ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra technologie staveb

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Sanace Solnice na Piaristickém náměstí v Českých Budějovicích

Bc. Barbora Šrůmová

2019

Vedoucí diplomové práce: Ing. Rostislav Šulc, Ph.D.

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

V Praze 6. 1. 2019 …….

Bc. Barbora Šrůmová

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Rostislavu Šulcovi, Ph.D. za lidský přístup, ochotu a trpělivost při konzultacích a společnosti Auböck, s. r. o. za poskytnuté materiály a praktické rady při zpracování praktické části práce.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Šrůmová Jméno: Barbora Osobní číslo: 423834

Zadávající katedra: Katedra technologie staveb

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Příprava, realizace a provoz staveb

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Sanace Solnice na Piaristickém náměstí v Českých Budějovicích

Název diplomové práce anglicky: Rehabilitation of the object Solnice on Piaristické square in České Budějovice

Pokyny pro vypracování:
1) Rešerše k rekonstrukcím historických staveb a stavebních konstrukcí.
2) Analýza poruch a vad Solnice na Piaristickém náměstí v Českých Budějovicích.
3) Variantní návrh metod odstranění poruch objektu v rámci jeho rekonstrukce a přestavby.
4) Návrh postupů rekonstrukce z hlediska použitých technologií, doby trvání a nákladů sanací.
5) Vyhodnocení jednotlivých variant.
6) Návrh konkrétního řešení pro objekt Solnice na Piaristickém náměstí v Českých Budějovicích.

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.
VAŠEK, Milan. Havárie, poruchy a rekonstrukce: dřevěné a ocelové konstrukce. Praha: Grada, 2011. Stavitel. ISBN 978-80-247-3526-9.
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. Rostislav Šulc, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 3. 10. 2018 Termín odevzdání diplomové práce: 6. 1. 2019
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

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)

Sanace Solnice na Piaristickém náměstí v Českých Budějovicích

Cílem této diplomové práce je návrh sanačních metod na konkrétním objektu z hlediska použitých technologií, doby trvání a finančních nákladů. Práce poskytuje základní přehled vad a poruch způsobených vlhkostí v konstrukci a způsoby jejich sanace. Dále jsou v práci popsány problémy dřevěných konstrukcí a možná řešení a preventivní úkony zamezující těmto defektům. Na základě poznatků načerpaných při zpracování těchto informací byly zpracovány konkrétní návrhy pro objekt Solnice v Českých Budějovicích s ohledem na jeho historickou významnost.

Klíčová slova

Sanace, rekonstrukce, vlhkost, dřevěné konstrukce, historický objekt

Rehabilitation of the object Solnice on Piaristické square in České Budějovice

The aim of this Master's thesis is to draw up rehabilitation's methods on a specific building in terms of used technologies, duration and financial costs. The work provides a basic overview of defects and imperfections caused by humidity in the construction and ways of their solutions. Furthermore, the thesis describes problems of wooden structures and possible solutions and mitigation actions for the described defects. Based on the findings gained while processing these information, specific proposals for the Solnice building have been presented keeping its historical significance in mind.

Key words

Rehabilitation, reconstruction, humidity, wooden constructions, historical object

OBSAH

ÚVOD 9
1 VLHKOST 10
1.1 Salinita 11
1.2 Zdroje vlhkosti 11
1.3 Charakteristika vlhkostních projevů a jejich následky 12
1.3.1 Svislé konstrukce 12
1.3.2 Vodorovné konstrukce 13
1.3.3 Následky 13
1.4 Metody měření vlhkosti 14
1.4.1 Destruktivní metody 14
1.4.2 Nedestruktivní metody 17
1.5 Sanace vlhkosti 19
1.5.1 Mechanické metody 19
1.5.2 Chemické metody 22
1.5.3 Vzduchové metody 24
1.5.4 Elektroosmóza 29
1.5.5 Sanační omítkové systémy 30
2 DŘEVĚNÉ KONSTRUKCE 31
2.1 Poruchy dřeva 33
2.1.1 Nedostatky projektové dokumentace, chyby při výrobě a provádění 33
2.1.2 Přetížení konstrukce nebo její části 33
2.1.3 Poruchy vlastního materiálu 34
2.1.4 Biotické a abiotické faktory 34
2.2 Ochrana dřeva 37
2.2.1 Konstrukční ochrana 38
2.2.2 Chemická ochrana 38
CÍL PRAKTICKÉ ČÁSTI PRÁCE 41
3 ŘEŠENÝ OBJEKT 42
3.1 Velká Solnice 43
3.2 Malá Solnice 44
3.3 Účel objektu 44
4 AKTUÁLNÍ STAV OBJEKTU 45
4.1 Nosné konstrukce 45
4.2 Zastřešení 47

5 NAVRHOVANÁ ŘEŠENÍ 48
5.1 Zastřešení 48
5.2 Dřevěné konstrukce 48
5.3 Vlhkost 50
5.3.1 Sanační omítkové systémy 51
5.3.2 Tlaková inejektáž 56
5.3.3 Podřezání zdiva 61
5.3.4 Vzducohová metoda 66
5.4 Posouzení 74
5.4.1 Technologická náročnost 74
5.4.2 Časová náročnost 74
5.4.3 Finanční náročnost 75
5.4.4 Finanční náročnost v časovém horizontu 75
5.4.5 Vyhodnocení 79
ZÁVĚR 80
LITERATURA A DALŠÍ ZDROJE 81
DEFINICE A ZKRATKY 85
SEZNAM OBRÁZKŮ 86
SEZNAM TABULEK 88

ÚVOD

Rekonstrukce, údržba a opravy staveb jsou významnými tématy současné doby především proto, že zachovávají historický odkaz ale i kulturní význam budov postavených minulými generacemi. Se stářím objektu se ovšem nevyhnutelně pojí statické poruchy, vlhkostní a jiné závady. Zřejmě proto lidé ve většině případů raději volí výstavbu objektu na zelené louce a stávající budovy nechávají chátrat.

Tématem této diplomové práce je zpracování častých poruch a vad u starších staveb a jejich možná řešení. Na základě nastudovaných informací pak sestavit plán sanace poruch vyskytujících se na vybraném konkrétním projektu. Pro tento účel byl zvolen historický objekt Solnice na Piaristickém náměstí v Českých Budějovicích.

Práce je rozdělena do dvou na sebe navazujících částí, teoretické a praktické. Teoretická část je uvedena problematikou vlhkosti staveb, odhaluje příčiny jejího vzniku a popisuje možná řešení s ohledem na jejich původ. Dále je řešena problematika poruch dřevěných konstrukcí a prvků – stropu a krovu. Uvádí nejčastější druhy poruch a napadení – abiotické činitele jakými jsou například voda, vzduch nebo UV záření a biotické činitele jako dřevokazné houby, plísně nebo hmyz.

Druhá část práce je praktická, začíná popisem stavu Solnice před nápravnými opatřeními. Následuje návrh řešení na konkrétní závady s ohledem na její historický význam. Pro řešení vlhkostních problémů jsou navržené metody analyzovány z hlediska technologické a finanční náročnosti a časových nároků na jejich realizaci.

Závěrem jsou uvedené způsoby sanace porovnány v časovém horizontu 20 let, pro který je navrženo nejvhodnější řešení.

Při zpracování diplomové práce byly využity jak teoretické poznatky získané rešerší odborných publikací a internetových zdrojů týkajících se této problematiky, tak praktické informace získané při odborných konzultacích, při studiu a v zaměstnání.

1 VLHKOST

Vlhkost neboli humidita se přirozeně vyskytuje ve všech stavebních konstrukcích. Problém nastává, pokud dojde k jejímu hromadění.

Kromě toho, že vlhké prostředí snižuje kvalitu bydlení, negativně ovlivňuje životnost staveb, v nejzazším případě může dojít až ke statickým poruchám a kolapsu konstrukce. Vlhkostní poruchy mohou vzniknout z několika důvodů - špatná projektová dokumentace, nesprávné provedení objektů nebo jejích částí (instalace, okap, detaily) nebo nevhodné užívání stavby.

Problém s vlhkostí se obvykle projevuje mokrými mapami na povrchu konstrukce, odlupujícím se nátěrem až porušením omítky. Nezřídka dochází na těchto místech k výskytu plísní a k výkvětu solí.

Vlivem vlhkosti dochází k nežádoucím změnám konstrukce a k působení negativních účinků, které lze dle působení dělit na mechanické, fyzikální, chemické nebo biologické vlivy.

a) Mechanické působení:
   - objemové změny – střídání vlhnutí a vysychání,
   - vznik trhlin,
   - drcení materiálů,
   - deformace.
b) Fyzikální působení:
   - zvětšení hmotnosti,
   - snížení pevnosti,
   - zhoršení tepelně-izolačních vlastností,
   - znemožnění prodyšnosti materiálu,
   - snížení mrazuvzdornosti,
   - zvýšení vodivosti.
c) Biologické působení:
   - rostliny (plísně, mechy, houby, řasy, lišejníky),
   - bakterie (hniloba).
d) Chemické působení:
   - koroze,
   - krystalizace solí. [1]

1.1 Salinita

Vlhkostní poruchy jsou způsobené vodou obsahující rozpustné soli, které ještě podporují degradaci konstrukce. Obvykle jsou vodou transportovány sírany, chloridy a dusičnany.

Zdroje solí:

- materiál, ze kterého je objekt postaven – cement, písek, pojiva,
- soli rozpuštěné ve vzlínající vodě z podzákladí,
- soli vzniklé chemickou korozí,
- soli vzniklé důsledkem sanačních opatření – především v minulosti, kdy byly používány silné kyseliny a louhy pro čištění.

Při odpařování vody dochází ke zvyšování koncentrace solí, pokud dojde k nasycení roztoku a soli se tak dále nemohou rozpouštět, začne sůl krystalizovat a na povrchu se objeví solné výkvěty.

1.2 Zdroje vlhkosti

Nadměrná vlhkost může do konstrukcí proniknout více způsoby a z různých zdrojů, v kapalném nebo plynném skupenství.

a) **Voda srážková** – stékající po zdivu, v případě silného větru dosahuje voda velké rychlosti a tím většího tlaku, čímž proniká snadněji do konstrukce (1); pronikající komínovými tělesy – chybějící nebo porušené komínové ukončení (2); odstřikující – v tomto případě je kritickým místem zejména soklová část objektu a konstrukce v okolí parapetů, říms apod. Srážková voda se po dopadu odrazí a poškozuje okolní zdivo (3).
b) **Voda volná** – vniká konstrukčními vadami (4), nesprávně provedeným konstrukčním detailem (5).
c) **Voda povrchová** – stékající volně po povrchu (6).
d) **Tepelné mosty** – především v důsledku nesprávně nebo nedostatečně izolovaných detailů dochází k poklesu teploty povrchu konstrukce pod úroveň rosného bodu a tím ke kondenzaci vodní páry (7).
e) **Podzemní voda** (vzlínající voda) – voda vzlíná z podzákladových horninových vrstev (8), voda vzlíná z boku základové konstrukce (9).

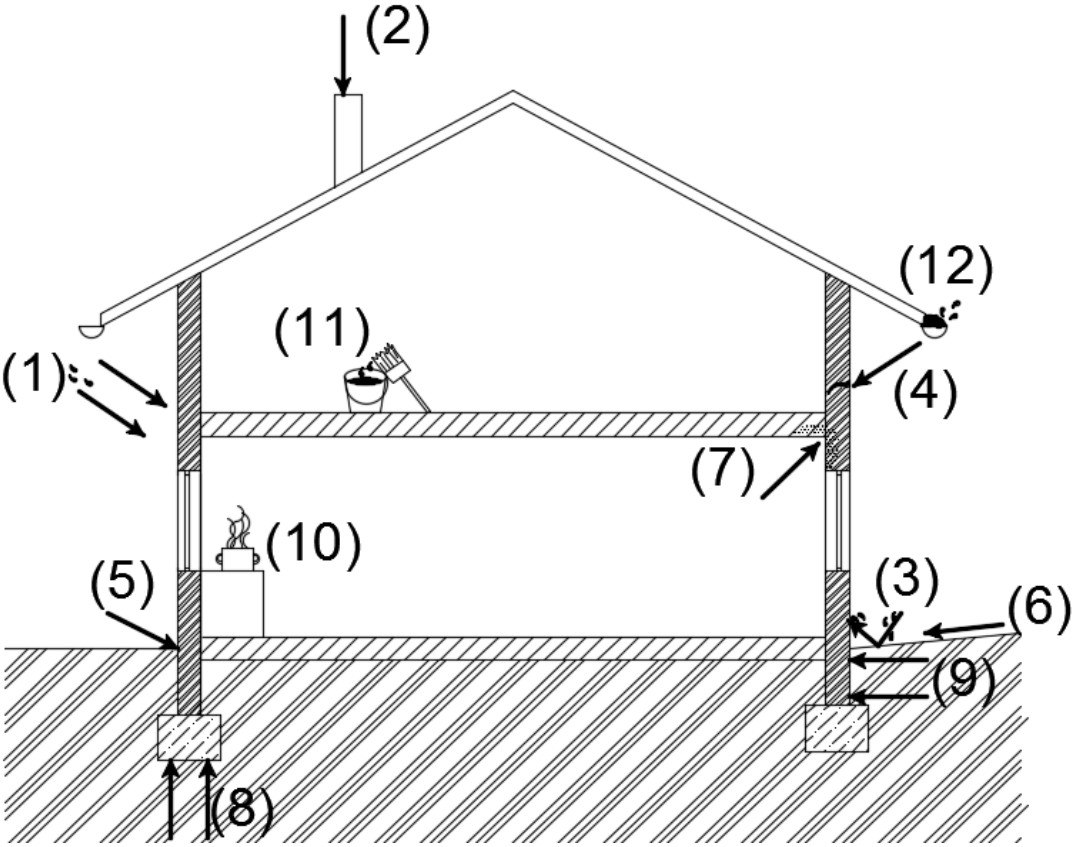
f) **Voda hygroskopická** – voda vznikající při pohlcování par – vyskytuje se především u stavebních materiálů s vysokým obsahem hygroskopických solí.

g) **Vnitřní vlhkost** (kondenzující voda) – vodní pára produkovaná činností člověka i jeho samotnou existencí – hygiena, praní, vaření, květiny apod (10).

h) **Stavební vlhkost** – voda zabudovaná do konstrukcí v důsledku mokrých procesů při realizaci objektu, v závislosti na prostředí, použitém materiálu a větrání se může vypařovat i několik let (betonáž, omítky, malby a nátěry) (11).

i) **Další zdroje** – zanesené okapní žlaby, porušené nebo chybějící okapní svody, degradovaná střešní krytina (12). [2, str. 47]

Většina poruch vzniká kombinací více faktorů, znázorněno na následujícím obrázku:



Obr. 1: Zdroje vlhkosti (vlastní zpracování dle [2], str. 15)

1.3 Charakteristika vlhkostních projevů a jejich následky

1.3.1 Svislé konstrukce

Při určování zdroje vlhkosti je rozhodujícím faktorem charakter vlhkostních map – místo výskytu, velikost ale také tvar.

Pokud dochází k vzlínání podzemní vody zpod základových konstrukcí, mapy se vyskytují především:

- v místě styku obvodové a nosné zdi,
- v obvodových rozích,
- v šachtách výtahů a schodišť.

U vlhkosti, která vzniká kondenzací par dochází ke vzniku nepravidelných mokrých map, obvykle:

- v ploše na různých místech, často i mimo zdroj vlhkosti,
- v místech náchylných ke vzniku tepelných mostů – např. u výplní otvorů. [2, str. 13]

1.3.2 Vodorovné konstrukce

Stropy a klenby jsou nejčastěji postiženy v důsledku vysoké vlhkosti konstrukcí, s kterými jsou v přímém kontaktu nebo nepřímo šířením páry, která na nich zkondenzuje. U kleneb navíc často dochází ke shromažďování vlhkosti v jejich patkách. Pokud je konstrukce na terénu, působí problémy porušení, špatné provedení nebo úplná absence svislé, vodorovné nebo obou zmíněných izolací proti zemní vlhkosti. To je umocněno, je-li vlhkost zeminy zvýšená.

Viditelné známky vlhkosti se u vodorovných konstrukcí objevují v místě styku s obvodovými stěnami, u klenebních patek v důsledku hromadění vlhkosti a pod nášlapnými vrstvami podlah. [2, str. 14]

1.3.3 Následky

Prostředí s hodnotou vlhkosti 80 % a více je ideální půdou pro růst plísní a mechů, čímž dochází k narušování a rozpadání vrstev omítek, zdícího pojiva až k rozpadu zdiva. V případě historických objektů jsou takto zasaženy například vzácné malby i původní dobové omítky.

Ze zdravotního hlediska je jsou vlhké prostory s plísní naprosto nevyhovující pro pobyt osob. Při delším pobytu v takto napadených prostorách může dojít k výskytům alergických reakcí, astmatu, nevolnosti. U malých dětí, starších osob a oslabených jedinců mohou být následky fatální.

Truhlářské konstrukce, dřevěné podlahy nebo krovy jsou v tomto prostředí náchylné k rozvoji hniloby.

S rostoucí humiditou rostou i tepelné ztráty, neboť materiály nasycené vodou dosahují lepší vodivosti. [2, str. 18]

1.4 Metody měření vlhkosti

Stanovení míry vlhkosti je klíčové pro návrh sanace zasažené konstrukce. Metody měření můžeme se dělí na destruktivní a nedestruktivní průzkum.

U **destruktivní** zkoušky je provedena sonda do konstrukce nebo odebrán vzorek z konstrukce, dochází tak k jejímu narušení. Vzorek můžeme odebrat vrtáním nebo pomocí speciálního sekáčku.

U zkoušky **nedestruktivní** je k posouzení konstrukce využit měřící přístroj, hygrometr neboli vlhkoměr. Předností této metody je jednak nenarušení konstrukce, jednak rychlost výsledku, který je znám okamžitě. Nevýhodou je schopnost přístroje změřit vlhkost jen do malé hloubky. [2, str. 71]

Rozlišuje se:

a) Hmotnostní vlhkost w_h:

$$w_h = \frac{m_v - m_s}{m_s} \times 100 \quad [\%]$$

m_v = hmotnost vlhkého vzorku [kg]

m_s = hmotnost suchého vzorku [kg] [4, str. 9]

b) Objemová vlhkost w_V:

$$w_V = \frac{m_v - m_s}{\rho_{H_2O} \times V} \times 100 \quad [\%]$$

m_v = hmotnost vlhkého vzorku [kg]

m_s = hmotnost suchého vzorku [kg]

ρ_{H_2O} = hustota vody [kg/m^3]

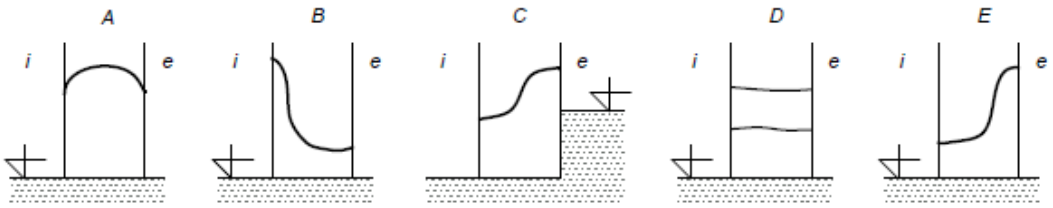
V = objem vzorku [m^3] [4, str. 9]

1.4.1 Destruktivní metody

V rámci průzkumu je odebrán vzorek v různé výšce a hloubce zkoumané konstrukce, aby bylo možné stanovit vlhkostní profil. Ideální je odebrat vzorek ve třech úrovních, vždy ve třech hloubkách.

Vzorky o hmotnosti 50-200 g jsou odebírány ručně pomocí sekáčku – nejprve se odstraní omítka a odebere se vzorek z hloubky alespoň 100 mm. Nebo strojně elektrickou vrtačkou s jádrovým nebo spirálovým vrtákem, u kterého může vzniknout nepřesnost měření zahřátím vrtáku a tím částečnému vysušení vzorku.

Vlhkostní profil se vyhodnocuje pomocí čela zavlhčení – hranice ostrého přechodu mezi suchou a vlhkou oblastí. Suchá část dosahuje maximálně 4 % hmotnostní vlhkosti, vlhká část přesahuje 15 %. [3], [2, str. 86]



Obr. 2: Čelo zavlhčení; A – vzlínající vlhkost; B – povrchová kondenzace; C – kombinace vzlínání a kondenzace; D – vlhkost hygroskopická; E – pronikání dešťové vody [2, str. 86]

1.4.1.1 Gravimetrická metoda

Gravimetrická neboli vážková metoda, spočívá ve stanovení hmotnosti vody ve vzorku odebraném ze zasažené konstrukce. Je nejužívanější, ale také nejpřesnější metodou, proto slouží i jako kalibraci ostatních nepřímých metod měření.

Hlavní výhodou této metody je univerzálnost, protože takto lze stanovit obsah vody v jakémkoli materiálu. Na druhé straně je nutné narušit konstrukci a je znemožněné souvislé sledování vlhkosti. Metodu není možné provádět in-situ a je časově náročná.

Postup:

1. Podstatné je vzorek po odebrání uzavřít do parotěsné nádoby tak, aby nedošlo k odpaření vody.
2. Poté se zváží a jeho hmotnost se zaznamená.
3. Následně se vysuší do ustálené hmotnosti a zváží se znovu.
4. Porovnáním obou měření se stanoví hmotnost obsažené vody u_m dle následujícího vzorce:

$$u_m = \frac{m_v - m_s}{m_s} \times 100 \quad [\%]$$

m_v = hmotnost vlhkého vzorku [kg]

m_s = hmotnost suchého vzorku [kg] [3]

1.4.1.2 Karbidová metoda

Principem této metody je chemická reakce karbidu vápenatého s vodou přítomnou ve zkoumaném vzorku. K tomuto účelu se používá CM přístroj.

Obr. 3: CM přístroj [5]

Výhodou karbidové metody je možnost provádět měření přímo na místě (in-situ). Na rozdíl od gravimetrické metody je méně přesná. Na toto měření působí mnoho vlivů, které ovlivňují výsledky – např. vlhkost prstů při manipulaci se vzorkem nebo drobné znečištění.

Postup:

1. Odebraný vzorek se rozdrtí, naváží se potřebné množství a vloží se do uzavřené nádobky CM přístroje.
2. Do nádoby se přidá ampule karbidu vápníku a ocelová kulička.
3. Po uzavření lahve se s ní silně třese po několik minut tak, aby se ampulky rozbily a promíchaly se se vzorkem.
4. Při chemické reakci karbidu vápenatého CaC_2 s vodou H_2O vzniká ethyn C_2H_2 (triviální název acetylen) a hydroxid vápenatý $CaOH_2$.

$$CaC_2 + 2\ H_2O \rightarrow CaOH_2 + C_2H_2$$

5. Součástí zkušební lahve je tlakoměr, kterým se změří tlak vzniklý reakcí a tím se stanoví vlhkost vzorku. [3]

1.4.2 Nedestruktivní metody

Na rozdíl od destruktivních metod, kdy je množství vody měřeno přímo, nedestruktivní metody jsou nepřímé. Obvykle fungují na bázi elektrického odporu, tepelné vodivosti apod. v závislosti na změně zavlhnutí měřeného materiálu. Tímto způsobem se tedy měří určitá fyzikální veličina.

Nejčastěji se pro stanovení vlhkosti nepřímou metodou využívá zapichovacích odporových nebo příložných vlhkoměrů, doplňkově je užíváno termografické metody.

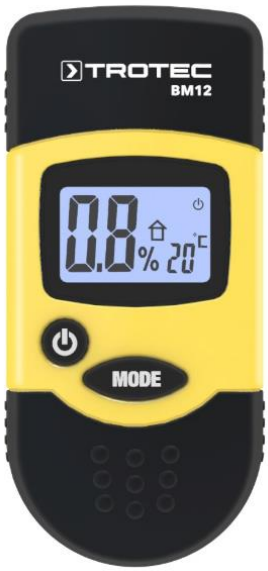
1.4.2.1 Zapichovací odporové vlhkoměry

Tato metoda je velmi oblíbená zřejmě pro dostupnost měřících přístrojů a jednoduchost měření. Tímto způsobem se měří elektrický odpor závislý na stupni zavlhlosti konstrukce – čím je materiál vlhčí, tím lépe vede elektřinu.

Zapichovací odporový vlhkoměr je opatřen dvěma hroty, které se zapíchnou do měřené konstrukce a okamžitě stanoví její vlhkost. Výhodou je hlavně rychlost měření.

Je důležité, aby oba zapichovací hroty pronikly do konstrukce, proto tato metoda není vhodná pro velmi tvrdé materiály (železobeton, anhydrit, kámen apod.). Přesnost měření výrazně ovlivňuje okolní teplota. Odporovými vlhkoměry není vhodné měřit materiál s více než 6 % hmotnostní vlhkosti.

Obr. 4: Odporový vlhkoměr [6]



Obr. 5: Příložný vlhkoměr [7]

Přesných výsledků je možné dosáhnout především, pokud je měřený vzorek měkký (například dřevo) a je vlhkost je rovnoměrně rozprostřena. [3]

1.4.2.2 Příložné vlhkoměry

Ve srovnání s odporovými přístroji příložné vlhkoměry pracují na principu změny kapacity. Na přístroji je umístěna přijímací a vysílací elektroda, mezi kterými se přenáší signál.

Způsob měření je stejný jako u odporových vlhkoměrů. Zařízení se přiloží k podkladu a ihned lze odečíst naměřené hodnoty.

Nespornou výhodou je rychlost, snadné ovládání a eliminace chyb způsobených lidským faktorem. Navíc nezáleží na tvrdosti povrchu, vlhkoměr dokáže posoudit i beton nebo anhydrit.

Přesnost metody klesá s rostoucí vlhkostí zejména v zasolených oblastech. [3]

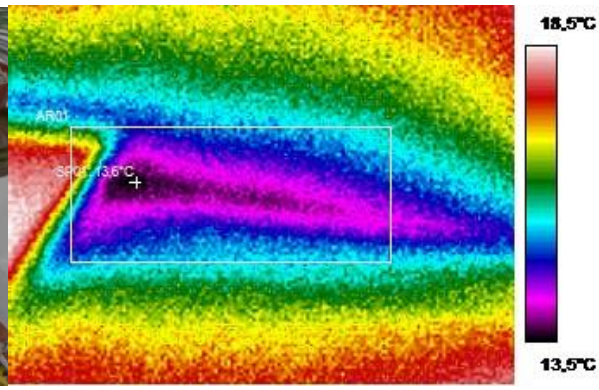
1.4.2.3 Termografická metoda

Orientačně lze vlhkost stanovit termovizní kamerou, jejíž pomocí lze vidět infračervené pole v podobě termogramu, a tedy určit teplotu povrchu. U správně provedené konstrukce by teplotní rozložení mělo být rovnoměrné, nanejvýš se sníženou teplotou v oblasti koutů. V případě výskytu vlhkosti se předpokládá, že oblast bude mít výrazně sníženou teplotou.

Následující obrázky (Obr. 6, 7) dokazují, že vlhká spodní část zdi má výrazně nižší teplotu než její okolí. Nejnižší teplota se pohybuje kolem 13,5 °C, zatímco teplota okolního prostředí dosahuje až o 5 °C více.

To je způsobeno horšími tepelně izolačními vlastnostmi v důsledku přítomné vlhkosti. [8]

Obr. 6: Fotografie vlhké zdi [8]



Obr. 7. Termografický snímek zdi z Obr. 6 [8]

1.5 Sanace vlhkosti

Sanací se rozumí opatření, která vedou k odstranění jak příčiny, tak následku vzniklých škod. Cílem je zamezit vnikání vody do objektu a tím mít pod kontrolou i nadměrnou vlhkost.

Způsoby sanace se mohou rozdělit na přímé a nepřímé. Přímé metody se přímo týkají postižené konstrukce, zatímco nepřímé metody řeší primárně její okolí a jsou vhodným doplňkem k přímým metodám. Ideálního výsledku se dosahuje většinou kombinací těchto metod.

Nepřímé metody sanace zahrnují drenážní systémy po obvodu budovy, úpravy zahrnující tvarování okolního terénu, větrání případně doplněné o vysušovače vzduchu.

Větrání je důležité především při přestavbách a modernizacích starších budov. U původně bezproblémových objektů se po dokončení stavebních prací začnou vyskytovat vlhkostní mapy a plísně. Při zateplení fasádního pláště se za účelem energetických úspor obvykle mění i původní netěsné okenní výplně za nové. Těsnější okna však způsobují větší hromadění vlhkosti v místnostech a tím dochází ke vzniku plísní.

Řešením je častější a intenzivnější krátké větrání, nejen otevření okna na ventilaci. Tímto způsobem se vymění vlhký vzduch, ale neochladí se stěny a nedochází ke kondenzaci.

Přímé metody:

- mechanické,
- chemické,
- vzduchové,
- elektroosmotické,
- sanační omítky. [9]

1.5.1 Mechanické metody

U této metody je nutné narušit problematickou konstrukci a následně do ní vložit vodorovnou přepážku z nepropustného materiálu. V konstrukci je probourán otvor nebo se zdivo tzv. „podřízne“ a vloží se do něj hydroizolace, nebo se bariéra proti vodě do konstrukce zatluče.

Výhody	Nevýhody
Vysoká účinnost	Vysoká pracnost
Dlouhá životnost	Riziko poškození statiky
Přímé oddělení působící vlhkosti od konstrukce	Nároky na pracovní prostor
	Poruchy způsobené narušením zdiva

1.5.1.1 Probourání otvorů

Tato metoda je velmi náročná pro konstrukci vzhledem ke vznikajícím otřesům při jejím provádění. Je zde zvýšené nebezpečí rozvoje trhlin.

Nejprve se otluče a očistí původní omítka, tím dojde k odhalení skladby zdiva. Následně se zdivo vyboura v šířce 0,8-1,5 m v rozmezí 2-4 vrstev zdiva. Mezi provedenými otvory se zachová cca 0,6 m v závislosti na stabilitě konstrukce. Podkladní vrstva zdiva se očistí a vyzdí se jedna až dvě řady cihel, na které se nanese cementová malta. Po jejím zatvrdnutí se na nově vzniklou plochu uloží izolační souvrství – polyethylenová fólie, modifikované asfaltové pásy apod., s překrytím minimálně 100 mm.

Otvor nad izolací se dozdí a vyklínuje a stejný postup se opakuje se zbývajícím zdivem mezi otvory. Na závěr se spára zainjektuje cementovou maltou s plastifikátorem. [2, str. 178]

1.5.1.2 Proříznutí ložné spáry

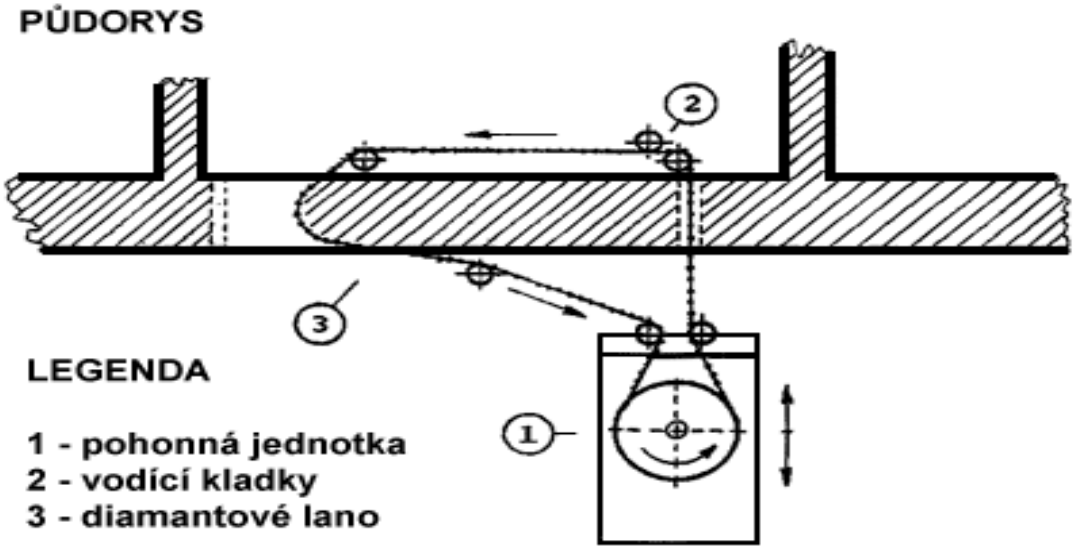
Tuto metodu lze provést u cihelného zdiva buď pracnější ruční pilou nebo pilou řetězovou.

Nejdříve se odstraní původní zavlhčená omítka a odhalí se tak skladba zdiva a spár. Pro podřezání je důležité, aby spáry byly pravidelné a alespoň 1 cm silné. Zdivo se prořeže do potřebné hloubky po celé délce zhruba po metrových úsecích tak, aby nebyla narušena statika objektu. Místo řezu se vyčistí a uloží se do něj vhodná izolace, vhodné jsou pevnější materiály pro snadnější manipulaci při vkládání do spáry – fólie z PE, PVC, sklolaminátu nebo hydroizolační pásy se ztužující vložkou. Izolační pásy by se měly překrývat aspoň o 10 cm. Takto uložená izolace se upevní plastovými klíny v rozmezí 20-30 cm.

Následně se s řezáním pokračuje ve zbývajících úsecích. Tímto způsobem lze proříznout až 30 m zdi. Poté, co je celá konstrukce takto zaizolovaná a zajištěna statickými klíny, je provedena injektáž spáry cementovou maltou s plastifikátorem.

Obr. 8: Podřezání zdiva pomocí diamantového lana [10]

V případě, že je konstrukce z kamenného, smíšeného nebo betonového zdiva používá se pila s diamantovým lanem, viz Obr. 8 a 9. Postup se od řezání řetězovou pilou liší v přípravě podkladu, kdy se nejprve vyvrtají otvory a osadí se kladky pro vedení řezu. Také je pilu v místě řezu nutné chladit vodou. [9], [2, str. 178]



Obr. 9: Schéma podřezávání diamantovým lanem [11]

1.5.1.3 Zatloukané desky

Tímto způsobem lze izolace dodatečně vložit v případě, kdy je konstrukce cihelná a má průběžnou spáru. Zarážené plechy jsou z nerezavějících materiálů tloušťky desky kolem 1,5 mm. Vzhledem k tomu, že plechy jsou používány zároveň jako nástroj k prorážení spár, musejí být dostatečně odolné a pevné. Proražení spáry usnadňuje vlnkovitý profil desek. Tímto způsobem lze zdivo sanovat až do 1 m. Nevýhodou ovšem je podobně jako metody probourávání otvorů nebezpečí vzniku statických poruch. [9], [2, str. 179]

1.5.2 Chemické metody

Obdobně jako u mechanického vkládání vodorovné hydroizolace i tato metoda zabraňuje vnikání vlhkosti do konstrukce pomocí dodatečné clony. Při tomto způsobu sanace se provádí injektáž chemických látek do vrtů – utěsňovací (zmenšující objem kapilár) nebo hydrofobizační (vodoodpudivé) směsi. Injektážní prostředky mezi sebou lze kombinovat tak, aby došlo k co nejlepšímu výsledku. Některé směsi zastávají druhotnou funkci a mimo vytvoření vodoodpudivé clony se narušené zdivo injektáží také zpevní.

U sanace zdiva s plně nasycenými kapilárami je vhodné zdivo před injektáží částečně vysušit ohřevem. V opačném případě vzniká riziko, že se do zdiva nedostane dostatečné množství chemického prostředku. Zejména u rekonstrukcí historických objektů je důležité mít dostatečné znalosti a zkušenosti – konstrukce mají často velké póry a praskliny, může dojít k nedostatečnému nasycení a nevznikne souvislá clona. [9], [2, str. 156]

Výhody	**Nevýhody**
Lokální působení (detaily, rohy)	Důraz na zkušenost
Dostupnost injektážních prostředků	Správná volba injektážního prostředku
Malé nároky na vybavení	Narušení konstrukce vrtáním
Šetrnost – nenarušení statiky	Nelze použít pro poruchy od tlakové vody
Nízká cena	Nelze ověřit správnost provedení

1.5.2.1 Injektážní prostředky

Pro správnou funkci hydroizolační bariéry je stěžejní výběr injektážní směsi. Záleží na druhu zdiva, vlhkosti a způsob injektáže – tlaková, beztlaková. Injektážní přípravky pracují na principu zúžení pórů (bitumenový roztok), hydrofobizace (silikonová emulze), ucpání pórů (roztavený parafín) případně na kombinaci těchto vlastností. Výhodou této metody je možnost opakování po uplynutí životnosti.

Dle funkce lze rozlišit utěsňující, zužující a hydrofobizační látky:

Utěsňující látka – aplikovaná směs ucpe kapiláry a ztuhne.

Zužující látka – směs zúží kapiláry a tím nasákavost materiálu.

Hydrofobizační látka – směs odpuzující vodu obalí stěny kapilár a tím znemožní vzlínání vlhkosti. [2, str. 161]

1.5.2.2 Metody injektáže

Rozlišujeme dva způsoby aplikace injektážních směsí – tlakovou a beztlakovou injektáž.

Tlaková injektáž se užívá především u velmi vlhkých konstrukcí s vrty provedenými v jedné nebo více řadách.

U **beztlakové injektáže** je injektážní směs do konstrukce vpravena za využití vzlínavosti dutin (účinek kapilárních sil). Nejlépe se tímto způsobem aplikují látky s nízkou viskozitou rozpustné ve vodě. Tato metoda je užívána nejčastěji.

Nejprve se vyvrtají skupiny vrtů v řešené konstrukci – v případě, že se jedná o vzlínající vlhkost nebo o vlhkost vnikající do vodorovné konstrukce z okolních stěn provádí se vrty v rovině. Pokud voda působí na konstrukci plošně, vrtají se otvory v celé ploše. Vzdálenost, hloubka a sklon vrtů závisí na typu konstrukce a způsobu provádění injektáže.

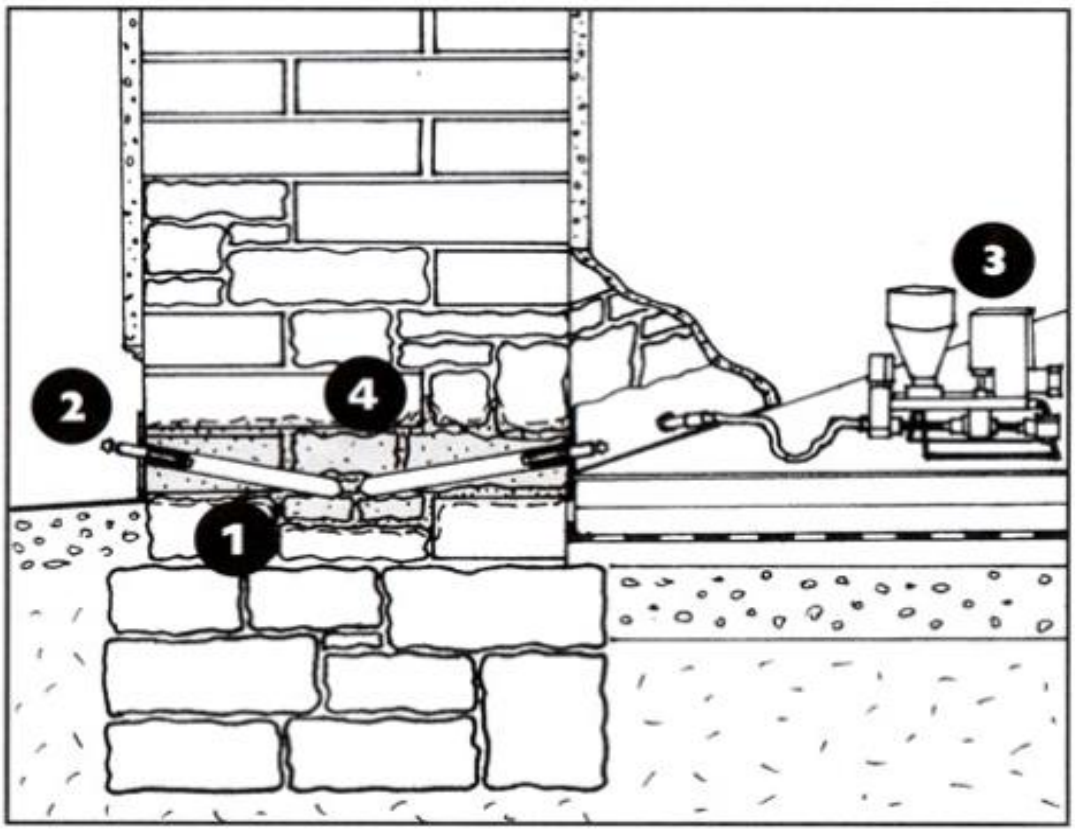
	Tlaková injektáž	**Beztlaková injektáž**
Osová rozteč	100–300 mm	100–125 mm
Průměr vrtu	10–12 mm	20–38 mm

Především u beztlakové injektáže je nutné vyčistit vrty od prachu a úlomků, aby došlo k dostatečnému průniku materiálu do konstrukce.

Do vyhotovených vrtů se zavede chemická látka – typ použité směsi se odvíjí od typu konstrukce, závažnosti poruchy, salinitě apod. Látka musí být vpravena v dostatečném množství tak, aby vznikla clona souvislé plochy. Vrty se plní pod tlakem, případně samostatnými nádobkami za pomoci kapilárních sil.

a) **Tlaková injektáž** – Na vrt je upevněn těsnící ventil s manometrem, přes který se vysokotlakou pumpou konstrukce injektuje silou kolem 3500 kPa a zároveň je sledován požadovaný tlak. Pokud není docíleno

požadovaného tlaku, injektážní směs pravděpodobně uniká trhlinami nebo jinými vadami.



Obr. 10: Schéma tlakové injektáže; 1 - Injektážní vrty; 2 - Injektážní pakr; 3 - Tlakové čerpadlo; 4 - Proinjektovaná zóna [12]

b) **Beztlaková injektáž** – Vrty jsou provedeny šikmo, čímž je umožněna snazší aplikace injektované látky. Injektážní směs se do vývrtů vpravována ze speciálních nádržek. [9], [2, str. 163]

1.5.3 Vzduchové metody

Princip této metody spočívá ve vytvoření dutiny dostatečné pro proudění vzduchu zasaženou konstrukcí. Cirkulující vzduch odvádí vlhkost a zamezí vzlínání vody od zdroje. Tyto metody lze nalézt zejména u historických objektů a často je stačí obnovit. Proto tento způsob sanace nalezne uplatnění právě především u starších objektů.

Výhody	**Nevýhody**
Vysoká životnost	Náročnost
Vhodné pro historické budovy	Nižší účinnost
Oddělení vlhkosti od konstrukce	Pomalý efekt vysušování
Proveditelné u jakékoli konstrukce	Riziko porušení stability

Proudění vzduchu lze dosáhnout **přirozeně** (gravitační proudění) i nuceně.

K přirozené cirkulaci dochází díky:

- síle větru – v případě, kdy je vzduch přiváděn i odváděn z exteriéru,
- rozdílu teplot prostředí exteriéru a interiéru a rozdílu výškové úrovně nasávajících a výdechových dutin – vzduch je nasáván v interiéru a výdechy vedou do venkovního prostředí.

Pokud není možné zajistit proudění přirozené – větrací dutiny například nemají dostatečnou kapacitu pro odvod vlhkosti – lze jej vyvolat **nuceně**.

Nucené větrání zpravidla bývá účinnější. Lze jej zajistit ventilátorem, případně doplněným o ohřívání vzduchu a zpravidla bývá účinnějším. Nevýhodou jsou náklady spojené se spotřebou energie a také riziko lidské chyby – ventilátor je možné vypnout a tím znemožnit odvětrávání. [2, str. 108]

1.5.3.1 Vzduchové dutiny stěnové

Vzduchové dutiny dokáží snížit hmotnostní vlhkost zdiva max. o 3 %. Vzhledem k nízké účinnosti se navrhují pro zdivo s maximální vlhkostí 10 % hmotnosti.

Mezeru lze provést z jedné nebo obou stran stěny, provětrávat přirozeně, nuceně nebo neprovětrávat, záleží na stupni zavlhčení konkrétní konstrukce.

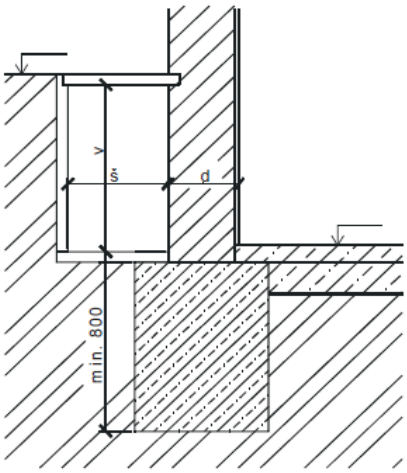
Vzduchové dutiny lze realizovat na vnější i vnitřní straně obvodové zdi provedením pod nebo nad úrovní terénu. [2, str. 111]

VNĚJŠÍ DUTINY POD ÚROVNÍ TERÉNU

Dutiny pod úrovní terénu mohou být otevřené (anglický dvorek) nebo uzavřené (zakryté). Anglický dvorek se vytvoří podzemní opěrnou stěnou předsazenou od obvodové zdi, čímž vznikne vzduchová mezera. Pokud je opěrná stěna v kontaktu s obvodovou zdí, musí být odizolována hydroizolací. Důležité je, aby dno dvorku bylo odvodněno směrem od objektu.

Zakrytý systém se od otevřeného liší překrytím vzniklé dutiny. V tomto případě je nutné osekat omítku, vyčistit spáry a před uzavřením dutiny nechat obnaženou zeď co nejdéle vyschnout. Proudění vzduchu je zajištěno dutinami, které ho přivádí a odvádí.

V každé provětrávané vzduchové mezeře se nachází alespoň jeden výdechový a nasávací otvor. V ideálním případě je nasávací otvor umístěn na návětrné straně, naopak výdechový na straně chráněné před větrem. Tvarově mohou být různé.



Obr. 11: Vzduchová mezera zakrytá [2]

Dutina musí splňovat následující parametry:

v = (1,5 – 2) d

nebo alespoň ***v ≥ d***

v – výška vzduchové mezery

d – šířka řešené stěny (konstrukce)

š – šířka vzduchové mezery [2, str. 111]

VNĚJŠÍ DUTINY NAD ÚROVNÍ TERÉNU

V případě, kdy je systém větrání řešen nad úrovní terénu, provedou se dutiny v úrovni soklu – provětrávaný sokl. Průřez těchto otvorů by neměl být menší než 50 mm.

Tento systém lze provést jako:

- zděný sokl,
- zavěšený sokl,
- sokl z fólie.

<u>Zděný provětrávaný sokl</u>

Tento systém je řešen podobně jako u systémů pod úrovní terénu. Odseká se omítka, proškrábnou se spáry a na vodorovnou hydroizolaci se přizdí nový sokl. Důraz je kladen především na správně provedený detail ukončení přizdívané části a zajistit hydrofobizaci.

<u>Zavěšený provětrávaný sokl</u>

Po osekání omítky a vyčištění spár se na takto očištěné zdivo zavěsí odsazená deska. Odsazení je klíčové pro správnou funkci odvádění vlhkosti. Materiál desek musí být minimálně pórovitý, nasákavý, a naopak maximálně mrazuvzdorný – obvykle se jedná o cementotřískové desky, desky z kamene či hliníkových a ocelových plechů.

Další variantou je přivrtání plastické profilované fólie, případně s keramickým, cihelným či jiným obkladem, která se ukončí lištou.

Z estetického hlediska nejsou zavěšené sokly vhodným řešením zejména u historických staveb. Další nevýhodou je riziko ucpání dutiny nebo pronikání vody nasávacími a výdechovými otvory. [2, str. 114]

Obr. 12: Zavěšený sokl z cementotřískových desek [13]

VNITŘNÍ DUTINY STĚNOVÉ

Provětrávané dutiny lze provést také uvnitř objektu dvěma způsoby – pod úrovní podlahy (které se neliší od dutin vytvořených v exteriéru) nebo nad úrovní podlahy.

Dutiny nad úrovní podlahy se vytvoří pomocí **předsazených stěn**, kdy se postaví příčka přes celou výšku místnosti. Případně lze provést **vnitřní obklad** z nenasákavého materiálu (dřevo, sádrokarton apod.). Podstatné je obklad kotvit tak, aby neznemožňoval cirkulaci vzduchu.

I v tomto případě lze dutiny dělit na neodvětrávané a odvětrávané z interiéru do interiéru, z interiéru do exteriéru nebo exteriéru do exteriéru.

Neodvětrávaná vzduchová mezera také nahrazuje funkci tepelné izolace, je tedy vyhovujícím řešením při problémech s kondenzací. Toto řešení se naopak nehodí, pokud je konstrukce zasažena vlhkostí vzlínající ze zeminy a dochází ke shromáždění vlhkosti uvnitř dutiny.

Dutina odvětrávaná do interiéru má negativní vliv na vnitřní prostředí, do kterého je přiváděna vlhkost z postižené oblasti. To výrazně zvyšuje riziko vzniku plísní. Pro použití této metody je důležitá analýza mikroklimatu interiéru vzhledem k jeho účelu.

Těmto nevýhodám lze předejít, pokud je vzduch přiveden z interiéru, ale odveden do exteriéru – vlhkost v objektu se sníží a jeho mikroklima není ovlivněno, pokud venkovní teplota nedosahuje vyšších hodnot než teplota vnitřní. V tom případě by došlo k opačnému proudění vzduchu. [2, str. 116]

VNITŘNÍ DUTINY PODLAHOVÉ

Podlahové mezery lze využít například v případě vlhkosti vzniklé po vytopení budovy ať už povodněmi či technické závadou, nebo při potížích se vzlínající vlhkostí. Rozlišují se dutiny vzniklé zastropením a tvořená tvarovkami.

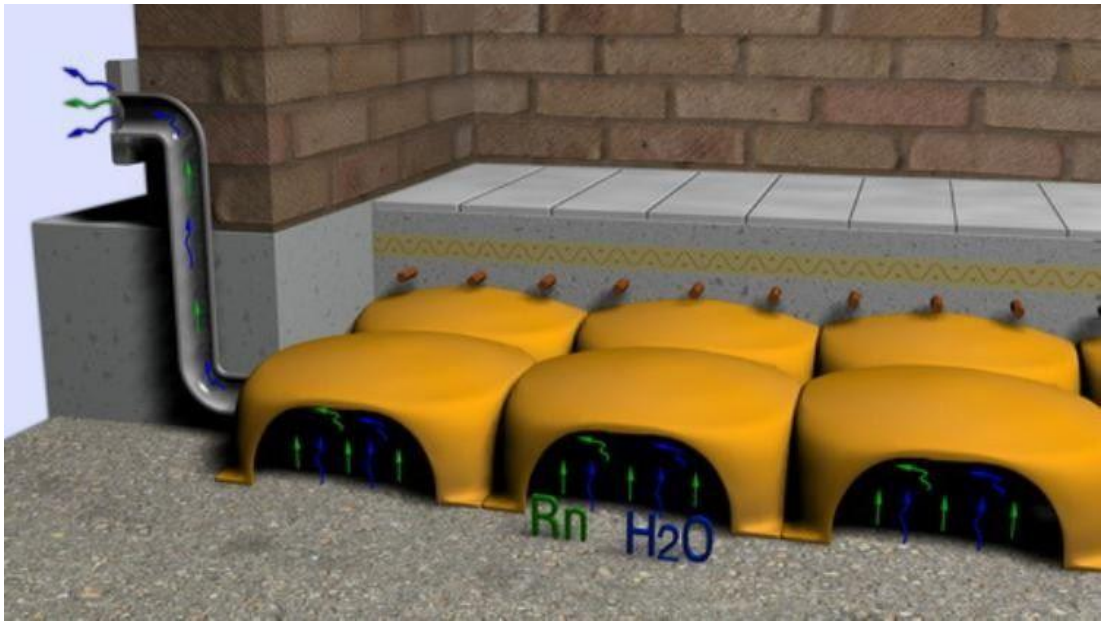
V obou případech je výhodou propojit dutinu s vnějším prostředím tak, aby vznikla provětrávaná vzduchová mezera.

Zastropená dutina

Tato metoda lze využít u památek a historických objektů. Zastropení je tvořeno vodorovnou nosnou konstrukcí za využití vhodného materiálu (dřevo, železobeton, ocelový plech apod.).

Speciální tvarovky

Kladení tvarovek předchází zpevnění podkladu betonovou vrstvou či zhutněným štěrkopískem. Po usazení tvarovek jsou tyto zajištěny betonovou zálivkou a následně je provedena nášlapná vrstva podlah. [2, str. 116]



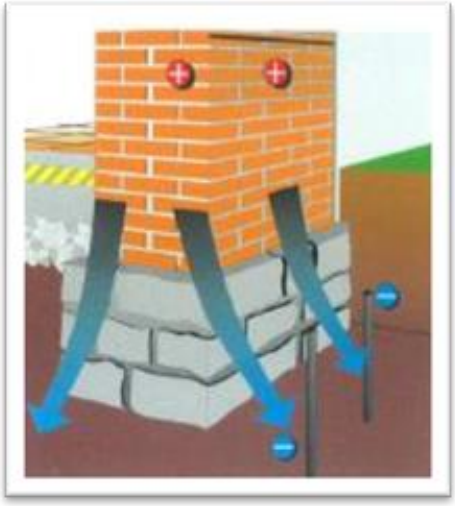
Obr. 13: Speciální tvarovky Iglú [14]

1.5.4 Elektroosmóza

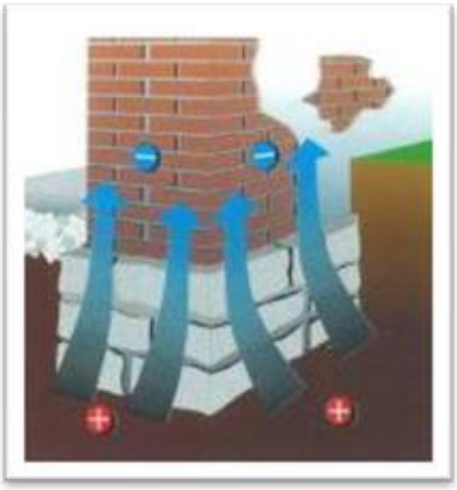
Tato metoda spočívá ve využití umělého elektromagnetického pole, které se vytvoří v postižené konstrukci a obrátí elektrický potenciál. Jednoduchý okruh tvoří dva typy elektrod – katoda a anoda – elektrický proud a elektrolyt (vodivá kapalina, v tomto případě se jedná o tekutinu v kapilárách).

Přirozeně má stavební konstrukce potenciál kladný a zemina záporný (viz Obr. 14), vlivem elektroosmózy se obrátí (viz Obr. 15). Kladná elektroda (anoda) je instalována do vlhkého materiálu a záporná elektroda (katoda) do zdroje vlhkosti. Rozvody jsou napojeny na řídící jednotku, která dodává stejnosměrný elektrický proud a potenciál tak změní. Vlhkost je ze zasažené konstrukce odvedena ke katodám. Konstrukce je nejen odvlhčena ale také je zabráněno zpětnému nasakování vody.

Materiál elektrod i vedení je vhodné volit stejný. Vhodné je použití mědi, pozinkované nebo betonářské oceli.



Obr. 14: Stav před provedením elektroosmózy [15]



Obr. 15: Stav po provedení elektroosmózy [15]

Nejdříve se otlučou narušené omítky v místě instalace systému. Následně se do konstrukce uloží například síťové elektrody (anody) s pásovým vodičem. Tento systém je třeba zajistit omítkou. Tyčové elektrody (katody) se umístí do země ve stanovených vzdálenostech a zajistí vodivou hmotou. Soustava elektrod se zapojí s řídícím přístrojem a začne proces vysoušení. [16]

1.5.5 Sanační omítkové systémy

Speciální omítky určené k sanaci vlhkosti je nejlepší kombinovat s dalšími způsoby odvádění nechtěné vlhkosti, které řeší příčinu. Samy o sobě omítky problém neřeší a jejich funkce je dočasná s trváním v řádu několika let.

Do klasické omítky proniká vlhkost ze zdiva, zároveň jsou v ní rozpuštěné soli (sírany, dusičnany, chloridy apod.). To zapříčiňuje vznik vlhkostních map a výkvětů solí na povrchu omítky. Soli pocházejí z podzákladových vrstev, ze samotného využívání objektu nebo z ovzduší. To rozrušuje povrch konstrukce a snižuje mrazuvzdornost povrchové vrstvy.

Obr. 16: Rozdíl mezi uzavřenými a otevřenými póry (sanační omítka) [17]

Naproti tomu sanační omítka se vyznačuje vysokým obsahem otevřených pórů a tím zajišťuje vysokou mírou propustnosti vodních par. Díky propustnosti je omítkový systém schopný odvádět vlhkost a konstrukci vysušovat. V pórech se usazují soli a nedochází tak k jejich výkvětům na povrchu – to platí do jejich zaplnění. Od toho se také odvíjí jejich životnost, která se v případě samostatné aplikace systému pohybuje kolem 10-15 let. [17]

Výhody	**Nevýhody**
Vhodné pro historické objekty	Krátká životnost
Nedojde k narušení statiky objektu	Nutnost obnovení po zaplnění pórů
Vhodné pro všechny typy zdiva	Cena [1]

Nejprve je potřeba odstranit původní narušenou omítku minimálně do výšky 0,8 – 1,0 m nad úroveň zavlhčení. Následně se proškrábnou spáry do hloubky 20 mm a zdivo se očistí, případně se opraví nerovnosti a chybějící části zdiva.

Samotný sanační omítkový systém se skládá z postřiku, vyrovnávací omítky, jádrové omítky a štukové omítky a finálního fasádního nátěru. Fasádní nátěr ideálně silikátový, silikonový nebo vápenný, nesmí se použít akrylátový. Mezi jednotlivými vrstvami se dodržuje předepsaná technologická přestávka, obvykle v závislosti na tloušťce vrstvy (1 mm vysychá 1 den). [18]

[1] Cena při aplikaci omítky jako samostatné sanační metody bez řešení příčiny v dlouhodobém časovém horizontu.

2 DŘEVĚNÉ KONSTRUKCE

Dřeviny lze dělit dle druhu na listnaté a jehličnaté a dle tvrdosti na měkké a tvrdé. Jehličnany jsou považovány za dřeviny měkké a rostou až 100 let, naopak listnaté dřeviny jsou řazeny do skupiny dřevin tvrdých a dosahují stáří kolem 150 let.

Používané dřeviny ve stavebnictví:

Smrk je jedna z nejpoužívanějších dřevin především díky své nízké hmotnosti a příznivé ceně. Také je vhodné k lepení. Jeho dřevo je trvanlivé pouze v suchém prostředí, ve vlhkém prostředí dochází k rychlé biologické degradaci – uhnívání.

Jedlové dřevo je z hlediska trvanlivosti méně vhodné než dřevo smrkové. Také je náročnější na zpracovatelnost a jeho suky mají tendenci vypadávat.

Dřevo z **borovice** je oblíbené díky jeho načervenalé barvě. Je bohaté na pryskyřice, a tedy trvanlivé a odolné proti vlhku. Nevýhodou je vypadávání suků.

Modřín byl využíván především v minulosti, je tvrdší než ostatní jehličnaté dřeviny. Je rovnoměrně nasycené pryskyřicí a odolné proti střídání sucha a vlhka.

Dřevo dubové je tvrdá, těžká dřevina s vysokou trvanlivostí na suchu, ve vodě až s neomezenou. Díky tomu je využíváno pro výrobu dřevěných spojovacích materiálů.

Buk se vyznačuje červeným zabarvením. Oproti dubovému dřevu je měkčí a méně houževnaté. Není příliš vhodné do vlhkých prostředí. [19]

Dle struktury dřevin lze rozlišit jádro a běl. V příčném řezu tvoří bělové dřevo světlejší oblast, jeho šířka je závislá na druhu stromu, s jeho výškou se zužuje. Není příliš odolné proti biotickým činitelům.

Jádro je tvořeno tmavší, starší částí dřeva. Díky vyšší hustotě je trvanlivější, ale hůře se impregnuje.

Střed dřeviny, a tedy i jádra se nazývá dřeň. [20]

Obr. 17: Struktura dřeva na řezu [21]

Odolnost proti biotickým škůdcům a obtížnost impregnace nejužívanšjích dřevin znázorňuje následující tabulky:

Tab. 2: Přirozená trvanlivost a odolnost nejpoužívanějších dřevin (vlastní zpracování dle [22, str. 9])

Dřevina	Přirozená trvanlivost			Impregnovatelnost	
	Houby	Tesařík	Červotoč	Jádro	Běl
Smrk ztepilý	4	SH	SH	3-4	3v
Borovice lesní	3-4	S	S	3-4	1
Jedle bělokorá	4	SH	SH	2-3	2v
Modřín opadavý	3-4	S	S	4	2v
Buk lesní	5	-	S	1*	1
Dub lesní	2	-	S	4	1

* 4 pro červené jádro

Tab. 1: Legenda k tabulce č. 1. (vlastní zpracování dle [22, str. 10])

Přirozená trvanlivost dřeva		Impregnovatelnost
Dřevokazné houby	Hmyz (tesařík, červotoč)	Třídy
1 - velmi trvanlivé 2 - trvanlivé 3 - středně trvanlivé 4 - slabě trvanlivé 5 - netrvanlivé	D - trvanlivé S - náchylné SH - jádrové dřevo je náchylné	1 - snadná 2 - středně obtížná 3 - obtížná 4- extrémně obtížná

Z uvedených tabulek je patrné, že nejodolnější z českých dřevin je dub, který velmi dobře odolává dřevokazným houbám, ale je náchylný na napadení červotočem.

Na trvanlivost je posuzováno jen jádro dřeviny, běl se považuje za netrvanlivou.

Proto je nutné dřevo ošetřit před vlhkem a teplotou tak, aby netvořilo vhodné podmínky pro vznik plísní a hniloby.

Ani impregnace není stoprocentní ochranou. Protože lze nasytit pouze běl, není zaručeno, že průřez bude chráněn rovnoměrně (viz Obr. 18).

Nelze-li dosáhnout rovnoměrné impregnace prvku, mělo by se uvažovat o jiném, vhodnějším materiálu.

Obr. 18: Řezivo naimpregnované tlakovou impregnací [22, str. 10]

2.1 Poruchy dřeva

Poruchy dřevěných konstrukcí mohou nastat hned z několika příčin. Chyba vznikne například již na začátku při návrhu dimenzí, takže konstrukce nemůže svou funkci dostatečně plnit. Také lze nevhodně zvolit materiál s ohledem na prostředí, ve kterém bude použit.

Dřevěné konstrukce často znehodnotí požár. Povrch dřeva ohořívá postupně, a tak dřevo působením ohně nemění své mechanické vlastnosti. Překvapivě si svou pevnost udrží po delší dobu než například ocelová konstrukce, u které dojde ke kolapsu během několika minut.

Dále může být dřevo poškozeno abiotickými či biotickými činiteli.

Poruchy se dají rozlišit dle následujících příčin:

- nedostatky projektové dokumentace, chyby při výrobě a provádění,
- přetížení konstrukce nebo její části,
- poruchy vlastního materiálu,
- biotické a abiotické faktory. [22], [23]

2.1.1 Nedostatky projektové dokumentace, chyby při výrobě a provádění

Chyby mohou vzniknout jednak při dimenzování dřevěné konstrukce, jednak při její výrobě nebo sestavování na stavbě.

Při projektování může být zvolen nevhodný druh dřeviny, nevhodný průměr prvků a tesařské spoje nebo nesprávně zvolené konstrukční řešení z hlediska hydroizolace. Často je při realizaci použito příliš vlhké dřevo nebo není provedena impregnace. Tím dochází k napadení dřevokaznými houbami a škůdci a pokroucení prvků. Vlhkost dřeva by se měla pohybovat v rozmezí 14–18 %. [23]

2.1.2 Přetížení konstrukce nebo její části

Užíváním stavby může dojít k nadměrnému zatížení a tím k porušení nebo kolapsu konstrukce. To se stává například při opravách střechy a výměně střešní krytiny nebo při modernizaci podkroví a nesprávném odstranění nosných prvků.

K přetížení zastřešení může dojít i vlivem extrémních sněhových srážek, vichřice či záplav. [23]

2.1.3 Poruchy vlastního materiálu

Poruchy dřeva mohou být způsobeny jak vadami samotného materiálu, tak degradačními procesy v průběhu působení v konstrukci.

Mezi vady materiálu patří nadměrný počet nebo velikost suků, nepravidelnost vláken, biologické poškození, praskliny nebo vady vzniklé opracováním a sušením dřeva. Proto je třeba dbát na výběr kvalitního dřeva – vhodné jsou jehličnaté dřeviny, z hlediska trvanlivosti je nejvhodnější modřín. [23]

2.1.4 Biotické a abiotické faktory

Mezi abiotické faktory neboli faktory nesouvisející s živými organismy patří:

- různé skupenství vody – srážková voda, sníh, námraza,
- teplota – mráz, sluneční záření,
- UV záření – šednutí dřeva,
- vzduch.

Tyto činitelé jsou umocněny a dřevo degraduje rychleji, působí-li najednou. Takto poškozený materiál je náchylnější k napadení biotickými činiteli, tedy činiteli tvořenými živými organismy.

Biotické faktory:

- dřevokazné houby (hniloba),
- plísně,
- hmyz a kalamitní škůdci,
- rostliny. [22, str. 8]

2.1.4.1 Dřevokazné houby

Z hlediska degradace patří houby (hniloba) mezi nejnebezpečnější faktor. Daří se jim ve vlhkém (30-70%) a teplém (20-30 °C) prostředí. Hniloba negativně působí zejména na mechanické vlastnosti materiálu, zapříčiňuje jeho rozpad, v extrémním případě až porušení a kolaps konstrukce. Pokud bude dřevěný prvek před instalací do konstrukce správně vysušen a řádně impregnován, toto riziko se výrazně minimalizuje.

Podle oblasti působení lze houby rozlišit na celulózovorní houby a ligninovorní houby.

Celulózovorní houby napadají celulózu a hemicelulózu a rozkládají ji, jejím důsledkem je hnědá hniloba. Patří mezi ně například dřevomorka domácí a koniofora sklepní.

Dřevomorka domácí je jedním z nejnebezpečnějších škůdců. Prorůstá i cihlovým zdivem nebo pórovitým betonem. Typickým projevem napadení je tmavě hnědé zabarvení dřeva s následným rozpadem na prach.

Takto napadené dřevo je nutné důsledně a opatrně odstranit tak, aby nedošlo k dalšímu množení. Nezbytná je likvidace i přilehlých materiálů – dřevo v okolí minimálně 0,5 m**,** případně podlahu, omítky. U tohoto typu napadení není možná chemická sanace.

Obr. 19: Dřevo napadené dřevomorkou domácí [24]

U historických konstrukcí a památkově chráněných staveb, kde není možné poškozené prvky odstranit, se musí zamezit dalšímu růstu. V tomto případě snížit vlhkost a zvýšit cirkulaci vzduch.

Koniofora sklepní se vyskytuje u jehličnanů i listnatých stromů. Postižené dřevo je tmavě hnědé až černé barvy. Na rozdíl od dřevomorky roste až při vlhkosti nad 45 %.

Na napadeném dřevu se objevují okrové mapy s bělavým okrajem. Může se vyskytovat současně s dřevomorkou.

Ligninovorní houby napadají lignin a rozkládají jej, důsledkem je bílá hniloba. Příkladem jsou outlovka pestrá, klanolísťka obecná či pevník chlupatý.

Outlovku pestrou lze nalézt spíše u listnatých stromů, zejména ve venkovním prostředí (pokácené dřevo, nábytek, plot apod.). Houba je dobře rozpoznatelná díky několika zaobleným kloboukům těsně u sebe.

Obr. 20: Outlovka pestrá [25]

U dřeva v kontaktu se zeminou nebo uloženého přímo v zemině se někdy vyskytuje měkká hniloba. Obvykle se jedná o více druhů hub. Při použití takto napadeného dřeva v konstrukci je velmi obtížné se hniloby zbavit. [22, str. 13] [26]

2.1.4.2 Dřevo-zbarvující houby a plísně

Zbarvující houby spíše působí negativně spíše z estetického hlediska. K napadení dochází u mokrého dřeva a čerstvě pokácených stromů při vyšších teplotách. Probarvení probíhá celým průřezem, je tedy nesnadné, často nemožné jej odstranit. Možným řešením je použití tmavého nebo netransparentního laku, mořidla a zabarvení jím překrýt. Nejúčinnějším řešením je úplně předejít jejímu vzniku.

Plísně napadají povrch materiálu, neohrožují tedy jeho mechanické vlastnosti. Vznikají při vysoké vlhkosti přes 85 % a podporují vznik alergií. Barevnost je velmi rozmanitá, od bílé, přes žluto-zelené, po modré a hnědé. Plísní napadený prvek je ideálním prostředím pro rozvoj dřevokazných hub.

Vzniku plísně lze předejít snížením vlhkosti vzduchu – dostatečným pravidelným větráním. Na rozdíl od hub plísně je možné odstranit použitím preparátu s obsahem chlornanu sodného, přípravky na bázi kvartérních amoniových solí nebo směsi obsahující jód. Trvalého výsledku lze docílit pouze snížením vlhkosti, případně sanací závady či chybně provedeného detailu (např. tepelný most). Není vhodné odstraňovat plísně nejprve mechanicky, mohlo by dojít k rozptýlení spor. [22, str. 23]

2.1.4.3 Dřevokazný hmyz

Dřevokazný hmyz může napadat čerstvé (živé) dřevo s vysokou vlhkostí (kůrovec, lýkožrout) i již vyschlé, opracované dřevo. Tomuto hmyzu stačí k životu vlhkost kolem 10 %. Nejagresivnější jsou larvy, které ve dřevu mohou přežívat až 10 let.

Obr. 21: Šikmá vzpěra napadená červotočem (zdroj: Auböck, s. r. o.)

Sanace takto napadeného dřeva je náročná. V ideálním případě se vadná část konstrukce nahradí, další možností je postiženou část odstranit odsekáním a a zdravou část injektovat ochranným nátěrem. Osekání dřeva je nutné, přípravky na hubení hmyzu pronikají jen těsně pod povrch a nezahubí hmyz žijící několik centimetrů pod ním. I v tomto případě je nejlepší prevence v podobě chemických postřiků.

V České republice je dřevo nejčastěji napadeno tesaříkem a červotočem, případně termity, mravenci a vosami. [22, str. 31]

2.2 Ochrana dřeva

Prvky a konstrukce vyrobené ze dřeva je nutné chránit a ošetřovat tak, aby byla zajištěna jejich funkce a životnost po co nejdelší dobu.

Dřevo je možné chránit následujícími způsoby:

1. Konstrukčně – před vnikáním vody.
2. Chemicky – před povětrnostními vlivy, biotickými faktory a ohni.

3. Jiným způsobem.

2.2.1 Konstrukční ochrana

Konstrukční ochrana souvisí s vhodným návrhem a realizací dřevěné konstrukce, především kritických detailů. Cílem je ochránit stavbu před pronikáním vody.

Příklady možných konstrukční opatření:

- přesah střechy v dostatečné míře,
- ochrana před odstřikující vodou (např. obložení soklu),
- zamezení přímého styku se zemí (roznášecí patky),
- návrh vhodného tvaru prvku (eliminace plochy, na které se může hromadit voda),
- návrh vhodné skladby (zamezení kondenzace),
- užití materiálu s odpovídající vlhkostí, resp. suchostí dřeva.

Obecně platí pravidlo chránit dřevo před pronikáním vody a neužívat čerstvé řezivo s vlhkostí vyšší než 20 %. Dostatečně vlhké dřevo je důležité zejména vzhledem ke vzrůstajícímu trendu zateplování. [22, str. 38]

2.2.2 Chemická ochrana

Dřevěné prvky je dobré ošetřovat chemickými nátěry a přípravky preventivně. S ohledem na umístění prvku lze užít například protipožárních, hydroizolačních nebo fungicidních nátěrů.

Impregnační a nátěrové směsi se volí dle čtyř tříd ohrožení viz následující tabulka:

Tab. 3: Třídy ohrožení (vlastní zpracování dle [22, str. 44]

Třída	Oblast	Příklad prvku	Chemická ochrana
1 a 2	Interiér	Zakryté části střechy – podlaha, krokve, vazné trámy, pozednice	Nátěr, postřik, ponořování nebo dlouhodobé namáčení, tlaková impregnace
3	Exteriér	Vnější obložení, výplně otvorů, plot	Nátěr*, postřik*, ponořování nebo dlouhodobé namáčení, tlaková impregnace
4	Exteriér v kontaktu se zemí nebo vodou	Základové trámy, nosné trámy v zemi, sloupy, pražce	Tlaková impregnace

* je třeba použít dodatečný krycí nátěr proti tvorbě prasklin

Pokud dojde k napadení dřeva dřevokazným hmyzem nebo plísněmi, je možné použít likvidační prostředek. Při výskytu dřevokazných hub toto nelze, dřevo je napadeno v rozsahu

až několik metrů, proto je nutné jej nahradit. U prvku poškozeného hmyzem je třeba nejdříve osekat degradované části a poté prvek opakovaně naimpregnovat.

Plísně je možné odstranit použitím preparátu s obsahem chlornanu sodného – například chlorové bělidlo (*Savo*). Tento přípravek silně zapáchá, vzniká zde nebezpečí nechtěného vybělení dřeva a je těkavý – přípravek po rozložení již nepůsobí a bez odstranění příčiny vyrostou plísně znovu. Další možností jsou přípravky na bázi kvartérních amoniových solí (*Fungisan*) nebo obsahující jód (*IPBC – Jodopropynyl butylkarbamát*). Ty nezapáchají, doba účinnosti je delší a působí z části i jako prevence. [22, str. 41]

2.2.2.1 Nátěrové směsi

Nátěr se užívá pro zachování vlastností materiálu (ochrana před škůdci, povětrnostními vlivy apod.), anebo na zlepšení vlastností materiálu (protiskluzné nátěry). Látky mohou být průhledné bezbarvé nebo částečně zabarvené s různým stupněm krytí. Má-li mít zároveň preventivní funkci, míchá se s impregnačním základem, nikoli impregnačním prostředkem.

Nátěrové hmoty ve venkovním prostředí je nutné volit s ohledem na umístění a rozměrovou stálost prvku – rozměry dveří se téměř nezmění, naopak plot mění rozměry v závislosti na vlhkosti a nátěr se mu musí přizpůsobit. Vždy se nanáší v dostatečné vrstvě tak, aby byla zajištěna jeho účinnost.

Interiérové nátěry splňují požadavek proti uklouznutí, hygienické limity na obsah těkavých látek a mají dostatečnou tvrdost a obrusnost. [22, str. 45]

2.2.2.2 Impregnační prostředky

Impregnační látky jednak preventivně chrání materiál před napadením, a jednak slouží k likvidaci biotických činitelů. Směs bývá bezbarvá a doplňuje se o barvivo, které tak umožňuje snadněji rozpoznat, zda byl prvek impregnován.

Rozlišují se tři druhy impregnace podle hloubky průniku:

- povrchová impregnace – proniká do 3 mm pod povrch,
- polohluboká impregnace – proniká 3–10 mm pod povrch,
- hluboká impregnace – proniká více než 10 mm pod povrch.

Prostředky je možné aplikovat více způsoby, od postřiku nebo nátěru, přes máčení a ponořování po vakuovou impregnaci.

Pro funkční impregnaci je zásadní vlhkost dřeva. Čerstvé dřevo nebo dřevo s vlhkostí nad 30 % nelze povrchovými způsoby naimpregnovat. Při vysychání by došlo k rozvoji trhlin a zvýšení rizika napadení škůdci. Dalším nebezpečím je vznik plísní po zateplení příliš vlhkého řeziva. [22, str. 48]

2.2.2.3 Protipožární ochrana

Protipožární řešení závisí na třídě reakce na oheň – míra hořlavosti materiálu. Materiály jsou rozděleny dle hořlavosti do sedmi tříd s označením A – F.

Třída	Charakteristika	Příklady
A1	Nehořlavé materiály	Keramika, sklo, kovy, beton, minerální vlna, kámen
A2	Nehořlavé materiály	Sádrokartonové, sádrovláknité desky
B	Nesnadno hořlavé	Vinyl, cementotřískové desky
C	Hořlavé	Pěna na bázi fenolu
D	Snadno hořlavé	Dřevo, OSB desky
E	Velmi snadno hořlavé	Dřevocementová deska
F	Extrémně hořlavé	Pěnový polyetylén, Mirelon

Každý materiál nebo celá konstrukce má určitou požární odolnost – čas, po který nedojde k porušení ohněm. Požární odolnost se značí symbolem odkazujícím na mezní stavy a číselnou hodnotu, udávající dobu v minutách, po kterou konstrukce odolá požáru.

Příklad mezních stavů týkajících se dřeva:

R – Únosnost a stabilita – konstrukce musí plnit svou funkci i při požáru, platí pro nosnou konstrukci.

E – Celistvost – při požáru musí být zachována celistvost konstrukce, nesmí dojít ke vzniku trhliny, platí pro příčky a stropy oddělující požární úseky.

I – Izolace – konstrukce musí zamezit přílišnému ohřívání prostoru na druhé straně od požáru, platí pro příčky a stropy oddělující požární úseky, požární uzávěry.

Požární odolnost lze zvýšit speciálními ochrannými přípravky – retardéry. Intumescentní nátěry jsou nejčastěji užívanou variantou. Při požáru několikanásobně zvětší svůj objem (zpění), vytvoří nepropustnou vrstvu a zabrání přístupu kyslíku ke dřevu. Další variantou jsou požární obklady a podhledy, například cementotřískové nebo sádrokartonové desky. [22, str. 53] [27]

CÍL PRAKTICKÉ ČÁSTI PRÁCE

Cílem praktické části diplomové práce je analýza závad a návrh sanace těchto poruch na konkrétním objektu. K tomuto účelu byl vybrán objekt historické budovy Solnice na Piaristickém náměstí v Českých Budějovicích.

Budou představena efektivní ale zároveň šetrná řešení pro nejzávažnější vady s ohledem na historickou významnost objektu.

Pro vlhkostní poruchy budou jednotlivá opatření posuzována z hlediska technologie včetně potřebných materiálu, přístrojů a nářadí, osobních ochranných pracovních prostředků vybavenosti pracoviště a velikosti pracovní čety. Technologický postup bude navržen dle konkrétních požadavků daného objektu a zahrne potřebné technologické přestávky.

Dále bude vypracován položkový rozpočet pro posouzení daných metod z hlediska finanční náročnosti a časový harmonogram pro určení nejrychlejšího způsobu sanace.

Závěrem se navržené metody porovnají ve zvoleném časovém horizontu s ohledem na životnost dané metody, finanční zátěž a technologickou náročnost a stanoví se nejvhodnější způsob sanace pro objekt Solnice.

3 ŘEŠENÝ OBJEKT

Jedná se o historickou budovu postavenou v období pozdní gotiky roku 1531 za účelem skladování obilí. V průběhu času byla využívána jako městská zbrojnice a později v 16. století pro uchovávání a skladování soli – odtud její dnešní název Solnice.

Budova je situována v historickém jádru Českých Budějovic v těsné blízkosti Dominikánského kláštera, v městské památkové rezervaci. Budova sama je na seznamu nemovitých kulturních památek. Na jižní straně částečně přiléhá k polygonální baště a ke dvěma měšťanským domům na severu. Východní část se otevírá na Piaristické náměstí, tedy bývalý klášterní hřbitov. Na západě přehlíží přes původní městské hradby na slepé rameno řeky Malše.

Objekt je tvořen hlavním vyšším objektem – Velkou Solnicí – a menší boční stavbou – Malou Solnicí, která byla dostavena na severní straně ve druhé polovině 16. století. [29]

Obr. 22: Východní pohled na Solnici z Piaristického náměstí [28]

3.1 Velká Solnice

Objekt má obdélníkový půdorys s celkem čtyřmi nadzemními podlažími bez podsklepení s velmi strmou sedlovou střechou. Fasádní část čelící Piaristickému náměstí je zakončena stupňovitým štítem se střílnami. Konstrukční systém je stěnový. Svislé i vodorovné konstrukce jsou dřevěné, výjimku představují kamenné obvodové zdi. Konstrukce stropů tvoří valené klenby. Vzhledem k původnímu účelu objektu jsou okenní otvory velmi skromné, umístěné v několika úrovních.

Druhé a třetí nadzemní podlaží jsou přístupná po schodnicovém schodišti, zbývající půdní část využívá šikmé rampy se zarážkami.

Architektonicky nejhodnotnějším a nejzajímavějším prvkem Velké Solnice je goticko-renesanční dřevěný krov se ztužujícími ondřejskými kříži. Tvarosloví krovu kombinuje ležatou stolici ve spodní části a stojatou stolici u hřebene, krokve jsou rozepřeny hambalky ve třech úrovních. Celý krov chrání prejzová krytina. [29]

Obr. 23: Historický krov Velké Solnice – východní pohled (foto vlastní)

Obr. 24: Historický krov Velké Solnice – jižní pohled (foto vlastní)

Objekt je zachovalý, bez větších úprav a zásahů do původní podoby, do započetí oprav nevyužívaný.

3.2 Malá Solnice

Malá Solnice je nízká budova, tvořená jedním nadzemním podlažím a podkrovím, těsně přiléhající k Velké Solnici. Stropní konstrukce je tvořena valenou klenbou s výsečemi. Světlo do podkroví přivádějí čtyři pultové vikýře umístěné taktéž v pultové střeše. Ta je pokryta dvojitými bobrovkami. Východní průčelí je zakončeno atikou s cimbuřím a koresponduje tak s ozubeným štítem hlavní budovy.

Koncem minulého století prošel objekt přestavbou pro účely motocyklového muzea. V rámci této renovace byl historický krov nahrazen ocelovou nosnou konstrukcí a v podkrovních prostorách vzniklo zázemí pro muzejní účely a sociální zařízení. [29]

Obr. 25: Pohled na valenou klenbu Malé Solnice v době fungování motocyklového muzea [30]

3.3 Účel objektu

Při sanaci objektu je kladen důraz na minimalizování zásahů do původní podoby budovy a zachování autentického vzhledu budovy. Stejně tak zásahy do dispozičního řešení budou omezeny na minimum.

Po rekonstrukci bude objekt využíván k provozu restaurace a galerie. V prvních dvou nadzemních podlažích bude restaurace, salonek pro uzavřenou společnost v patře vyšším. V podkroví bude umístěna galerie, jejíž dominantou bude unikátní gotický krov.

Zázemí kuchyně a technického vybavení zaujme prostor zčásti Malé Solnice a zčásti blízkého městského domu s minipivovarem. Dodávka piva je vyřešena zcela nevšedně – pivo povede podzemním potrubím přímo z tohoto vlastního pivovaru. [29]

4 AKTUÁLNÍ STAV OBJEKTU

4.1 Nosné konstrukce

Obvodové stěny objektu jsou uloženy na kamenných základových pasech. Zatížení ze středových sloupů je rozneseno pomocí čtvercové základové patky z kamene o rozměrech 1,5 x 1,5 m. Stěny tvoří kamenné, místy smíšené zdivo o tloušťce 1-1,2 m v prvním nadzemním podlaží, ve vyšších patrech se snižuje. Nejmenší zjištěná tloušťka je 0,8 m. Stropní konstrukce byla uprostřed dodatečně podepřena dřevěnými sloupy. Jedná se sloupy z dubového dřeva uložené na dřevěných bačkorách.

Vodorovné konstrukce sestávají z dřevěných stropních trámů se záklopem uložených ve zdivu s rozpětím až 9 m. Záklop slouží jako nášlapná vrstva podlahy. Ve 3. NP je navíc položena cihlové dlažba tvořená „půdovkami“ a stropní trám zde zároveň zastává funkci trámu vazného. Použité dřevo pochází z jehličnanů.

Obr. 26: Pohled na středové sloupy, trámový strop a dřevěný záklop [31]

Zdivo ve spodní části Velké Solnice je narušeno vzlínající vlhkostí 9 - 10 % , která do něj zároveň transportovala soli dusičnanů, síranů i chloridů. V podkroví do svislých konstrukcí zatéká srážková voda vinou lokálních poruch krovu a nefunkční krytiny.

Obr. 28: Otlučená omítka v přízemí Velké Solnice (vlastní foto)

Obr. 27: Omítka v podkroví Velké Solnice s prasklinou u rohu (vlastní foto)

S ohledem na stáří stavby je stav svislých konstrukcí celkově velmi dobrý, jen místy narušeno trhlinami o různé šířce – menší trhlinky kolem okenních otvorů, širší trhliny v rozích a jejich blízkosti. Za jejich vznikem stojí především dilatace v důsledku teplotních změn a přítomné vlhkosti.

Dřevěné prvky stropů jsou narušeny biotickými činiteli – dřevokazné houby a hmyz. Nejkritičtějším místem jsou zhlaví trámů, která byla v podkroví zasažena v rozsahu až 100 %. [29]

4.2 Zastřešení

Konstrukce krovu je mimořádně dochovaná tříúrovňová hambalková soustava s podélným zavětrováním tvořeným ondřejskými kříži. Tesařská konstrukce sestává z deseti vazeb plných s dvěma mezilehlými vazbami. V dolní části se nachází ležatá stolice, v místě hřebenu stolice stojatá. Celá konstrukce uložena na vazných trámech ležících na dvou pozednicích, uložení je zazděné.

Krov je krytý keramickými prejzy do malty, štíty jsou obložené měděným plechem. Okenní otvory, vikýře ani výlezy zde nejsou, stejně jako okapní svody.

Podobně jako u dřevěných stropů je konstrukce střechy narušena především vlivem dřevokazných hub a škůdci. V patní oblasti je krov v havarijním stavu, místy dosahuje nevratného poškození, místy prvky zcela chybí – zejména se jedná o zhlaví vazných trámů, části krokví a šikmých vzpěr. Lokálně jsou prvky degradované v důsledku zatékání, které je zapříčeno havarijním stavem krytiny. [29]

Obr. 29: Degradovaná část krokve (zdroj: Auböck, s. r. o.)

5 NAVRHOVANÁ ŘEŠENÍ

5.1 Zastřešení

Z hlediska závažnosti je primární opravit zhlaví trámů a střešní krytinu. Vzhledem k vysokému stupni degradace prejzů bude krytina kompletně nahrazena novými a doplněna o chybějící klempířské prvky z mědi – oplechování a okapní svod. Okapní svod bude umístěn na jižní straně vedoucí do dvora a na straně severní.

U západního štítu je navržen revizní výlez tak, aby pokud možno co nejvíce korespondoval s dobovým vzhledem. Například lze použít výrobek Solara určený pro historické budovy.

Krytina bude nahrazena novými velkými prejzy do maltového lože. Z důvodu vysoké strmosti střechy (60 °) bude navíc kůrka připevněna vruty v mezeře mezi háky, vrut bude háky překryt a nebude patrný.

Obr. 30: Zleva: kůrka a hák [32]

Dále je třeba podkroví zateplit, aby se dalo užívat pro muzejní účely. Nejvhodnějším způsobem je nadkrokevní izolace s podhledovou vrstvou z latí, tak aby byl zachován historický vzhled krovu.

5.2 Dřevěné konstrukce

Především u konstrukce unikátního krovu je kladen důraz na zachování původních prvků v maximální míře.

Lehce narušené prvky dřevokazným hmyzem (červotočem) pouze sanovat. Porušené části odsekat na zdravé dřevo a naimpregnovat, případně i víckrát. Prvky napadené plísní ošetřit impregnačním prostředkem s obsahem jódu.

Více narušené části a části napadené dřevokaznými houbami (hnilobou) je nutné odstranit v celém rozsahu a nastavit například jednoduchým plátováním.

Nově použité řezivo bude řádně vyschlé o maximální vlhkosti 18 % a naimpregnované. Spojovací prostředky budou na viditelných místech zapuštěné a zakryté tak, aby nebyly zřetelné. Na závěr bude nové řezivo opatřeno nátěrem v odstínu korespondujícím s původní konstrukcí.

Obr. 31: nastavení stropních trámů plátováním (zdroj: Auböck, s. r. o.)

Takto budou řešena například zhlaví trámů v podkroví nebo patní část některých krokví. Zhlaví budou opatřena ze všech stran dřevěnými podložkami tloušťky alespoň 50 mm tak, aby nebyla v přímém kontaktu se zdivem.

Při nahrazování nosných částí dřevěné konstrukce je nutné ji podepřít, například stojkami, či jinak zajistit proti kolapsu.

5.3 Vlhkost

Vlhkost v podkroví zapříčiněná zatékáním do konstrukce bude vyřešena opravou krovu a výměnou nefunkční střešní krytiny. Vlhká omítka bude odsekána, spáry vyškrabány do 20 mm. Pro podporu vysychání bude podkroví neustále přirozeně větráno, pokud to klimatické podmínky dovolí.

Před provedením nových omítek bude provedeno kontrolní měření vlhkosti a na základě výsledků měření se zrealizují klasické nebo sanační omítky.

Vzlínající vlhkost z podzákladí do podlahy přízemního patra bude vyřešena provětrávanou mezerou, s výdechovými otvory do exteriéru.

Nejprve se odstraní stávající souvrství podlahy a provede se výkop po celé ploše přízemí. Podél obvodových zdí se výkop prohloubí pro realizaci vzduchového kanálu. Na zbylou střední plochu se vysype podsyp z kameniva frakce 16/32 tloušťky 100 mm a zhutní se, následuje podkladní betonové lože z betonu C 16/20 stejné tloušťky. Na srovnaný betonový podklad se usadí tvarovky Iglú tloušťky 200 mm a propojí se se vzduchovým kanálem. Tvarovky se srovnají betonovou vyrovnávací vrstvou do úrovně zastropení kanálu.

Následně se po celé ploše nově vzniklá podlaha zateplí tepelnou izolací ve dvou vrstvách o celkové tloušťce 150 mm. Na tepelněizolační souvrství se vyleje mazanina vyztužená kari sítěmi.

Nášlapná vrstva bude tvořena cihelnou dlažbou kladenou do maltového lože. Větrací systém pod podlahou ani podél svislých konstrukcí tak bude kompletně skrytý.

Pro sanaci vlhkých svislých konstrukcí byly navrženy a porovnány čtyři metody. Jedno krátkodobé řešení – sanační omítka – a tři dlouhodobé řešení – tlaková injektáž, vzduchová metoda a podřezání.

Pro jednotlivé metody je uvedený technologický postup, potřebné vybavení pracoviště, potřebný materiál a velikost pracovní čety. Dále je připojena finanční rozvaha zohledňující konkrétní prostory a časový plán.

5.3.1 Sanační omítkové systémy

Prvním posuzovaným řešením je sanační omítka s výrobky a postupy společnosti Cemix (viz 1.5.5). V interiéru bude souvrství aplikováno kompletně v rozsahu prvního patra na všechny obvodové stěny i nosnou zeď dělící Malou a Velkou Solnici. Vnější soklová část bude sanována jen z jižní a východní strany, která je volně přístupná.

Sanační omítky samy o sobě nejsou trvalým řešením, jedná se pouze o časově omezený sanační návrh. Pro efektivní řešení by jejich použití mělo být spojeno s další metodou sanace řešící její příčinu – podřezání, vzduchová metoda, elektroosmóza aj.

V tomto případě je s omítkovým systémem uvažováno z důvodu návrhu a posouzení jednotlivých metod pro provoz restaurace v časovém horizontu 20 let.

<u>Použité materiály a jejich skladování</u>

- Hmota pro vyspravení nerovností – Zdící malta 10 MPa (Cemix 021)
- Sanační podhoz – Sanační podhoz WTA (Cemix 044)
- Hmota pro vyrovnání podkladu – Sanační omítka podkladní WTA (Cemix 014)
- Jádrová omítka – Sanační omítka WTA (Cemix 024)
- Štuková omítka – Sanační omítka štuková (Cemix 034)

Všechny uvedené materiály je nutné skladovat v suchu, v originálních obalech a chránit je před působením vody a vlhkosti. Za splnění těchto podmínek je trvanlivost 6 měsíců od data uvedeného na obalu (až 12 měsíců v případě Zdící malty 10 MPa). Stavební hmoty je možno použít při teplotách nad 5 °C.

- Fasádní nátěr bílý – Silikátový fasádní nátěr (Cemix)

Fasádní nátěr lze použít při teplotách v rozmezí 5-30 °C. V době zrání je nutné ho chránit před deštěm. Skladuje se v originálních uzavřených nádobách. Při správném skladování výrobce garantuje dobu použitelnosti až 12 měsíců.

<u>Připravenost a vybavenost pracoviště</u>

Pro vlastní práci je třeba elektrická přípojka pro napájení pracovních přístrojů a zařízení. Dále je nutné zajistit přívod vody. Kolem obvodu objektu musí být zajištěn dostatečný prostor k manipulaci a pohybu osob. Dále je nutné zajistit konstrukci pro zvýšení místa práce – v tomto případě je uvažováno lešení, které bude využito i pro další činnosti.

Složení čety

- **Stavební mistr** (vedoucí čety), který odpovídá za kvalitu práce, dodržování technologického postupu a ostatní pracovníky čety. Dohlíží na dodržování zásad BOZP a PO a používání osobních ochranných pracovních prostředků. Organizuje a řídí vlastní proces provádění sanačních omítek. Je povinen řídit se pokyny stavbyvedoucího (vedoucího projektu), samostatně zajišťovat potřebný drobný materiál a mechanismy na místě stavby.
- **Zedník 2x** – Počet zedníků je stanovený na základně provádění omítek – je potřeba dvou pracovníků pro osazení omítníků, později bude jeden pracovník omítku nahazovat, druhý strhávat a vyrovnávat. Pracovníci jsou povinni dbát pokynů stavebního mistra, případně stavbyvedoucího. Jsou povinni používat osobní ochranné pracovní prostředky.

Použité nářadí a stroje:

Bourací práce:

Sbíjecí kladivo,

zednické kladivo,

ruční sekáč,

drátěný kartáč,

koště,

tesařská skoba (kramle na proškárbnutí).

Omítkový systém:

Konstrukce pro zvýšení místa práce,

zednická lžíce,

míchačka,

omítníky,

lať na strhnutí,

vrtačka s míchacím nástavcem,

zednická štětka,

mřížový škrabák,

ruční hladítko,

plstěné hladítko,

malířský váleček.

Osobní ochranné pracovní prostředky:

Pracovní obuv, ochranná přilba (práce nad sebou), pracovní rukavice a oděv, ochranné brýle, respirátor.

5.3.1.1 Technologický postup

1. Odstranění původní omítky metr nad 1 m nad úroveň viditelného zavlhčení, v tomto případě tedy 2,6 m z vnější strany, vnitřní omítka bude otlučena na výšku celého podlaží (světlá výška podlaží je proměnná).
2. Vyčištění spár zdiva do hloubky 20 mm („proškrábnutí“).
3. Očištění zdiva drátěným kartáčem a koštětem od prachu a nečistot.
4. Vyspravení hrubých nerovností povrchu a uvolněných prvků zdiva zdící maltou.
5. Následuje navlhčení zdiva a nanesení postřiku (podhozu) zajišťující správnou přilnavost a paropropustnost systému. Nesmí dojít k zaplnění spár. Nanese se ručně v tloušťce 5 mm síťovitě tak, aby bylo pokryto 50-75 % plochy. Následuje přestávka minimálně 24 hodin.
6. Po vytvrdnutí podhozu následuje podkladní vyrovnávací omítka. Před nanášením se podklad navlhčí. Podhoz se nanáší ručně v tloušťce 10 mm. Po vyrovnání je povrch zdrsněn. Následuje technologická přestávka 14 dní.
7. Nanesení jádrové omítky ručně tloušťky minimálně 15 mm. Před nanesením další vrstvy je nutné dodržet technologickou přestávku v závislosti na tloušťce omítky, zde 15 dní.
8. Pro lepší přilnavost se jádrová omítka zdrsní a její povrch se navlhčí. Následuje aplikace vrchní štukové omítky ručně v tloušťce 2-3 mm. Po zavadnutí se povrch navlhčí a upraví hladítkem. Technologická přestávka trvá do dokonalého vyschnutí – minimálně 3 dny.
9. Po vyzrání je omítka opatřena fasádním silikátovým nátěrem. Nátěr je proveden ve dvou vrstvách v odstínu bílé.

5.3.1.2 Rozpočet

Položky rozpočtu byly převzaty z programu euroCALC společnosti Callida, s. r. o, není-li uvedeno jinak. Všechny položkové ceny jsou uvedeny bez DPH.

Všechny položkové ceny jsou uvedeny bez DPH.

Náklady na sanační omítkové souvrství byly vyčísleny celkem na **796 842,44 Kč** s DPH (viz Tab. 4).

Tab. 4: Sanační omítkový systém – rozpočet

PČ	Popis	MJ	Množství	JC	CC	
Díl:	**Bourání konstrukcí**				**52 002,18 Kč**	
1	Otlučení vnější vápenocementové omítky, včetně vyškrábání spár a očištění zdiva	m2	104,43	100,80 Kč	10 526,85 Kč	
2	Otlučení vnitřní vápenné omítky, včetně vyškrábání spár a očištění zdiva	m2	327,99	87,50	28 699,48 Kč	
3	Vnitrostaveništní doprava suti do 50 m	t	15,13	373,00 Kč	5 645,33 Kč	
4	Odvoz suti a vybouraných hmot na skládku do 1 km	t	15,13	209,67 Kč	3 173,34 Kč	
5	Příplatek za každý další 1 km	t	136,21	11,02 Kč	1 501,08 Kč	
6	Uložení suti na skládku s hrubým uložením	t	15,13	6,46 Kč	97,77 Kč	
7	Poplatek za skládku stavební suti	t	15,13	155,82 Kč	2 358,33 Kč	
Díl:	**Úpravy povrchů vnitřní**				**451 936,80 Kč**	
8	Lokální vyspravení nerovností a chybějících částí	m2	327,99	159,02 Kč	52 157,61 Kč	
	Zdící malta Cemix 10, 021 (25 kg)		*347,67*	*36,24 Kč*	*12 599,69 Kč*	[33]
9	Sanační postřik (podhoz) tl. 5 mm, síťovitě ručně	m2	327,99	38,87 Kč	12 749,13 Kč	
	Sanační podhoz WTA Cemix, 044 (25 kg)		*347,67*	*22,80 Kč*	*7 926,96 Kč*	[34]
10	Podkladní vyrovnávací vrstva tl. 10 mm ručně	m2	327,99	197,01 Kč	64 618,10 Kč	
	Sanační omítka podkladní WTA Cemix, 014 (30 kg)		*347,67*	*103,40 Kč*	*35 949,45 Kč*	[35]
11	Jádrová omítka tl. 15 mm ručně	m2	327,99	264,74 Kč	86 833,13 Kč	
	Sanační omítka WTA Cemix, 024 (30 kg)		*347,67*	*184,28 Kč*	*64 067,56 Kč*	[36]
12	Vnitřní štuková omítka tl. 2-3 mm ručně	m2	327,99	112,37 Kč	36 856,69 Kč	
	Sanační omítka štuková Cemix, 034 (30 kg)		*347,67*	*30,69 Kč*	*10 670,10 Kč*	[37]
13	Penetrace podkladu	m2	327,99	33,83 Kč	11 096,04 Kč	
	Penetrace Cemix ST Start (15 kg)		*347,67*	*13,20 Kč*	*4 589,29 Kč*	[38]
14	Dvojnásobný silikátový nátěr jednobarevný, odstín bílý	m2	327,99	119,00 Kč	39 031,29 Kč	
	Silikátový interiérový nátěr Cemix (24 kg)		*341,11*	*37,50 Kč*	*12 791,77 Kč*	[39]
Díl:	**Úpravy povrchů vnější**				**154 608,49 Kč**	
15	Lokální vyspravení nerovností a chybějících částí	m2	104,43	159,02 Kč	16 606,94 Kč	
	Zdící malta Cemix 10, 021 (25 kg)		*110,70*	*36,24 Kč*	*4 011,62 Kč*	[33]
16	Sanační postřik (podhoz) tl. 5 mm ručně	m2	104,43	34,42 Kč	3 594,58 Kč	
	Sanační podhoz WTA Cemix, 044 (25 kg)		*110,70*	*22,80 Kč*	*2 523,86 Kč*	[34]
17	Podkladní vyrovnávací vrstva tl. 10 mm ručně	m2	104,43	184,17 Kč	19 233,43 Kč	
	Sanační omítka podkladní WTA Cemix, 014 (30 kg)		*110,70*	*103,40 Kč*	*11 445,95 Kč*	[35]
18	Jádrová omítka tl. 15 mm ručně	m2	104,43	316,37 Kč	33 039,47 Kč	
	Sanační omítka WTA Cemix, 024 (30 kg)		*110,70*	*184,28 Kč*	*20 399,02 Kč*	[36]
19	Vnější štuková omítka tl. 2-3 mm ručně	m2	104,43	145,57 Kč	15 202,31 Kč	
	Sanační omítka štuková Cemix, 034 (30 kg)		*110,70*	*30,69 Kč*	*3 397,25 Kč*	[37]
20	Penetrace podkladu	m2	104,43	29,38 Kč	3 068,24 Kč	
	Penetrace Cemix ST Start (15 kg)		*110,70*	*13,20 Kč*	*1 461,18 Kč*	[38]
21	Dvojnásobný silikátový nátěr jednobarevný, odstín bílý	m2	104,43	112,63 Kč	11 762,29 Kč	
	Silikátový fasádní nátěr Cemix (24 kg)		*108,61*	*81,60 Kč*	*8 862,35 Kč*	[40]
	CELKEM BEZ DPH				**658 547,47 Kč**	
	DPH 21 %				138 294,97 Kč	
	CELKEM S DPH				**796 842,44 Kč**	

5.3.1.3 Harmonogram

Doby trvání jednotlivých činností byly stanoveny na základě normohodin z programu euroCALC a na základě počtu dělníků, a tedy fondu pracovní čety. Celková doba trvání sanačních omítek včetně technologických přestávek činí **71 dní.** (viz Tab. 5)

Tab. 5: Sanační omítkový systém – harmonogram

Čas [den] / Činnost	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21-32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42-53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Otlučení vnější i vnitřní omítky				6																																													
Lokální opravy omítek										7																																							
Sanační podhoz (interiér)														1	1																																		
Sanační podhoz (exteriér)															1	1																																	
Sanační vyrovnávací omítka (int.)																3			14																														
Sanační vyrovnávací omítka (ext.)																			2		14																												
Sanační jádrová omítka (int.)																							6					15																					
Sanační jádrová omítka (ext.)																												3				15																	
Sanační štuková omítka (int.)																																	4			3													
Sanační štuková omítka (ext.)																																				2		3											
Penetrace podkladu (int.)																																							2		1								
Silikátový nátěr (int.)																																											4						
Penetrace podkladu (ext.)																																														1	1		
Silikátový nátěr (ext.)																																																	2

Trvání činnosti

Technologická přestávka

5.3.2 Tlaková injektáž

Další navrhovanou metodou je chemická tlaková injektáž prostředky navrženými společností Remmers, s. r. o. Injektáž bude provedena z vnitřní části objektu na nosných stěnách i vnitřní nosné stěně dělící Malou a Velkou Solnici.

Použité materiály a jejich skladování

- Injektážní směs – polyuretanová pryskyřice (Webac 1403)
- Hmota pro vyspravení nerovností – Zdící malta 10 MPa (Cemix 021)
- Penetrace pro lepší přilnavost omítky – Cementový postřik (Cemix 052)
- Jádrová omítka – Jádrová omítka ruční (Cemix 082)
- Štuková omítka – Flexi štuk (Cemix 043 b)

Všechny uvedené materiály je nutné skladovat v suchu, v originálních obalech a chránit je před působením vody a vlhkosti. Za splnění těchto podmínek je trvanlivost 12 měsíců od data uvedeného na obalu. Stavební hmoty je možno použít při teplotách nad 5 °C.

- Penetrace pod fasádní nátěr – Penetrace ASN START (Cemix)

Penetraci pod nátěr lze použít při teplotách v rozmezí 5-30 °C. Je třeba zamezit přímému působení deště. Skladuje se v originálních obalech. Doba trvanlivosti je 12 měsíců od data výroby.

- Fasádní nátěr bílý – Silikátový fasádní nátěr (Cemix)
- Interiérový nátěr bílý – Silikátový interiérový nátěr (Cemix)

Fasádní nátěr lze použít při teplotách v rozmezí 5-30 °C. V době zrání je nutné ho chránit před deštěm. Skladuje se v originálních uzavřených nádobách. Při správném skladování výrobce garantuje dobu použitelnosti až 12 měsíců.

Interiérový nátěr se nesmí zpracovávat při přímém působení tepelného záření, při vysoké vlhkosti vzduchu a v mrazech. Použití je možné při teplotách vzduchu a podkladu 8-25°C. Skladuje se v originálním uzavřeném balení.

Připravenost a vybavenost pracoviště

Pro vlastní práci je třeba elektrická přípojka pro napájení pracovních přístrojů a zařízení. Dále je nutné zajistit přívod vody. Kolem obvodu objektu musí být zajištěn dostatečný prostor k manipulaci s přístroji a pohybu osob. Dále je nutné zajistit konstrukci

pro zvýšení místa práce – v tomto případě je uvažováno lešení, které bude využito i pro další činnosti.

Složení čety

- **Stavební mistr** (vedoucí čety), který odpovídá za kvalitu práce, dodržování technologického postupu a ostatní pracovníky čety. Dohlíží na dodržování zásad BOZP a PO a používání osobních ochranných pracovních prostředků. Organizuje a řídí vlastní proces provádění tlakové injektáže. Je povinen řídit se pokyny stavbyvedoucího (vedoucího projektu), samostatně zajišťovat potřebný drobný materiál a mechanismy na místě stavby.
- **Pracovníci 2x**– Počet pracovníků je stanoven na základě injektáže. Je potřeba jeden pracovník na obsluhu stroje a druhý na aplikaci injektážní hmoty. Pracovníci jsou povinni dbát pokynů stavebního mistra, případně stavbyvedoucího a používat osobní ochranné pracovní prostředky.
- **Obsluha strojů** – zajišťuje odvoz suti

Použité nářadí a stroje:

Bourací práce:	**Trysková injektáž:**	**Omítkový systém:**
Sbíjecí kladivo,	Elektrická vrtačka,	Zednická lžíce,
zednické kladivo,	tlakové čerpadlo,	míchačka,
ruční sekáč,	těsnící prvky (pakry).	omítníky,
koště,		vrtačka s míchacím nástavcem,
tesařská skoba (kramle),		
drátěný kartáč.		Lať na strhnutí
		zednická štětka,
		mřížový škrabák,
		ruční hladítko,
		plstěné hladítko,
		malířský váleček.

Osobní ochranné pracovní prostředky:

Pracovní obuv, ochranná přilba (práce nad sebou), pracovní rukavice a oděv, ochranné brýle, respirátor.

5.3.2.1 Technologický postup

1. Odstranění původní omítky, vyčištění spár zdiva do hloubky 20 mm.
2. Vyměření polohy a počtu vrtů – dvě řady vrtů s roztečí vodorovně 150 mm, svisle 100 mm, průměr 12 mm. Vrty budou umístěny v úrovni podlahy v pásu o výšce 250 mm, ukončeny přibližně 40-50 mm od protějšího líce stěny.
3. Provedení vrtů se sklonem cca 30°, vyčištění od prachu a případných úlomků.
4. Osazení vrtů injekčními pakry.
5. Provedení tlakové injektáže vhodnou chemickou směsí (např. polyuretanová pryskyřice) o tlaku 1500-3500 kPa do požadovaného tlaku.
6. Demontáž injekčních pakrů a utěsnění otvorů maltou. Je vhodné nechat zdivo alespoň 14 dní neomítnuté, aby mohlo rychleji vysychat.
7. Očištění zdiva drátěným kartáčem a stlačeným vzduchem prachu a nečistot.
8. Vyspravení hrubých nerovností povrchu a uvolněných prvků zdiva zdící maltou.
9. Penetrace očištěného zdiva cementovým postřikem, následuje technologická pauza v rozmezí 2-3 dnů.
10. Aplikace vnější jádrové omítky v tloušťce 20 mm, technologická přestávka odpovídá rychlosti zrání – 1 mm/1 den, tedy 20 dní.
11. Po technologické pauze následuje omítka štuková v tloušťce 3 mm a pauza 3 dny.
12. Před provedením finálního nátěru se podklad ošetří penetrací. Následuje technologická přestávka 2 dny.
13. Po vyzrání penetrace je stěna natřena dvojnásobným silikátovým nátěrem v bílém odstínu.

5.3.2.2 Rozpočet

Položky rozpočtu byly převzaty z programu euroCALC společnosti Callida, s. r. o, není-li uvedeno jinak. Cena tlakové injektáže je stanovena společností Remmers. Všechny položkové ceny jsou uvedeny bez DPH.

Náklady na chemickou tlakovou injektáž činí celkem **966 163,35 Kč** s DPH (viz Tab. 6)

Tab. 6: Chemická tlaková injektáž – rozpočet

PČ	Popis	MJ	Množství	JC	CC	
Díl:	**Bourání konstrukcí**				**52 002,18 Kč**	
1	Otlučení vnější vápenocementové omítky, včetně vyškrábání spár a očištění zdiva	m2	104,43	100,80 Kč	10 526,85 Kč	
2	Otlučení vnitřní vápenné omítky, včetně vyškrábání spár a očištění zdiva	m2	327,99	87,50	28 699,48 Kč	
3	Vnitrostaveništní doprava suti do 50 m	t	15,13	373,00 Kč	5 645,33 Kč	
4	Odvoz suti a vybouraných hmot na skládku do 1 km	t	15,13	209,67 Kč	3 173,34 Kč	
5	Příplatek za každý další 1 km	t	136,21	11,02 Kč	1 501,08 Kč	
6	Uložení suti na skládku s hrubým uložením	t	15,13	6,46 Kč	97,77 Kč	
7	Poplatek za skládku stavební suti	t	15,13	155,82 Kč	2 358,33 Kč	
Díl:	**Injektáž**				**315 416,75 Kč**	
8	Provedení chemické systémové injektáže *Zaměření a vyvrtání otvorů, vyčištění vrtu od nečistot, osazení těsnících pakrů, aplikace injektážního prostředku Webac 1403*	m2	114,70	2 750,00 Kč	315 416,75 Kč	
Díl:	**Úpravy povrchů vnitřní**				**325 516,66 Kč**	
9	Lokální vyspravení nerovností a chybějících částí	m2	327,994	159,02 Kč	52 157,61 Kč	
	Zdící malta Cemix 10, 021 (25 kg)		*347,674*	*36,24 Kč*	*12 599,69 Kč*	[33]
10	Penetrace podkladu	m2	327,994	53,6	17 580,48 Kč	
	Cementový postřik Cemix, 052 (25 kg)		*347,674*	*20,21 Kč*	*7 026,48 Kč*	[41]
11	Omítka vnitřních stěn jádrová ručně, tl. 20 mm	m2	327,994	264,74 Kč	86 833,13 Kč	
	Jádrová omítka ruční Cemix, 082 (40 kg)		*347,674*	*100,50 Kč*	*34 941,20 Kč*	[42]
12	Omítka vnitřních stěn štuková ručně, tl. 3 mm	m2	327,994	112,37 Kč	36 856,69 Kč	
	Flexi štuk Cemix, 043b (30 kg)		*347,674*	*28,80 Kč*	*10 013,00 Kč*	[43]
13	Penetrace podkladu	m2	327,994	33,83 Kč	11 096,04 Kč	
	Penetrace Cemix ST Start (15 kg)		*347,674*	*13,20 Kč*	*4 589,29 Kč*	[37]
14	Dvojnásobný silikátový nátěr jednobarevný, odstín bílý	m2	327,994	119,00 Kč	39 031,29 Kč	
	Silikátový interiérový nátěr Cemix (24 kg)		*341,114*	*37,50 Kč*	*12 791,77 Kč*	[38]
Díl:	**Úpravy povrchů vnější**				**105 546,52 Kč**	
15	Lokální vyspravení nerovností a chybějících částí	m2	104,43	159,02 Kč	16 606,94 Kč	
	Zdící malta Cemix 10, 021(25 kg)		*110,70*	*36,24 Kč*	*4 011,62 Kč*	[33]
16	Penetrace podkladu	m2	104,43	49,15	5132,88195	
	Cementový postřik Cemix, 052 (25 kg)		*110,70*	*20,21 Kč*	*2 237,16 Kč*	[41]
17	Omítka vnějších stěn jádrová ručně, tl. 20 mm	m2	104,43	219,17	22 888,58 Kč	
	Jádrová omítka ruční Cemix, 082 (40 kg)		*110,70*	*100,50 Kč*	*11 124,93 Kč*	[42]
18	Omítka vnějších stěn štuková ručně, tl. 3 mm	m2	104,43	145,57 Kč	15 202,31 Kč	
	Flexi štuk Cemix, 043b (30 kg)		*110,70*	*28,80 Kč*	*3 188,04 Kč*	[43]
19	Penetrace podkladu	m2	104,43	29,38	3 068,24 Kč	
	Penetrace Cemix ST Start (15 kg)		*110,70*	*13,20 Kč*	*1 461,18 Kč*	[37]
20	Dvojnásobný silikátový nátěr jednobarevný, odstín bílý	m2	104,43	112,63 Kč	11 762,29 Kč	
	Silikátový fasádní nátěr Cemix (24 kg)		*108,61*	*81,60 Kč*	*8 862,35 Kč*	[40]
	CELKEM BEZ DPH				**798 482,11 Kč**	
	DPH 21 %				167 681,24 Kč	
	CELKEM S DPH				**966 163,35 Kč**	

5.3.2.3 Harmonogram

Doby trvání jednotlivých činností byly stanoveny na základě normohodin z programu euroCALC a na základě počtu dělníků, a tedy fondu pracovní čety. Celková doba trvání tlakové injektáže včetně otlučení starých a provedení nových omítek činí **68 dní.** (viz Tab. 7)

Tab. 7: Chemická tlaková injektáž – harmonogram

Čas [den] / Činnost	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34-50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
Otlučení vnější i vnitřní omítky			6																																																	
Kompletní provedení injektáže								8																																												
Lokální opravy omítek															7																																					
Penetrace podkladu (interiér)																							1	1																												
Penetrace podkladu (exteriér)																								1	1																											
Sanační jádrová omítka (int.)																									6						20																					
Sanační jádrová omítka (ext.)																															3				20																	
Sanační štuková omítka (int.)																																			4				3													
Sanační štuková omítka (ext.)																																							2		3											
Penetrace podkladu (int.)																																										2	1									
Silikátový nátěr (int.)																																													4							
Penetrace podkladu (ext.)																																																	1	1		
Silikátový nátěr (ext.)																																																			2	

Trvání činnosti
Technologická přestávka

5.3.3 Podřezání zdiva

Z mechanických metod byla vybrána jako nejšetrnější a nejvhodnější metoda podřezání zdiva diamantovým lanem (objekt je tvořen ze smíšeného zdiva a nemá průběžné spáry). K podřezání je nutný přístup z obou stran, v tomto případě jsou na severní a západní straně k Solnici přistavěny měšťanské domy. Předpokládá se, že by byl majiteli těchto sousedních domů umožněn přístup z jejich strany. V případě nesouhlasu sousedů, by se tato metoda musela zkombinovat s jinou metodou, například s tlakovou injektáží.

Použité materiály a jejich skladování

- Hmota pro vyspravení nerovností a utěsnění řezu– Zdící malta 10 MPa (Cemix 021)
- Penetrace pro lepší přilnavost omítky – Cementový postřik (Cemix 052)
- Jádrová omítka – Jádrová omítka ruční (Cemix 082)
- Štuková omítka – Flexi štuk (Cemix 043 b)

Všechny uvedené materiály je nutné skladovat v suchu, v originálních obalech a chránit je před působením vody a vlhkosti. Za splnění těchto podmínek je trvanlivost 12 měsíců od data uvedeného na obalu. Stavební hmoty je možno použít při teplotách nad 5 °C.

- Penetrace pod fasádní nátěr – Penetrace ASN START (Cemix)

Penetraci pod nátěr lze použít při teplotách v rozmezí 5-30 °C. Je třeba zamezit přímému působení deště. Skladuje se v originálních obalech. Doba trvanlivosti je 12 měsíců od data výroby.

- Fasádní nátěr bílý – Silikátový fasádní nátěr (Cemix)
- Interiérový nátěr bílý – Silikátový interiérový nátěr (Cemix)

Fasádní nátěr lze použít při teplotách v rozmezí 5-30 °C. V době zrání je nutné ho chránit před deštěm. Skladuje se v originálních uzavřených nádobách. Při správném skladování výrobce garantuje dobu použitelnosti až 12 měsíců.

Interiérový nátěr se nesmí zpracovávat při přímém působení tepelného záření, při vysoké vlhkosti vzduchu a v mrazech. Použití je možné při teplotách vzduchu a podkladu 8-25°C. Skladuje se v originálním uzavřeném balení.

Připravenost a vybavenost pracoviště

Pro vlastní práci je třeba elektrická přípojka pro napájení pracovních přístrojů a zařízení. Dále je nutné zajistit přívod vody. Kolem obvodu objektu musí být zajištěn dostatečný prostor k manipulaci s přístroji a pohybu osob. Dále je nutné zajistit konstrukci pro zvýšení místa práce – v tomto případě je uvažováno lešení, které bude využito i pro další činnosti.

Složení čety

- **Stavební mistr** (vedoucí čety), který odpovídá za kvalitu práce, dodržování technologického postupu a ostatní pracovníky čety. Dohlíží na dodržování zásad BOZP a PO a používání osobních ochranných pracovních prostředků. Organizuje a řídí vlastní proces dodatečné hydroizolace podřezáváním zdiva. Je povinen řídit se pokyny stavbyvedoucího (vedoucího projektu), samostatně zajišťovat potřebný drobný materiál a mechanismy na místě stavby.
- **Pomocní pracovníci 2x -** Počet pracovníků je stanoven na základě podřezávání zdiva. Je potřeba jeden pracovník z každé strany podřezávané zdi pro kontrolu řezu a vkládání hydroizolace. Pracovníci jsou povinni dbát pokynů stavebního mistra, případně stavbyvedoucího a používat osobní ochranné pracovní prostředky.
- **Obsluha strojů** – zajišťuje odvoz suti

Použité nářadí a stroje:

Bourací práce:	**Podřezání**:	**Omítkový systém:**
Sbíjecí kladivo,	Elektrická vrtačka,	Zednická lžíce,
zednické kladivo,	vodící kladky,	míchačka,
ruční sekáč,	strojní pila s diamantovým lanem,	omítníky,
drátěný kartáč,		malířský váleček,
koště,	hadice pro přívod vody do řezu,	vrtačka s míchacím nástavcem,
tesařská skoba (kramle).	statické klíny.	lať na strhnutí
		zednická štětka,
		mřížový škrabák,
		ruční hladítko,
		plstěné hladítko.

Osobní ochranné pracovní prostředky:

Pracovní obuv, ochranná přilba (práce nad sebou), pracovní rukavice a oděv, ochranné brýle, respirátor.

5.3.3.1 Technologický postup

1. Otlučení původních omítek v rovině řezu, a tím obnažení skladby zdiva a spár, případně instalací.
2. Vyměření místa řezu, provedení vrtu pro kladky vodící lano.
3. Osazení vodících kladek a ustavení řezacího stroje do roviny.
4. Provlečení lana provrtanými otvory a osazení na hnací kolo.
5. Postupné řezání úseků za stálého chlazení lana vodou. Úsek maximální délky 1 m dle soudržnosti zdiva a spár.
6. Místo řezu se vyčistí a vloží se do něj izolace proti vodě – sklolaminátové desky s přesahem alespoň 100 mm. Šířka desek se rovná omítnuté tloušťce zdi.
7. Proti sednutí se řez zajistí natlučením statických klínů.
8. Poté se s řezáním pokračuje. Tímto způsobem lze proříznout až 30 m zdi.
9. Po zaizolování celé konstrukce je provedena injektáž spáry cementovou maltou s plastifikátorem. Je vhodné nechat zdivo alespoň 14 dní neomítnuté, aby mohlo rychleji vysychat.
10. Očištění zdiva drátěným kartáčem a stlačeným vzduchem prachu a nečistot.
11. Vyspravení hrubých nerovností povrchu a uvolněných prvků zdiva zdící maltou.
12. Penetrace očištěného zdiva cementovým postřikem, následuje technologická pauza v rozmezí 2-3 dnů.
13. Aplikace vnější jádrové omítky v tloušťce 20 mm, technologická přestávka odpovídá rychlosti zrání – 1 mm/1 den, tedy 20 dní.
14. Po technologické pauze následuje omítka štuková v tloušťce 3 mm a pauza 3 dny.
15. Před provedením finálního nátěru se podklad ošetří penetrací. Následuje technologická přestávka 2 dny.
16. Po vyzrání penetrace je stěna natřena dvojnásobným silikátovým nátěrem v bílém odstínu.

5.3.3.2 Rozpočet

Položky rozpočtu byly převzaty z programu euroCALC společnosti Callida, s. r. o, není-li uvedeno jinak. Všechny položkové ceny jsou uvedeny bez DPH.

Cena podřezání diamantovým lanem je stanovena společností HAV – BAU, s. r. o. Všechny položkové ceny jsou uvedeny bez DPH.

Náklady na podřezání zdiva diamantovým lanem činí celkem **1 294 109,35 Kč** s DPH (viz Tab. 8).

Tab. 8: Podřezání diamantovým lanem – rozpočet

PČ	Popis	MJ	Množství	JC	CC	
Díl:	**Bourání konstrukcí**				**52 002,18 Kč**	
1	Otlučení vnější vápenocementové omítky, včetně vyškrábání spár a očištění zdiva	m2	104,43	100,80 Kč	10 526,85 Kč	
2	Otlučení vnitřní vápenné omítky, včetně vyškrábání spár a očištění zdiva	m2	327,99	87,50	28 699,48 Kč	
3	Vnitrostaveništní doprava suti do 50 m	t	15,13	373,00 Kč	5 645,33 Kč	
4	Odvoz suti a vybouraných hmot na skládku do 1 km	t	15,13	209,67 Kč	3 173,34 Kč	
5	Příplatek za každý další 1 km	t	136,21	11,02 Kč	1 501,08 Kč	
6	Uložení suti na skládku s hrubým uložením	t	15,13	6,46 Kč	97,77 Kč	
7	Poplatek za skládku stavební suti	t	15,13	155,82 Kč	2 358,33 Kč	
Díl:	**Podřezání zdiva**				**586 446,50 Kč**	
8	Řezání zdiva (tl. 1000 mm) diamantovým lanem	m2	114,70	3 820,00 Kč	438 142,54 Kč	
9	Vložení sklolaminátových desek, zajištění klíny a maltou	m2	114,70	1 047,00 Kč	120 087,76 Kč	
	Plochá deska ze sklolaminátu, 1,5 mm		*114,70*	*246,00 Kč*	*28 216,20 Kč*	
Díl:	**Úpravy povrchů vnitřní**				**325 516,66 Kč**	
10	Lokální vyspravení nerovností a chybějících částí	m2	327,99	159,02 Kč	52 157,61 Kč	
	Zdící malta Cemix 10, 021 (25 kg)		*347,67*	*36,24 Kč*	*12 599,69 Kč*	[33]
11	Penetrace podkladu	m2	327,99	53,6	17 580,48 Kč	
	Cementový postřik Cemix, 052 (25 kg)		*347,67*	*20,21 Kč*	*7 026,48 Kč*	[41]
12	Omítka vnitřních stěn jádrová ručně, tl. 20 mm	m2	327,99	264,74 Kč	86 833,13 Kč	
	Jádrová omítka ruční Cemix, 082 (40 kg)		*347,67*	*100,50 Kč*	*34 941,20 Kč*	[42]
13	Omítka vnitřních stěn štuková ručně, tl. 3 mm	m2	327,99	112,37 Kč	36 856,69 Kč	
	Flexi štuk Cemix, 043b (30 kg)		*347,67*	*28,80 Kč*	*10 013,00 Kč*	[43]
14	Penetrace podkladu	m2	327,99	33,83 Kč	11 096,04 Kč	
	Penetrace Cemix ST Start (15 kg)		*347,67*	*13,20 Kč*	*4 589,29 Kč*	[37]
15	Dvojnásobný silikátový nátěr jednobarevný, odstín bílý	m2	327,99	119,00 Kč	39 031,29 Kč	
	Silikátový interiérový nátěr Cemix (24 kg)		*341,11*	*37,50 Kč*	*12 791,77 Kč*	[38]
Díl:	**Úpravy povrchů vnější**				**105 546,52 Kč**	
16	Lokální vyspravení nerovností a chybějících částí	m2	104,43	159,02 Kč	16 606,94 Kč	
	Zdící malta Cemix 10, 021(25 kg)		*110,70*	*36,24 Kč*	*4 011,62 Kč*	[33]
17	Penetrace podkladu	m2	104,43	49,15	5132,88195	
	Cementový postřik Cemix, 052 (25 kg)		*110,70*	*20,21 Kč*	*2 237,16 Kč*	[41]
18	Omítka vnějších stěn jádrová ručně, tl. 20 mm	m2	104,43	219,17	22 888,58 Kč	
	Jádrová omítka ruční Cemix, 082 (40 kg)		*110,70*	*100,50 Kč*	*11 124,93 Kč*	[42]
19	Omítka vnějších stěn štuková ručně, tl. 3 mm	m2	104,43	145,57 Kč	15 202,31 Kč	
	Flexi štuk Cemix, 043b (30 kg)		*110,70*	*28,80 Kč*	*3 188,04 Kč*	[43]
20	Penetrace podkladu	m2	104,43	29,38	3 068,24 Kč	
	Penetrace Cemix ST Start (15 kg)		*110,70*	*13,20 Kč*	*1 461,18 Kč*	[37]
21	Dvojnásobný silikátový nátěr jednobarevný, odstín bílý	m2	104,43	112,63 Kč	11 762,29 Kč	
	Silikátový fasádní nátěr Cemix (24 kg)		*108,61*	*81,60 Kč*	*8 862,35 Kč*	[40]
	CELKEM BEZ DPH				**1 069 511,86 Kč**	
	DPH 21 %				224 597,49 Kč	
	CELKEM S DPH				**1 294 109,35 Kč**	

Tab. 9: Podřezání diamantovým lanem – harmonogram

Čas [den] / Činnost	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14-16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36-52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Otlučení vnější i vnitřní omítky	6																																																				
Kompletní provedení podřezání							10																																														
Lokální opravy omítek															7																																						
Penetrace podkladu (interiér)																							1	1																													
Penetrace podkladu (exteriér)																								1	1																												
Sanační jádrová omítka (int.)																									6						20																						
Sanační jádrová omítka (ext.)																															3			20																			
Sanační štuková omítka (int.)																																			4			3															
Sanační štuková omítka (ext.)																																						2		3													
Penetrace podkladu (int.)																																									2	1											
Silikátový nátěr (int.)																																													4								
Penetrace podkladu (ext.)																																																	1	1			
Silikátový nátěr (ext.)																																																			2		

Trvání činnosti
Technologická přestávka

5.3.3.3 Harmonogram

Doby trvání jednotlivých činností byly stanoveny na základě normohodin z programu euroCALC a na základě počtu dělníků, a tedy fondu pracovní čety. Celková doba trvání podřezání zdiva diamantovým lanem včetně otlučení starých a provedení nových omítek činí **70 dní.** (viz Tab. 9)

5.3.4 Vzduchová metoda

Posledním posuzovaným způsobem sanace je vytvoření zakryté vzduchové dutiny podél vnitřních obvodových stěn. Tato metoda je propojena s vodorovnou vzduchovou dutinou, která řeší vzlínající vlhkost v ploše podlahy (viz 5.3). Bude provětrávána přirozeně za využití komínového efektu, interiérové nasávací otvory zajistí větrací mřížky, výdechové otvory budou vyústěny komínem do exteriéru.

Výška vzduchové mezery musí být minimálně rovna šířce zdi. V případě Solnice je stěna široká až 1,2 m. Vzduchová mezera bude tedy vysoká 1,2 m a 0,6 m široká (ze sondy vyplývá, že základy jsou uloženy v hloubce větší než 1,8 m pod nášlapnou vrstvou podlahy). Podél střední zdi bude vzduchový kanál probíhat ze strany Velké Solnice.

Provětrávaný systém bude tvořen železobetonovou deskou a stěnou, zastropen bude ocelobetonovou konstrukcí tvořenou ztraceným bedněním z trapézového plechu a nadbetonávkou ze železobetonu. Dále bude pokračovat souvrství podlahy stejné v celé ploše (tepelná izolace, mazanina, nášlapná vrstva z cihelné dlažby, viz 5.3).

Jiné vzduchové metody vzhledem k historickému odkazu budovy nejsou vhodné – venkovní otevřené ani uzavřené anglické dvorky s nasávacími komínky nekorespondují se vzhledem budovy stejně jako obložení soklu, předsazený sokl nebo předsazená vnitřní stěna.

<u>Použité materiály a jejich skladování</u>

- Beton – doprava hotové směsi autodomíchávačem
- Výztuž dna, stěn a stropu kanálu – pruty z betonářské oceli 10 505
- Bednění stěn, základových desek a stropů
- Doplňkové prvky k výztuži – distanční prvky, vázací drát
- Ztracené bednění – Trapézový plech výšky 40 mm, tl. 0,88 mm
- Větrací mřížky

Pruty výztuže se mohou skladovat po kusech nebo po skupinách dle profilů na podložky tak, aby nedošlo k jejich deformaci. Je důležité chránit je před působením vody, a

tak před rozvojem koroze. Distanční prvky se skladují v původních obalech (pytle, krabice), vázací drát navinutý na kotouči. Trapézové plechy je nutné chránit před nutno je chránit před povětrnostními vlivy a před deformacemi nebo mechanickému poškození.

- Hmota pro vyspravení nerovností a utěsnění řezu– Zdící malta 10 MPa (Cemix 021)
- Penetrace pro lepší přilnavost omítky – Cementový postřik (Cemix 052)
- Jádrová omítka – Jádrová omítka ruční (Cemix 082)
- Štuková omítka – Flexi štuk (Cemix 043 b)

Všechny uvedené materiály je nutné skladovat v suchu, v originálních obalech a chránit je před působením vody a vlhkosti. Za splnění těchto podmínek je trvanlivost 12 měsíců od data uvedeného na obalu. Stavební hmoty je možno použít při teplotách nad 5 °C.

- Penetrace pod finální nátěr – Penetrace ST START (Cemix)

Penetraci pod nátěr lze použít při teplotách v rozmezí 5-30 °C. Je třeba zamezit přímému působení deště. Skladuje se v originálních obalech. Doba trvanlivosti je 12 měsíců od data výroby.

- Fasádní nátěr bílý – Silikátový fasádní nátěr (Cemix)
- Interiérový nátěr bílý – Silikátový interiérový nátěr (Cemix)

Fasádní nátěr lze použít při teplotách v rozmezí 5-30 °C. V době zrání je nutné ho chránit před deštěm. Skladuje se v originálních uzavřených nádobách. Při správném skladování výrobce garantuje dobu použitelnosti až 12 měsíců.

Připravenost a vybavenost pracoviště

Pro vlastní práci je třeba elektrická přípojka pro napájení pracovních přístrojů a zařízení. Dále je nutné zajistit přívod vody. Uvnitř objektu musí být zajištěn dostatečný prostor k manipulaci s přístroji a pohybu osob.

Složení čety

- **Stavební mistr** (vedoucí čety), který odpovídá za kvalitu práce, dodržování technologického postupu a ostatní pracovníky čety. Dohlíží na dodržování zásad BOZP a PO a používání osobních ochranných pracovních prostředků. Organizuje a řídí vlastní proces sanace vlhkosti vzduchovou metodou. Je povinen řídit se pokyny stavbyvedoucího (vedoucího projektu), samostatně zajišťovat potřebný drobný materiál a mechanismy na místě stavby.

- **Pomocní pracovníci 2x** – Počet pracovníků je stanoven na základě provádění vzduchového kanálu – pro provádění armování, bednění a betonáže. Pracovníci jsou povinni dbát pokynů stavebního mistra, případně stavbyvedoucího a používat osobní ochranné pracovní prostředky.
- **Obsluha strojů** – zajišťuje odvoz suti, výkopku, obsluhuje rypadlo

Použité nářadí a stroje:

Bourací práce:	**Větrací systém:**	**Omítkový systém:**
Sbíjecí kladivo,	Rypadlo Bobcat E08,	Zednická lžíce,
zednické kladivo,	lopata,	míchačka,
ruční sekáč,	krumpáč,	omítníky,
drátěný kartáč,	kolečko,	lať na strhnutí,
koště,	vibrační deska,	zednická štětka,
tesařská skoba (kramle).	ponorný vibrátor,	mřížový škrabák,
	čerpadlo na beton,	ruční hladítko,
	svářečka,	plstěné hladítko,
	ohýbačka.	malířský váleček,
		vrtačka s míchacím nástavcem.

Osobní ochranné pracovní prostředky:

Pracovní obuv, ochranná přilba (práce nad sebou), pracovní rukavice a oděv, ochranné brýle, respirátor.

5.3.4.1 Technologický postup

1. *Odstranění souvrství podlahy přízemí – cihelná dlažba, drcené kamenivo. Vyhloubení zeminy v ploše podlahy.*[2]
2. Vyhloubení rýhy podél vnitřní části obvodové zdi o hloubce 1,4 m a šířce 0,8 m.
3. Očištění zdiva kartáčem a vyškrabání spár do hloubky 200 mm.
4. Provedení podsypu z drceného kameniva frakce 8/16 tloušťky 100 mm na dno rýh.
5. Uložení armatury do výkopu, betonáž dna vzduchového kanálu betonem C20/25 o tloušťce 200 mm. Následuje technologická pauza 1 den.

[2] Text *kurzívou* popisuje bourání souvrství podlahy v ploše přízemí, která není oceněna v položkovém rozpočtu, ani není zahrnuta do časového harmonogramu.

6. Zřízení svislého bednění s prostupy pro provětrávaný systém podlahy, uložení armatury a provázání s vodorovnou deskou dna kanálu.
7. Betonáž stěn kanálu betonem C20/25 o tloušťce 200 mm, výšce 1200 mm. Po technologické přestávce 2 dny následuje demontáž bednění.
8. Uložení ztraceného bednění trapézového plechu výšky 40 mm – na straně u obvodové zdi bude šroubovými spoji připevněn nerovnoramenný profil tvaru L 100x65x7 mm, na který bude plech ukotven. V plechu budou vyřezány prostupy 400x200 mm pro větrací otvory. Otvory jsou navrženy po třech kusech na delší straně a po jednom kusu na kratších stranách, rohové průduchy jsou společné.
9. Provedení nadbetonávky v tloušťce 100 mm (čistá výška nad trapézovým plechem) s výztuží sítěmi Kari. Kolem větracích otvorů bude vyrobeno bednění tak, aby nedošlo k jejich zabetonování. Následuje technologická pauza 2 dny.
10. *Provedení provětrávaného podlahového systému (viz 5.3) – podsypu z drceného kameniva frakce 16/32 se zhutněním. Provedení podkladního betonového lože z betonu C16/20 tloušťky 100 mm. Uložení prefabrikovaných prvků typu Iglů tloušťky 200 mm s nasávacími otvory ústící do vzniklé dutiny podél stěny vnitřní části konstrukce. Následuje vyrovnávací vrstva z betonu o tloušťce 40 mm.* [3]
11. Očištění zdiva drátěným kartáčem a stlačeným vzduchem prachu a nečistot.
12. Vyspravení hrubých nerovností povrchu a uvolněných prvků zdiva zdící maltou.
13. Penetrace očištěného zdiva cementovým postřikem, následuje technologická pauza v rozmezí 2-3 dnů.
14. Aplikace vnější jádrové omítky v tloušťce 20 mm, technologická přestávka odpovídá rychlosti zrání – 1 mm/1 den, tedy 20 dní.
15. Po technologické pauze následuje omítka štuková v tloušťce 3 mm a pauza 3 dny.
16. *Uložení tepelné izolace tloušťky 100 mm a 50 mm ve dvou vrstvách o celkové tloušťce 150 mm. Provedení betonové mazaniny tloušťky 70 mm vyztužené sítěmi Kari. Pokládka ruční cihelné dlažby 200x200x3 mm do maltového lože v celé ploše.* [3]
17. Před provedením finálního nátěru stěn se podklad ošetří penetrací. Následuje technologická přestávka 2 dny.
18. Po vyzrání penetrace je stěna natřena dvojnásobným silikátovým nátěrem v bílém odstínu.

[3] Text *kurzívou* popisuje provedení souvrství podlahy v ploše přízemí, která není oceněna v položkovém rozpočtu, ani není zahrnuta do časového harmonogramu.

19. Osazení větracích mřížek vzduchového kanálu a napojení do komínů pro výdechové otvory.

5.3.4.2 Rozpočet

Položky rozpočtu byly převzaty z programu euroCALC společnosti Callida, s. r. o, není-li uvedeno jinak. Všechny položkové ceny jsou uvedeny bez DPH.

Položky označené hvězdičkou (*) jsou součástí podlahové provětrávané vzduchové mezery, která je prováděna i u ostatních posuzovaných řešení, proto nejsou v rozpočtu zahrnuty.

Náklady na provedení provětrávaného vzduchového systému podél zdí činí celkem **1 630 438,00 Kč** s DPH (viz Tab. 10).

5.3.4.3 Harmonogram

Doby trvání jednotlivých činností byly stanoveny na základě normohodin z programu euroCALC a na základě počtu dělníků, a tedy fondu pracovní čety. Realizace nových vnitřních a vnějších omítek je totožná s omítkami u injektáže nebo podřezání diamantovým lanem, zde je sloučen do jedné položky.

Celková doba provedení provětrávaného vzduchového systému podél zdí včetně otlučení starých a provedení nových omítek činí **87 dní** (viz Tab. 11).

Tab. 10: Vzduchová metoda – rozpočet

PČ	Popis	MJ	Množství	JC	CC
Díl:	**Bourání konstrukcí**				**52 002,18 Kč**
1	Otlučení vnější vápenocementové omítky, včetně vyškrábání spár a očištění zdiva	m2	104,43	100,80 Kč	10 526,85 Kč
2	Otlučení vnitřní vápenné omítky, včetně vyškrábání spár a očištění zdiva	m2	327,99	87,50	28 699,48 Kč
3	Vnitrostaveništní doprava suti do 50 m	t	15,13	373,00 Kč	5 645,33 Kč
4	Odvoz suti a vybouraných hmot na skládku do 1 km	t	15,13	209,67 Kč	3 173,34 Kč
5	Příplatek za každý další 1 km	t	136,21	11,02 Kč	1 501,08 Kč
6	Uložení suti na skládku s hrubým uložením	t	15,13	6,46 Kč	97,77 Kč
7	Poplatek za skládku stavební suti	t	15,13	155,82 Kč	2 358,33 Kč
Díl:	**Zemní práce**				**294 998,06 Kč**
*	*Demontáž souvrství podlahy v přízemí*	*m3*	*69,04*	*0,00 Kč*	*0,00 Kč*
*	*Vykopávky v uzavřených prostorách v hornině třídy 1 až 4*	*m3*	*248,54*	*0,00 Kč*	*0,00 Kč*
8	Vykopávky v uzavřených prostorách v hornině třídy 3	m3	112,55	1 798,00 Kč	202 362,74 Kč
9	Svislé přemístění výkopku z horniny třídy 3 hl. výkopu do 2,5 m	m3	135,06	73,82 Kč	9 970,02 Kč
*	*Vodorovné přemístění výkopku z horniny tř. 3 stavebním kolečkem do 10 m*	*m3*	*248,54*	*0,00 Kč*	*0,00 Kč*
10	Vodorovné přemístění výkopku z horniny tř. 3 stavebním kolečkem do 10 m	m3	135,06	81,74 Kč	11 039,69 Kč
*	*Příplatek k vodorovnému přemístění výkopku z horniny tř. 3 ZKD 10 m*	*m3*	*497,07*	*0,00 Kč*	*0,00 Kč*
11	Příplatek k vodorovnému přemístění výkopku z horniny tř. 3 ZKD 10 m	m3	270,12	74,46 Kč	20 112,92 Kč
*	*Vodorovné přemístění do 10000 m výkopku z horniny tř.3*	*m3*	*248,54*	*0,00 Kč*	*0,00 Kč*
12	Vodorovné přemístění do 10000 m výkopku z horniny tř.3	m3	135,06	226,52 Kč	30 593,47 Kč
*	*Uložení sypaniny na skládku*	*m3*	*248,54*	*0,00 Kč*	*0,00 Kč*
13	Uložení sypaniny na skládku	m3	135,06	14,89 Kč	2 011,02 Kč
*	*Poplatek za uložení odpadu ze sypaniny na skládce*	*m3*	*248,54*	*0,00 Kč*	*0,00 Kč*
14	Poplatek za uložení odpadu ze sypaniny na skládce	m3	135,06	140,00 Kč	18 908,20 Kč
Díl:	**Systém větrání**				**569 406,00 Kč**
15	Očištění zdiva, vyškrábání a vyčištění spár	m2	188,72	132,60 Kč	25 023,72 Kč
*	*Podsyp pod větrací systém podlahy se zhutněním z hrubého kameniva frakce 16 až 32 mm*	*m3*	*28,52*	*0,00 Kč*	*0,00 Kč*
16	Podsyp pod vzduchový kanál se zhutněním z hrubého kameniva frakce 16 až 32 mm	m3	8,04	1 068,61 Kč	8 590,77 Kč
17	Základové desky ze ŽB C 20/25, tl. 200 mm - dno kanálu	m3	16,08	2 938,56 Kč	47 247,34 Kč
18	Výztuž základových desek z betonářské oceli 10 505	t	2,27	36 401,56 Kč	82 699,90 Kč
19	Výztuž základových zdí nosných z betonářské oceli 10 505	t	3,25	35 638,04 Kč	115 646,84 Kč
20	Zřízení bednění základových zdí oboustranné vč. prostupů	m2	172,24	345,04 Kč	59 430,38 Kč
21	Základová zeď ze ŽB C 20/25, tl. 200 mm	m3	22,97	2 709,92 Kč	62 234,94 Kč
22	Odstranění bednění základových zdí oboustranné	m2	172,24	122,11 Kč	21 032,47 Kč
23	Osazování ocelových válcovaných nosníků šroubovanými styky	t	0,93	8 741,33 Kč	8 129,44 Kč
	Profil ocel L nerovnoramenný 100x65x7 mm		*0,93321*	*27 600,00 Kč*	*25 756,60 Kč*
24	Bednění stropů ztracené z trapézových vln v 40 mm pozinkovaný plech tl. 0,88 mm včetně řezání	m2	84,41	377,34 Kč	31 851,87 Kč

25	Zřízení bednění stropů deskových včetně prostupů	m2	14,35	383,25 Kč	5 500,98 Kč	
26	Výztuž stropů betonářskou ocelí 10 505	t	1,24	38 190,10 Kč	47 434,33 Kč	
27	Nadbetonávka ze ŽB C 20/25, tl. 100 mm	m3	7,91	2 880,96 Kč	22 791,85 Kč	
28	Odstranění bednění stropů deskových a prostupů	m2	14,35	117,44 Kč	1 685,68 Kč	
29	Montáž mřížek větracích čtyřhranných	ks	10,00	105,20 Kč	1 052,00 Kč	
	Větrací mřížka WDPG 400x200		*10*	*329,69 Kč*	*3 296,90 Kč*	[44]
*	*Podkladní vrstva z betonu C 16/20 tl do 100 mm*	*m2*	*285,24*	*0,00 Kč*	*0,00 Kč*	
*	*Uložení iglú tvarovek*	*kpl*	*1,00*	*0,00 Kč*	*0,00 Kč*	
*	*Vyrovnávací vrstva z prostého beton, tl. 40 mm*	*m2*	*285,24*	*0,00 Kč*	*0,00 Kč*	
Díl:	***Souvrství podlahy***				***0,00 Kč***	
*	*Montáž izolace tepelné podlah volně kladenými deskami, 2 vrstvy*	*m2*	*345,19*	*0,00 Kč*	*0,00 Kč*	
*	*Deska z pěnového polystyrenu EPS S 1000x500x50 mm*	*m2*	*379,71*	*0,00 Kč*	*0,00 Kč*	
*	*Deska z pěnového polystyrenu EPS S 1000x500x100 mm*	*m2*	*379,71*	*0,00 Kč*	*0,00 Kč*	
*	*Separační vrstva z PE fólie*	*m2*	*379,71*	*0,00 Kč*	*0,00 Kč*	
*	*Obvodová dilatace podlahovým páskem v 80 mm*	*m*	*129,25*	*0,00 Kč*	*0,00 Kč*	
*	*Mazanina tl. 70 mm z betonu C 16/20*	*m3*	*24,16*	*0,00 Kč*	*0,00 Kč*	
*	*Výztuž mazanin svařovanými sítěmi Kari*	*t*	*0,90*	*0,00 Kč*	*0,00 Kč*	
*	*Montáž podlahy z cihelných dlaždic kladením do malty*	*m2*	*345,19*	*0,00 Kč*	*0,00 Kč*	
*	*Dlažba ruční cihelná Beleta 20x20x3 cm*	*ks*	*379,71*	*0,00 Kč*	*0,00 Kč*	
Díl:	**Úpravy povrchů vnitřní**				**325 516,66 Kč**	
30	Lokální vyspravení nerovností a chybějících částí	m2	327,99	159,02 Kč	52 157,61 Kč	
	Zdící malta Cemix 10, 021 (25 kg)		*347,67*	*36,24 Kč*	*12 599,69 Kč*	[33]
31	Penetrace podkladu	m2	327,99	53,60 Kč	17 580,48 Kč	
	Cementový postřik Cemix, 052 (25 kg)		*347,67*	*20,21 Kč*	*7 026,48 Kč*	[41]
32	Omítka vnitřních stěn jádrová ručně, tl. 20 mm	m2	327,99	264,74 Kč	86 833,13 Kč	
	Jádrová omítka ruční Cemix, 082 (40 kg)		*347,67*	*100,50 Kč*	*34 941,20 Kč*	[42]
33	Omítka vnitřních stěn štuková ručně, tl. 3 mm	m2	327,99	112,37 Kč	36 856,69 Kč	
	Flexi štuk Cemix, 043b (30 kg)		*347,67*	*28,80 Kč*	*10 013,00 Kč*	[43]
34	Penetrace podkladu	m2	327,99	33,83 Kč	11 096,04 Kč	
	Penetrace Cemix ST Start (15 kg)		*347,67*	*13,20 Kč*	*4 589,29 Kč*	[37]
35	Dvojnásobný silikátový nátěr jednobarevný, odstín bílý	m2	327,99	119,00 Kč	39 031,29 Kč	
	Silikátový interiérový nátěr Cemix (24 kg)		*341,11*	*37,50 Kč*	*12 791,77 Kč*	[38]
Díl:	**Úpravy povrchů vnější**				**105 546,52 Kč**	
36	Lokální vyspravení nerovností a chybějících částí	m2	104,43	159,02 Kč	16 606,94 Kč	
	Zdící malta Cemix 10, 021(25 kg)		*110,70*	*36,24 Kč*	*4 011,62 Kč*	[33]
37	Penetrace podkladu	m2	104,43	49,15	5132,88195	
	Cementový postřik Cemix, 052 (25 kg)		*110,70*	*20,21 Kč*	*2 237,16 Kč*	[41]
38	Omítka vnějších stěn jádrová ručně, tl. 20 mm	m2	104,43	219,17	22 888,58 Kč	
	Jádrová omítka ruční Cemix, 082 (40 kg)		*110,70*	*100,50 Kč*	*11 124,93 Kč*	[42]
39	Omítka vnějších stěn štuková ručně, tl. 3 mm	m2	104,43	145,57 Kč	*15 202,31 Kč*	
	Flexi štuk Cemix, 043b (30 kg)		*110,70*	*28,80 Kč*	*3 188,04 Kč*	[43]
40	Penetrace podkladu	m2	104,43	29,38	3 068,24 Kč	
	Penetrace Cemix ST Start (15 kg)		*110,70*	*13,20 Kč*	*1 461,18 Kč*	[37]
41	Dvojnásobný silikátový nátěr jednobarevný, odstín bílý	m2	104,43	112,63 Kč	11 762,29 Kč	
	Silikátový fasádní nátěr Cemix (24 kg)		*108,61*	*81,60 Kč*	*8 862,35 Kč*	[40]
	CELKEM BEZ DPH				**1 347 469,42 Kč**	
	DPH 21 %				282 968,58 Kč	
	CELKEM S DPH				**1 630 438,00 Kč**	

Tab. 11: Vzduchová metoda – harmonogram

Čas [den] / Činnost	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34-87
Otlučení vnější i vnitřní omítky	6																																	
Zemní práce							5																											
Očištění zdiva												2																						
Podsyp se zhutněním														1																				
Armování dna kanálu															2																			
Betonáž dna kanálu																	1	1																
Armování stěny kanálu																			3															
Bednění stěn kanálu																						2												
Betonáž stěn kanálu																								1	2									
Osazení ocelových profilů																									2									
Odbednění stěn kanálu																											1							
Uložení trapézového plechu																												1						
Armování zastropení																													1					
Nadbetonávka vč. bednění boků																														1	1			
Odstranění bednění																																1		
Osazení mřížek, propojení s VZT[1]																																	1	
Provedení komplet omítek[1,2]																																		54

[1] po provedení podlah v celé ploše

[2] podrobněji viz harmonogram podřezání nebo injektáž

Trvání činnosti
Technologická přestávka

5.4 Posouzení

5.4.1 Technologická náročnost

Všechny sanační návrhy zahrnují otlučení původních omítek a provedení nových vnitřních i vnějších povrchů. Z hlediska technologie jsou proto jednoznačně nejjednodušší metodou sanační omítky, které se realizačně příliš neliší od standardních povrchových úprav u novostaveb. Není proto třeba výraznějších zkušeností.

O něco náročnější metodou je chemická tlaková injektáž, u které je navíc nutné provést vrty po celém obvodu zasažených konstrukcí a správně provést injektáž utěsňujících prostředků tak, aby vznikla souvislá nepropustná vrstva. Proto je nutné, aby injektáž prováděl proškolený pracovník s dostatečnými zkušenostmi, i vzhledem k tloušťce zdí Solnice.

Podobně pracné je podřezání zdiva diamantovým lanem, u kterého je nutné neustále kontrolovat průběh řezu a dostatečné chlazení lana vodou.

Jistě nejobtížnější je ale metoda vzduchová. Jsou zde prováděné práce za ztížených podmínek v uzavřeném prostoru bez možnosti užití jeřábu nebo větších rypadel. Nejen výkopové práce, ale i armování a betonáže provětrávaného kanálu jsou tím velmi znesnadněny.

5.4.2 Časová náročnost

Z hlediska doby trvání vítězí metoda chemické tlakové injektáže. Samotné sanační opatření trvá 8 dní, s odstraněním původních omítek a provedením nových celkem 68 dní.

Dva dny navíc si vyžádá podřezání zdiva diamantovým lanem, které s výměnou vnitřních a vnějších povrchů trvá celkem 70 dní.

Sanační omítky kvůli dlouhým technologickým pauzám mezi jednotlivými vrstvami trvají ještě o jeden den déle, tedy 71 dní.

Nejpracnější vzduchová metoda je zároveň metodou časově nejnáročnější, samotné provedení provětrávaného kanálu by zabralo téměř měsíc – 27 dní. Připočtením vnějších i vnitřních omítek se tato doba prodluží na 87 dní.

Tab. 12: Časová náročnost metod

Metody	Dny
Sanační omítky	71
Chemická injektáž	68
Podřezání zdiva	70
Vzduchová metoda	87

5.4.3 Finanční náročnost

Z hlediska doby trvání vítězí metoda chemické tlakové injektáže. Samotné sanační opatření trvá 8 dní, s odstraněním původních omítek a provedením nových celkem 68 dní.

Dva dny navíc si vyžádá podřezání zdiva diamantovým lanem, které s výměnou vnitřních a vnějších povrchů trvá celkem 70 dní.

Sanační omítky kvůli dlouhým technologickým pauzám mezi jednotlivými vrstvami trvají ještě o jeden den déle, tedy 71 dní.

Nejpracnější vzduchová metoda je zároveň metodou časově nejnáročnější, samotné provedení provětrávaného kanálu by zabralo téměř měsíc – 27 dní. Připočtením vnějších i vnitřních omítek se tato doba prodluží na 87 dní.

Z hlediska doby trvání vítězí metoda chemické tlakové injektáže. Samotné sanační opatření trvá 8 dní, s odstraněním původních omítek a provedením nových celkem 68 dní.

Tab. 13: Počáteční náklady metod

Metody	Náklady
Sanační omítky	796 842,44 Kč
Chemická injektáž	966 163,35 Kč
Podřezání zdiva	1 294 109,35 Kč
Vzduchová metoda	1 630 438,00 Kč

Pokud by se nejvhodnější sanační metoda posuzovala podle počáteční investice, nejvýhodnější by tedy bylo aplikovat sanační omítky. Navíc jejich realizace je zároveň i nejsnazší z uvedených návrhů a rozdíly v potřebném čase jsou zanedbatelné

Také je ale jako jediná z navrhovaných variant pouze krátkodobým řešením, neřeší příčinu vlhkosti ale jen následek.

Z tohoto důvodu jsou všechny porovnávané metody posouzeny navíc s ohledem na životnost v dlouhodobém horizontu 20 let.

5.4.4 Finanční náročnost v časovém horizontu

5.4.4.1 Sanační omítky

Z hlediska životnosti má nejkratší trvanlivost omítkový systém, jehož životnost se pohybuje v ideálním případě okolo 15 let. U objektu Solnice vzhledem k přítomnosti solí ve vzlínající vlhkosti a účelu objektu – provoz restauračního zařízení, je předpokládaná životnost odhadována na maximálně 5 let. Opravy jsou naplánovány tedy vždy na začátek šestého roku stáří omítky.

Protože časový horizont pro kompletní obnovu omítky je tak krátký, není uvažováno s běžnými opravami vlivem opotřebení.

5.4.4.2 Chemická injektáž

Výrazně delší životnost je udávána u chemické tlakové injektáže, a to 40–60 let [45]. Ve zvoleném 20letém úseku tedy není nutné sanační systém obnovovat.

Lokální opravy u vnitřních omítek a výmalba z důvodu běžného opotřebení bude prováděna každých 5 let. Fasádní opravy jsou naplánovány po 12 letech provozu.

5.4.4.3 Podřezání zdiva

Mechanická metoda podřezání zdiva působí až dvakrát déle než chemická – až 90 let [45]. Ani u této metody tedy není nutná obnova po 20 letech.

Lokální opravy jsou naplánovány shodně s injektáží, tedy vždy po 5 letech u vnitřních povrchů, po 20 letech u fasády.

5.4.4.4 Vzduchová metoda

Nejtrvanlivější metodou se jeví metoda vzduchová, u které některé zdroje uvádějí dokonce neomezenou životnost. Pro účely posouzení byla životnost vzduchového kanálu stanovena na 100 let. Z toho je patrné, že i tato metoda bude po 20 letech funkční.

Vnitřní omítky budou lokálně vyspraveny a vymalovány opět po každých 5 letech, vnější povrch po uplynutí 12 let.

Všechny metody jsou posuzované v časově nejnepříznivější variantě, u podřezávání je maximální životnost snížena o 10 let, viz následující tabulka.

Tab. 14: Životnost jednotlivých metod a četnost oprav

Metoda	**Životnost metody**	**Vnitřní omítka**	**Vnější omítka**
		Četnost lokálních oprav	Četnost lokálních oprav
Sanační omítky	5 let	-	-
Chemická injektáž	40 let	5 let	12 let
Podřezání zdiva	80 let	5 let	12 let
Vzduchová metoda	100 let	5 let	12 let

5.4.4.5 Postup posouzení

Náklady na sanační omítky jsou uvažovány shodně s počáteční investicí, pro dlouhodobé metody je přiložena upravená část rozpočtu s lokálními opravami vnitřních povrchů (viz Tab. 15) a vnějších povrchů (viz Tab. 16).

Tab. 15: Rozpočet na opravy vnitřních omítek

PČ	Popis	MJ	Množství	JC	CC	
	Úpravy povrchů vnitřní				**80 111,22 Kč**	
1	Oprava vnitřní vápenocementové omítky stěn v rozsahu do 30%	m2	98,3982	128,08	12 602,84 Kč	
2	Penetrace podkladu	m2	327,994	33,83 Kč	11 096,04 Kč	
	Penetrace Cemix ST Start (15 kg)		*347,674*	*13,20 Kč*	*4 589,29 Kč*	[38]
3	Dvojnásobný silikátový nátěr jednobarevný, odstín bílý	m2	327,994	119,00 Kč	39 031,29 Kč	
	Silikátový interiérový nátěr Cemix (24 kg)		*341,114*	*37,50 Kč*	*12 791,77 Kč*	[39]
	CELKEM BEZ DPH				**80 111,22 Kč**	
	DPH 21 %				16 823,36 Kč	
	CELKEM S DPH				**96 934,58 Kč**	

Tab. 16: Rozpočet na opravy vnějších omítek

PČ	Popis	MJ	Množství	JC	CC	
	Úpravy povrchů vnější				**28 523,18 Kč**	
1	Oprava vnější vápenocementové omítky složitosti 1 stěn v rozsahu do 30%	m2	31,329	107,54	3 369,12 Kč	
2	Penetrace podkladu	m2	104,43	29,38	3 068,24 Kč	[38]
	Penetrace Cemix ST Start (15 kg)		*110,70*	*13,20 Kč*	*1 461,18 Kč*	
3	Dvojnásobný silikátový nátěr jednobarevný, odstín bílý	m2	104,43	112,63 Kč	11 762,29 Kč	[40]
	Silikátový fasádní nátěr Cemix (24 kg)		*108,61*	*81,60 Kč*	*8 862,35 Kč*	
	CELKEM BEZ DPH				**28 523,18 Kč**	
	DPH 21 %				5 989,87 Kč	
	CELKEM S DPH				**34 513,05 Kč**	

V přiložené tabulce č. 17 je znázorněn průběh nákladů v časovém horizontu 20 let. Prvních pět let je sloučeno, neboť náklady se nemění a zůstávají stejné jako na začátku. V šestém roce se kompletně obnoví sanační omítkové souvrství a u injektáží, podřezání a vzduchové metody se lokálně vyspraví vnitřní omítky a kompletně se vymalují. To se opakuje v roce jedenáctém i šestnáctém.

V roce třináctém se lokálně opraví fasáda Solnice a obnoví se finální nátěr.

Následující tabulka č. 18 udává přehled počátečních nákladů jednotlivých sanačních metod a celkové náklady vložené do sanačních opatření během 20letého provozu. Poslední sloupeček ukazuje rozdíl mezi těmito hodnotami, tedy náklady na opravy.

Tab. 17: Finanční náklady v průběhu 20let

	Čas [roky]															
Metody	1-5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sanační omítky	796,8	1 593,7	1 593,7	1 593,7	1 593,7	1 593,7	2 390,5	2 390,5	2 390,5	2 390,5	2 390,5	3 187,4	3 187,4	3 187,4	3 187,4	3 187,4
Chemická injektáž	966,2	1 063,1	1 063,1	1 063,1	1 063,1	1 063,1	1 160,0	1 160,0	1 194,5	1 194,5	1 194,5	1 291,5	1 291,5	1 291,5	1 291,5	1 291,5
Podřezání zdiva	1 294,1	1 391,0	1 391,0	1 391,0	1 391,0	1 391,0	1 488,0	1 488,0	1 522,5	1 522,5	1 522,5	1 619,4	1 619,4	1 619,4	1 619,4	1 619,4
Vzduchová metoda	1 630,4	1 727,4	1 727,4	1 727,4	1 727,4	1 727,4	1 824,3	1 824,3	1 858,8	1 858,8	1 858,8	1 955,8	1 955,8	1 955,8	1 955,8	1 955,8

Obnova sanačních omítek komplet
Oprava vnitřních omítek
Oprava vnějších omítek

Tab. 18: Rozdíl nákladů po 20 letech

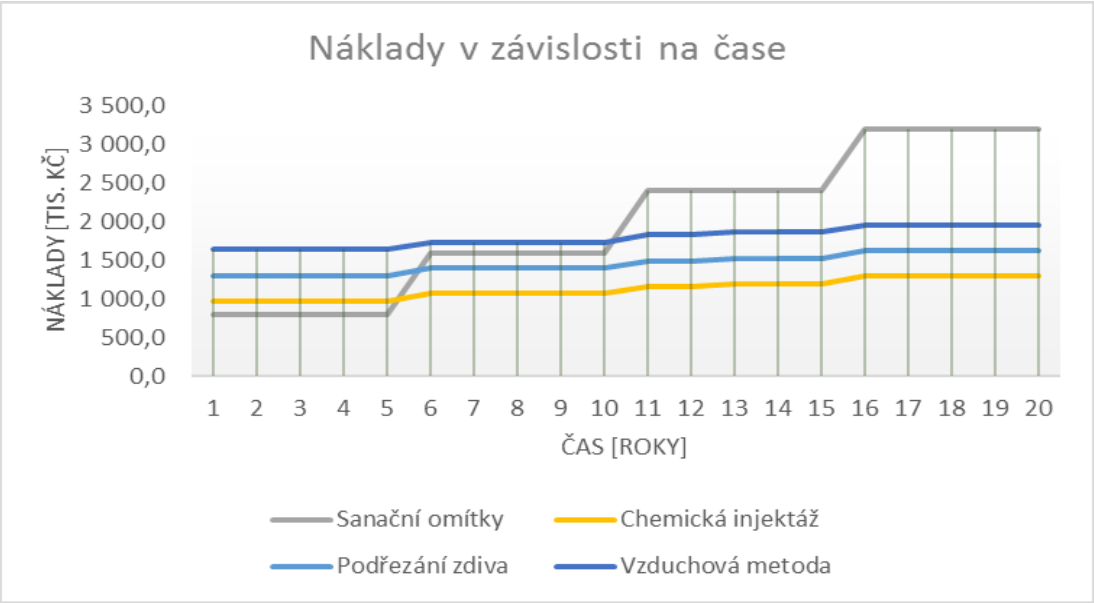
	Celkové náklady		
Metody	Počáteční	Po 20 letech	Rozdíl
Sanační omítky	796 842,44 Kč	3 187 369,76 Kč	2 390 527,32 Kč
Chemická injektáž	966 163,35 Kč	1 291 480,13 Kč	325 316,78 Kč
Podřezání zdiva	1 294 109,35 Kč	1 619 426,13 Kč	325 316,78 Kč
Vzduchová metoda	1 630 438,00 Kč	1 955 754,78 Kč	325 316,78 Kč

5.4.5 Vyhodnocení

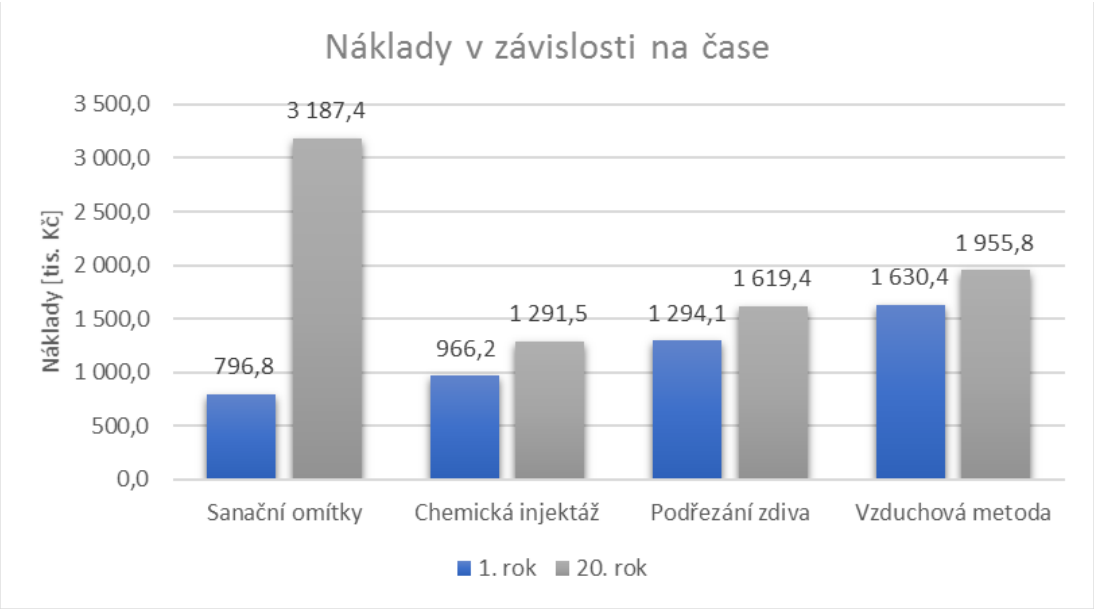
Z uvedených tabulek nákladů vyplývá, že původně nejlevnější metoda sanační omítkový systém je po 20 letech metodou nejnákladnější, protože její cena se v důsledku nutnosti obnovy zčtyřnásobí (viz Obr. 32 a 33).

U chemických injektáží, podřezání zdiva diamantovým lanem i vzduchové metody se pouze lokálně opravují vnější a vnitřní povrchy, náklady tedy narůstají vždy o stejnou částku.

Z toho plyne, že nejvýhodnějším návrhem v dlouhodobém horizontu 20 let je metoda chemických tlakových injektáží s počátečními náklady **966 163,35 Kč** bez DPH, po 20letém provozu navýšené o **325 316,75 Kč** na **1 291 480,13 Kč** bez DPH.



Obr. 32: Graf nákladů v horizontu 20 let



Obr. 33: Rozdíl nákladů v 1. a 20. roce

ZÁVĚR

V teoretické části diplomové práce byla zpracována problematika vlhkosti a dřevěných konstrukcí v objektu. Byly popsány příčiny vzniku vlhkosti – zatékání konstrukčními vadami, vzlínající vlhkost, kondenzace, vlhkost vzniklá mokrými procesy při výstavbě nebo provozní vlhkost. Dále byly představeny možné metody měření vlhkosti. Kapitola je uzavřena způsoby sanace vlhkostních problémů a poruch s teoretickým postupem.

Druhý úsek teoretické části zabývající se dřevěnými konstrukcemi je uveden obecnou charakteristikou dřevin užívaných při výstavbě. Následuje výčet možných vad a poruch – projekční a konstrukční vady, poruchy materiálu a biotické a abiotické faktory. Biotické faktory byly rozebrány podrobněji, jelikož představují nejčastější problém konstrukcí ze dřeva. Závěrem jsou popsána možná řešení pro ochranu a záchranu dřevěných prvků.

V praktické části byl představen řešený objekt historické Solnice, především popisem nosných konstrukcí a zastřešení s popisem přítomných poruch, na které byla navržena sanační opatření. Výčet poruch je doplněn o fotografickou dokumentaci.

Praktická část je věnována především posouzení sanačních návrhů pro svislé stěny zasažené vzlínající vlhkostí. Byly uvedeny čtyři metody a porovnány s ohledem na technologickou náročnost, finanční náklady a časové trvání. Finanční porovnání je provedeno jednak z hlediska počáteční investice, a jednak po 20letém provozu. Tato sekce je doplněna o položkové rozpočty, harmonogramy a vyhodnocující přehledové tabulky a grafy.

Pro zpracování práce byly využity jak teoretické poznatky získané rešerší odborných publikací a zdrojů týkající se dané problematiky, tak informace získané při odborných konzultacích a při studiu a zkušenosti z praxe v terénu.

LITERATURA A DALŠÍ ZDROJE

[1] www.*pavlat-znalec.cz* [online]. [cit. 2018-10-05]. Dostupné z: http://www.pavlat-znalec.cz/nktere-vybrane-otazky-z-problematiky-stavebni-technologie/96-vlhkost-staveb

[2] BALÍK, Michael. *Odvlhčování staveb*. 2., přeprac. vyd. Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-2693-9.

[3] *www.stavba.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2018-09-22]. Dostupné z: https://stavba.tzb-info.cz/podlahy/8050-kontrolni-metody-pro-stanoveni-vlhkosti-podkladnich-vrstev-podlah

[4] Základní vlastnosti stavebních materiálů. [přednáška]. České Budějovice: SPŠ stavební In: *www.docplayer.cz* [online]. [cit. 2018-10-29]. Dostupné z: *https://docplayer.cz/10167088-Zakladni-vlastnosti-stavebnich-materialu.html*

[5] *www.briohranice.cz* [online]. [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: https://briohranice.cz/cm-pristroj-pro-urceni-vlhkosti-betonu

[6] *www.merici-pristroje.eu* [online]. [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: https://www.merici-pristroje.eu/Mereni-podle-oboru/Mereni-klima/Vlhkomery/Vpichovy-vlhkomer-testo-606-2

[7] *www.trotec24.cz* [online]. [cit. 2018-11-14]. Dostupné z: https://trotec24.blob.core.windows.net/product-assets/images/1000x1000/1636566971452850425_7dd15751-f47e-419e-ad1c-a0abf00824d4.jpg

[8] *www.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2018-09-29]. Dostupné z: https://www.tzb-info.cz/4501-monitorovani-vlhkostniho-obsahu-ve-zdivu-pomoci-infracervene-termografie

[9] *www.stavba.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2018-09-29]. Dostupné z: https://stavba.tzb-info.cz/regenerace-domu/10650-optimalni-volba-sanacni-metody-u-objektu-zasazenych-vlhkosti-1-cast

[10] *www.sanace-zdiva.cz* [online]. [cit. 2018-10-11]. Dostupné z: http://www.sanace-zdiva.cz/podrezani-zdiva-diamantovym-lanem.html

[11] *www.aquasaning.cz* [online]. [cit. 2018-11-20]. Dostupné z: http://www.aquasaning.cz/content/dialano.html

[12] *www.sanace-staveb.cz* [online]. [cit. 2019-01-05]. Dostupné z: http://www.sanace-staveb.cz/cs/Sanaceni-technologie/tlakova-injektaz/

[13] *www.stavebnictvi3000.cz* [online]. [cit. 2018-11-30]. Dostupné z: http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/dokonale-funkcni-oplasteni-soklu-z-cementotriskovych-desek-cetris/

[14] *www.gabex.cz* [online]. [cit. 2018-09-25]. Dostupné z: https://www.gabex.cz/Iglu-provetrane-podlady-od-firmy-Gabex.html

[15] *www.weton.cz* [online]. [cit. 2018-12-02]. Dostupné z: http://www.weton.cz/informace/elektroosmoza.html

[16] KOLÁŘ, Josef. Vysoušení zdiva elektroosmotickým systémem Witro. [přednáška]. In: *www.docplayer.cz* [online]. [cit. 2018-11-12]. Dostupné z: *https://docplayer.cz/7005432-Vysouseni-zdiva-vysouseni-zdiva-elektroosmotickym-systemem-witro.html*

[17] *www.asb-portal.cz* [online]. [cit. 2018-12-10]. Dostupné z: https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/fasada/omitky-fasada/sanacni-omitky

[18] *Pracovní postup Cemix: Sanační omítkové systémy na vlhké zdivo*. 2017. Dostupné také z: https://www.cemix.cz/data/files/pp_sanacni_omitkove_systemy_na_vlhke_zdivo1.pdf

[19] KUKLÍK, Petr. Dřevěné konstrukce. [přednáška]. Praha: ČVUT. In: *www.mech.fd.cvut.cz* [online]. [cit. 2018-12-11]. Dostupné z: http://mech.fd.cvut.cz/members/malinovsky/materialy/Drevo%20prezentace.pdf

[20] Dřevo. [přednáška]. Ostrava: Technická univerzita Ostrava. In: *www.homel.vsb.cz* [online]. [cit. 2018-1-1]. Dostupné z: http://homel.vsb.cz/~khe0007/Predmety/Stavebni%20hmoty/Prednaska_drevo.pdf

[21] *www.r.fld.czu.cz* [online]. In: [cit. 2018-11-07]. Dostupné z: http://r.fld.czu.cz/vyzkum/multimedia/lexikon_vad/obr/bel_01.jpg

[22] PTÁČEK, Petr. *Ochrana dřeva ve stavbách*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2326-6.

[23] *www.asb-portal.cz* [online]. [cit. 2018-12-19]. Dostupné z: https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/priciny-poruch-drevenych-staveb-a-konstrukci

[24] *www.ceskestavby.cz* [online]. [cit. 2019-12-03]. Dostupné z: https://www.ceskestavby.cz/clanky/jak-se-zbavit-drevomorky-24047.html

[25] *www.cs.wikipedia.org* [online]. In: [cit. 2018-12-28]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Outkovka_pestr%C3%A1#/media/File:Velvet_Revolver.jpg

[26] *www.ochrana-dreva.cz* [online]. [cit. 2018-11-24]. Dostupné z: http://www.ochrana-dreva.cz/drevokazne-houby/

[27] *www.systemy-lindner.cz* [online]. [cit. 2018-12-15]. Dostupné z: https://systemy-lindner.cz/zdvojene-podlahy-pozarni-bezpecnost-staveb.html

[28] *www.cs.wikipedia.org* [online]. In: [cit. 2018-12-10]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Piaristick%C3%A9_n%C3%A1m%C4%9Bst%C3%AD#/media/File:%C4%8Cesk%C3%A9_Bud%C4%9Bjovice,_Piastrick%C3%A9_n%C3%A1m%C4%9Bst%C3%AD,_muzeum_motocykl%C5%AF.JPG

[29] GREGORA, Lubor a Jana PINCOVÁ. *Technická zpráva*.: *Architektonicko-stavební řešení.* České Budějovice, 2018.

[30] *www.jiznicechy.cz* [online]. In: [cit. 2018-11-24]. Dostupné z: https://www.jiznicechy.cz/thumbnails/1466x892/7/1_708f6300ef1ad1eeef15593e1cdf2a53.jpg

[31] *www.ceskobudejovicky.denik.cz* [online]. [cit. 2018-11-17]. Dostupné z: https://ceskobudejovicky.denik.cz/galerie/rekonstrukce-solnice-jh1709.html?mm=7798344&back=4130129306-219-5&photo=9

[32] *www.wienerberger.cz* [online]. [cit. 2019-01-05]. Dostupné z: https://wienerberger.cz/produkty/velky-prejz-rezna

[33] *www.cemix.cz* [online]. [cit. 2018-12-15]. Dostupné z: https://www.cemix.cz/produkty/zdici-malta-10-mpa

[34] *www.cemix.cz* [online]. [cit. 2018-11-07]. Dostupné z: https://www.cemix.cz/produkty/sanacni-podhoz-wta

[35] *www.cemix.cz* [online]. [cit. 2018-11-24]. Dostupné z: https://www.cemix.cz/produkty/sanacni-omitka-podkladni-wta

[36] www.*cemix.cz* [online]. [cit. 2019-01-05]. Dostupné z: https://www.cemix.cz/produkty/sanacni-omitka-wta

[37] *www.cemix.cz* [online]. [cit. 2018-11-20]. Dostupné z: https://www.cemix.cz/produkty/sanacni-omitka-stukova

[38] *www.cemix.cz* [online]. [cit. 2018-12-20]. Dostupné z: https://www.cemix.cz/produkty/penetrace-st-start

[39] *www.cemix.cz* [online]. [cit. 2018-12-20]. Dostupné z: https://www.cemix.cz/produkty/silikatovy-interierovy-nater

[40] *www.cemix.cz* [online]. [cit. 2018-12-29]. Dostupné z: https://www.cemix.cz/produkty/silikatovy-fasadni-nater

[41] *www.cemix.cz* [online]. [cit. 2018-12-29]. Dostupné z: https://www.cemix.cz/produkty/cementovy-postrik

[42] *www.cemix.cz* [online]. [cit. 2018-12-30]. Dostupné z: https://www.cemix.cz/produkty/jadrova-omitka-rucni

[43] *www.cemix.cz* [online]. [cit. 2019-01-03]. Dostupné z: https://www.cemix.cz/produkty/flexi-stuk

[44] *www.elektro-paloucek.cz* [online]. [cit. 2018-11-12]. Dostupné z: https://www.elektro-paloucek.cz/ventilatory/vetraci-mrizky/vetraci-mrizky-hlinikove/vetraci-mrizka-wdpg-400x200-extrudovany-hlinik-seda

[45] SVOBODA, Pavel. Vlhkost staveb. [přednáška]. Praha: ČVUT. In: *www.docplayer.cz* [online]. [cit. 2018-12-18]. Dostupné z: https://docplayer.cz/17774312-04-vlhkost-staveb-predmet-technologie-rekonstrukci-historickych-objektu.html

DEFINICE A ZKRATKY

Rekonstrukce	Přestavba nebo návrat k původní podobě objektu, jehož stav se nedochoval.
Oprava	Soubor činností pro vrácení poškozeného nebo degradovaného objektu do původního stavu.
Sanace	Přijetí opatření k odstranění příčin a následků a opatření pro nápravu vzniklých škod.
Humidita	Vlhkost, fyzikální veličina udávající obsah vody v látce nebo ve vzduchu.
Hygroskopicita	Schopnost látky vázat na sebe a pohlcovat vlhkost.
Biotické faktory	Prostředí, ve kterém působí živé organismy – houby, plísně, živočichové.
Abiotické faktory	Prostředí, ve kterém působí neživé organismy – voda, vzduch, UV záření.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Zdroje vlhkosti 12

Obr. 2: Čelo zavlhčení 15

Obr. 3: CM přístroj 16

Obr. 4: Odporový vlhkoměr 17

Obr. 5: Příložný vlhkoměr 17

Obr. 6: Fotografie vlhké zdi 18

Obr. 7. Termografický snímek zdi z Obr. 6 18

Obr. 8: Podřezání zdiva pomocí diamantového lana 21

Obr. 9: Schéma podřezávání diamantovým lanem 21

Obr. 10: Schéma tlakové injektáže 24

Obr. 11: Vzduchová mezera zakrytá 26

Obr. 12: Zavěšený sokl z cementotřískových desek 27

Obr. 13: Speciální tvarovky Iglú 28

Obr. 14: Stav před provedením elektroosmózy 29

Obr. 15: Stav po provedení elektroosmózy 29

Obr. 16: Rozdíl mezi uzavřenými a otevřenými póry 30

Obr. 17: Struktura dřeva na řezu 31

Obr. 18: Řezivo naimpregnované tlakovou impregnací 32

Obr. 19: Dřevo napadené dřevomorkou domácí 35

Obr. 20: Outlovka pestrá 35

Obr. 21: Šikmá vzpěra napadená červotočem 37

Obr. 22: Východní pohled na Solnici z Piaristického náměstí 42

Obr. 23: Historický krov Velké Solnice – východní pohled 43

Obr. 24: Historický krov Velké Solnice – jižní pohled 43

Obr. 25: Pohled na valenou klenbu Malé Solnice 44

Obr. 26: Pohled na středové sloupy, trámový strop a dřevěný záklop 45

Obr. 27: Omítka v podkroví Velké Solnice s prasklinou u rohu 46

Obr. 28: Otlučená omítka v přízemí Velké Solnice 46

Obr. 29: Degradovaná část krokve 47

Obr. 30: Zleva: kůrka a hák 48

Obr. 31: nastavení stropních trámů plátováním 49

Obr. 32: Graf nákladů v horizontu 20 let 79

Obr. 33: Rozdíl nákladů v 1. a 20. roce 79

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Přirozená trvanlivost a odolnost nejpoužívanějších dřevin 32

Tab. 2: Legenda k tabulce č. 1. 32

Tab. 3: Třídy ohrožení 38

Tab. 4: Sanační omítkový systém – rozpočet 54

Tab. 5: Sanační omítkový systém – harmonogram 55

Tab. 6: Chemická tlaková injektáž – rozpočet 59

Tab. 7: Chemická tlaková injektáž – harmonogram 60

Tab. 8: Podřezání diamantovým lanem – rozpočet 64

Tab. 9: Podřezání diamantovým lanem – harmonogram 65

Tab. 10: Vzduchová metoda – rozpočet 71

Tab. 11: Vzduchová metoda – harmonogram 73

Tab. 12: Časová náročnost metod 74

Tab. 13: Počáteční náklady metod 75

Tab. 14: Životnost jednotlivých metod a četnost oprav 76

Tab. 15: Rozpočet na opravy vnitřních omítek 77

Tab. 16: Rozpočet na opravy vnějších omítek 77

Tab. 17: Finanční náklady v průběhu 20let 78

Tab. 18: Rozdíl nákladů po 20 letech 78