Většina budov, u kterých se potýkáme s vlhkostními problémy ve spodní části stavby, patří mezi historické, případně památkově chráněné.

Historické budova může být chráněna kompletně jako celek, případně mohou být pod památkovou ochranou jen určité vyhrazené části. **Při stavebních zásazích se vždy musí dbát na zachování původního rázu objektu: dispozice, konstrukčních prvků, dochovaných materiálů.**

Při návrhu sanačních opatření u historických objektů se vždy dostává do konfliktu projektant a památkář. Projektant navrhuje metodu tak, aby byla technologicky nejpohodlnější, finančně méně náročnější a také nejúčinnější, tyto návrhy úprav velice často nejsou památkáři schváleny z důvodu zachování stavebně-historické hodnoty objektu.

Při návrhu sanačních opatření by měl projektant s památkářem vždy hledat kompromisní řešení. Ochota památkáře vyjít alespoň částečně vstříc požadavkům projektanta závisí na spolupráci během celého procesu návrhu sanace a to už v době architektonických studií a přípravných projektů.

Pokud jsou sanační úpravy včas konzultovány, neměly by být zamítnuty.

Omezení, kterém musí autor při sanačních návrzích čelit jsou specifické a jedinečné pro každý objekt. Návrh konkrétní metody se odvíjí převážně od zkušeností odborné firmy. Jednoduše lze říci, že pro sanaci z hlediska vlhkosti budov v památkové péči neexistuje přesný zásady. Obecně ale platí:

- co možná nejvíc respektovat původní nalezené systémy (vzduchové, dispoziční);
- historická opatření hodnotit z hlediska nových potřeb, pokud nedostačují, navrhne projektant doplnění původních opatření;
- nově navrhované odvlhčovací systémy nesmí ohrozit historicky chráněné zdivo, měly by být co nejméně destruktivní;
- historický stavební materiál nesmí být vystaven radikálním klimatickým změnám, nadměrným vysušením by mohlo dojít ke statickým poruchám;
- po domluvě s odborníky památkové péče by měly být v co největší míře zachované historických maleb, omítek, architektonických prvků.

Třetím účastníkem při řešení sanačních metod je vlastník objektu, jehož požadavky bývají obvykle nesplnitelné, neřešitelné. Úkolem projektanta a památkáře je přesvědčit vlastníka, jaké řešení je nejvhodnější. (3)

4. PRAKTICKÁ ČÁST

4.1. Seznámení s objektem

4.1.1. Popis – lokalita, snímek z katastru

Objekt, který jsem si vybrala pro svoji diplomovou práci, se nachází v Klatovech v centru města na rohu Krameriovy a Plánické ulice (viz Obrázek 22: Katastrální snímek). Jedná se o městský dům čp. 70/I., zvaný Vlachův dům, který je zapsán ve státním seznamu kulturních památek a dále také součástí městské památkové zóny (viz Obrázek 25: Památkový katalog).



Obrázek 20: Pohled na Vlachův dům

Vybraný objekt má dvě nadzemní podlaží, po schodišti přístupný půdní prostor a dále také víceúrovňový sklep, který je napojen na podzemní systém chodeb vedoucích až do městských katakomb. Celé přízemí slouží pro komerční účely, je zde maloobchod s potravinami. V druhém nadzemním podlaží se nachází dvě bytové jednotky, které jsou v současné chvíli neobydlené, vyžadují

rekonstrukci. Půdní prostor není účelově využíván. Sklepy částečně slouží ke skladování a jako technické zázemí prodejny.



Obrázek 21: Průčelí domu do Plánické ulice

Na průčelí domu směrem do Plánické ulice se nachází sgrafita: Lukrécie, která zastupuje ctnost a dívky s okřídlenou rukou obtočenou hadem a pohlížející do zrcadla představující marnivost. Na straně do Krameriovy ulice můžeme vidět sgrafita bez arkádového orámování: jinocha s kádí ověšenou rolničkami, zbrojnoše, dva muže nesoucí hrozen z Kanaan, Evu, Sen Jakubův, šaška a Venuši. (28)

Informace o pozemku

Parcelní číslo:	st. 568
Obec:	Klatovy [555771]
Katastrální území:	Klatovy [665797]
Číslo LV:	3299
Výměra [m ²]:	182
Typ parcely:	Parcela katastru nemovitostí
Mapový list:	DKM
Určení výměry:	Graficky nebo v digitalizované mapě
Druh pozemku:	zastavěná plocha a nádvoří



Součástí je stavba

Budova s číslem popisným:	Klatovy I [405809] ; č. p. 70; objekt k bydlení
Stavba stojí na pozemku:	p. č. st. 568
Stavební objekt:	č. p. 70
Ulice:	Krameriova
Adresní místa:	Krameriova č. p. 70

Sousední parcely

Vlastníci, jiní oprávnění

Vlastnické právo	Podíl
SJM Šmíd Josef Ing. a Šmídová Dana, Fráni Šrámka 660, Klatovy III, 33901 Klatovy	

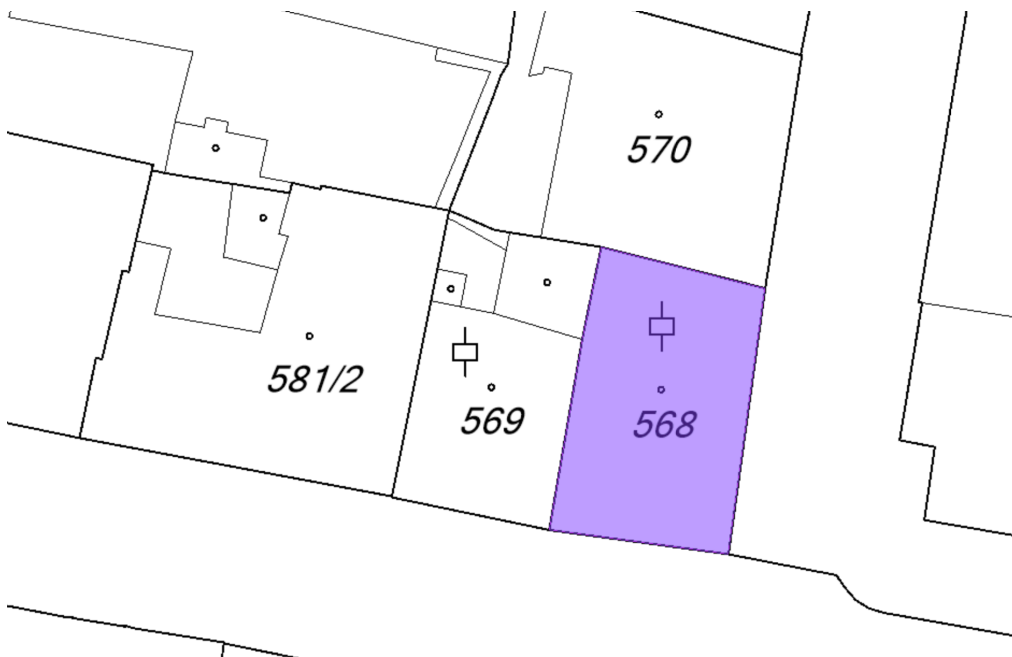
Způsob ochrany nemovitosti

Název
pam. zóna - budova, pozemek v památkové zóně
nemovitá kulturní památka

Obrázek 22: Informace o pozemku z katastru nemovitostí



Obrázek 23: Katastrální snímky (29)



Obrázek 24: Katastrální snímky (29)



NÁRODNÍ
PAMÁTKOVÝ
ÚSTAV

PAMÁTKOVÝ
KATALOG

Portál IISPP Vyhrazený přístup



městský dům



KATALOGOVÉ ČÍSLO	1000137605
NÁZEV	městský dům
KRAJ	Pišeňský kraj
OKRES	Klatovy
OBEC	Klatovy
ČÁST OBCE	Klatovy I
KATASTRÁLNÍ UZEMÍ	Klatovy
ADRESA	Krameriova č.p. 70
TYP	městský dům; měšťanský dům
DRUH PAMÁTKY	stavba-budova
KATEGORIE	objekt
PAMÁTKOVĚ CHRÁNĚNO OD	3. 5. 1958
EXISTUJÍCÍ	ano
SLOH	renesance

ANOTACE

Patrový nárožní městský dům s fasádami pokrytými renesančním sgrafitem - v úrovni přízemí psaníčka, v patře mezi okny složitější figurální motivy a pás vínovce. Renesanční objekt z konce 16. století se zachovanou sgrafitovou figurální výzdobou.

DĚJINY

renesanční, poslední čtvrtina 16. století; autorem údajně Jan Vlach, který dům vlastnil do r. 1589

POPIS

Dům stojí v mírném svahu na jižním konci Krameriovy ulice v její západní frontě, jižní průčelí se obrací do Plánické ulice. Nárožní zděný jednopatrový podsklepený dům na obdélném půdorysu s delší stranou ve směru S-J, o 6 x 3 okenních osách. Střecha sedlová s valbou na jižní straně, krytina z vílkocementových šablon. Omítky fasád hladké s psaníčkovým sgrafitem v přízemí, v patře složitější figurální malby a pás vínovce. Alegorické postavy na jižním průčelí do Plánické ulice jsou komponované do arkád (záklentky dochovány u dvou vpravo) - zleva: Lukrécie ztělesňuje ctnost, Judita s hlavou Holofernovou statečnost, dívka s knihou moudrost a okřídlená dívka s hadem a zrcadlem marnivost. Fasáda patra do Krameriovy ulice je bez arkádového rámování a po stranách oken vidíme zleva: postavu jinoha s kápí, figuru zbrojnoše, dva muže s hroznem vína, Evu, Jakubův sen, šaška, Venuši. Korunní římsa zděná se štukovým profilem. Východní průčelí do Krameriovy ulice má v pravé polovině dva vstupy (levý má segmentový záklenek a pravý přímé nadpraží, nad levým vstupem malovaná římsa. Do přízemí ústí 3 obdélná okna s paspartou, nad levým oknem malovaná přímá suprafenestra. V patře 6 obdélných oken s paspartou. V jižním průčelí v přízemí 3 novodobé obdélné výkladce, v levém umístěný vstup. V patře 3 obdélná okna v paspartě.

PAMÁTKOVÁ OCHRANA

26427/4-2669 - MĚSTSKÝ DŮM »

- kulturní památka
- zapsáno do státního seznamu před r.1988

2142 - KLATOVY »

- památková zóna
- prohlášeno památkovou zónou

DIGITÁLNÍ DOKUMENTY (MIS)

Všechny dokumenty v MIS

Klatovy, okres Klatovy, městský dům č.p. 70, pohled od JV.

ZOBRAZENÍ NA MAPĚ

DEFINIČNÍ A PŘÍRŮSTKOVÉ BODY

DB 1583532, Klatovy I, 70 Krameriova, Klatovy, Klatovy, Klatovy, Pišeňský kraj

LOKALITY

Kód CZ 6575, Klatovy, město, Klatovy, Klatovy, Pišeňský kraj

Kód CZ 6576, Vnitřní Město, hl. městská čtvrť, Klatovy, Klatovy, Pišeňský kraj

REGIONY

Kód RS 257, Klatovy

INFORMAČNÍ SYSTÉM O ARCHEOLOGICKÝCH DATECH (ISAD)

16508 - středověké a novověké jádro obce (I)

SEZNAM PRAMENŮ/LITERATURY (CARMEN)

[Klatovy, Krameriova ul. čp. 70, roh Krameriovy a Plánické ul.]

[Klatovy, Krameriova ul. čp. 70, průčelí - renesanční sgrafita.]

Restaurátorská zpráva. Figurální sgrafita-dům čp. 70/1 Krameriova ul. Klatovy.

[Restaurátorská zpráva. Klatovy - Krameriova čp. 70/I, restaurování sgrafit na jižní a východní fasádě.]

UDÁLOSTI

VZNIK

VYUŽITÍ

2006 - V přízemí umístěna prodejna; v patře byt.

Obrázek 25: Zařazení objektu v památkovém katalogu (30)

4.1.2. Historie objektu

Jedná se o jediný klatovský dům s figurálními sgrafity renesanční architektury nacházející se na rohu ulice Krameriova a Plánická, č. p. 70/I. Do roku 1589 vlastnil dům Jan Vlach, který byl zároveň také autorem sgrafit. Sgrafita byla odkryta v roce 1912–1913, následně restaurována Jindřichem Čapkem a podruhé konzervována v roce 1940. Sokl byl obložen umělým kamenem teracco. V roce 1991 byl objekt po revoluci navrácen původním majitelům, přičemž byla realizována kompletní rekonstrukce nosné konstrukce střechy a střešního pláště. Při těchto stavebních úpravách došlo také k vybourání teracca na soklu a dle památkového ústavu nebylo možné sokl znovu obložit, ale bylo nutné ho omítnout. V roce 2004 byla rekonstruována fasáda odbornou firmou ŠTUKO. Rekonstrukce figurálních sgrafit byla provedena památkáři a na soklu byla provedená štuková vápenná omítka.

4.1.3. Dějiny architektury

Renesanční sloh vznikl v Itálii v 15. století. V Čechách tvoří významnou roli architektury a datujeme ho přibližně od konce 15. století do začátku 17. století. Představuje výraz světského a humanistického sebevědomí zámožných měšťanů a nového zájmu o starověké umění.

Pro renesanční architekturu je typická souměrnost, jednoduchá geometrie a pravidelné proporce. Městské domy již neměli pouze funkci ochrannou, ale hlavně reprezentativní. Pro výstavbu se začaly kromě kamene využívat cihly, které se většinou omítaly štukem nebo zdobily mramorovým obkladem.

V renesančním slohu vznikl nový typ výzdoby fasády, jenž se nazývá sgrafito. Sgrafitem (v italštině škrábáním) je označována výtvarná technika, při které se pomocí drátěných oček různých tvarů vyškrabává kresba do měkké omítky. (31)

4.1.4. Památková péče

Požadavky na ochranu historických památkově chráněných objektů vychází ze zákona č. 20/1987 Sb., Zákon České státní rady o státní památkové péči.

Definici kulturní památky uvádí § 2, který je uveden níže.

§ 2

Kulturní památky

(1) Za kulturní památky podle tohoto zákona prohlašuje ministerstvo kultury České republiky (dále jen "ministerstvo kultury") nemovité a movité věci, popřípadě jejich soubory,

a) které jsou významnými doklady historického vývoje, životního způsobu a prostředí společnosti od nejstarších dob do současnosti, jako projevy tvůrčích schopností a práce člověka z nejrůznějších oborů lidské činnosti, pro jejich hodnoty revoluční, historické, umělecké, vědecké a technické,

b) které mají přímý vztah k významným osobnostem a historickým událostem.

(2) Za podmínek podle odstavce 1 písm. a) nebo b) lze za kulturní památku samostatně prohlásit stavbu, která není samostatnou věcí, nebo soubor staveb; i taková kulturní památka se považuje za nemovitou kulturní památku.

(3) Za kulturní památku lze prohlásit soubor věcí nebo staveb, i když některé z nich nevykazují znaky kulturní památky podle odstavce 1.

V případě, že je při realizaci sanačních opatření nutné provádět výkopové práce (drenáž, svislá hydroizolace, apod.) nelze opomenout § 22 a § 23 tohoto zákona.

§ 22

Provádění archeologických výzkumů

(1) Archeologický ústav a oprávněné organizace jsou povinny před zahájením archeologických výzkumů uzavřít dohodu s vlastníkem (správcem, uživatelem) nemovitosti, na které se mají archeologické výzkumy provádět, o podmínkách archeologických výzkumů na nemovitosti. Nedojde-li k dohodě, rozhodne krajský úřad o povinnostech vlastníka (správce, uživatele) nemovitosti strpět provedení archeologických výzkumů a o podmínkách, za nichž archeologické výzkumy mohou být provedeny.

(2) Má-li se provádět stavební činnost na území s archeologickými nálezy, jsou stavebníci již od doby přípravy stavby povinni tento záměr oznámit Archeologickému ústavu a umožnit jemu nebo oprávněné organizaci provést na dotčeném území záchranný archeologický výzkum. Je-li stavebníkem právnická osoba nebo fyzická osoba, při jejímž podnikání vznikla nutnost záchranného archeologického výzkumu, hradí náklady záchranného archeologického výzkumu tento stavebník; jinak hradí náklady organizace provádějící archeologický výzkum. Obdobně se postupuje, má-li se na takovém území provádět jiná činnost, kterou by mohlo být ohroženo provádění archeologických výzkumů.

§ 23

Archeologické nálezy

(1) Archeologickým nálezem je věc (soubor věcí), která je dokladem nebo pozůstatkem života člověka a jeho činnosti od počátku jeho vývoje do novověku a zachovala se zpravidla pod zemí.

(2) O archeologickém nález, který nebyl učiněn při provádění archeologických výzkumů, musí být učiněno oznámení Archeologickému ústavu nebo nejbližšímu muzeu buď přímo nebo prostřednictvím obce, v jejímž územním obvodu k archeologickému nález došlo. Oznámení o archeologickém nález je povinen učinit nálezece nebo osoba odpovědná za provádění prací, při nichž došlo k archeologickému nález, a to nejpozději druhého dne po archeologickém nález nebo potom, kdy se o archeologickém nález dověděl.

(3) Archeologický nález i naleziště musí být ponechány beze změny až do prohlídky Archeologickým ústavem nebo muzeem, nejméně však po dobu pěti pracovních dnů po učiněném oznámení. Archeologický ústav nebo oprávněná organizace učiní na nalezišti všechna opatření nezbytná pro okamžitou záchranu archeologického nález, zejména před jeho poškozením, zničením nebo odcizením.

(4) Jde-li o archeologický nález uvedený v odstavci 2, má nálezece právo na odměnu, kterou mu poskytne krajský úřad, a to do výše ceny materiálu; je-li archeologický nález zhotoven z drahých kovů nebo jiných cenných materiálů, v ostatních případech až do výše deseti procent kulturně historické hodnoty archeologického nález určené na základě odborného posudku. Nálezece má právo na náhradu nutných nákladů, které mu vznikly v souvislosti s archeologickým nálezem. O náhradě rozhodne a náhradu poskytne krajský úřad. Podrobnosti o podmínkách pro poskytování odměny a náhrady nálezci stanoví obecně závazný právní předpis.

(5) O archeologických nálezech, k nimž dojde v souvislosti s přípravou nebo prováděním stavby, platí zvláštní předpisy.¹⁾

Před realizací jakýchkoliv stavebních úprav na památkově chráněném objektu je nutné vydat nejen ohlášení či stavební povolení stavebním úřadem. Dotčeným orgánem v tomto řízení je orgán státní památkové péče, který na základě získaného vyjádření příslušného národního památkového ústavu vydává závazné stanovisko viz § 14 odstavec 1. (32)

§ 14

Obnova kulturních památek

(1) Zamýšlí-li vlastník kulturní památky provést údržbu, opravu, rekonstrukci, restaurování nebo jinou úpravu kulturní památky nebo jejího prostředí (dále jen "obnova"), je povinen si předem vyžádat závazné stanovisko obecního úřadu obce s rozšířenou působností, a jde-li o národní kulturní památku, závazné stanovisko krajského úřadu.

4.2. Průzkum objektu – zachycení stávajícího stavu, fotodokumentace

4.2.1. Popis stavebních materiálů

Sklep

Stěny – neomítnuté smíšené zdivo (cihla + kámen)

Podlahy – udusaná hlína, na schodištích dřevěné trámy + cihly

1. Nadzemní podlaží

Stěny – smíšené zdivo, obvodové zdivo tloušťky cca 850 mm

Vnější omítky – v soklové části vápenný štuk, ve vyšších partiích sgrafita

Podlahy – dlažba

Zastropení – cihelné klenby omítnuté vápenným štukem + trémový strop

2. Nadzemní podlaží

Stěny – převážně cihelné zdivo

Vnější omítky – sgrafita

Podlahy – dlažba, PVC

Zastropení – původní dřevěné trámy + ocelové I nosníky (zpevnění)

Půdní prostor

Podlaha – dřevěná prkenná

Zastřešení – dřevěný tesařský krov, střecha valbová, skládaná krytina z vláknocementových šablon

4.2.2. Popis poruch

Každá fasáda podléhá přirozenému stárnutí, a tudíž musí být pravidelně udržována a rekonstruována. Proces přirozeného stárnutí fasády může být ovlivněn a značně urychlen například nadměrným zavlhčením zdiva či jinými faktory. Nadměrnou vlhkost zdiva, tedy i fasády, může způsobit zatékání srážkové vody, vzlínání zemní vlhkosti, poruchy stavebních konstrukcí nebo nevhodně zvolená technologie a nekvalitně provedené řemeslné práce. Spodní část objektu trpí zejména působením srážkové vody, zemní vlhkostí, vzlínáním vody z navátého tajícího sněhu. Dotčený objekt přilehá k hlavní komunikaci a chodníku. Během zimního období musí být zajištěn bezpečný průjezd aut a průchod kolemjdoucích, proto je spodní část objektu zatížena působením posypových solí. Z těchto důvodů dochází k degradaci, ke vzniku solných výkvětů a postupnému opadávání omítky v soklové části objektu (viz Obrázek 25).



Obrázek 26: Degradace omítky v soklové části

Každé rekonstrukci fasády by měl nejprve předcházet stavebně-technologický průzkum, kterým se odhalí druhy použitých materiálů v jednotlivých vrstvách fasády, rozsah a příčiny případného poškození, vlhkostní poměry a historická povrchová úprava včetně barevnosti.

Po průzkumu a jednání s majitelkou objektu byla zjištěna následující fakta:

- objekt není chráněn proti působení vlhkosti, nebyl aplikován žádný druh hydroizolace;
- odvod dešťových vod je zajištěn pomocí žlabů, okapů, svodů do jednotné dešťové kanalizace;
- chodník přilehající k objektu je ve vlastnictví města Klatovy
 - příčný sklon betonové dlažby je cca 2 % a v podélném překračuje 0,5 %, což odpovídá požadavkům na minimální spády chodníků a venkovní dlažby
 - problém vzniká u zakončení nopové fólie pod soklem, kde chybí plastová lišta, která by měla bránit pronikání odstříkující vody z chodníku – chyba provedení



Obrázek 27: Pohled na východní fasádu – odpadávání omítky v okolí soklu



Obrázek 28: Pohled na větrací mřížku do sklepa – v okolí mřížky zjevná eliminace poruch - v důsledku cirkulace vzduchu mřížkou dochází k vysychání



Obrázek 29: Poruchy na soklu na severní části fasády



Obrázek 30: Zakončení svodu na východní fasádě – ve spodní části bez poruch – ke zvýšené vlhkosti dochází v důsledku poruchy ve střední části – napojení plastového svodu na měděný – stékáním vody po fasádě dochází ke zvýšené vlhkosti v dolní oblasti a degradačním procesům (dolní část plastová z důvodu vandalismu, několikrát byl měděný svod poškozen/odcizen)



Obrázek 31: Svod na severní fasádě – bez poruch



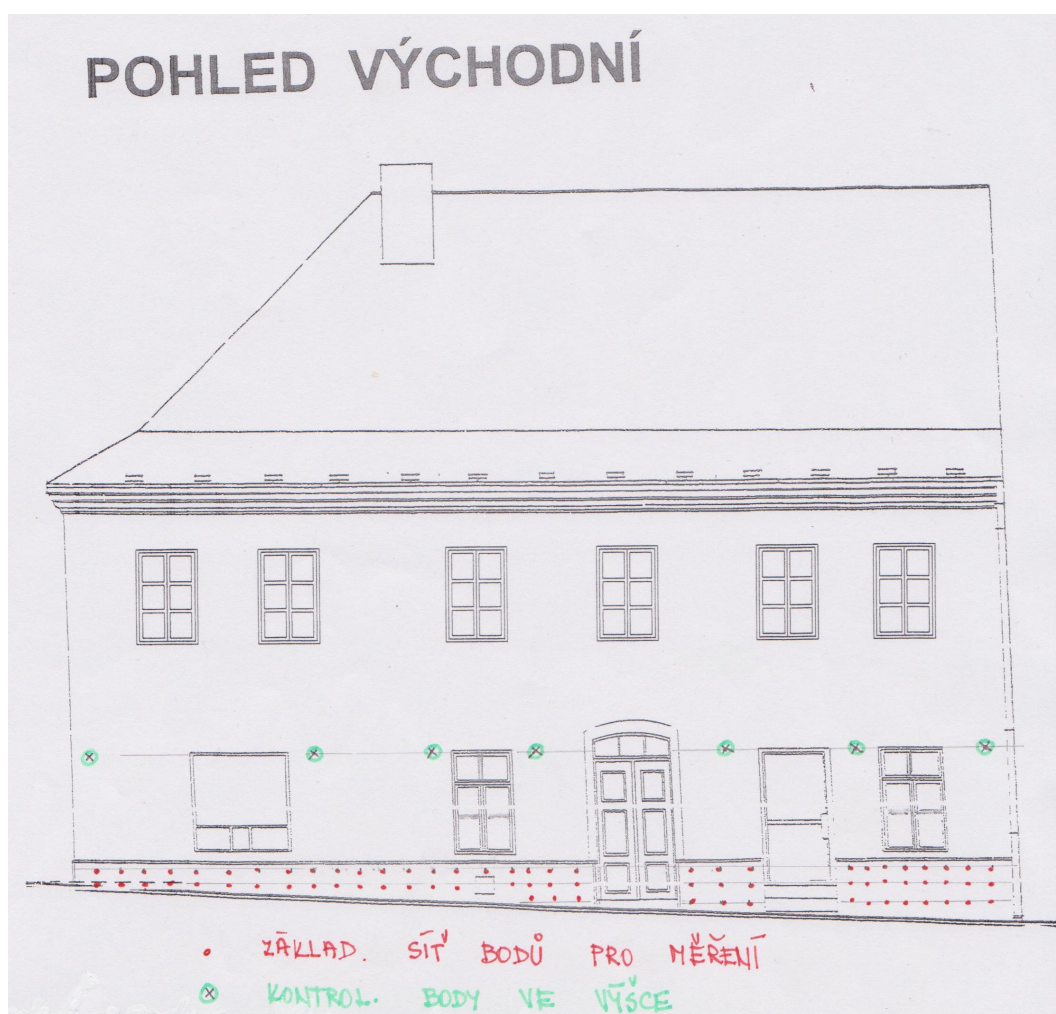
Obrázek 32: Solné výkvěty

Dle fotodokumentace je zřejmá vlhkost v nosných stěnách, která je pravděpodobně způsobena vzlínáním zemní vlhkosti (chybějící hydroizolace), odstříkující vodou a působením posypových solí v zimních měsících a částečně poruchami klempířských prvků – svodů. Odspoda nosných zdí jsou viditelné mokré mapy, výkvěty solí a odlupující se omítka.

4.3. Měření

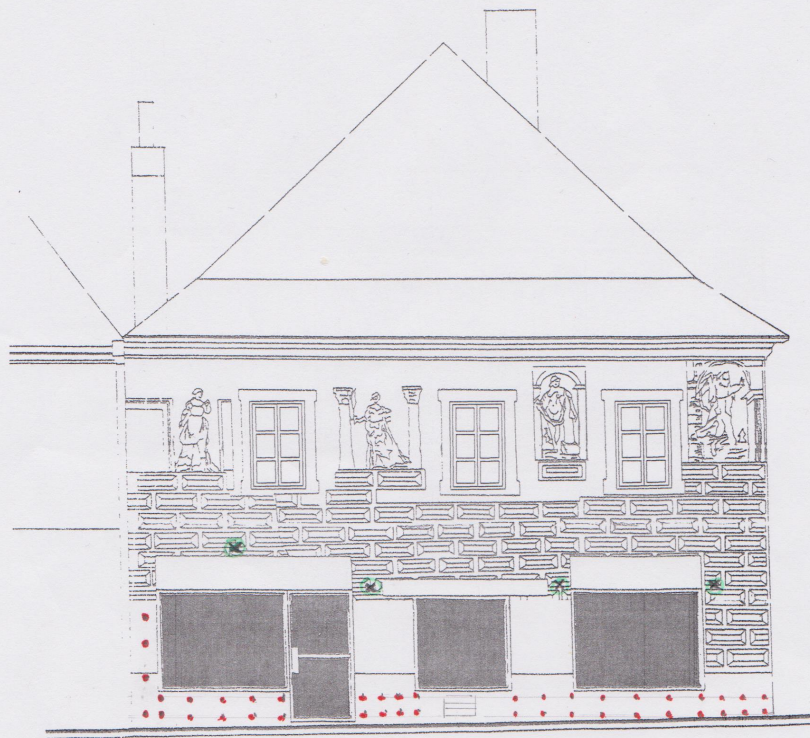
Vybraný historický objekt je památkově chráněný, proto byly pro měření vlhkosti zvoleny nedestruktivní způsoby měření pomocí kapacitního příložného vlhkoměru, odporového vlhkoměru a doplňkově pomocí termokamery. Výhodou těchto měření bylo, že se mohlo provádět in situ, což znamená, že vyhodnocení výsledku bylo okamžité. Nevýhodou je menší přesnost měření oproti destruktivním metodám. V našem případě ale jde spíše o vyhodnocení příčiny vlhkosti, proto se dá použití těchto metod považovat za dostačující.

Měření bylo provedeno na východní a severní fasádě na síti následujících bodů.



Obrázek 33: Síť bodů na východní fasádě

POHLED SEVERNÍ

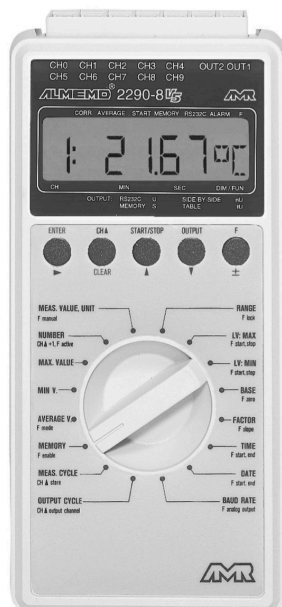


• ZÁKLAD. SÍŤ BODŮ PRO MĚŘENÍ
⊗ KONTROL. BODY VE VÝŠCE

Obrázek 34: Síť bodů na severní fasádě

4.3.1. Měření vlhkosti příložným kapacitním vlhkoměrem

Přístroj: příložný kapacitní vlhkoměr ALMEMO 2290-8, půjčen ze školy ČVUT



Obrázek 35: Kapacitní vlhkoměr ALMEMO 2290-8 (33)

Den měření:

- *severní fasáda – počasí – sucho – teplota 6 °C – 19.11. 2018*
- *východní fasáda – počasí – teplota 8 °C – po dešti – 3. 12. 2018*

Postup:

Na síti rozkreslených bodů v úrovni soklu jsme provedli měření příložným kapacitním vlhkoměrem. Mezi výhody této metody patří malý vliv teploty a nízkého obsahu solí na výsledné hodnoty měření. Před samotným měřením bylo zapotřebí nejdříve přístroj nastavit na daný typ konstrukce (program B2 – cihla, omítka). Měření probíhalo tak, že se sonda připojená k přístroji postupně přikládala k povrchu konstrukce. Naměřené hodnoty byly vyjádřeny v % hmotnostních na digitálním displeji. Hodnoty naměřené touto metodou se nedají brát jako přesné, jsou pouze orientační, poměrově ale dobře vyjadřují míru zavlhčení konstrukce v daných místech.



Obrázek 36: Měření v terénu příložným kapacitním vlhkoměrem

Zhodnocení naměřených hodnot:

Dle naměřených výsledků lze zhodnotit, že soklová oblast zdiva je velmi vysoce zavlhčená. Toto měření lze brát jen jako orientační.

Naměřené výsledné hodnoty na východní fasádě mohly ovlivnit klimatické podmínky, neboť byl předchozí noc vydatný déšť a zdivo nasálo srážkovou vodu. Na severní fasádě je zřejmě vidět, že hodnoty vlhkosti se téměř ve všech případech snižují s rostoucí výškou měření.

4.3.2. Měření vlhkosti odporovým vlhkoměrem

Přístroj: odporový vlhkoměr GHM 3850, půjčen ze školy ČVUT



Obrázek 37: Odporový vlhkoměr GHM 3850

Den měření:

- *severní fasáda – počasí – sucho – teplota 6°C – 19.11. 2018*
- *východní fasáda – počasí – teplota 8°C – po dešti - 3. 12. 2018*

Postup:

Na síti rozkreslených bodů v úrovni soklu jsme provedli měření pomocí odporového vlhkoměru. Hlavní výhodou odporového vlhkoměru je vyšší přesnost naměřených hodnot oproti kapacitním přístrojům. Nejprve jsme nastavili přístroj na vhodný program (malta vápenná). Hroty jsme zatlačili do zdiva, pokud to šlo ztuhla, pomohli jsme si kladívkem. Hodnoty měření jsme zaznamenávali z digitálního displeje, opět byli v jednotkách % hmotnostních.

Orientačně bylo měření provedeno z vnitřní strany obvodového zdiva. Rozdíly hodnot po výšce byly evidentní.



Obrázek 38: Měření ve spodní části obvodového zdiva z interiéru



Obrázek 39: Měření ve horní části obvodového zdiva z interiéru

Hodnoty:

Stupeň vlhkosti	Vlhkost zdiva w v % hmotnostních
Velmi nízká	$w < 3$
Nízká	$3 \leq w \leq 5$
Zvýšená	$5 \leq w \leq 7,5$
Vysoká	$7,5 \leq w \leq 10$
Velmi vysoká	$w > 10$

		POHLED SEVERNÍ																					
měřeno po výšce	w hmotnostní vlhkost v %																						
	0,7																						
	7,3	0,7	0,9	1,0	1,5	2,2		3,1	0,9	4,1	33,1		1,6	10,5	0,8	1,6	6,5	25,2	18,6	33,5	0,9	14,5	5,2
	10,9							10,2	7,3							6,1					33,6		
1	0,7	0,8	0,7	1,2	2,8								19,6	17,6	6,5	3,5	5,4	31	37,2	38,5	35,1	36,4	17,7

		POHLED VÝCHODNÍ																											
měřeno po výšce	w hmotnostní vlhkost v %																												
	2,5																												
		23	28,9	17,9	20,7	39,5	34,7	23,1	0,8				1,4				15,1	16,4	16,1	8,9	0,8		0,8						
	18,6								17,3	14,7	29,5	20,3	11,4	16,8	14,1		12,9	17,3	20,3	9,2	13,3	26,3	26,9	23,6	24,1	33,4	22	15,6	23,3
35,9	29,2	36,5	22,6	25,4	E	E	31,2	38,2	39,3	39,6	E	16,0	17,7	13,1	2,9	20,3	21,5	21,3	30,2	14,8	E	37,7	20,5	20,5	38,5	16,1	39,1	34,6	39,0

Zhodnocení naměřených hodnot:

Dle naměřených výsledků lze zhodnotit, že soklová oblast zdiva je zavlhčená. Oproti měření kapacitním přístrojem vychází daleko nižší a reálnější hodnoty.

Naměřené výsledné hodnoty na východní fasádě mohly opět ovlivnit klimatické podmínky, neboť byl předchozí noc vydatný déšť a zdivo nasálo srážkovou vodu. V tomto případě bylo měření provedeno v několika kontrolních bodech v úrovni oken a dveří a hodnoty vlhkosti výrazně klesaly.

Na severní fasádě je zřejmě vidět, že hodnoty vlhkosti se téměř ve všech případech snižují s rostoucí výškou měření. Zvýšené hodnoty lze pozorovat ve střední části fasády, kde se nachází plastová tabule umístěna přímo na povrchu obvodového zdiva, zde může docházet k hromadění vlhkosti, následnému stékání vody po omítce a degradaci omítky.

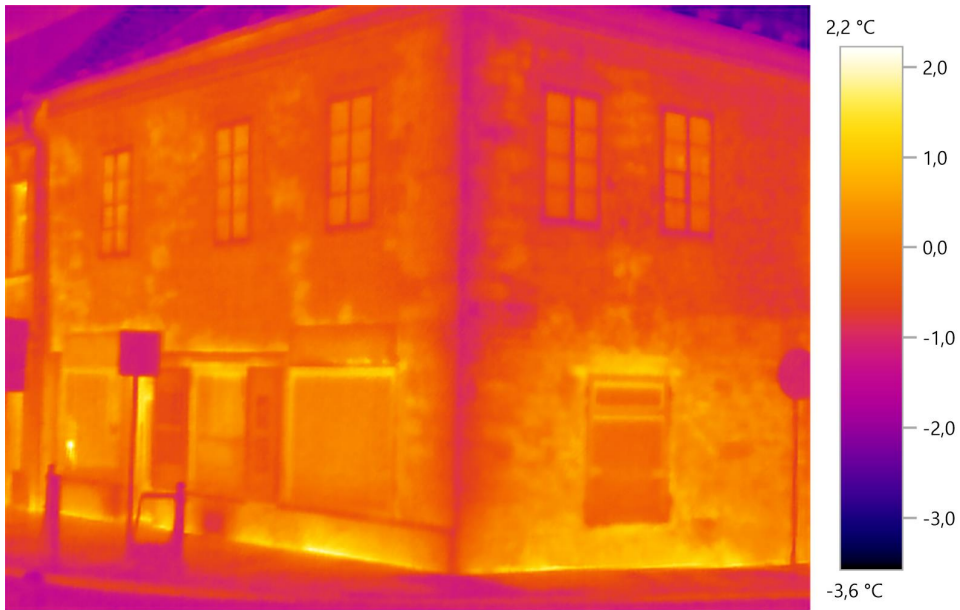
4.3.3. Termovizní snímky

***Přístroj:** termokamera Testo 885-2(05630885 V2, Super Resolution S1) + rádiová sonda E1, zapůjčena v Atelier U5 s.r.o.,*

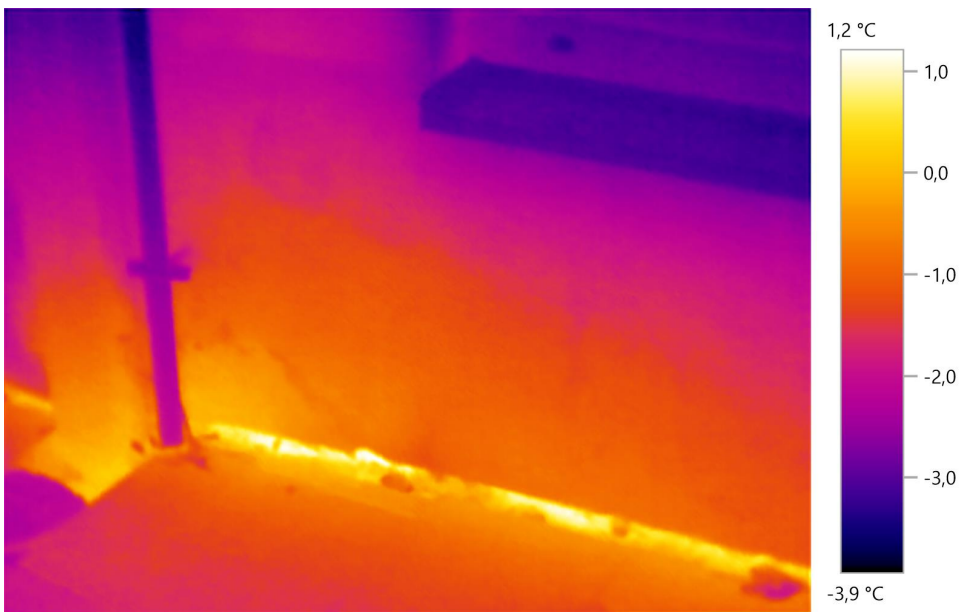
***Den měření:** počasí – mráz – teplota $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (19.11. 2018)*

Postup:

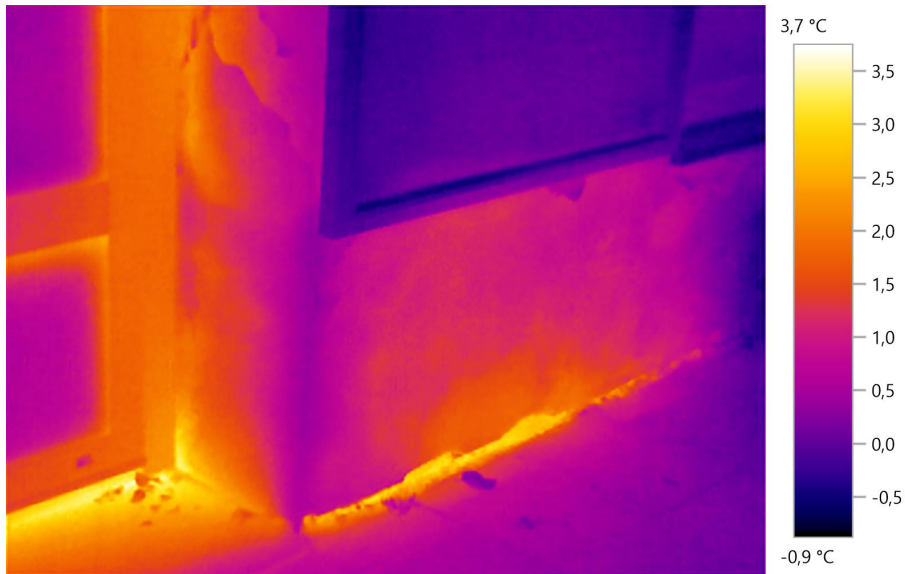
Měření probíhalo ve večerních hodinách a to proto, aby bylo dosaženo velkého rozdílu mezi vnitřní a venkovní teplotou vzduchu. Tyto podmínky jsou výhodné z toho důvodu, že při rozdílu teplot dochází k výraznějšímu prostupu tepla konstrukcí a na termovizních snímcích se barevně lépe projeví místa tepelných ztrát (= tepelné mosty). Zabýváme se zavlhlým objektem a zachycení objektu termovizí se může zdát zbytečné, avšak místa, kde dochází k úniku tepla obvykle korespondují s místy výskytu vyšší nadměrné vlhkosti, neboť přítomnost vlhkosti v materiálu zvyšuje jeho tepelnou vodivost.



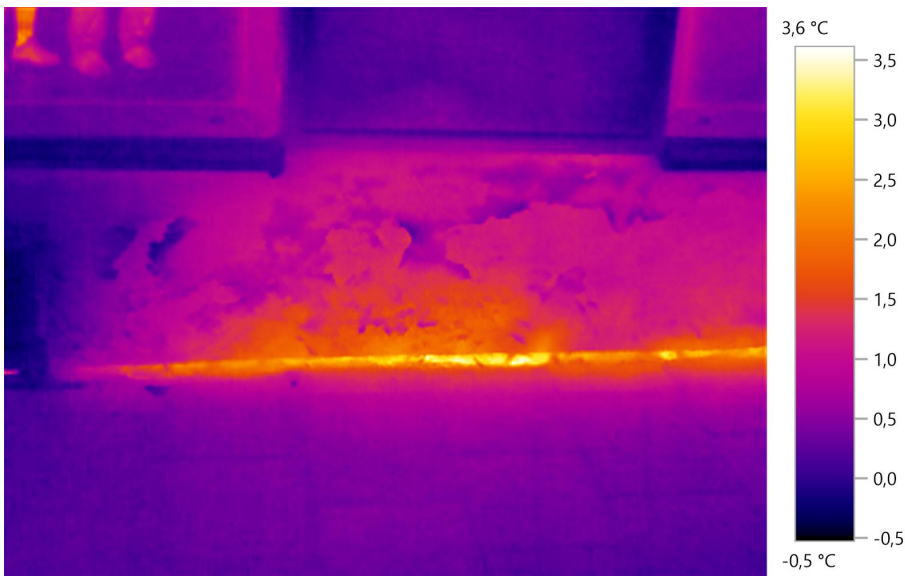
Obrázek 40: Termovizní snímek - nárož objektu



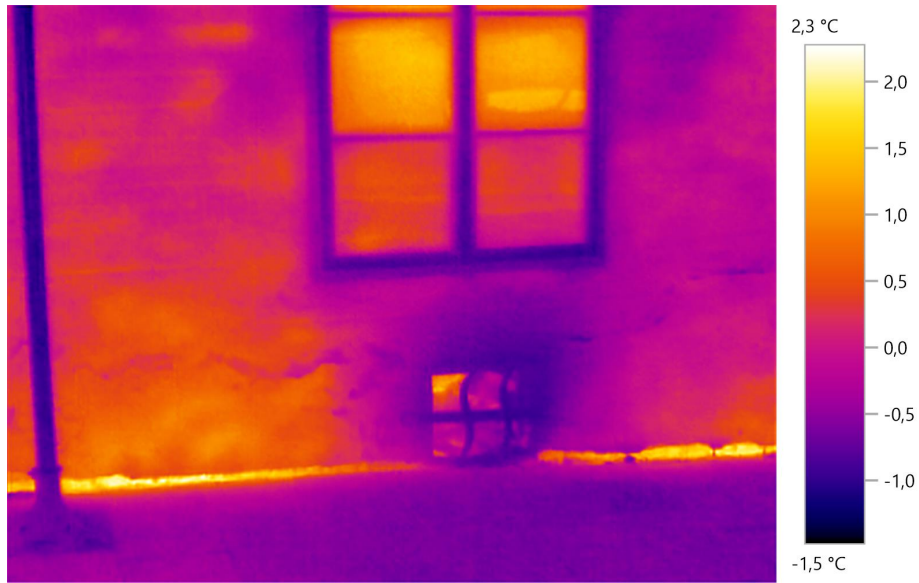
Obrázek 41: Termovizní snímek – zakončení svodu



Obrázek 42: Termovizní snímek – detail u hlavních vstupních dveří



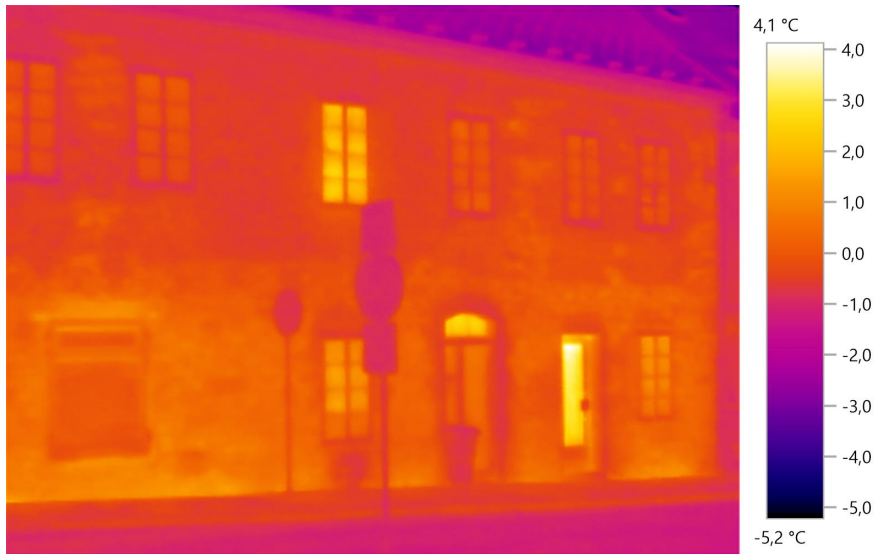
Obrázek 43: Termovizní snímek – soklová část objektu



Obrázek 44: Termovizní snímek – ventilační mřížka



Obrázek 45: Termovizní snímek – pohled severní (vykreslení různých typů zdiva v horní části)



Obrázek 46: Termovizní snímek – pohled východní

Zhodnocení naměřených hodnot:

Na snímcích se v pozadí vykreslují vlhkostní mapy, kterým velice často odpovídají místa tepelných ztrát, zejména v soklové části. Místa tepelných ztrát potvrzují přítomnost vlhkosti.

4.4. Návrh sanačního opatření s ohledem na historickou hodnotu objektu

O tom, zda je při vlhkostní sanaci vhodné volit razantní stavební zásah do konstrukcí mechanickými, elektrofyzikálními či injektážními metodami nebo zda objekt postačí sanovat pomocí šetrnějších vzduchoizolačních metod a omítkových systémů, rozhoduje míra poškození stavebních konstrukcí vlivem vlhkosti, nároky pracovníků památkové péče a v neposlední řadě požadavky investora na kvalitu, životnost a finanční náročnost provedených úprav.

Metody vybrané pro sanaci musí odpovídat příčinám a stupni zavlhčení, charakteru zdiva, případně statickému narušení. Sanační zásah musí být komplexní a zahrnovat i povrchové úpravy zasoleného zdiva. Důležitým faktorem při výběru je i využití prostor (místnosti pro dlouhodobý pobyt osob, skladování materiálu).

Vzhledem k tomu, že popisovaný objekt je památkově chráněný, je použití některých sanačních metod z hlediska památkové péče zcela nevhodné. V níže uvedených krocích jsou stručně sepsaná sanační opatření od nejšetrnějších po nejrazantnější.

1. Krok řešení – nejcitlivější řešení

Lokální odstranění poškozených omítek – pravidelná údržba, lokální odstranění porušených částí i odfouklých a nahrazení omítkami vápennými (tradičními) včetně vápenného prodyšného nátěru - v našem případě není dostačující

Pravidelná údržba klempířských prvků – svody, parapety, okapy

2. Krok řešení

Odvodnění objektu – vytvoření drenáže – po domluvě s městem – při realizaci nutno odstranit dočasně chodník

Vzduchoizolační systémy – samostatně neefektivní řešení

3. Krok řešení

Chemické metody – nejšetrnější způsob vytváření hydroizolační clony, snadná manipulace, rychlá aplikace

Elektrofyzikální metody – vhodné řešení, finančně velice náročné

Sanační omítkové systémy – nebývá památkáři doporučeno – na bázi umělých látek, nevyhovuje tradičním složení omítek

4. Krok řešení

Mechanické metody – nebývá památkáři povoleno, příliš razantní zásah do stavební konstrukce, hrozí narušení statiky, může dojít ke znehodnocení stavebních konstrukcí

Na základě analýzy příčin vlhkosti zdiva, provozních podmínek objektu a konzultaci s pracovníkem památkové péče bylo jako nejvhodnější řešení zvoleno sanování pomocí chemické tlakové injektáže a po dohodě s městem Klatovy bylo doporučeno provedení drenáže podél objektu. Chemická hydroizolační clona se provede v úrovni terénu pod podlahou tak, aby vzlínající vlhkost neohrožovala nadzemní obvodové zdivo. Ve spodních částech objektu není potřeba řešit hydroizolační systém, neboť podzemnímu zdivu vyhovují stávající podmínky (teplota, vlhkost vzduchu) a jejich změnou by mohlo dojít k nadměrnému vysychání podzemního zdiva a sklepních kleneb.

Systém chemické hydroizolace zajišťuje zamezení vztlínání vlhkosti, k odvedení srážkové vody od objektu bude sloužit drenáž, která se provede současně při realizaci chemické clony. Po dohodě s městem Klatovy (vlastník chodníku, pozemku) musí být proveden zábor po dobu výkopových prací. Aby nedošlo k omezení provozu prodejny, budou v místě vstupu vytvořeny dřevěné lávky včetně zábradlí. Z důvodu bezpečnosti chodců, musí být výkopy řádně označeny, osvětleny a zajištěny proti pádům chodců do výkopů. Ideálním řešením by bylo, aby výkop byl co nejdéle otevřen (řádově několik měsíců) a zdivo odhaleno z důvodu postupného vysychání. Dále bude nanesena povrchová vrstva – vápenný štuk. Vzhledem k vysoké frekvenci a náročnosti provozu je snahou realizaci, co nejrychleji ukončit.

4.5. Technologický postup na vybrané řešení

4.5.1. Identifikační údaje stavby

Identifikační údaje

Jedná se o historický památkově chráněný objekt v městské zástavbě v Klatovech. Obvodové stěny vykazují vlhkost především v oblasti soklu, jsou viditelné mokré mapy, solné výkvěty a odlupující se omítka.

Vymezení předmětu řešení

Technologický postup se zabývá provedením sanace vlhkosti pomocí chemické tlakové injektáže, konkrétně tlakovou injektáží na bázi silikonových krémů.

4.5.2. Vstupní materiály a výrobky

Materiály

- Injektážní hmota - Aqua Stop cream

Technické informace

Aktivní látka:	silan/siloxan
Obsah aktivní látky:	min. 80 hm. %
Báze:	vodní emulze bez VOC
Vzhled:	bílá, slabě nažloutlá
Konzistence:	tixotropní, krémovitá
Zápach:	bez zápachu
Hustota:	0,90±0,01 kg/dm ³
Bod vzplanutí:	64 °C
Aplikační teplota:	+5 až +30 °C
Mísitelnost s vodou:	nemísitelný

Obrázek 47: Technické informace injektážní hmoty (32)

- Těsnící tmel

4.5.3. Zásady manipulace, dopravy, skladování

Doprava materiálu

- malými vozidly N1, kterými se dováží stroje i materiál pro chemickou injektáž
- balení: tuba - 580 ml, salám - 600 ml, kbelík - 5 l - 10 l - 30 l

Skladování

- v suchu, chránit před slunečním zářením;
- chránit před mrazem, doporučená teplota +5°C až +30 °C;
- minimální trvanlivost za uvedených podmínek skladování v neotevřeném obalu je min. 12 měsíců.

Metody kontroly kvality materiálu při převzetí na stavenišť

- kontrola stavu materiálu a poškození obalu;
- kontrola množství dodaného materiálu.

4.5.4. Pracovní podmínky

Stavební připravenost

- před aplikací injektáže – průzkum konstrukce a stavu zdiva, jeho tloušťky;
- odstranění příčin vlhnutí – poškozené rozvody vody a odpadů, okapové svody;
- vyklizení prostoru kolem zdiva - umožnění přístup pro techniku chemické injektáže.
- provést osekání omítek.

Struktura pracovní čety

- pracovní četa zahrnuje minimálně dva techniky.

Podmínky pro práci

- aplikaci provádět při teplotách prostředí +5°C až +30°C
- chránit konstrukci před mrazem, v následujících 48 hodinách po aplikaci nesmí teplota konstrukce klesnout pod 0°C

Stroje, přístroje, nářadí

- vrtačka, vysavač;
- injektážní pumpa s aplikačním příslušenstvím;
- ochranné osobní pomůcky: rukavice, vesta, ochranné brýle, pracovní obuv.

4.5.5. Technologický postup

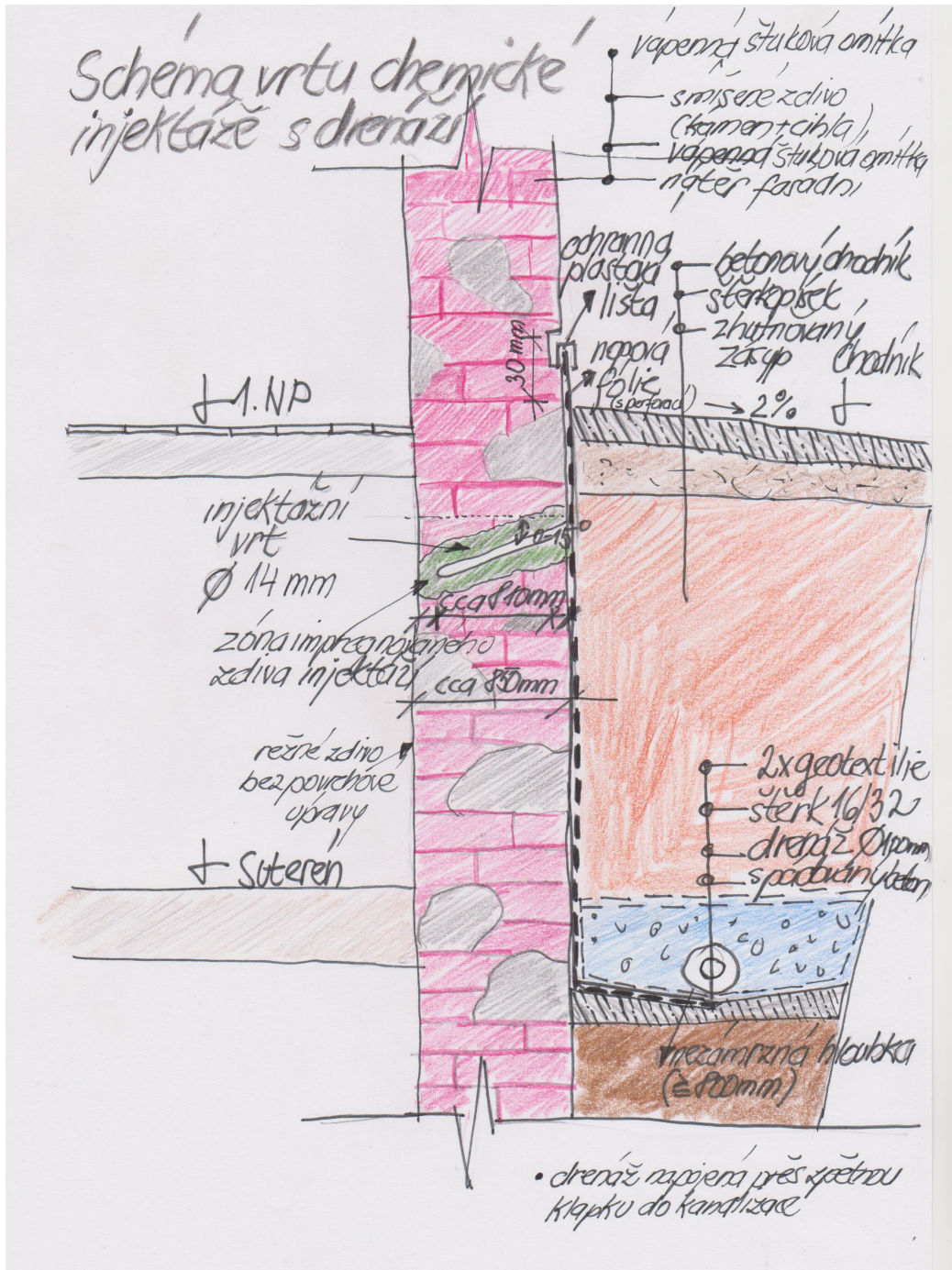
Injektáž se bude realizovat z vnější strany smíšeného obvodového zdiva. Nejdříve se vyklidí prostor kolem zdiva. Následují výkopové práce podél fasády objektu. Nejprve se musí odstranit vnější poškozené omítky, dále se na zdivo označí místa budoucích otvorů a následně se provádí vlastní vrtání. Velikost otvorů by měla odpovídat doporučenému průměru 14 mm v osové vzdálenosti cca 100 – 120 mm, otvory se vrtají v mírném sklonu, maximálně 15° od vodorovné roviny zdiva. Doporučená hloubka vrtaného otvoru je maximálně o 40 mm menší než tloušťka zdiva. V našem případě je tloušťka zdiva cca 850 mm, což podle níže uvedené tabulky odpovídá hloubce vrtů cca 810 mm.

Tabulka 3: Hloubka vrtaných otvorů v závislosti na tloušťce zdiva (32)

Orientační spotřeba výrobku AquaStop Cream®

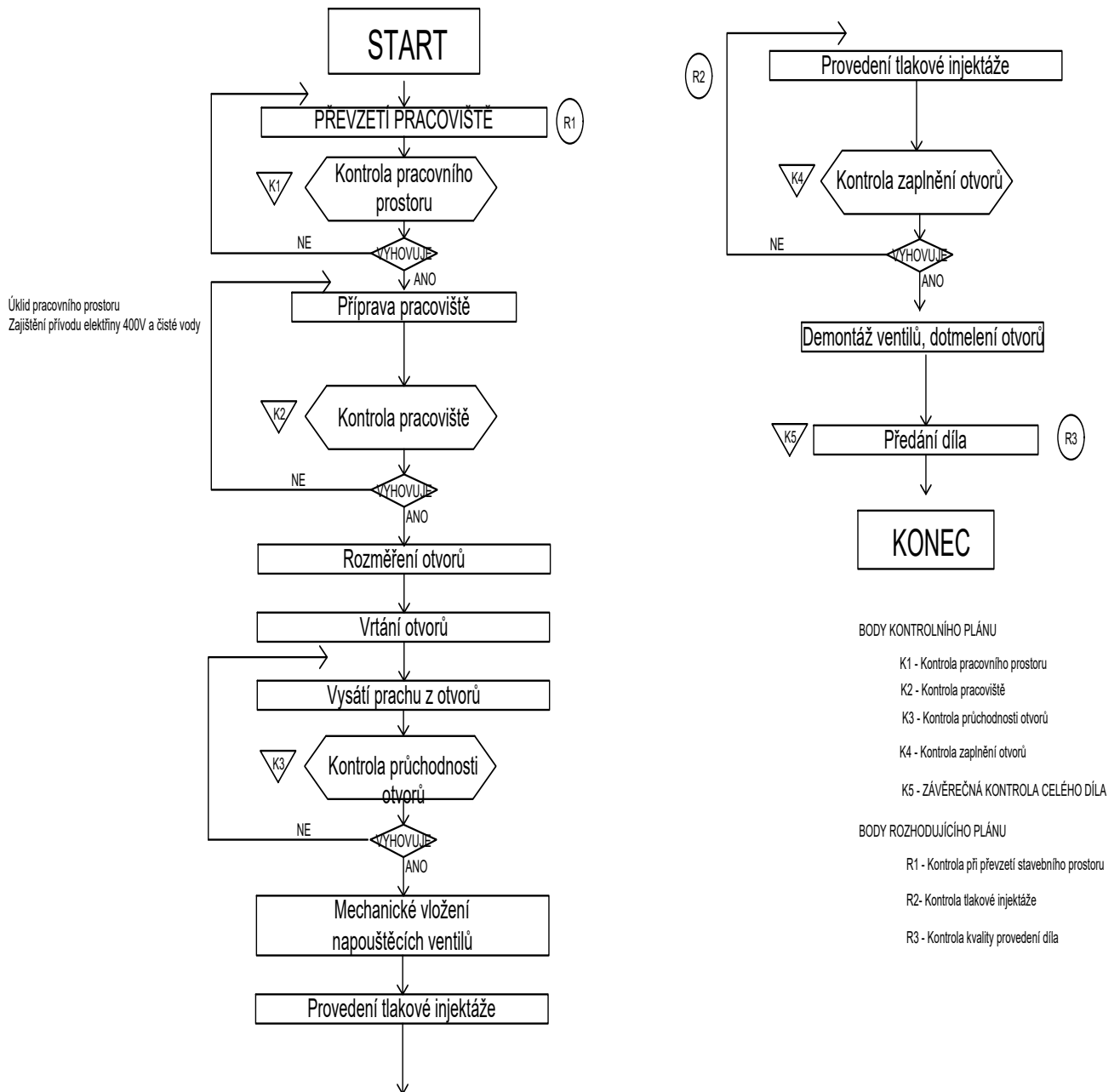
Tloušťka zdiva	mm	150	450	750	1000
Hloubka vyvrtaného otvoru	mm	135	425	715	960
Množství krému na 1 m délky zdiva	l	0,14	0,42	0,73	1,00
Objem krému na jeden otvor	ml	15	48	81	109

Před vlastní injektáží se vyčistí vyvrtané otvory průmyslovým vysavačem (s oklepem). Následně se ručně osadí napouštěcí ventily (pakry), které musí dostatečně těsnit tak, aby nevytékala aplikační hmota. Následuje samotná tlaková injektáž krémové hmoty. Aplikace injektážní hmoty se provádí v jednom pracovním kroku v plném objemu. Během plnění pomalu vytahujeme trubkový nástavec, přičemž musí být zajištěno neustálé vtláčování dostatečného množství injektážního krému. Po ukončení injektáže je vhodné uzavřít a utěsnit otvory zátkou, případně zatmelením. Hydrofobizující účinky krému se projevují cca po 30 minutách po aplikaci a plnohodnotnou funkci plní až v rozmezí 2-6 týdnů (závisí na poréznosti, teplotě a míře zavlhčení). Po realizaci chemické injektáže doporučujeme tento způsob sanace doplnit drenážním systémem, toto řešení je výhodné z důvodu již provedených výkopů. Na dno výkopu bude umístěna drenážní trubka, která bude ústít do jednotné kanalizace. Před zasypáním se podél stěny natáhne nopová fólie, která zdivo chrání a zároveň umožňuje přístup vzduchu. Nopová fólie musí být v soklové části zakončena krycí lištou.



Obrázek 48: Schéma vrtu chemické injeckáže s drenáží

4.5.6. Postupový diagram



4.5.7. BOZ a PO

Konkrétní vymezení jednotlivých opatření pro zajištění BOZ a PO

Riziko	Opatření
Zasažení očí injektážní hmotou, potřísnění pokožky	OOPP: rukavice, ochranné brýle, obuv, rukavice Dodržení technologických předpisů, pozornost
Zranění pádem stroje na pracovníka	OOPP: pracovní obuv, rukavice, helma
Pád do výkopu	OOPP: reflexní vesta Pozornost pracovníka, označení výkopů
Úraz elektrickým proudem při vrtání	OOPP: obuv s gumovou podrážkou, dodržení technologických předpisů, pozornost

Vymezení odpovědnosti za dodržení podmínek BOZ a PO

Všichni pracovníci musí být proškoleni stavbyvedoucím a seznámeni s předpisy BOZP. Všechny práce se musí provádět v souladu s příslušnými platnými zákony.

Všechny požadavky BOZP musí být v souladu s následujícími právními předpisy:

- Nařízení vlády č. 591/2006 Sb. o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích.
- Nařízení vlády č. 362/2005 Sb. o bližších požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na pracovištích s nebezpečím pádu z výšky nebo do hloubky
- Zákon č. 309/2006 Sb., kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích

4.5.8. Vliv na životní prostředí

Každý původce odpadů je povinen zařazovat odpady podle druhů a kategorií, zajistit využití odpadů, shromažďovat odpady utříděné podle jednotlivých druhů a kategorií, zabezpečit odpady před nežádoucím znehodnocením, odcizením nebo únikem, vést průběžnou evidenci o odpadech a způsobech nakládání s nimi, umožnit kontrolním orgánům přístup do objektů. Také se musí dodržovat zákaz pálení odpadů a stavebních zbytků. (32)

Odpady vznikající na stavbě mohou patřit do kategorie: nebezpečné odpady a ostatní odpady.

Dle vyhlášky č. 93/2016 Sb., Vyhláška o Katalogu odpadů nám během realizace chemické injektáže vznikají tyto odpady:

Kód druhu odpadu: 150101

- Název druhu odpadu: Papírové a lepenkové obaly
- Kategorie: O
- Podskupina: Obaly (včetně odděleně sbíraného komunálního obalového odpadu)
- Likvidace: odstranění/recyklace

Kód druhu odpadu: 150102

- Název druhu odpadu: Plastové obaly
- Kategorie: O
- Podskupina: Obaly (včetně odděleně sbíraného komunálního obalového odpadu)
- Likvidace: odstranění/recyklace

5. DOPORUČENÍ PRO PŘÍPADNÉ DALŠÍ POSTUPY

Řešení sanace vlhkosti je u historických objektů velice komplikované, nikdy nelze dosáhnout stoprocentního odvlhčení. Soklové oblasti objektů jsou značně namáhané působením vlhkostí zemní či srážkové, proto je doporučena zejména pravidelná běžná údržba nejen omítek, klempířských prvků, ale i přilehlého prostranství (úklid sněhu na chodníku).

Dalším možným řešením by bylo použití elektroosmotických metod V porovnání s použitím chemických metod se jedná o finančně náročnější řešení.

6. ZÁVĚR – ZHODNOCENÍ CÍLŮ

Cíl 1: Provést základní rešerši v problematice sanace vlhkého obvodového zdiva

V teoretické části byla vysvětlena problematika působení vlhkosti na stavební konstrukce, byla provedena kategorizace metod měření vlhkosti a sanačních metod vlhkého obvodového zdiva.

✓ Cíl 1 byl splněn.

Cíl 2: Popsat řešený objekt v historickém a prostorovém kontextu

V praktické části práce byl představen objekt jako kulturní památka, byla popsána jeho historie a umístění v dané lokalitě.

✓ Cíl 2 byl splněn.

Cíl 3: Analyzovat příčiny zavlhnutí zdiva na zvoleném objektu

Součástí praktické části byl také průzkum objektu, specifikace poruch z hlediska vlhkosti a analýza příčin zavlhnutí zdiva.

✓ Cíl 3 byl splněn.

Cíl 4: Navrhnout konkrétní sanační opatření a zvolit vhodnou variantu s ohledem na historickou hodnotu objektu

Po analýze příčin vlhkostních poruch, byla navržena sanační metoda nejúčinnější pro vybraný památkově chráněný objekt, konkrétně sanace pomocí chemické tlakové injektáže. Tento způsob byl zvolen z důvodu dlouhodobé účinnosti, jednoduché a rychlé aplikace a minimálních zásahu do stávajících historických konstrukcí.

✓ Cíl 4 byl splněn.

7. LITERATURA

1. Minářová, Ivana. Geniální dům. *genialnidum.cz*. [Online] 12. 12 2018. <https://www.genialnidum.cz/co-je/relativni-vlhkost-vzduchu/>.
2. ebozp.vubp.cz. *Encyklopedie BOZP*. [Online] 13. 12 2018. http://ebozp.vubp.cz/wiki/index.php/Absolutn%C3%AD_vlhkost.
3. Balík, Michael, a další. *Odvlhčování staveb*. Praha : Grada Publishing, 2008. 978-80-247-2693-9.
4. Mrňa, Libor. Lepení materiálu. *Lepení materiálu*. [Online] 12. 12 2018. <https://docplayer.cz/11320650-Lepeni-materialu-rndr-libor-mrna-ph-d.html>.
5. *Základní fyzikální vlastnosti stavebních materiálů ve vazbě na izolační vlastnosti*. místo neznámé : prezentace IZMA přednáška II.
6. Witzany, Jiří, a další. *Obnova a rekonstrukce staveb*. Praha : ČVUT Praha, 2018. 978-80-01-06360-6.
7. Difuze vodní páry veličiny hodnoty a jednotky. *Stavebnictvi3000.cz*. [Online] 14. 12 2018. <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/difuze-vodni-pary-veliciny-hodnoty-a-jednotky/>.
8. Reichl, Jaroslav a Všetická, Martin. Encyklopedie fyziky. [Online] 14. 12 2018. <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/643-kapilarita>.
9. Katedra materiálového inženýrství a chemie. [Online] 12. 12 2018. <http://tpm.fsv.cvut.cz>.
10. Venkovský dům. *venkovskydum.cz*. [Online] 2. 12 2018. <http://www.venkovskydum.cz/stavba-domu-4/>.
11. <http://www.obcanskavystavba.cz>. *Občasná výstav: Sanilita zdiva*. [Online] 29. 7 2009. <http://www.obcanskavystavba.cz/2009/07/salinita-zdiva/?fbclid=IwAR1tFhvetéalshUORDkzEL8Jz79oRMh7rs9fmf5bqrJcXhyuvnL7dd9JKkg>.
12. Marková, Hana. *abs-portal.cz*. [Online] Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 20. 12 2018. <http://www.asb-portal.cz/2008/07/30/stavebnictvi/hruba-stavba/pruzkum-pricin-vlhnuti-zdiva-a-metodiknavrhu-sanace.html>.

13. Fára, Pavel. asb-portal.cz. *ASB Portal: Průzkum příčin vlhnutí zdiva a metodika návrhu sanace*. [Online] 30. 7 2008. <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/zaklady-a-hruba-stavba/obvodove-konstrukce/pruzkum-pricin-vlhnuti-zdiva-a-metodika-navrhu-sanace>.
14. Solař, Jaroslav. *Odstraňování vlhkosti sanace vlhkého zdiva*. Praha : Grada Publishing, 2013. 978-80-247-4708-8.
15. Anton, Ondřej, Blažková, Vendula a Hobst, Leonard. Soudní inženýrství. [Online] 22. 01 2005. <http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2005-03-175-178.pdf>.
16. Pochmanová, Petra a Misar, Ivan. stavba.tzb-info.cz. *Kontrolní metody pro stanovení vlhkosti podkladních vrstev podlah*. [Online] 21. 11 2011. <https://stavba.tzb-info.cz/podlahy/8050-kontrolni-metody-pro-stanoveni-vlhkosti-podkladnich-vrstev-podlah>.
17. vaseenergie.cz. *Vaše energie: Odhalení vlhkosti zdiva*. [Online] 3. 12 2018. <http://www.vaseenergie.cz/vlhkost-zdiva/>.
18. Žáček, Karel. sanace-izolace.cz. *Sanace vlhkého zdiva*. [Online] <http://www.sanace-izolace.cz/sanace-vlhkeho-zdiva.htm>.
19. ČSN P 73 0610 *Hydroizolace staveb - Sanace vlhkého zdiva - Základní ustanovení*. Praha : Český normalizační institut, 2000.
20. Vlček, Milan. *Metody sanace vlhkého zdiva*. Praha : Vědeckotechnická společnost pro sanace staveb a péči o památky, 2007. 978-80-02-01945-9.
21. sanax.cz. *Hydroizolační gelová injektáž*. [Online] 03. 12 2018. <https://www.sanax.cz/technicke-informace/hydroizolacni-gelova-injektaz>.
22. rssg.cz. *Plošná injektáž zdiva*. [Online] 10. 12 2018. <https://www.rssg.cz/provadeni-sanacnich-praci/plosna-injektaz-zdiva>.
23. Kunhartová, Silvie. asb-portal.cz. *Metody sanací vlhkosti ve stavebních konstrukcích*. [Online] 18. 6 2009. <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/zaklady-a-hruba-stavba/obvodove-konstrukce/metody-sanaci-vlhkosti-ve-stavebnich-konstrukcich>.
24. hydroizolace-zdiva.cz. *Metody sanace*. [Online] 10. 12 2018. <http://www.hydroizolace-zdiva.cz/metody-sanace>.

25. Rubinová, Olga a Rubin, Aleš. vetrani.tzb-info.cz. *Vnitřní prostředí budov a tepelná pohoda člověka*. [Online] 22. 8 2005. <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/2650-vnitri-prostredi-budov-a-tepelna-pohoda-cloveka>.
26. Sobotka, Jindřich, Novotný, Miloslav a Šuhajda, Karel. stavba.tzb-info.cz. *Technologie vysoušení nosných konstrukcí*. [Online] VUT v Brně, Fakulta stavební, 27. 4 2015. <https://stavba.tzb-info.cz/izolace-proti-vode-a-radonu/12615-technologie-vysouseni-nosnych-konstrukci>.
27. Sokol, Václav a Kutnar, Zdeněk. *Sanace vlhkého zdiva*. [Online] 2004. <http://15123.fa.cvut.cz/?page=cz,pozemni-stavitelstvi-iv>.
28. Sumava. [Online] 13. 12 2018. http://www.sumava.cz/galerie_sekce/2970-vlachuv-dum-klatovy/.
29. [Online] 12. 12 2018. <http://sgi-nahlizenidokn.cuzk.cz/>.
30. pamatkovykatalog.cz. *Památkový katalog*. [Online] 14. 12 2018. <https://pamatkovykatalog.cz/?element=14894408&action=element&presenter=ElementsResult>.
31. archizone.cz. *Archizone*. [Online] 10. 12 2018. <http://www.archizone.cz/stavebni-slohy/renesance/>.
32. zakonyprolidi.cz. *Zákon č. 20/1987 Sb.* [Online] 10. 12 2018. https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1987-20?fbclid=IwAR326xeT6w4V4y_DIUzTof9a-8_bnlEzMBIR8EsV1lgWLSWYNsA7YLDNdG.
33. *Operation instruction*. [Online] 10. 12 2018. <https://www.ahlborn.com/download/anleitung/eng/22908e.pdf>.
34. Sanace injektáž zdiva. [Online] 10. 12 2018. <https://www.sanace-injektaz-zdiva.cz/wp-content/uploads/2017/12/TL-AquaStop-Cream-2017-1.pdf>.

8. SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1: Závislost smáčivosti na úhlu smáčení (4)</i>	16
<i>Obrázek 2: Nasákavost vybraných stavebních materiálů (5)</i>	17
<i>Obrázek 3: Rozdělení pórů dle polohy a tvaru</i>	18
<i>Obrázek 4: Zdroje zvýšené vlhkosti zdiva</i>	19
<i>Obrázek 5: Kapilární elevace</i>	24
<i>Obrázek 6: Kapilární elevace (vlevo), Kapilární deprese (vpravo)</i>	25
<i>Obrázek 7: 1 – sorpční izoterma, 2- desorpční izoterma</i>	27
<i>Obrázek 8: Zpětný spoj – napojení vodorovné a svislé hydroizolace (10)</i>	30
<i>Obrázek 9: Termovizní snímek zdiva (17)</i>	41
<i>Obrázek 10: Příčiny vlhkostních poruch</i>	43
<i>Obrázek 11: Postup vybourávání zdiva</i>	45
<i>Obrázek 12: Uspořádání vrtů plošné rubové injektáže stěn (21)</i>	49
<i>Obrázek 13: Plošná injektáž zdiva (22)</i>	50
<i>Obrázek 14: Vzduchoizolační systém u podzemní stěny</i>	53
<i>Obrázek 15: Vlevo – vzduchová dutina na vnější straně s otevřeným systémem (anglický dvorek), Vpravo – vzduchová dutina na vnější straně s uzavřených systémem</i>	54
<i>Obrázek 16: Způsob odvětrávání soklu pomocí nasávacích a výdechových otvorů</i>	55
<i>Obrázek 17: Předsazená stěna na vnitřní straně</i>	56
<i>Obrázek 18: Příklad provedení drenáže obvodového zdiva (24)</i>	58
<i>Obrázek 19: Porovnání technologií vysoušení na zděné konstrukci (26)</i>	60
<i>Obrázek 20: pohled na Vlachův dům</i>	64
<i>Obrázek 21: Průčelí domu do Plánické ulice</i>	65
<i>Obrázek 22: Informace o pozemku z katastru nemovitostí</i>	66
<i>Obrázek 23: Katastrální snímky (29)</i>	67
<i>Obrázek 24: Katastrální snímky (29)</i>	67
<i>Obrázek 25: Zařazení objektu v památkovém katalogu (30)</i>	68
<i>Obrázek 26: Degradace omítky v soklové části</i>	72
<i>Obrázek 27: Pohled na východní fasádu – odpadávání omítky v okolí soklu</i>	73
<i>Obrázek 28: Pohled na větrací mřížku do sklepa – v okolí mřížky zjevná eliminace poruch - v důsledku cirkulace vzduchu mřížkou dochází k vysychání</i>	74
<i>Obrázek 29: Poruchy na soklu na severní části fasády</i>	74
<i>Obrázek 30: Zakončení svodu na východní fasádě – ve spodní části bez poruch – ke zvýšené vlhkosti dochází v důsledku poruchy ve střední části – napojení plastového svodu na měděný – stékáním vody po fasádě dochází ke</i>	

zvýšené vlhkosti v dolní oblasti a degradačním procesům (dolní část plastová z důvodu vandalismu, několikrát byl měděný svod poškozen/odcizen).....	75
Obrázek 31: Svod na severní fasádě – bez poruch	76
Obrázek 32: Solné výkvěty.....	76
Obrázek 33: Síť bodů na východní fasádě.....	77
Obrázek 34: Síť bodů na severní fasádě.....	78
Obrázek 35: Kapacitní vlhkoměr ALMEMO 2290-8	79
Obrázek 36: Měření v terénu příložným kapacitním vlhkoměrem	80
Obrázek 37: Odporový vlhkoměr GHM 3850	82
Obrázek 38: Měření ve spodní části obvodového zdiva z interiéru.....	83
Obrázek 39: Měření ve horní části obvodového zdiva z interiéru.....	83
Obrázek 40: Termovizní snímek - nárož objektu	86
Obrázek 41: Termovizní snímek – zakončení svodu.....	86
Obrázek 42: Termovizní snímek – detail u hlavních vstupních dveří.....	87
Obrázek 43: Termovizní snímek – soklová část objektu.....	87
Obrázek 44: Termovizní snímek – ventilační mřížka.....	88
Obrázek 45: Termovizní snímek – pohled severní (vykreslení různých typů zdiva v horní části).....	88
Obrázek 46: Termovizní snímek – pohled východní.....	89
Obrázek 47: Technické informace injektážní hmoty (32).....	92

9. SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Hodnocení salinity v materiálu.....	33
Tabulka 2: Klasifikace vlhkosti zděných konstrukcí dle ČSN P 73 0610.....	41
Tabulka 3: Hloubka vrtaných otvorů v závislosti na tloušťce zdiva (32).....	94