

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra konstrukcí pozemních staveb



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh rekonstrukce historické budovy
ve Varnsdorfu

Rehabilitation Design of Historical
Building in Varnsdorf

Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb
Vedoucí práce: Ing. Aneta Maroušková

Kristýna Richterová

Praha 2019



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Richterová Jméno: Kristýna Osobní číslo: 458973

Zadávací katedra: Katedra konstrukcí pozemních staveb

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Návrh rekonstrukce historické budovy ve Varnsdorfu

Název bakalářské práce anglicky: Rehabilitation Design of Historical Building in Varnsdorf

Pokyny pro vypracování:

- vypracování stavebně-technického průzkumu vybraného objektu včetně dílčího doměření a schémat se zakreslením zjištěných poruch,
- pořízení fotodokumentace objektu a poruch,
- zpracování podrobného vlhkostního průzkumu včetně průzkumu chemismu;
- analýza možných příčin poruch,
- statické posouzení vybraných konstrukcí,
- zpracování schematické výkresové dokumentace,
- zhodnocení možných sanačních metod a návrh řešení vybraných poruch vhodných pro zadaný objekt.

Seznam doporučené literatury:

Průzkumy a opravy stavebních konstrukcí, Pume, Čermák a kol.

Poruchy, degradace, rekonstrukce - skriptum - Jiří Witzany a kol.

Poruchy a rekonstrukce zděných staveb - Jaroslav Solař

Odvlhčování staveb, Michael Balík a kolektiv

Historické krovy - konstrukce a statika, Jan Vinař, Václav Kufner

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Aneta Maroušková

Datum zadání bakalářské práce: 21.2.2019

Termín odevzdání bakalářské práce: 27.5.2019

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného akademického roku

Podpis vedoucího práce

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou práci na téma „Návrh rekonstrukce historické budovy ve Varnsdorfu“ vypracovala samostatně, za odborného vedení vedoucí práce Ing. Anety Marouškové, a že jsem uvedla všechny použité zdroje v seznamu použité literatury. Dále prohlašuji, že nemám námitek proti užití této bakalářské práce, či její části ve smyslu §60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne

.....

Kristýna Richterová

Poděkování

V první řadě bych chtěla poděkovat mé vedoucí práce Ing. Anetě Marouškové za odborné vedení, cenné rady a připomínky, věnovaný čas a pomoc při vypracování této bakalářské práce. Poděkování patří také paní Ivaně Loušové za umožnění provedení potřebných laboratorních testů a za její spolupráci při zpracování získaných výsledků. Dále bych chtěla poděkovat Mgr. Kateřině Kovářové za pomoc při určení druhu použitého kamene v objektu. Děkuji také Římskokatolické farnosti – děkanství Varnsdorf za umožnění přístupu do objektu a možnosti odebrání potřebných vzorků. V neposlední řadě děkuji své rodině a partnerovi za jejich podporu a pomoc během celého mého studia.

Abstrakt

Předmětem této bakalářské práce je vypracování stavebně-technického průzkumu vybrané historické budovy ve Varnsdorfu včetně návrhu možných sanačních opatření vybraných poruch.

Součástí práce je aktualizace výkresové dokumentace na základě historického projektu a doměření na místě, převedení výkresové dokumentace do digitalizované podoby, zakreslení stávajícího stavu včetně zjištěných vad a poruch a schématické zakreslení navrhovaných sanačních opatření a stavebních úprav.

Na základě stavebně-technického průzkumu, podrobného laboratorního průzkumu a statického posouzení vybraných konstrukcí byly popsány vady a poruchy objektu a byla provedena analýza možných příčin vybraných poruch.

V závěru práce byly mezi sebou porovnány a zhodnoceny možné sanační metody a na základě zjištěných poznatků vybrány ty nejvhodnější pro daný objekt. Vybrané sanační metody byly schématicky zakresleny a byl popsán postup jejich provádění.

Klíčová slova

- Historická budova
- Stavebně-technický průzkum
- Degradace
- Rekonstrukce
- Sanace
- Vlhkost
- Zdivo
- Trám
- Krokev

Abstract

This bachelor thesis deals with a structural-technical survey of a historical building in Vansdorf including design of possible remediation methods for selected damages or failures.

An updating of drawing documentation based on a historical project and on-site measurement, transferring of the drawing documentation to the digitized form, drawing of the current state including defects and failures and schematic drawing documentation of designed remediation methods and building repairs create a significant part of this thesis.

Defects and failures were described based on the structural-technical survey, detailed laboratory research and static check and an analysis of possible causes of selected failures was performed.

Finally, possible remediation methods were mutually compared and evaluated, and the most suitable ones for this object were chosen based on all the findings. The selected remediation methods were schematically drawn, and their technological processes was described.

Key words

- Historical building
- Construction-technical survey
- Degradation
- Rehabilitation
- Remediation
- Moisture
- Masonry
- Girder
- Rafter

Obsah

| | |
|--|----|
| 1. Úvod | 9 |
| 2. Základní informace o objektu..... | 10 |
| 2.1 Údaje o stavbě a jejím umístění | 10 |
| 2.2 Stručný popis objektu..... | 11 |
| 2.3 Historie objektu..... | 12 |
| 2.4 Památková ochrana | 13 |
| 2.5 Architektonické, provozní a dispoziční řešení | 13 |
| 2.6 Výkresová dokumentace | 14 |
| 3. Popis objektu | 17 |
| 3.1 Geologické poměry a základové konstrukce..... | 17 |
| 3.2 Svislé konstrukce | 19 |
| 3.3 Vodorovné konstrukce | 20 |
| 3.4 Vertikální komunikace | 22 |
| 3.5 Konstrukce zastřešení..... | 24 |
| 3.5.1 Spoje krovové konstrukce..... | 26 |
| 3.6 Komínové konstrukce | 27 |
| 3.7 Podlahové konstrukce | 27 |
| 3.8 Okenní a dveřní otvory..... | 27 |
| 3.8.1 Okenní otvory | 27 |
| 3.8.2 Dveřní otvory..... | 28 |
| 3.9 Fasádní prvky a omítky..... | 29 |
| 4. Popis stávajícího stavu a poruch..... | 32 |
| 4.1 Základové konstrukce | 32 |
| 4.2 Nosné zděné stěny a pilíře..... | 32 |
| 4.3 Zděné klenbové stropní konstrukce | 34 |
| 4.4 Dřevěné stropní konstrukce..... | 35 |
| 4.5 Krov a konstrukce zastřešení | 38 |
| 4.6 Komíny..... | 41 |
| 4.7 Poruchy nenarušující statiku objektu | 41 |
| 4.8 Shrnutí poruch vyskytující se v objektu..... | 42 |
| 5. Podrobný vlhkostní průzkum | 43 |
| 5.1 Analýza vlhkosti – Gravimetrická (vážková) metoda..... | 44 |
| 5.1.1 Vyhodnocení výsledků měření | 47 |
| 5.2 Zdroje vlhkosti v objektu | 50 |
| 5.3 Analýza vodorozpustných solí v konstrukci | 52 |
| 5.3.1 Kvalitativní analýza | 56 |
| 5.3.2 Kvantitativní analýza | 57 |
| 5.3.3 Vyhodnocení výsledků měření | 58 |
| 5.3.4 Stanovení pH vzorků | 59 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 5.4 | Zdroje vodorozpustných solí v objektu..... | 59 |
| 5.5 | Analýza biotických činitelů stavebních materiálů | 61 |
| 5.5.1 | Mikromycety (plísně) | 61 |
| 5.5.2 | Řasy, mechy, lišejníky | 65 |
| 5.5.3 | Vyšší rostliny | 67 |
| 5.6 | Shrnutí podrobně vlhkostního průzkumu..... | 68 |
| 6. | Návrh sanačních opatření | 69 |
| 6.1 | Sanace vlhkého zdiva | 69 |
| 6.1.1 | Nutná opatření před aplikací vhodné sanační metody | 70 |
| 6.1.2 | Odkopání základových konstrukcí..... | 71 |
| 6.1.3 | Sanace podlahových konstrukcí podzemního podlaží | 72 |
| 6.1.4 | Vodorovná hydroizolační clona tlakovou chemickou injektáží | 76 |
| 6.1.5 | Sanační omítky | 78 |
| 6.1.6 | Zhodnocení navržené sanace vlhkosti zdiva..... | 81 |
| 6.2 | Sanace komínových těles | 82 |
| 6.2.1 | Komínová tělesa pro odvod spalin..... | 82 |
| 6.2.2 | Komínová tělesa jako výdechový otvor provětrávané podlahy..... | 83 |
| 6.3 | Sanace dřevěných stropních konstrukcí | 84 |
| 6.3.1 | Sanace dřevěných prvků stropní konstrukce | 86 |
| 6.3.2 | Návrh a posouzení dřevěné trámové stropní konstrukce 1.NP | 90 |
| 6.3.3 | Zhodnocení navržené sanace dřevěných stropních konstrukcí..... | 97 |
| 6.4 | Sanace krovu a konstrukce zastřešení | 98 |
| 6.4.1 | Zhotovení nového střešního pláště | 98 |
| 6.4.2 | Sanace chemické koroze dřevěných prvků..... | 100 |
| 6.4.3 | Sanace dřevěných prvků napadené dřevokaznými činiteli | 101 |
| 6.4.4 | Sanace porušené krokve..... | 104 |
| 6.4.5 | Sanace sloupků | 104 |
| 6.4.6 | Posouzení nové vyměněné krokve konstrukce krovu..... | 106 |
| 6.4.7 | Zhodnocení sanace krovu a konstrukce zastřešení, | 122 |
| 6.5 | Další potřebná opatření pro celkovou sanaci objektu | 122 |
| 7. | Závěr..... | 124 |
| 8. | Seznam použité literatury | 126 |
| 9. | Seznam použitých norem | 128 |
| 10. | Seznam tabulek, grafů a obrázků | 129 |
| 10.1 | Tabulky | 129 |
| 10.2 | Grafy | 129 |
| 10.3 | Obrázky | 129 |
| 11. | Přílohy..... | 134 |
| 11.1 | Schematická výkresová dokumentace..... | 134 |
| 11.2 | Technické listy – podklady výrobců | 134 |

1. Úvod

V rámci bakalářské práce se zabývám stavebně-technickým průzkumem a návrhem rekonstrukce historické budovy ve Varnsdorfu. Objekt se nachází v zastavěné části obce v ulici Havlíčkova severozápadně od centrálního náměstí a jeho stavba byla dokončena v 80. letech 19. století. Z počátku byla stavba využívána jako škola, později pak sloužila pro společenské a kulturní účely, výzkum, vzdělání a zdravotnictví.

V průběhu své životnosti byla několikrát modernizována a rekonstruována, dnes již však nemá objekt využití a chátrá. Mnohé poruchy v objektu jsou zapříčiněny zanedbanou údržbou, opotřebením materiálu, jeho stárnutím a také vlivem působení povětrnostních podmínek. Interiér budovy byl také značně poškozen vandaly, kteří v objektu vytrhali parkety a mříže okenních otvorů suterénu, vybourali dveře i příčky a demontovali ústřední vytápění a sociální zařízení. Na základě toho byl nakonec objekt zajištěn proti vniku nepovolaných osob a bylo naplánované oplocení celého areálu, které ovšem nikdy nebylo zrealizováno.

Tato již 135 let stará stavba, která měla v minulosti uplatnění v odvětví školství či zdravotnictví, by dnes zasloužila řádně rekonstruovat, jelikož mnohé její konstrukce jsou ke dnešnímu dni v havarijním stavu a životu nebezpečné pro její uživatele. K zachování architektonického dědictví je zapotřebí pro tyto historické opuštěné chátrající stavby najít nové využití a nenahrazovat je budovami novými, a tak zachovat historický odkaz i pro naší další generaci. To byl jeden z hlavních důvodů volby mého tématu bakalářské práce, neboť se jedná o mohutnou stavbu dříve významnou pro mé rodné město. Jelikož jsem také vždy obdivovala staré stavby a atmosféru, která z nich dýchá, byl výběr mé bakalářské práce zcela očividný.

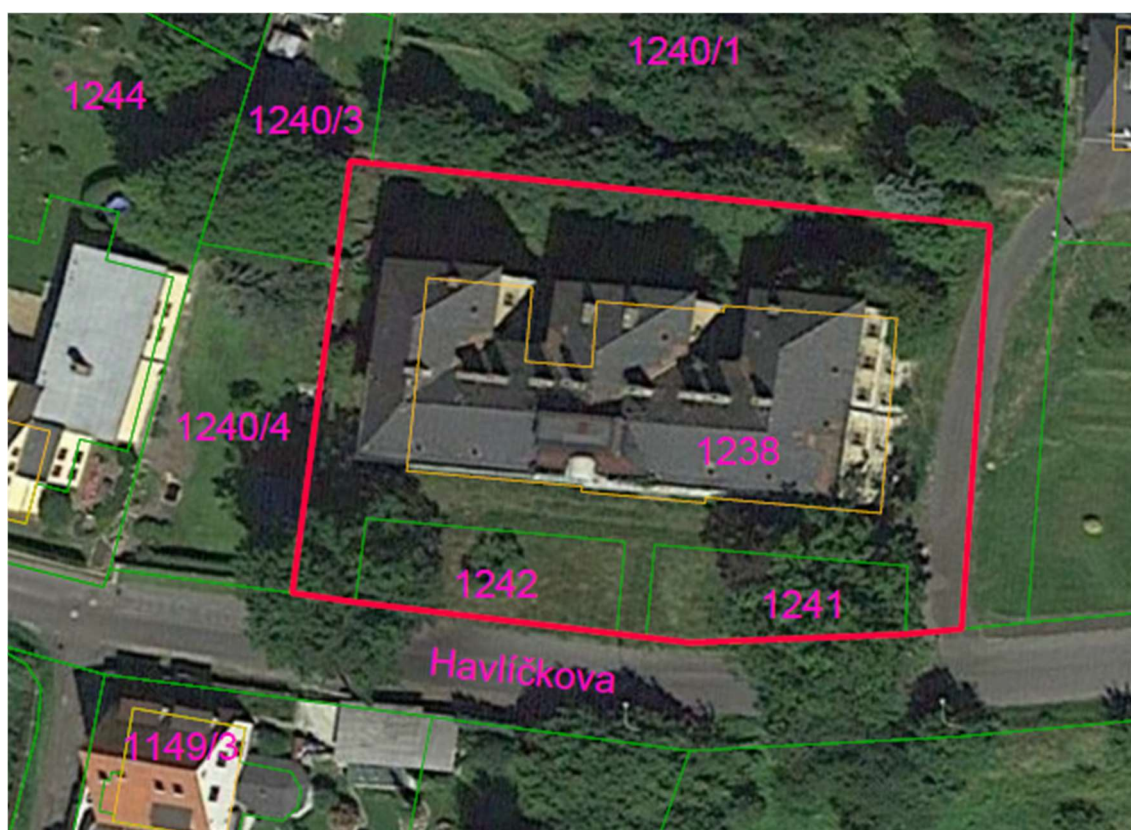
Cílem bakalářské práce je tedy vypracování stavebně technického průzkumu vybraného objektu včetně doměření a schémat se zakreslením zjištěných poruch. Práce bude doplněna o fotografie jednotlivých poruch a o analýzu jejich možných příčin. Další z cílů je zpracování podrobného vlhkostního průzkumu a chemismu nejvíce zasažené části objektu, statické posouzení vybraných konstrukcí a zhodnocení možných sanačních metod a návrh řešení vybraných poruch vhodných pro zadaný objekt.

2. Základní informace o objektu

2.1 Údaje o stavbě a jejím umístění

Historická stavba občanského vybavení z konce 19. století se nachází ve Varnsdorfu v ulici Havlíčkova severozápadně od centrálního náměstí města. Jedná se o samostatně stojící objekt na pozemku s parcelním číslem 1238 katastrálního území Varnsdorf [776971] o celkové výměře 1991 m². K nemovitosti dále náleží pozemky s parcelním číslem 1241 a 1242, které tvoří před budovou nádvoří o celkové ploše 368 m² [1].

Za objektem se rozprostírá poměrně velká zahrada, na západní a jižní straně je vybudována zástavba rodinných domů a na východní straně od objektu se nachází sídlo státní policie. Budova stojí na území s převažujícím radonovým indexem dva, nenachází se v povodňové oblasti a ani na území seismické aktivity.



Obrázek 1: Katastrální mapa s vyznačeným objektem [1]

2.2 Stručný popis objektu

Jedná se o dvoupodlažní podsklepený objekt se zděným konstrukčním systémem. Zastřešení je řešeno valbovou střechou, jejíž nosnou konstrukci krovu tvoří vaznicová soustava (stojatá stolice). Vodorovné konstrukce jsou zhotoveny trémovými stropy a klenbami nad suterénem, chodbami a místnostmi s hygienickým zařízením. Celková zastavěná plocha objektu činí přibližně 660 m² a nejvyšší bod budovy se nachází ve výšce cca 16,9 metrů nad úrovní terénu.



Obrázek 2: Pohled na hlavní vstup do budovy – jižní fasáda objektu



Obrázek 3: Pohled na severní fasádu objektu



Obrázek 4: Pohled na východní fasádu objektu



Obrázek 5: Pohled na západní fasádu objektu

2.3 Historie objektu

Dle archivních podkladů Městského úřadu Varnsdorf byla budova dokončena v roce 1884 a poté využívána pro společenské a kulturní účely, výzkum, vzdělávání a zdravotnictví. Modernizace budovy proběhla v letech 1929 a 1936 a od druhé poloviny 20. století sloužila jako internát pro místní školy obce. Na konci 20. století již nebyl objekt využíván a před převzetím do vlastnictví Římskokatolické farnosti roku 1999 byla nemovitost v havarijním stavu. Na pozemku byla také vybudována černá skládka, která již byla nemalými náklady odstraněna. V prvních letech ve správě farnosti byla snaha o celkovou rekonstrukci objektu. Roku 2001 byl zhotoven propočet stavebních nákladů na rekonstrukci budovy, která měla poté sloužit pro potřeby deponitáře ohrožených movitých památek. V objektu měly být umístěny hodnotné kulturní památky z venkovských kostelů z územního obvodu vikariátu Děčín, u kterých hrozilo jejich odcizení. V budově měla být také vybudována knihovna a byt správce. V ostatních prostorách bylo počítáno se zřízením centra pro mládež, které mělo být využíváno především Biskupským gymnáziem a farností Varnsdorf.

Plánovaná rekonstrukce objektu měla být dokončena v roce 2005, ale došlo pouze k výměně oken celého objektu, k opravám většiny prostor prvního nadzemního podlaží a místností západního křídla v druhém nadzemním podlaží. Tyto rekonstrukce neproběhly však příliš zdařile a u mnohým již opravených místností jsou viditelné

poruchy, které nebyly v rámci oprav dostatečně podchyceny. Rekonstruované místnosti pak byly využívány na svatební obřady, hostiny a příležitostné akce Římskokatolické farnosti města Varnsdorf. V posledních letech objekt nemá opět využití a mnohé konstrukce jsou neschopné provozu.

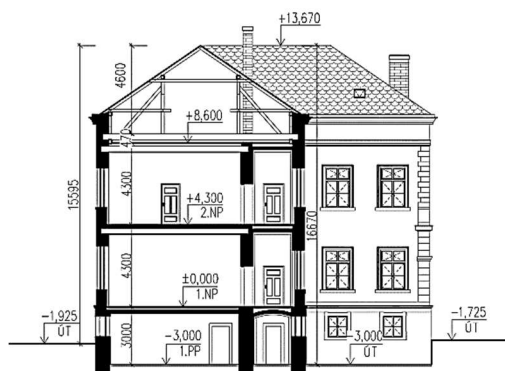
2.4 Památková ochrana

Budova není památkově chráněna a není v památkově ani jinak chráněné zóně [1].

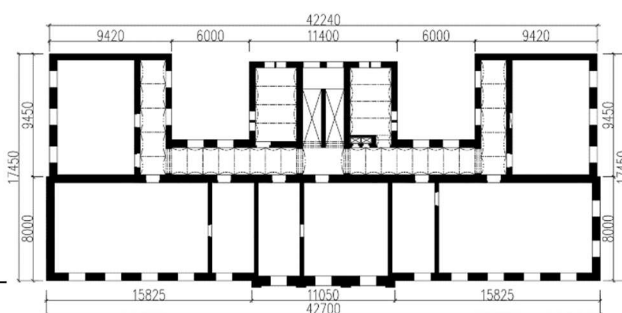
2.5 Architektonické, provozní a dispoziční řešení

Půdorys budovy je tvořen třemi křídly a tvarem připomíná písmeno E. Objekt je symetrický dle středové osy a jeho hlavní vchod se nachází na jižní straně budovy směrem do ulice Havlíčkova, která lemují nádvoří rozkládající se před budovou.

Ve středním křídle se nachází hlavní vertikální komunikace. Ta je zajištěna pomocí dvouramenného kamenného schodiště propojující suterén, dvě nadzemní podlaží a podkroví objektu.



Obrázek 6: Schématický řez objektem



Obrázek 7: Schématický půdorys objektu (2.NP)

1. PP

Do suterénu se vchází po kamenném schodišti, které překonává konstrukční výšku tři metrů. Podélná chodba podzemního podlaží propojuje grafickou dílnu s temnou komorou, šatny, umývárny, skladovací prostory, kotelnu, prádelnu a kuchyň.

1. NP

Hlavní vchodové dveře z ulice Havlíčkova vedou do vestibulu budovy, jenž je napojen žulovým schodištěm o devíti schodišťových stupních na centrální chodbu budovy. Z chodby se pak dále dá jít do tří učeben, jednoho přednáškového sálu, dvou kabinetů, místnosti určené pro školníka, šaten a sociálních zařízení. Konstrukční výška podlaží činí 4,3 metrů.

2. NP

Kamenné dvouramenné schodiště propojující obě nadzemní podlaží se napojuje na chodbu druhého patra, ze které vedou dveře do čtyř učeben, dvou kabinetů, ředitelny, sborovny s knihovnou, šaten a sociálních zařízení. Konstrukční výška podlaží činí 4,3 metrů.

Podkroví

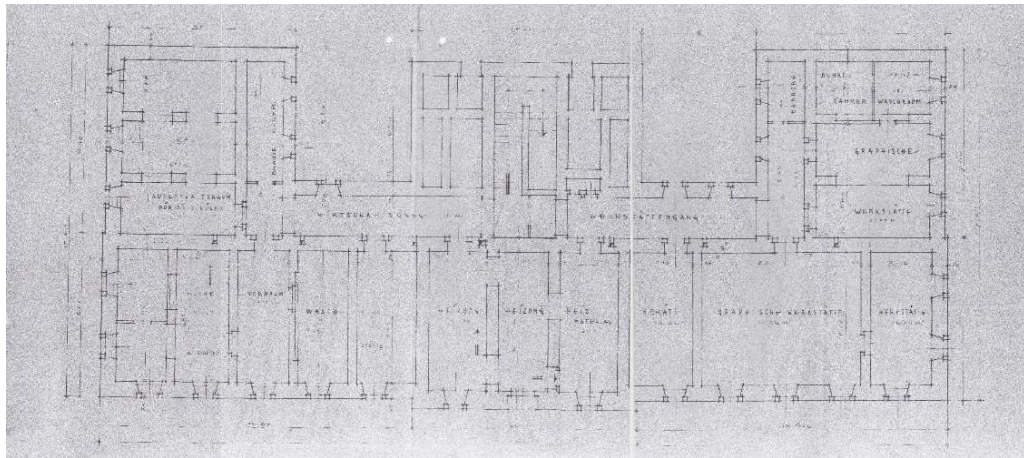
V podkroví objektu se nachází pouze půdní prostor, kde je umístěna strojovna nákladního výtahu, který probíhá od suterénu až do druhého nadzemního podlaží.

Výše popsaná dispozice objektu odpovídá původnímu rozložení podle projektové dokumentace z roku 1935 [2]. V průběhu existence objektu byl účel jednotlivých místností změněn. Po převzetí nemovitosti Římskokatolickou církví byla v prvním nadzemním podlaží vybudována kuchyň a společenský sál, v západním křídle druhého nadzemního podlaží pak bytová jednotka sloužící pro ubytování sociálně slabších obyvatel. V současné době není objekt využíván, je prázdný a neobydlený.

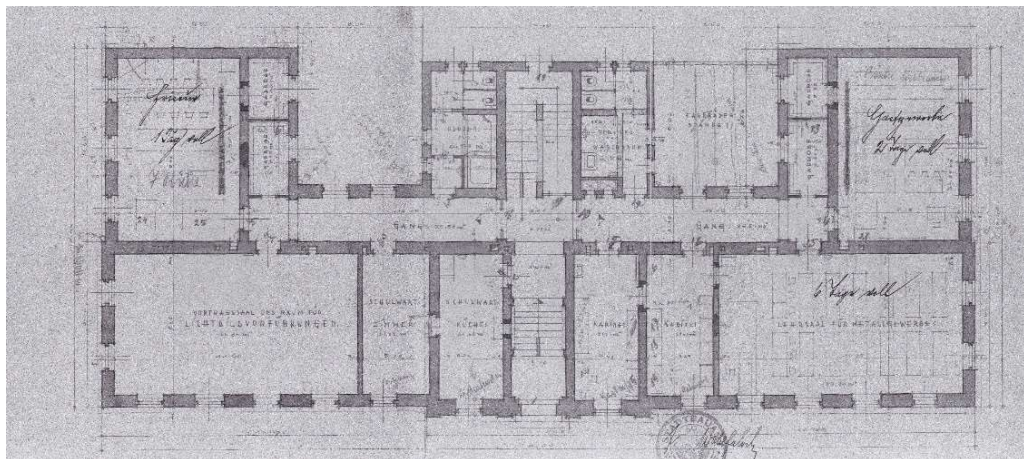
2.6 Výkresová dokumentace

Výkresová dokumentace k objektu je zachována z roku 1935 v měřítku 1:100 a je uschována na stavebním úřadě města Varnsdorf v papírové podobě. Kopie této výkresové dokumentace byly použity jako podklad pro převedení do elektronické formy.

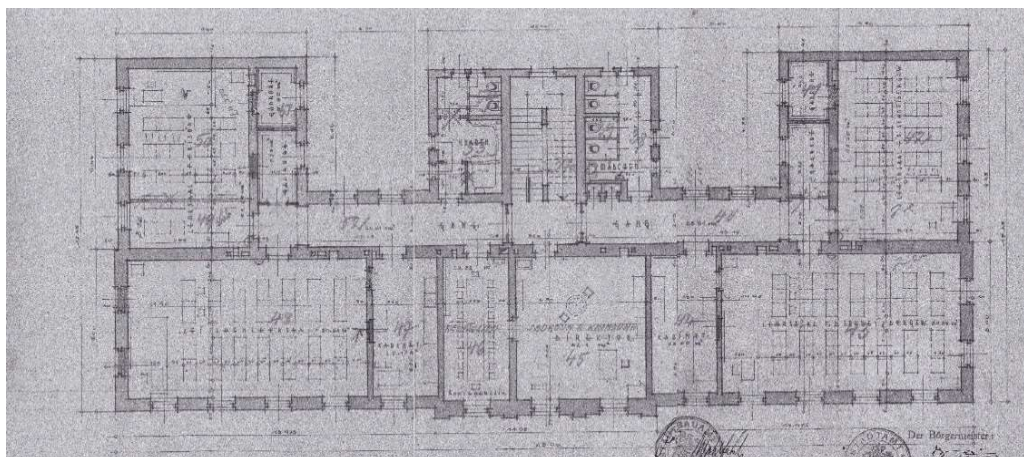
Návrh rekonstrukce historické budovy ve Varnsdorfu
Základní informace o objektu



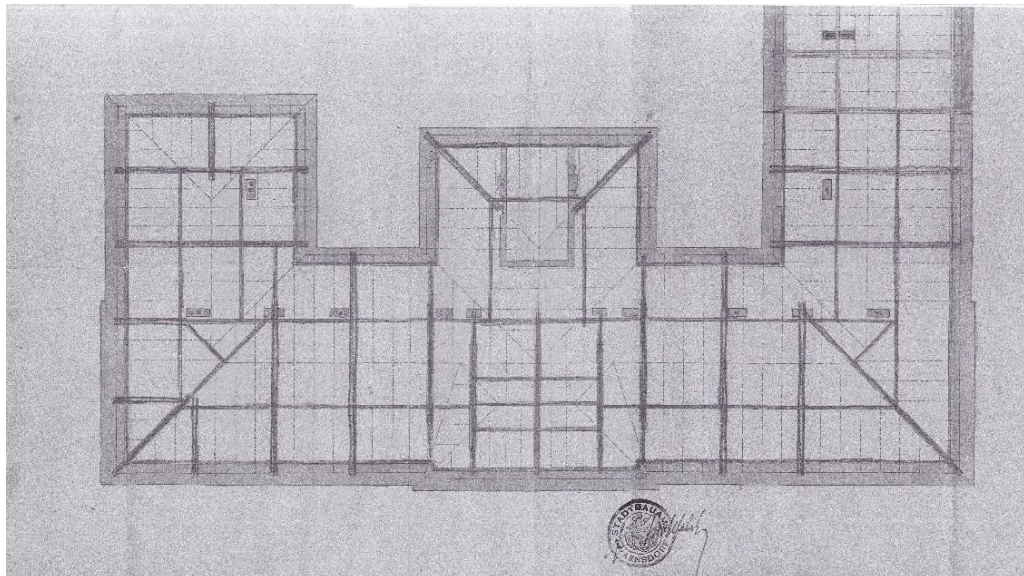
Obrázek 8: Projektová dokumentace z roku 1935 - půdorys 1.PP [2]



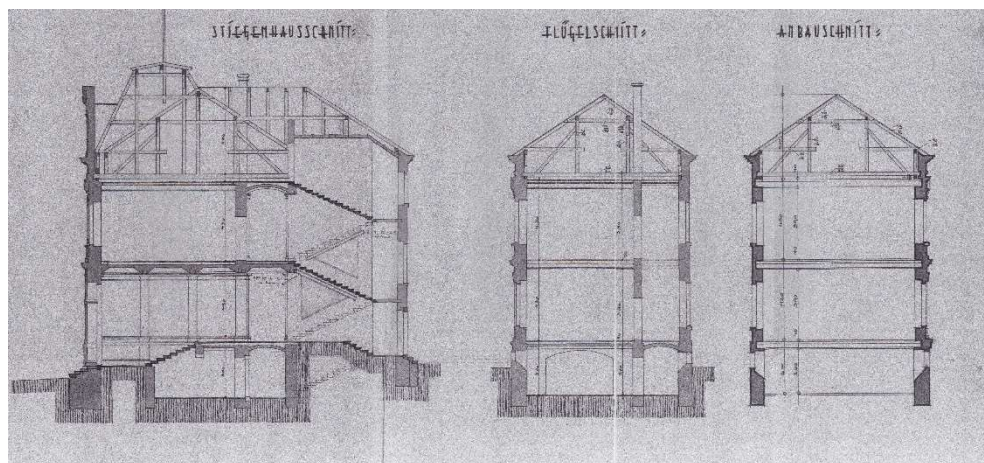
Obrázek 9: Projektová dokumentace z roku 1935 - půdorys 1.NP [2]



Obrázek 10: Projektová dokumentace z roku 1935 - půdorys 2.NP [2]



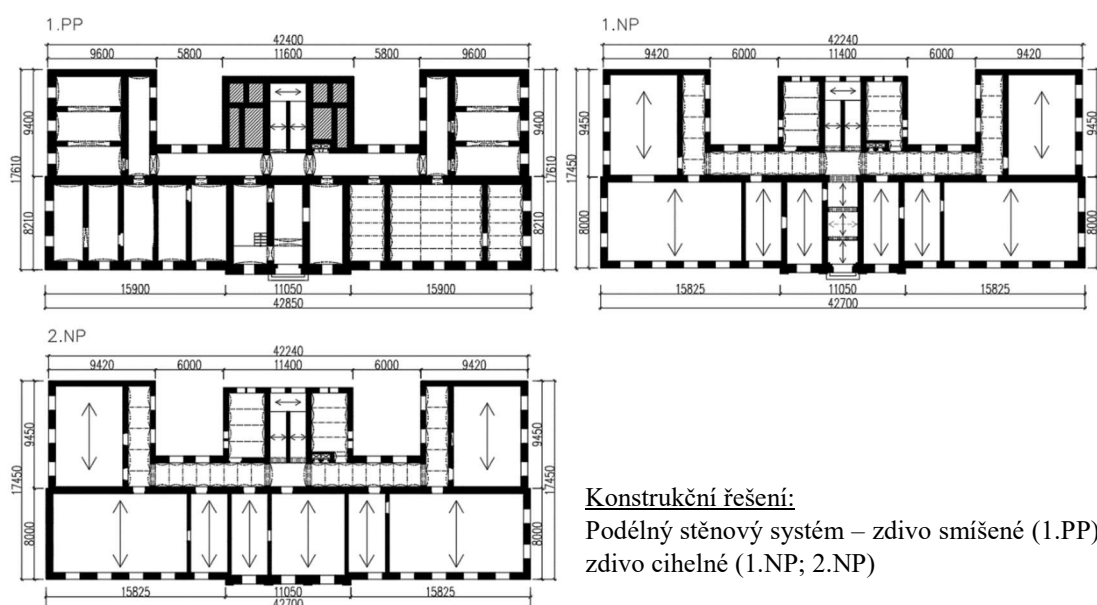
Obrázek 11: Projektová dokumentace z roku 1935 - výkres krovu [2]



Obrázek 12: Projektová dokumentace z roku 1935 - řezy objektem [2]

3. Popis objektu

Konstrukční systém budovy tvoří podélný stěnový systém se schodištěm situovaným ve středním křídle budovy. Nosné stěny nadzemních podlažích jsou zděné z cihel plných pálených klasického formátu 290x140x65 mm. Suterénní nosné zdi jsou zhotoveny ze smíšeného zdiva, a to z kamenného a cihelného, zděné na vápennou maltu. Vodorovné nosné stropní konstrukce tvoří klenby nebo dřevěné trémové stropy. Objekt je zastřešen šikmou střechou se skládanou krytinou. Nosnou konstrukci krovu tvoří vaznicová soustava – stojatá stolice.



Konstrukční řešení:

Podélný stěnový systém – zdivo smíšené (1.PP);
zdivo cihelné (1.NP; 2.NP)

Obrázek 13: Konstrukční systém objektu

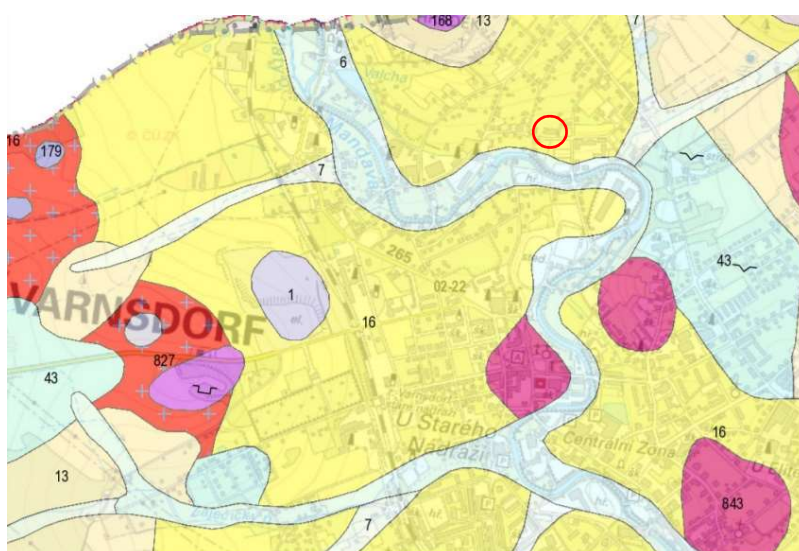
3.1 Geologické poměry a základové konstrukce

Skalní podloží v místě polohy objektu je tvořeno především sprašemi a sprašovými hlínami eolického původu. Jedná se o nezpevněný typ horniny tvořený kvarterními sedimenty, který je součástí Českého masivu.

K základovým konstrukcím není zachována žádná výkresová dokumentace, ani k této části objektu není možný přístup, proto nelze přesně určit, jak je uvažovaný objekt založen ani v jaké hloubce se nachází základová spára.

Ve výkresech řezů z roku 1935 jsou základové konstrukce naznačeny a vzhledem ke stáří a charakteru budovy se dá předpokládat, že je objekt založen na plošných základech – pasech, které jsou zhotoveny z lomového kamene.

V okolí místa objektu se nacházejí tři opuštěné lomy. Ve dvou z nich byl těžen sodalitický fonolit, ve zbývajícím olivinický nefelinit [3]. Na zhotovení základových konstrukcí a nosných suterénních stěn ze smíšeného zdiva byl pravděpodobně použit kámen z jednoho ze jmenovaných lomů. Pro určení přesného použitého druhu lomového kamene byl z objektu odebrán vzorek a přinesen na katedru geologie ČVUT, kde byl zkoumán odbornými pracovníky katedry, kteří se nakonec přiklonili k původu kamene z lomu sodalitického fonolitu.



Geneze: eolická
Horninový typ: sediment nezpevněný
Hornina: spraš a sprašová hlína 16
Soustava: Český masiv
Oblast: kvartér
Éra: Kenozoikum
Útvar: Kvartér
Oddělení: pleistocén
Textura horniny: celistvá
Barva horniny: okrová
Minerální složení: křemen + příměsi + CaCO₃

Obrázek 14: Geologická mapa 1:50 000 [3]

3.2 Svislé konstrukce

Na několika místech vnitřních i vnějších stěn objektu byla omítka značně narušena nebo dokonce zcela chybí. Proto bylo možné stanovit, jaké zdivo na stavbu svislých nosných i nenosných konstrukcí bylo použito. Na pořízených fotografiích v rámci stavebně technického průzkumu lze vidět, že svislé konstrukce suterénu jsou zhotoveny ze smíšeného zdiva. Tloušťka obvodových stěn prvního podzemního podlaží je převážně 750 mm s výjimkou čtyř stěn orientovaných na sever s tloušťkou 600 mm. Vnitřní stěny suterénu jsou šířek 450, 600 a 750 mm.



Obrázek 15: Pohled na vnitřní stěnu 1.PP – smíšené zdivo



*Obrázek 16: Pohled na vnitřní stěnu 2.NP
– cihly plně pálené klasického formátu – běhounová vazba*

Svislé obvodové konstrukce nadzemních podlažích jsou shodných rozměrů. Na jižní straně objektu jsou tloušťky 750 a 600 mm, na východní a západní 600 mm a na severní straně poté nosné zdivo tloušťky 450 mm. Vnitřní dispozice nadzemních podlažích není zcela totožná. Tvoří ji stěny šířek 300, 450 mm a jedna probíhající podélná ztužující stěna tloušťky 600 mm situovaná přibližně uprostřed šířky objektu. Tato stěna zároveň plní i funkci protipožárního opatření.

V každém podlaží je svislý nosný stěnový systém doplněn příčkami. V suterénu jsou vyzděny z cihel plných pálených na vápennou maltu a jejich šířka činí 150 mm. Cihly plné pálené jsou také použity v nadzemních podlažích, a to pro příčky tloušťek 150 a 250 mm. Příčky menších šířek (80 a 110 mm) jsou poté vybudovány z takzvaného heraklitu – lisovaných desek z dřevěné vlny z jehličnatého dřeva.

Přesné rozložení nosných stěn, příček a komínových těles viz výkresová dokumentace, která byla zhotovena v rámci bakalářské práce.

3.3 Vodorovné konstrukce

V objektu se nacházejí dva typy vodorovných nosných konstrukcí. Stropní konstrukci nad prvním nadzemním podlaží tvoří valené klenby, které jsou klenuty do nosných stěn, klenutých pásů nebo uloženy na ocelové nosníky průřezu I 180. Klenby do traverz typu zrcadlové nebo valené se nacházejí také v nadzemních podlažích a tvoří stropní konstrukci chodby a sociálního zázemí v obou patrech.

Valené klenby do nosných zdí či do traverz jsou v objektu sestrojeny o maximálním rozpětí přibližně 3,1 metrů a jejich vzepětí je cca 150 až 200 mm. U klenutých pásů v suterénu budovy je pak vzepětí okolo 500 mm a rozpětí do rozponu 3,6 m.



Obrázek 17: Stropní konstrukce chodby 2.NP – valená klenba do traverz



Obrázek 18: Stropní konstrukce vestibulu – zrcadlová klenba do traverz

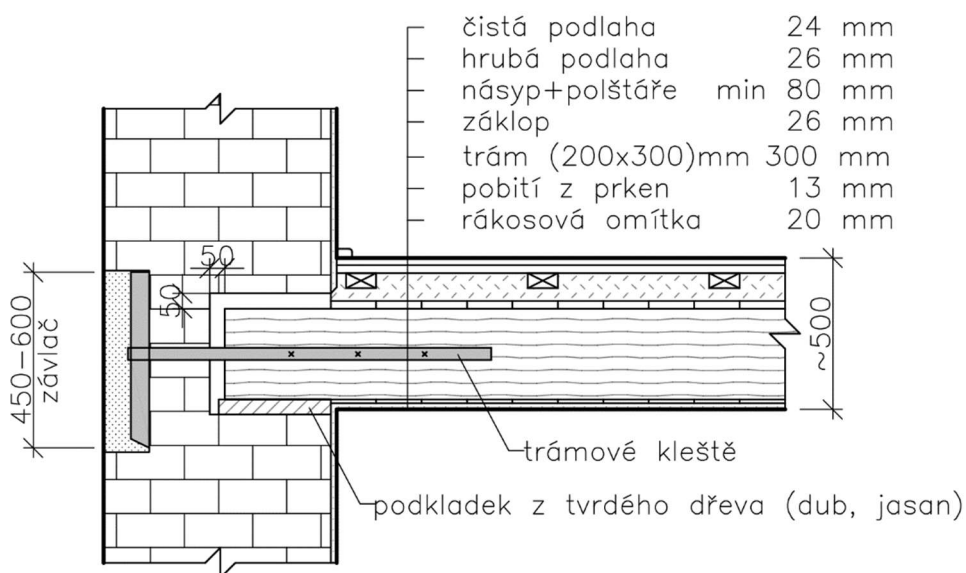


Obrázek 19: Stropní konstrukce suterénu – valená klenba klenutá do nosné zdi a klenutého pásu

V ostatních místnostech objektu je vodorovný nosný systém tvořen dřevěnými trámovými stropy, které jsou doplněny rovnými omítanými podhledy. Stropnice, které tvoří hlavní nosný prvek této konstrukce, mají průřezový rozměrů přibližně 200x300 mm a jsou umístěny v osových vzdálenostech cca 1,0 m. Jsou uloženy v tzv. kapsách nosných stěn, kde je jejich zhlaví navíc kotveno závlačí a trámovými kleštěmi. Součástí této stropní konstrukce dále tvoří záklop, násyp s polštáři a rákosová omítka.



Obrázek 20: Dřevěný trámový strop 2.NP



Obrázek 21: Schéma dřevěné trámové stropní konstrukce

Nadpraží okenních otvorů je tvořeno z klenutých cihelných pásů. Nad dveřními otvory je tvořeno dřevěnými fošny, nad kterými jsou vyzděné rovné překlady z cihel plných pálených. V rámci rekonstrukcí v předchozích letech byla některá nadpraží dveřních otvorů zesílena ocelovým profilem, a to především v místech dodatečně prováděných otvorů ve svislých nosných konstrukcích.



Obrázek 22: Nadpraží dveřního otvoru tvořeno dřevěnými fošny a vyzděným rovným překladem z cihel plných pálených

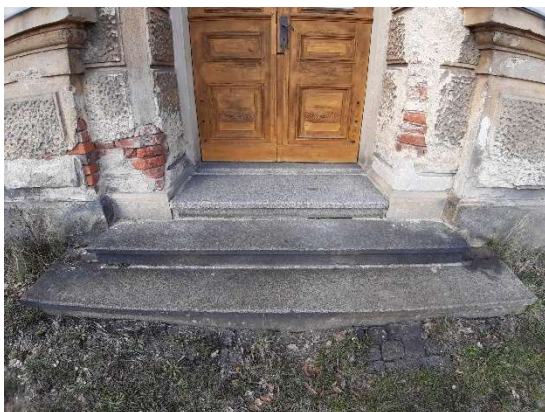


Obrázek 23: Cihelný klenutý pás nad okenním otvorem

3.4 Vertikální komunikace

Vertikální komunikaci objektu můžeme rozdělit na vnější a vnitřní. Vnější vertikální komunikace se nachází před hlavními vstupními dveřmi a je tvořena třemi schodišťovými stupni ze žulového kamene kladeného do písku, jejichž šířka je přibližně 260 mm a výška 180 mm.

Uvnitř objektu se poté nachází několik schodišť. První schodiště nalezneme hned při vstupu do objektu a vede ze zádveří do úrovně podlahy prvního nadzemního podlaží. Jeho schodišťové stupně šířky cca 315 mm a výšky 150 mm jsou zhotoveny z opracovaného tesaného žulového kamene, rameno je v šířce 2700 mm a obsahuje celkem devět schodišťových stupňů.



Obrázek 24: Venkovní žulové schodiště před hlavními vstupními dveřmi



Obrázek 25: Schodiště ze zádveří do úrovně podlahy 1.NP

Hlavní vnitřní vertikální komunikace je umístěna ve středním křídle stavby. Jedná se o schodiště dvouramenné se střední vřetenovou zdí tloušťky 300 mm, které propojuje všechna nadzemní podlaží a půdní prostor. Jeho stupně jsou z opracovaného tesaného kamene a šířka schodišťového ramene činí 1450 mm a obsahuje celkem 15 schodišťových stupňů o výšce cca 145 mm a šířce 300 mm. Výjimkou je rameno schodiště vedoucí do půdního prostoru, které je navíc na jeho konci doplněno o 3 dřevěné schodišťové stupně. Do prostor suterénu vede schodiště překonávající konstrukční výšku 3000 mm. Je tvořeno 20 schodišťovými stupni výšky 150 mm a šířky 300 mm. První rameno obsahuje celkem 5 těchto schodišťových stupňů, druhé rameno zbylých 15. V prostorách podzemního podlaží se nachází poslední schodiště, které umožňuje přístup k hlavnímu kotli budovy. Žádné z uvedených schodišť není v současné době vybaveno zábradlím.

V objektu se také nachází nákladní výtah probíhající ze suterénu až do druhého nadzemního podlaží, jehož strojovna je umístěna v podkroví budovy.



Obrázek 26: Hlavní vertikální komunikace objektu



Obrázek 27: Strojovna nákladního výtahu umístěná v podkroví objektu

3.5 Konstrukce zastřešení

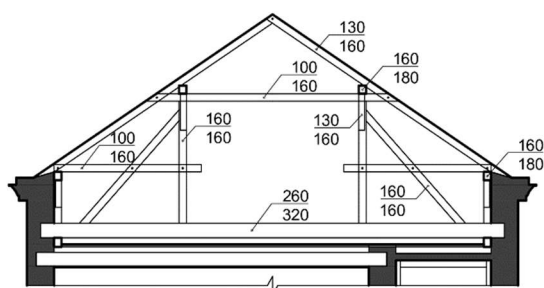
Zastřešení objektu je řešeno šikmou střechou se skládanou krytinou z pálených střešních tašek bez drážek „podmazávané“ šamotovou maltou. Nosnou konstrukci krovu tvoří tzv. vaznicová soustava se vzpěrami – stojatá stolice. Krokve (130/160), jež jsou základním prvkem konstrukce krovu, jsou umístěny kolmo k okapu a zajišťují přenos zatížení vlastní tíhy střešní konstrukce a klimatického zatížení. Jejich osová vzdálenost je přibližně 800-1000 mm. Tyto prvky jsou namáhány tlakem a ohybem a jsou osedlány na středovou vaznici, kterou jsou zároveň i podporovány. Vaznice (160/180) krovu spojují plné vazby, přenáší zatížení krokví na nosnou soustavu a jsou namáhány ohybem. Okapové vaznice (160/180) jsou v plných vazbách podepřeny sloupky s pásky a jsou od podlahy podkroví vzdálené přibližně jeden metr. Sloupky (160/160) tvoří svislou nosnou konstrukci krovové konstrukce a podporují vaznice. Vazné trámy (260/320) zachycují

vodorovnou složku výsledného podporového tlaku působícího v místě uložení krokví a dále přenášejí síly od sloupků a šikmých vzpěr do svislých nosných konstrukcí.

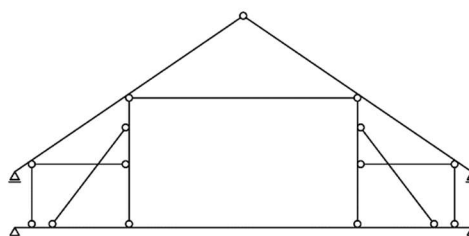
Základním prvkem příčného ztužení krovu objektu jsou kleštiny (100/160). Ty svazují vaznice, sloupky a krokve v plných vazbách. Podélnou tuhost zajišťují pásky (130/160), které jsou namáhány tlakem a zkracují rozpětí vaznic. Dalším prvkem příčného ztužení jsou vzpěry (160/160), které ztužují krov v plných vazbách a které spolupůsobí při přenosu zatížení [4].



Obrázek 28: Krov objektu z konce 19. století



Obrázek 29: Schématický řez krovem s vyznačenou dimenzí dřevěných prvků



Obrázek 30: Statické schéma krovu

3.5.1 Spoje krovové konstrukce

Důležitou součástí konstrukce krovu je správné provedení jeho jednotlivých spojů, jenž zajišťují prostorovou tuhost a spolupůsobení jednotlivých dřevěných prvků popsané v předchozí části. Spoje jsou řešeny jako tesařské a jsou doplněny o šroubové svorníky.

Na obrázku 31 je zachyceno hned několik použitých tesařských spojů. Sloupek je začepován do vaznice a do sloupku jsou začepovány pásky. Dále jsou do něj kamповány kleště, které jsou ještě zajištěny šroubovým svorníkem. Na dalším pořízeném snímku (obrázek 32) můžeme kromě spojů již popsaných dále vidět osedlání krokví na vaznice, spojení vzpěry s kleštinami či krokviemi plátem na rybiny a spoj krokví v hřebeni na ostřih.



Obrázek 31: Tesařský spoj vaznice, kleštin, sloupků a pásků doplněný o šroubové svorníky



Obrázek 32: Tesařský spoj kleštin, vzpěry, pásků a vaznice se sloupkem, osedlání vaznic krokviemi a spojení krokví na ostřih

3.6 Komínové konstrukce

V objektu se nachází několik komínových těles. Jsou jednovrstvá vyzděná z cihelného zdiva a probíhají od suterénu do podkroví a vyústíují nad střechou budovy. Přibližně v $\frac{1}{2}$ šířky objektu je zhotoven hlavní centrální komín, který sloužil k odvodu spalin z plynového kotle umístěného v suterénu objektu. Ostatní komíny jsou rozmístěny po celém objektu a byly na ně napojena krbová kamna vyhřívající jednotlivé místnosti.

3.7 Podlahové konstrukce

Nášlapné vrstvy podlah jednotlivých místností nacházející se v podzemním podlaží jsou zhotoveny z betonového potěru bez jeho dalších povrchových úprav. Výjimkou je chodba tohoto podlaží, jejíž nášlapnou vrstvu tvoří kamenná dlažba. V nadzemních podlažích tvoří nášlapné vrstvy koberce, dřevěné parkety a keramická či kamenná dlažba. V nerekonstruovaných prostorách nášlapné vrstvy podlah chybí a jsou tak odkryty podkladní vrstvy jako cementový potěr nebo dřevěná prkna.

3.8 Okenní a dveřní otvory

3.8.1 Okenní otvory

V historické budově občanské vybavenosti se již nenacházejí původní okna, jelikož byly v rámci rekonstrukcí na přelomu 20. a 21. století v celém objektu měněna. Nyní jsou do okenních otvorů vsazená okna dřevěná osazená v dřevěných rámech. Jsou převážně dvojitá dvoukřídlá, různých rozměrů a v případě suterénu opatřena z vnější strany objektu mříží. Na západní straně objektu jsou z neznámých důvodů zazděny dva okenní otvory.



Obrázek 33: Dřevěné dvojitě okno suterénu opatřeno mříží

Kuriozitou v objektu je osově symetrické okno s pevným zasklením nad vchodovými dveřmi, které osvětluje celý vestibul budovy (obrázek 34).

3.8.2 Dveřní otvory

Vchodové dveře se nacházejí na jižní straně fasády směrem do ulice Havlíčkova. Jsou dvoukřídlé, dřevěné s prosklenou pevnou obdélníkovou výplní.



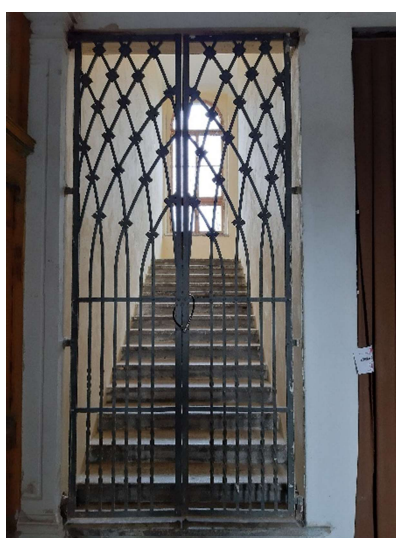
Obrázek 34: Hlavní vchodové dveře a atypické osově symetrické okno s pevným zasklením osvětlující vestibul objektu

Dveře v interiéru jsou dřevěné špaletové a převážně jednokřídlé. Dveřní křídla i zárubně jsou v nerekonstruovaných částech objektu opatřeny zeleným nátěrem.

V interiéru se také nachází železná mříž přes celou konstrukční výšku podlaží, která je zřízena před schodištěm 1.NP. Vstup do suterénu je zase opatřen velkými plnými železnými dveřmi o výšce podlaží a železnou mříží s dveřním otvorem na mezipodestě schodiště. Železné dveře na výšku podlaží jsou také umístěny před posledním ramenem schodiště, které vede do podkroví objektu.



Obrázek 35: Jednokřídlé dřevěné dveře interiéru



Obrázek 36: Železná mříž před schodištěm do 2.NP



Obrázek 37: Železné dveře do půdního prostoru

3.9 Fasádní prvky a omítky

Fasáda objektu je zhotovena štukovou omítkou a je pomocí průběžných horizontálních říms členěna na jednotlivá patra. Okna různých rozměrů jsou rozmístěná symetricky dle středové osy objektu. Do úrovně soklové římsy průčelí objektu je na fasádě použita takzvaná kvádrová bosáž a okna suterénu jsou orámována šambránou, která je v tomto případě zhotovena jako plastická (obrázek 33). Sokl objektu není zdoben, je hladký.

Mezi soklovou a kordonovou římsou zdobí fasádu též kvádrová bosáž, která v tomto případě rámuje i okenní otvory s půlkruhovým nadsvětlíkem doplněný o jednoduchý

portál se středovým klenákem. V úrovni okna a jeho nadsvětlíku probíhá podél celé fasády pásová římsa, která tuto středovou část dělí na další dvě části.

Část ohraničená kordonovou a hlavní římsou je z celé fasády průčelí nejzdobnější. V této části jsou zhotoveny klasická obdélníková okna s nadsvětlíkem, nad nimiž se nachází fronton rovinného či trojúhelného tvaru. U těchto oken nechybí ani klasická rovinná podokenní římsa. Bosáž v této části je provedena jako pásová.

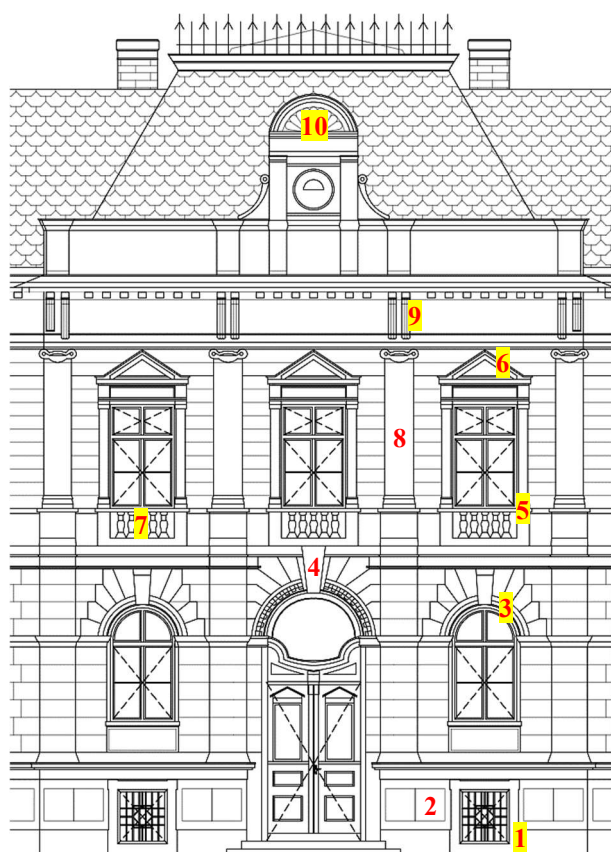
Dominantou této fasády je především vystupující střední rizalit. V jeho středu se nacházejí dřevěné vchodové dveře, nad kterými je okno s charakteristickým tvarem. Toto okno je zdůrazněné lehce zdobeným půlkruhovým portálem doplněný o zdobný prvek – klenák. Okna v posledním nadzemním podlaží jsou kromě trojúhelníkového frontonu zdobena slepou balustrádou situovanou pod okenním otvorem. Okna jsou ze stran navíc lemována pilastrem s jednoduchou patkou a zdobenou hlavicí. Pilastry zdobí fasádu rizalitu také mezi jednotlivými otvory a jsou zdobnější v horní části budovy. Pod hlavní římsou také najdeme volutové konzoly, které doplňují celkový vzhled čelní strany objektu. Nad hlavní římsou rizalitu se nachází ozdobný štít celého průčelí, v jehož středu jsou situované dnes již nefunkční hodiny.



Obrázek 38: Horní část rizalitu objektu

Západní a východní strana fasády je stejného charakteru jako průčelí budovy. Najdeme zde stejné architektonické prvky kromě prvků jako pilastrů a volut, které se nacházejí pouze na fasádě rizalitu.

Severní fasáda objektu není již tak bohatě zdobena. Štuková omítka je upravena do hladka, nad ani pod okenními otvory se nenacházejí zdobné prvky a římsy horizontálně dělící fasádu objektu jsou pouze na zadní straně bočních křídel budovy.



- | | |
|-----------------------------|----------------------|
| 1 – plastická šambrána | 6 – fronton |
| 2 – kvádrová bosáž | 7 – slepá balustráda |
| 3 – okenní portál | 8 – pilastr |
| 4 – klenák | 9 – volutová konzola |
| 5 – rovinná podokenní římsa | 10 – ozdobný štít |

Obrázek 39: Rizalit objektu s architektonickými prvky

V interiéru byly použity omítky vápenné, které byly opatřeny nátěrem světle žluté nebo bílé barvy. V některých místnostech byla také použita omyvatelná barva, a to v odstínu světle modré.

4. Popis stávajícího stavu a poruch

V rámci stavebně-technického průzkumu objektu byly zjištěny stavebně technické poruchy, které ohrožují životnost budovy, bezpečnost uživatelů objektu a proto je potřeba tyto závady řešit.

Ze získaných informací bylo zřejmé, že většina těchto poruch je způsobena vlivem zvýšené vlhkosti v interiéru, opotřebením a únavou materiálu, špatným provedením rekonstrukce některých konstrukcí a chybějící údržbou. Kombinace těchto jmenovaných aspektů společně s nevyužíváním prostor budovy má za následek, že objekt nadále chátrá. Ve špatném stavu je především střešní krytina, která v některých částech zcela chybí, konstrukce krovu, trámové stropy a suterénní zdivo porušené vlivem vlhkosti.

Kromě výše zmiňovaných poruch je dále nutno provést rekonstrukci klempířských konstrukcí, většiny podlah a omítek, výmalbu celého objektu, rekonstrukci fasády a zhotovení vedení nových instalací elektro, kanalizace a vytápění.

4.1 Základové konstrukce

Jak bylo již zmíněno v kapitole 3.1, objekt je pravděpodobně založen na základových pasech z lomového kamene. Tento způsob založení je typický pro daný typ budovy a období, ve kterém byl objekt vybudován. Vzhledem k tomu, že nadzákladové zdivo není výrazně narušeno trhlinami, lze očekávat dobré založení tohoto objektu.

4.2 Nosné zděné stěny a pilíře

Nedokonalá projektová dokumentace a nesprávné provedení svislých zděných konstrukcí (špatná vazba zdících prvků) jsou nejčastějšími příčinami jejich poruch, které mají vliv na mechanickou odolnost a stabilitu nosného systému. Jedna z nejčastějších mechanických poruch, kterou můžeme pozorovat na mnoho stavbách, je výskyt trhlin. Na základě stavebně-technického průzkumu objektu bakalářské práce však nebyly objeveny žádné staticky významné trhliny, které by mohly způsobit kolaps celého objektu nebo jeho části.

Jedna z vad, která byla v dané budově zjištěna, je nedostatečná vazba zdících prvků. V mnohých místech tato vada zůstává pouze vadou a nedochází tak k rozvoji dalších poruch. V určitých místech má tato vada společně s dalšími vlivy ovlivňující stav nosných zděných konstrukcí (jedná se především o zvýšenou vlhkost v interiéru, vliv povětrnostních vlivů v exteriéru a degradaci konstrukce vyššími rostlinami) za následek uvolňování cihel z daných konstrukcí, což způsobuje narušení jejich únosnosti.

Na obrázku 40 je zvýrazněna správně provedená křížová vazba nosné zděné stěny nacházející se na severní straně objektu. Na stejné fotografii je poté červeně označeno špatné provedení vazby zdiva, kde je jasně vidět, že ve dvou sousedních vodorovných vrstvách probíhají styčné spáry průběžně. Není tak splněna podmínka, kdy každá styčná spára musí být cihlou v horní vrstvě překryta minimálně o $\frac{1}{4}$ až $\frac{1}{2}$ délky cihly.



Obrázek 40: Znárodnění křížové vazby a špatně provedené vazby na severní obvodové zdi objektu

Z obrázků 40 a 41 je zřejmé, že zdivo nemá ve všech místech svislých zděných konstrukcí pravidelnou vazbu a tloušťka maltových spár je rozdílná. Vlivem vlhkosti a dalších degradačních procesů (degradace vyššími rostlinami) dochází k vydrolování malty z ložných a styčných spár v místech chybějící fasádní omítky a následnému uvolňování a rozpadu zdících prvků.



Obrázek 41: Nejvíce narušená část zdiva obvodové zdi na severní straně objektu

4.3 Zděné klenbové stropní konstrukce

Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.3 v objektu se nacházejí valené klenby do zdí, klenutých pásů či traverz. Jedná se převážně o klenby segmentové o maximálním rozpětí cca 3,1 metrů. Jednou ze základních podmínek pro správné provedení kleneb je zajištění spolehlivého přenášení šikmých podporových tlaků od kleneb. Proto jejich podpory musí být dostatečně tuhé a neposuvné, aby nedošlo ke vzniku poruch a případnému kolapsu konstrukce. Tato základní podmínka byla ve zkoumaném objektu na základě průzkumu pravděpodobně splněna, jelikož ve vrcholech a patách kleneb doposud žádná trhlinka nevznikla.

Jelikož jsou všechny zhotovené klenby omítnuté, nelze určit, v jakém stavu se nachází zdící prvky jednotlivých zkoumaných konstrukcí. Z důvodu zvýšené vlhkosti v suterénu i v ostatních nadzemních podlažích můžeme předpokládat, že dochází k postupnému rozpadu pojiva ložných spár a zdících prvků a tím k postupnému snižování únosnosti zdiva kleneb.

Co může mít velký vliv na únosnost valených kleneb do travers je značná koroze ocelových nosníků (I 180; I 360). Koroze snižuje soudržnost, nepříznivě působí na přilehlé konstrukce, oslabuje vlastní průřez výztuže a zmenšuje plochu ohýbaného průřezu. Tím se zmenšuje síla, jež jsou nosníky schopné přenést, mají menší únosnost.



Obrázek 42: Vlhkostní mapy na klenbách a koroze ocelových nosníků valených kleneb do travers v 2.NP



Obrázek 43: Značná koroze ocelových travers kleneb suterénu

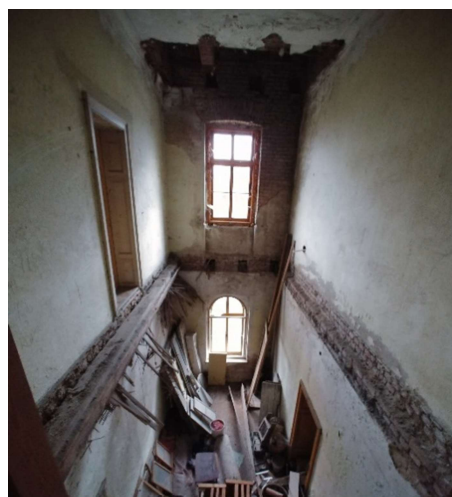
4.4 Dřevěné stropní konstrukce

Předmětem stavebně-technického průzkumu bylo i zkoumání dřevěných prvků dřevěné trámové stropní konstrukce, která tvoří vodorovný nosný systém ve většině místností nadzemních podlaží. Ve středovém a východním křídle objektu, které nebyly během životnosti nikterak rekonstruovány nebo byly rekonstruovány jen z části, lze pozorovat značné narušení těchto dřevěných nosných prvků projevující se značným

průhybem stropní konstrukce a následným vznikem trhlinek na omítnutých podhledech. Na několika místech budovy dokonce došlo k překročení meze únosnosti – kolapsu části nebo celku vodorovného nosného systému. Jelikož byly vlivem vzniklých poruch odkryty části stropní konstrukce, bylo možné prozkoumat vady jednotlivých použitých dřevěných prvků a určit tak i možnou příčinu vzniku jejich poruch. Na odkrytých prvcích stropní dřevěné trámové konstrukce nebyly zpozorovány vady jako nadměrná sukovitost či použití nekvalitního dřeva. Dřevěné prvky stropní konstrukce byly porušeny vlivem působení zvýšené vlhkosti, jež je z působená zatékající vodou skrz narušenou střešní krytinu, a především kondenzací vodní páry na stěnách kapes obvodových zdí. Degradované je především zhlaví dřevěných trámů, u něhož je znatelný rozvoj hniloby. U narušených prvků nelze vyloučit ani výskyt dalších dřevokazných procesů, pro které je zvýšená vlhkost konstrukce příznivá.



Obrázek 44: Viditelný průhyb dřevěné trámové stropní konstrukce, vznik trhlin, kolaps části konstrukce



Obrázek 45: Zřícená část stropní konstrukce 2.NP a zřícená stropní konstrukce 1.NP

Největší degradace materiálu vlivem vlhkosti nastala v prvním nadzemním podlaží ve středovém křídle objektu, kdy došlo k postupnému zřícení celé stropní konstrukce (obrázek 45). K zhroucení došlo vlivem hniloby zhlaví trámů uložených v kapsách obvodové zdi. Při odstraňování zřícené stropní konstrukce byly stropnice uložené v kapsách vnitřní nosné zdi neodborným zásahem odříznuty a jejich zhlaví společně s trámovými kleštinami a ostatními prvky ponechány v místě jejich uložení.

V rámci zajištění narušených stropních konstrukcí byla provedena provizorní opatření, která měla zamezit dalšímu rozšiřování poruch, a především kolapsu konstrukce. Opatření však nebyla provedena správně, a nadále dochází k rozvoji poruch a hroucení zbytku stávajících stropních konstrukcí. Na obrázku 46 jde vidět jedno z těchto provedených provizorních opatření. Narušené zhlaví stropnic bylo odříznuto a zbylá část nosných dřevěných prvků zachycena pomocí ocelových závěsů, které jsou kotveny k masivnímu trámu, který je umístěn v půdním prostoru. Ten je volně položen na dřevěné konstrukce krovu v prostorách půdy.



- 1 – Masivní dřevěný trám s ocelovými závěsy
- 2 – Ocelové závěsy
- 3 – Trámové kleště

Obrázek 46: V levém dolním rohu je fotografie stropní konstrukce 2.NP před jejím zřícením. Na zbytku obrázku je vyfocen stávající stav stropní konstrukce a zhotovené provizorní opatření pro zamezení zřícení další části tohoto stropu.

4.5 Krov a konstrukce zastřešení

Jak již bylo několikrát v předchozích kapitolách zmíněno, většina vzniklých poruch vznikla na základě zvýšené vlhkosti konstrukcí. Ta je způsobená také z části zatékající srážkovou vodou skrz porušenou střešní krytinu. Pálené střešní tašky jsou narušené nebo chybí napříč celou konstrukcí zastřešení, a tak je nosná konstrukce krovu přímo vystavena působení povětrnostním vlivům. K narušení zastřešení mohlo pravděpodobně dojít v květnu roku 2010, kdy město Varnsdorf zasáhla bouře s ledovými kroupy o rozměru až osmi centimetrů. Vlivem této poruchy se stav jednotlivých prvků krovu každým rokem rapidně zhoršuje a mnohé jejich části jsou již nyní na pokraji své životnosti.

Na většině dřevěných prvků konstrukce, které jsou v blízkosti nebo přímo vystaveny zatékající dešťové vodě, jsou znatelné stopy vlhkosti projevující se změnou barvy dřeva. Ta může být způsobena i přítomností biotických škůdců, pro které je výskyt ve vlhkých místech konstrukcí typický. Ověření jejich přítomnosti bude dále řešeno v kapitole 5. Na pořízené fotografii (obrázek 48) je zachycena degradace krokve vlivem zvýšené vlhkosti a v důsledku toho rozvíjející se hniloba na tomto dřevěném prvku. Zvýšené vlhkosti také podléhají použité železné prvky, které jsou již značně zkorodovány.



Obrázek 47: Porušení střešní krytiny na jižní straně objektu nad jeho středovým křídlem



Obrázek 48: Narušení krokve vlivem zvýšené vlhkosti a koroze použitých železných prvků krovu

Co však s jistotou můžeme určit, je přítomnost dřevokazného hmyzu. Na odebraném vzorku z půdního prostoru jsou jasně znatelné výletové otvory, podle jejichž struktury a velikosti lze jasně určit o jaký typ hmyzu poškozující dřevo se jedná. Na obrázku číslo 49 jsou viditelné již zmíněné výletové otvory jejichž průměr je přibližně 1 až 2 mm. Tento vnější znak napadení je charakteristický pro červotoče. Červotoč je tmavohnědý brouk o délce až 8 mm, jehož samice kladou vejce do štěrbin ve dřevu. Z nich se přibližně po 14 dnech vylíhnou larvy narušující strukturu dřeva podélnými chodbami, které jsou ucpávány jejich výkaly. Poté nastává fáze jejich kuklení trvající opět přibližně dva týdny, po jejichž uplynutí vylíhnutý brouk opouští výletovým otvorem dřevo. Vypělý jedinci mohou být spatřeny už od března do začátku léta a jejich několik po sobě jdoucích generací způsobují značné narušení dřevní hmoty vedoucí až k jejímu následnému rozpadu [4].



Obrázek 49: Odebraný vzorek z prostoru podkrovní s jasně viditelnými výletovými otvory způsobené dřevokazným hmyzem – červotočem

Cyklické změny počasí a působení povětrnostních podmínek na dřevěné konstrukce krovu během roku, mají za následek významné narušení jeho dřevěných prvků. Dále je znatelná hřebíková koroze u jednotlivých spojů dřevěných prvků, u nichž je nadále zachována jejich funkčnost a nevykazují známky uvolnění.

K degradaci dřeva krovové konstrukce kromě jiného dochází také vlivem tzv. chemické koroze. Opakovaná aplikace protipožárních nástřiků na dřevěné prvky krovu, které byly používány v průběhu 20. století, způsobila narušení povrchu „ošetřeného“ dřeva někdy označováno jako „povrchové rozvláknění“. Použité retardéry hoření mohly být na bázi síranu amonného nebo fosforečnanů amonných, které poškozují

polymery dřeva a narušují tak jeho strukturu. „Chlupacením“ povrchu dřeva jsou zasaženy téměř všechny prvky vaznicové soustavy, s výjimkou prvků tvořící nosnou konstrukci zastřešení vyvýšené části ve středu jižní strany budovy [5].

Poslední porucha, která byla v rámci stavebně-technického průzkumu objevena, je provedení nežádoucího zásahu do nosné konstrukce krovu. Ku příkladu byla vybrána fotografie (obrázek 51), kde je zřejmé, že byla odříznuta část středové vaznice. Tento zásah může mít vliv na stabilitu celé střechy.

Zvýšená vlhkost konstrukčních prvků a následná hniloba, biotické poškození dřeva, aplikace nevhodných protipožárních nástřiků a neodborné zásahy do nosné konstrukce krovu zapříčiňují pokles pevnosti a tuhosti dřeva (konstrukce krovu jako celku), zkracují jeho životnost a dost možná budou příčinou kolapsu konstrukce, i přes dostatečné dimenze jednotlivých prvků a použití kvalitního dřeva při výstavbě.



Obrázek 50: Detail narušení povrchové struktury dřeva tzv. rozvlákněním způsobené aplikací protipožárního nástřiku



Obrázek 51: Neodborný zásah do nosné konstrukce vaznicové soustavy – uříznutí středové vaznice

4.6 Komíny

Ani komínová tělesa objektu nebyla ponechána bez vzniku pro ně charakteristických poruch. Jelikož byl objekt v posledních letech využíván jen zřídka, došlo k nepravidelnému topnému režimu, jenž může být příčinou mnohých poruch těchto konstrukcí. Jeden z významných činitelů narušující komínová tělesa je vznik vodní páry obsahující složky spalin kyselého charakteru (SO_2 , SO_3 , CO_2 , H_2SO_4). Společně s reakcí složkami zdiva, nerovnoměrným rozložením vlhkosti a teploty pro průřezu tělesa vznikají na konstrukci komínů poruchy charakteru chemického, fyzikálního i mechanického.

Na vybraných snímcích je viditelné porušení aplikovaných omítek, které již zcela chybí, drolí se a jsou narušené vlivem usazujícího se dehtu. Dále došlo k rozrušování pojiva cihelného zdiva, a u některých komínových konstrukcí bylo zpozorováno rozšíření jeho průřezu vlivem dilatometrických změn. K rozvíjení poruch nenapomáhá ani chybějící oplechování ve styku se střešní konstrukcí.



Obrázek 52: Narušení omítky vlivem usazujícího se dehtu a její následný rozpad

Obrázek 53: Viditelné mastné fleky od dehtu na omítce komína a deformace jeho hlavice

Obrázek 54: Chybějící oplechování komínu

4.7 Poruchy nenarušující statiku objektu

V objektu se dále nachází poruchy, které již nenarušují statiku objektu, ale je třeba na ně poukázat, protože jejich porušení a nefunkčnost omezují pobyt jeho uživatelů.

K těmto poruchám můžeme zařadit chybějící nebo narušené nášlapné vrstvy podlah, nedokonalé vsazení okenních otvorů, chybějící dvevní křídla, demontované hygienické zařízení, chybějící klempířské prvky či porušený svod dešťové vody. Dále jsou významně narušeny omítky, rozvody vody, kanalizace a elektrických sítí.



Obrázek 55: Chybějící kamenná dlažba na mezipodestě schodiště



Obrázek 56: Odkrytý násyp a polštáře podlahy 2.NP



Obrázek 57: demontované umyvadlo, narušená omítka

4.8 Shrnutí poruch vyskytující se v objektu

Dlouhodobé nevyužívání objektu a jeho nedostatečná údržba má za následek vznik poruch typických pro opuštěné historické objekty. Svislé zděné stěny jsou narušené vlivem působení vlhkosti od zatékání skrz porušené konstrukce či vztlínáním a společně s dalšími degradačními procesy dochází k vydrolování malty z ložných spár, uvolňování zdících prvků a narušení celistvosti a tuhosti nosných zdí jako celku. Klenbové konstrukce nejeví výrazné poruchy. Dřevěné stropní konstrukce jsou narušeny rozsáhlou hnilobou, která v některých místech způsobila zhroucení dřevěných nosných konstrukcí. Zatékáním skrze střešní krytinu do konstrukce krovu došlo k napadení dřevěných prvků dřevokaznými škůdci a dalšími biologickými činiteli, jejichž značný rozvoj v některých místech ohrožuje statickou funkci napadených prvků. Současně s neodbornými zásahy do konstrukce krovu a nevhodnou aplikací protipožárního nástříku na jeho dřevěné prvky došlo k narušení nosné konstrukce krovu jako celku.

5. Podrobný vlhkostní průzkum

V rámci stavebně-technického průzkumu byly zaznamenány na povrchových úpravách i na samostatných nosných prvcích znatelné náznaky i poruchy související se zvýšenou vlhkostí daných konstrukcí – kapitola 4. Ve všech podlažích jsou aplikované omítky esteticky narušeny a zejména v suterénu v mnohých částech chybí. V podzemním podlaží a také v prostoru podkroví je jasně viditelný výskyt a rozvoj biotických činitelů znehodnocující jednotlivé stavební konstrukce. Na základě těchto poznatků a předpokládané vysoké zvýšené vlhkosti především v podzemním podlaží, v podkroví, ale i ostatních nadzemních patrech, bylo v rámci analýzy vlhkosti přistoupeno k přímé destruktivní metodě.



Obrázek 58: Vlhkostní mapy na svislých i vodorovných konstrukcích a zřejmé působení biologických degradačních procesů



Obrázek 59: Dřevěné prvky krovu narušené vlhkostí a sní spojenými degradačními procesy

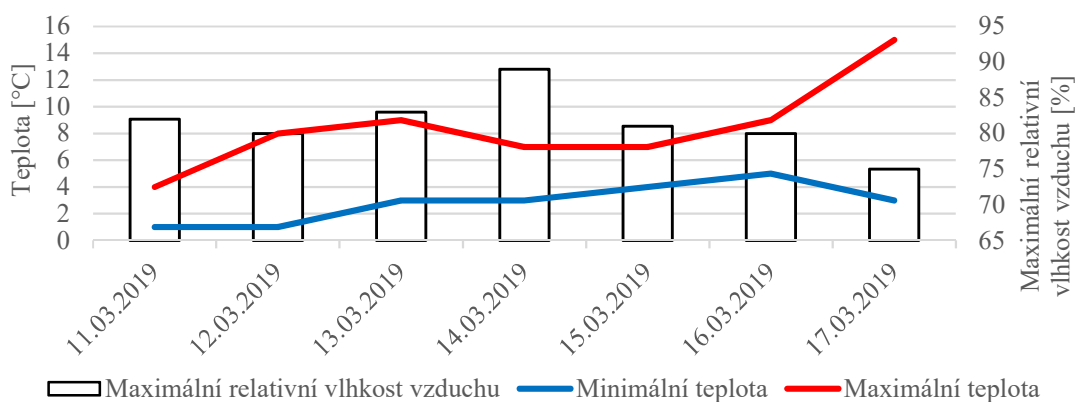
5.1 Analýza vlhkosti – Gravimetrická (vážková) metoda

Jak již bylo v úvodu kapitoly zmíněno, k měření vlhkosti byla zvolena přímá destruktivní metoda tzv. gravimetrická (vážková). Tato metoda je velmi univerzální, jelikož nezáleží na druhu odebraného materiálu, tudíž ani na ostatních jeho parametrech. Řeší se pouze jeho vlhkost. Princip této metody spočívá v oddělení kapalné složky – vody od pevné složky, v našem případě omítky či její směsi se zdivem. Gravimetrická metoda je považována za nejpřesnější a používá se nejvíce i přes zásah do konstrukce při odběru vzorků a dosažení výsledků s časovou prodlevou [6].

Před samotným odběrem vzorků bylo s týdenním předstihem sledováno počasí, a to především teplota a vlhkost vzduchu. Během celého sledovaného týdne bylo převážně polojasno až oblačno s častými přeháňkami a zvýšenou rychlostí větru. V následující tabulce jsou zaznamenány maximální a minimální naměřené hodnoty teplot a maximální relativní vlhkost vzduchu v daný den. Všechny sledované veličiny jsou pak pro lepší orientaci vyneseny v grafu č. 1.

Tabulka 1: Hodnoty sledovaného počasí v týdnu před odběrem vzorků z objektu

| Datum | Teplota [°C] | | Maximální relativní vlhkost vzduchu [%] |
|------------|--------------|-----------|---|
| | Minimální | Maximální | |
| 11.03.2019 | 1 | 4 | 82 |
| 12.03.2019 | 1 | 8 | 80 |
| 13.03.2019 | 3 | 9 | 83 |
| 14.03.2019 | 3 | 7 | 89 |
| 15.03.2019 | 4 | 7 | 81 |
| 16.03.2019 | 5 | 9 | 80 |
| 17.03.2019 | 3 | 15 | 75 |

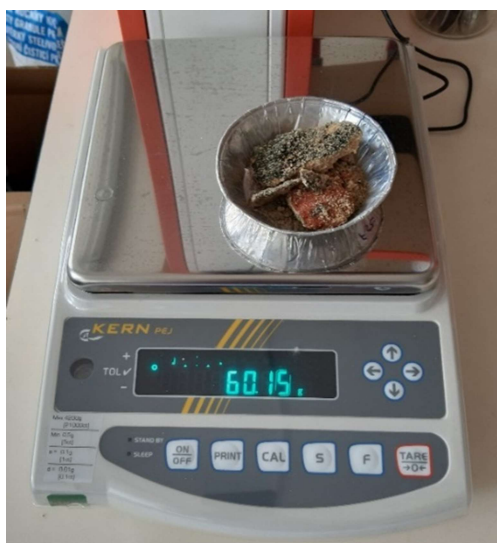


Graf 1: Průběh maximálních a minimálních teplot a maximální relativní vlhkosti vzduchu

Samotný odběr vzorků proběhl dne 17.03. 2019. S ohledem na možnost jejich odběru a na základě vizuální prohlídky objektu byly nakonec odebrány z prvního podzemního podlaží. Jelikož znaky a poruchy způsobené vlivem vlhkosti v místnostech suterénu jsou podobného charakteru, byly vzorky odebrány z míst vykazující největší poškození. Celkem bylo odebráno 15 vzorků ze dvou místností suterénu v různých výškách, a to z jedné rohové místnosti západního křídla objektu, která je v kontaktu ze dvou stran se zeminou, dále pak ze středové části budovy. Vzorky byly odsekány pomocí kladívka v pozdních večerních hodinách a uloženy do těsných uzavíratelných nádob, jež byly přes noc ponechány v chladničce. V brzkých ranních hodinách byly převezeny do chemické a mikrobiologické laboratoře katedry konstrukcí pozemních staveb ČVUT, kde byla následně provedena první část gravimetrické metody – vážení vzorku před sušením. Nejdříve bylo potřeba zvážit samostatně hliníkové misky, do kterých byly následně jednotlivé odebrané vzorky vloženy. Poté proběhlo zvážení jednotlivých vlhkých vzorků pomocí digitální laboratorní váhy a zaznamenána tak hmotnost všech patnácti vzorků s přesností na dvě desetinná místa. Vzorky pak bylo možno vložit do laboratorní sušárny, kde byly ponechány 48 hodin při teplotě 105 °C.



Obrázek 60: 15 odebraných vzorků pro vlhkostní analýzu – gravimetrickou metodu



Obrázek 61: Vážení vzorků pomocí laboratorní digitální váhy



Obrázek 62: Umístění již zvažených vzorků do laboratorní sušárny

Již vysušené vzorky bylo potřeba znovu pomocí digitální laboratorní váhy zvážit, zaznamenat jednotlivé naměřené hodnoty a pomocí níže uvedeného vzorce zjistit hmotnostní vlhkost jednotlivých vzorků.

$$w_h = \frac{(m_w - m_d)}{m_d} * 100\%hm \quad (1)$$

m_w = hmotnost vlhkého materiálu [g]

m_d = hmotnost suchého materiálu [g]

w_h = hmotnostní vlhkost [%hm.]

Kromě odebraných vzorků omítky a zdiva, které jsou zobrazeny na obrázku 60, byl z objektu odebrán ještě jeden vzorek, který byl podroben výše popsané gravimetrické metodě. Vzorek byl odebrán z konstrukce krovu, a to konkrétně z okapové vaznice, která byla viditelně zasažena vlhkostí a degradací s ní spojenou.



Obrázek 63: Okapová vaznice zasažená zvýšenou vlhkostí

5.1.1 Vyhodnocení výsledků měření

V tabulce č. 3 jsou uvedeny výsledky hmotnostní vlhkosti jednotlivých vzorků zjištěné pomocí gravimetrické metody, které byly vyhodnoceny dle klasifikace vlhkosti zdiva dle ČSN P 73 0610. Na pořizovaných snímcích (obrázek 64-66) jsou znázorněny vybraná místa odběrů vzorků, popřípadě rozložení vlhkosti ve zdivu, dle které můžeme určit pravděpodobnou příčinu jeho vlhnutí.

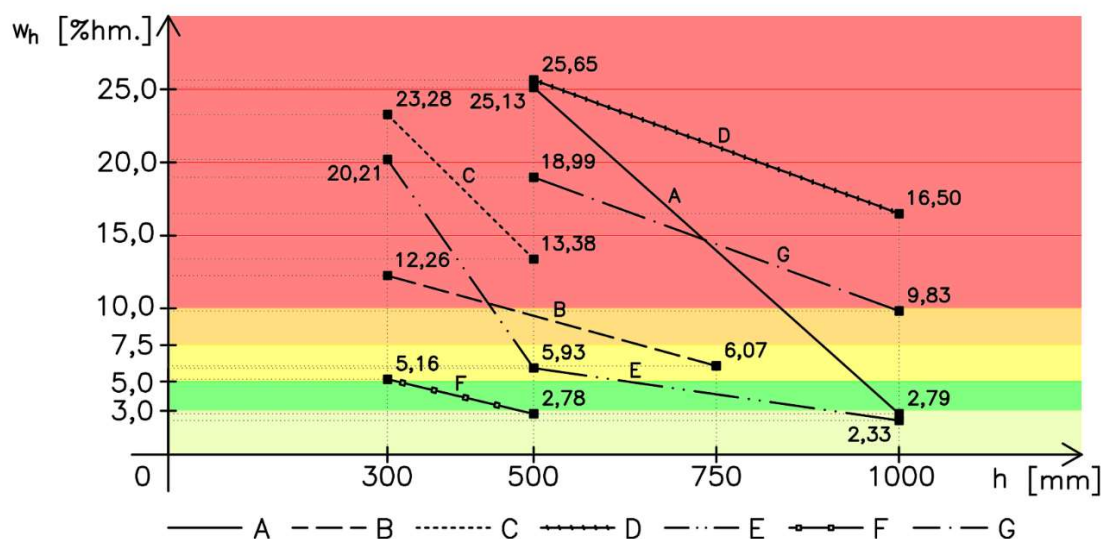
Tabulka 2: Klasifikace vlhkosti zdiva dle ČSN P 73 0610

| Stupeň vlhkosti zdiva | Vlhkost zdiva |
|-----------------------|-----------------------------|
| | [% hm.] |
| Velmi nízká | $w_h < 3,0 \%$ |
| Nízká | $3,0 \% \leq w_h < 5,0 \%$ |
| Zvýšená | $5,0 \% \leq w_h < 7,5 \%$ |
| Vysoká | $7,5 \% \leq w_h < 10,0 \%$ |
| Velmi vysoká | $10,0 \% < w_h$ |

Tabulka 3: Vyhodnocení vlhkosti dle ČSN P 73 0610

| Vyhodnocení vlhkosti dle ČSN P 73 0610 | | | | | | | | |
|--|--------|----------------|-----------------------|----------------|---------------------------|--------------|---------|--|
| Podlaží | Vzorek | Výška odběru | Materiál | Hmotnost misky | Hmotnost vzorku bez misky | | Vlhkost | Vyhodnocení vlhkosti dle ČSN P 73 0610 |
| | | [cm] | | | [g] | Před sušením | | |
| SUTERÉN | A | 50 | Omítka | 1,57 | 66,12 | 52,84 | 25,13 | Velmi vysoká |
| | | 100 | Omítka | 1,56 | 58,61 | 57,02 | 2,79 | Velmi nízká |
| | B | 30 | Omítka | 1,58 | 99,64 | 88,76 | 12,26 | Velmi vysoká |
| | | 75 | Zdivo + omítka | 1,53 | 65,74 | 61,98 | 6,07 | zvýšená |
| | C | 30 | Omítka | 1,59 | 74,4 | 60,35 | 23,28 | Velmi vysoká |
| | | 50 | Lomový kámen + omítka | 1,63 | 86,86 | 76,61 | 13,38 | Velmi vysoká |
| | D | 50 | Omítka | 1,55 | 67,02 | 53,34 | 25,65 | Velmi vysoká |
| | | 100 | Zdivo + omítka | 1,62 | 34,04 | 29,22 | 16,50 | Velmi vysoká |
| | E | 30 | Zdivo + omítka | 1,57 | 48,66 | 40,48 | 20,21 | velmi vysoká |
| | | 50 | Omítka | 1,61 | 75,05 | 70,85 | 5,93 | Zvýšená |
| | | 100 | Omítka | 1,56 | 65,04 | 63,56 | 2,33 | Velmi nízká |
| | F | 30 | Lomový kámen + omítka | 1,55 | 68,43 | 65,07 | 5,16 | Zvýšená |
| | | 50 | Omítka | 1,60 | 51,78 | 50,38 | 2,78 | Velmi nízká |
| | G | 50 | Zdivo + omítka | 1,57 | 58,58 | 49,23 | 18,99 | Velmi vysoká |
| 100 | | Zdivo + omítka | 1,58 | 46,24 | 42,1 | 9,83 | Vysoká | |
| KROV | A | 100 | Pozednice | 1,57 | 12,92 | 4,48 | 188,39 | vlhkost >180 %hm. |

Z výsledků je patrné, že se potvrdila předpokládaná zvýšená vlhkost zdiva v suterénu. Zjištěná hmotnostní vlhkost u víc jak poloviny odebraných vzorků překročila hodnotu 10 %hm., což odpovídá velmi vysoké vlhkosti dle ČSN P 73 0610. U několika z nich dokonce zkoumaná vlhkost dosahuje hodnoty více jak 20 %hm. a to zejména u vzorků odebraných v místech v blízkosti podlahy suterénu nebo v místech v okolí porušených oken. Nízké hodnoty hmotnostní vlhkosti byly pak prokázány ze vzorků, jež byly odebrány z části konstrukce zhotovené z lomového kamene či odebrané nad úroveň terénu. Z tabulky 3 je také patrné, že vlhkost svislých konstrukcí v suterénu s výškou klesá. Na základě výsledků byl sestrojen graf pro vzorky A-G odebrané v různých výškách.



Graf 2: Závislost vlhkosti na výšce odběru vzorků z podzemního podlaží objektu

Vzorek dřeva odebraný z okapové vaznice dosahoval téměř trojnásobného úbytku hmotnosti po jeho vysušení a jeho hmotnostní vlhkost překračuje hodnotu 180 %hm. Vlhkost dřeva by neměla překročit hodnotu 18 %. Při překročení této hodnoty mohou být již dřevěné prvky v objektu napadeny dřevokaznými houbami. Pro napadení dřeva dřevokazným hmyzem postačí vlhkost větší než 10 % [7]. Jelikož odebraný vzorek vykazuje mnohem větší hmotnostní vlhkost, dá se předpokládat výskyt dřevokazných činitelů nejen na odebraném dřevěném vzorku, ale i na konstrukcích v jeho blízkosti či konstrukcí podobně degradovaných.



Obrázek 64: Místo odběru vzorku E ve třech výškových úrovních, zděná příčka suterénu

Odebrání vzorků po výšce z konkrétního místa a z nich získané hodnoty pomocí gravimetrické metody nám mohou pomoci upřesnit charakter a vznik vlhkosti porušující konstrukce podzemního podlaží. Na obrázcích 64-66 je kromě míst odběru vzorků znázorněno rozložení vlhkosti ve zdivu, jenž odpovídá možné příčině vlhnutí zdiva. Znázorněné ohraničení vlhkosti na obrázku 65 odpovídá pronikání dešťové vody do dané místnosti. Na obrázku 66 má zas její rozložení charakter kondenzující a vztlínající vlhkosti. Možné příčiny a zdroje zvýšené vlhkosti objektu viz kapitola 5.2



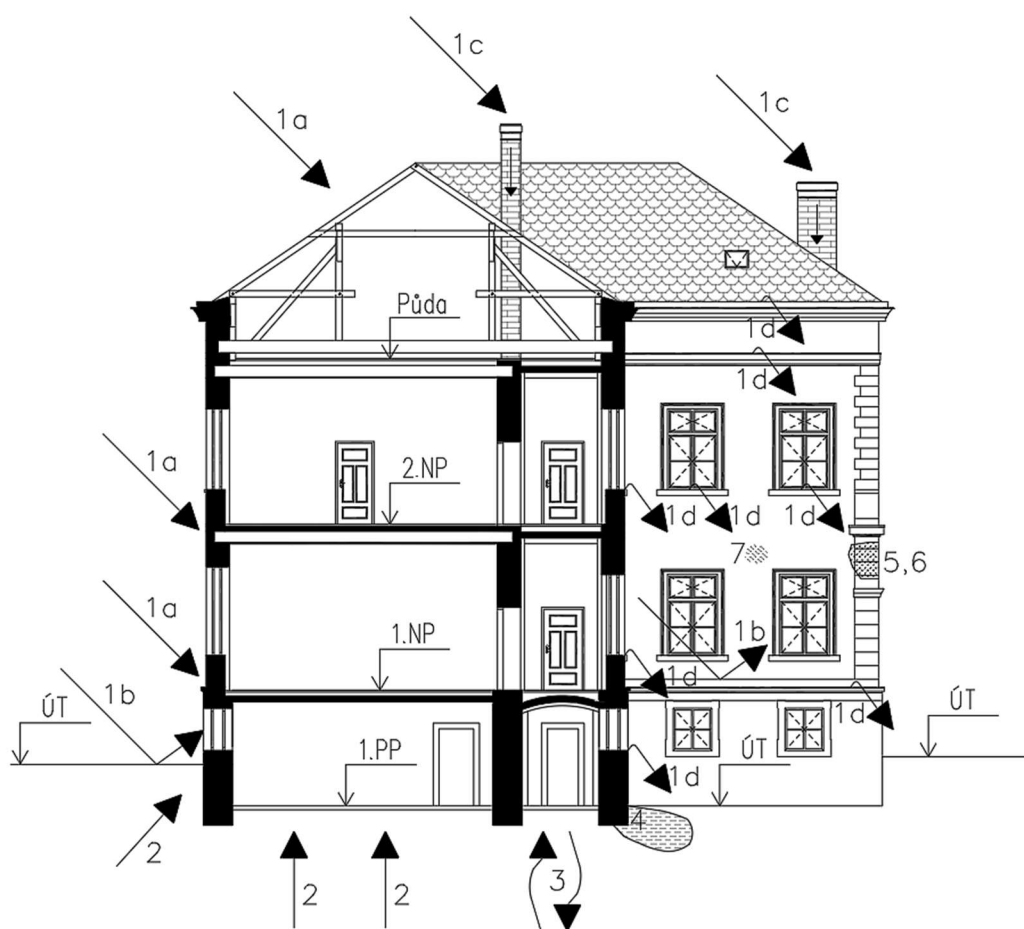
Obrázek 65: Místo odběru vzorku B ve dvou výškových úrovních - nosná svislá stěna ze smíšeného zdiva



Obrázek 66: Rozložení vlhkosti na svislé zděné stěně suterénu

5.2 Zdroje vlhkosti v objektu

Zdrojem zvýšené vlhkosti v objektu může být celá řada příčin a vždy je nutné objekt před jednotlivými zdroji vlhkosti zabezpečit a tím zajistit životnost a funkčnost jednotlivých konstrukcí. Zdrojem vlhkosti v objektu je především voda srážková zatékající skrz narušené konstrukce, komínové průduchy a otvory, vztlínající podzemní voda z podzákladí či voda povrchová a s ní spojené různé formy transportu vlhkosti.



- | | |
|--|------------------------------|
| 1a – hnaná větrem | 3 – kondenzovaná a difuze |
| 1b – odšťikující | 4 – hydroscopický tlak |
| 1c – pronikající komínem | 5 – hygroskopicitá materiálu |
| 1d – smáčeující (oplechování oken, římsy, sokly) | 6 - adsorpce |
| | 7 – vlhkost zabudovaná |

Obrázek 67: Zdroje zvýšené vlhkosti [4]

Jedna ze zřejmých příčin zvýšené vlhkosti dané řešené stavby je voda srážková. Ta se do vnitřních prostor budovy dostává skrz narušenou střešní krytinu, komínovými průduchy a skrze špatně zabudovaná okna, kterým zejména v místech suterénu chybí zasklení. Narušené nebo chybějící oplechování oken, říms a dalších konstrukcí společně se zastaralým a porušeným dešťovým svodem má za následek značné znehodnocení fasády projevující se znatelnými vlhkostními mapami, v některých místech dokonce i odkrytím zdiva.



Obrázek 68: Narušený dešťový svod z něhož proniká dešťová voda a smáčí tak povrch přilehlých konstrukcí

Další příčinou zvýšené vlhkosti v prostorách suterénu jsou poruchy kanalizační a vodovodní sítě způsobené vandaly a také opotřebením a životností materiálů potrubí. V kombinaci s vysokou vlhkostí z podzákladí a pravděpodobnou absencí nebo narušením hydroizolace jsou na podlahových vrstvách v kontaktu s terénem viditelné vlhkostní mapy.

Nedostatečná ochrana proti zemní vlhkosti a její kombinace s výše uvedenými zdroji zapříčinila narušení svislých nosných stěn především podzemního podlaží. Uplatnění otevřených pórů ve zdících prvcích mělo za následek transport vody

tzv. kapilárním vztlínáním, u něhož vlhkost dané konstrukce po výšce klesá, což bylo ověřeno a popsáno v kapitole 5.1.1.

Zejména v místnostech nadzemních podlažích a na fasádě objektu jsou viditelné znaky transportu vlhkosti vlivem difuze a termodifúze. Ty se projevují boulením nebo odpadáváním omítek vlivem tlaku difundující vodní páry působící na aplikované povrchové vrstvy s vysokým difuzním odporem [4]. Vyloučit nemůžeme ani působení vlhkosti vlivem kapilární kondenzace či sorpce, které jsou jedním z dalších hlavních dějů přispívající ke zvýšené vlhkosti daných konstrukcí.



Obrázek 69: Odpadávání omítek na severní fasádě objektu



Obrázek 70: Narušení vnitřní omítky vlivem působení zvýšené vlhkosti

5.3 Analýza vodorozpustných solí v konstrukci

Současně s odběrem vzorků pro gravimetrickou metodu, byl ze středního křídla objektu na ostění okenního otvoru odebrán neznámý vzorek. Tento vzorek byl převezen v těsně uzavřené nádobě do chemické a mikrobiologické laboratoře katedry konstrukcí pozemních staveb ČVUT, kde byl následně identifikován jako vodorozpustná sůl. Tato sůl byla rozpuštěna v destilované vodě a následně podrobena kvalitativní analýze,

viz kapitola 5.3.1. Na základě této analýzy byl v odebraném vzorku zjištěn výskyt síranů a malé množství dusičnanů. Přítomnost chloridů touto metodu byla vyvrácena.



Obrázek 71: Zkrystalizovaná sůl na ostění okna suterénu



Obrázek 72: Kvalitativní analýza solí odebraného vzorku

K přesnějšímu určení druhu síranu obsaženém v krystalizovaném vzorku soli byla použita tzv. plamenová zkouška. Ta se provádí pomocí čisté vyžíhané bakteriologické kličky, která se poté namočí do roztoku vody a soli. Následně je bakteriologická klička vložena do nesvítivé části plamene, kde dle jeho změny barvy lze určit kationt kovu barvicí plamen. Odebraný vzorek však plamen dostatečně nezbarvil, tudíž nebylo možné s jistotou říct, o který síran se jedná.



Obrázek 73: Plamenová zkouška pro určení vodorozpustné soli

Získaný výkvět krystalů sole z objektu byl v laboratoři ještě podroben mikroskopickému průzkumu. Pomocí čisté pinzety byla jeho část odebrána a vložena na mikroskopické sklíčko a následně zkoumaná mikroskopem, jímž je daná laboratoř vybavena. Několikanásobným přiblížením vzorku bylo zjištěno, že daná zkoumaná sůl zkrystalizovala do struktury jehliček. Tímto způsobem krystalizuje síran vápenatý, tudíž by se mohlo jednat o kalcitový výkvět vyskytující se obvykle v místech protékající vody vápennou omítkou, jenž v našem zkoumaném objektu tvoří pojivo zděicích prvků.



Obrázek 74: Mikroskopický snímek zkrystalizované soli do struktury jehliček

Jelikož byl v laboratoři potvrzen výskyt solí v objektu, bylo přistoupeno na jejich podrobnější analýzu, a to jak kvalitativní, tak i kvantitativní metodou. Na základě zjištěných poznatků byly z objektu odebrány tři nové vzorky, které byly následně podrobeny rozboru solí. Vzorky byly odebrány ze stěn západního, středového a východního křídla objektu, kde byl během průzkumu objeven výskyt již zkrystalizovaných solí. Místa odebrání vzorků jsou zakreslena a označena (S1, S2, S3) ve výkresu č. 17.

Před samotným zahájením analýzy obsahu solí bylo potřeba dané vzorky nejdříve homogenizovat. Homogenizace byla provedena pomocí kladívka, kterým byl odebraný materiál rozdrcen na jemné částice. Z jednotlivých rozdrcených vzorků bylo následně potřeba odvážit přibližně 2 gramy, jež byly poté přesypány do Erlenmeyerových baněk. Ke každému odváženému vzorku bylo přidáno 100 ml destilované vody, jejíž odměření bylo provedeno pomocí odměrného válce. Aby se částice od sebe rozrušily a došlo k jejich lepšímu promíchání s destilovanou vodou, byly Erlenmeyerovy baňky vloženy střídavě do ultrazvukové lázně a na vařič, kde byly zahřáty. Takto připravené směsi se nechaly přibližně 48 hodin sedimentovat, až bylo dosaženo k oddělení pevných částí a výluhu tvořeného destilovanou vodou a vodorozpustnými solemi.



Obrázek 75: Homogenizace vzorků – jejich rozdrcení na jemné částice



Obrázek 76: Odvážené množství vzorku v Erlenmeyerových baňkách



Obrázek 77: Rozrušování vzorků pomocí zahřátí



Obrázek 78: Rozrušování částí pomocí promíchání ultrazvukovou lázní

5.3.1 Kvalitativní analýza

K předběžnému určení jednotlivých solí slouží tzv. kvalitativní analýza. Metoda spočívá v ponoření analytických testovacích proužků do výluhu odebraného pomocí pipety do předem označených lahvíček. Pro odběr vzorku jsou použity jednorázové špičky, vždy jedna pro danou směs, aby nedošlo k jejímu znehodnocení.

Touto metodou byl ve vzorcích zkoumán výskyt chloridů, síranů a dusičnanů. Dle zbarvení jednotlivých analytických proužků pro jednotlivé soli bylo zjištěno jejich přibližné množství ve vodě v mg/l. Ve vzorcích byl prokázán obsah síranů, malé množství dusičnanů a téměř žádné množství chloridů. Tím byl potvrzen prvotní výsledek, který byl získán z neznámého vzorku popsán v úvodu kapitoly 5.3.



Obrázek 79: Sedimentované směsi zkoumaných vzorků objektu



Obrázek 80: Kvalitativní analýza odebraného čirého výluhu pomocí analytických proužků

Jelikož nebyla touto metodou prokázána velká koncentrace žádné ze zkoumaných solí, nebylo potřeba žádný ze vzorků naředit pro přesnější určení množství solí tzv. kvantitativní metodou.

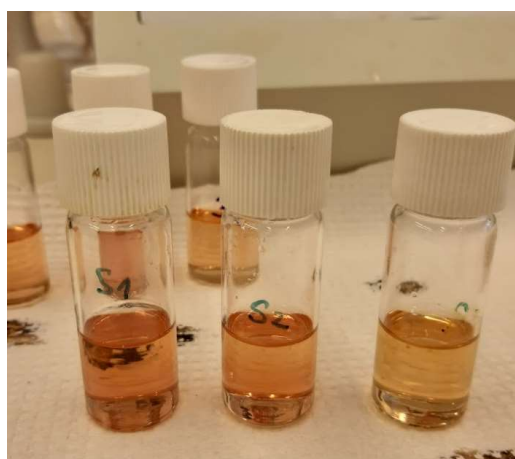
5.3.2 Kvantitativní analýza

Množství přítomných solí v daných vzorcích bylo zjišťováno pomocí fotometru, který je k dispozici v chemické a mikrobiologické laboratoři katedry konstrukcí pozemních staveb ČVUT. Princip měření koncentrace jednotlivých solí ve vzorcích tímto optickým přístrojem spočívá v absorpci záření v ultrafialové nebo viditelné oblasti a umožňuje měření daných látek pouze v určitém rozsahu vlnových délek. Proto bylo při odběru výluhu dbáno, aby byla odebrána pouze čirá tekutiny, a tak nedošlo ke zkreslení výsledků vyhodnocené fotometrem. Jak již bylo výše zmíněno, byly testovány tři vzorky, jež byly podrobeny měření obsahu chloridů, amoniaku, síranů a dusičnanů.

Pro jednotlivé stanovení obsahu solí musely být jednotlivé vzorky příslušně upraveny. V každém měření bylo proto nutno odebrat pomocí pipety 5 ml čirého výluhu (v případě síranů 2,5 ml) do připravené zkumavky a následně k němu přidat příslušná činidla dle návodu a rad poskytnuté vyškoleným pracovníkem laboratoře. Zvláštní opatrnosti bylo dbáno při úpravě vzorků sloužící k měření obsahu dusičnanů, u nichž bylo pracováno s čistou kyselinou sírovou. S přidáním každé chemikálie do jednotlivých roztoků byl vzorek zamíchán a po jeho konečné úpravě ponechán v klidu do ukončení jeho reakční doby. Takto upravené roztoky mohly být následně přelity do čisté květy, která byla vložena do fotometru, jenž byl s bezprostřední rychlostí zavřen. Poté už jen stačilo počkat na výsledek zobrazující se na digitálním displeji, kterým je přístroj vybaven.



Obrázek 81: Připravené pracoviště pro kvalitativní analýzu solí



Obrázek 82: Měření množství dusičnanů za použití čisté kyseliny sírové jako činidla

5.3.3 Vyhodnocení výsledků měření

Výsledky získané kvantitativní analýzou pomocí fotometru jsou uvedeny v tabulce 5 a následně převedeny na mg/g pomocí příslušného vztahu, kde figuruje přesná navážka daných vzorků a zda byl či nebyl konkrétní vzorek ředěn. Stupeň zasolení zdiva je určen na základě hodnocení destruktivního působení solí ve zdivu dle směrnice WTA 4–6–99/D: Posouzení zdiva – diagnostika staveb.

Tabulka 4: Stupeň zasolení zdiva dle směrnice WTA 4-6-99/D: Posouzení zdiva – diagnostika staveb

| Stupeň zasolení zdiva | Obsah solí [mg/g] | | |
|-----------------------|-------------------|-----------|--------|
| | Chloridy | Dusičnany | Sírany |
| Nízký | <0,75 | <1,0 | <5,0 |
| Zvýšený | 0,75 - 2,0 | 1,0-2,5 | 5,0-20 |
| Vysoký | 2,0 - 5,0 | 2,5-5,0 | 20-50 |
| Velmi vysoký | > 5,0 | > 5,0 | > 50 |

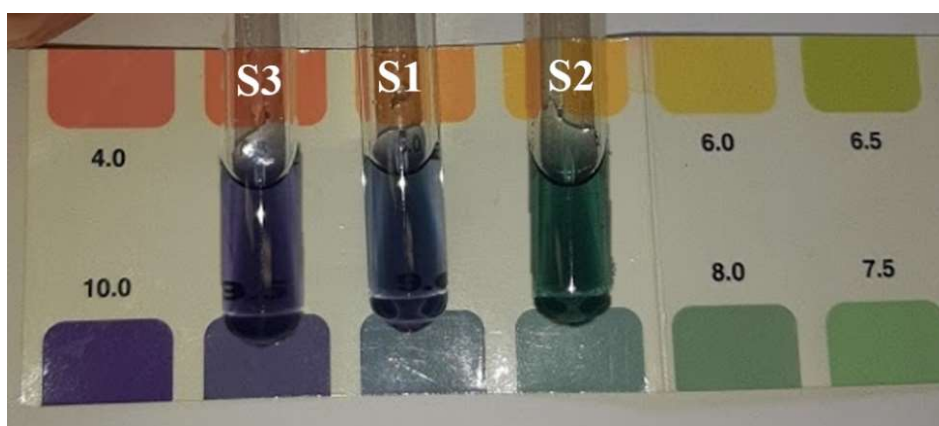
Tabulka 5: Vyhodnocení zasolení zdiva dle směrnice WTA 4-6-99/D: Posouzení zdiva – diagnostika staveb

| Salinita – kvantitativní analýza | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--------|------------------------------|-----------------|-----------------|----------|--------|---------|--------|--------|-----------|--------|
| Podlaží | Vzorek | hmotnost Erlenmeyerovy baňky | Hmotnost vzorku | Hmotnost celkem | Chloridy | | Amoniak | Sírany | | Dusičnany | |
| | | [g] | [g] | [g] | [mg/l] | [mg/g] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/g] | [mg/l] | [mg/g] |
| Suterén | S1 | 106,73 | 2,01 | 108,74 | 8,1 | 0,40 | 0,06 | 88 | 4,38 | 10,5 | 0,52 |
| | S2 | 110,73 | 2,12 | 112,85 | 4,6 | 0,22 | 0,09 | 79 | 3,73 | 8,4 | 0,40 |
| | S3 | 103,63 | 2,01 | 105,64 | <2,5 | <0,12 | 0,12 | 51 | 2,54 | 5,7 | 0,28 |

Vzhledem k výkvětům na svislých nosných konstrukcích suterénu bylo očekáváno vyšší zasolení zdiva, které se nepodařilo laboratorně potvrdit. Zdrojem solí, které byly vyplaveny na povrch konstrukcí a následně došlo k jejich krystalizaci, může být použití nekvalitního jílu pro výpal zdících prvků či použití nekvalitních surovin do jejich pojiva. Takto vzniklé výkvěty nejsou projevem zdivokazu a mohou být důvodem naměření nízkého zasolení zdiva, kde kromě hydrokopických solí zabudovaných v prvcích daných prvků konstrukce nedochází k výraznému zasolování zdiva z jiných zdrojů, jež budou popsány v kapitole 5.4.

5.3.4 Stanovení pH vzorků

Současně s analýzou vodorozpustných solí bylo stanoveno pH všech tří upravených vzorků odebraných z podzemního podlaží budovy. Do připravených zkumavek byl odpipetován 1 ml čirého výluhu, do kterého byly následně přidány 4 kapičky indikátoru na stanovení pH. Po zamíchání jednotlivých složek došlo ke zbarvení roztoku, které bylo porovnáno s kalibrovanou barevnou škálou a na základě toho stanoveno pH všech tří vzorků. Jelikož byly vzorky odebrány napříč celým suterénem, můžeme konstatovat, že se pH v tomto podlaží pohybuje přibližně v rozmezí 8,5 – 9,5.



Obrázek 83: Porovnání barvy jednotlivých vzorků s kalibrovanou barevnou škálou pro stanovení pH

5.4 Zdroje vodorozpustných solí v objektu

Přítomnost vodorozpustných solí v konstrukci objektu může být způsobena řadou různých zdrojů a při překročení jejich přípustného množství dochází k chemickým degradačním procesům, jež mají významný vliv na snížení základních fyzikálně-mechanických vlastností materiálu konstrukcí. Zasolování konstrukcí objektu je také úzce spojeno se zvýšenou vlhkostí objektu, kdy je voda častým transportním médiem vodorozpustných solí, které narušují povrch stavebních materiálů [6]. Nejčastějšími vodorozpustnými solemi vyskytující se ve stavebních materiálech konstrukci jsou chloridy, dusičnany a sírany. Jejich množství společně s množstvím amoniaku bylo v objektu bakalářské práce zjišťováno v kapitole 5.3.1 a 5.3.2.

Chloridy tvoří základ zimních posypů vozovek a jejich zvýšené množství se dá očekávat v objektech v těsné blízkosti silnic, což není případem řešeného objektu bakalářské práce. Není známá ani přítomnost mineralizované vody zeminy přiléhající ke stěnám suterénu budovy či zeminy jejího podzákladí. Jako zdroj chloridů ve stavebních materiálech můžeme také vyloučit technologické procesy (např.: potravinářskou výrobu), které se neslučují s účelem, pro který byl objekt vybudován. Vzhledem k těmto aspektům nebyla očekávána zvýšená koncentrace těchto solí.

Nebylo očekáváno ani velké množství dusičnanů v daných konstrukcích, jelikož se objektu nenachází v zemědělské oblasti, kde jsou dusičnany součástí používaných hnojiv, ze kterých se dále dostávají do stavebních materiálu objektu. Dalším zdrojem těchto solí je rozklad organických hmot (hřbitovy), močovina používaná pro zimní ošetřování komunikací či potravinářská výroba v objektu. Umístění objektu ani jeho účel se neslučuje s těmito možnými jmenovanými zdroji dusičnanů.

Vzhledem k výkvětům na svislých konstrukcích objektu, které byly analyzovány v kapitole 5.3, byla předpokládána zvýšená přítomnost síranů, která se ovšem nepodařila laboratorně potvrdit. Zasolení zdiva sírany může být způsobeno znečištěnou atmosférou, mineralizovanou spodní vodou, chemickými hnojivy či spalováním hnědého uhlí. Dále mohou být tyto sole obsaženy ve stavebních materiálech vyrobených z nekvalitních surovin, což může být dost možná příčina vzniku zkrystalizovaných solí na povrchu konstrukcí podzemního podlaží řešeného objektu.

Amoniak, jehož přítomnost v odebraných vzorcích ze suterénu byla také laboratorně zjišťována, se ve stavebních materiálech konstrukcí objevuje jen zřídka. Jeho zdrojem mohou být hnojiva používaná v zemědělství či rozklad organických materiálů.

Vodorozpustné sole i jiné škodliviny se do stavební materiálů dostávají vlivem vztlínající vlhkosti především z okolního terénu nebo vznikají z biologických zdrojů či chemickou korozí materiálu konstrukcí objektu vlivem ovzduší. Přítomnost solí v objektu je často podmíněna zatékáním vody skrz narušené konstrukce nebo aplikací sanačních přípravků obsahující vodní sklo.

Zvýšená salinita a s ní spojené chemické degradační procesy mají vliv na řadu fyzikálně-mechanických vlastností materiálu. Usazené sole na povrchu konstrukcí

degradují zdící prvky nejen chemickou korozí, ale současně způsobují osmózu a hygroskopicitu a tím je zvyšována vlhkost konstrukce. V solných výkvětech je také prokázána přítomnost specializovaných bakterií, které v kombinaci se zvýšenou vlhkostí a salinitou umocňují proces degradace.

5.5 Analýza biotických činitelů stavebních materiálů

Již v rámci stavebně-technického průzkumu bylo patrné, že převážná většina konstrukcí objektu je zasažena biologickými a chemickými degradačními procesy. Faktory jako potvrzená zvýšená vlhkost konstrukčních prvků, zjištěná hodnota pH, zkrystalizované sole v podobě výkvětů, nevhodné proudění vzduchu skrz rozbitá suterénní okna či skrz okna špatně vsazená, dostatek organické hmoty na povrchu stavebních materiálů konstrukcí popřípadě pronikání dostatečného světla okenními otvory mají za následek výskyt a rozvoj plísní, dřevokazných hub, sinic, řas a mečů, vyšších rostlin, bakterií a dalších biotických činitelů, jež kontaminují ovzduší objektu a vytváří zdraví škodlivé prostředí pro jeho uživatele.

Biotičtí činitelé degradující konstrukce řešeného objektu byli zkoumáni v chemické a mikrobiologické laboratoři katedry konstrukcí pozemních staveb ČVUT. K jejich určení byly použity dvě vhodně vybrané metody – jedna pro zjištění přítomnosti a druhu mikromycet, druhá pro určení výskytu nižších rostlin.

5.5.1 Mikromycety (plísně)

Z odebraných vzorků pro gravimetrickou analýzu vlhkosti byly vybrány dva, jež byly podrobeny zkoumání výskytu plísní. Nejdříve bylo nutné nachystat Petriho misky s růstovým médiem (agarem), do něhož byla následně pomocí očištěného skalpelu odškrábána část hmoty ze vzorku E100 a otisknut dřevěný vzorek odebraný z okapové vaznice krovu. Takto připravené vzorky byly vloženy do termostatu s požadovaným nastaveným prostředím vhodným pro růst a vývoj mikromycet.

Po uplynutí 14 dní byly vzorky již dostatečně vyvinuté a mohly být podrobeny analýze pod mikroskopem. Z každého z nich bylo odebráno několik částí, které byly

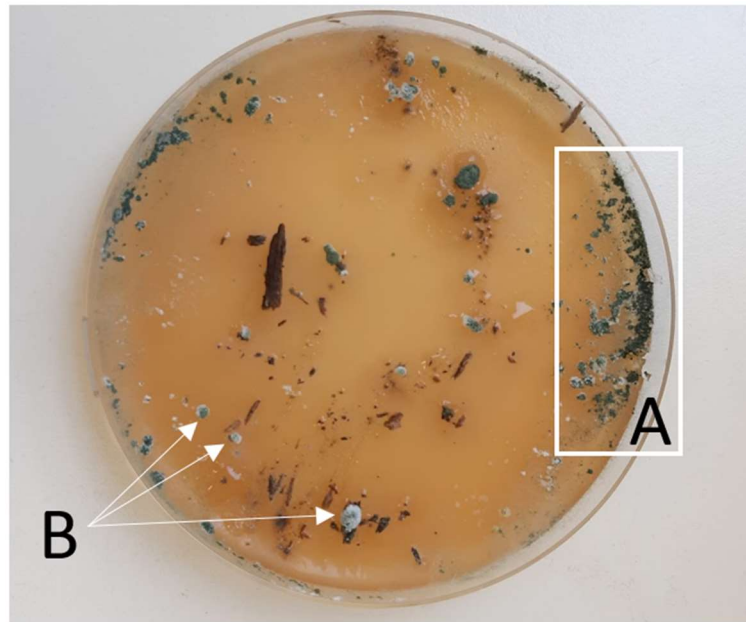
vloženy na mikroskopické sklíčko a následně zkoumány objektivem mikroskopu s několikanásobným zvětšením. S pomocí vyškolené pracovnice laboratoře byly jednotlivé odebrané části ze vzorku identifikovány a jejich typické znaky pomocí digitální zrcadlovky vyfoceny.



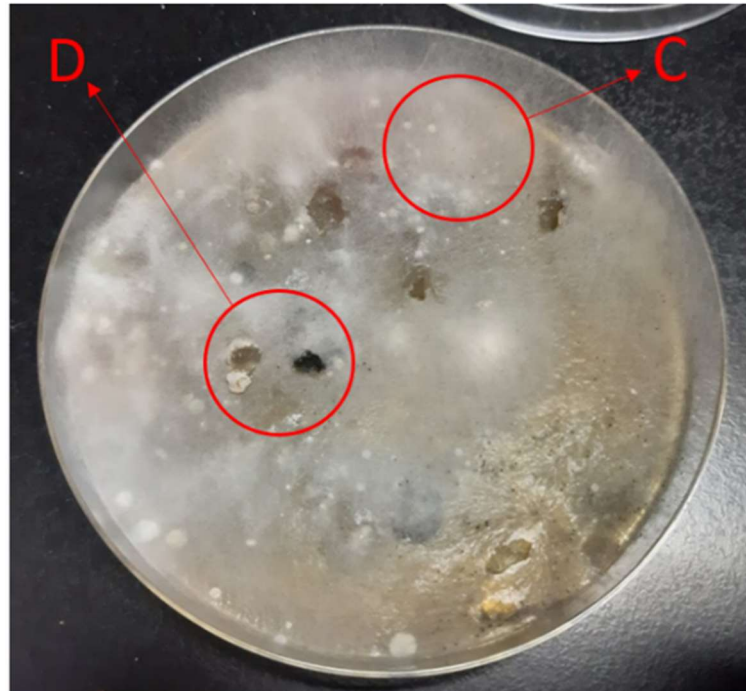
Obrázek 84: Vzorky připravené pro vložení do termostatu

U vzorku s otiskem odebraného dřeva z okapové vaznice byla zjištěna přítomnost vláknité houby *Trichodemy sp.* a *Fusária sp.*. Zbarvená *Trichoderma sp.* je často se vyskytující houba tvořící kolonie a stejně jako *Fusarium sp.* se jedná o rychle rostoucí houbu s teplotními nároky od 0-30 °C [8].

Vzorek E100 už na první pohled vykazoval pestřejší škálu výskytu mikroorganismů. Odběr jeho částí byl směřován hlavně z míst výskytu bílých „chloupků“ (vzorek C) a z tmavých míst pronikajících až na dno Petriho misky (vzorek D).

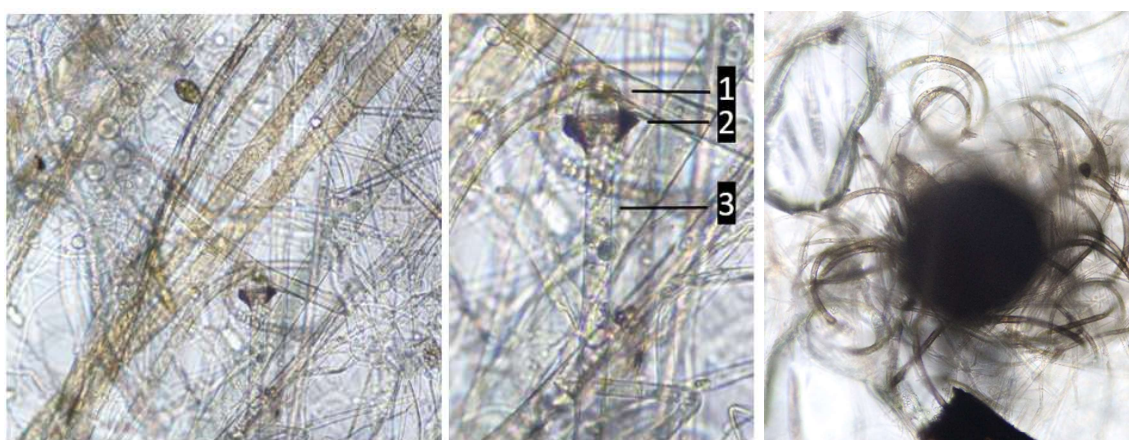


Obrázek 85: Živné médium s otiskem části dřeva okapové vaznice po 14denním růstu v termostatu
A – Zeleně zbarvené *Trichodermy* sp.
B – *Fusária* sp.



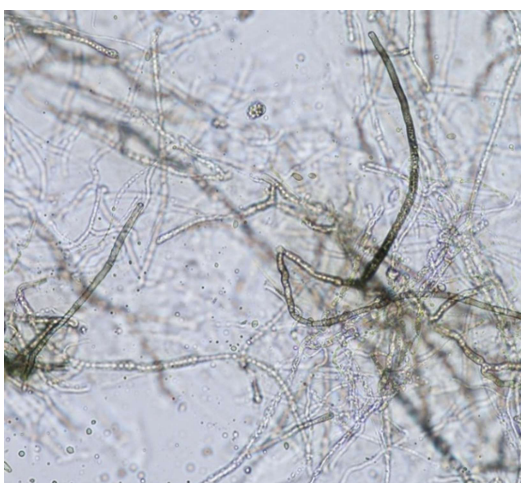
Obrázek 86: Vypěstování biotičtí činitelé v růstovém médiu ze vzorku E100
C – *Mucor* sp.; *Chaetomium* sp.
D – *Cladosporium* sp.

Ze vzorku C byla identifikována hojně rozšířená vláknitá houba, tzv. *Mucor sp.*. Tato houba je charakteristická silným „stonkem“ a kolumelou doplněnou o límeček (obrázek 87). Dále neprodukuje žádné škodlivé látky a její kolonie mohou dosahovat výšky až 20 mm. Dalším určeným mikroorganismem ve vzorku bylo *Chaetomium sp.*. Jedná se též o vláknitou houbu s typickými zvlněnými nevětvenými vlákny, která jsou zachycena na obrázku 88. Tmavé zbarvení kolonií je zapříčiněno malými tmavými plodnicemi, jež jsou viditelné i pouhým okem [8].



Obrázek 87: Odebraný vzorek C pod mikroskopem – *Mucor sp.*
1 – kolumela; 2 – límeček; 3 – silný „stonk“

Obrázek 88: *Chaetomium sp.*
z odebraného vzorku C



Obrázek 89: Odebraný vzorek D pod mikroskopem – *Cladosporium sp.*

Ve zkoumaném vzorku D bylo nalezeno tzv. *Cladosporium sp.*. Tato vláknitá houba není nikterak nebezpečná, její hyfy jsou silnější a málo větvené, spory oválné. Je pro ní typický pomalý růst kolonií tmavého zbarvení při optimální teplotě 18-28 °C [8].

Všechny uvedené identifikované plísně mají negativní vliv na jednotlivé konstrukce, respektive způsobují jejich degradaci. Jejich výskyt je podmíněn podmínkami objektu, a to především relativní vlhkostí vzduchu $\varphi_i = 60\text{--}90\%$, optimální teplotou $15\text{--}30\text{ }^\circ\text{C}$ a dostatkem organického uhlíku obsaženém v oblasti jejich výskytu na daném materiálu konstrukce. Při splnění těchto podmínek stačí plísním velmi krátký čas na dokončení jejich vývoje a následného zamoření prostoru svými zárodky.

5.5.2 Řasy, mechy, lišejníky

V prvním podzemním podlaží objektu jsou svislé konstrukce a vodorovné konstrukce ve styku se svislými pokryty zeleným povlakem, který je v mnohých místech plošného charakteru. Ten byl podroben analýze výskytu nižších rostlin ze vzorků A100, B50 a F50.

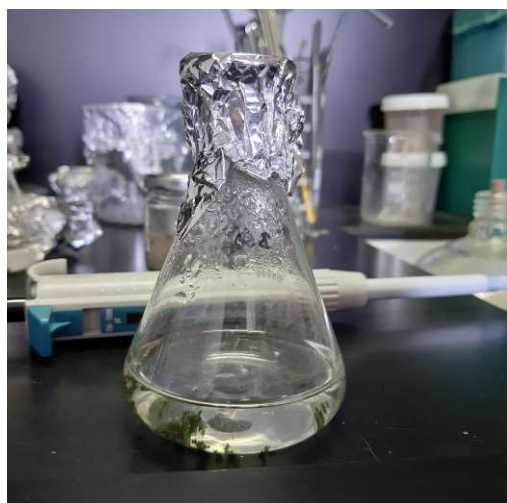


Obrázek 90: Vzorky připravené na analýzu výskytu nižších rostlin

Do každé z připravené Erlenmeyerovy baňky s minerálním roztokem (použit tzv. Knopův roztok) byla sejmuta část zeleného povlaku pomocí vyžíhaného skalpelu. Následně byly Erlenmeyerovy baňky umístěny na laboratorní třepačku, kde byly ponechány dva týdny. Po uplynutí této doby byly již v roztoku viditelně řasy kultivovány a byl tak potvrzen jejich výskyt. Pod mikroskopem byly kromě řas viděny i mechy, jejichž vlákna jsou oproti řasám při daném zvětšení silnější.

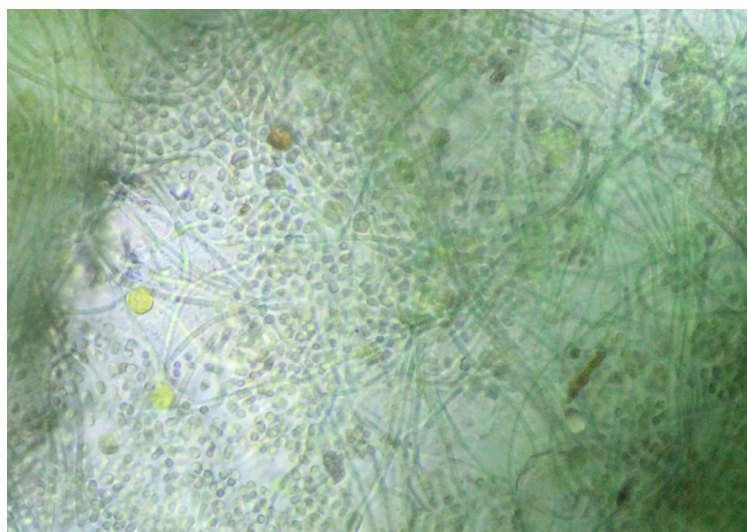


Obrázek 91: Erlenmeyerovy baňky se vzorky umístěné na laboratorní třepačku pro jejich lepší kultivaci

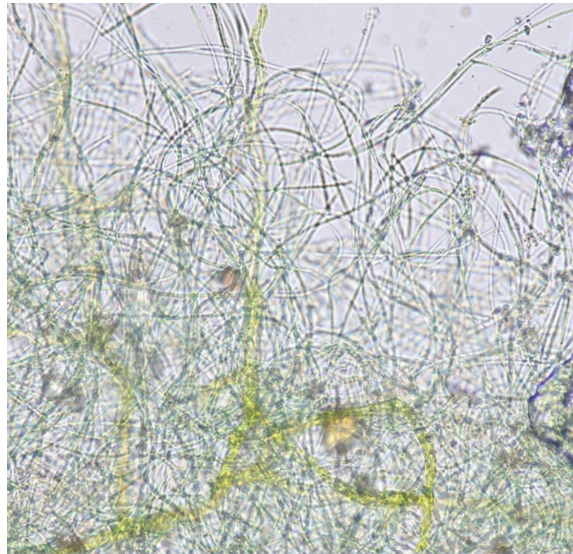


Obrázek 92: Vypěstované řasy/mechy v Knopově roztoku

Pronikání slunečních paprsků do postižených částí, zvýšená vlhkost jak ovzduší, tak konstrukcí suterénu a dostatek minerálů v materiálech konstrukčních prvků mělo společně s příznivou hodnotou pH pro výskyt nižších rostlin za následek nástup řas (mechů) pokrývajících stěny a částí kleneb podzemního podlaží řešeného objektu. Konstrukce napadené nižšími rostlinami jsou narušovány jejich pronikáním skrze malé štěrby do materiálu, agresivním působením vůči kameni, organickými kyselinami a barvivu, která jsou jejich součástí nebo jimi produkovávané.



Obrázek 93: Mikroskopický snímek řas – jemná vlákna jako jejich charakteristický znak



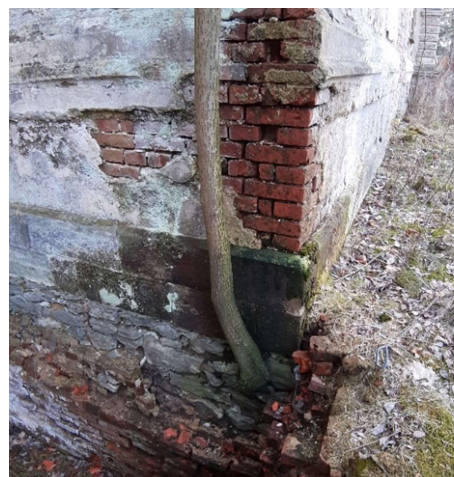
Obrázek 94: Mikroskopický snímek zachycující zároveň jak vlákna řas, tak i vlákna mechů, jež vegetují na povrchu konstrukcí suterénu
Řasy – jemná vlákna; Mechy – silná vlákna

5.5.3 Vyšší rostliny

V místech akumulace vody (horizontální římsy, podokenní římsy) či v místech odstříkávání fasády a zdiva dešťovou vodou je možný výskyt i vyšších rostlin. Ty pronikají do konstrukce nejsnazší cestou, tedy skrz pojivo zdících prvků. Jejich kořenový systém působí na konstrukce objektu tlaky dosahující hodnoty až 30 MPa, a tím narušuje postižené konstrukce.



Obrázek 95: Vyšší rostliny degradující severní fasádu objektu



Obrázek 96: Degradace obvodové zdi vyšší rostlinou

5.6 Shrnutí podrobně vlhkostního průzkumu

V objektu byla potvrzena zvýšená vlhkost zdiva (velmi vysoká vlhkost dle ČSN P 73 0610) i dřevěných prvků krovu a stropních konstrukcí. Na základě výsledků hmotnostní vlhkosti odebraných vzorků byly zjištěny hmotnostní vlhkosti dosahující hodnot přes 20 %hm., a to především v místech odběru u konstrukce podlahy suterénu a v blízkosti porušených okenních otvorů. Vzorky odebrané z míst stěny z lomového kamene a z míst vyšší odběrné vzdálenosti od úrovně podlahy suterénu z daleka nedosahují již tak vysoké hodnoty hmotnostní vlhkosti. Vlhkost odebraných vzorků s výškou klesá.

Zkoumaný odebraný dřevěný prvek byl vysoce degradován zvýšenou vlhkostí objektu a dřevokaznými činiteli, kteří byli laboratorně potvrzeni.

Na zděných stěnách suterénu byly objeveny v rámci stavebně-technického průzkumu výkvěty solí, které byly podnětem pro provedení analýzy vodorozpustných solí v objektu. Jejich zvýšené množství v konstrukcích se laboratorně nepodařilo potvrdit. V objektu byl zjištěn výskyt řas a plísní, jež byly za pomoci vědecké pracovnice v laboratoři identifikovány.

6. Návrh sanačních opatření

Při volbě vhodné sanační metody pro jednotlivé degradované části stavebních konstrukcí nebo konstrukcí jako celku je vždy zapotřebí zohlednit, o jaký typ konstrukce se jedná, z jakého materiálu je konstrukce zhotovena, jakým způsobem byla narušena apod. Při provádění sanačních opatření je nutné vždy postupovat dle platných norem nebo na základě návrhu a výpočtu projektanta či jiné oprávněné osoby podílející se na návrhu sanačních metod. Dimenze nově navržených konstrukcí či náhrad, výměn, zesilujících prvků, spojů atd. je nutno stanovit na základě statického výpočtu a posoudit dle platných norem.

Jelikož bude v mnohých případech při provádění navržených sanačních metod zasazeno do nosných konstrukcí objektu, je zapotřebí před jejich započítáním vyřídit potřebné stavební povolení. Při provádění stavebních prací bude dbáno na bezpečnost práce a ochranu zdraví a budou dodrženy všechny další obecné požadavky na výstavbu.

6.1 Sanace vlhkého zdiva

Pro výběr správné sanační metody pro sanaci vlhkého zdiva musí být zohledněna řada aspektů. Především je zapotřebí provést vlhkostní průzkum konstrukcí objektu, analýzu vodorozpustných solí, průzkumy z hlediska biokoroze, určení pH stavebních materiálů konstrukcí a získat informace o vlastnostech okolního terénu průzkumem či z archivních podkladů. Jmenované průzkumy, jež jsou součástí bakalářské práce, jsou společně se samotným šetřením na místě stavby nápomocné pro výběr vhodné sanační metody řešeného objektu, která může značně ovlivnit životnost sanovaných konstrukcí a samostatného objektu jako celku.

Použití vzduchových dutin jako sanační metody vlhkosti pro daný objekt nelze doporučit. Zjištění hmotnostního obsahu vody na základě vlhkostního průzkumu značně přesahuje hodnoty zvýšené vlhkosti (4-7 %hm.), pro které se tato metoda používá. Vzhledem k její účinnosti se doporučuje spíše jako doplňková.

Elektrofyzikální metodu lze použít pro zdivo, které neobsahuje vysoký obsah solí a jeho pH není menší než 6. Podmínky pro provedení tohoto způsobu sanace byly ověřeny

v kapitole 5., ale jelikož odebrané vzorky pro vlhkostní průzkum vykazují vysokou dotaci vlhkosti a v objektu se nacházejí kovové části, nelze ani tuto metodu doporučit. Tato metoda není zároveň vhodná pro objekty, u kterých se předpokládá absence hydroizolace nebo objekty, jejichž zvýšená vlhkost je způsobena vlivem tlakové vody či smáčením konstrukcí od deště.

Výhodou další metody – tzv. infuzní, je její vhodné použití pro všechny druhy zděných konstrukcí. Doporučuje se použít pouze pro vztlínající zemní vlhkost, kde vlhkost sanovaného zdiva nebude překračovat hodnotu 13 % hm. Vhodnost použití této metody je v rozporu s výsledky vlhkosti zdiva, jež byly získány pomocí laboratorní analýzy, proto nelze ani tuto sanační metodu na daný objekt aplikovat jako jedinou, může však sloužit jako dodatečné sanační opatření.

Jedna z dlouhodobě nejspolehlivějších sanačních metod je metoda mechanická. Spočívá ve vložení dodatečné hydroizolace zdiva, u něhož nehraje roli hodnota zvýšené vlhkosti, přítomnost zvýšeného obsahu solí, chemismus či velikost a charakter pórů. Z důvodu přímého zásahu do konstrukce není tato metoda příliš vhodná pro konstrukce s pilíři a klenbami a pro kamenné či smíšené zdivo. Na základě těchto doporučení a faktu, že stropní konstrukce sanovaného suterénu jsou tvořeny pouze klenbami, nebude ani tato metoda použita pro sanaci vlhkého zdiva objektu bakalářské práce, jelikož by mohlo dojít k narušení celistvosti a únosnosti sanovaného zdiva a konstrukcí k němu navazujících [4].

Po zvážení všech doposud zjištěných faktů v rámci stavebně-technického průzkumu, průzkumů laboratorních a polohy objektu, jež je ze všech stran přístupný (zelené plochy kolem celého obvodu objektu), bude v rámci sanace vlhkého zdiva provedena svislá hydroizolace a další sanační opatření, jež budou rozepsány v následujících kapitolách.

6.1.1 Nutná opatření před aplikací vhodné sanační metody

Před zahájením vhodné metody sanace vlhkosti zdiva je zapotřebí zamezit zvyšování vlhkosti v objektu vodou srážkovou, která se do vnitřních prostor budovy dostává skrze narušené konstrukce nebo v důsledku jejich špatného provedení. Nutno je provést opravu porušeného zasklení suterénních oken a dokončovací práce u oken již rekonstruovaných. V rámci těchto dokončovacích stavebních prací bude odstraněno přebytečné množství

montážní pěny (popřípadě její aplikace, pokud nebyla připojovací spára polyuretanovou pěnou vyplněna), bude provedena úprava zdiva a omítky kolem otvorů, utěsnění připojovací spáry kolem celého obvodu rámu okna, usazení vnitřních a vnějších parapetů a provedení chybějícího oplechování oken a následné celkové očištění otvorů a oken. Dále je zapotřebí provést opravu dešťového svodu objektu, jehož narušením dešťová voda smáčí vnější stranu obvodových zděných konstrukcí. Nutné je provést také rekonstrukci konstrukce zastřešení, jejímž narušením je konstrukce krovu přímo vystavena povětrnostním podmínkám, které zapříčinily hnilobu a další degradace dřevěných prvků nejen v konstrukci krovu, ale i stropnic dřevěných trámových stropních konstrukcí (viz kapitoly 4. a 5.). Současně s opravou konstrukce zastřešení bude provedeno oplechování komínových těles. Zvýšená vlhkost v objektu je zapříčiněna současně narušením vnitřní kanalizační a vodovodní sítě, které je nutné v rámci rekonstrukce také opravit.

6.1.2 Odkopání základových konstrukcí

Jako vhodná sanační metoda vlhkosti zdiva daného objektu byla s ohledem na výše zmíněná hlediska zvolena metoda odkopání základů na jejich vnější straně a dodatečné vložení svislé hydroizolace. Zvolené opatření proti zvýšené vlhkosti zdiva je možno provést z důvodu umístění objektu. Objekt není situován v bezprostřední blízkosti silniční komunikace a nejsou známa další omezení, jež by znemožňovala odkop zeminy podél celého obvodu objektu.

Ručně/mechanicky prováděný výkop po obvodě objektu musí být dostatečně hluboký, aby následně vložená svislá hydroizolace byla plně funkční. Nesmí však v žádném případě dojít k podkopání či narušení základové spáry, které by mohlo staticky narušit nosnou konstrukci objektu. Odkopávání základových konstrukcí objektu bude probíhat po výškově malých vrstvách z důvodu neznalosti stavu těchto konstrukcí a hloubce základové spáry. Po provedení výkopu na spodní hranici základů se obnažené zdivo řádně očistí od zbytků zeminy a již nepevných materiálů zdiva. Očištění bude provedeno mechanicky (kartáčem), aby nedošlo k dalšímu vlhnutí zdiva jako v případě

očištění prováděné tlakovou vodou. Následně se na povrch mechanicky očištěného zdiva aplikuje cementová vyrovnávací stěrka. Po jejím vytvrzení může být zhotovena svislá hydroizolace. Ta bude provedena ve formě bitumenové (asfaltové) stěrky, jež nemá spoje, o tloušťce cca 5 mm. Do stěrky bude současně vložena perlinková síť, s níž bude docíleno pevného hydroizolačního povrchu zdiva. Jako ochranná vrstva hydroizolace bude použita nopová folie, která jí ochrání při zpětném zásypu odkopávek. Nopová fólie bude řádně zakončena ukončovací lištou. Před konečným zasypáním odkopávek bude provedena doplňková nepřímá sanační metoda – drenážní systém napojený na kanalizaci. Drenáž bude zhotovena nad úrovní základové spáry. Výkop bude zasypán a hutněn po vrstvách, aby nedošlo k prosednutí zásypového materiálu [9].

6.1.3 Sanace podlahových konstrukcí podzemního podlaží

Z důvodů značného poškození podlah podzemního podlaží vlivem vlhkosti, bude ve všech prostorách suterénu provedena rekonstrukce podlahových konstrukcí. Volba konečného způsobu rekonstrukce podlah bude zhotovena na základě podrobnějšího průzkumu základových konstrukcí, zejména pak s ohledem na zjištěnou hloubku základové spáry. Při volbě rekonstrukce podlah bude dále dbáno na dodržení nezámrné hloubky základové spáry a dodržení minimální světlé výšky podzemního podlaží s přihlédnutím na jeho předpokládaný účel. Vzhledem k neznalosti stavu, rozměrů a charakteru základových konstrukcí jsou v rámci této bakalářské práce navrženy dva možné způsoby rekonstrukce podlah suterénu. U obou zvolených variant bude provedeno celkové vybourání stávajících podlahových konstrukcí ve všech místnostech tohoto podlaží. Tento zásah byl zvolen s ohledem na jejich značnou degradaci. Současně s prováděním těchto zákroků bude opraven vnitřní ležatý svod kanalizačního potrubí nacházející se pod podlahou tohoto nejnižšího podlaží.

6.1.3.1 Podlaha na terénu

Jedna z možností rekonstrukce stávajících podlah suterénu je jejich vybourání včetně podkladních vrstev a následná realizace nového vhodného souvrství podlah zmiňovaného podlaží. V případě zjištění nedostatečné hloubky základové spáry pro provedení podlah se vzduchovými mezerami (viz kapitola 6.1.3.2) je možno provést konstrukci podlah na terénu s nově navrženým souvrstvím podlahových vrstev. Po vybourání stávající degradované podlahy je vhodné vyměnit stávající podsyp (předpoklad vrstvy z udusané směsi písku, hlíny a kamení) za více porézní materiál jako je ku příkladu štěrk. Tato štěrková podkladní vrstva musí být řádně udusaná a stabilizovaná a její tloušťka musí činit alespoň 100 mm. Na upravený štěrkový podsyp se poté zhotoví podkladní beton o tloušťce 150 mm vyztužený Kari sítí 150x150x8 mm. Tento podkladní beton bude uložen do vysekaných kapes ve zděné konstrukci základů. Po vytvrdnutí podkladního betonu bude aplikován asfaltový penetrační nátěr a následně položen SBS modifikovaný asfaltový pás (2x4 mm). Následuje položení vrstvy izolace EPS tloušťky 100 mm, ochranné vrstvy a separační vrstvy (doplňkové hydroizolační vrstvy – asfaltové lepenky), zhotovení betonového potěru o tloušťce 50 mm vyztuženého Kari sítí 150x150x6 mm a provedení nášlapné vrstvy podlahy.



Obrázek 97: S1 – nová skladba podlahy na terénu

6.1.3.2 Provětrávaná podlaha pomocí speciálních tvarovek „Iglú“

Další zvolenou variantou rekonstrukce stávající podlahy v suterénu je zhotovení provětrávané podlahy pomocí speciálních tvarovek. Na českém trhu je již v dnešní době mnoho výrobců nabízející tyto speciální tvarovky pro odvětrání podlahové konstrukce a jedním z nich je i *Gabex s.r.o.*, který nabízí speciální systémové tvarovky *Iglú*. Při možnosti dodržení nezámrné hloubky 800 mm mezi dolním povrchem prováděné vzduchové mezery a úrovní základové spáry (především v případě severních místností suterénu západního a východního křídla objektu) a při současném dodržení minimálního rozměru světlé výšky místností suterénu, je podlaha se vzduchovými dutinami metodou sanace, která přináší řadu výhod. Takto provedené rekonstrukce podlah plní současně účel sanace vlhkého zdiva a ochranu proti radonu pronikajícího z podloží. Dále slouží jako trvalá izolace proti vlhkosti podkladové konstrukce, chrání souvrství podlah před zemní vlhkostí a vzduchové mezery vytvořené pomocí speciálních tvarovek je vhodné použít i pro vedení sítí.

Při provádění provětrávané podlahy je možno z důvodu zajištění světlé výšky odstranit stávající podlahu v celé její tloušťce. Ztracené bednění *Iglú* se klade na vyrovnaný šterkopískový podsyp zhutněný minimálně na 40 MPa (v případě předpokládaného vyššího zatížení na podkladový beton pevnosti určené projektantem). Minimální výška vzduchové mezery provětrávaných podlah má být 100 mm. S ohledem na výškovou dispozici suterénu a na základě doporučení výrobce tvarovek *Gabex s.r.o.* byly zvoleny do souvrství rekonstruované podlahy tvarovky výšky 160 mm se vzduchovou dutinou výšky přibližně 110 mm. Jednotlivé prvky se kladou na sucho ve vodorovných řadách dle šipek na jednotlivých elementech. Zámky na jejich stranách musí do sebe přesně zapadat, aby nedošlo ke vzniku mezer, které by měly vliv na životnost a správný chod provětrávané podlahy. Po dokončení pokládky se na vrch prvků položí armovací síť. Takto připravený podklad se zalije betonem doporučené kvality dle projektanta stavby (C20/25). Konstrukční spáry nosné betonové desky musí být provedeny nad obloukem tvarovky, v místě s nejtěsnější vrstvou betonu. Následuje položení tepelné izolace (EPS tl. 100 mm), separační vrstvy v podobě asfaltové lepenky (např.: A 400H), zhotovení betonového potěru (tl. 50 mm) a nášlapné vrstvy podlahy.

Z důvodu zavlhnutí zdiva v úrovni konstrukce podlahy a nad úrovní nášlapné vrstvy bude mezi konstrukcí nové podlahy a svislými stěnami provedena dělicí spára o tloušťce 10 mm. Tato spára bude překryta krycí lištou [10].



Obrázek 98: S2 – provětrávaná podlaha – plastové tvarovky ztraceného bednění Iglú

Odvětrání provětrávané podlahy bude zajištěno tzv. komínovým efektem“. Vdechové otvory z exteriéru pro severní část objektu budou zhotoveny na severní fasádě objektu, pro jižní část objektu pak na fasádě východní, západní a jižní. Jako výdechové otvory budou použity nepoužívané komínové průduchy situované v podélní středové stěně objektu. Komínové průduchy pro odvod odvětrání je potřeba řádně zajistit a sanovat (viz kapitola 6.2). Při provádění vdechových a výdechových otvorů je vhodné dodržet několik konstrukčních zásad, aby byl zajištěn správný a dostatečný odvod vzduchu provětrávané podlahy [6].

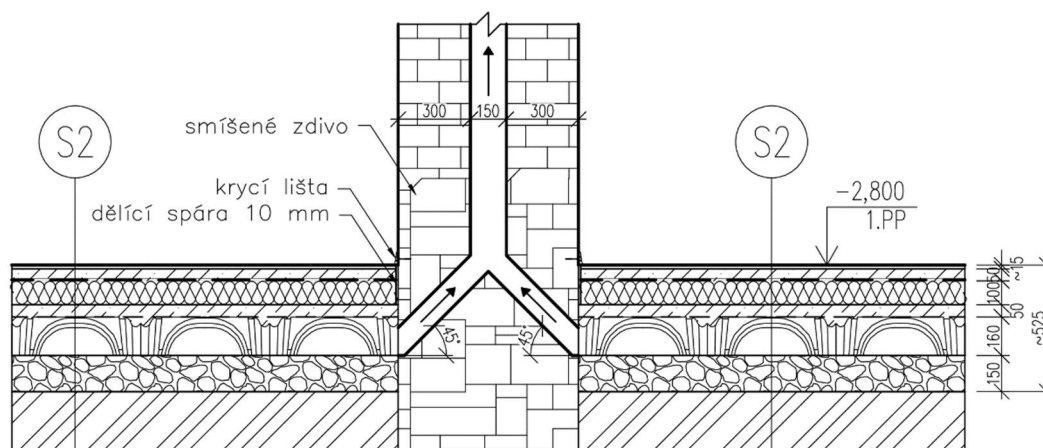
- Předběžný návrh plochy S vdechového/výdechového otvorů

$$S = \frac{1}{100} * A \quad (2)$$

A = plocha větrané podlahy [m²]

- Vzdálenost vdechových a výdechových otvorů ≤ 18 m
- Spodní plocha vdechových a výdechových otvorů ve sklonu 3 % do vnějšího prostředí
- Nutno zohlednit umístění a okolní zástavbu objektu

Pro dosažení lepšího proudění vzduchu v dutinách provětrávané podlahy je doporučena instalace komínového ventilu, který zajistí dostatečný tah vzduchu přiváděného z exteriéru a jeho následné odvětrání skrz komínový průduch nad střechu objektu.



Poznámka: přesná poloha a přesný rozměr komínového průduchu je zapotřebí určit na základě podrobnějšího průřezu

Obrázek 99: Schéma řezu výdechovým komínovým průduchem

Návrh výšky vzduchové mezery, velikost a rozmístění vdechových a výdechových otvorů musí být navrženy příslušnou kvalifikovanou osobou/firmou. Návrh provětrávané podlahy za účelem plnění účelu izolace proti pronikání radonu z podloží do objektu musí být v souladu s ČSN 73 061. Obě uvedené konstrukce podlahy musí být podrobeny tepelně technickému posouzení dle ČSN 73 0540 a splňovat tepelně technické požadavky.

6.1.4 Vodorovná hydroizolační clona tlakovou chemickou injektáží

Po zhotovení svislé hydroizolace na vnější straně objektu a vodorovné hydroizolace v nové konstrukci podlahy je zapotřebí provést jejich napojení. To bude provedeno vodorovnou hydroizolační clonou pomocí tlakové injektáže. Výhodou této dodatečné hydroizolace je její možné použití na jakýkoliv druh použitého zdiva, možnost provádění u vnějších i vnitřních stěn v jejich celé tloušťce, vysoká účinnost (v laboratorních podmínkách 50% - 95%) a současně se jedná o nejšetnější zásah do konstrukce.

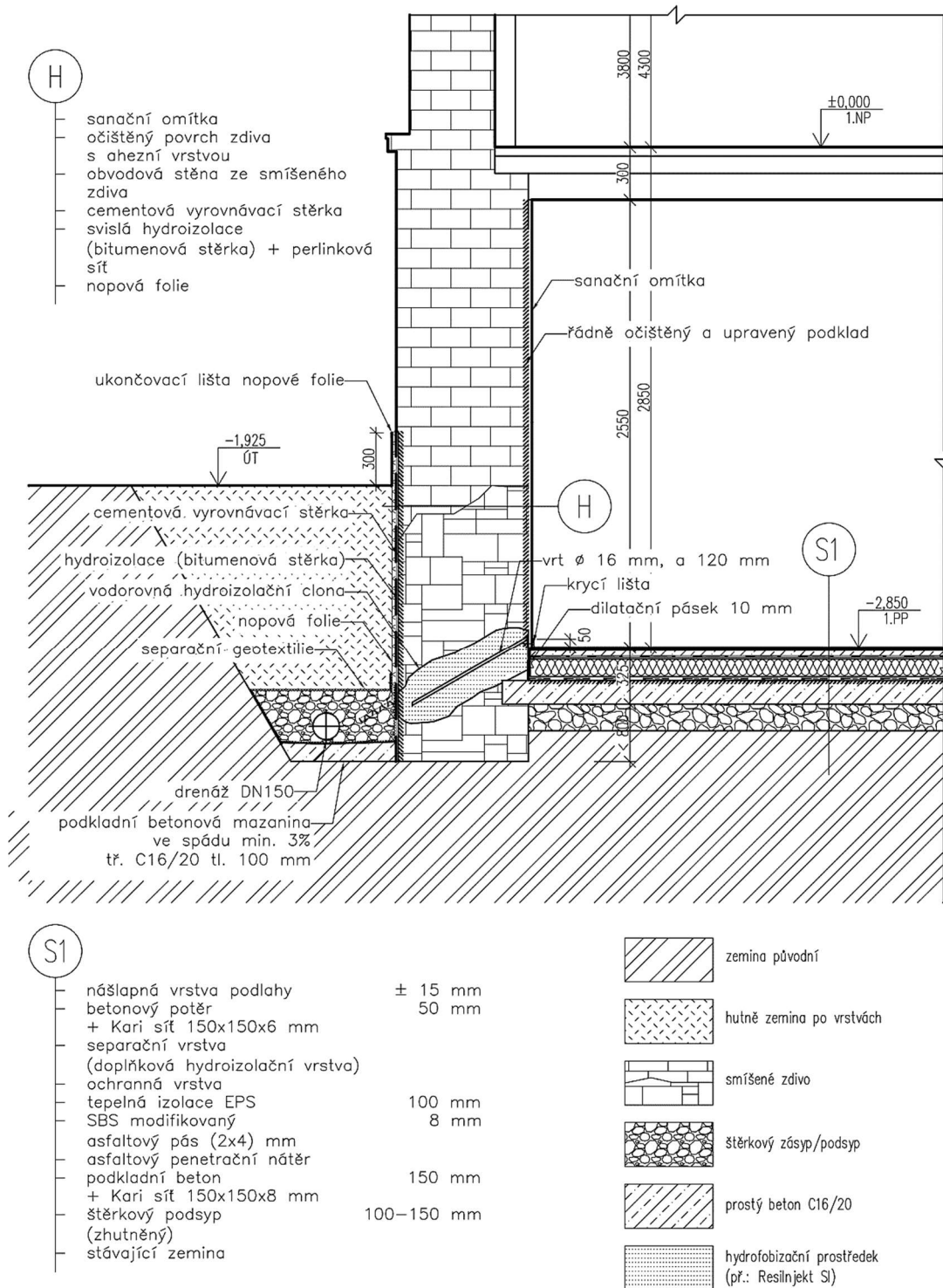
Pro aplikaci hydrofobního prostředku do sanovaného zdiva je zapotřebí předem vytvořit vrty v rovině, popřípadě v ploše. Jejich osová vzdálenost, průměr a sklon jsou závislé na druhu zvoleného injektážního prostředku a jeho způsobu zavádění. Vrty pro zavedení injektážní látky oslabují stěny, proto je nutné před jejich zhotovením provést statické posouzení sanovaných konstrukcí. Na základě vlhkostního průzkumu suterénních stěn je zapotřebí injektážní látku zavádět pomocí tlakové injektáže. Před zahájením tlakové injektáže musí být vrty vyčištěny od nečistot, jež vznikly během vrtání. Hrubé nečistoty se odstraní kartáčkem, jemný prach bude vyfoukán stlačeným vzduchem. Do připravených vrtů se osadí injektážní ventily a pomocí speciální vysokotlaké pumpy je skrze tlakové hadice zaváděn infuzní prostředek do sanované stěny. Injektážní látka je do konstrukce zaváděna současně několika vrty najednou za nepřetržitého tlaku hodnoty menší než 1000 kPa. Kontrola tlaku je zajištěna manometrem, jenž je součástí každé tlakové hadice zavádějící injektážní látku. Injektážní prostředek je do materiálu napouštěn rovnoměrně do doby, dokud není vytvořena souvislá vodorovná hydroizolační clona zabráňující pronikání vztlínající vlhkosti z podzákladí. Po injektáži se vrty vyplní nesmrštitelnou cementovou maltou. Injektážní prostředek bude vybrán na základě podrobně zpracovaného průzkumu zdiva a projektové dokumentace a zároveň bude zvolena injektážní metoda v souladu dle ČSN 73 0610 – Hydroizolace staveb – sanace vlhkého zdiva a dle směrnice WTA 4-4-96 – Injektáž zdiva proti kapilární vlhkosti. Účinnost injektážní metody je kromě aplikovaného injektážního prostředku také závislá na kvalitě provedení [4][6].

Vhodným injektážním prostředkem může být ku příkladu siloxanový koncentrát pro injektáž zdiva proti vztlínající vlhkosti *Resilnjekt SI* od výrobce *Sanax Group s.r.o.* Zmiňovaný výrobek je vhodný pro smíšené zdivo s vysokou vlhkostí (stupeň nasycení zdiva vodou až 95 %) a lze jej aplikovat navrhnutou tlakovou injektáží. Výhodou tohoto koncentrátu na siloxanové bázi je jeho schopnost proniknout i do velmi malých pórů a kapilár, dlouhodobá účinnost vytvořené horizontální hydrofobní clony, možnost jeho využití i ve velmi vlhkém zdivu či jeho snadné ředění vodou před jeho aplikací [11].

6.1.5 Sanační omítky

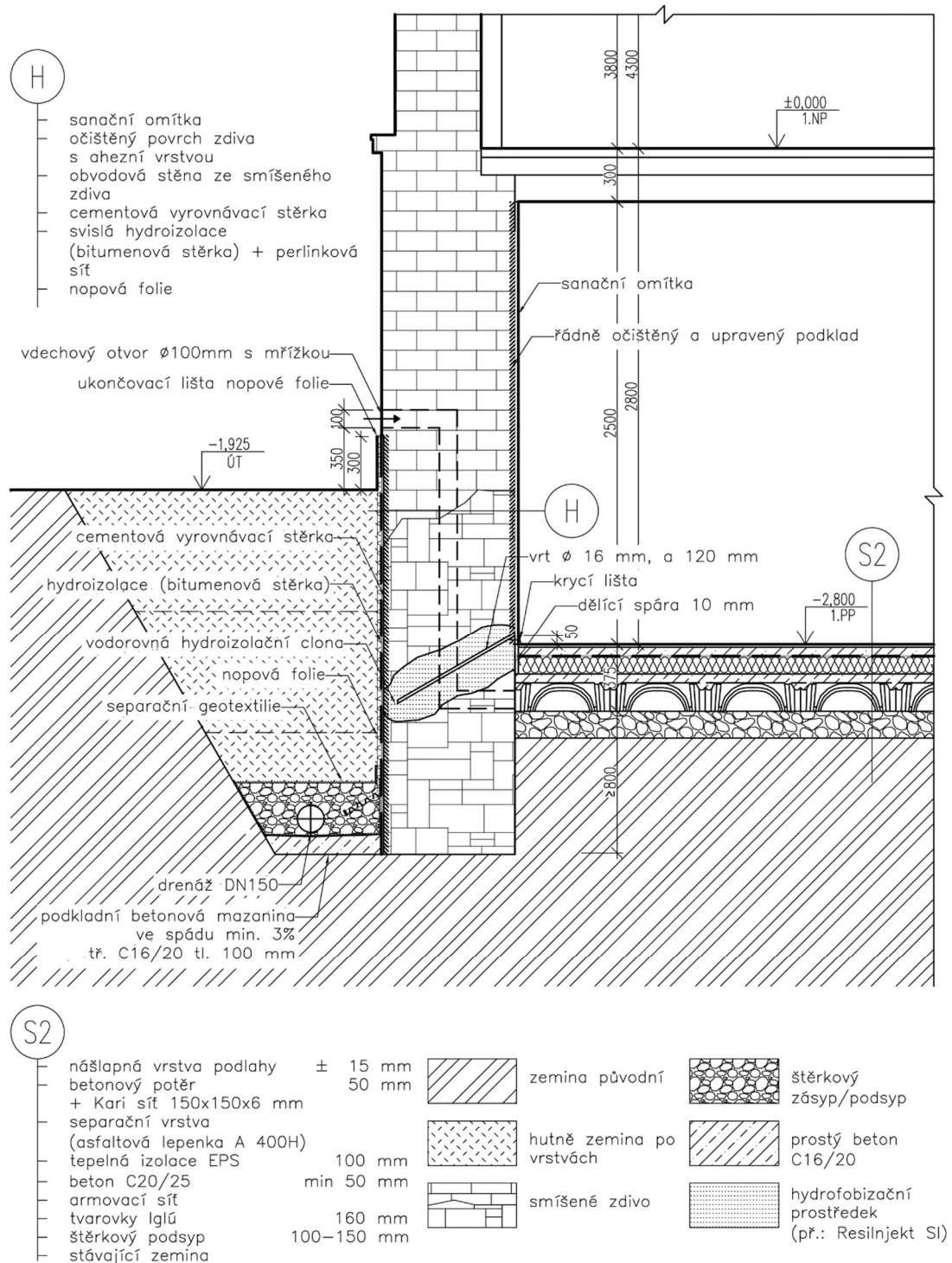
Pro dokončení sanace vlhkého zdiva je vhodné na vnitřní stranu obvodových stěn a stěny vnitřní aplikovat sanační omítky. Na základě zjištěné vysoké vlhkosti zdiva není doporučeno tento typ omítek provést hned po zhotovení výše zmiňovaných sanačních opatření. Sanační omítky je možno aplikovat s odstupem času, kdy dojde ke snížení vlhkosti zdiva v důsledku provedení dodatečné hydroizolace na vnější straně objektu, drenážního systému, provětrávané podlahy (popřípadě podlahy se skladbou na terénu) a zhotovení vodorovné hydroizolační clony. Dále je nutné dbát na zajištění přirozeného větrání a pravidelného topného režimu v daném objektu. Předpokládaná doba vysychání zdiva na přijatelnou hodnotu pro aplikaci sanační omítky je odhadována na 2-3 roky. Volba druhu sanační omítky (jednovrstvé/dvouvrstvé) bude zohledněna na základě stavu zděných stěn po uplynutí dostatečné doby určené pro vysychání zdiva do interiéru. Před aplikací sanační omítky na vnitřní povrch stěn je nutné zhotovit podrobný vlhkostní průzkum a průzkum chemizmu. Podklad pro nanesení sanační omítky musí být řádně připraven. Odstraněna bude původní zvlhlá, zasolená a narušená omítky a spáry zdiva budou vyčištěny do hloubky minimálně 20 mm. Dále je potřeba odstranit narušené zdící prvky, sanovat případné trhliny a na částečně vlhký povrch zdiva nanést adhezní vrstvu. Ta musí být chráněna před vyschnutím. Na očištěné a ošetřené zdivo může být následně zhotovena sanační omítky, jež musí být po dobu dvou dnů zachována ve vlhkém stavu. Po vyzrání povrchu a jeho penetraci může být nanesena konečná povrchová úprava.

Varianta 1: Návrh sanace vlhkého zdiva s novou skladbou podlahy na terénu



Obrázek 100: Schéma sanace vlhkého zdiva (Varianta 1)

Varianta 2: Návrh sanace vlhkého zdiva s provětrávanou podlahou



Obrázek 101: Schéma sanace vlhkého zdiva (Varianta 2)

6.1.6 Zhodnocení navržené sanace vlhkosti zdiva

Spodní stavbu objektu je vždy lépe izolovat z vnější strany, kde je přímo vystavena účinkům zemní vlhkosti. Proto je navrženo odkopání základů a vložení dodatečné svislé hydroizolace na vnější straně objektu, jež přímo zamezí dalšímu pronikání vlhkosti do konstrukce. Volba použití bitumenové stěrky na místo klasických asfaltových pásů či PVC folií přináší řadu výhod. Na rozdíl od asfaltových pásů vytváří bezešvý spoj za studena a lze jí jednoduše aplikovat na členité a tvarově složité základy. Nevýhodou použití bitumenového nátěru je jeho nanášení na povrch bez ostrých výstupů a nesoudržných částic. Proto je nutno mnohdy aplikovat na vnější stranu spodní stavby vyrovnávací cementovou stěrku před nanesením samotného bitumenového nátěru. Při odkrytí základů pro aplikaci svislé hydroizolace je zapotřebí se dostat minimálně 300 mm pod úroveň konstrukce podlahy, což může být u podsklepených objektů problém. Vždy je potřeba dbát, aby nedošlo k odkrytí a porušení základové spáry. Mohlo by tak dojít k poklesu únosnosti zeminy podzákladí, což by mělo vliv na statiku celého objektu. Dalším možným problémem je přivádění vody k objektu skrze nově provedený zásyp kolem celého obvodu. Nově provedený zásyp je pro vodu snadnou cestou ke zdivu, proto je v rámci sanace vlhkosti zdiva navržena nepřímá sanační metoda – drenážní systém, který zajistí odvod vody od obvodových konstrukcí budovy.

U konstrukce provětrávané podlahy je zase zapotřebí dbát, aby nedošlo ke kondenzaci uvnitř vzduchové mezery. Proto je vždy nutné provést tepelně technické posouzení a zajistit dostatečný přívod/odvod přiváděného/odváděného vzduchu.

Z důvodu vzlínající vlhkosti je zapotřebí provést napojení vodorovné a svislé hydroizolace budovy. Zvolená sanace pomocí chemické injektáže však nezaručuje jejich 100% napojení, což může být do budoucna problém. Výhodou použití tlakové injektáže oproti beztlakové je rychlejší provedení a lepší manipulace při zavádění injektážní látky, nedosáhneme jí však vyššího stupně naplnění kapilár.

Plánovaná aplikace sanační omítky díky svým difuzním a pórovým vlastnostem, vodoodpudivostí a nenasákavostí zajistí intenzivní odpařování vlhkosti ze zdiva a ukládání krystalizujících solí v její porézní struktuře. Její životnost se pohybuje

od 5 do 10 let v závislosti na množství solí ve zdivu. Její výhodou je její možná opakovatelnost použití stejně jako v případě vodorovné hydroizolační clony.

Navržené sanační opatření je nutno provádět v souladu s příslušnými normami a směrnici, dle podrobného průzkumu sanovaných konstrukcí, projektové dokumentace a za vedení kvalifikovaného odborníka.

6.2 Sanace komínových těles

Posouzení stávajícího stavu jednotlivých komínových těles v objektu bude provedeno odborníkem držící patřičné oprávnění kominík. Na základě jeho posudku bude proveden návrh sanace komínových průduchů s ohledem na jejich plánovaný účel a způsob využití. Výběr vhodného materiálu a technologie provádění plánovaných oprav komínů má významný vliv na jejich životnost a je zárukou správného chodu a vysoké účinnosti. Ku příkladu jsou uvedeny možné sanace komínových těles s ohledem na jejich plánovanou funkci.

6.2.1 Komínová tělesa pro odvod spalin

Aby komínová tělesa mohla znovu plnit požadovanou funkci a odvádět tak spolehlivě spaliny ven z objektu, je nutno provést jejich rekonstrukci, jejíž součástí bude i minimalizace rychlosti degradačních procesů uvedené v kapitole 4.6.

Jedním z možných způsobů je navrhnutí vícevrstvé skladby pomocí tzv. vložkování průduchů. Sanace spočívá ve vytvoření vhodné skladby, jejíž jednotlivé vrstvy jsou přizpůsobeny požadovaným funkcím. Vnitřní vrstva komínového tělesa musí být odolná proti chemickým vlivům agresivních sloučenin, vysokým teplotám a vlhkosti. Vnitřní vrstvu chrání vrstva střední, jež je tepelnou izolací, která chrání komínový průduch před ztrátami tepla. Ochrana střední a vnitřní vrstvy proti povětrnostním vlivům musí být zajištěna vrstvou vnější, která současně zajišťuje i stabilitu celého komínového tělesa [4].

Před zahájením sanace pomocí vložkování musí být stávající komínový průduch zkontrolován a řádně upraven. Průduch musí být dostatečně rozměrný a rovný. V případě nesplnění těchto požadavků musí být provedeno rovné frézování nebo vrtání. Po vhodném založení komínových průduchů (např.: pomocí prefabrikované komínové

paty) se na jednotlivá hrdla vložek nanáší spárovací hmota. Pomocí správně seřízených kleští se vložkování opatrně spouští do komínového průduchu tak, než dojde k napojení spouštěné vložky k hrdu předchozího dílu. Jednotlivé zabudované díly je zapotřebí průběžně začíšťovat od vytlačené spárovací hmoty, nejlépe pomocí spárovacího hladítka s nastavitelnou délkou. Materiál použitých vložek závisí na druhu spalovaného paliva a musí odolávat agresivnímu prostředí a zároveň být dostatečně propustný pro vodní páry. Na českém trhu jsou k dispozici vložky keramické, nerezové, ze speciální oceli, jiných vhodných kovů a komínové vložky na bázi plastů, jež jsou schopné se do značné míry přizpůsobit původnímu tvaru průduchu [12]. Střední vrstva pak může být zhotovena z tepelné izolace z čedičové nebo keramické vlny. Vnější vrstvu je zapotřebí zbavit degradované omítky a poškozeného zdiva, vyspravit její trhliny, doplnit o vydrolené zdivo a aplikovat novou vrstvu omítky. Nadstřešní části komínových těles, u kterých bude zjištěno jejich nadměrné porušení, budou odbourány a následně nově vyzděny z kvalitních cihel za použití vhodné malty. V rámci rekonstrukce bude provedeno oplechování a zamezení pronikání vlhkosti z exteriéru do zdiva komínových těles.

Průřez komínové vložky je spjat s výkonem spotřebiče a výškou komína a musí být v souladu s ČSN 73 4201. Komínová tělesa musí vyhovovat tepelně technickým požadavkům a statickému posouzení.

6.2.2 Komínová tělesa jako výdechový otvor provětrávané podlahy

V případě využití komínového průduchu jako výdechového otvoru provětrávané podlahy je zapotřebí provést několik opatření. Jedním z nich je zajištění těsnosti průduchu po jeho celé výšce – plynotěsné zaslepení sopouchů, provedeno například zazděním. Dále je potřeba vyspravit trhliny, doplnit vydrolené a poškozené zdivo, nanést novou povrchovou úpravu a opatřit výdechový otvor mřížkou, síťovinou, popřípadě protidešťovou žaluzií. Tím bude otvor ochráněn před vnikáním nežádoucích nečistot, hmyzu, hlodavců či hnaného deště a sněhu [6].

6.3 Sanace dřevěných stropních konstrukcí

U dřevěných stropních konstrukcí v objektu byla zanedbána preventivní opatření, která měla za následek degradaci dřevěných prvků a vznik poruch popsanych v kapitole 4.4. Druh a vznik biotických dřevokazných činitelů znehodnocující dřevěné prvky stropní konstrukce je zapotřebí přesně určit na základě detailního mykologického průzkumu, aby navrhnutá sanační opatření byla účinná. Dřevěné trámy stropní konstrukce je možné sanovat různými metodami, jež budou zvoleny s ohledem na rozsah narušení konkrétní části dřevěného prvku

Diagnostika stávajících dřevěných stropních konstrukcí se provádí pomocí sond. Na základě jejich provedení bude zjištěn stávající stav dřevěných prvků, přesná osová rozteč stropnic, jejich průřez a velikost a stav kapes ve zdivu svislých nosných konstrukcí. Součástí průzkumu stavu stropní konstrukce je tzv. „Heel drop test“, který slouží k určení jeho tuhosti. Test je prováděn pověřenou osobou, která v místě nejvyššího průhybu stropní konstrukce vyskočí a tím rozvibruje stropní nosníky. Na základě odezvy se určuje míra překročení očekávané tuhosti. Tento test je pouze orientační a výsledné posuzované hodnoty nedosahují přesnosti jako v případě provedení sond. Test nelze doporučit u stropních konstrukcí se značně viditelnými degradovanými dřevěnými prvky a při jeho provádění je nutné provést bezpečnostní opatření, aby osoba provádějící test nebyla ohrožena na zdraví [13].

Před aplikací vhodné sanační metody na porušené dřevěné prvky je zapotřebí degradované části těchto prvků odstranit až na zdravé dřevo. V závislosti na rozsahu napadení bude na každý (napadený) prvek aplikovaná chemická ochrana povrchová/polohluboká a provedeno sanační opatření s ohledem na charakter řešeného objektu. Narušení dřevěných prvků je očekáváno v místech s pravděpodobným výskytem zvýšené vlhkosti. U dřevěných stropnic trámové stropní konstrukce se jedná o místa vystavená zatékající srážkové vodě skrz narušené konstrukce a místa uložení, kde jsou mnohdy zhlaví trámů vystavena vodě kondenzující na stěnách kapes obvodových zdí. V rámci stavebně-technického průzkumu bylo potvrzeno, že dřevěné prvky stropní konstrukce degradují vlivem vlhkosti a hniloby právě na výše zmíněných místech.

Zhlaví trámů napadené hnilobou je možné sanovat pomocí ocelových konzol z válcovaných profilů. Degradované zhlaví se odstraní společně s kusem zdravého trámu (cca 1 m od poškozeného místa), zbylá část se ošetří vhodnou chemickou ochranou a zasune se do připravené ocelové konzoly, jež bude zabetonována do zdiva. Stropnice je ke konzole připojena pomocí svorníků.

Další možnou sanační metodou je protézování, které patří k nejstarším sanačním metodám. Znehodnocené části dřevěných prvků jsou nahrazovány obvykle stejným materiálem o „shodných“ vlastnostech za pomoci tesařských spojů a původních spojovacích prvků. Společně s vhodnými dodatečnými úpravami lze dosáhnout prakticky shodných vlastností jako měl daný dřevěný prvek před svou degradací. Kromě protézování pomocí tesařských spojů je možné provést tzv. beta-metodu. Tato sanace je preferována u objektů s vyšší památkovou ochranou a provádí se pomocí polymer betonu a výztužných prutů. Tyto pruty mohou být zhotoveny z profilové betonářské oceli, sklolaminátu či uhlíku. Takto zhotovená protéza se vkládá přímo do původní kapsy ve zdivu.

Pro estetickou úpravu lokálně narušených dřevěných prvků se provádí plombování. Po odstranění degradovaných částí dřeva se pomocí vhodného lepidla aplikuje plomba. Ta je zhotovena ze dřeva stejného druhu a vlastností jako sanovaný prvek. Provádění plomb někdy vede ke zvýšení tlakové pevnosti celku.

Mezi další opatření sanace dřevěných prvků stropní konstrukce, která jsou potřeba zvážit, patří zpevnění spojů a trámů pomocí svorníků, epoxidových lepidel či příložkami, dodatečné zavěšení/podepření trámů vhodně navrženou konstrukcí, předepnutí trámů, spřažení stropní konstrukce se železobetonovou deskou, zesílení trámů vložením výztuže s upraveným povrchem/lamel z uhlíkových vláken do drážek vyplněných epoxidovou pryskyřicí nebo zesílení trámů tkaninou z uhlíkových vláken lepenou epoxidovou pryskyřicí [4].

Radikálním, ale pravděpodobně nejúčinnějším řešením je neúnosné a znehodnocené dřevěné prvky odstranit a nahradit prvky novými, únosnými a zdravými. Metoda bývá většinou nejméně časově náročná, nejjednodušší a mnohdy i nejlevnější. S ohledem na historický charakter budovy byla tato metoda vyloučena a bude provedena pouze

v případě u nadměrně degradovaných dřevěných prvků, kdy by jiná sanační opatření nepřípadala v úvahu.

Z důvodu zachování historických konstrukcí a jejich prvků bude jako sanace preferována metoda protézování, a to za pomoci tesařských spojů. Doplňkové sanační metody budou voleny s ohledem na typ porušení konkrétních prvků.

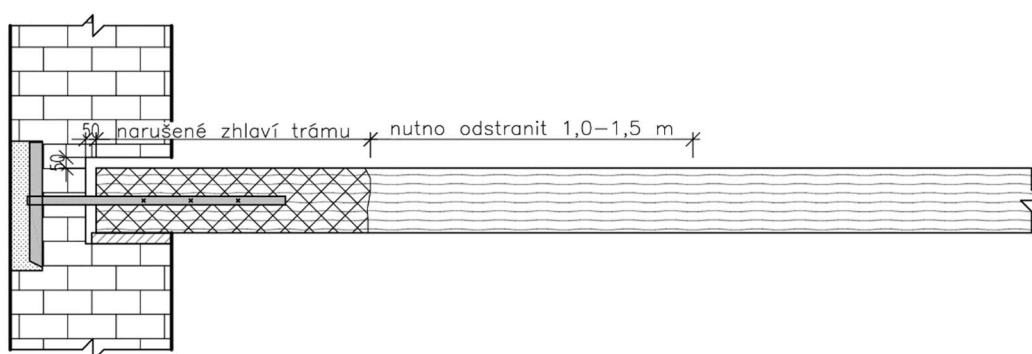
6.3.1 Sanace dřevěných prvků stropní konstrukce

Stav prvků stropních konstrukcí druhého nadzemního podlaží objektu bylo možné určit v rámci stavebně-technického průzkumu. Dřevěné prvky trámových stropních konstrukcí jsou ve většině případech odkryty, a to především v důsledku špatného stavu dřevěného záklopu tvořící pochozí vrstvu v půdním prostoru. Nad místnostmi 220 a 221 došlo k takové degradaci stropní konstrukce vlivem vlhkosti, která vedla k poškození omítnutého podhledu a k odkrytí degradovaných zhlaví stropnic v místech uložení (kapsách) obvodových zdí.

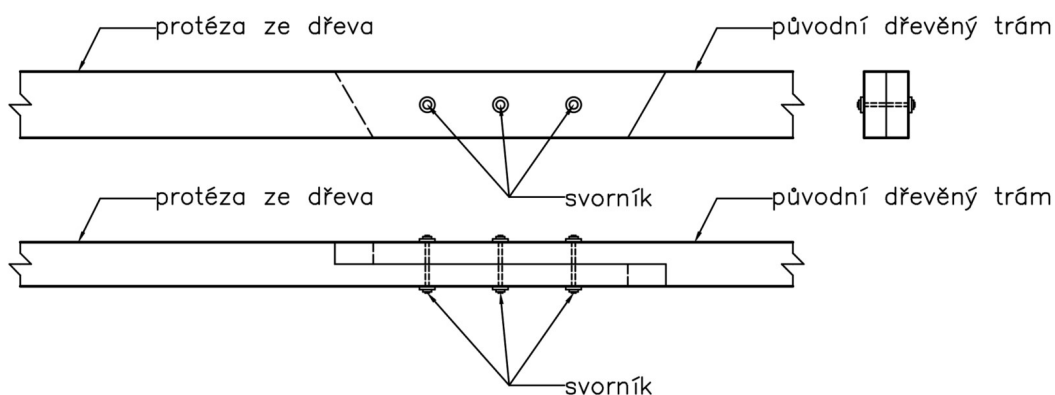
Před sanací samotných stropnic dřevěné stropní konstrukce je zapotřebí provést statické zajištění dřevěných prvků v místě jejich původního uložení. Poté budou odebrány stávající vrstvy podlah a popřípadě i poškozený omítnutý podhled. Po odkrytí nosných dřevěných prvků musí být provedena jejich důkladná kontrola s ohledem na degradaci dřeva biotickými činiteli, a to i u prvků dřevěných nenosných. Dále je nutné kontrolovat případné mechanické poškození, kvalitu použitého dřeva, geometrii a stálost průřezu. Na základě získaných poznatků o stavu dřevěných prvků stropní konstrukce může být navrženo vhodné sanační opatření.

Nad místností 221 bude z důvodu značné degradace zhlaví navrhována sanace provedením protéz, a to za pomoci tesařských spojů. Značně degradované části je nutné odstranit společně se zdravou částí od viditelné nákazy dřeva v rozsahu 0,5-1,5 metru. Dále je nutné očistit, popřípadě vyměnit všechny části konstrukce, které by mohly obsahovat zárodky dřevokazných hub. Jedná se především o výměnu zásypu a očištění okolního zdiva chemicky či za pomoci vysoké teploty.

Pro docílení suchého povrchu dřevěných prvků bez prachu, starých nátěrů a nesoudržných částic bude provedeno očištění povrchové vrstvy dřeva za pomoci kartáče s ocelovými štětinami. Odkryté očištěné konstrukce je poté potřeba přesně zaměřit pro zhotovení příslušné protězy. Poškozené stropnice budou doplněny o protězy zhotovené ze stejného druhu dřeva o shodných rozměrech jako sanovaný prvek a budou napojeny pomocí tesařského spoje – plátováním. U ohýbaných prvků (popřípadě tažených) je vhodné mezi původní prvek a protězu vložit hmoždinky typu Bulldog, které významně zvýší tuhost prováděného spoje a zabrání vzájemnému pootočení částí sanovaného prvku. Tesařský spoj je možné doplnit o epoxidové či jiné vhodné lepidlo a tím docílit prakticky shodných vlastností jako měl sanovaný prvek před svou degradací. Pro zvýšení životnosti se doporučuje provést u takto narušených dřevěných prvků povrchová chemická ochrana v aplikaci nejméně 3-4 nátěrů vhodným chemickým prostředkem [4]. S ohledem na vnášení chemikálií do objektu je možné toto jmenované opatření aplikovat pouze na zhlaví trámů a zbytek dřevěných prvků chránit konstrukčně.



Obrázek 102: Schéma sanovaného trámu stropní konstrukce 2.NP



Obrázek 103: Schéma návrhu dřevěné protězy

Součástí sanace dřevěných stropních trámů je vhodná úprava kapes zdiva sloužící pro uložení jednotlivých stropnic. Kromě chemické či tepelné sterilizace zdiva kapes, jež bylo v přímém kontaktu s dřevěnými prvky zasažené dřevokaznými činiteli, je nutné provést jeho adekvátní opravu. Zdivo je zapotřebí vyčistit od veškerého rozpadlého materiálu a provést vyškrábání spár. Jelikož zhotovená protéza bude stejných rozměrů jako stávající prvek, nepředpokládá se, že bude zapotřebí rozměr stávající kapsy ve zdivu zvětšovat.

Pro zajištění prostorové tuhosti a zvýšení stability jsou součástí některých kapes takzvané trámové kleště, jež jsou kotveny do stropních trámů. V rámci prováděné rekonstrukce je potřeba zkontrolovat jejich stav. Při zjištění jejich značného porušení je potřeba tyto prvky vyměnit. V případě zjištění jejich dobrého stavu a pouze jejich narušení v podobě uvolnění, bude provedena jejich sanace, a to pomocí přílozek s antikorozií ochranou. Tyto příložky je vhodné nejlépe zapustit do stěny, proto v tomto případě není možné vyloučit zvětšení rozměrů kapes vysekáním. Při sanaci těchto prvků je nutno dbát na zajištění jejich původní funkce.

Přítomnost trámových kleští v kapsách zdiva má ve většině případů za následek zvýšení vlhkosti zhlaví trámů. K zabránění kondenzace vodní páry na povrchu trámových kleští a zamezení vzniku dřevokazných činitelů je doporučeno provést kontaktní zateplení zevnitř kapsy např.: dřevovláknitou deskou *Pavadentro* z certifikované skladby firmy *Insowool s.r.o* [14]. Na základě stavebně-technického průzkumu a tlouštěk jednotlivých obvodových zdí by měla být hloubka kapes pro tuto úpravu dostačující. Popsané opatření bude aplikováno i v místech uložení stropnic, kde se trámové kleště nevyskytují. Bude tak zajištěna vyšší ochrana zhlaví trámů. Vztlínající vlhkosti ze zdiva do zhlaví stropnic bude zabráněno podložkou z impregnovaného tvrdého dřeva, která bude podložena hydroizolačním pásem. Na tuto podložku bude následně uloženo zhlaví trámů ošetřeno vhodným chemickým prostředkem.

V případě zjištění hloubkově výrazných trhlin od smršťování a nedostatečné únosnosti dřevěných stropnic, bude provedeno zesílení nosníku příložkami s antikorozií ochranou.

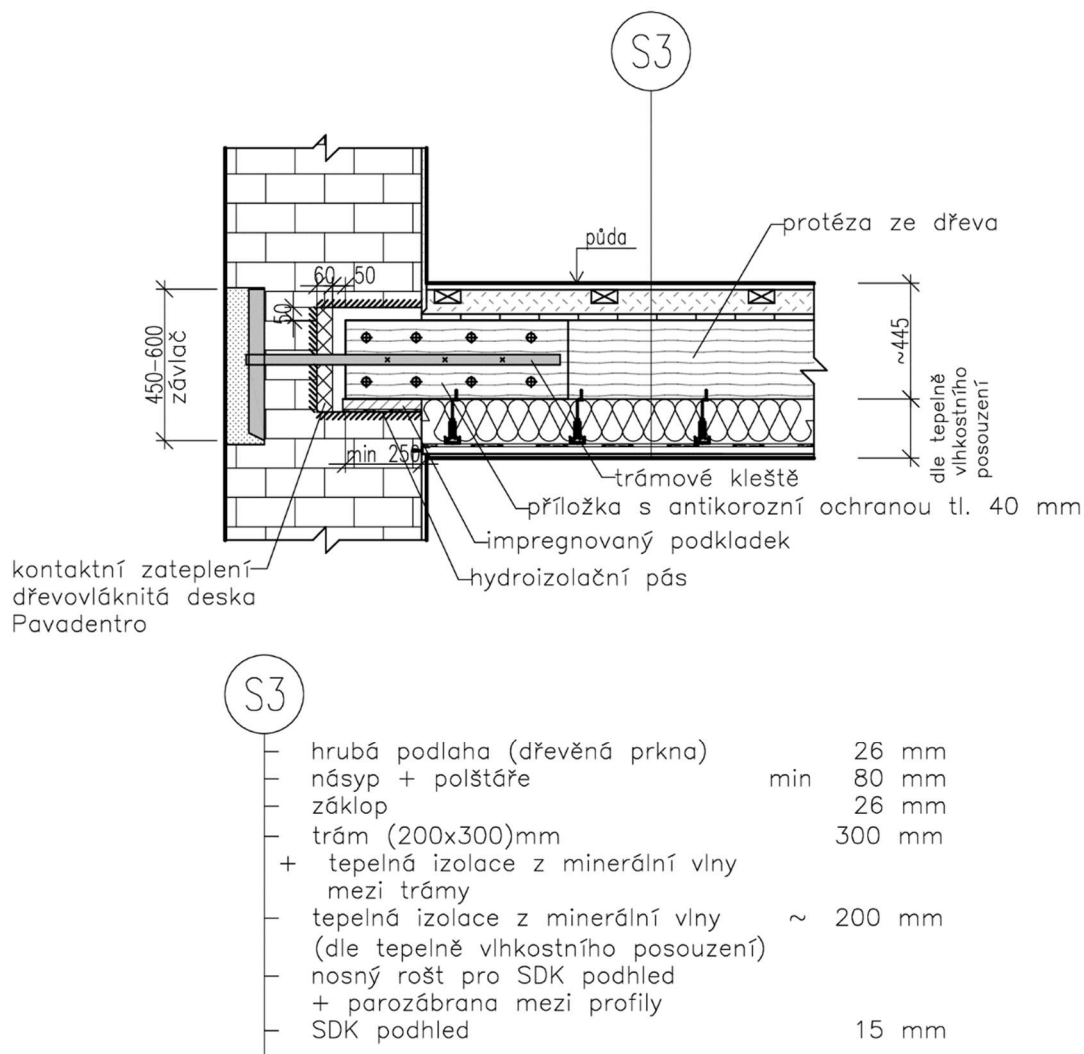
Mezi zdivem kapes a zhlaví trámů bude ponechána vzduchová mezera o rozměru minimálně 50 mm, aby bylo zaručeno dobré odvětrání této části dřevěného prvku. Dále

bude dbáno, aby délka uložení jednotlivých stropnic činila minimálně 250 mm z důvodu velkého rozpětí stropní konstrukce. Navržená sanace musí být posouzena na kondenzaci vodní páry a být v souladu s ČSN 73 0540-2 (2011). Celková únosnost sanované dřevěné stropní konstrukce musí být prověřena pověřeným statikem projektu a splňovat všechny požadavky MSÚ a MSP.

Postup provádění sanace dřevěných stropních prvků druhého nadzemního podlaží nad místností 220 bude probíhat obdobně jako v předchozím případě. Rozdílem je, že narušené zhlaví společně se zdravou částí trámu bylo již neodborně odříznuto. Ponechaná část trámu bude proto důkladně prohlédnuta, zbylé znehodnocené části odstraněny. Odstraněna bude také provizorní konstrukce pro zavěšení stropnic s oříznutým zhlavím u obvodové stěny zkonstruovaná v půdním prostoru. Další kroky rekonstrukce této konstrukce jsou shodné s výše zmiňovaným popisem.

Stav dřevěných prvků ostatních stropních konstrukcí nelze přesně určit, jelikož jsou zakryty omítnutým podhledem nebo k nim nebyl možný přístup kvůli špatnému stavu pochozí vrstvy podkroví. V rámci rekonstrukce trámových stropních konstrukcí je zapotřebí provést kontrolu i těchto prvků. Vzhledem k jejich dosavadní projevům degradace (nestatické trhliny na omítnutých podhledech) se nepředpokládá, že jejich narušení bude tak závažné jako v přechozích uvažovaných případech. Případné opravy budou prováděny výše zmiňovanými postupy, zesilováním jednotlivých prvků pomocí příložek, svorníků, popřípadě aplikací syntetických polymerů.

Po dokončení sanace nosných prvků stropu je zapotřebí provést opravu podlahové konstrukce v rámci celého půdního prostoru. Jelikož tento prostor netvoří užitné podlaží, bude rekonstrukce podlahy podkroví spočívat v provedení nového dřevěného záklopu, výměně stávajícího zásypu, ošetření/sanaci (případně výměně) dřevěných polštářů a provedení hrubé podlahy z dřevěných prken. Zhotoven bude také podhled s tepelnou izolací z minerální vlny doplněn parozábranou, který bude sloužit jako zateplení mezi vytápěnými prostory nadzemních podlaží a nevyužívanou nevytápěnou půdou. Tloušťku tepelné izolace je zapotřebí stanovit na základě tepelně-technického posouzení.



Obrázek 104: Sanace trámových kleští pomocí příložky a vhodná úprava kapes zdiva

6.3.2 Návrh a posouzení dřevěné trámové stropní konstrukce 1.NP

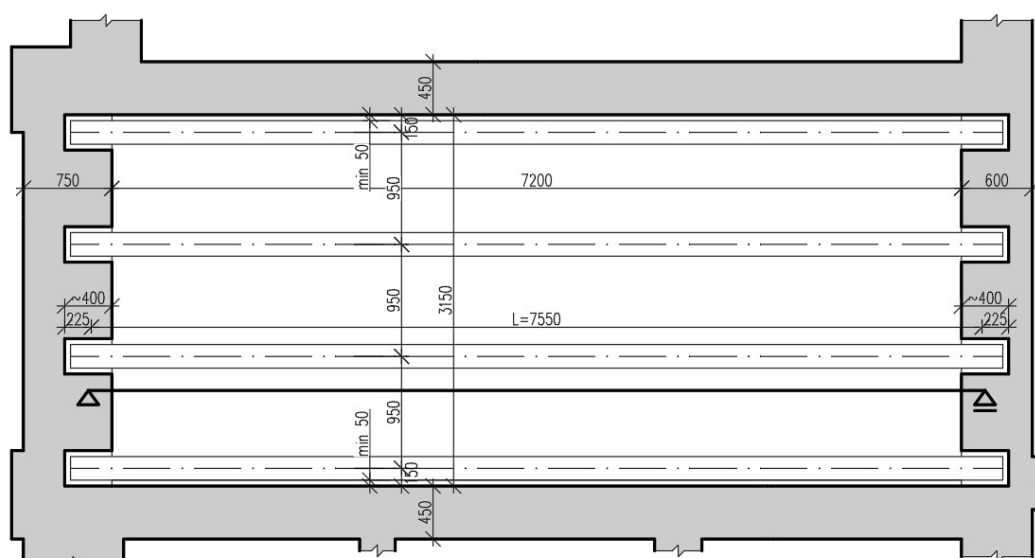
Stropní konstrukce prvního nadzemního podlaží byly pravděpodobně již v minulosti rekonstruovány. Na omítnutých podhledech nebyly v rámci stavebně-technického průzkumu zjištěny žádné známky degradace v podobě nestatických trhlin či vlhkostních map a v žádné z místností tohoto podlaží nebyl zjištěn znatelný průhyb konstrukce stropu. Výjimkou je stropní konstrukce nad místností 118, u které došlo vlivem působení zvýšené vlhkosti a dřevokazných činitelů k překročení MSÚ a k jejímu následnému zřícení.

Nad touto místností bude navržena nová konstrukce trámového stropu s novou skladbou podlahy tvořenou dřevěnými prvky firmy *Fermacell*.

I. Vstupní parametry

Návrh ohýbaného nosníku z rostlého dřeva třídy pevnosti C24

- Třída trvání zatížení: stálé zatížení a střednědobé zatížení
- Třída provozu: třída provozu 1
- Zatížení – kategorie A – obytné budov



Obrázek 105: Schéma pro návrh trámu stropní konstrukce

Tabulka 6: Potřebné výpočtové hodnoty/součinitele

| Označení | Jednotky | Popis | Hodnota |
|--------------|----------------------|---|----------|
| L | [mm] | Rozpětí nosníku | 7550,00 |
| k_{mod} | [-] | Modifikační součinitel | 0,80 |
| k_{def} | [-] | Deformační součinitel | 0,60 |
| k_{cr} | [-] | Součinitel pro rostlé dřevo | 0,67 |
| γ_M | [-] | Součinitel spolehlivosti (rostlé dřevo) | 1,30 |
| ψ_2 | [-] | Součinitel kombinace zatížení – užitná zatížení kategorie A | 0,30 |
| $f_{m,k}$ | [N/mm ²] | Charakteristická pevnost v ohybu C24 | 24,00 |
| $f_{v,k}$ | [N/mm ²] | Charakteristická pevnost ve smyku C24 | 2,50 |
| $E_{0,mean}$ | [N/mm ²] | Modul pružnosti | 11000,00 |
| $E_{0,05}$ | [N/mm ²] | Modul pružnosti s vlákny | 7400,00 |

- Návrhová hodnota pevnosti v ohybu

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \quad [MPa] \quad (3)$$

$$f_{m,d} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,30} = 14,77 \text{ MPa}$$

- Návrhová hodnota ve smyku za ohybu

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} \quad [MPa] \quad (4)$$

$$f_{v,d} = 0,8 \cdot \frac{2,50}{1,30} = 1,54 \text{ MPa}$$

II. Navržená skladba nové trémové stropní konstrukce



Obrázek 106: Skladba nové trémové stropní konstrukce s prvky firmy Fermacell

III. Předběžný výpočet rozměrů nosníku dle empirických vzorců

- Předpoklad: b:h → 5:7

$$h = (2L + 16) \cdot 10 \quad [mm] \quad (5)$$

$$h = (2 \cdot 7,55 + 16) \cdot 10 = 311 \text{ mm} \rightarrow \text{Návrh } 320 \text{ mm}$$

$$b = \frac{5}{7} \cdot h \quad [mm] \quad (6)$$

$$b = \left(\frac{5}{7} \cdot 311 \right) = 222,14 \text{ mm} \rightarrow \text{Návrh } 220 \text{ mm}$$

IV. Výpočet zatížení

Tabulka 7: Výpočet zatížení

| Dřevěná trémová stropní konstrukce | | | | | | | | | |
|------------------------------------|--------------|--|----------------------|----------|----------------------|------------|----------|------|----------|
| Číslo | Typ zatížení | Zatížení | Objemová | Tloušťka | Plošné | Zatěžovací | Liniové | γ | Návrhové |
| | | | tíha | [m] | zatížení | šířka | zatížení | | zatížení |
| | | | [kN/m ³] | [m] | [kN/m ²] | [m] | [kN/m] | [-] | [kN/m] |
| 1 | STÁLÉ | Nášlapná vrstva – odhad | | ± 0,010 | 0,350 | 0,95 | 0,333 | 1,35 | 0,449 |
| 2 | | Sádrovláknitá deska Fermacell | 11,50 | 0,010 | 0,115 | 0,95 | 0,109 | 1,35 | 0,147 |
| 3 | | Podlahový prvek Fermacell 2E11 | 11,50 | 0,020 | 0,230 | 0,95 | 0,219 | 1,35 | 0,295 |
| 4 | | Kročeiová izolace (Steico isorel) | 2,30 | 0,019 | 0,044 | 0,95 | 0,042 | 1,35 | 0,056 |
| 5 | | Vyrovnávací podsyp Fermacell | 4,00 | 0,020 | | 0,95 | 0,000 | 1,35 | 0,000 |
| 6 | | Voštinový systém Fermacell (podlahová voština + voštinový zásyp) | 15,00 | 0,030 | 0,450 | 0,95 | 0,428 | 1,35 | 0,577 |
| 7 | | Geotextilie | | | | 0,95 | 0,000 | 1,35 | 0,000 |
| 8 | | Dřevěné bednění (záklap) | 5,00 | 0,021 | 0,105 | 0,95 | 0,100 | 1,35 | 0,135 |
| 9 | | Nosník hxb (320x220) mm | 5,00 | 0,320 | 1,600 | 0,22 | 0,352 | 1,35 | 0,475 |
| 10 | | Minerální izolace (30 kg/m3) | 0,30 | 0,140 | 0,042 | 0,95 | 0,040 | 1,35 | 0,054 |
| 11 | | Akustický profil Fermacell – lařování pružně montované | | 0,030 | | 0,95 | 0,000 | 1,35 | 0,000 |
| 12 | | Sádrovláknitá deska Fermacell | 11,50 | 0,010 | 0,115 | 0,95 | 0,109 | 1,35 | 0,147 |
| | CELKEM | | | | 3,051 | | 1,73 | | |
| 13 | PROMĚNNÉ | Užitné | | | 1,500 | 0,95 | 1,425 | 1,50 | 2,138 |
| | CELKEM | | | | 4,551 | | 3,155 | | 4,473 |

V. Posouzení MSÚ

- Plocha navrhovaného průřezu dřevěného nosník $h \times b \rightarrow 320 \times 220 \text{ mm}$

$$A = h \cdot b \text{ [mm}^2\text{]} \quad (7)$$

$$A = 320 \cdot 220 = 70\,400 \text{ mm}^2$$

- Průřezový modul

$$W = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 \text{ [mm}^3\text{]} \quad (8)$$

$$W = \frac{1}{6} \cdot 220 \cdot 320^2 = 3\,754\,666,67 \text{ mm}^3$$

- Ohybový moment

$$M_{yd} = \frac{1}{8} \cdot (g_d + q_d) \cdot L^2 \text{ [kNm]} \quad (9)$$

$$M_{yd} = \frac{1}{8} \cdot 4,473 \cdot 7,55^2 = 31,87 \text{ kNm}$$

- Normálové napětí za ohybu

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{yd}}{W} \text{ [MPa]} \quad (10)$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{31\,871\,522,81}{3\,754\,666,67} = 8,49 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} \quad (11)$$

8,49 MPa ≤ 14,77 MPa → VYHOVUJE

- Posouvající síla

$$V_{yd} = \frac{1}{2} \cdot (g_d + q_d) \cdot L \text{ [kN]} \quad (12)$$

$$V_{yd} = \frac{1}{2} \cdot 4,473 \cdot 7,55 = 16,89 \text{ kN}$$

- Maximální smykové napětí od ohybu

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_{yd}}{2 \cdot A_{ef}} = \frac{3 \cdot V_{yd}}{2 \cdot h \cdot b \cdot k_{cr}} [MPa] \quad (13)$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot 16,89 \cdot 10^3}{2 \cdot 70\,400 \cdot 0,67} = 0,54 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d} \quad (14)$$

$$0,54 \text{ MPa} \leq 1,54 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

VI. Posouzení MSP

- Referenční zatížení: $g_{ref} = 1 \text{ kN}^{-1}$

- Moment setrvačnosti

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 [mm^4] \quad (15)$$

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot 220 \cdot 320^3 = 600\,746\,666,7 \text{ mm}^4$$

- Referenční průhyb

$$w_{ref} = \frac{5}{384} \cdot \frac{(g_{ref} \cdot L^4)}{E_{0,mean} \cdot I_y} [-] \quad (16)$$

$$w_{ref} = \frac{5}{384} \cdot \frac{(1 \cdot 7550^4)}{11\,000 \cdot 600\,746\,666,7} = 6,4$$

- Průhyb od stálého zatížení G

$$u_{inst,G} = g_k \cdot w_{ref} [mm] \quad (17)$$

$$u_{inst,G} = 1,73 \cdot 6,4 = 11,07 \text{ mm}$$

- Průhyb od proměnného zatížení Q

$$u_{inst,Q} = q_k \cdot w_{ref} [mm] \quad (18)$$

$$u_{inst,Q} = 1,425 \cdot 6,4 = 9,12 \text{ mm}$$

- Okamžitý průhyb od proměnného zatížení

$$w_{inst,Q} = \frac{L}{300} [mm] \quad (19)$$

$$w_{inst,Q} = \frac{7550}{300} = 25,17 \text{ mm}$$

$$u_{inst,Q} \leq w_{inst,Q} \quad (20)$$

9,12 mm ≤ 25,17 mm → VYHOVUJE

- Průhyb od kombinace zatížení

$$\begin{aligned} u_{fin} &= u_{fin,G} + u_{fin,Q} = \\ &= (u_{inst,G} \cdot (1 + k_{def})) + (u_{inst,Q} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def})) [mm] \end{aligned} \quad (21)$$

$$u_{fin} = (11,07 \cdot (1 + 0,60)) + (9,12 \cdot (1 + 0,30 \cdot 0,60)) = 28,47 \text{ mm}$$

- Konečný průhyb

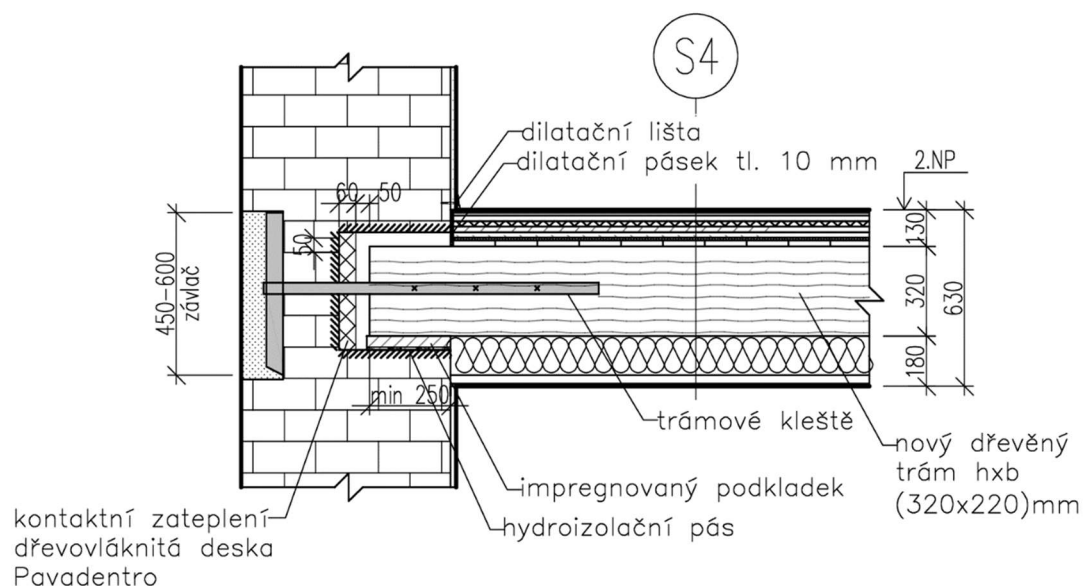
$$w_{fin} = \frac{L}{250} [mm] \quad (22)$$

$$w_{fin} = \frac{7550}{250} = 30,2 \text{ mm}$$

$$u_{fin} \leq w_{fin} \quad (23)$$

28,47 mm ≤ 30,2 mm → VYHOVUJE

Navržený rozměr průřezu 320x220 mm vyhovují



Obrázek 107: Schéma uložení trámu nové stropní konstrukce

6.3.3 Zhodnocení navržené sanace dřevěných stropních konstrukcí

Zvolená sanace poškozených trámů dřevěné stropní konstrukce pomocí zhotovení protéz patří k nejstarším prováděným sanačním metodám. Metoda je vhodná i pro historické objekty, jelikož jsou degradované dřevěné části prvků nahrazovány materiálem o „shodných“ vlastnostech a spojeny pomocí původních používaných tesařských spojů k původní nepoškozené dřevěné části sanovaného prvku. Při použití doplňkových opatření (epoxidové lepidlo, hmoždinky Bulldog), v rámci provádění tesařského spoje pomocí plátování, lze dosáhnout shodných vlastností jako měl sanovaný prvek před jeho degradací. Pokud však spoj zhotovený v rámci sanace metodou protézování nevyhoví, je zapotřebí zvážit jiné sanační metody jako je ku příkladu sanace pomocí ocelových konzol z válcovaných profilů.

U provádění sanace degradovaných prvků vlivem dřevokazných činitelů je zapotřebí dbát zvýšené pozornosti při odstraňování všech narušených částí dřeva a jeho zdánlivě zdravých částí, při výměně původního násypu, ze kterého je potřeba odstranit všechny zárodky dřevokazných činitelů a při sterilizaci zdiva a všech okolních konstrukcí přiléhající k degradované dřevěné části prvku stropní konstrukce. Při nedostatečném

provedení těchto opatření hrozí opětovný rozvoj dřevokazných činitelů, kteří nebyli dostatečně odstraněny.

V případě úspěšného odstranění všech zárodků dřevokazných činitelů, vhodné aplikace chemického prostředku, zhotovení sanace trámových kleští pomocí příložek, provedení správného detailu v místě uložení zhlaví trámů, dodržení konstrukčních zásad a správného provedení zateplení trámové stropní konstrukce, je zaručena spolehlivá funkce a životnost všech sanovaných dřevěných prvků v konstrukci stropu.

Návrh dřevěných trámů stropní konstrukce prvního nadzemního podlaží se skladbou tvořenou prvky *Fermacell* staticky vyhověl pro rozměr stropnic 320x220 mm. Průřez navrženého trámu je tedy o něco větší než průřezy trámů původních, jež tvořily nosný prvek stropní konstrukce před jejím zřícením. Průřez stropního trámu byl navržen na zatížení s užitnou kategorií A, jelikož se nepředpokládá, že by objekt v budoucnu sloužil opět jako škola.

6.4 Sanace krovu a konstrukce zastřešení

Jako u většiny narušených konstrukcí objektu tak i u konstrukce krovu a zastřešení nebyla prováděná dostatečná údržba nebo byla zcela zanedbaná. Společně s dalšími poruchami (viz kapitola 4.5) zapříčiněny lidským faktorem či povětrnostními podmínkami bylo vytvořeno vhodné prostředí pro rozvoj dřevokazného hmyzu a dalších biotických činitelů. Jelikož stávající dřevěné prvky konstrukce krovu degradují vlivem několika současně probíhajících degradačních procesů, je zapotřebí udělat několik různých sanačních opatření, které budou popsány v této kapitole.

6.4.1 Zhotovení nového střešního pláště

Z důvodu špatného stávajícího stavu střešní krytiny a latování, bude v rámci rekonstrukce objektu zhotoven nový střešní plášť. S ohledem na velikost objektu a narušené nosné dřevěné prvky krovu, jež budou sanovány, bude rekonstrukce střešní krytiny a krovu jako celku probíhat ve třech etapách. Rozdělení objektu na jednotlivé etapy (západní, středové a východní křídlo) je znázorněno ve výkresu číslo 21.

Nejprve je zapotřebí sundat stávající střešní krytinu v podobě pálených tašek. Demontované bude také stávající laťování, které je v převážné většině plochy střešní konstrukce natolik znehodnoceno, že jeho záchrana není již možná. Skladba nového střešního pláště bude zhotovena až po sanaci konstrukce krovu, u něhož bude zapotřebí některé jeho prvky sanovat, popřípadě zcela vyměnit. Pro zamezení vniku vlhkosti a dalších vlivů povětrnostních podmínek bude odkrytá střešní konstrukce zakryta pomocí plachet.

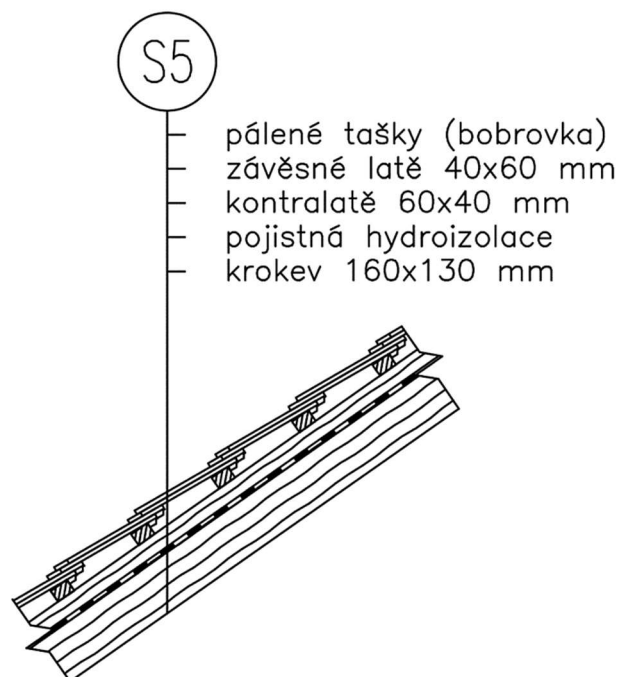
Půdní prostor nebyl v minulosti nikterak využíván. S využitím těchto nevytápěných prostor není počítáno ani v rámci navrhované rekonstrukce, proto nově navržená skladba není navržena s vrstvou zateplení. Stávající střešní krytina bude nahrazena krytinou taktéž z tašek pálených (např.: Bobrovkou). Dalšími vrstvami nové skladby střešního pláště jsou laťování, kontralatě, vysoce difuzní folie a stávající konstrukce krovu.

Před pokládkou nové střešní krytiny je zapotřebí zkontrolovat stávající dřevěné nosné prvky krovu a zjistit jejich rovinnost. Pokud konstrukce splní oba zmiňované předpoklady, je možno začít s montáží pokládky. Prvním krokem zhotovení nového střešního pláště je pokládka hydroizolace na stávající konstrukci krovu. Typ folie je nutné zvolit s ohledem na sklon a typ použité střešní krytiny. Napojení folií bude zhotoveno přeložením dle pokynů výrobce nebo nejméně o 150-200 mm. Po správném provedení pokládky pojistné hydroizolace následuje montáž kontralatí, které zajišťují odvětrání střechy objektu. Jejich délka závisí na délce krokví a na sklonu střechy a jejich ideální rozměr je 50x50 mm nebo 40x60 mm. Zvolené řezivo, jež bude použito jako kontralatě, je zapotřebí ošetřit vhodným prostředkem proti biotickým činitelům. Jednotlivé kontralatě se osazují do středu krokví na speciální lepicí pásku na podložení kontralatí, která zabraňuje průniku vody v místě ukotvení.

Po zhotovení kontralatí následuje pokládka laťování. U laťování je nezbytné určit vhodnou vzdálenost jednotlivých latí pro následnou pokládku střešní krytiny. Upevňování střešních tašek je nutné provádět dle normy nebo na základě výpočtu projektanta. Výpočet kotvení střešní krytiny je ovlivněn zatížením od větru, polohou a výškou budovy, typem a tvarem její konstrukce a zvoleným typem krytiny. Střešní tašky v místě hřebenu, nároží, úžlabí, při otvorech ve střešní ploše apod. je potřebné

mechanicky ukotvit a dbát na jejich správnou pokládku. Tašky se přichytávají speciálními přichytkami, popřípadě šrouby, jež jsou odolné proti korozi. V ploše střechy není nutné ukotvovat každou tašku zvlášť, ale pro zajištění účinnosti je zapotřebí provést přichytávání tašek vždy diagonálně [15].

Současně s rekonstrukcí střechy budou provedeny klempířské práce s ní související.



Obrázek 108: Návrh nové skladby střešního pláště

6.4.2 Sanace chemické koroze dřevěných prvků

Převážná většina dřevěných prvků krovové soustavy degraduje vlivem aplikace nevhodného protipožárního prostředku. Rozvláknění povrchu dřevěných prvků konstrukce může postupovat dále do hloubky a způsobit tak postupný úbytek dřevní hmoty a oslabení konstrukčního prvku i konstrukce jako celku. Proto je nutné takto znehodnocené prvky co nejdříve sanovat. Prvním krokem sanace je očištění (obroušení) rozvlákněné vrstvy až na zdravé dřevo prvku. Z důvodu kyselého charakteru dřive používaných protipožárních prostředků je potřeba očištěný povrch dřevěných prvků neutralizovat. Používaným a vhodným prostředkem je ku příkladu borax, který

se aplikuje ve formě vodného roztoku, jehož koncentrace je závislá na stupni koroze znehodnoceného prvku. U takto neutralizovaných prvků by již nadále nemělo docházet k dalšímu rozvlákňování jejich povrchů [16].

V případě zjištění nadměrného oslabení dřevěných nosných prvků krovu chemickou korozí bude nutné přistoupit u takto znehodnocených prvků k jejich výměně za duplicitní prvek. U méně oslabených prvků je možné provést pouze jejich zesílení. Oba způsoby zmiňované sanace budou popsány v následujících kapitolách.

6.4.3 Sanace dřevěných prvků napadené dřevokaznými činiteli

Působením zvýšené vlhkosti a následným vznikem a rozvojem dřevokazného hmyzu a dřevokazných hub, jež byly určeny podrobně vlhkostním průzkumem, došlo k degradaci dřevěných prvků krovu a narušení konstrukce krovu jako celku. Jelikož se jedná o podobné znehodnocení dřevěných prvků jako v případě již řešené trémové stropní konstrukce, způsoby sanace jednotlivých dřevěných prvků krovu budou navrženy obdobnými sanačními metodami, jež jsou popsány v kapitole 6.3 Sanace dřevěných stropních konstrukcí.

Při rekonstrukci nosné konstrukce krovu je zapotřebí zkontrolovat stav všech dřevěných prvků krovu včetně jejich spojů a určit tak jejich míru degradace. Z důvodu špatného stavu stropní konstrukce a její pochozí vrstvy v prostorách podkroví, nebylo možné v rámci stavebně-technického průzkumu určit stav všech dřevěných prvků krovu. Na základě toho budou v rámci bakalářské práce navrženy konkrétní sanační opatření pouze na prvky, ke kterým byl možný přístup a mohl být tak určen jejich stávající stav. Mezi nejčastěji degradované prvky krovu se řadí obezděné krokve, zhlaví vazných trámů nebo pozednice/ okapové vaznice. Poruchy, které byly zjištěny v rámci stavebně-technického průzkumu konstrukce zastřešení a dřevěných prvků krovu, jsou zakresleny ve výkrese číslo 13, kde jsou označeny i konkrétní sanované prvky.

Prvním krokem sanace dřevěných prvků krovu je odstranění všech znehodnocených dřevěných částí, jež jsou poškozeny vlivem působení vysoké vlhkosti a s ní souvisejícími biotickými činiteli. Při odstraňování degradovaných dřevěných částí dřevokaznými

činiteli je zapotřebí vždy odstranit i zdánlivě zdravé dřevo, a to ve vzdálenosti alespoň cca 0,5 m. U méně narušených prvků postačí odstranit narušenou část až na zdravé dřevo a následně aplikovat vhodný chemický prostředek proti dřevokazným činitelům. Chemické ošetření dřeva je nutné provést u všech dřevěných prvků krovu a jejich spojů. Množství aplikovaného vhodného chemického prostředku závisí na míře poškození daného prvku. Degradované části je zapotřebí po jejich odstranění umístit do plastových obalů a odvézt na skládku, aby se předešlo k dalšímu zamoření stavby.

Dalším opatřením pro likvidaci dřevokazných škůdců je provedení sterilizace dřevěných prvků krovu a všech okolních a navazujících konstrukcí. Jedním z nejrozsáhlejších způsobů je použití horkého vzduchu, jímž je prostor zahříván. Teplota v průřezu dřevěných prvků krovu dosahuje při tomto způsobu sterilizace hodnot přibližně 50 °C, čímž je zajištěn 100% úhyn dřevokazného hmyzu (červotoče). Nevýhodou této metody je, že není stoprocentně účinná v případě likvidace dřevokazných hub, jelikož jejich výtrusy jsou schopny přežít i při působení vyšších teplot. Sterilizaci je možné provést také mikrovlnným ohřevem, UV zářením či zářením rentgenovým [17].

Následující kroky sanace budou zvoleny dle stavu jednotlivých dřevěných prvků krovu. V úvahu přicházejí sanační metody v podobě protézování, příložkování, plombování nebo provedení vhodné konstrukční úpravy (odlehčení, vyvěšení, podepření, předpětí prvku). U rozsáhle poškozených prvků bude přistoupeno k jejich úplnému nahrazení za prvky nové duplicitní.

6.4.3.1 Výměna krokví s vysokou degradací

Při stavebně-technickém průzkumu bylo zjištěno, že některé krokve konstrukce krovu jsou natolik degradovány (viz výkres číslo 13), že není možné provést žádné ze zmiňovaných sanačních opatření a je nutné celý prvek vyměnit za prvek nový duplicitní.

Nejvíce degradované krokve vlivem působení zvýšené vlhkosti se nacházejí ve středním křídle na severní straně objektu. Dvě ze tří velmi narušených krokví je potřeba vyměnit za nové, třetí narušená krokev bude sanována pomocí protéz – viz další kapitola. Jelikož je navrženo zhotovení nového střešního pláště objektu, a tudíž bude

stávající střešní krytina společně s laťováním demontovaná, bude tak umožněn snadný přístup k degradovaným dřevěným prvkům a umožněna snadná manipulace při jejich výměně. Degradované prvky budou nahrazeny prvky novými, zhotoveny ze stejného materiálu „shodných“ vlastností a ke stávajícím prvkům konstrukce krovu napojeny pomocí původních tesařských spojů. Duplicitní prvky je zapotřebí staticky posoudit.

6.4.3.2 Sanace krokví a ostatních dřevěných prvků pomocí protéz

Krokve bývají nejčastěji porušeny v místech osedlání na pozednice, v případě objektu bakalářské práce v místech osedlání na okapové vaznice. Dále pak v místech styku se zdivem či v místech, kde jsou vystaveny povětrnostním podmínkám z důvodu narušení střešní krytiny objektu. V rámci stavebně-technického průzkumu bylo dbáno větší pozornosti při kontrolování zmiňovaných kritických míst, u nichž byla degradace vlivem vlhkosti a dřevokazných činitelů předpokládána. Předpoklad možných narušených míst dřevěných prvků konstrukce byl na základě průzkumu potvrzen a je potřeba tyto degradovaná místa vhodnou metodou sanovat. Na výkresu číslo 21 jsou označeny dřevěné prvky krovu, které budou sanovány, a to pomocí protéz, jež budou zhotoveny ze „stejného“ materiálu a průřezu jako prvek narušený. Kromě zmiňované dřevěné krokve konstrukce krovu je nutné sanovat pomocí protéz okapovou vaznici, vaznice, jež byly narušeny neodborným zásahem a další degradované dřevěné prvky krovu, k nimž nebyl možný přístup a u nichž je sanace pomocí protéz možná.

Stejně jako v případě provádění protéz u dřevěných trámů stropní konstrukce (kapitola 6.3.1), tak i u dřevěných prvků konstrukce krovu je zapotřebí dodržet určitý postup při provádění této sanační metody. Nejdříve je nutné odstranit části narušené zvýšenou vlhkostí a hnilobou společně se zdravou částí od viditelné hrany degradace v rozsahu 0,5-1,5 metru na základě rozsahu porušení. Dále je zapotřebí dřevěné sanované prvky a konstrukce k nim přilehlé očistit a sterilizovat, očištěné prvky zaměřit pro zhotovení příslušné protézy a nově zhotovenou protézu tesařským spojem napojit. Tesařské spoje krovových nosných sanovaných prvků budou jako v případě sanovaných trámů stropní konstrukce doplněny o epoxidové lepidlo a hmoždinky typu Bulldog.

Posledním krokem zvolené sanační metody bude aplikace vhodného chemického prostředku na základě rozsahu porušení konkrétních dřevěných prvků.

6.4.4 Sanace porušené krokve

Pokud bude při podrobnější průzkumu nosných dřevěných prvků krovu objevena prasklá krokev, je zapotřebí tuto krokev za použití zvedáku vyrovnat a zafixovat pomocí podpory, kterou je dobré zajistit klínem proti usmýknutí. Pomocí příložek je pak nutné krokev v poškozeném místě vyztužit, a nakonec pomocí svorníků prostrčenými vrtanými otvory krokev důkladně stáhnout. Na takto sanovaný prvek je nakonec zapotřebí aplikovat ochranný nátěr proti dřevokazným škůdcům [18].

6.4.5 Sanace sloupků

Při průzkumu krovu bylo zjištěno, že ve východním křídle objektu na jeho severní straně chybí několik sloupků s pásky, jež mají podepírat okapovou vaznici konstrukce krovu. Ve středním křídle objektu je zas použit sloupek s výřezem připravený na napojení kleštin, ovšem kleštiny v místě sloupku nebyly nikdy situovány. Proto tento sloupek bude esteticky upraven pomocí plombování. U sloupků krovu je také nejvíce viditelné porušení vlivem chemické koroze. V případě zjištění nadměrného oslabení průřezu je zapotřebí tyto sloupky zesílit pomocí příložek nebo vyměnit za prvky nové.

6.4.5.1 Výměna sloupků s vysokou degradací a zhotovení sloupků chybějících

Pokud bude nutné některé dřevěné sloupky degradované chemickou korozí či jinými degradačními procesy nahradit za nové, je nutné před jejich odstraněním konstrukci staticky zajistit. Zajištění stability bude provedeno pomocí náhradního sloupku, jež bude umístěn v blízkosti sloupku měněného. Náhradní sloupek je zapotřebí ze spodu vhodně vyklínovat, aby zatížení působící na degradovaný sloupek bylo přeneseno na sloupek náhradní. Náhradní sloupek tak bude plnit funkci sloupku degradovaného po dobu jeho výměny. Poté je již možné degradovaný sloupek vyměnit za sloupek nový duplicitní. Nový sloupek je zapotřebí řádně ukotvit za pomoci původních

spojů na stávající konstrukce krovu. Posledním krokem je odstranění náhradního sloupku z konstrukce krovu [18].

V místech krovové soustavy, kde chybí sloupky podpírající okapovou vaznici, budou zhotoveny sloupky nové, stejných rozměrů a ze stejného materiálu jako sloupky stávající. Budou doplněny o pásy, jež jsou součástí všech stávajících sloupků plnící stejnou funkci.

6.4.5.2 Sanace sloupků pomocí plombování

Sanační metodou plombování bude esteticky upraven sloupek nacházející se ve středním křídle objektu. Plombování se provádí zpravidla u prvků, jejichž porušení nezasahuje do více jak 30 % jeho průřezu. V případě sanovaného prvku na obrázku 109 je tato podmínka splněna. Před aplikací přesně upravené plomby, je zapotřebí sanovaný otvor očistit a upravit do požadované formy. Plomba bude umístěna tak, aby směr a hustota letokruhů byla nejvíce podobná rekonstruovanému prvku. Vhodné je zhotovit plombu ze staršího materiálu, aby správně spolupůsobila se svým okolím.



Obrázek 109: Sloupek sanovaný pomocí plombování

6.4.6 Posouzení nové vyměněné krokve konstrukce krovu

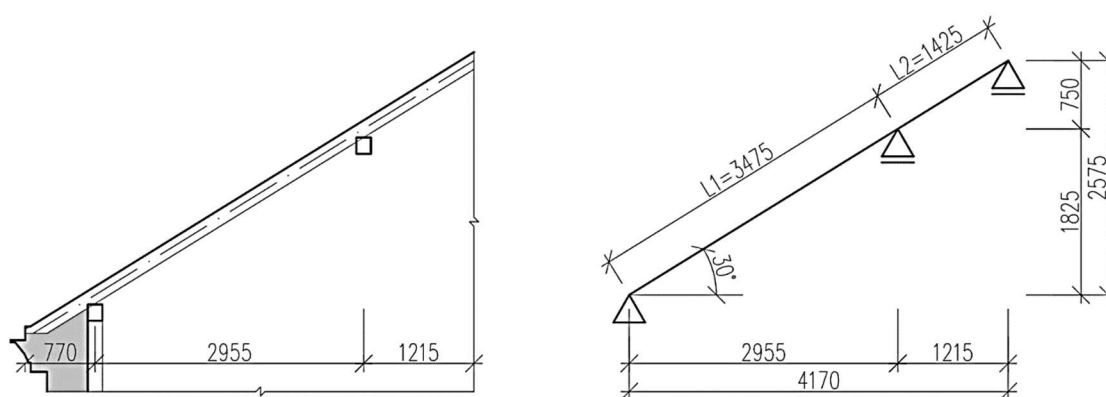
V rámci rekonstrukce krovu a konstrukce zastřešení byla navržena výměna krokví, které byly na základě stavebně-technického průzkumu shledány jako vysoce degradované. Tyto degradované krokve budou nahrazeny krokviemi novými ze dřeva „shodných“ vlastností a stejného průřezu.

Měněné krokve jsou konstruovány jako spojitý nosník o dvou polích a budou posouzeny na kombinaci osového tlaku za ohybu v kritickém místě – v nejvíce nepříznivé kombinaci normálové síly a momentu. Zmiňované kritické místo bude zjištěno pomocí statického výpočetního programu Scia Engineer 18.1.

I. Vstupní parametry

Posouzení krokve z rostlého dřeva třídy pevnosti C24

- Třída trvání zatížení: stálé zatížení a střednědobé/krátkodobé zatížení
- Třída provozu: třída provozu 2
- Zatížení – kategorie: H – střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav



Obrázek 110: Statické schéma posuzované krokve

Poznámka: zazděné zhlaví krokve (převislý konec) nebude ve výpočtu uvažován.

Tabulka 8: Potřebné výpočtové hodnoty/součinitele

| Označení | Jednotky | Popis | Hodnota |
|--------------|----------------------|---|----------|
| L_1 | [mm] | Rozpětí pole nosníku | 3475 |
| L_2 | [mm] | Rozpětí pole nosníku | 1425 |
| h | [mm] | Výška průřezu krokve | 160 |
| b | [mm] | Šířka průřezu krokve | 130 |
| α | [°] | Sklon střechy | 30 |
| k_{mod} | [-] | Modifikační součinitel | 0,90 |
| k_{def} | [-] | Deformační součinitel | 0,80 |
| k_{cr} | [-] | Součinitel pro rostlé dřevo | 0,67 |
| γ_M | [-] | Součinitel spolehlivosti (rostlé dřevo) | 1,30 |
| ψ_2 | [-] | Součinitel kombinace zatížení – užitná zatížení kategorie H | 0 |
| $f_{m,k}$ | [N/mm ²] | Charakteristická pevnost v ohybu | 24,00 |
| $f_{v,k}$ | [N/mm ²] | Charakteristická pevnost ve smyku | 2,50 |
| $f_{c,0,k}$ | [N/mm ²] | Charakteristická pevnost v tlaku podél vláken | 21 |
| $E_{0,mean}$ | [N/mm ²] | Modul pružnosti | 11000,00 |
| $E_{0,05}$ | [N/mm ²] | Modul pružnosti s vlákny | 7400,00 |

- Návrhová hodnota pevnosti v ohybu

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \quad [MPa] \quad (3)$$

$$f_{m,d} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,30} = 16,61 \text{ MPa}$$

- Návrhová hodnota ve smyku za ohybu

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} \quad [MPa] \quad (4)$$

$$f_{v,d} = 0,9 \cdot \frac{2,50}{1,30} = 1,73 \text{ MPa}$$

- Návrhová hodnota ve smyku za ohybu

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \quad [MPa] \quad (24)$$

$$f_{c,0,d} = 0,9 \cdot \frac{21}{1,30} = 14,54 \text{ MPa}$$

- Zatížení větrem

Vypočteno dle normy ČSN EN 1991-1-4

- Větrná oblast: II
- Charakteristická střední rychlost větru $\rightarrow v_{b,0} = 25,0 \text{ m/s}$
- Součinitel směru větru: $\rightarrow C_{dir} = 1,0$
- Součinitel ročního období: $\rightarrow C_{season} = 1,0$

- Základní rychlost větru

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} \text{ [m/s]} \quad (26)$$

$$v_b = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 25 = 25 \text{ m/s}$$

- Měrná hmotnost vzduchu: $\rightarrow \rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$
- Základní dynamický tlak větru

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \text{ [kN/m}^2\text{]} \quad (27)$$

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 25^2 = 0,391 \text{ kN/m}^2$$

- Kategorie terénu: III
- Součinitel expozice: $z = 15,3 \text{ m}$ $\rightarrow c_e(z) = 2,0$ (*z grafu*)

- Maximální dynamický tlak větru:

$$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b \text{ [kN/m}^2\text{]} \quad (28)$$

$$q_p(z) = 2,0 \cdot 0,391 = 0,781 \text{ kN/m}^2$$

- Součinitel vnějšího tlaku: $A > 10 \text{ m}^2$ $\rightarrow C_{pe,10}$
- Tlak větru na vnější plochy

$$w_e = q_p(z) \cdot C_{pe,10} \quad (29)$$

$$w_e = 0,781 \cdot C_{pe,10}$$

A) Příčný vítr

$$d = 11,40 \text{ m}$$

$$b = 11,40 \text{ m}$$

$$h = 15,3 \text{ m}$$

$$e = \text{MIN}(b; 2h) \rightarrow \text{MIN}(11,40; 30,6) \rightarrow e = 11,40 \text{ m}$$

Tabulka 10: Tlak větru na vnější plochy – příčný vítr

| Součinitel vnějšího tlaku $C_{pe,10}$ | | | | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|---------------|--------|
| α [°] | F | G | H | I | J | K | L | M | N |
| 30 | -0,5 | -0,5 | -0,2 | -0,4 | -0,7 | -0,5 | -1,4 | -0,8 | -0,2 |
| | +0,5 | +0,7 | +0,4 | | | | | | |
| Tlak větru na vnější plochy w_e [kN/m ²] | | | | | | | | | |
| | -0,391 | -0,391 | -0,156 | -0,312 | -0,547 | -0,391 | -1,093 | -0,625 | -0,156 |
| | +0,391 | +0,547 | +0,312 | | | | | | |

B) Podélný vítr

$$d = 11,40 \text{ m}$$

$$b = 11,40 \text{ m}$$

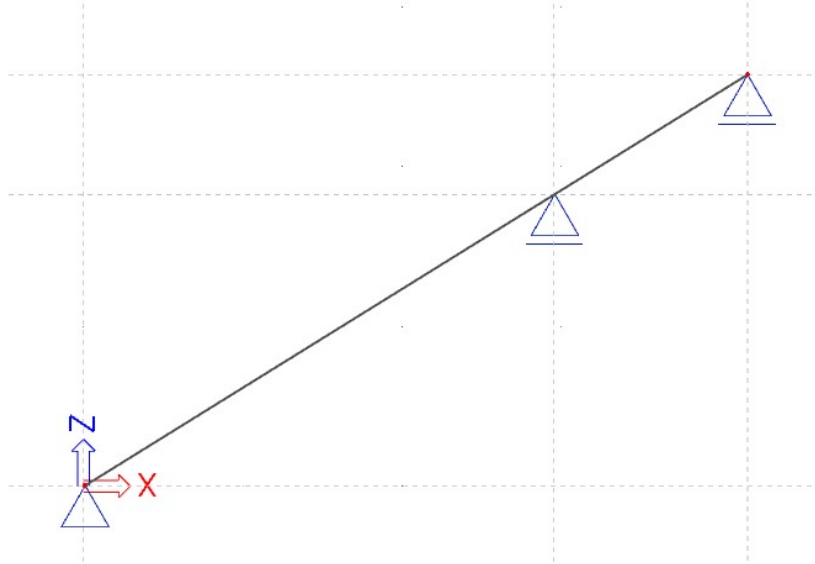
$$h = 13,67 \text{ m}$$

$$e = \text{MIN}(b; 2h) \rightarrow \text{MIN}(11,40; 27,34) \rightarrow e = 11,40 \text{ m}$$

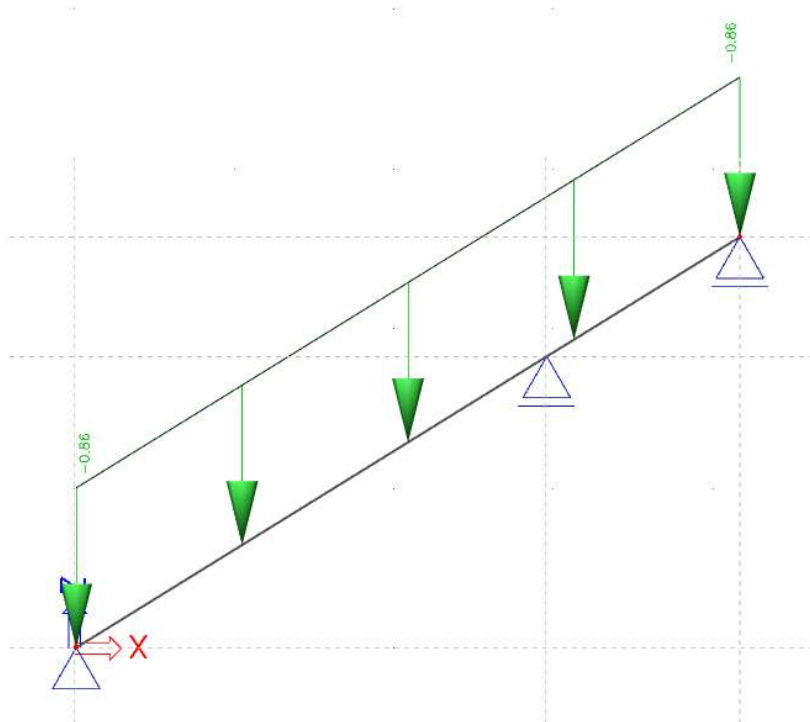
Tabulka 11: Tlak větru na vnější plochy – podélný vítr

| Součinitel vnějšího tlaku $C_{pe,10}$ | | | | | | | | | |
|--|--------|---------------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| α [°] | F | G | H | I | J | K | L | M | N |
| 30 | -0,5 | -0,5 | -0,2 | -0,4 | -0,7 | -0,5 | -1,4 | -0,8 | -0,2 |
| | +0,5 | +0,7 | +0,4 | | | | | | |
| Tlak větru na vnější plochy w_e [kN/m ²] | | | | | | | | | |
| | -0,391 | -0,391 | -0,156 | -0,312 | -0,547 | -0,391 | -1,093 | -0,625 | -0,156 |
| | +0,391 | +0,547 | +0,312 | | | | | | |

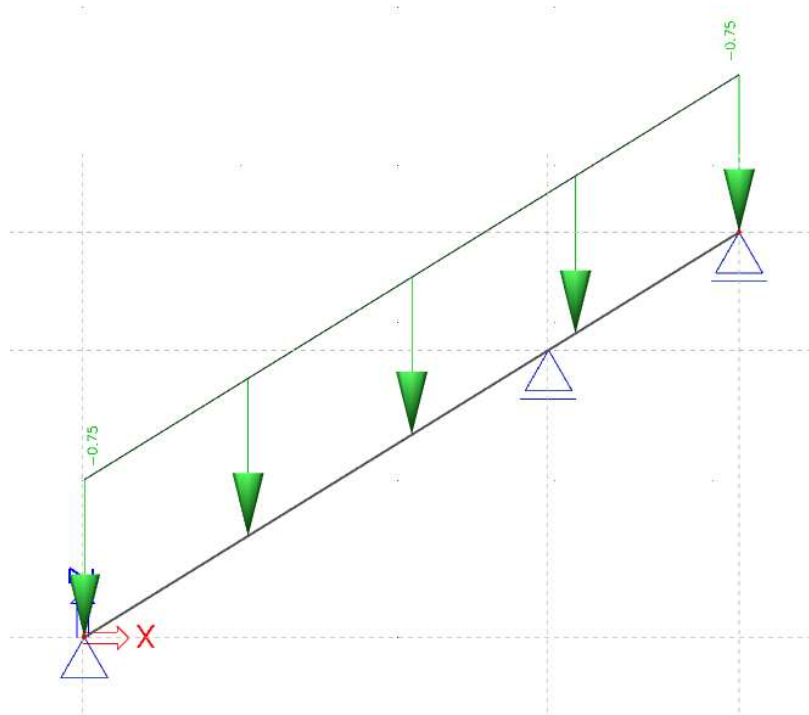
IV. Zatěžovací stavy



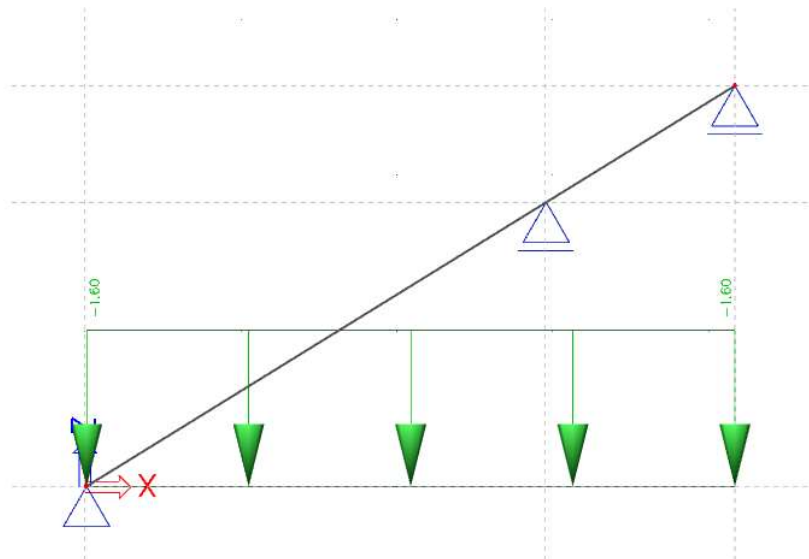
Obrázek 111: Vlastní tíha



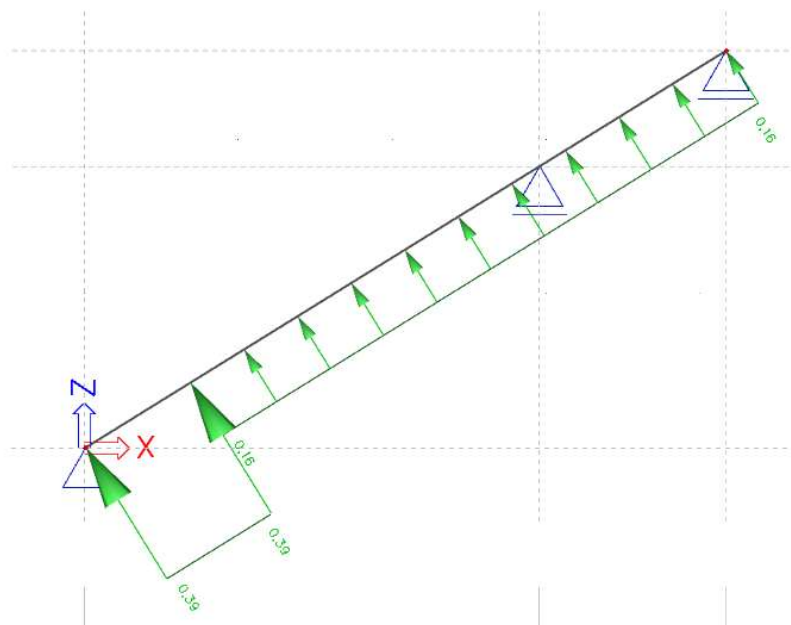
Obrázek 112: Stálé zatížení



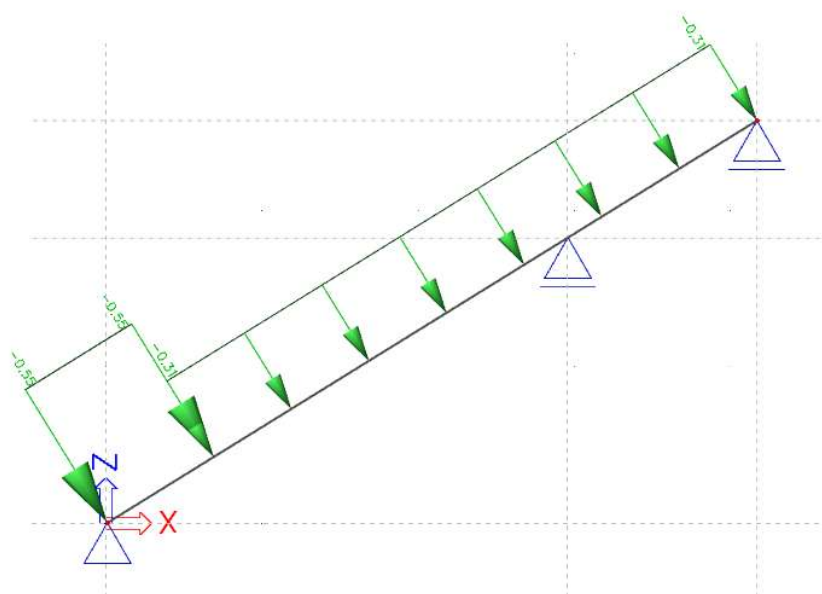
Obrázek 113: Užitné zatížení



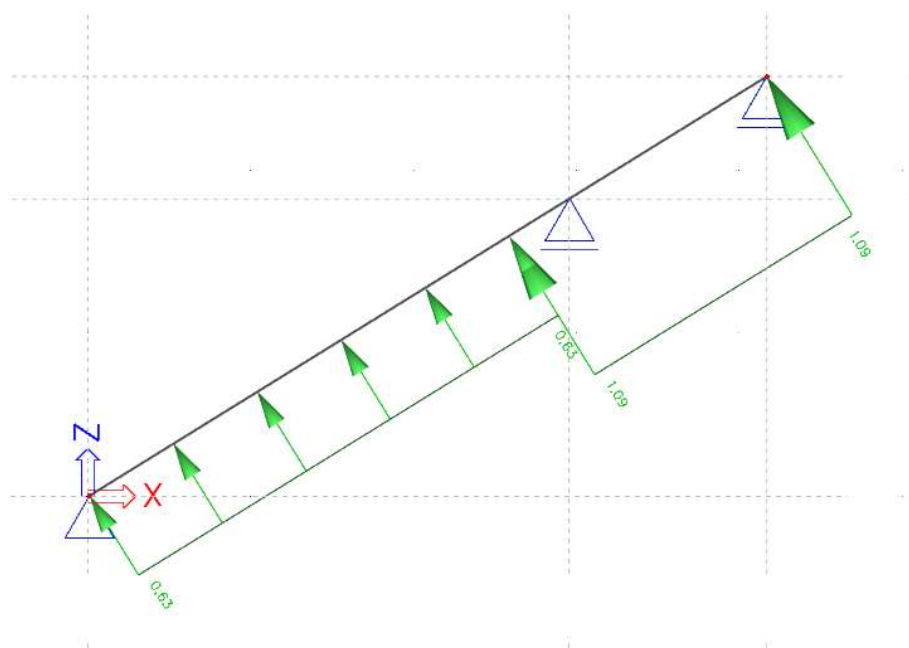
Obrázek 114: Zatížení od sněhu



Obrázek 115: Zatížení – vítr podélný – sání



Obrázek 116: Zatížení – vítr podélný – tlak



Obrázek 117: Zatížení – vítr příčný

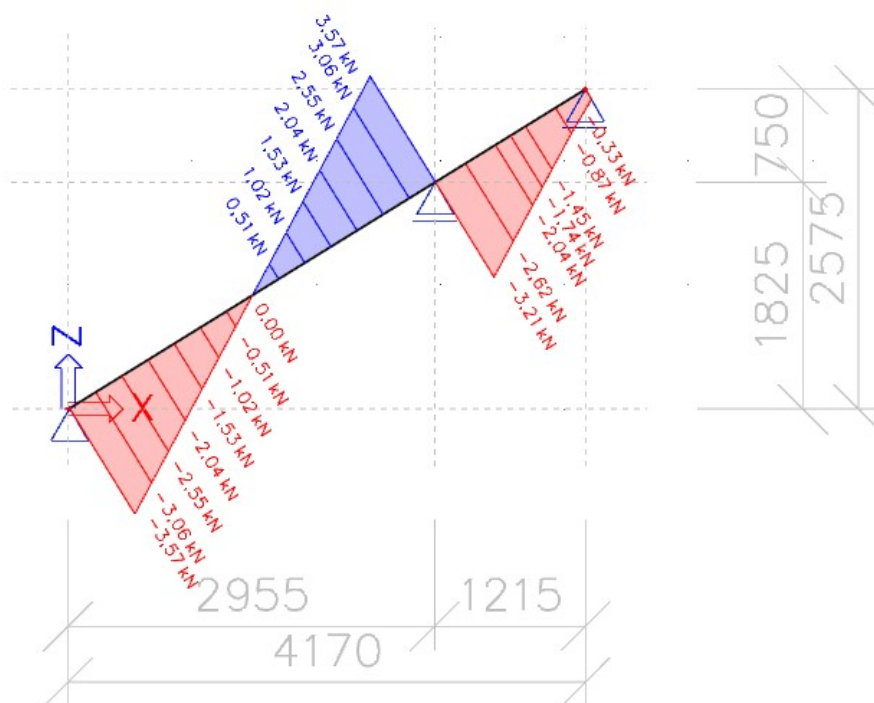
V. Vnitřní síly

Krokv bude posuzovaná (osový tlak za ohybu) v kritickém průřezu na základě výsledků získané pomocí programu Scia Engineer 18.1.

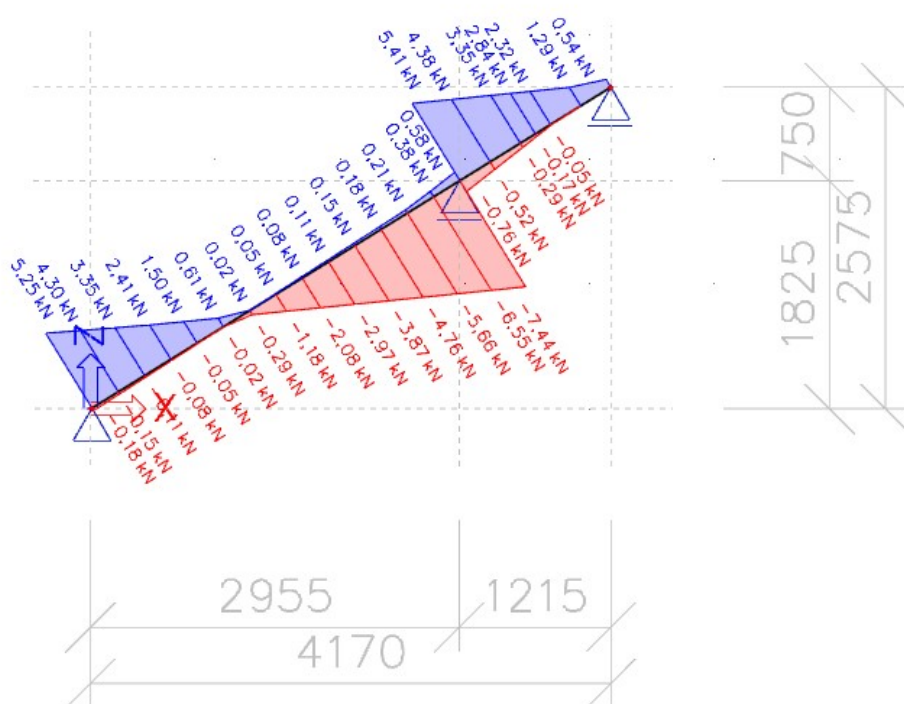
- Vypočteno dle EN 1995-1-1.
- Lineární výpočet
- Kombinace: MSÚ – Sada B (auto)

Tabulka 12: Kritický posudek – Scia Engineer 18.1

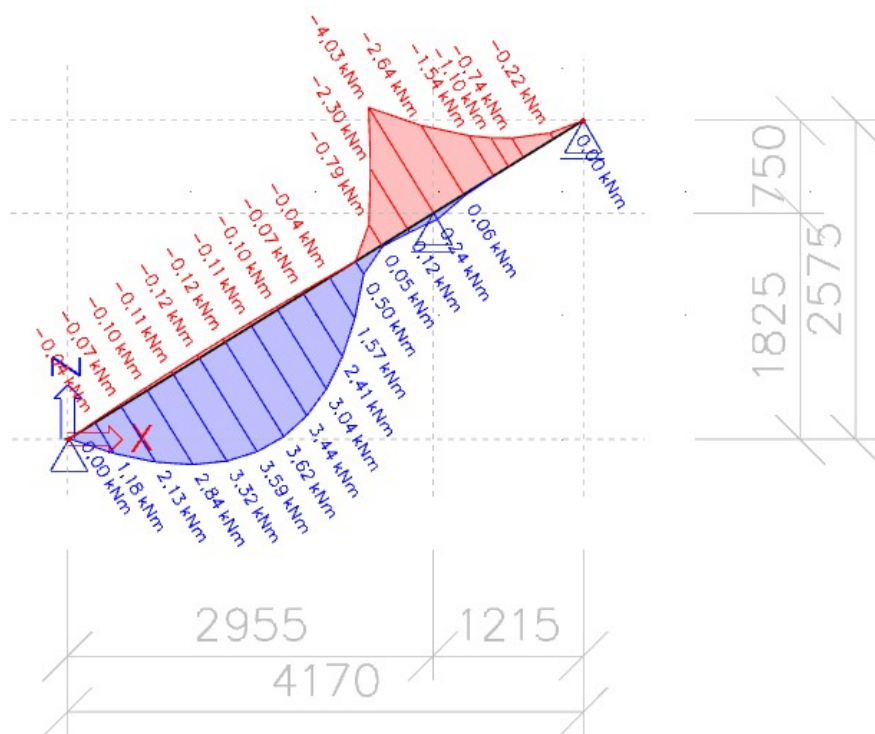
| Kritický posudek je v místě 3,467 m | | |
|-------------------------------------|---------|----------|
| Vnitřní síly | Hodnota | Jednotky |
| NEd | -3,09 | kN |
| Vy,Ed | 0,00 | kN |
| Vz,Ed | 5,41 | kN |
| Ted | 0,00 | kNm |
| My,Ed | -4,03 | kNm |
| Mz,Ed | 0,00 | kNm |



Obrázek 118: Průběh normálových sil N



Obrázek 119: Průběh posouvajících sil V



Obrázek 120: Průběh ohybových momentů M

VI. Posouzení MSÚ

- Průřez krokve (hxb) mm v posuzovaném kritickém průřezu
160x130 mm

- Plocha navrhovaného průřezu dřevěného nosníku

$$A = h \cdot b \text{ [mm}^2\text{]} \quad (7)$$

$$A = 160 \cdot 130 = 20\,800 \text{ mm}^2$$

- Průřezový modul

$$w = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 \text{ [mm}^3\text{]} \quad (8)$$

$$w = \frac{1}{6} \cdot 130 \cdot 160^2 = 554\,666,67 \text{ mm}^3$$

- Kritické napětí (pro obdélník)

$$\sigma_{m,crit} = \frac{M_{y,crit}}{W_y} = \frac{\Pi \cdot \sqrt{E_{0,05} \cdot I_z \cdot I_T \cdot G_{0,05}}}{L_{ef} \cdot W_y} = \frac{0,78 \cdot b^2}{h \cdot L_{ef}} \cdot E_{0,05} \text{ [MPa]} \quad (30)$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot 130^2}{160 \cdot (0,9 \cdot 3475)} \cdot 7400 = 194,94 \text{ MPa}$$

- Poměrná štíhlost

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} \text{ [-]} \quad (31)$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{24}{194,94}} = 0,35 \quad \rightarrow k_{crit} = 1$$

- Návrhové napětí za ohybu

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{yd}}{W} \text{ [MPa]} \quad (10)$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{4\,030\,000}{554\,666,67} = 7,26 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} \cdot f_{m,d} \quad (32)$$

$$7,26 \text{ MPa} \leq 1,0 \cdot 16,61 = 16,61 \text{ MPa} \rightarrow \text{PRŮŘEZ VYHOVUJE}$$

- Návrhové napětí osového tlaku

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} \text{ [MPa]} \quad (33)$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{3\,090}{20\,800} = 0,149 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d} \quad (34)$$

$$0,149 \text{ MPa} \leq 14,54 \text{ MPa} \rightarrow \text{PRŮŘEZ VYHOVUJE}$$

- Kombinace namáhání – osový tlak za ohybu

Poznámka: potřebné veličiny převzaty z programu Scia Engineer 18.1

$$\lambda_z = \frac{\beta \cdot l}{i_z} \text{ [-]} \quad (35)$$

$$\lambda_z = \frac{1,0 \cdot 3475}{38} = 91,45$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\Pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \text{ [-]} \quad (36)$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{91,45}{\Pi} \cdot \sqrt{\frac{21}{7400}} = 1,55$$

$$k_z = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_z - 0,3)) + \lambda_{rel,z}^2 \quad [-] \quad (37)$$

$$k_z = 0,5 \cdot (1 + 0,2 \cdot (91,45 - 0,3)) + 1,55^2 = 10,82$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} \quad [-] \quad (38)$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{10,82 + \sqrt{10,82^2 - 1,55^2}} = 0,05$$

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1 \quad (39)$$

$$\left(\frac{7,26}{1,0 \cdot 16,61}\right)^2 + \frac{0,149}{0,05 \cdot 14,54} = 0,39 \leq 1$$

PRŮŘEZ 160x130 mm POSUZOVANÉ KROKVE VYHOVUJE NA KOMBUNACI OSOVÉHO TLAKU ZA OHYBU

- Maximální smykové napětí od ohybu

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_{zd}}{2 \cdot A_{ef}} = \frac{3 \cdot V_{zd}}{2 \cdot h \cdot b \cdot k_{cr}} \quad [MPa] \quad (13)$$

$$\tau_{v,d,A} = \frac{3 \cdot 5\,410}{2 \cdot 20\,800 \cdot 0,67} = 0,39 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d} \quad (14)$$

0,39 MPa ≤ 1,73 MPa → PRŮŘEZ VYHOVUJE

VII. Posouzení MSP

- Referenční zatížení: $g_{ref} = 1 \text{ kN}^{-1}$
- Moment setrvačnosti

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \text{ [mm}^4\text{]} \quad (15)$$

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot 130 \cdot 160^3 = 44\,373\,333,33 \text{ mm}^4$$

- Referenční průhyb

$$w_{ref} = \frac{5}{384} \cdot \frac{(g_{ref} \cdot L^4)}{E_{0,mean} \cdot I_y} \text{ [-]} \quad (16)$$

$$w_{ref} = \frac{5}{384} \cdot \frac{(1 \cdot 3475^4)}{11\,000 \cdot 44\,373\,333,33} = 3,89$$

- Průhyb od stálého zatížení G

$$u_{inst,G} = g_k \cdot w_{ref} \text{ [mm]} \quad (17)$$

$$u_{inst,G} = 0,964 \cdot 3,89 = 3,75 \text{ mm}$$

- Průhyb od proměnného zatížení Q

$$u_{inst,Q} = q_k \cdot w_{ref} \text{ [mm]} \quad (18)$$

$$u_{inst,Q} = 1,7 \cdot 3,89 = 6,6 \text{ mm}$$

- Okamžitý průhyb od proměnného zatížení

$$w_{inst,Q} = \frac{L}{300} \text{ [mm]} \quad (19)$$

$$w_{inst,Q} = \frac{3475}{300} = 11,58 \text{ mm}$$

$$u_{inst,Q} \leq w_{inst,Q} \quad (20)$$

6,6 mm ≤ 11,58 mm → VYHOVUJE

- Průhyb od kombinace zatížení

$$\begin{aligned} u_{fin} &= u_{fin,G} + u_{fin,Q} = \\ &= (u_{inst,G} \cdot (1 + k_{def})) + (u_{inst,Q} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def})) [mm] \end{aligned} \quad (21)$$

$$u_{fin} = (3,75 \cdot (1 + 0,80)) + (6,6 \cdot (1 + 0 \cdot 0,80)) = 13,35 \text{ mm}$$

- Konečný průhyb

$$w_{fin} = \frac{L}{200} [mm] \quad (22)$$

$$w_{fin} = \frac{3475}{200} = 17,375 \text{ mm}$$

$$u_{fin} \leq w_{fin} \quad (23)$$

13,35 mm ≤ 17,375 mm → VYHOVUJE

Měňená krokev průřezu 160x130 mm vyhovuje

6.4.7 Zhodnocení sanace krovu a konstrukce zastřešení,

Hlavní výhodou zhotovení nového střešního pláště objektu je zajištění vnitřních konstrukcí objektu před vlivem povětrnostních podmínek, zejména poté před srážkovou vodou způsobující zvýšenou vlhkost v objektu a následný rozvoj hniloby a dalších dřevokazných škůdců. Výměnou degradovaných střešních latí a narušené střešní krytiny za novou vhodnou skladbu střešního pláště zajistíme vhodné vnitřní prostředí půdního prostoru a delší životnost dřevěných prvků konstrukce krovu.

Zvolené prováděné sanace na konkrétní dřevěné prvky krovu mají stejné výhody a nevýhody, jež byly popsány v kapitole 6.3.3, tudíž není potřeba je zde opět rozepisovat.

Co je zapotřebí neopominou a nebylo zde ještě zmíněno, je průběžné očišťování půdních prostor pomocí vysavače při průběhu provádění jednotlivých sanačních metod a zejména pak po jejich dokončení. Dále se doporučuje alespoň jednou ročně provádět kontrolu sanované konstrukce krovu a zastřešení, a to nejlépe v době dešťů. Je zapotřebí především kontrolovat těsnost nově zhotoveného střešního pláště a stav všech prvků konstrukce krovu.

Při navrhování zmiňovaných sanačních opatření je nutné vždy dimenze náhrad, výměn, zesilujících prvků či spojů stanovit statickým výpočtem, na jehož základě by měl být zajištěn spolehlivý přenos namáhání mezi stávajícím prvkem a sanovanou částí. Navržené sanace jsou také vždy navrhovány a posuzovány s ohledem na jejich namáhání.

6.5 Další potřebná opatření pro celkovou sanaci objektu

Aby byl objekt plně funkční a mohl být užíván v celém rozsahu, je zapotřebí provést několik dalších doplňkových opatření, jež budou provedeny v rámci rekonstrukce celého objektu. Prvním takovým potřebným sanačním opatřením je odstranění vyšších rostlin včetně jejich kořenů z nosných obvodových stěn budovy. Dále je zapotřebí zhotovit nový dešťový svod a opravit/nahradit všechny narušené klempířské prvky. Nedílnou součástí celkové rekonstrukce je provedení oprav historické fasády včetně jejich architektonických prvků a provést dokončovací práce u již rekonstruovaných oken (viz kapitola 6.1.1).

V rámci vnitřních prostor je zapotřebí provést nové omítky a výmalbu ve většině místností všech podlažích. Poškozená je také většina nášlapných, popřípadě i roznášecích vrstev podlah, proto je zapotřebí rekonstruovat i je. Před zhotovením nových omítek a nových vrstev podlah, budou opraveny TZB rozvody v rámci celého objektu. Rekonstruovány budou také poškozené dveřní otvory a zhotoveno zábradlí u všech schodišťových konstrukcí. Zapotřebí je také zkontrolovat a staticky ověřit ocelové nosníky průřezu I u kleneb klenutých do traverz. V případě, pokud nevyhoví, zvolit vhodné sanační opatření. Poslední zmíněná potřebná rekonstrukce se týká nefunkčních hodin, jež jsou situovány ve středu objektu na jeho jižní straně a zasloužily by také řádně spravit.

7. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo provést stavebně-technický průzkum vybraného historického objektu, stanovit poruchy, určit jejich možnou příčinu a na základě získaných poznatků navrhnout vhodnou sanační metodu.

Prvním krokem před zahájením samostatného průzkumu objektu bylo shromáždění všech možných dostupných informací týkající se historické budovy ve Varnsdorfu, jež dříve sloužila především jako škola. Městským úřadem města Varnsdorf byla poskytnuta výkresová dokumentace z roku 1935 v papírové podobě. Římskokatolickou farností města Varnsdorf byly obdrženy informace o historii a provozu objektu. Stavebně-technický průzkum byl pak proveden v rámci všech podlaží objektu včetně půdního prostoru. V rámci průzkumu byly zaznamenány poruchy staticky nevýznamné, ale i poruchy kdy konstrukce viditelně překročila mezní stav únosnosti. Zmiňované poruchy jsou zachyceny na fotografiích a v rámci této práce analyzovány. Hlavní příčinou narušení většiny konstrukcí objektu byla shledána zvýšená vlhkost, která zapříčinila degradaci zdiva v suterénu, hnilobu dřevěných prvků trámové stropní konstrukce a dřevěných prvků krovu.

Pro získání lepší představy o stavu suterénního zdiva byly odebrány z objektu z prvního podzemního podlaží vzorky obsahující směs omítky a zdících prvků, které byly následně podrobeny gravimetrické metodě. Na základě této metody byly získány hmotnostní vlhkosti odebraných vzorků a byly porovnány s normou ČSN P 73 0610, dle které byla vlhkost většiny odebraných vzorků stanovena jako vysoká/velmi vysoká. Dalším laboratorní průzkumem byla analýza chemismu, respektive zjišťování solí třech odebraných vzorků z míst s vyskytující se zkrystalizovanou solí na povrchu zdiva. I přes výkvěty na povrchu svislých stěn suterénu nebyl zvýšený obsah solí laboratorně potvrzen. Zjištěna však byla přítomnost vláknitých hub, řas, mechů, bakterií a dalších dřevokazných škůdců.

Stěžejní částí bakalářské práce byl návrh sanačních opatření na vybrané poruchy v objektu. U každého návrhu sanace byly zváženy možné sanační metody a na základě získaných informací ze stavebně-technického průzkumu, výsledků laboratorního

průzkumu a dle informací uváděných v odborné literatuře bylo zvoleno vhodné sanační opatření. V rámci sanace vlhkého zdiva byla navržena dodatečně vložená svíslá hydroizolace doplněna o drenážní systém, vodorovnou hydroizolační clonu a novou skladbu podlahy v suterénu (na terénu/provětrávaná). Dřevěné prvky trémové stropní konstrukce jsou sanovány převážně pomocí protézování, popřípadě dalšími doplňkovými sanačními opatřeními. Dřevěné prvky krovu jsou sanovány obdobně jako dřevěné prvky trémové stropní konstrukce, v případě vysoké degradace je navržena výměna narušeného prvku za prvek duplicitní.

Zadáním bakalářské práce bylo také posouzení vybraných prvků v objektu. Tento bod práce byl splněn návrhem a posouzením nové stropní trémové konstrukce nad místností 118 prvního nadzemního podlaží a posouzením měněné krokve krovu, jež je zatížena stálým zatížením v podobě nově navrhnutého střešního pláště.

Zhotovením potřebných výkresů a schémat a výše uvedených bodů byly splněny stanovené cíle bakalářské práce.

Při zpracování bakalářské práce jsem se obohatila o mnoho informací související s rekonstrukcí budov a získala tak cenné informace do dalšího studia, a především poté do praxe.

8. Seznam použité literatury

- [1] Www.nahlizenidokn.cuzk.cz [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z:
https://nahlizeniidokn.cuzk.cz/ZobrazObjekt.aspx?encrypted=SNjnjMLsUf-FXD1pmueRpXg32klaNRz_-2y8ifJhb6CV6xSm-OTDDulLMRZl7QB9FBNV6dJazbDP4j6HAqLcUpTbXY2Ga_hz9ZUOmDzo3LrF5dx86jj1igGrdaZDvJyD
- [2] Výkresová dokumentace zhotovená roku 1935. Dostupné z: Stavební úřad města Varnsdorf
- [3] Http://www.geology.cz [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z:
http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g50&y=716600&x=954100&s=1
- [4] WITZANY, Jiří, Richard WASSERBAUER, Tomáš ČEJKA, Klára KROFTOVÁ a Radek ZIGLER. *Obnova a rekonstrukce staveb: poruchy, degradace, sanace*. 2. přepracované vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2018. ISBN 978-80-01-06360-6.
- [5] *Www.stavba.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2019-05-25]. Dostupné z:
<https://stavba.tzb-info.cz/historicke-stavby/7691-vliv-chemicke-degradace-povrchovych-vrstev-na-mechanicke-vlastnosti-dreva>
- [6] BALÍK, Michael. *Odvhlčování staveb*. Praha: Grada, 2005. Stavitel. ISBN 80-247-0765-9.
- [7] KUKLÍK, Petr. *Dřevěné konstrukce*. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2005. Technická knihovna autorizovaného inženýra a technika. ISBN 80-867-6972-0.
- [8] *Www.old.vscht.cz* [online]. [cit. 2019-05-25]. Dostupné z:
<https://old.vscht.cz/main/soucasti/fakulty/fpbt/ostatni/miniatlas/mikr.htm>
- [9] *Www.weimann-izolace.cz* [online]. [cit. 2019-05-26]. Dostupné z:
https://weimann-izolace.cz/sluzby/svisle-izolace/?gclid=Cj0KCQjw5J_mBRDVARIsAGqGLZA8b_b_7EpLLL4wDfltLh9hmfPF4CtJfv0C1Bkj8To0lpF5mpG32oaAgleEALw_wcB

- [10] *Www.gabex.cz* [online]. [cit. 2019-05-26]. Dostupné z:
<http://www.gabex.cz/Iglu-provetrane-podlady-od-firmy-Gabex.html>
- [11] *Www.sanax.cz* [online]. [cit. 2019-05-26]. Dostupné z:
<https://www.sanax.cz/produkt/resiinjekt-si>
- [12] *Www.stavarina.cz/* [online]. [cit. 2019-05-26]. Dostupné z:
<http://www.stavarina.cz/poruchy/poruchy-sanace-komin.htm>
- [13] *Www.stavba.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2019-05-26]. Dostupné z:
<https://stavba.tzb-info.cz/historicke-stavby/16378-rekonstrukce-drevenych-tramovych-stropu>
- [14] *Www.insowool.cz* [online]. [cit. 2019-05-26]. Dostupné z:
https://www.insowool.cz/wp-content/uploads/2018/03/TL-PAVADENTRO-CZ-01_2018.pdf
- [15] *Www.youtube.com: MrsTondach* [online]. [cit. 2019-05-26]. Dostupné z:
<https://www.youtube.com/user/MrsTondach/videos>
- [16] *Www.opravy-sikmych-strech.cz* [online]. [cit. 2019-05-26]. Dostupné z:
<http://www.opravy-sikmych-strech.cz/poradna-v-oblasti-drevenych-konstrukci-a-sikmych-strech.html>
- [17] *Www.drevari.humlak.cz* [online]. [cit. 2019-05-26]. Dostupné z:
http://drevari.humlak.cz/data_web/Data_skola/HUdrevva/5.pdf
- [18] VALDA, Vojtěch. *Rekonstrukce domu*. V Praze: Venkovský dům, 2015. ISBN 978-80-906031-2-7.
- [19] SOLAŘ, Jaroslav. *Poruchy a rekonstrukce zděných staveb*. Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-2672-4.
- [20] PUME, Dimitrij. *PRŮZKUMY A opravy stavebních konstrukcí*. Praha: ABF, 1993. Stavby a rekonstrukce. ISBN 978-80-247-2672-4.
- [21] KUKLÍK, Petr a Anna KUKLÍKOVÁ. *Navrhování dřevěných konstrukcí: příručka k ČSN EN 1995-1*. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010. ISBN 978-80-87093-88-7.
- [22] VINAŘ, Jan a Václav KUFNER. *Historické krovy*. Praha: Grada, 2004. Stavitel. ISBN 80-716-9575-0.

9. Seznam použitých norem

ČSN P 73 0610 – Hydroizolace staveb, v platnosti od 1.12.2000

ČSN 73 42 01 – Komíny a kouřovody – Navrhování, provádění a připojování spotřebičů, v platnosti 12/2002–01/2008

ČSN 73 0540–2(2011) – Tepelná ochrana budov. Část 2: Funkční požadavky, v platnosti 06/1994–11/2002

ČSN EN 1991–1-1 – Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – objemové, vlastní a užitné zatížení, v platnosti od 1.4.2004

ČSN EN 1991-1-3 – Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – zatížení sněhem

ČSN EN 1995-1-1 – Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, v platnosti 04/2005–12/2006

10. Seznam tabulek, grafů a obrázků

10.1 Tabulky

| | |
|--|-----|
| Tabulka 1: Hodnoty sledovaného počasí v týdnu před odběrem vzorků z objektu..... | 44 |
| Tabulka 2: Klasifikace vlhkosti zdiva dle ČSN P 73 0610..... | 47 |
| Tabulka 3: Vyhodnocení vlhkosti dle ČSN P 73 0610..... | 47 |
| Tabulka 4: Stupeň zasolení zdiva dle směrnice WTA 4-6-99/D: Posouzení zdiva – diagnostika staveb..... | 58 |
| Tabulka 5: Vyhodnocení zasolení zdiva dle směrnice WTA 4-6-99/D: Posouzení zdiva – diagnostika staveb..... | 58 |
| Tabulka 6: Potřebné výpočtové hodnoty/součinitele..... | 91 |
| Tabulka 7: Výpočet zatížení | 93 |
| Tabulka 8: Potřebné výpočtové hodnoty/součinitele..... | 107 |
| Tabulka 9: Výpočet zatížení – skladba střešního pláště | 108 |
| Tabulka 10: Tlak větru na vnější plochy – příčný vítr..... | 110 |
| Tabulka 11: Tlak větru na vnější plochy – podélný vítr | 110 |
| Tabulka 12: Kritický posudek – Scia Engineer 18.1..... | 115 |

10.2 Grafy

| | |
|---|----|
| Graf 1: Průběh maximálních a minimálních teplot a maximální relativní vlhkosti vzduchu..... | 44 |
| Graf 2: Závislost vlhkosti na výšce odběru vzorků z podzemního podlaží objektu | 48 |

10.3 Obrázky

| | |
|--|----|
| Obrázek 1: Katastrální mapa s vyznačeným objektem [1] | 10 |
| Obrázek 2: Pohled na hlavní vstup do budovy – jižní fasáda objektu | 11 |
| Obrázek 3: Pohled na severní fasádu objektu | 11 |
| Obrázek 4: Pohled na východní fasádu objektu | 12 |
| Obrázek 5: Pohled na západní fasádu objektu | 12 |
| Obrázek 6: Schématický řez objektem | 13 |
| Obrázek 7: Schématický půdorys objektu (2.NP) | 13 |
| Obrázek 8: Projektová dokumentace z roku 1935 - půdorys 1.PP [2]..... | 15 |

| | |
|---|----|
| Obrázek 9: Projektová dokumentace z roku 1935 - půdorys 1.NP [2]..... | 15 |
| Obrázek 10: Projektová dokumentace z roku 1935 - půdorys 2.NP [2]..... | 15 |
| Obrázek 11: Projektová dokumentace z roku 1935 - výkres krovu [2]..... | 16 |
| Obrázek 12: Projektová dokumentace z roku 1935 - řezy objektem [2]..... | 16 |
| Obrázek 13: Konstrukční systém objektu..... | 17 |
| Obrázek 14: Geologická mapa 1:50 000 [3]..... | 18 |
| Obrázek 15: Pohled na vnitřní stěnu 1.PP - smíšené zdivo..... | 19 |
| Obrázek 16: Pohled na vnitřní stěnu 2.NP..... | 19 |
| Obrázek 17: Stropní konstrukce chodby..... | 20 |
| Obrázek 18: Stropní konstrukce vestibulu..... | 20 |
| Obrázek 19: Stropní konstrukce suterénu..... | 20 |
| Obrázek 20: Dřevěný trámový strop 2.NP..... | 21 |
| Obrázek 21: Schéma dřevěné trámové stropní konstrukce..... | 21 |
| Obrázek 22: Nadpraží dveřního otvoru..... | 22 |
| Obrázek 23: Cihelný klenutý pás nad okenním otvorem..... | 22 |
| Obrázek 24: Venkovní žulové schodiště..... | 23 |
| Obrázek 25: Schodiště ze zádveří do úrovně podlahy 1.NP..... | 23 |
| Obrázek 26: Hlavní vertikální komunikace objektu..... | 24 |
| Obrázek 27: Strojovna nákladního výtahu..... | 24 |
| Obrázek 28: Krov objektu z konce 19. století..... | 25 |
| Obrázek 29: Schématický řez krovem..... | 25 |
| Obrázek 30: Statické schéma krovu..... | 25 |
| Obrázek 31: Tesařský spoj vaznice, kleštin..... | 26 |
| Obrázek 32: Tesařský spoj kleštin, vzpěry, pásků..... | 26 |
| Obrázek 33: Dřevěné dvojité okno suterénu opatřeno mříží..... | 27 |
| Obrázek 34: Hlavní vchodové dveře..... | 28 |
| Obrázek 35: Jednokřídlé dřevěné dveře interiéru..... | 29 |
| Obrázek 36: Železná mříž před schodištěm do 2.NP..... | 29 |
| Obrázek 37: Železné dveře do půdního prostoru..... | 29 |
| Obrázek 38: Horní část rizalitu objektu..... | 30 |
| Obrázek 39: Rizalit objektu s architektonickými prvky..... | 31 |

| | |
|--|----|
| Obrázek 40: Znázornění křížové vazby a špatně provedené vazby na severní obvodové zdi objektu..... | 33 |
| Obrázek 41: Nejvíce narušená část zdiva obvodové zdi na severní straně objektu..... | 34 |
| Obrázek 42: Vlhkostní mapy na klenbách..... | 34 |
| Obrázek 43: Značná koroze ocelových traverz kleneb suterénu | 35 |
| Obrázek 44: Viditelný průhyb dřevěné trámové stropní konstrukce | 36 |
| Obrázek 45: Zřícená část stropní konstrukce 2.NP..... | 36 |
| Obrázek 46: Stropní konstrukce 2.NP před jejím zřícením/po zřícení..... | 37 |
| Obrázek 47: Porušení střešní krytiny na jižní straně fasády | 38 |
| Obrázek 48: Narušení krokve vlivem zvýšené vlhkosti | 38 |
| Obrázek 49: Odebraný vzorek z prostoru podkroví..... | 39 |
| Obrázek 50: Detail narušení povrchové struktury dřeva | 40 |
| Obrázek 51: Neodborný zásah do nosné konstrukce vaznicové soustavy..... | 40 |
| Obrázek 52: Narušení omítky komínového tělesa..... | 40 |
| Obrázek 53: Viditelné mastné fleky od dehtu na omítce komína..... | 41 |
| Obrázek 54: Chybějící oplechování komína..... | 41 |
| Obrázek 55: Chybějící kamenná dlažba na mezipodestě schodiště „„„..... | 41 |
| Obrázek 56: Odkrytý násyp a polštáře podlahy 2.NP..... | 42 |
| Obrázek 57: Demontované umyvadlo, narušená omítka | 42 |
| Obrázek 58: Vlhkostní mapy na svislých konstrukcích i vodorovných konstrukcích.... | 42 |
| Obrázek 59: Dřevěné prvky krovu narušené vlhkostí a sní spojenými degradačními procesy biologických degradačních procesů | 43 |
| Obrázek 60: 15 odebraných vzorků pro vlhkostní analýzu | 45 |
| Obrázek 61: Vážení vzorků pomocí laboratorní digitální váhy..... | 45 |
| Obrázek 62: Umístění již zvážených vzorků do sušičky | 46 |
| Obrázek 63: Okapová vaznice zasažená zvýšenou vlhkostí..... | 46 |
| Obrázek 64: Místo odběru vzorku E ve třech výškových úrovních | 49 |
| Obrázek 65: Místo odběru vzorku B ve dvou výškových úrovních..... | 49 |
| Obrázek 66: Rozložení vlhkosti na svoslé stěně suterénu | 49 |
| Obrázek 67: Zdroje zvýšené vlhkosti [4]..... | 50 |
| Obrázek 68: Narušený dešťový svod..... | 51 |

| | |
|--|----|
| Obrázek 69: Odpadávání omítek na severní fasádě objektu..... | 51 |
| Obrázek 70: Narušení vnitřní omítky | 52 |
| Obrázek 71: Zkrystalizovaná sůl na ostění okna | 52 |
| Obrázek 72: Kvalitativní analýza solí suterénu odebraného vzorku | 53 |
| Obrázek 73: Plamenová zkouška | 53 |
| Obrázek 74: Mikroskopický snímek zkrystalizované soli do struktury jehliček..... | 54 |
| Obrázek 75: Homogenizace vzorků – jejich rozdrcení na jemné částice | 54 |
| Obrázek 76: Odvážené množství vzorku v Erlenmeyerových baňkách | 55 |
| Obrázek 77: Rozrušování vzorků pomocí zahřátí..... | 55 |
| Obrázek 78: Rozrušování částí pomocí promíchání ultrazvukovou lázní | 55 |
| Obrázek 79: Sedimentované směsi zkoumaných vzorků objektu | 56 |
| Obrázek 80: Kvalitativní analýza pomocí analytických proužků..... | 56 |
| Obrázek 81: Připravené pracoviště pro kvalitativní analýzu solí | 57 |
| Obrázek 82: Měření množství dusičnanů | 57 |
| Obrázek 83: Stanovení pH odebraných vzorků | 59 |
| Obrázek 84: Vzorky připravené pro vložení do termostatu..... | 62 |
| Obrázek 85: Živné médium s otiskem části dřeva okapové vaznice po 14denním růstu v termostatu | 63 |
| Obrázek 86: Vypěstování biotičtí činitelé v růstovém médiu ze vzorku E100 | 63 |
| Obrázek 87: Odebraný vzorek C pod mikroskopem – Mucor sp. | 64 |
| Obrázek 88: Chaetomium sp. z odebraného vzorku C | 64 |
| Obrázek 89: Odebraný vzorek D pod mikroskopem | 64 |
| Obrázek 90: Vzorky připravené na analýzu výskytu nižších rostlin | 65 |
| Obrázek 91: Erlenmeyerovy baňky se vzorky | 65 |
| Obrázek 92: Vypěstované řasy/mechy v Knopově roztoku..... | 66 |
| Obrázek 93: Mikroskopický snímek řas | 66 |
| Obrázek 94: Mikroskopický snímek zachycující zároveň jak vlákna řas, tak i vlákna mechů, jenž vegetují na povrchu konstrukcí suterénu | 67 |
| Obrázek 95: Vyšší rostliny degradující severní fasádu objektu | 67 |
| Obrázek 96: Degradace obvodové zdi objektu vyšší rostlinou..... | 67 |
| Obrázek 97: S1 – nová skladba podlahy na terénu | 73 |

| | |
|---|-----|
| Obrázek 98: S2 – provětrávaná podlaha – plastové tvarovky ztraceného bednění Iglú . | 75 |
| Obrázek 99: Schéma řezu výdechovým komínových průduchem..... | 76 |
| Obrázek 100: Schéma sanace vlhkého zdiva (Varianta 1) | 79 |
| Obrázek 101: Schéma sanace vlhkého zdiva (Varianta 2) | 80 |
| Obrázek 102: Schéma sanovaného trámu stropní konstrukce 2.NP | 87 |
| Obrázek 103: Schéma návrhu dřevěné protězy | 87 |
| Obrázek 104: Sanace trámových kleští pomocí příložky a vhodná úprava kapes zdiva | 90 |
| Obrázek 105: Schéma pro návrh trámu stropní konstrukce..... | 91 |
| Obrázek 106: Skladba nové trámové stropní konstrukce s prvky firmy Fermacell..... | 92 |
| Obrázek 107: Schéma uložení trámu nové stropní konstrukce..... | 97 |
| Obrázek 108: Návrh nové skladby střešního pláště | 100 |
| Obrázek 109: Sloupek sanovaný pomocí plombování | 105 |
| Obrázek 110: Statické schéma posuzované krokve | 106 |
| Obrázek 111: Vlastní tíha | 111 |
| Obrázek 112: Stálé zatížení | 111 |
| Obrázek 113: Užité zatížení..... | 112 |
| Obrázek 114: Zatížení od sněhu | 112 |
| Obrázek 115: Zatížení – vítr podélný – sání..... | 113 |
| Obrázek 116: Zatížení – vítr podélný – tlak | 113 |
| Obrázek 117: Zatížení – vítr příčný | 114 |
| Obrázek 118: Průběh normálových sil N..... | 115 |
| Obrázek 119: Průběh posouvajících sil V..... | 116 |
| Obrázek 120: Průběh ohybových momentů M | 116 |

11. Přílohy

11.1 Schematická výkresová dokumentace

11.2 Technické listy – podklady výrobců