

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH STAVEB



PRŮZKUM A NÁVRH SANACE VILY V HRADCI KRÁLOVÉ

**TECHNICAL SURVEY AND REHABILITATION DESIGN OF VILLA
IN HRADEC KRÁLOVÉ**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce:

Ing. Radek Zigler, Ph.D.

Autor práce:

Bc. Daniela Menclová

2018



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

| | | |
|---|-----------------------|-----------------------------|
| Příjmení: <u>Menclová</u> | Jméno: <u>Daniela</u> | Osobní číslo: <u>409974</u> |
| Zadávající katedra: <u>K 124</u> | | |
| Studijní program: <u>Budovy a prostředí</u> | | |
| Studijní obor: <u>Budovy a prostředí</u> | | |

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Průzkum a návrh sanace vily v Hradci Králové



Název diplomové práce anglicky: Technical survey and rehabilitation design of villa in Hradec Králové

Pokyny pro vypracování:
Vypracujte zjednodušený stavebně technický průzkum zadaného objektu. Proveďte rámcový návrh nezbytných sanačních opatření. Zpracujte výkresovou dokumentaci.
Proveďte posouzení energetické náročnosti budovy a navrhněte vhodná opatření z hlediska skladeb konstrukcí, energetických zdrojů a nakládání s energiemi.

Seznam doporučené literatury:
1. Witzany, J. a kol: Sanace a rekonstrukce zděných budov I., Stavební informace, Praha 2005
2. Witzany, J. a kol: Sanace a rekonstrukce zděných budov – ochrana proti vlhkosti a radonu, Stavební informace, Praha 2006
3. Witzany, J. a kol: Rekonstrukce, poruchy a sanace betonových konstrukcí, Stavební informace, Praha 2004
4. Witzany, J., Čejka, T., Zigler, R.: Zděné valené klenbové konstrukce, Stavební ročenka 2006, Bratislava 2005
5. Witzany, J., Čejka, T., Zigler, R.: Stanovení zbytkové únosnosti existujících zděných konstrukcí, Stavební obzor 2008, roč. 17, č. 9, Praha 2008
6. Witzany, J., Čejka, T.: Výzkum fyzikálně mechanických vlastností porézních zdících prvků, Stavební obzor 2008, roč. 17, č. 10, Praha 2008

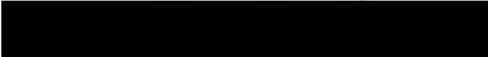
Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Radek Zigler, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 19.02.2018 Termín odevzdání diplomové práce: 21.05.2018
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

 
Podpis vedoucího práce Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

22.02.2018 
Datum převzetí zadání Podpis studenta(ky)


SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Bc. Daniela Menclová

Název diplomové práce: Průzkum a návrh sanace vily v Hradci Králové

Základní část: KPS podíl: 90 %

Formulace úkolů: Vypracujte zjednodušený stavebně technický průzkum zadaného objektu. Provedte rámcový návrh nezbytných sanačních opatření. Zpracujte výkresovou dokumentaci.
Provedte posouzení energetické náročnosti budovy a navrhnete vhodná opatření z hlediska skladeb konstrukcí, energetických zdrojů a nakládání s energiemi.


Podpis vedoucího DP:  Datum: 26.2.2018

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: TZB podíl: 10 %

Konzultant (jméno, katedra): doc. Ing. Vladimír Jelínek, CSc., K125

Formulace úkolů: Vypočítejte celkovou tepelnou ztrátu stávajícího stavu objektu a nově navržených variant vytápění. Vytvořte schématické výkresy rozvodů vytápění u navržených variant. Navrhnete alternativní zdroj tepla s využitím OZE.

Podpis konzultanta:  Datum: 10.5.18

3. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

4. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

Poznámka:

Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci. (Vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1.stranou zadání již ve 2.týdnu semestru)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Průzkum a návrh sanace vily v Hradci Králové“ vypracovala samostatně pod odborným vedením vedoucího diplomové práce s použitím uvedené literatury, elektronických zdrojů a dalších podkladů.

V Praze, dne:

Podpis:

Bc. Daniela Menclová

Poděkování

Ráda bych touto formou poděkovala vedoucímu své diplomové práce Ing. Radku Ziglerovi, Ph.D. za odborné rady, podnětné připomínky a čas, který věnoval mé práci. Za předání svých letitých zkušeností v oblasti vytápění chci poděkovat doc. Ing. Vladimíru Jelínkovi, CSc. Děkuji chemické a mikrobiologické laboratoři katedry K124 FSV ČVUT v Praze za možnost provedení laboratorního měření. Jmenovitě paní Ivaně Loušové. Velké díky patří rodině, partnerovi a přátelům za jejich neutuchající podporu.

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá hodnocením současného stavu rodinné vily v Hradci Králové a návrhem sanačních opatření. V úvodu je seznámení s objektem a shrnutí historických souvislostí s tehdejší technologií provádění výstavby. Nejobsáhlejší část práce je stavebně technický průzkum, který popisuje jednotlivé konstrukce, jejich poruchy a vady a analýzu příčin jejich vzniku. Dále byla posouzena energetická náročnost stávajícího stavu objektu. Na základě zjištěných výsledků jsou navržena sanační opatření a je optimalizován systém technického zařízení. V závěru práce je energeticky posouzen navržený stav objektu s implementovanými opatřeními. Součástí práce je výkresová dokumentace.

KLÍČOVÁ SLOVA

rodinná vila, stavebně technický průzkum, poruchy, sanace, energetická náročnost budovy, úspora energií

ANNOTATION

The diploma thesis deals with the assessment of the current condition of a family villa in Hradec Králové and the proposal of rehabilitation measures. The opening is an introduction to the subject and a summary of the historical context of the construction technology. The most extensive part of the thesis is a structural and technical survey, which describes individual structures, their faults and defects, and cause analysis. Subsequently, the energy performance of the current condition of the building is assessed. On the basis of the results, rehabilitation measures are proposed, and the system of technical equipment is optimized. In conclusion of the thesis, the proposed state of the subject with implemented measures is evaluated energetically. Drawing documentation is included in the thesis.

KEYWORDS

family villa, construction and technical survey, defects, rehabilitation, energy performance of buildings, energy saving

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| ÚVOD | 9 |
| 1 INFORMACE O OBJEKTU | 10 |
| 1.1 UMÍSTĚNÍ OBJEKTU | 10 |
| 1.2 ZÁKLADNÍ ÚDAJE | 11 |
| 1.3 HISTORIE VILY..... | 11 |
| 2 STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM..... | 14 |
| 2.1 VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE | 14 |
| 2.2 GEOLOGICKÉ POMĚRY | 17 |
| 2.3 KONSTRUKČNÍ SYSTÉM A MATERIÁLOVÉ ŘEŠENÍ OBJEKTU | 17 |
| 2.4 TECHNICKÝ STAV KONSTRUKCÍ..... | 18 |
| 2.4.1 Základové konstrukce | 18 |
| 2.4.2 Svislé konstrukce | 19 |
| 2.4.3 Vodorovné konstrukce..... | 22 |
| 2.4.4 Střešní konstrukce | 23 |
| 2.4.5 Okenní a dveřní konstrukce | 25 |
| 2.4.6 Schodiště | 27 |
| 2.4.7 Venkovní terasa | 29 |
| 2.5 STÁVAJÍCÍ TECHNICKÉ ZAŘÍZENÍ BUDOVY..... | 31 |
| 2.6 LABORATORNÍ MĚŘENÍ A ZKOUŠKY..... | 31 |
| 2.6.1 Odběr vzorků | 31 |
| 2.6.2 Vlhkostní analýza stavebního materiálu..... | 32 |
| 2.6.3 Kvantitativní stanovení obsahu solí..... | 34 |
| 2.6.4 Mikrobiologický rozbor plísní | 37 |
| 2.6.5 Zhodnocení výsledků | 39 |
| 2.7 TERMOVIZNÍ MĚŘENÍ..... | 39 |
| 2.7.1 Průběh měření | 40 |
| 2.7.2 Výsledky měření | 41 |
| 3 ENERGETICKÉ POSOUZENÍ STÁVAJÍCÍHO OBJEKTU | 45 |
| 3.1 VSTUPNÍ PARAMETRY | 46 |
| 3.2 OBÁLKA BUDOVY | 47 |
| 3.3 VYHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU ENB | 48 |
| 4 NÁVRH SANAČNÍCH OPATŘENÍ..... | 51 |
| 4.1 VNITŘNÍ STAVEBNÍ ÚPRAVY | 51 |
| 4.1.1 Sanace biologických projevů a zasolení zdiva suterénu | 51 |
| 4.1.2 Sanace podlah..... | 53 |
| 4.2 ZATEPLENÍ OBJEKTU..... | 54 |
| 4.2.1 Varianty obálky budovy | 55 |
| 4.2.2 Zateplení obvodových stěn..... | 56 |
| 4.2.3 Zateplení střechy | 59 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 4.3 | SANAČNÍ PRÁCE SPOJENÉ SE ZATEPLENÍM OBJEKTU | 61 |
| 4.3.1 | Výplňové konstrukce | 62 |
| 4.3.2 | Venkovní schodiště | 63 |
| 4.3.3 | Venkovní terasa | 64 |
| 4.4 | ZHODNOCENÍ TEPELNÝCH MOSTŮ KLÍČOVÝCH DETAILŮ | 65 |
| 4.4.1 | Styk stropní konstrukce s obvodovou stěnou | 66 |
| 4.4.2 | Atika | 66 |
| 4.4.3 | Sokl | 67 |
| 4.4.4 | Okenní konstrukce | 69 |
| 4.4.5 | Přirážka na vliv tepelných vazeb | 69 |
| 5 | NÁVRH TZB SYSTÉMU | 71 |
| 5.1 | VYTÁPĚNÍ..... | 71 |
| 5.1.1 | Varianta 1: Teplovodní vytápění | 71 |
| 5.1.2 | Varianta 2: Teplovzdušné vytápění | 71 |
| 5.1.3 | Varianta 3: Teplovodního vytápění s větrací jednotkou | 72 |
| 5.2 | MOŽNOST VYUŽITÍ OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ | 73 |
| 5.2.1 | Energie prostředí využívaná tepelným čerpadlem | 73 |
| 5.2.2 | Solární kolektory | 74 |
| 5.3 | NOVĚ NAVRŽENÝ SYSTÉM TZB..... | 74 |
| 6 | ENERGETICKÉ POSOUZENÍ NAVRŽENÉHO STAVU..... | 76 |
| 6.1 | VSTUPNÍ PARAMETRY | 76 |
| 6.2 | VYHODNOCENÍ NAVRŽENÉHO STAVU ENB..... | 76 |
| | ZÁVĚR | 78 |
| | SEZNAM PŘÍLOH V SAMOSTATNÝCH DESKÁCH | 79 |
| | Příloha 1: Výkresová dokumentace stávajícího stavu..... | 79 |
| | Příloha 2: Výkresová dokumentace poruch | 79 |
| | Příloha 3: Protokoly ze softwaru Energie | 79 |
| | Příloha 4: Protokoly ze softwaru Teplo | 79 |
| | Příloha 5: Detaily – posouzené softwarem Area | 79 |
| | Příloha 6: Návrh TZB systému – vytápění..... | 79 |
| | Příloha 7: Detaily – stávající stav | 79 |
| | Příloha 8: Detaily – navržený stav | 79 |
| | Příloha 9: Výkresová dokumentace navrženého stavu | 80 |
| | SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK | 81 |
| | SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ | 82 |
| | SEZNAM POUŽITÝCH PROGRAMŮ..... | 84 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ..... | 84 |
| | SEZNAM TABULEK | 87 |
| | SEZNAM GRAFŮ | 87 |

ÚVOD

Předmětem diplomové práce je vila v Hradci Králové, na které se již projevuje zub času. Cílem je provést zjednodušený stavebně technický průzkum objektu, odhalit vady či poruchy jednotlivých konstrukcí a rámcově navrhnout nezbytná sanační opatření. Dále se zaměřit na energetickou náročnost objektu, hodnocení současného stavu vily a návrh vhodných opatření z hlediska skladeb konstrukcí, energetických zdrojů a nakládání s energiemi.

V úvodu práce jsou uvedeny základní informace o řešeném objektu. Je zde popsána historie stavby, zejména proces výstavby a události důležité pro budoucí návrh sanačních opatření.

Dále je popsán stávající stav objektu. Stavebně technický průzkum zahrnuje porovnání poskytnuté dokumentace se současným stavem, zjištění orientačních základových poměrů objektu a popis konstrukčního a materiálového řešení. Jednotlivé konstrukce a technická zařízení jsou popsány z hlediska jejich současného technického stavu, skladby, případně složení. U poškozených konstrukcí je provedena analýza možných příčin vzniku jejich poruch či vad. Analýza probíhala na základě dostupných informací, smyslové metody, laboratorního měření vlhkosti materiálu a zkoušek na stanovení obsahu vodorozpustných solí v konstrukci a termovizního snímkování. Současný stav je také zhodnocen dle průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy a hospodaření s energiemi z hlediska vytápění, ohřevu vody a běžné spotřeby elektřiny.

Na základě zjištěných skutečností jsou navrženy sanační opatření. Zaměřují se hlavně na zlepšení tepelně izolačních vlastností obálky domu. Uvnitř stavby jsou řešeny biologické projevy, zasolení zdiva a sanace podlah. Další opatření jsou vesměs spjatá se zateplením objektu. V práci je kladen důraz na provedení zateplení klíčových detailů. Zateplení objektu s sebou přináší nové možnosti využití alternativních zdrojů tepla či instalace nuceného větrání s rekuperací. Jsou vyhotoveny koncepční varianty systému vytápění a větrání. Pro zvýšení energetické nezávislosti objektu je zvažována možnost využití obnovitelných zdrojů energie.

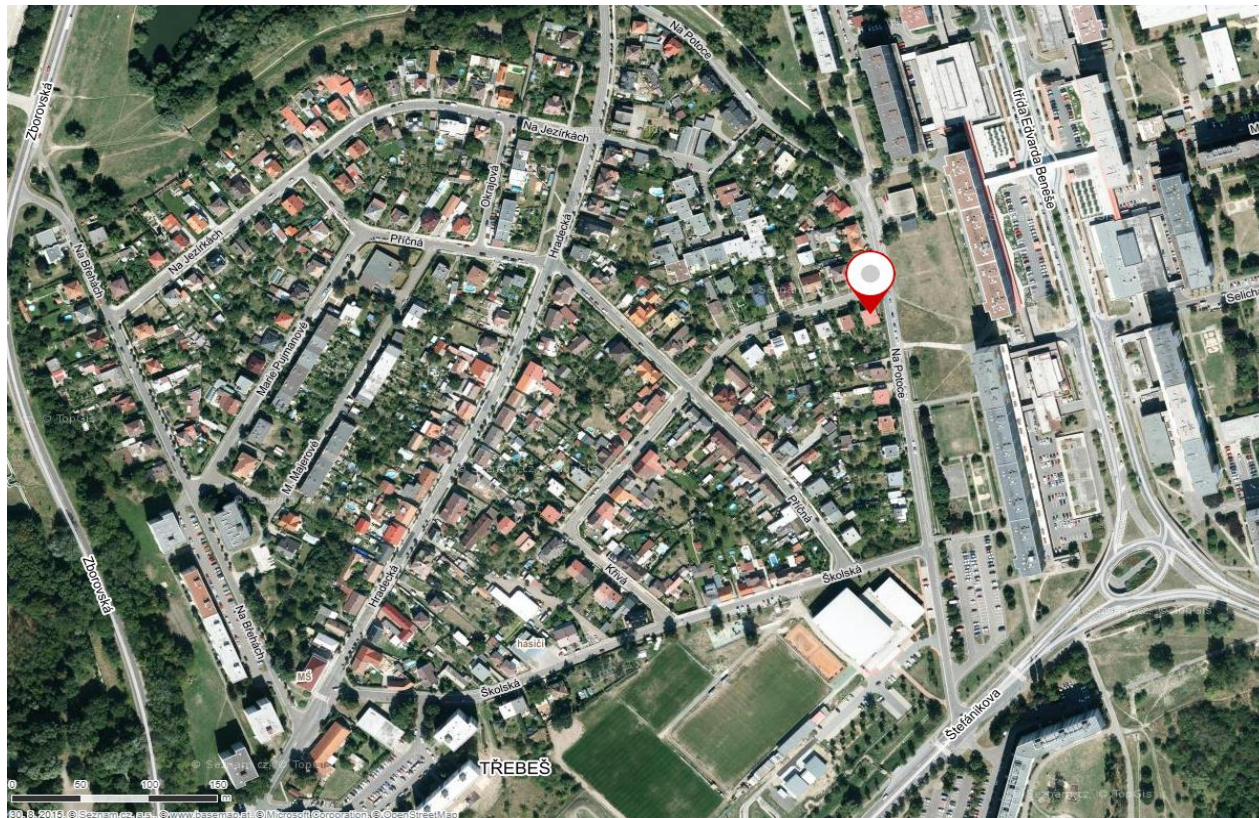
Na závěr je objekt energeticky zhodnocen s nově navrženými opatřeními. Výsledky práce mohou posloužit majitelce domu jako podklad k realizaci budoucích stavebních a technologických úprav vily.

1 INFORMACE O OBJEKTU

1.1 UMÍSTĚNÍ OBJEKTU

Budova rodinné vily se nachází ve východních Čechách, ve statutárním městě Hradec Králové. Je součástí obytné čtvrti Třebeš, která je tvořena rodinnými či nízkými bytovými domy. Avšak budova je situována na jejím úplném okraji. Přímo sousedí s čtvrtí Moravské předměstí – sever, která je známá svou vysokou zástavbou v klasickém panelovém stylu 50. až 90. let 20. století. Čtvrtě od sebe odděluje ulice Na Potoce.

Dům se nachází na adrese: Na Potoce 527/18, Třebeš, 500 11 Hradec Králové. Objekt leží na parcele číslo st. 1402 v katastrálním území Třebeš [647047]. Ke stavební parcele přiléhá rozlehlá zahrada s parcelačním číslem 67/27, která je součástí zemědělského půdního fondu. Parcela pozemku je spíše rovinného charakteru v nadmořské výšce 229,6 m n. m. Objekt je umístěn na severní části pozemku, kde je vjezd do objektu z ulice Křivá. Vstup do domu je z východní strany z ulice Na Potoce. Na západní i jižní straně sousedí s dalšími rodinnými domy. Pozemek je obehnan plotem. [1] [2]



Obr. 1 Umístění rodinné vily [2]

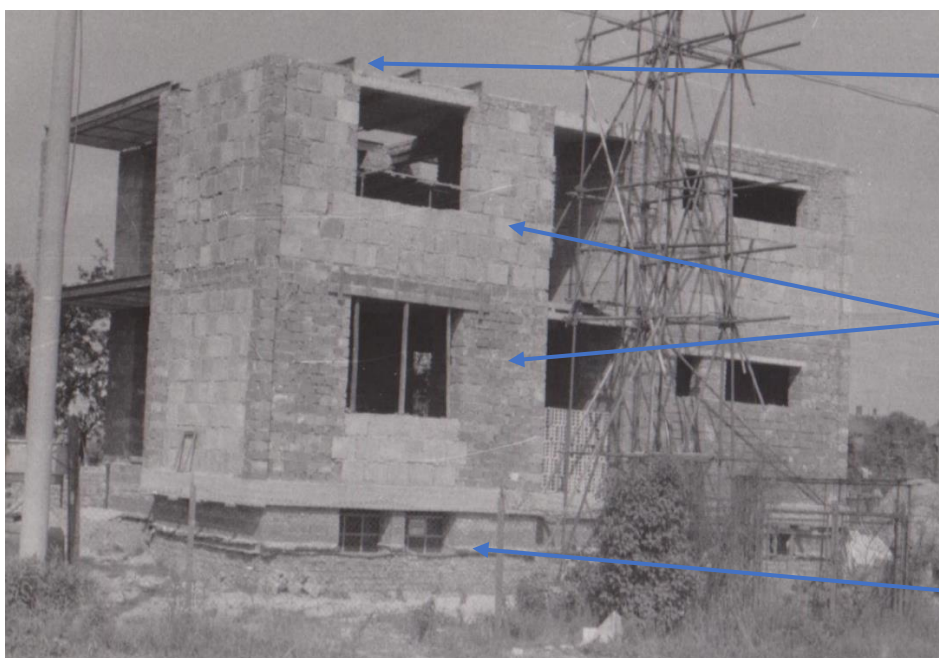
komunistického režimu, což ovlivnilo její celkový koncept, a hlavně volbu materiálů. Na výstavbě se podílela celá rodina majitelky a známí znalí stavebního řemesla.

Konstrukčního materiálu bylo před „Sametovou revolucí“ málo a stavba vznikala za použití všeho, co bylo v této době k dostání. Jako konstrukční materiál obvodových stěn byla zvolena děrovaná cihla. Ta však nestačila a obvodové konstrukce byly doplněny o tvárnice z plynosilikátu. Terasa a její základy byly vyžděny z cihel plných, které již dříve byly použity na jiné stavbě. Vodorovné nosné konstrukce v objektu zkonstruovali jako systém z ocelových profilů typu I a dutých „Hurdisek“, které byly zasypány škvárou a zabetonovány. Stejný násyp byl použit nejen ve stropních konstrukcích, ale i do základů a na vyspádování střechy. Škvára neboli struska je materiál, který vzniká při průmyslových procesech za vysoké teploty, např. při spalování uhlí či různých odpadů [3]. Dříve byla používána jako levná a snadno dostupná tepelná izolace.

Při dokončení hrubé stavby se mělo začít s realizací kanalizačního potrubí. Zjistilo se však, že výška kanalizační přípojky, s kterou bylo počítáno, byla vyšší. Jako řešení této situace bylo zvoleno zasypání stávající podlahy suterénu škvárou, vybetonování „nové základové“ desky, znovu potažení hydroizolací a vytvoření nášlapné vrstvy. Tímto se světlá výška suterénu výrazně snížila. Kanalizace s sebou přinesla další komplikace. Při silných letních deštích byla vila deset let po svém vzniku vytopena. K vytopení došlo vícekrát během krátké doby, a to nejen dešťovou vodou, ale také vodou splaškovou. Kontaminovaná voda sahala v suterénu až do výšky 30 cm. Po těchto zkušenostech byla na kanalizační přípojce zřízena zpětná klapka. Od té doby nedochází k vniknutí vody do suterénu.

Vytápění bylo v objektu původně řešeno bivalentně kotlem na tuhá paliva a plynovým kotlem. V roce 2008 byly oba kotle vyměněny za jeden plynový kondenzační kotel.

Architekturu konce 20. století podtrhly tlusté škrábané cementové omítky „břízolit“, glazovaný kabřínek chránící sokl a instalace copilitů jako osvětlovacích otvorů schodiště. Jižní fasáda měla být navíc dle původních plánů doplněna o dekorativní plastiku, ta však nebyla nikdy realizována.

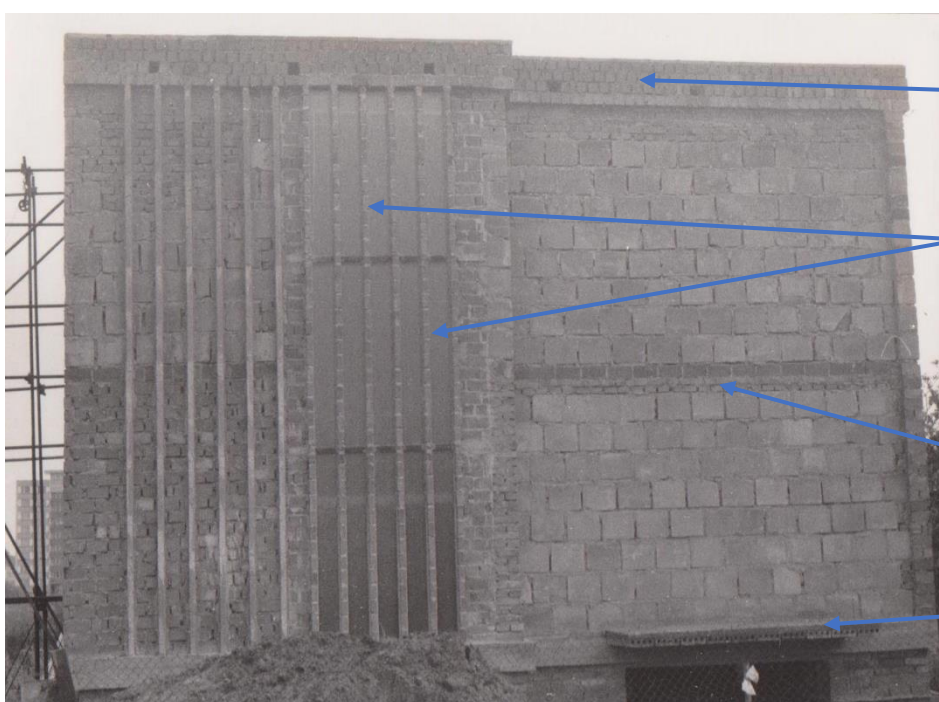


Ocelové nosníky
profilu I

Použití různých
druhů zdicích
prvků: cihly
děrované, cihly
plné a tvárnice
z plynosilikátu

Ukončení
hydroizolace
základů objektu

Obr. 3 Fotografie z výstavby, pohled na východní fasádu [4]



Zděná atika
s větracími otvory

Zděné sloupky
mezi copility

Věnc stavby
vybetonovaný ve
ztraceném bednění
z cihel

Stříška z PZD desek

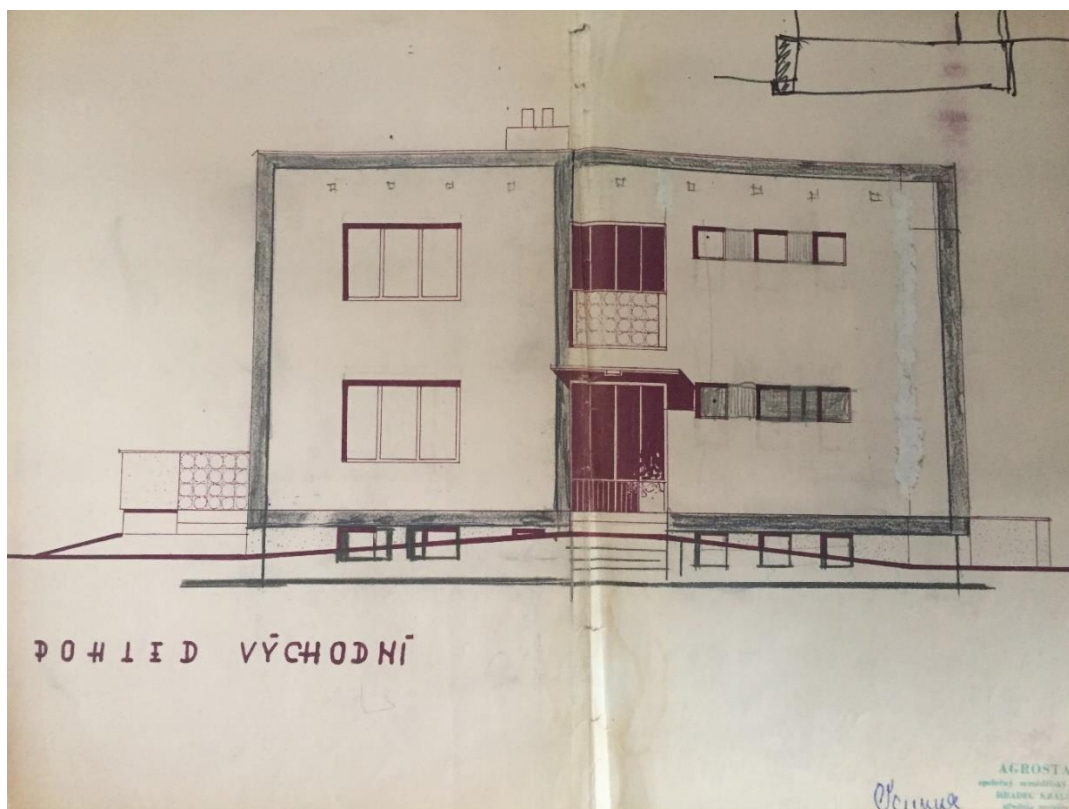
Obr. 4 Fotografie hrubé stavby, pohled na severní fasádu [4]

2 STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM

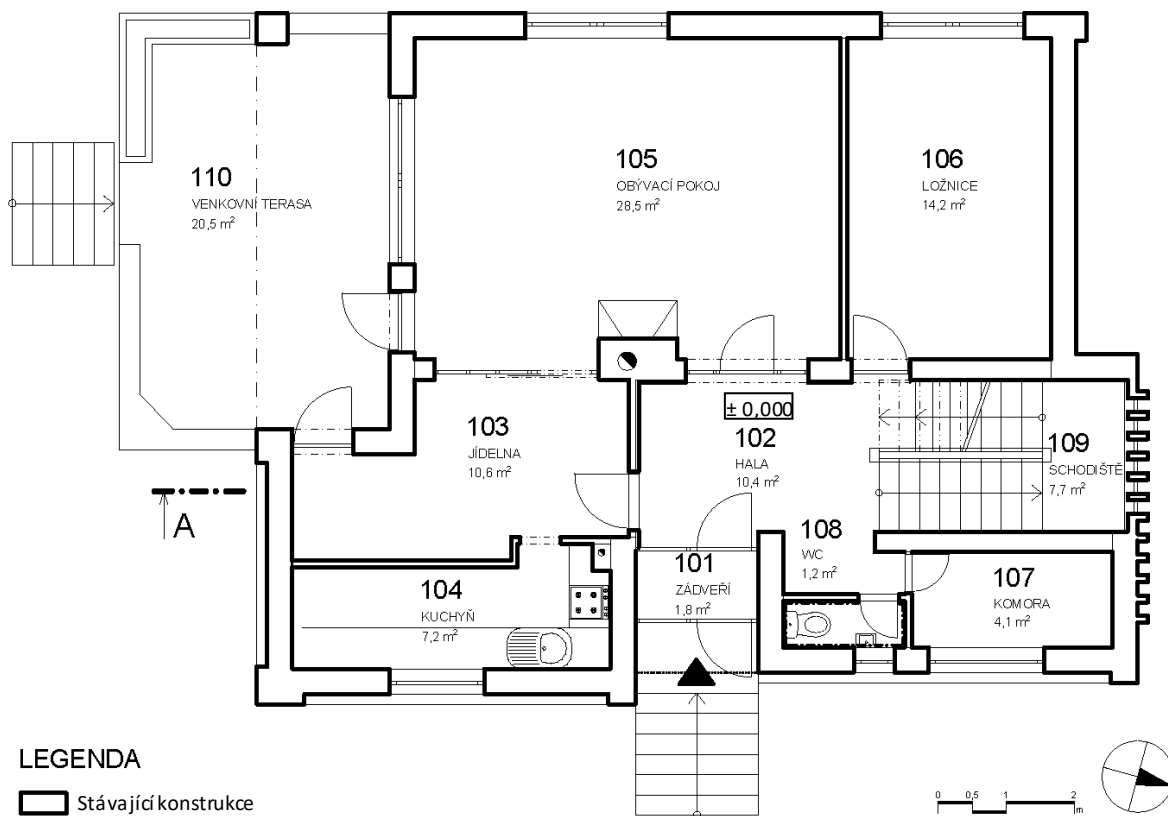
Stavební objekt je posuzován na základě několika místních šetření, zkušeností majitelky domu, původní projektové dokumentace a několika dobových fotografií. Prohlídky byly provedeny v rámci celého objektu. Cílem je ověření věrohodnosti poskytnuté dokumentace, zachycení stávajícího technického stavu jednotlivých konstrukcí, vytvoření fotodokumentace a analýza odhalených vad či poruch.

2.1 VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

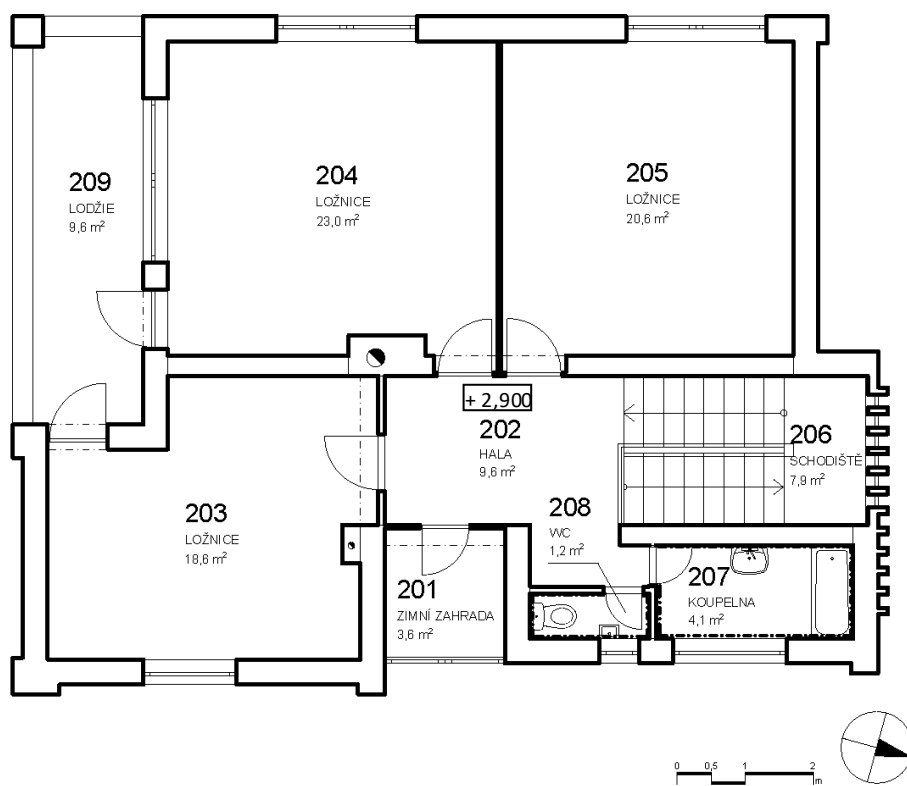
Projektová dokumentace z roku 1977 je na úrovni studie v papírové formě. Byla poskytnuta archivem stavebního odboru města Hradec Králové i majitelkou objektu. Na výkresech, které měla k dispozici majitelka, jsou patrné pozdější klientské změny jak v dispozicích, tak na fasádě budovy. Rozměry půdorysu i umístění objektu na pozemek se shodují se stávajícím stavem. Zaměřeny byly okenní otvory, které se většinou od dokumentace lišily. Pro potřeby diplomové práce byla dokumentace autorkou práce převedena pomocí kreslicího softwaru do digitální podoby. Výkresy stávajícího stavu jsou v Příloze 1.



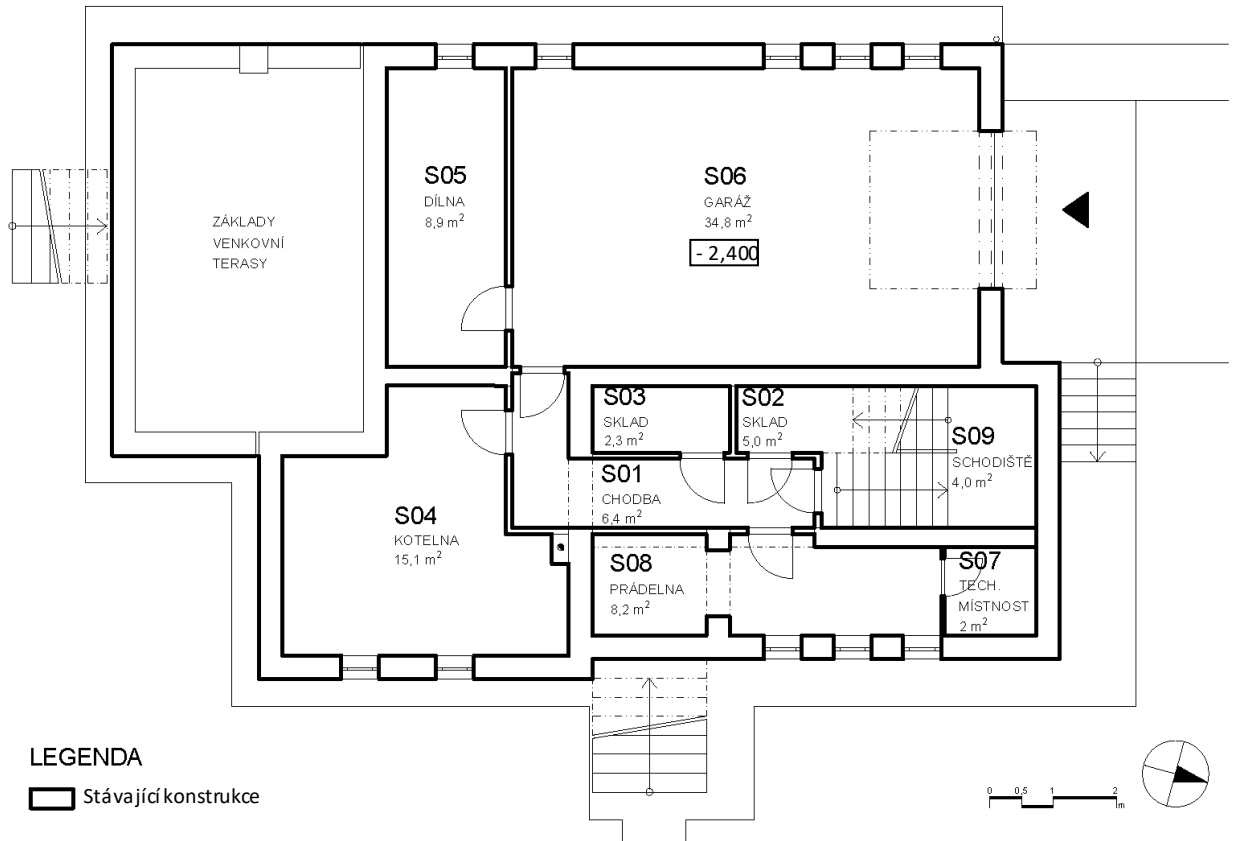
Obr. 5 Původní výkres východního pohledu se zakreslenou změnou [5]



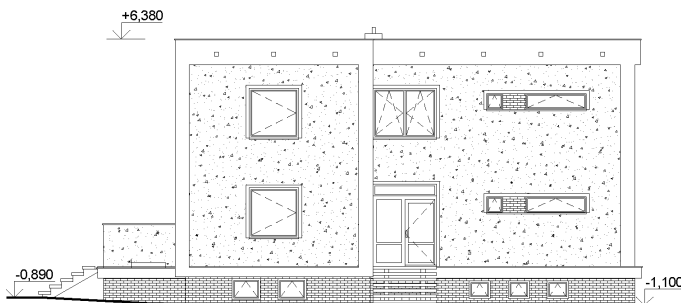
Obr. 6 Schéma půdorysu vstupního podlaží (1. NP)



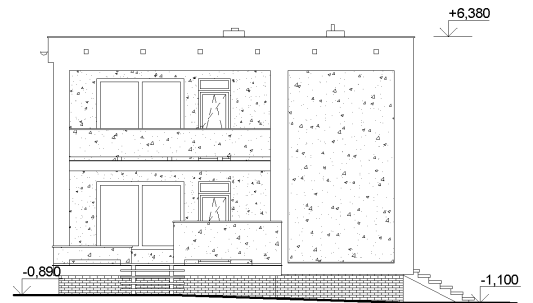
Obr. 7 Schéma půdorysu 2. NP



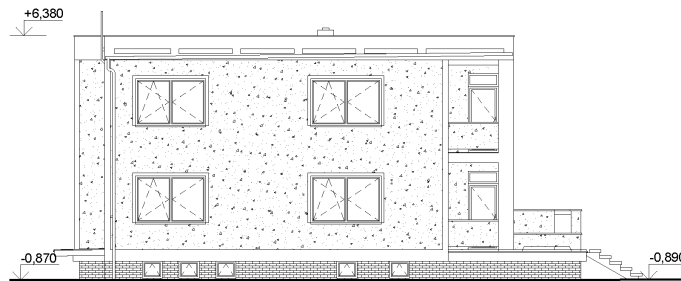
Obr. 8 Schéma půdorysu zapuštěného podlaží (1. PP)



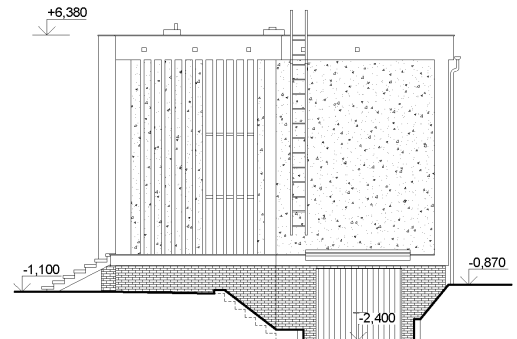
Obr. 9 Pohled východní



Obr. 10 Pohled jižní



Obr. 11 Pohled západní



Obr. 12 Pohled severní

2.2 GEOLOGICKÉ POMĚRY

Informace o geologických poměrech poskytla na vyžádání Česká geologická služba. Vybrány byly tři nejbližší vrtné sondy. Vrt V-5 je umístěn asi 25 metrů východně od objektu. Vrt V-4 a W-38 je umístěn 32 metrů jižně. Svislé vrty jsou navrtány do hloubky 6 metrů. Podloží je tvořeno převážně hrubozrnnými písky a tuhými hlínami. Dům je založen zhruba 2,2 metrů pod přilehlým terénem, což odpovídá hloubkovému intervalu s hrubozrnnými písky. Štěrk a písky s obsahem hlinitých příměsí patří mezi nesoudržné zeminy. Pokud jsou tyto zeminy ulehlé, mají dobré vlastnosti pro zakládání. Jsou únosné, málo stlačitelné, propustné a nenamrzavé. Zemina je ve vrchních vrstvách vrtu vytvořena antropogenní činností – navážkou. [6] [7]

| Hloubkový interval [m] | Zemina | Stratigrafie |
|------------------------|--|--------------|
| 0,00-0,30 | navážka písčítá, hlinitá | Kvartér |
| 0,30-1,10 | navážka písčítá, hlinitá | |
| 1,10-1,60 | písek hlinitý, středozrnný, rezavohnědý | |
| 1,60-1,80 | hlína tuhá, jílovitá, rezavohnědošedá | |
| 1,80-2,60 | písek hrubozrnný, tmavě šedohnědý | |
| 2,60-3,20 | písek hrubozrnný, hlinitý, tmavě šedý | |
| 3,20-4,00 | štěrk polymiktní, zastoupení horniny 70 %, max. velikost částic 2 dm | |
| 4,00-4,50 | slínovec zvětralý, rozpukaný, šedý | Křída |
| 4,50-6,00 | slínovec navětralý, nedokonale zpevněný | |

Tab. 1 Geologický profil nejbližšího vrtu V-5 [6]

Hladina podzemní vody je u nejbližšího vrtu ustálena v hloubce cca 1,4 m [6]. Pokud byla hladina vody při zakládání řešeného objektu stejná nebo vyšší, nastaly komplikace související s odčerpáváním vody. Hydroizolační obálka tak musela být provedena v co nejvyšší možné kvalitě.

2.3 KONSTRUKČNÍ SYSTÉM A MATERIÁLOVÉ ŘEŠENÍ OBJEKTU

Konstrukční systém je stěnový z obvodových nosných stěn a nosných stěn vnitřních. Nosné svislé konstrukce na sebe navazují ve všech podlažích. Hlavním konstrukčním materiálem stěn jsou děrované a plné pálené cihly, doplněné plynosilikátovými tvárnicemi. Nosné vodorovné konstrukce jsou tvořeny keramickými dutými tvarovkami Hurdis a ocelovými nosníky profilu I s rozpony do 5 m. Budova je dle dostupných informací založená jako černá vana.

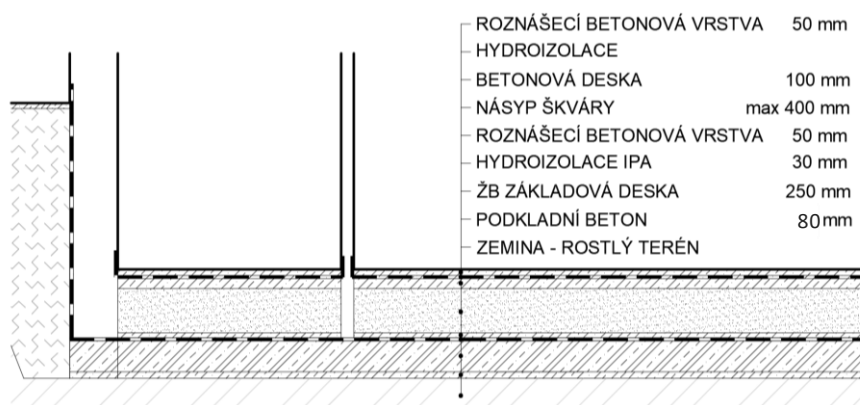
2.4 TECHNICKÝ STAV KONSTRUKCÍ

V této kapitole je popsán současný stav jednotlivých konstrukcí, skladby či složení, případně jejich vady a poruchy. Popis byl vyhotoven na základě smyslové metody. Znázornění všech poruch konstrukcí je zakresleno ve výkresové části viz Příloha 2.

2.4.1 Základové konstrukce

Projektová dokumentace neobsahovala výkres základových konstrukcí. Pouze na výkresu řezu studie jsou znázorněny pod nosnými stěnami základové pasy. Podle majitelky objektu však základ takto realizován nebyl. Dům je tedy založen jako černá vana se základovou deskou z betonu a suterénními stěnami z děrovaných cihel tloušťky 350 mm. Na zemině byla vybetonována podkladní deska z prostého betonu tloušťky cca 80 mm. Další vrstvou byla železobetonová deska odhadované tloušťky 250 mm, která byla potažena asfaltovými hydroizolačními pásy. Pásy byly vedeny pod nosnými stěnami a byly vytaženy na vnější povrch suterénních stěn, které jsou v kontaktu se zeminou. Na hydroizolaci se vytvořilo podlahové souvrství tvořené vrstvou betonu o mocnosti zhruba 50 mm.

Po dokončení hrubé stavby, před začátkem realizace vnitřního kanalizačního potrubí, byla zjištěna špatně zaměřená výška kanalizační přípojky. Její vyústění bylo příliš vysoko a nebylo možné zajistit dostatečný spád do kanalizačního řádu. Jako východisko z této situace se již vytvořená podlaha v suterénu zasypla cca 400 mm škváry. Na tu byla vybetonována deska z prostého betonu odhadované tloušťky 100 mm. Deska byla potažena hydroizolační lepenkou, která byla ukončena vytažením na obvodové stěny místností 100 mm nad úroveň nově vybetonované desky. Na lepenku byla vytvořena litá podlaha z betonu tloušťky maximálně 50 mm. Touto úpravou se snížila světlá výška suterénu na 2100 mm. Přibližný stav základů by bylo možné zjistit například kopanou sondou.



Obr. 13 Schéma pravděpodobného založení objektu

2.4.2 Svislé konstrukce

Stěny jsou zděné převážně z děrovaných keramických tvarovek, plynosilikátů a plných pálených cihel. Tloušťka nosného obvodového zdiva se pohybuje okolo 350 mm. Různá mocnost zdí je způsobena různou tloušťkou vyrovnávacích cementových omítek, jejichž tloušťka je v rozpětí od 10 mm až do 50 mm. Obvodové stěny nejsou zateplené. Vnitřní nosné zdi jsou široké 300 mm. Vnitřní dělicí konstrukce jsou tloušťky 100 mm. V objektu jsou dva komínové průduchy z cihel plných pálených vedoucí na střechu objektu. Obvodové stěny bez oken na severní a jižní straně byly vyzděny především z plynosilikátových tvárnic, které měly menší tloušťku cca 350 mm. Plynosilikát byl také využit na vyzdívkou pod okny v obytných místnostech, kuchyni a v zimní zahradě.

Vnější úprava fasád je v soklové části po celém obvodu řešena obkladem glazurovaného hnědého kabřince. Dlaždičky sahají do výšky 500 až 800 mm nad přilehlým terénem. Výjimkou je severní fasáda s vjezdem do garáže, kde je celá tato suterénní stěna včetně soklové části obložena kabřincem. Dalo by se říci, že kabřinec odráží vnitřní funkci v dispozici objektu – technický nevytápěný suterén. Zbylé plochy fasády jsou omítnuty dekorativní tvrdou cementovou omítkou – břízolitem [8]. Fasáda je rozčleněna dvěma způsoby. První je pomocí různé hrubosti omítky, kdy jsou hrany stěn a otvory ohraničené pruhem hladké omítky, a zbytek je vyplněn škrábanou omítkou s obsahem vyšší frakce kameniva. Druhý způsob členění je architektonickými prvky hlavně na jižní a východní fasádě, kde je orámování hladkou omítkou vystouplé 150 mm nad škrábanou fasádu. Severní fasáda je dekorována úzkými hladce omítnutými výčnělky přes celou výšku orámování. Prostor mezi výčnělky je opět vyplněn škrábanou hrubou omítkou. V místě vnitřního schodiště omítku nahrazují původní průsvitná zasklení copility.

V objektu se na svislých konstrukcích nevyskytují výraznější trhliny. V severní části byla objevena trhlina v interiéru na schodišťovém prostoru druhého nadzemního podlaží na styku obvodové stěny a stěny s copility. Skoro u stropu se větví na pokračující svislou a šikmou trhlinu. Domnívám se, že nejde o statickou závadu, která by procházela celou hloubkou konstrukce, ale projevuje se jen rozpukanou omítkou na rozhraní dvou konstrukcí.

Dalšími staticky nevýznamnými trhlinami, jsou trhliny, které prochází kabřincovým obkladem soklu. Dle mé úvahy nejsou tyto trhliny taktéž staticky závadné. Jedná se o část konstrukce, která je výrazně namáhána venkovním prostředím. Změny teploty a vlhkosti vedly k porušení cementové malty, kterou byly obkladačky lepeny a ty následně opadávají. Podobné

trhliny můžeme vidět u venkovní terasy, vjezdu do garáže a u obložení pažících stěn ohraničující vjezd do garáže.

Jako větší poruchu vnímám stav omítek v interiéru 1. PP. Omítky jsou místy až do půl metru od podlahy opadané. Vykazují zvýšenou vlhkost, místy bílé výkvěty solí a přítomnost plísní. Vzduch je cítit po vlhkosti a hnilobě. Tato část konstrukce byla vybrána k laboratorním zkouškám, pro návrh vhodného sanačního opatření.

Plísně se objevují i ve vytápěné části domu, a to zejména u schodišťové haly na stěně s copility, kde je výskyt nejmasivnější. Dále menší kolonie byly objeveny v ložnicích v druhém nadzemním podlaží. Většinou na styku dvou konstrukcí – stěna-stěna, stěna-střecha. Plísně byly, z důvodu zhodnocení kvality vnitřního prostředí a vlivu na zdraví uživatele, ze schodiště odebrány a kultivovány v laboratorních podmínkách. Poté budou navržena řádná nápravná opatření k jejich zneškodnění a zabránění dalšímu výskytu.



Obr. 14 Větvená trhlina mezi stykem dvou konstrukcí



Obr. 15 Poškozené zdivo s obkladem u vjezdu do garáže a jeho dočasná oprava PUR pěnou



Obr. 16 Detail trhliny v kabřincovém obkladu v místě styku parapetu suterénního okna a okapového chodníku



Obr. 17 Stav degradovaných omítek v chodbě 1. PP



Obr. 18 Detail opadané vrchní části omítky a počínající plísně



Obr. 19 Plesnivějící stěna na mezipodestě suterénního schodiště



Obr. 20 Detail masivního výskytu plísní rozlézající se až k podestě 1. NP

2.4.3 Vodorovné konstrukce

Nosné stropní konstrukce jsou tvořeny dutými stropními keramickými tvarovkami Hurdis a ocelovými nosníky profilu I. Jejich rozpony nepřesahují délky 5 m. Stropy jsou pnuty ve všech podlažích stejným směrem. Tvarovky mají tloušťku 80 mm, ocelový nosník je pravděpodobně vysoký 180 mm. Hurdis tvarovky jsou zasypány 100 mm škváry. Před zasypáním škvárou je vytvořena na keramických tvarovkách tenká vrstva vápenocementového potěru. Na zásyp je pak nabetonována roznášecí deska tloušťky 60 mm. Omítka stropu je tvrdá vápenocementová tloušťky okolo 30 mm. Podlahové souvrství většinou není nijak zvlášť řešeno. Nášlapná vrstva je realizována přímo na betonovou desku. V domě jsou použity nášlapné vrstvy jako PVC s lokálními koberci, celoplošně pokládaný koberec nebo keramická dlažba. Na chodbě v 2. NP je dřevěný kazetový podhled, který nevykazuje žádné poruchy, průhyb či napadení dřevokaznými škůdci.

Na stropních konstrukcích jsem nezaznamenala žádné trhliny či větší poškození. V rozích, na styku více konstrukcí, jsou výskyty plísní. Zejména je tento jev viděn u obvodových konstrukcí.



Obr. 21 Dřevěný kazetový pohled ve 2. NP



Obr. 22 Výskyt plísně na styku stropní konstrukce a obvodové stěny

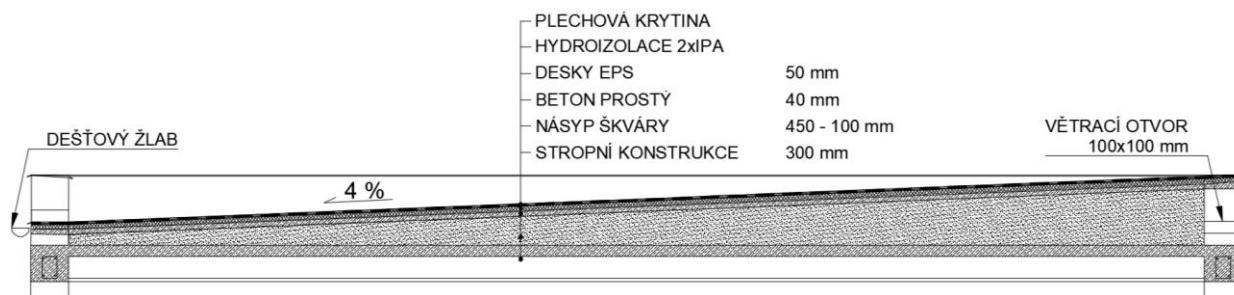
2.4.4 Střešní konstrukce

Střešní konstrukce je řešena jako jednoplášťová plochá střecha. Skládá se z nosné konstrukce z ocelových nosníků a dutých tvarovek Hurdis, které jsou zasypány škvárou a zality vrstvou betonu stejně jako u konstrukce stropů. Na beton je nasypána opět škvára o tloušťce 100-450 mm. Škvára tvoří spád ploché střechy. Dle informací jsou na škváru pokládány EPS desky odhadované tloušťky maximálně 60 mm. Následně je položena slabá vrstva nevyztuženého betonu cca 30 mm, která je zakryta dvěma vrstvami hydroizolační asfaltové lepenky IPA. Hydroizolace je chráněna oplechováním střechy, atiky a všech otvorů na střeše. Spád střechy cca 4 % od východní k západní fasádě. Na západní straně je vytvořen průřez atikou a pod ním umístěn vyspádovaný žlab (spád cca 1%) s jedním svodem u garáže. V atice jsou větrací otvory 100x100 mm.

Z poskytnutých podkladů není jasné, jak v jednoplášťové střeše fungují větrací otvory. Vodní páry prostupující z interiéru střešní konstrukcí by měly proniknout celou konstrukcí bezproblémově až do exteriéru, aniž by přitom došlo ke kondenzaci vodních par. Problém v této skladbě však může nastat v zimních měsících, kdy ke kondenzaci vodních par dochází. Vrstva sypané škváry měla značnou akumulační schopnost, tudíž byla schopna kondenzát do určité míry

zadržet. V minulosti bylo pro odvod vodních par z konstrukce využito dutinových pálených cihel. Ty byly uloženy do sypkého materiálu – v našem případě škváry – tak, aby na sebe dutiny navazovaly. Obvykle procházely řady cihel celou šířkou střechy a bývaly napojeny na větrací otvory v atice. V průběhu roku se pak kondenzát postupně odpařoval. Především v letních měsících docházelo k největšímu odparu a vodní pára z konstrukce difundovala. Dle předpokladu, kanálky z dutinových cihel přispívaly především k vyrovnávání tlaků vodních par ve skladbě střechy vůči exteriéru v přechodných ročních obdobích. Účinné větrání střechy však nezajišťovaly. To, zda ve střeše byly skutečně použity dutinové cihly, je jen domněnka. Musela by být provedena sonda skladbou střešní konstrukce. [9]

Střešní plechová krytina byla zničena při silném dešti a větru z východu v roce 2000. Celá východní část plechu se vytrhla z atiky a ohnula. Po zimě bývá problém s hromaděním sněhu v jihozápadním rohu. Sníh taje a sákně do spodních vrstev střechy až do interiéru ložnice ve 2. NP. Hydroizolace byla lokálně rekonstruována v roce 2014. Plechová krytina se zdá být, až na oloupaný nátěr, v pořádku. Na starším komínovém výdechu jsou četné trhliny a popraskání. Je zde patrná snaha o jejich částečnou opravu zatmelením. Stejně tak jako praskliny a odrolené rohy atiky na východní fasádě. Na jižní fasádě se objevila diagonální trhlina vedená od rohu dekorativního rámu. Prasklina mohla taktéž vzniknout při poškození plechové krytiny větrem.



Obr. 23 Uvažovaná skladba střešní konstrukce; Povrch ploché střechy vyspádovaný k západní fasádě



Obr. 24 Popraskaná atika na východní fasádě



Obr. 25 Detail šikmé trhliny na atice

2.4.5 Okenní a dveřní konstrukce

Okenní konstrukce jsou ve vile trojího typu. Okna v hygienických prostorech a v suterénu budovy jsou původní dřevěná okna s dvojskly s bílou průsvitnou látkou mezi skly. V obytných místnostech, kuchyni a zimní zahradě jsou plastová izolační dvojskla vyměněná v roce 2011. Venkovní barevná úprava je tmavě hnědý dekor dřeva, zevnitř jsou okenní konstrukce bílé. Poslední typ okenních konstrukcí prosvětluje schodišťovou halu po celé výšce. Tvoří ji pásy zasklení z profilového skla copility, které doplňují architektonické ztvárnění severní fasády. Dva proti sobě orientované skleněné pásy profilu U jsou upevněny v maltovém loži ke zděným sloupkům tloušťky 100 mm. Skla jsou široká cca 6 mm. Šířka profilu je 200 mm, hloubku mezi U profily odhadují okolo 50 mm.

Vchodové a balkonové dveře byly měněny společně s plastovými okny v roce 2011 za plastové s částečným zasklením dvojskly. Další dveřní konstrukcí oddělující exteriér od interiéru jsou vrata do garáže. Vrata jsou původní výklopná z profilovaného plechu. V interiéru nalezneme dveře do obývacího pokoje prosklené posuvné jednokřídlé a prosklené otočné jednokřídlé. Ostatní dveře jsou klasické otočné buď celodřevěné, nebo dřevěné se zasklením. Šířka dveří je obvykle 800 mm. Do skladů a hygienických zařízení jsou dveře menší 700 a 600 mm. Dveře v 1. PP do garáže a do dílny jsou plechové.

Nad otvory jsou většinou překlady monolitické železobetonové. Větší otvory mají jako překlad ocelové nosníky profilu I.

Nejvíce porušenou okenní konstrukcí je bezesporu původní zasklení copility. Tabulky profilového skla jsou z vnitřní strany na více místech popraskané a nemají dobré tepelné technické vlastnosti. Na stěnách a sloupcích, ke kterým jsou copility připevněny, jsou vidět mapy po zkondenzované vodě. V zimě v období topné sezóny totiž dochází k silné kondenzaci vlhkosti na vnitřním povrchu zasklení. To je také příčina hojně se vyskytujících plísní na omítkách přilehlých zděných konstrukcích.

Plísně jsou také problémem v zimní zahradě. Místnost měla být původně venkovní lodžii. Byla však zazděna plynosilikátovými tvárnicemi tloušťky 300 mm a prosvětlena oknem přes celou šířku místnosti. Překlad nad oknem je pravděpodobně z monolitického železobetonu. Vnitřní strana překladu byla neodborně zateplena nalepením 20 mm polystyrenu. Izolace nebyla dotažena až k oknu. Na nadpraží okna jsou tak jasně zřetelné masivní kolonie plísní.

U většiny plastových oken se vyskytují praskliny po celém obvodu okna v místě připojovací spáry. Jedná se spíše o estetické problémy či méně závažné závady, které ovlivňují funkci výplně. Největší praskliny pak vznikají u styku parapetu okna a ostění, kde pak dochází k výraznému proudění vzduchu. Při realizaci oken nebylo zajisté použito těsnících okenních pásků. Jejich hlavní funkcí je zabránit průniku vzdušné vlhkosti z interiéru do funkční spáry. Dlouhodobé působení vlhkosti totiž působí destruktivně na tepelně izolační výplň připojovací spáry. Může dojít ke ztrátě funkčnosti tepelného izolantu, a tím vzniku tepelného mostu s projevy plísně v místnosti.



Obr. 26 Prasklé tabulky profilového skla na schodišti



Obr. 27 Detail plísně tvořící se na ostění



Obr. 28 Praskliny u parapetu plastového okna v ložnici v 1. NP



Obr. 29 Zplesnivělé nadpraží plastového okna a vnitřní zateplení v zimní zahradě

2.4.6 Schodiště

Vstup do domu není na úrovni přilehlého terénu k budově, proto byla exteriérová schodiště nutnou součástí návrhu. Venkovní schodiště k hlavnímu vchodu a na venkovní terasu jsou schodnicového typu. Dvě schodnice jsou ze železobetonu. Schodišťové stupně jsou taktéž ze železobetonu s povrchovým dekorem žuly. Výška stupně je 160 mm a šířka 310 mm. U garáže je vybetonované terénní schodiště ve strmějším sklonu. Výška stupně je 230 mm a šířka 300 mm. Interiérové dvouramenné schodiště se nachází v severní části objektu. Výška stupně je 165 mm a šířka 300 mm. Je otevřené do prostoru vstupní haly a haly ve 2. NP. Schodiště ze suterénu do prvního podlaží je zřejmě vřetenovité oboustranně podepřené. Na vnitřní straně v místě zrcadla je podepřené svislou střední stěnou a na vnější straně nosnou vnitřní zdí. Stupně jsou nejspíš betonové prefabrikáty s nášlapnou vrstvou z dubového dřeva. Schodiště vedené z 1. NP do 2. NP je dvouramenné se dvěma ocelovými schodnicemi a schodišťovými stupni z dubového dřeva. Mezipodesty jsou železobetonové pnuté mezi vnitřní nosné stěny. Nášlapná vrstva mezipodest je z PVC.

Exteriérová schodiště jsou díky neustálému vystavování vnějším vlivům prostředí a okolní teplotě v dezolátním stavu. Schodnice mají odhalenou nosnou ocelovou výztuž. Stejně tak

i schodišťové stupně, které se drolí a praskají. Schodiště na terasu se rozpadá. Stupně jsou na schodnici uloženy volně. Betonové terénní schodiště se vlivem vlhkosti odroluje. Ocelové schodnicové schodiště v interiéru je velmi zchovalé. Nicméně schodiště do suterénu je napadeno plísní na podstupnici a první tři stupně nástupního ramene nemají svou původní nášlapnou vrstvu z dubového dřeva. Ta byla zřejmě poškozena záplavami v minulosti.



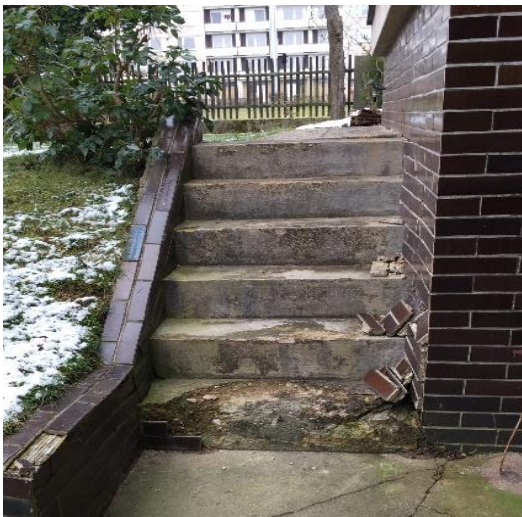
Obr. 30 Schodiště k hlavnímu vstupu



Obr. 32 Detail popraskaného schodišťového stupně hlavního exteriérového schodiště



Obr. 31 Detail odroleného schodišťového stupně a schodnice s odhalenou ocelovou výztuží



Obr. 33 Rozpadající se stupně terénního schodiště



Obr. 34 Zdevastované schodiště na venkovní terasu

2.4.7 Venkovní terasa

Terasa je vystavěna na vlastním betonovém základu. Na betonové pasy jsou vyzděny plné cihly. Hydroizolace z asfaltové lepenky je vložena mezi vrstvu cihel ve výšce cca 150 mm od přilehlého terénu. Cihelné zdivo je obloženo kabřincem stejně jako sokl domu. Vnitřek základu je vysypán okolní hlínou, pískem a zbytkem sutin ze stavby až po horní hranu základového zdiva. Na takto připravenou konstrukci je vybetonována základová deska. To, zda se na betonové desce nachází asfaltová lepenka, není známo. Nášlapnou vrstvu terasy tvoří betonové dlaždice. Zábradlí na jihozápadní straně terasy tvoří velký květináč vyzděný z cihel plných. Ten je hluboký asi 400 mm. Jeho vnitřní úprava je z asfaltového nátěru. Aby nedocházelo k přelévání květin při dešti, jsou ve spod květináče udělané odtokové kanálky. Květináč je omítnut břizolitem. Zábradlí na jihovýchodě je vysoké 1200 mm, vyzděné taktéž z cihel plných omítnutých břizolitem. Zábradlí je oplechováno.

Konstrukce terasy je nejvíce exponovanou částí stavby. Je vystavena vlivům počasí a kolísáním teplot. To zapříčiňuje odpadávání kabřincových obkladaček ze zdí základu a odhalení cihelného zdiva. Odpadáním kabřince ve spodní části základu můžeme dokonce identifikovat vloženou asfaltovou lepenku mezi vrstvami zdiva. Lepenka už zřejmě neplní svou funkci ochrany stavební konstrukce před vzlínající vodou. Na místě pod schody, kde zřejmě navíc odstříkuje i dešťová voda, je zdivo porostlé zelenou řasou. To je známka vysoké zadržené vlhkosti, kterou řasy potřebují ke svému životu, stejně jako dostatek světla a minerálních látek. Z železobetonové

desky odpadává březolitová omítka, drolí se a taktéž porůstá zelenou řasou. Oplechování u podlahy terasy porůstá mechem.

Zábradlí a květináč na terase jsou v neudržovaném stavu. Opadáním březolitu se odhalují cihly, které nasávají vzdušnou vlhkost a vlhkost z odstříkující vody. Na zbylých omítkách jsou zřetelné mapy po vodě.



Obr. 35 Jihozápadní část terasy se zděným zábradlím s funkcí květináče



Obr. 36 Květináč s viditelnou mapou vztlínající vlhkosti



Obr. 37 Opadané kabřincové obkladačky a odhalené zdivo pod schody na terasu a viditelná linka hydroizolačního pásu

2.5 STÁVAJÍCÍ TECHNICKÉ ZAŘÍZENÍ BUDOVY

Vytápění je řešeno jako lokální teplovodní. Zdrojem tepla je kondenzační plynový kotel z roku 2008 umístěný v kotelně v 1. PP. Výrobce udává jeho maximální výkon 24 kW. Rozvody otopné vody nejsou zatepleny. Vedeny jsou volně po stěně nebo ve vysekané drážce ve zdivu. Otopná tělesa jsou původní litinové články, regulované pomocí termostatického ventilu s hlavicí. Dům je obvykle vytápěn na nižší teplotu cca 17 °C, často jen nárazově a nevytápí se ve všech místnostech. Suterén vily je kompletně nevytápěný.

Teplá voda je připravována pomocí dvou elektrických bojlerů. Menší o objemu 51 l z roku 2011 je umístěn v kotelně v 1. PP. Připravovaná teplá voda se distribuuje pouze do kuchyně. Větší bojler z roku 2001 má objem 160 l. Je umístěn v technické místnosti a ohřívá vodu pro potřebu koupelny ve 2. NP. Maximální teplota vody je 80 °C.

Objekt je větrán přirozeně. Vzduch v budově není mechanicky chlazen ani vlhčen.

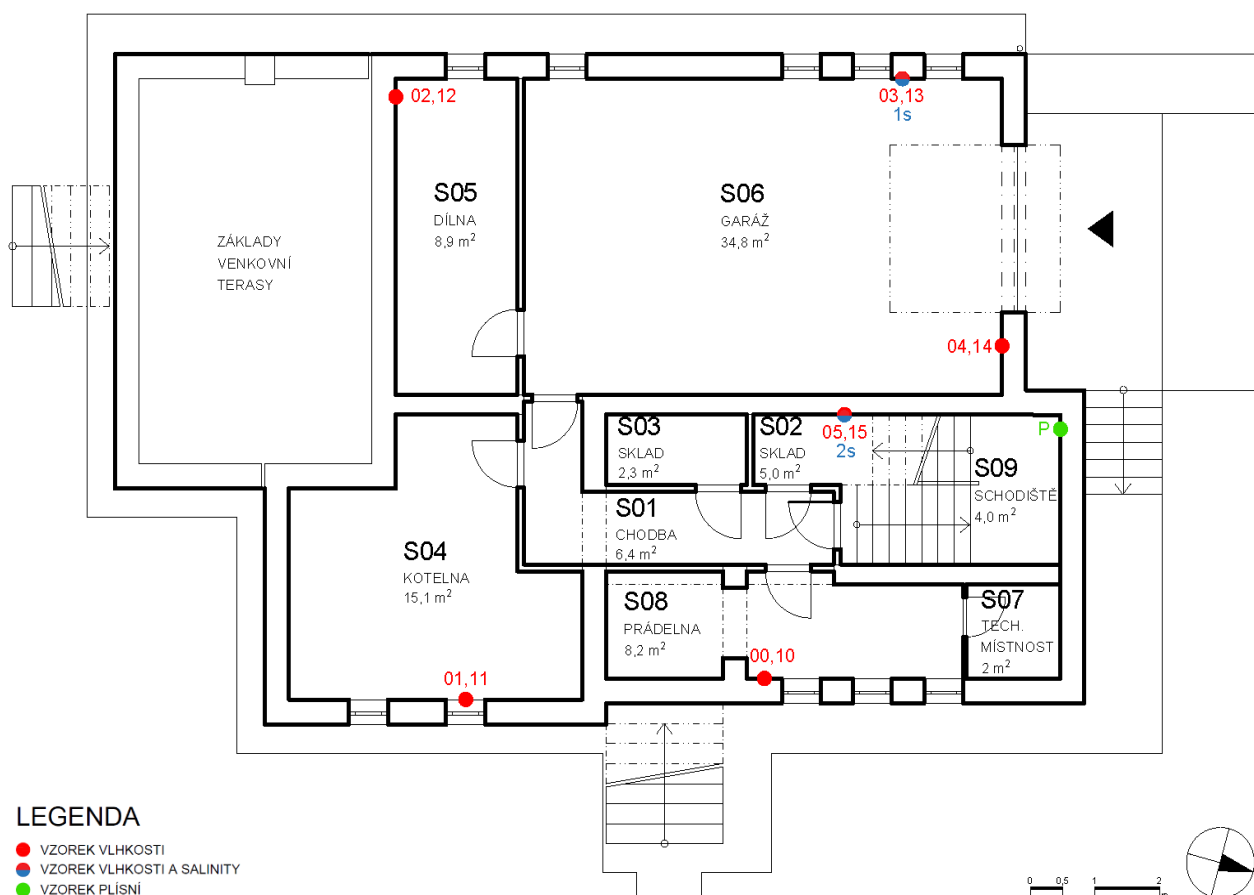
Osvětlení ve vile není nijak komplexně řešeno. Využívány jsou především žárovky s účinností 4 % a úspornější zářivky s účinností cca 18 %.

2.6 LABORATORNÍ MĚŘENÍ A ZKOUŠKY

Pro laboratorní zkoušky byly vybrány svislé konstrukce suterénu, které vykazovaly možnou vysokou vlhkost materiálu, výskyt krystalů solí a byly postižené degradací omítky. Bylo zde podezření na porušenou hydroizolační obálku základových konstrukcí a vzlínání zemní vlhkosti do základového zdiva.

2.6.1 Odběr vzorků

Odběr vzorků proběhl, dle normy ČSN EN ISO 12570, na místě dne 7. 3. 2018 okolo 22. hodiny při venkovní teplotě 6 °C, vnitřní teplotě ve sklepě cca 10 °C. Odebráno bylo celkem 12 vzorků z interiéru 1. PP. Na každé lokalitě byly odebrány dva vzorky ve výšce cca 10 cm od podlahy a 100 cm od podlahy (00-05,10-15). Deset vzorků bylo z obvodových stěn. Zbylé dva vzorky byly z nosné vnitřní stěny. Vzorky pro rozbor solí byly odebrány z omítek na dvou místech (1s, 2s) ve výšce 10 cm od úrovně podlahy. Vzorek plísní byl odebrán z obvodové stěny na mezipodestě (P).



Obr. 38 Schéma míst odběru vzorků

Vzorky byly odebírány co nejšetrněji pomocí dláta a kladiva tak, aby byla co nejméně ovlivněna vlhkost. Nejprve byla odstraněna vrstva zbylé omítky a poté vzorek cihelného střepe do hloubky cca 10 cm. Drť byla transportována do laboratoře v mikrotenové fólii. Parotěsně uzavřené mikrotenové sáčky zabraňují snížení vlhkosti před zkouškou stanovení vlhkosti sušením. Pro dopravu vzorků do laboratoře byla využita termobrašna, která byla přes noc ponechána v chladnějším venkovním prostředí.

2.6.2 Vlhkostní analýza stavebního materiálu

Zkouška proběhla v chemické a mikrobiologické laboratoři katedry 124 pod dohledem odborného pracovníka laboratoře. Vzorky byly do laboratoře dopraveny 8. 3. 2018 v 10 hodin. K určení hmotnostní vlhkosti zdiva byla využita gravimetrická (vážková) metoda. Vzorky byly naváženy na váhových miskách s přesností 0,1 g na váze Strohlein AC-12 K. Ty byly následně přesunuty do sušárny HS201A, kde se sušily při teplotě 105-110 °C po dobu minimálně 48 hodin. Teplota v sušárně byla zvolena s ohledem na strukturu materiálu, kterou díky vlivu vysoké teploty nemění a nedochází k jejímu poškození. O 4 dny později následovalo převážení vzorků a umístění

zpět do sušárny, kde se dále sušily. Vzorky se sušily do té doby, dokud nedosahovaly konstantní hmotnosti tzn., že při porovnání s předchozím převážením nebyl zjištěn žádný rozdíl, s přesností na 0,1 g. Výsledky převážení byly zaznamenány do tabulky. Po druhém převážení měly sušené vzorky již konstantní hmotnost. Z výsledků se pomocí vzorce pro stanovení hmotnostní vlhkosti vypočítala hmotnostní vlhkost v %. K zařazení zdiva dle obsahu hmotnostní vlhkosti byla použita informativní příloha A, normy ČSN P 73 0610. Výsledná klasifikace vlhkosti zdiva byla shrnuta do tabulky (Tab. 2).



Obr. 39 Vzorek 15 ve váhové misce na váze Strohlein AC 12 K



Obr. 40 Sušárna HS201A

| Vlhkost zdiva w_m [%] | Hodnocení |
|----------------------------|----------------------|
| < 3 | vlhkost velmi nízká |
| 3 - 5 | vlhkost nízká |
| 5 - 7,5 | vlhkost zvýšená |
| 7,5 - 10 | vlhkost vysoká |
| > 10 | vlhkost velmi vysoká |

Tab. 2 Klasifikace vlhkosti zdiva [10]

| Lokalita | Místnost | Měřený bod | Výška měřeného bodu | Vlhkost zdiva w_m | Klasifikace vlhkosti dle ČSN |
|----------|----------|------------|---------------------|---------------------|------------------------------|
| | | | [cm] | [%] | |
| 1 | S08 | 00 | 13 | 5,12 | vlhkost zvýšená |
| | | 10 | 110 | 0,30 | vlhkost velmi nízká |
| 2 | S04 | 01 | 15 | 0,29 | vlhkost velmi nízká |
| | | 11 | 100 | 0,81 | vlhkost velmi nízká |
| 3 | S05 | 02 | 12 | 0,27 | vlhkost velmi nízká |
| | | 12 | 110 | 0,35 | vlhkost velmi nízká |
| 4 | S06 | 03 | 13 | 1,54 | vlhkost nízká |
| | | 13 | 114 | 0,46 | vlhkost velmi nízká |
| 5 | S06 | 04 | 15 | 0,94 | vlhkost velmi nízká |
| | | 14 | 114 | 0,39 | vlhkost velmi nízká |
| 6 | S02 | 05 | 17 | 0,65 | vlhkost velmi nízká |
| | | 15 | 114 | 0,67 | vlhkost velmi nízká |

Tab. 3 Shrnutí výsledků vlhkostní analýzy zdiva v 1. PP

2.6.3 Kvantitativní stanovení obsahu solí

Zkouška salinity byla rozdělena do dvou dnů. První den se do dvou Erlenmeyerových baněk připravila směs obsahující destilovanou vodu a navážený vzorek rozdrčené omítky (1s, 2s). Nehomogenní směsi se chvíli nechaly povařit na elektrickém vařiči a poté byly na 10 minut vystaveny působení ultrazvuku. To vše bylo absolvováno z důvodu urychlení uvolnění solí z omítky do destilované vody. Druhý den ráno byl výluh přes filtrační papír přefiltrován do lahvíček. Vodný výluh již byl připraven pro samotné testování přítomnosti jednotlivých druhů solných iontů případně iontů amoniaku.

Nejprve se kolorimetricky stanovilo pH výluhů. Malé množství zkoumaného výluhu bylo napipetováno do zkumavky a k němu přidáno pár kapek indikátoru. Roztok se zbarvil do zelena. Zkumavky se přiložili k barevné stupnici, podle které bylo stanoveno pH. Oba vzorky vykazovaly spíše neutrální charakter.

Ionty solí se určují fotometricky. K tomu slouží přístroj UV-VIS Spektrofotometr Pharo 300 Spectroquant, který funguje na principu absorpce světla vzorkem při určitém rozsahu vlnových délek. Přístroj na displeji zobrazuje koncentraci daného iontu v mg/l. Pro zhodnocení dle normy ČSN P 73 0610 se celková salinita přepočte na mg/g materiálu [11].

Jako první byl stanoven obsah chloridů nezředěného roztoku. Postup se řídil dle metodiky EPA 325.1 a US Standard Methods 4500-CTE. Pro stanovení obsahu amonných iontů se postupovalo dle metody analogické s EPA 350.1, APHA 4500-NH₃ D a ISO 7150/1.

Sírany a dusičnany se předběžně stanovily pomocí indikačních papírků. Papírky byly vloženy do lahviček s výluhy. Po vytažení se za pár sekund proužky zbarvily. Proužky ukázaly, že obsah síranů se zdá být vysoký. Proto se výluh vzorků naředil destilovanou vodou v poměru 1/10, aby přístroj, který měří v určitém rozsahu, správně určil obsah síranů. Zkouška na dusičnany probíhala s nezředěnými výluhy. Postup zkoušek se řídil podle ISO 8466-1 a DNI 38402 A51 [11].

Výsledky stanovení vodorozpustných solí byly zaznamenány do tabulky (Tab. 4).



Obr. 41 Zahřívání směsi v Erlenmeyerových baňkách



Obr. 42 Zkouška obsahu dusičnanů (fialový) a síranů (oranžový) pomocí indikačních papírků



Obr. 43 Příprava směsi pro stanovení obsahu síranů autorkou práce



Obr. 44 UV-VIS Spektrofotometr Pharo 300 Spectroquant

| Stupeň zasolení | Obsah solí | | | | | |
|-----------------|--------------------------|---------------|--|--------------|--------------------------------------|--------------|
| | Cl ⁻ chloridy | | NO ₃ ⁻ dusičnany | | SO ₄ ⁻² sírany | |
| | [mg/g] | [% hm.] | [mg/g] | [% hm.] | [mg/g] | [% hm.] |
| nízký | do 0,75 | do 0,075 | do 1,0 | do 0,1 | do 5,0 | do 0,5 |
| zvýšený | 0,75 až 2,00 | 0,075 až 0,20 | 1,0 až 2,5 | 0,1 až 0,25 | 5,0 až 20 | 0,5 až 2,0 |
| vysoký | 2,00 až 5,00 | 0,20 až 0,50 | 2,5 až 5,0 | 0,25 až 0,5 | 20 až 50 | 2,0 až 5,0 |
| velmi vysoký | více než 5,0 | více než 0,5 | více než 5,0 | více než 0,5 | více než 50 | více než 5,0 |

Tab. 4 Klasifikace salinity zdiva [10]

| Lokalita | Místnost | Ozn. vzorku | pH | Cl ⁻ | NO ₃ ⁻ | SO ₄ ⁻² | NH ₃ ⁺ |
|----------|----------|-------------|-----|-----------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| | | | [-] | [mg/g] | | | |
| 4 | S06 | 1s | 7 | 0,31 | 0,60 | 16,36 | 0,012 |
| 6 | S02 | 2s | 7,5 | 0,07 | 0,96 | 26,92 | 0,021 |

Tab. 5 Shrnutí výsledků obsahu volných solí a pH v omítce 1. PP

2.6.4 Mikrobiologický rozbor plísní

Tento rozbor byl proveden za účelem identifikace rodů plísní a určení, jak kvalitní je vnitřní prostředí domu pro jeho obyvatele. Analýza spočívá v odebrání vzorku plísní z objektu, jeho kultivaci v laboratoři, izolaci zdánlivě jednotlivých druhů a jejich identifikaci pod mikroskopem. Druhy byly určeny na základě charakteristických znaků.

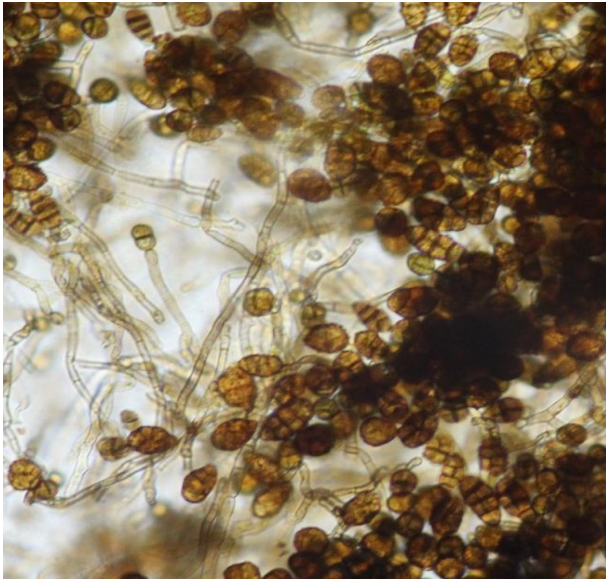
Vzorek byl odebrán lehkým seškrábáním omítky pomocí sterilizovaného nožíku a uschován v uzavíratelné zkumavce. V laboratoři byl vzorek naočkován na kultivační půdu, kterou byl sladový agar v Petriho misce. Při manipulaci s miskou bylo třeba dbát zvýšené opatrnosti, aby nedošlo ke kontaminaci spor plísní z okolí. Vzorek se nechal kultivovat v biologickém termostatu po dobu dvou týdnů. Po dvou týdnech byly zřetelné rozsáhlé kolonie plísní po celé Petriho misce. Z misky se odebralo pomocí očkovací kličky, která byla při každém odběru vysterilizována v plameni, malé množství vzorku. Odebraný vzorek se umístil na podložní sklíčko do kapky destilované vody a byl překryt krycím sklíčkem. Následoval rozbor určovacích znaků mikrobiologického materiálu pod mikroskopem. Vzorky nebyly jednoznačné, vždy se v nich vyskytovalo několik rodů. Z těch nejzastoupenějších by se daly jmenovat rody: *Cladosporium sp.*, *Alternaria sp.*, *Aureobasidium sp.*, a *Mucor sp.*



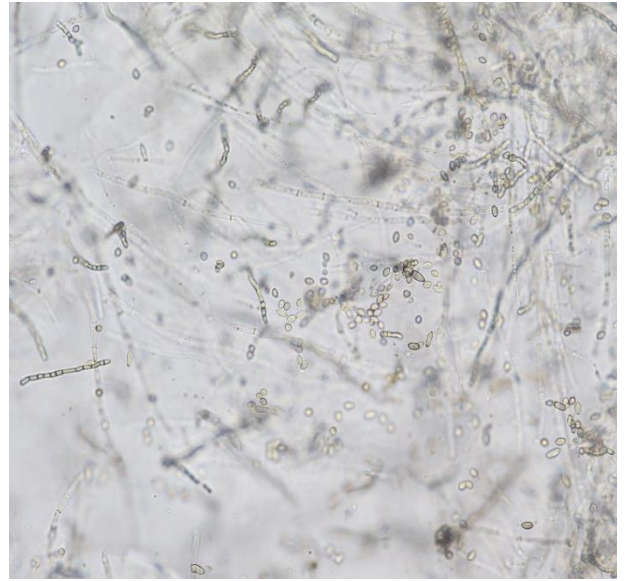
Obr. 45 Kultivovaný vzorek plísní na Petriho misce, neizolovaný



Obr. 46 Mikroskop Olympus BX41 s digitálním fotoaparátem Canon



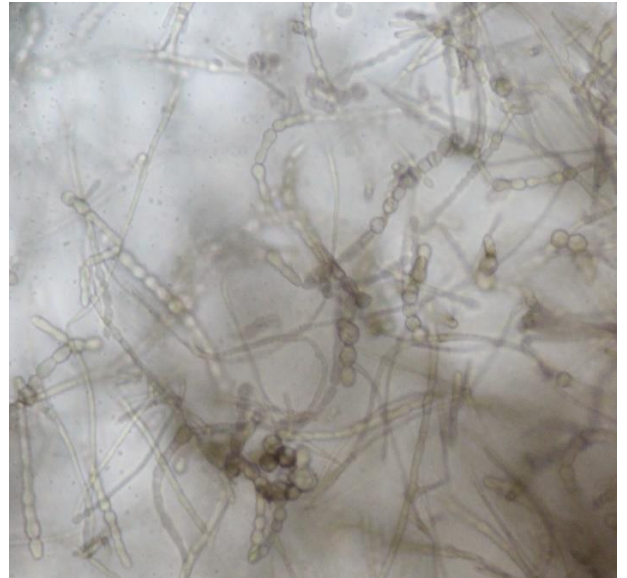
Obr. 47 Kolonie zralých spor s tmavým pigmentem rodu *Alternaria sp.*



Obr. 48 Rozpadnuté řetězky konidií rodu *Cladosporium sp.*



Obr. 49 Kulovitý tvar sporangioforu rodu *Mucor sp.*, který nešel správně zaostřit



Obr. 50 Kolonie rodu *Aureobasidium sp.*

Všechny tyto odhalené druhy se vyskytují velmi hojně po celém světě. Ve většině vzorcích byl identifikován masivní výskyt *Alternaria sp.* Ta může produkovat toxiny působící neblaze na lidské zdraví. Způsobuje například alergie, astma, záněty sliznice nosní nebo také kožní léze. [12]

2.6.5 Zhodnocení výsledků

Vlhkost suterénního zdiva byla ze 12 odebraných vzorků klasifikována z 92 % jako nízká nebo velmi nízká. Zjištěný výsledek je hodnocen jako velmi překvapivý vzhledem ke stavu omítek, které na první pohled vypadaly, že jsou zasaženy vlhkostí. Z výsledku je usuzováno, že hydroizolace černé vany – jak svislá, tak vodorovná – je v překvapivě dobrém stavu a nedochází k pronikání zemní vlhkosti do zdiva. Je také možné, že tvrdá cementová omítka plní dobře svou ochrannou funkci a během četných záplavových vln nepropustila vodu až ke zdivu. Zvýšená vlhkost se objevila pouze u vzorku 00, který byl odebrán 13 cm nad podlahou v prádelně. Vzorek 10 odebraný metr nad vzorkem 00 vykazuje velmi nízkou hmotnostní vlhkost. Může se tedy jednat o lokální poruchu hydroizolace, nicméně bych to spíše připisovala velmi tenké vrstvě cementové omítky v místě odběru a zvýšené měrné vlhkosti vzduchu, kvůli mokřým procesům při praní a sušení prádla.

Obsah vodorozpustných solí není nijak vážný. Zvýšená hodnota salinity byla naměřena pouze u síranových iontů. Sírany se do objektu mohly dostat chemickými hnojivy používanými na zahradě či znečištěnou atmosférou. Dalším zvláštním jevem je výskyt amoniaku v omítkách, který je mimo jiné součástí produktu živočichů. To může být opět způsobeno historickým vyplavením suterénu splaškovou a dešťovou vodou.

Přítomnost odhalených druhů plísní je pro člověka, který dlouho setrvává v jejich prostředí, toxická. Může způsobovat zdravotní problémy a u slabších jedinců dokonce kožní onemocnění či alergické problémy. Jelikož byl vzorek plísní odebrán na podestě schodiště, která není nijak oddělena od zbytku domu, kvalita vnitřního prostředí vily je tedy hodnocena jako nezdravá.

2.7 TERMOVIZNÍ MĚŘENÍ

Měření posloužilo k ucelení poznatků z předchozích kapitol stavebně technického průzkumu a tvorbě výkresové dokumentace stávajícího stavu. Kamera zobrazuje okem neviditelné infračervené záření. Získáváme představu o rozložení teplot na povrchu snímané konstrukce. Termovizní snímkování tak může odhalit tepelné mosty a poruchy konstrukcí, různé druhy konstrukčních materiálů, rizikové lokality pro kondenzaci vodní páry a vznik plísní, těsnost oken, ale také lokalizaci rozvodů a funkčnost vytápění. Správnost měření může ovlivnit celá řada okolností od klimatických podmínek, připravenosti objektu na měření, až po nastavení

termokamery. Počítá se také s vlastní chybou kamery, která má obvykle odchylku $\pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ nebo $\pm 2\%$ z měřeného údaje.

2.7.1 Průběh měření

Pro měření byl vybrán den 26. únor, jenž se jevil jako příhodný z hlediska meteorologických podmínek pro termovizní měření. Venkovní teplota se pohybovala okolo $-11,5\text{ }^\circ\text{C}$ s relativní vlhkostí 75 %. Objekt byl vytopen na $17\text{--}20\text{ }^\circ\text{C}$. Rozdíl teploty mezi interiérem



Obr. 51 Autorka práce při měření s termokamerou FLIR

a exteriérem byl tedy až $31,5\text{ }^\circ\text{C}$. Čím vyšší je rozdíl těchto teplot, tím je termovizní měření průkaznější. Teploty během předchozích dvou dnů neměly výrazné výkyvy a dosahovaly kolem $-15\text{ }^\circ\text{C}$ přes den. Snímkování probíhalo brzy z rána¹ před východem slunce (6:40). Měření bylo provedeno termokamerou FLIR (model 6 1.2L, sériové číslo: 63931905), která byla před exteriérovým měřením temperována půl hodiny ve venkovním prostředí.

Důležité před samotným měřením je nastavení emisivity snímaného objektu a odražené zdánlivé teploty na termokameře. Jelikož snímání probíhalo na konstrukcích, které jsou omítnuté matnou omítkou, byla emisivita zadána 0,95.

U materiálu s vysokou odrazivostí, jako je například zasklení u oken, při takto nastavené emisivitě nelze změřit správná teplota povrchu. Jelikož se v ploše odráží teplotní pole okolí či samotný autor měření. U emisivity 0,95 byla odražená zdánlivá teplota stanovena přibližně změřením teploty na povrchu stavebních konstrukcí. Měřena byla teploměrem Voltcraft s pružným termočlánkem typu „K“. U venkovních povrchů byla stanovena $-9\text{ }^\circ\text{C}$ a u vnitřních $11\text{ }^\circ\text{C}$.

Termovizní průzkum začal v exteriéru. Na termokameře bylo také důležité zadat vzdálenost od snímané konstrukce. Vzdálenost byla v průběhu měření měněna. Při prvním pohledu na objekt přes termokameru bylo jasné, že je objekt opravdu nezateplený. Na fasádách se vykreslovaly jednotlivé cihly se zdicí maltou. Lokalizovaly se tepelné mosty, které se

¹ Přímý sluneční svit rychle zahřívá konstrukci a mohlo by tak dojít ke zkreslení výsledků. Termovizní měření dále nelze provádět při hustém dešti, sněžení, mlze či silném větru.

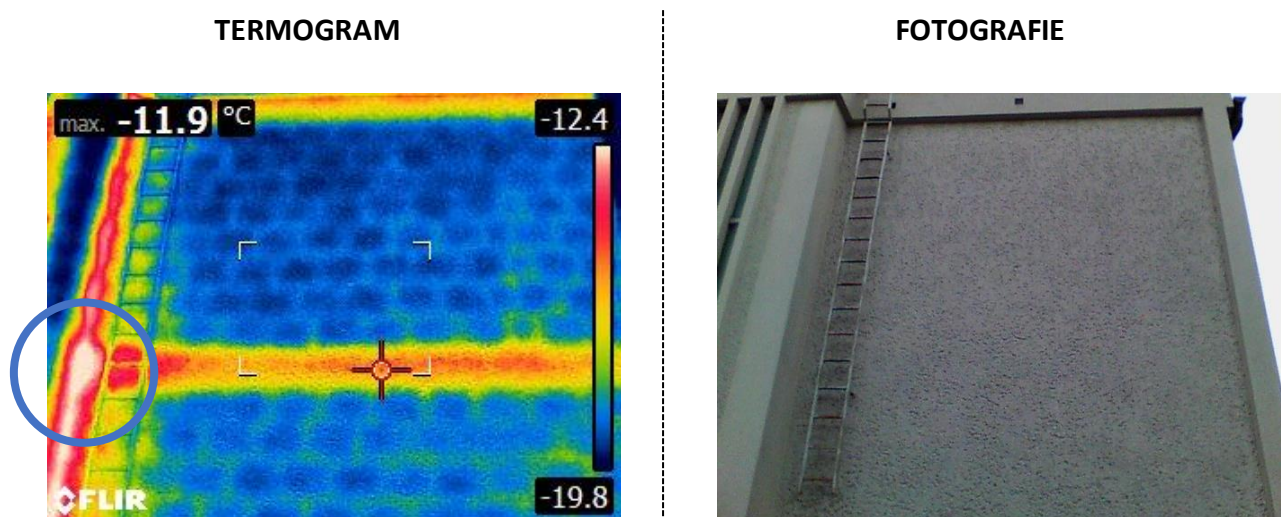
projevovaly na vnější obálce vily. Jedná se zejména o tepelné mosty nadokenních betonových překladů, stropních betonových věnců, ocelových I profilů a další místa se zvýšenou tepelnou propustností. Velmi dobře šly rozeznat různé zdicí materiály využitě na stavbě či poloha otopných těles umístěných na fasádě.

Před měřením uvnitř objektu byla termokamera znovu temperována, tentokrát ve vnitřním prostředí budovy. Vnitřní relativní vlhkost byla okolo 63 %. Kontrolovala se hlavně kvalita osazení oken, kritické detaily na obvodových stěnách se vznikajícími plísněmi a výraznější trhliny. Termokamera odhalila otopné potrubí ve zdivu či nosnou konstrukci stropu tvořenou ocelovými profily.

2.7.2 Výsledky měření

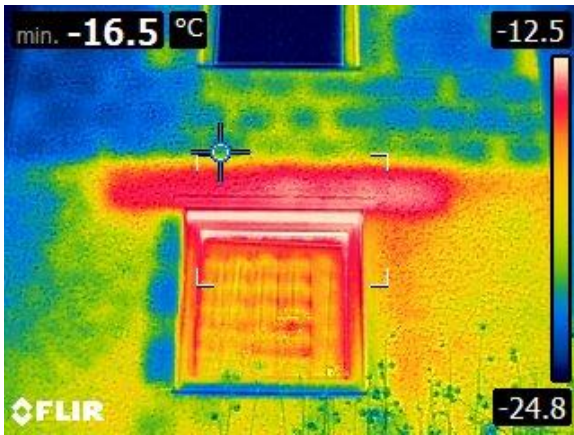
Termokamera pořídila snímky, na kterých jsou evidentní výrazné tepelné mosty. Nejchladnějšímu místu na termogramu byla přiřazena barva černá a nejteplejšímu místu bílá barva. Je třeba se orientovat podle teplot uvedených na stupnici, jelikož barevné spektrum může být zkreslené zahrnutím oblohy do snímku. Proto spodní hranice stupnice klesne v některých případech až na $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Vybrané snímky z měření:



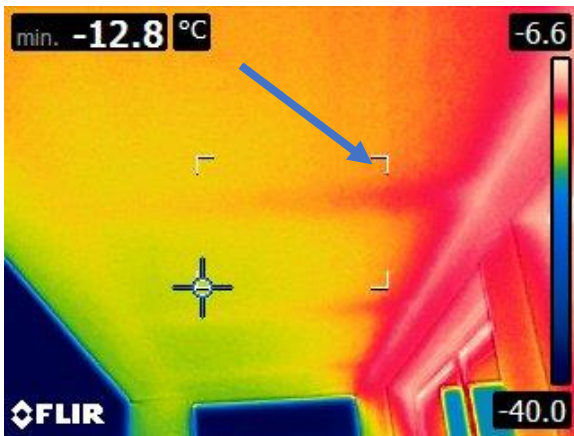
Obr. 52 Zachycení konstrukcí severní fasády objektu nad vjezdem do garáže;

Výrazný vzorek zdicích prvků a konstrukcí stropních věnců, které mají vyšší součinitel tepelné vodivosti než zdivo. Lze se tedy domnívat, že stropní věnce jsou ze železobetonu. Nejvíce kritickým místem je ovšem napojení stropního věnce na obvodovou stěnu s copility a na stěnu nad garáží.



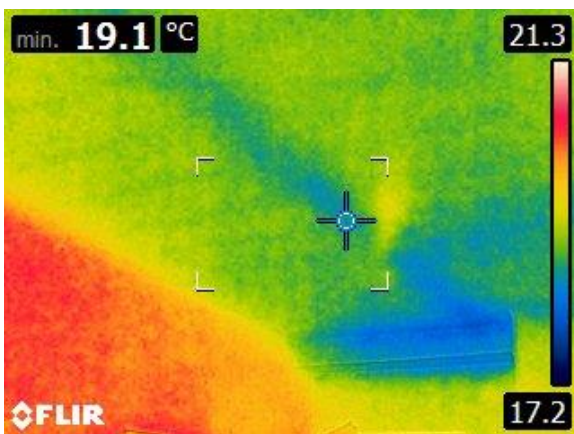
Obr. 53 Plocha východní fasády;

Tepelný most v podobě okenního překladu a navazujícího stropního věnce. Nižší podlaží je prohřátější patrně z důvodu jiného stavebního materiálu. Teplejší zdivo pod oknem ve 2. NP reflektuje polohu otopného tělesa.



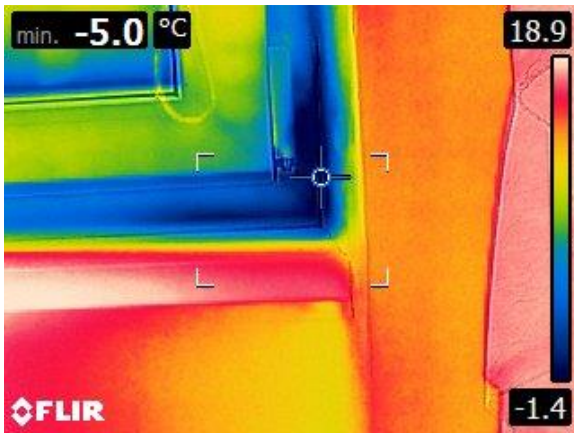
Obr. 54 Zastřešení lodžie na jižní fasádě;

Na termografickém snímku jsou jasně vidět tepelné mosty způsobené ocelovými I profily.



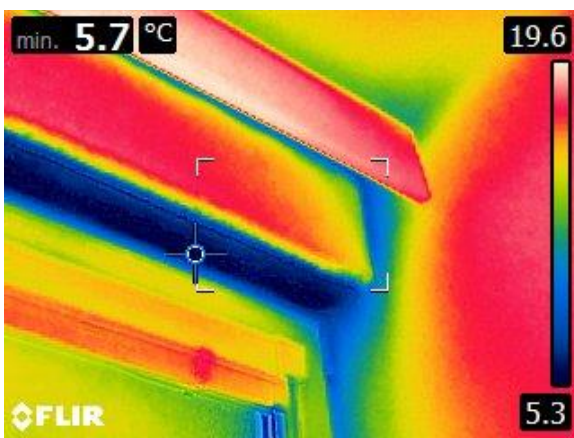
Obr. 55 Zachycení skladby stropní konstrukce v ložnici ve 2. NP;

Tento snímek dokládá, že nosná konstrukce stropu je opravdu skládaná z nosníků a vložek.



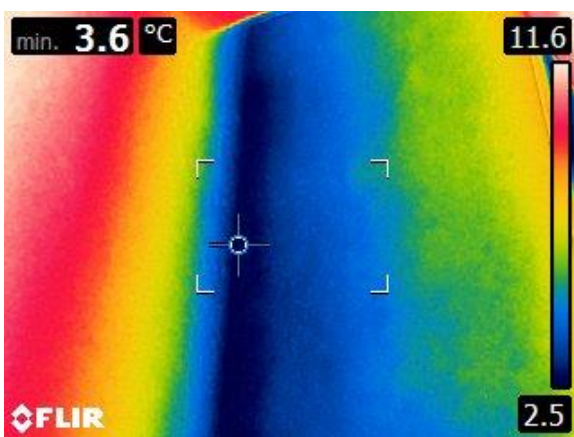
Obr. 56 Okenní spára v ložnici v 1. NP;

Detail rohového napojení okna na ostění parapet vykazuje značný tepelný most .



Obr. 57 Amatérské vnitřní zateplení nadpraží v zimní zahradě;

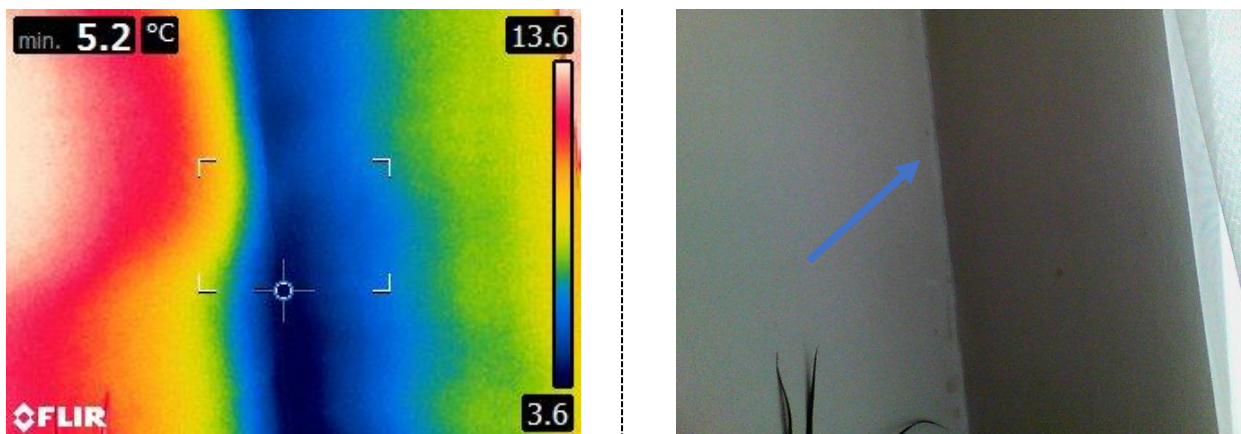
Nehledě na to, že je zateplení zhotovené velice nekvalitně, je zde ukázkový příklad nevhodného použití vnitřního zateplení bez použití parozábrany. Ke kondenzaci vodní páry dochází na rozhraní tepelné izolace a okenního překladu. Vytvořila se tak živná půda pro kolonie plísní a bakterií, což je vidět na nezatepleném nadpraží okna.



Obr. 58 Vyšetření nálezu plísní na schodišťové stěně s copility;

Na schodišťové hale byla teplota vnitřního vzduchu nižší než v obytných místnostech cca okolo 17 °C. Rosný bod při relativní vlhkosti vzduchu 63 % je tedy 9,86 °C. Nasímané místo vykazuje nejnižší povrchovou teplotu okolo 2,5 °C. Na tomto místě dochází k povrchové kondenzaci vlhkosti. Jelikož je relativní vlhkost vzduchu vyšší než 60% jsou zde vhodné podmínky pro růst plísní. Na fotografii můžeme

vidět již vzniklé rozsáhlé kolonie. Zlepšení této situace závisí na tepelně izolačních vlastnostech konstrukce.



Obr. 59 Vyšetření styku stěny s copilítou a obvodové stěny z interiéru;

V interiéru je tento styk doplněn průběžnou trhlinou v omítce. Na tento detail je třeba dávat si pozor při budoucích sanačních opatřeních. Zaměřit se na kvalitu návrhu a jeho následné provedení. Stejně jako u předchozího detailu je povrchová teplota na styku konstrukcí hluboko pod rosným bodem.

3 ENERGETICKÉ POSOUZENÍ STÁVAJÍCÍHO OBJEKTU

Pojmem energetická náročnost budovy (dále jen „ENB“) chápeme množství energie, které se v již existujících stavbách spotřebuje, či vypočtené množství spotřeby energie u projektů nových staveb nebo projektů se změnou stavby [13]. Celková spotřeba budovy se rozděluje na dílčí spotřeby na vytápění, přípravu teplé vody, chlazení, úpravu vlhkosti vzduchu a osvětlení. Do spotřeby budovy se nezapočítává uživatelská spotřeba (pračka, chladnička atd.). K vyhodnocení ENB slouží metodika zpracování průkazu energetické náročnosti budovy.

Průkaz energetické náročnosti (dále jen „PENB“) budovu hodnotí komplexně na základě celkové dodané energie do budovy. Často bývá zaměňován s „Energetickým štítkem obálky budovy (dále jen „EŠOB“)“, který charakterizuje pouze tepelně technické vlastnosti obálky budovy dle normy ČSN 73 0540–2. EŠOB tudíž nehodnotí energetickou náročnost budovy, nýbrž je součástí průkazu. PENB je zpracován na principu stanoveném vyhláškou č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov. Při standardním provozu vyčísluje celkovou dodanou energii do objektu a řadí budovy do jednotlivých klasifikačních tříd energetické náročnosti. Hodnocená budova by měla dosáhnout na třídu A-C, třída D-G se v mnoha případech bere jako nevyhovující. Zatřídění budov do klasifikačních tříd je prováděno metodou tzv. referenční budovy². [13]

Průkaz se skládá ze dvou částí. Grafického znázornění PENB, kde je budova zařazena do barevné klasifikační stupnice energetických tříd. A protokolu, který uvádí informace o budově jak po stránce stavební, tak po stránce jednotlivých technických systémů využívaných v budově. Platnost PENB je 10 let, případně do větší změny budovy.

Při novostavbě či rekonstrukci budovy musí být splněny požadavky dané vyhláškou č. 78/2013 Sb. V případě nové budovy nesmí být hodnoty všech ukazatelů energetické náročnosti hodnocené budovy vyšší než hodnoty ukazatelů energetické náročnosti pro referenční budovu. V našem případě – větší změna dokončené budovy – musí být splněno písmeno a), b) nebo c) § 6. Ukazatelé jsou uvedeny pro přehlednost v Tab. 6.

² Definice referenční budovy je: „Virtuální budova stejných rozměrů a stejného prostorového uspořádání jako budova hodnocená, shodného účelu a shodného umístění, na jejíchž všech plochách obálky budovy jsou použity konstrukce se součiniteli prostupu tepla právě odpovídajícími příslušné normové požadované hodnotě.“ [15]

| Ukazatel | Odst. 1 | Odst. 2 Měněná budova | | |
|--|----------------|--------------------------|----|----|
| | Nová budova | a) | b) | c) |
| Celková primární energie | | | | |
| Neobnovitelná primární energie | x | x | | |
| Celková dodaná energie | x | | x | |
| Dílčí dodané energie pro technické systémy | | | | |
| Průměrný součinitel prostupu tepla | x | x | x | |
| Součinitele prostupu tepla jednotlivých měněných konstrukcí | | | | X |
| Účinnost měněných technických systémů | | | | X |

Tab. 6 Požadavky pro splnění energetickou náročnost budovy z § 6 Vyhlášky č. 78/2013 Sb. [14]

3.1 VSTUPNÍ PARAMETRY

Výpočet energetické náročnosti budovy byl vyhotoven pomocí programu Energie 2017 od Svoboda software. Typ výpočtu byl zvolen měsíční pro komplexní hodnocení energetické náročnosti budovy dle vyhlášky MPO ČR č. 78/2013 Sb.

Posuzovaný objekt je řešen jako jedna zóna s návrhovou vnitřní teplotou 20 °C. Klimatické okrajové podmínky byly převzaty z TNI 73 0331 - průměrné venkovní teploty v jednotlivých měsících a celkovou energii globálního slunečního záření dopadajícího na povrchy příslušné orientace. Počet uživatelů je stanoven na 4 osoby.

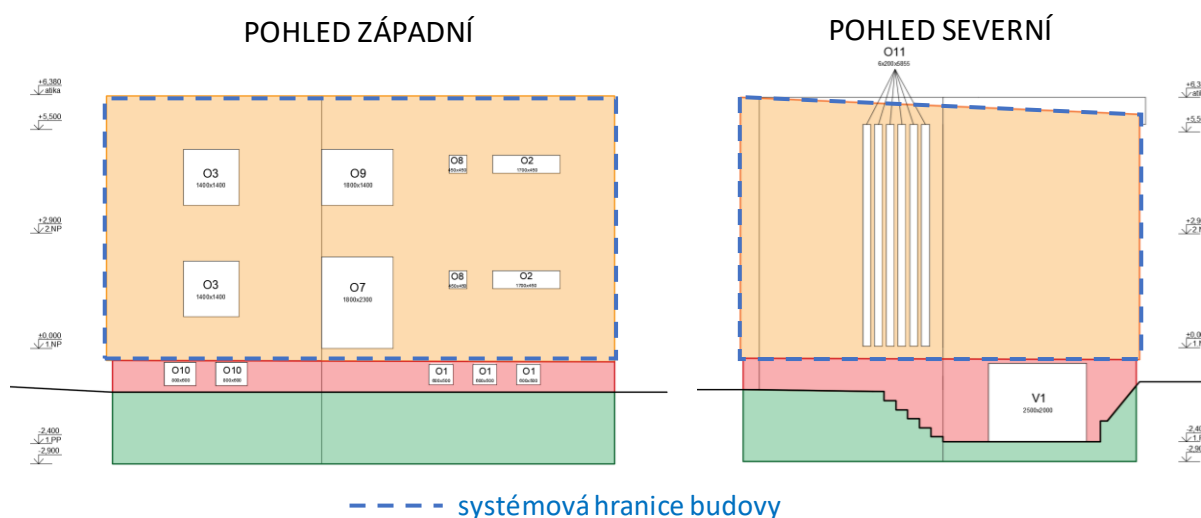
Geometrie zóny:

| | |
|---|------------------------------------|
| Celkový obestavěný objem z vnějších rozměrů: | 711,7 m ³ |
| Celková energeticky vztázná plocha: | 220,2 m ² |
| Celková podlahová plocha z celkových vnitřních rozměrů: | 188,9 m ² |
| Faktor tvaru budovy A/V: | 0,7 m ² /m ³ |

Hodnota faktoru tvaru budovy A/V nám stanovuje hospodárnost objektu. Hodnota 0,7 je na hranici nehospodárného a hospodárného hmotového řešení. To znamená, že celkový objem budovy je obalen velkým počtem ochlazovaných konstrukcí. To je způsobeno členitým tvarem budovy.

3.2 OBÁLKA BUDOVY

Pro zhodnocení ENB je třeba vytvořit energetický model budovy. Základem tohoto modelu je stanovení obálky objektu. Obálka je soubor teplosměnných ploch vytápěného prostoru, který je ohraničen systémovou hranicí. Tyto konstrukce jsou pak hodnoceny na základě součinitele prostupu tepla.



--- systémová hranice budovy

S – obvodové stěny vytápěné zóny nad zemínou – 253,2 m²

nS1 – obvodové stěny nevytápěného suterénu nad zemínou – 31,1 m²

nS2 – obvodové stěny nevytápěného suterénu pod zemínou – 77,1 m²

Obr. 60 Obálka budovy – ukázkové pohledy

Jak je vidět na ukázkových pohledech, značnou část plochy obálky budovy zaujímají obvodové stěny S. Budou tedy mít podstatný vliv na průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy U_{me} , a tudíž i na celkovou energetickou náročnost budovy. Výplňové konstrukce byly v programu dále rozděleny podle natočení ke světovým stranám s přihlédnutím k rozdílným hodnotám solárních zisků.

| Konstrukce | A [m ²] | U [W/(m ² ·K)] | U _{n,20} [W/(m ² ·K)] | U _{n,rec,20} [W/(m ² ·K)] |
|--------------------------------------|------------------------|------------------------------|--|--|
| S – stěna k exteriéru | 253,2 | 1,25 | 0,30 | 0,25 |
| P1 – podlaha k nevytápěnému suterénu | 108,4 | 1,00 | 0,60 | 0,45 |
| P2 – podlaha nad exteriérem | 1,3 | 1,00 | 0,24 | 0,16 |
| R – střecha | 110,8 | 0,45 | 0,24 | 0,16 |
| Z1 – izolační dvojskla | 39,8 | 1,50 | 1,50 | 1,20 |
| Z2 – původní okna | 1,9 | 2,28 | 1,50 | 1,20 |
| Z3 – copility | 7,0 | 7,00 | 1,50 | 1,20 |

Tab. 7 Stávající konstrukce tvořící tepelnou obálku domu s požadavky na součinitele prostupu tepla [15]

V Tab. 7 je názorně vidět, že většina stávajících konstrukcí nesplňuje normu ČSN 73 0540-2 na požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{n,20}$. Požadavek $U_{n,20}$ splňují pouze vyměněná izolační dvojskla z roku 2011. Doporučenou hodnotu součinitele prostupu tepla $U_{n,rec,20}$ nesplňuje žádná ze stávajících konstrukcí.

3.3 VYHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU ENB

Pomocí softwaru Energie je vyhodnocena energetická náročnost budovy. Hodnoty ukazatelů stávající energetické náročnosti budovy výrazně převyšují hodnoty ukazatelů referenční budovy. Budova byla vyhodnocena jako velmi nevhodná tzn. třída F a nedosahuje tak současného legislativního standardu.

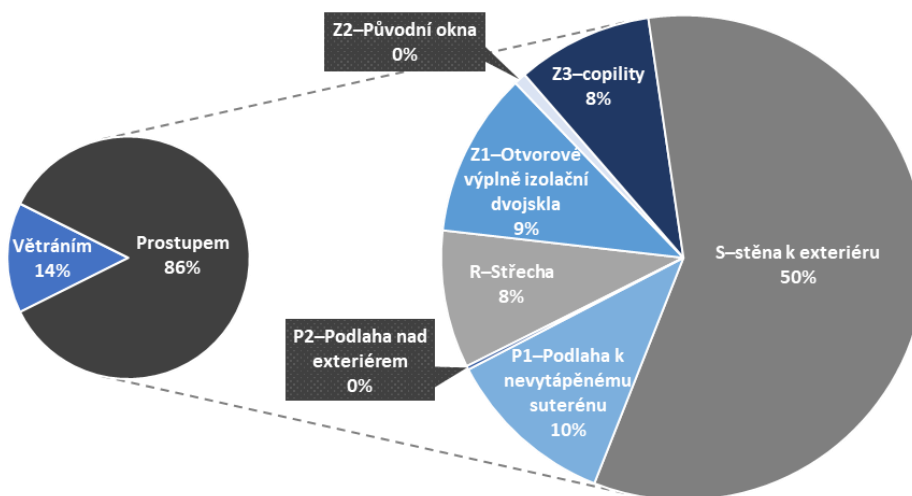
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy je výrazně vyšší než u referenční budovy a nesplňuje požadavek normy ČSN 73 0540-2: $U_{em} \leq U_{em,N,20}$ (viz. Tab. 8). Průměrný součinitel prostupu tepla je definován jako poměr tepelného toku prostupem tepla obalovými konstrukcemi vytápěného objemu budovy ve W/K a celkové plochy těchto konstrukcí v m².

| | | |
|------------------------------------|----------------------------|-------------|
| Průměrný součinitel prostupu tepla | U_{em} | 1,14 |
| $[W/(m^2 \cdot K)]$ | $U_{em,R}, U_{em,N,20}$ | 0,44 |

Tab. 8 Vypočtený výchozí stav ukazatele ENB – Průměrný součinitel prostupu tepla

Základní měrné tepelné toky dělíme na tepelný tok prostupem tepla plošnými konstrukcemi a tepelný tok větráním. Za pomoci programu Energie byl stanoven celkový měrný tepelný tok na hodnotu 687,4 W/K. Zastoupení jednotlivých měrných toků je znázorněné v *Graf 1*. Z grafu je patrné, že k největší tepelné ztrátě dochází prostupem tepla konstrukcemi obálky budovy. Nejvíce tepelně ztrátovou konstrukcí, jak se dalo očekávat, je nezateplená obvodová stěna k exteriéru, která má nízký tepelný odpor a největší plošnou výměru. Další tepelně ztrátovou konstrukcí je podlaha k nevytápěnému suterénu a střecha. Z grafu může být naopak matoucí procentuální ohodnocení měrného tepelného toku pro konstrukce Z1 – otvorové výplně s izolačními dvojskly a Z3 – copility. Konstrukce Z1 má sice procentuálně vyšší měrný tepelný tok, ale také zabírá skoro 6x větší plochu obálky budovy než Z3. A také jako jediná konstrukce obálky budovy splňuje požadovaný součinitel prostupu tepla daný normou (viz. Tab. 7). Proto je třeba zaměřit se při návrhu opatření spíše na konstrukci Z3. Měrný tepelný tok konstrukce P2 – podlahou nad exteriérem (podlaha 2. NP nad vchodem) a Z2 – původními okny nabývá nízkých

hodnot kvůli jejich malé ploše v porovnání s ostatními. Avšak obě tyto konstrukce nejsou normově vyhovující, proto by při návrhu opatření neměly být opomenuty.



Graf 1 Rozložení měrných tepelných toků stávajícího objektu

Jak již bylo zmíněno, průměrný součinitel prostupu tepla výrazně ovlivňuje potřebu energie na vytápění a tím i celkovou dodanou energii budovy. Ta je v hodnocené budově také velmi vysoká. V budově jsou dílčí dodané energie zastoupeny pouze systémem vytápění, ohřevem vody a osvětlením. Nejhuře je na tom právě zmiňovaný systém vytápění. Naopak lépe hodnocené dílčí dodané energie jsou na osvětlení a ohřev vody.

| | | |
|-------------------------|-------------|-----|
| Měrná dodaná energie | $E_{P,A}$ | 368 |
| $[kWh/((m^2 \cdot a))]$ | $E_{P,A,R}$ | 215 |

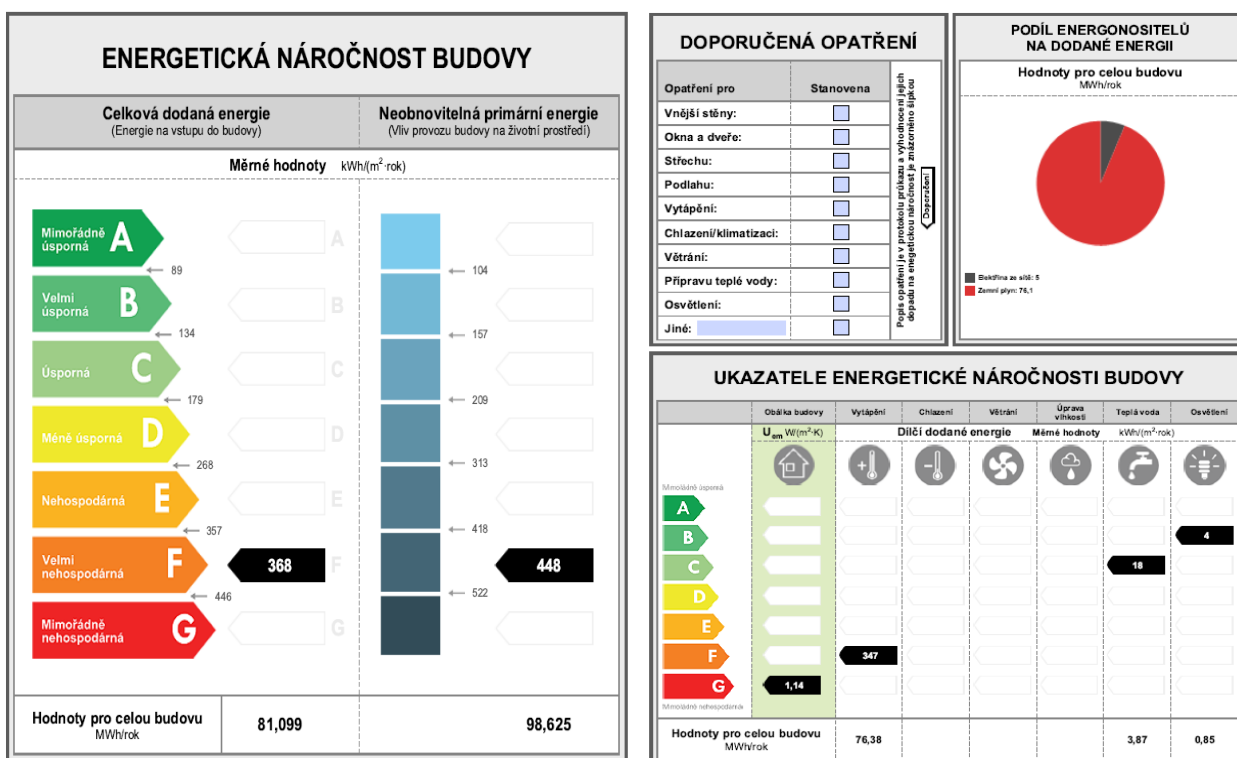
Tab. 9 Vypočtený výchozí stav ukazatele ENB – Měrná dodaná energie

Vliv provozu budovy na životní prostředí udává množství neobnovitelné primární energie, která je součástí celkové primární energie. Celková primární energie je součtem neobnovitelné a obnovitelné složky. Primární energie je taková energie, která neprošla žádným procesem přeměn. Neobnovitelná primární energie a celková primární energie se stanovuje jako součet součinů dodané energie do budovy, v rozdělení po jednotlivých energonositelích (elektrina, zemní plyn) a příslušných faktorů primární energie. Faktor primární energie neboli konverzní faktor přeměny, je bezrozměrné číslo. Udává, kolik jednotek energie bylo spotřebováno k pokrytí spotřeby energie v místě její potřeby. Faktory energetické přeměny jsou součástí přílohy č. 3 vyhlášky č. 78/2013 Sb. [16]

| | | |
|--------------------------------------|--------------|------------|
| Měrná primární neobnovitelná energie | $E_{pN,A}$ | 448 |
| $[kWh/((m^2 \cdot a))]$ | $E_{pN,A,R}$ | 241 |

Tab. 10 Vypočtený výchozí stav ukazatele ENB – Měrná primární neobnovitelná energie

Výsledky byly znázorněny v grafickém výstupu PENB. Celý výstup hodnocení energetické náročnosti budovy stávajícího stavu je součástí Přílohy 3.



Obr. 61 Výřez grafického znázornění PENB stávajícího stavu

Při návrhu opatření by měla být brána v potaz rámcová politika EU do roku 2030 v oblasti energetické náročnosti, kterou Rada Evropy publikovala v roce 2014. Ta vyjadřuje, že je třeba v roce 2020 dosáhnout snížení spotřeby energie o 20 %, snížení o 20 % emisí skleníkových plynů a zvýšení podílu obnovitelných zdrojů na 20 % z celkové výroby energie v Evropě. To znamená, že od roku 2020 musí všechny nově vystavěné budovy splňovat požadavky na budovy s téměř nulovou spotřebou energie³. V roce 2030 se pak požadavky na energetickou náročnost budov ještě zpřísní. [17]

³ Budova s téměř nulovou spotřebou energie je definována jako: „Budova s velmi nízkou energetickou náročností, jejíž spotřeba energie je ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů [25].“

4 NÁVRH SANAČNÍCH OPATŘENÍ

Opatření jsou navržena v závislosti na zjištěných skutečnostech ve stavebně technickém průzkumu a energetickém posouzení stávající budovy. Vzhledem k současnému energeticky velmi nevhodnému stavu vily je důležité zaměřit se na zlepšení její obálky, která vykazuje velké tepelné ztráty, a to zejména z důvodu absence tepelné izolace. Obálky jsou uvažovány ve čtyřech různých kvalitativních variantách. Z nich je pak vybrána ta, která je technologicky nejproveditelnější a zároveň dosahuje slušných úspor energie.

Zateplení objektu s sebou přináší i nové možnosti využití alternativních zdrojů tepla či instalace nuceného větrání s rekuperací. Cílem je budovu upravit tak, aby splňovala normové požadavky a přiblížila se k úsporným budovám. Všechny mnou zvolené přístupy, jak daný problém vyřešit, jsou jedním z mnoha možných řešení.

Pro využití obnovitelných zdrojů energie a zvýšení energetické nezávislosti objektu, jsou vybrána doplňková opatření v podobě instalace fototermického kolektoru a tepelného čerpadla.

Základní opatření:

Sanace suterénu

Zateplení obálky budovy

Výměna výplní otvorů

Optimalizace otopné soustavy (viz kapitola 5)

Instalace VZT (viz kapitola 5)

Doplňková opatření (viz kapitola 5):

Instalace solárních termálních kolektorů pro přípravu TUV

Instalace tepelného čerpadla jako zdroje tepla

4.1 VNITŘNÍ STAVEBNÍ ÚPRAVY

Vnitřní úpravy budou probíhat buď po stavebních úpravách v exteriéru, nebo souběžně s nimi. Bude tak docíleno správného efektu sanací. Sanováno bude zdivo suterénu a podlahy objektu.

4.1.1 Sanace biologických projevů a zasolení zdiva suterénu

Na základě zjištěných informací ze stavebně-technického průzkumu předpokládám, že hydroizolace u základových konstrukcí nebyla porušena. Není tedy zapotřebí navrhovat sanaci

základových konstrukcí. Dle laboratorních zkoušek však bylo zjištěno vysoké zasolení suterénních omítek a přítomnost plísní v interiéru.

Průzkum zasolení zdiva byl pro potřeby práce vyhotoven pouze orientační z vnitřních omítek ze dvou míst cca 150 mm nad podlahou. Pro správné určení salinity v suterénním zdivu by bylo zapotřebí zpracovat podrobný průzkum. Desalinizace zdiva bývá nejčastěji spojena s jeho vysušováním. Může probíhat například elektroosmózou nebo díky nasákvým materiálům jako je bentonit nebo buničina, které do sebe vtahují vodu i se solemi. V našem případě není zapotřebí zdivo sanovat od vysoké vlhkosti, proto použijí sanační omítkový systém bez kombinace s dalšími hydroizolačními opatření. Sanační omítky mají jako hlavní úkol zabránit znovu vytvoření výkvětům solí. Systém má odhadovanou životnost minimálně deset let.

Vzhledem ke špatnému stavu vnitřních omítek suterénního zdiva cca do půl metru nad podlahou bylo zvoleno radikální řešení povrchové úpravy. Problematikou sanačních omítek se podrobně zabývá zejména německá směrnice WTA 2-9-04 sanační omítkové systémy. Prvním krokem k sanaci stávajících zasolených omítek je jejich odstranění s přesahem minimálně metr nad viditelnou hranici poškozené zóny. Zdivo je důkladně mechanicky očištěno kartáčem od zbytku nánosu omítky. V místě plechových garážových vrat se rozpadající ostění u podlahy dozdí cihlami plnými P20 na cementovou maltu. Na očištěný podklad se nanese omítkový podhoz (např. *weber.san podhoz*) tloušťky menší než 5 mm, který spojuje omítku s podkladem. Následná základní podkladová vrstva je nanesena v tloušťce 10-20 mm (např. *weber.san vyrovnávací WTA*). Po vytvrdnutí se nanese sanační omítka tloušťky 10-20 mm. Má vysokou poréznost, dobrou propustnost pro vodní páru a nízkou kapilární vztlávanost (např. *weber.san sanační WTA*). Celý sanační omítkový systém může být zakončen barevným minerálním, silikátovým či silikonovým nátěrem nebo štukem, který nesnižuje difuzní schopnost toto systému (např. *kerasil bez penetrace*). [18] [19] [20]

Biologické napadení plísněmi vyskytujícími se v interiéru je třeba, hlavně z důvodu dopadu na lidské zdraví, zlikvidovat. Nejideálnější podmínky pro výskyt plísní jsou především na podzim a v zimě. Konstrukce prochládají, větrá se minimálně a v kombinaci s vytápěním se pak zvyšuje hodnota vlhkosti vzduchu. Lokální kolonie plísní lze odstranit chemickými přípravky na bázi chlóru nebo aktivního stříbra. U silně napadené omítky na stěně s copility doporučuji omítku nejprve postříkat přípravkem na likvidaci plísní (např. *FungiSPRAY bezchlorový*), poté omítku odstranit a znovu natřít. Do nátěru bude přimíchán biocidní přípravek k omezení opětovnému

výskytu plísní. Pro použití je vhodný například bezchlorový *Fungisan*. Plísně se neseškrabují, jelikož by se jejich spory roznesly po celém domě.

Takováto sanační opatření nejsou trvalá a jsou brána spíše jako prevence. Permanentním řešením je vytvoření nevhodných podmínek pro samotný růst plísní. Toho bude docíleno vhodnými stavebními úpravami a pravidelnou cirkulací vzduchu (viz. kapitoly 4.2, 4.3.1 a 5). [19]

4.1.2 Sanace podlah

Vzhledem k rozdílné návrhové vnitřní teplotě mezi nevytápěným suterénem a vytápěným 1. NP je vhodné u této vnitřní vodorovné dělící konstrukce zlepšit tepelně-izolační vlastnosti a tím dojít k úsporám energie. Jelikož je světlá výška v suterénu na minimálním požadavku 2100 mm není možné dále snižovat tuto výšku zateplením stropní konstrukce. Proto byla navržena změny skladby podlahy. Při návrhu bylo uvažováno se zachováním stávající nosné části stropní konstrukce ze systému Hurdis. Odstraněna byla betonová deska a násyp škváry. Škvára v minulosti neprocházela žádnou kontrolou hygienické nezávadnosti. Není známo, z jakého zdroje pochází, zda se nejednalo o kontaminované naleziště s vysokým obsahem radonu. Proto je jedním z důvodů odebrání škváry z konstrukce také zlepšení zdravého vnitřního prostředí vily. Škvára byla nahrazena násypem z *Liaporu*. *Liapor*, obecně známý jako keramzit, má dobré tepelně-izolační i akustické vlastnosti, je lehký, nehořlavý a ekologicky nezávadný. Kvůli použití těžké plovoucí podlahy v návrhu nové skladby je násyp navíc zpevněný cementovým mlékem. Na násyp jsou přímo pokládány rohože z kamenné vlny (např. *Knauf PTN*) tloušťky 40 mm pro zvýšení kročejové neprůzvučnosti. Kročejová izolace je od betonové nášlapné vrstvy oddělena PE folií. Tato skladba byla ověřena orientačním výpočtem kvůli zatížení stávající konstrukce. Nově navržená skladba má nižší charakteristické zatížení než stávající stav (viz Tab. 11 a Tab. 12). Na základě tohoto závěru nebyl vyhotoven statický posudek.

Takto navržená skladba podlahy je vhodná pro implementaci různých technických systémů. Betonová vrstva je využita pro nové rozvody podlahového teplovodního vytápění (viz 5.1.3). Při použití varianty s teplovzdušným vytápěním jsou rozvody vzduchotechnického potrubí vedeny ve vrstvě kročejové izolace (viz 5.1.2). Z tohoto důvodu dojde k sanaci podlahového souvrství i ve 2. NP.

Rozpraskaná betonová podlaha v garáži bude opravena moderní litou epoxidovou vrstvou. Předtím, než začne vytváření samotných vrstev epoxidové lité podlahy, je třeba odstranit

starý nátěr a nečistoty, případně celou vrstvu betonu. Především je důležité všechny trhliny v podlaze vyplnit (alternativně zastehovat ocelovými sponami), jelikož by mohly praskat dál a potřhat tak nové podlahové souvrství. Základem na připravený podklad je nanést penetraci (např. *weber.sys epox penetrace*). Na zaschlou penetraci se nalije hlavní vrstva – epoxydová silnovrstvá stěrka (*weber.sys epox nátěr silnovrstvý*). Posledním technologickým krokem je lakování (např. *weber.sys epox lak*) pro prodloužení životnosti podlahy. Epoxydové podlahy vykazují vysokou mechanickou i chemickou odolnost jsou bezespáré, estetické, a především snadno udržovatelné.

| Stávající skladba podlahy | | | |
|---------------------------|-----------------|--|--|
| Vrstva podlahy | Tloušťka [m] | Objemová tíha [kN/m ³] | Charakteristické zatížení [kN/m ²] |
| Betonová roznášecí vrstva | 0,09 | 23 | 2,07 |
| Násyp škváry | 0,1 | 7,5 | 0,75 |
| Vápenocementový potěr* | - | - | - |
| Stropní systém Hurdis* | - | - | - |
| Vápenocementová omítka* | - | - | - |
| Celkem | | | 2,82 |

*neměňená vrstva skladby podlahy

Tab. 11 Výpočet charakteristického zatížení stávající skladby podlahy

| Nová skladba podlahy | | | |
|---------------------------|-----------------|--|--|
| Vrstva podlahy | Tloušťka [m] | Objemová tíha [kN/m ³] | Charakteristické zatížení [kN/m ²] |
| Betonová roznášecí vrstva | 0,06 | 23 | 1,38 |
| Kročejová izolace Knauf | 0,04 | 1,3 | 0,052 |
| Násyp Liapor | 0,1 | 5,5 | 0,4 |
| Vápenocementový potěr* | - | - | - |
| Stropní systém Hurdis* | - | - | - |
| Vápenocementová omítka* | - | - | - |
| Celkem | | | 1,982 |

*neměňená vrstva skladby podlahy

Tab. 12 Výpočet charakteristického zatížení nové skladby podlahy

4.2 ZATEPLENÍ OBJEKTU

Kvůli velkým tepelným ztrátám prostupem je hlavním sanačním opatřením vnější zateplení obálky domu. Před samotným zateplením musí být odstraněny veškeré klempířské

a zámečnické prvky zasahující do fasády, jako jsou parapetní plechy, oplechování říms, stříšky a atiky, dešťový svod a žlab, hromosvod, žebřík a větrací mřížky atiky. Zateplení je navrženo formou kontaktního zateplovacího systému (certifikovaný systém ETICS).

4.2.1 Varianty obálky budovy

Pro zvolení vhodných parametrů zateplovacího systému byly vytvořeny čtyři kvalitativní varianty obálky budovy. Jednotlivé varianty jsou zvoleny dle požadavků normy ČSN 730540-2 (Tepelná ochrana budov – Požadavky), která udává požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla a doporučené hodnoty pro pasivní standard budov (viz Tab. 13 Tab. 7). Poslední varianta je optimalizována z hlediska technické proveditelnosti s ohledem na stávající stav konstrukcí. Všechny navržené varianty splňují ukazatele energetické náročnosti budovy.

Jednotlivé varianty obálek budovy:

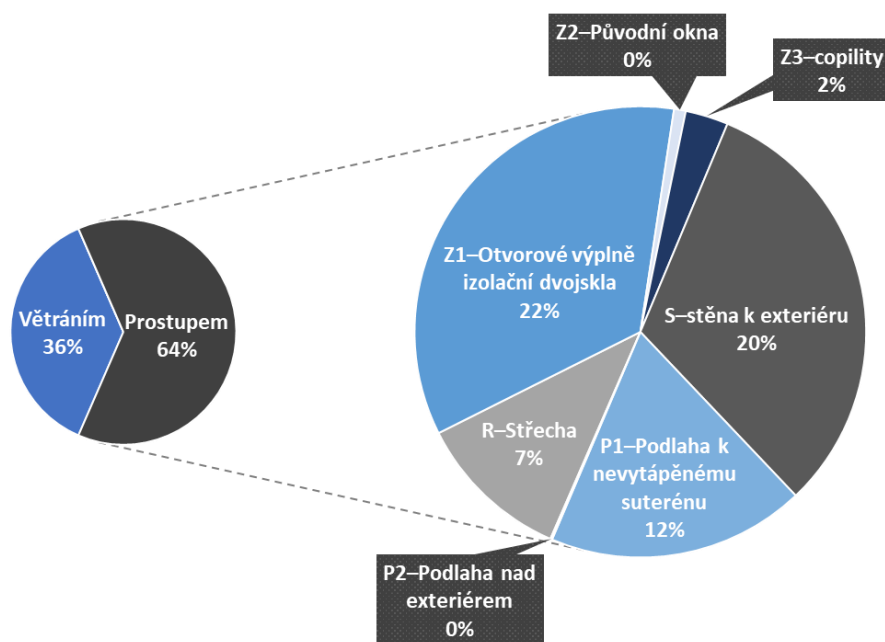
- Varianta 1 Konstrukce vyhovují požadovaným hodnotám součinitele prostupu tepla
- Varianta 2 Konstrukce vyhovují doporučeným hodnotám součinitele prostupu tepla
- Varianta 3 Konstrukce splňují doporučené hodnoty pro nízkoenergetické a pasivní domy
- Varianta 4 Součinitele prostupu tepla konstrukcí jsou optimalizovány dle technické proveditelnosti

| Konstrukce | Stávající U [W/(m ² ·K)] | Varianta 1 U_{n,20} [W/(m ² ·K)] | Varianta 2 U_{n,rec,20} [W/(m ² ·K)] | Varianta 3 U_{pas,20} [W/(m ² ·K)] | Varianta 4 U_{opt} [W/(m ² ·K)] |
|---|--|--|--|--|---|
| S – stěna k exteriéru | 1,25 | 0,30 | 0,25 | 0,12 | 0,20 |
| P1 – podlaha k nevytápěnému suterénu | 1,00 | 0,60 | 0,40 | 0,25 | 0,40 |
| P2 – podlaha nad exteriérem | 1,00 | 0,24 | 0,16 | 0,12 | 0,16 |
| R – střecha | 0,36 | 0,24 | 0,16 | 0,14 | 0,16 |
| Z1 – izolační dvojskla | 1,50 | 1,50 | 1,20 | 0,75 | 1,50 |
| Z2 – původní okna | 2,28 | 1,50 | 1,20 | 0,75 | 0,75 |
| Z3 – copility | 7,00 | 1,50 | 1,20 | 0,75 | 0,75 |
| U_{em} [W/(m²·K)] | 1,14 | 0,43 | 0,34 | 0,21 | 0,33 |

Tab. 13 Souhrnná tabulka součinitelů prostupu tepla jednotlivých variant

Vybrána byla Varianta 4. Většina konstrukcí u této varianty splňuje doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla. Nižších součinitelů prostupu tepla dosahuje obvodová

stěna S a okenní výplně Z2 a Z3 navržené jako izolační trojskla. Z ekonomických důvodů nebyla měněna stávající konstrukce Z1 s izolačními dvojskly, která dosahuje požadované hodnoty součinitele prostupu tepla. Stala se tak nejslabší částí budovy z hlediska tepelných ztrát (viz Graf 2). Oproti stávající variantě se součinitel prostupu tepla zlepšil 3,5krát. Výraznější roli hraje nyní tepelná ztráta větráním, na kterou je mimo jiné zaměřena kapitola 5.1.



Graf 2 Rozložení měrných tepelných toků nově navržené Varianty 4

Varianta obálky 3 je evidentně nejúspornější, nicméně obvodové stěny k exteriéru dosahují mocnosti až 750 mm (při použití stejného izolantu jako u ostatních variant), přičemž by tímto bylo negativně ovlivněno světelné klima v objektu příliš hlubokým nadpražím. Navíc by vznikl problém se zateplením stropu v suterénu, kde by musela být snižována světlá výška. Protokoly hodnocení všech variant ze softwaru Energie jsou součástí Přílohy 3.

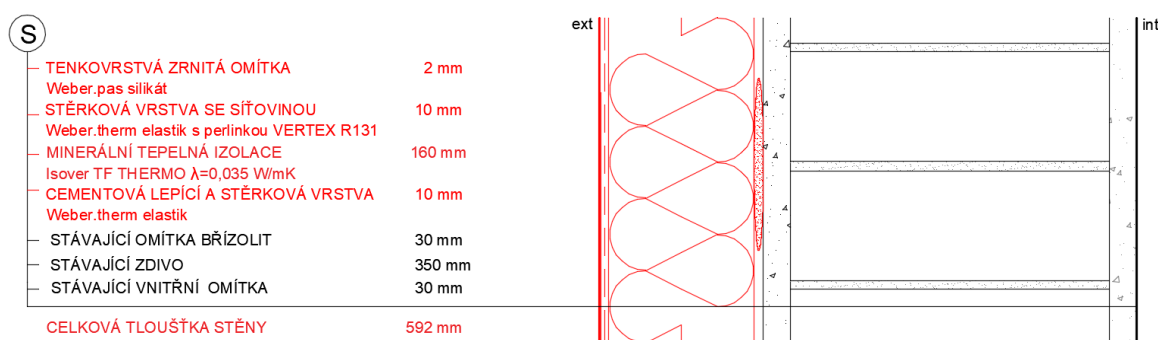
4.2.2 Zateplení obvodových stěn

Kontaktní zateplení bude provedeno na pevný a soudržný podklad. Břizolitová omítka na objektu je v dobrém stavu, nedrolí se ani nepráší. Omítka však bude omyta tlakovou vodou se saponátem od prachu a nečistot. Praskliny od vytrhnutí střešního plechu v atikové oblasti jsou již vyspraveny, je však důležité provést kontrolu rovinnosti, případně podklad penetrovat pro lepší přilnavosti povrchu. Jelikož se břizolit nanášel na zdivo ve velkých tloušťkách (místa až 40 mm) a faktor difuzního odporu má okolo 25, je zde možnost, že by mohl v navržené skladbě fungovat jako nežádoucí parozábrana a mohlo by tedy docházet ke kondenzaci vodní páry ve skladbě. Skladba obvodové stěny vybrané Varianty 4 byla z tohoto důvodu posouzena s břizolitem a bez

něj softwarem Teplo pro 1D šíření vodní páry konstrukcí. V obou skladbách dle normy ČSN 73 0540 dochází při venkovní návrhové teplotě $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ke kondenzaci vodní páry na rozhraní minerální izolace a stěrkové vrstvy vnější omítky. Na tomto místě kondenzace neporuší funkci ani životnost obvodové konstrukce. Je tedy třeba splnit dvě následující podmínky. První je, že množství zkondenzované páry nesmí překročit normovou hodnotu $M_{c,N}$ ⁴. Druhou podmínkou je, že množství zkondenzované vodní páry za rok ($M_{c,a}$) je menší než množství vypařitelné vodní páry za rok ($M_{ev,a}$). Ke kondenzaci během roku dochází při teplotách nižších než $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (celé protokoly softwaru Teplo v Příloze 4). Břízolit tedy v konstrukci zásadně neovlivňuje difúzi vodní páry. Proto se kontaktní systém vytvoří přímo na stávající břízolitovou omítku. Zbavení objektu stávající pevné omítky by navíc bylo velice pracné.

| | Difúze vodní páry a bilance vodní páry podle ČSN 73 0540-2 | | | | | Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788 |
|-------------------------------------|--|-----------|------------|--------------------------------------|------------------------------------|---|
| | $M_{c,a}$ | $M_{c,N}$ | $M_{ev,a}$ | $M_{c,a} \leq M_{c,N}$ 1.podmínka | $M_{c,a} < M_{ev,a}$ 2.podmínka | |
| Zateplení se stávajícím břízolitem | 0,0204 | 0,1 | 6,752 | Splněna | Splněna | V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry. |
| Zateplení bez stávajícího břízolitu | 0,0377 | 0,1 | 6,729 | Splněna | Splněna | |

Tab. 14 Porovnání navržených skladeb konstrukcí z hlediska kondenzace vodní páry



Obr. 62 Výsledná skladba zateplené obvodové stěny; nové vrstvy konstrukce označené červenou barvou

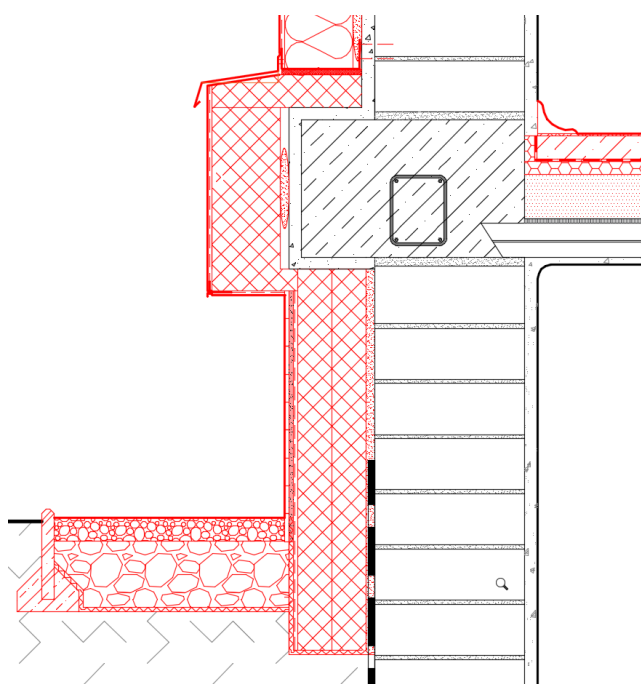
Jako tepelně izolační materiál byla zvolena čedičová vlna s podélnými vlákny o tloušťce 160 mm. Minerální izolace byla použita z důvodu prodyšnosti materiálu, který tak dotváří difúzně

⁴ Normová hodnota uvedená v normě ČSN 73 0540-2 pro vnější kontaktní zateplení je nižší z hodnot $M_{c,N}=0,10\text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ nebo 3 % plošné hmotnosti materiálu (jeli kož ke kondenzaci dochází na rozhraní dvou materiálů, vybere se materiál, který má nižší hodnotu plošné hmotnosti, v tomto případě tepelná izolace $25,6\text{ kg}/\text{m}^2$ $M_{c,N,3\%}=0,768\text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$. V tomto případě tedy $M_{c,N}=0,10\text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$.

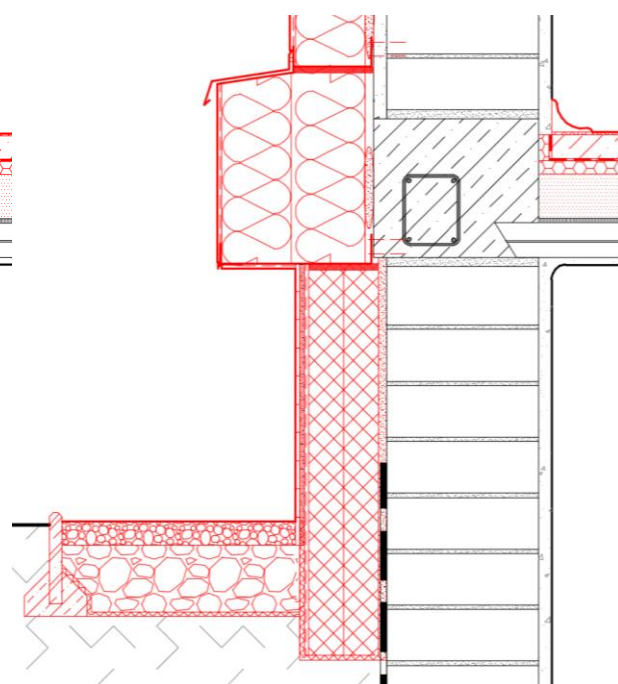
otevřenou skladbu obvodové stěny. Připevnění izolačních desek bude provedeno lepením s dostatečným prokotvením. Desky izolace budou lepeny pomocí paropropustné lepící a stěrkové vrstvy na bázi cementu (např. *weber.therm elastik*). Použity budou šroubovací talířové hmoždinky v plastovém pouzdře o průměru 60 mm s ocelovým trnem s povrchovou antikorozi ochranou. Kotvy budou instalovány zapuštěnou montáží a opatřeny zátkou z tepelné izolace, pro snížení hodnoty bodových tepelných mostů. Počet kotev je závislý na mnoha faktorech jako například v jaké větrné oblasti v ČR se objekt nachází, v jakém prostoru je umístěn, výšce objektu, pevnosti podkladu a druhu a kvalitě hmoždinek. Návrh počtu hmoždinek řeší norma ČSN 73 2902, stanovuje ho projektant na základě statického výpočtu nebo případně výtažnou zkouškou na stavbě. U mnou vybraného tepelného izolantu *Isover TF THERMO* je výhodnější kotvit do pole desky a standardně na hrany a rohy počtem hmoždinek od 5-13,3 ks/m². V místě napojení nových výplňových konstrukcí otvorů bude použita difúzní (exteriér) a parotěsnicí (interiér) samolepící fólie po celém obvodu. U stávajících oken se předpokládá absence těchto pásek. Proto bude při zateplení na exteriérovou část očištěného zdiva nalepena taktéž samolepící difúzní fólie. Z interiéru bude instalována samolepící parotěsná fólie jen v případě, dojde-li k odstranění vnitřních vrstev omítky u okenních konstrukcí. Nadpraží, ostění a parapet budou zatepleny minimálně 30 mm grafitového EPS. Na desky tepelných izolací se nanáší vrstva stěrkové hmoty na bázi cementu s výztužnou mřížkou. Do této vrstvy jsou implementovány další výztužné prvky jako síťoviny v rozích oken, rohové profily, profily s okapničkou a další. Vrchní vrstva omítky je dekorativní tenkovrstvý silikátový nátěr. Klíčové detaily při zateplení jsou podrobněji řešeny v kapitole 4.4.

Soklová oblast bude taktéž zateplena. Stávající kabřincový obklad bude otlučen a podklad zarovnan stěrkou. Následně je provedeno zateplení stejným způsobem popsaným výše, místo minerální izolace však bylo nutné použít nenasákavou tepelnou izolaci z EPS perimetru. Zateplení soklové oblasti je dotaženo minimálně 300 mm pod přilehlou zeminu. Izolace je v zemině ochráněna netkanou geotextílií. Pokud suterén zůstane nevytápěný, není zapotřebí zateplovat objekt až k základům, neexistuje totiž normový požadavek na součinitel prostupu tepla pro svislou konstrukci v nevytápěném prostoru v kontaktu se zeminou. Povrchová úprava soklu bude vytvořena opět z kabřincového obkladu. Proto je důležité správné vyhotovení armovací vrstvy na tepelnou izolaci. Tato vrstva se poté opatří speciálním cementovým lepidlem na lepení venkovních obkladů a připevní se obklad. Sokl bude po obvodu obsypán štěrskem. Rizikovou částí detailu, je pozitivní římsa soklu. Na římsu musí být ochranné oplechování kvůli stékající

a odstříkující dešťové vodě. Proto bylo založení minerální izolace vytvořeno 90 mm nad římsou pomocí zakládací lišty z PVC pro eliminaci tepelného mostu. Na vnější část lišty byl upevněn pozinkovaný plech, který byl v horní části zapuštěn do cementové stěrky. Izolace pod oplechováním byla vyspádována do 5% spádu. Ve snaze zachovat objektu původní vzhled nastala otázka, zda římsu, která tvoří rám, ponechat, či ji srovnat s obvodovým zdívem a vytvořit falešnou římsu z obvodového kontaktního zateplení. Proto byly vytvořeny dvě varianty, které byly dále posouzeny v kapitole 4.4.3. Podrobné výkresy obou variant detailů jsou v Příloze 8.



Obr. 63 Znáznění řešení soklové římsy VARIANTA 1; nové vrstvy konstrukce označené červenou barvou



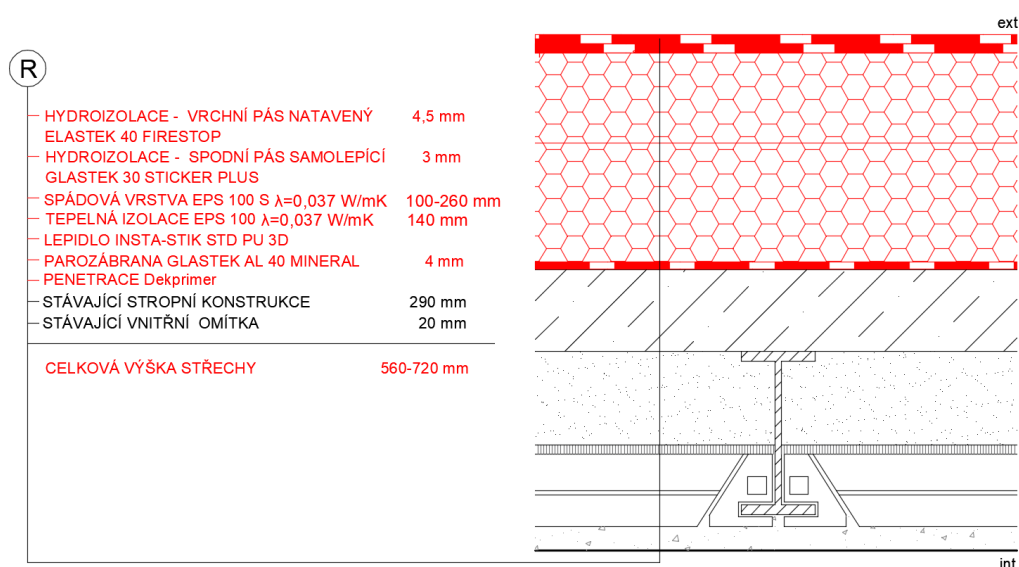
Obr. 64 Znáznění řešení soklové římsy VARIANTA 2; nové vrstvy konstrukce označené červenou barvou

4.2.3 Zateplení střechy

Střecha je zateplována hlavně z důvodu energetické sanace, jelikož technický stav střechy po lokálních opravách není špatný. Střecha by mohla být zateplena dvěma způsoby. První je vytvoření tzv. DUO střechy, kdy je zachována stávající konstrukce střešního pláště až po povlakovou hydroizolaci a na ní položena dodatečná tepelná izolace s XPS desek s přitížením. Vzhledem k parametru součinitele prostupu tepla, kterého chceme docílit, by výsledná skladba konstrukce měla velkou mocnost a došlo by tak k výraznému přitížení nosné konstrukce. Nutnou součástí tohoto návrhu by byl statický posudek ověřující, zda je nosná konstrukce střešního pláště dostatečně únosná. Navíc, vzhledem k velkému objemu násypu škváry, může škvára vázat velké množství vody. Je proto zvláště důležité znát její vlhkostní stav. Pokud by se tato voda ve střeše

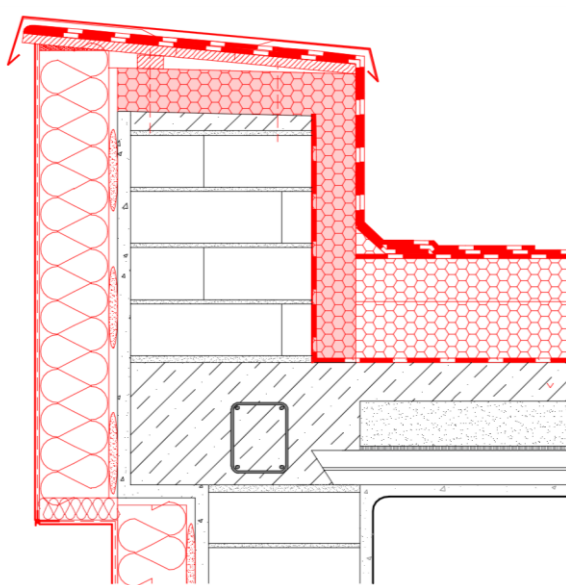
novými stavebními úpravami (zaslepení „větracích“ průduchů, nové vrstvy skladby střechy atd.) uzavřela, může způsobovat vlhkostní lokální poruchy nových vrstev či dokonce poruchy v interiéru.

Byl zvolen tedy druhý přístup vytvoření nové skladby jednoplášťové střechy s obvyklým pořadím vrstev. Tato varianta je ekonomicky nákladnější. Než se začne se samotným zateplením, je třeba odebrat vrstvy staré skladby střechy a odhalit nosnou konstrukci zakončenou betonovou deskou, na kterou se pak vystaví skladba nová. Rizikem tohoto řešení je dočasné zbavení řešeného objektu hydroizolační ochrany. Pokud by při obnově střechy selhala provizorní ochrana proti vodě, byla by tak stavba ohrožena zatečením vody do interiéru. Je nutné také počítat s pružností nosné konstrukce střechy během sanace, hrozí vznik trhlin mezi stropem a příčkami. Navržená skladba střešního pláště nepřitěžuje současnou nosnou konstrukci stropu. Provede se tedy demontáž stávající plechové krytiny, oplechování atik, hydroizolačních asfaltových pásů IPA, polystyrenu, betonové vrstvy, a hlavně násypu škváry. Větrací kanálky v atice budou zaslepeny. Na očištěnou stropní konstrukci bude nanášena penetrace pro lepší přilnavost parozábrany (např. *Glasterk Al 40 MINERAL*). Na parozábranu bude lepena první vrstva tepelné izolace z rovných EPS desek tloušťky 140 mm. Druhá vrstva tepelně izolačních desek bude ze spádových desek EPS od tloušťky 100 mm po 260 mm. Pro spádové desky je třeba vypracovat kladečský plán. Na tepelnou izolaci následuje instalace vodotěsníci vrstvy. Skládá se ze dvou SBS modifikovaných asfaltových pásů. Spodní pás je samolepící připevněný k tepelné izolaci. Horní pás zakončující střešní skladbu je celoplošně natavený.

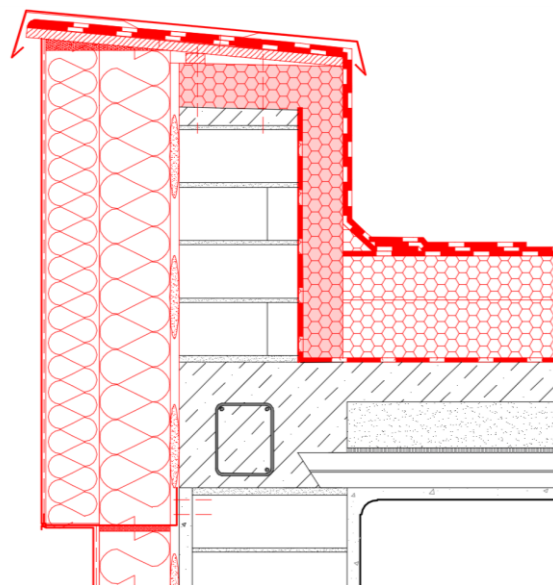


Obr. 65 Navržená skladba ploché jednoplášťové střechy; nové vrstvy konstrukce označené červenou barvou

Pro předpoklad správného fungování střechy je důležité vhodné vnější zateplení atiky. Zateplení bude provedeno deskami z XPS shora a z vnitřního líce atiky. Z vnějšího líce bude dotažen až k horní hraně tepelně izolačních desek XPS kontaktní zateplovací systém obvodových stěn. Na horním líci XPS polystyrenu bude připevněna OSB deska, která tvoří spád atiky 5 %. Na desku jsou dotaženy hydroizolační asfaltové pásy ze skladby střechy. Asfaltové pásy jsou shora chráněny poplastovanou plechovou příponkou. Jelikož by atika po zateplení měla velkou hloubku, bylo z ní odsekáno cca 100 mm zdiva a prostor vyplněn výše zmíněným XPS. Opět zde nastala stejná otázka jako u soklové římsy (viz 4.2.2), zda atikovou římsu tvořící rám ponechat či srovnat s obvodovým zdivem a vytvořit falešnou římsu z obvodového kontaktního zateplení. Taktéž byly vytvořeny dvě varianty, které byly dále posouzeny v kapitole 4.4.2. Výkresy obou variant detailů jsou umístěny v Příloze 8.



Obr. 66 Znáznornění řešení atikové římsy VARIANTA 1; nové vrstvy konstrukce označené červenou barvou



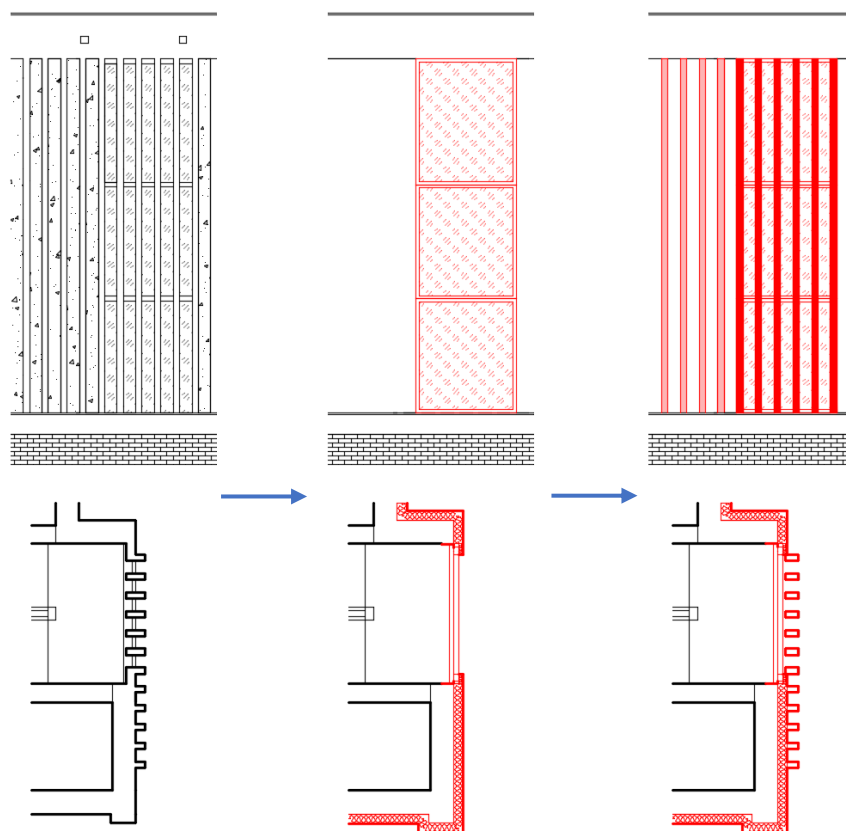
Obr. 67 Znáznornění řešení atikové římsy VARIANT 2; nové vrstvy konstrukce označené červenou barvou

4.3 SANAČNÍ PRÁCE SPOJENÉ SE ZATEPLENÍM OBJEKTU

Současně se zateplením se budou provádět sanace konstrukcí, které by svou dodatečnou instalací poškodily novou fasádu domu. Patří sem také konstrukce, které je třeba opravit, aby byl ucelen vzhled celé vily.

4.3.1 Výplňové konstrukce

Nejslabší částí stávající obálky budovy je zasklení schodišťové haly profilovým sklem. V nově navržené variantě obálky budovy byla ambiciózně zvolena nová okenní konstrukce s izolačním trojsklem. Nová profilová skla, která v dnešní době nahrazují copility se však vyrábí s horšími tepelně izolačními vlastnostmi. Proto byl vymyšlen způsob, jak docílit zvoleného součinitele prostupu tepla a zároveň zachovat venkovní členění na severní fasádě vily. Stávající copility i s vyzděnými sloupky budou demontovány a nahrazeny třemi plastovými neotvíravými okny s izolačními trojskly o rozměrech 2000 x 1850 mm. Vnější úprava zasklení bude bezúdržbová s mléčným zakalením, aby do interiéru vstupovalo difúzní světlo a byl zachován vzhled copilitů. Sloupky před okny budou vytvořeny z prefabrikovaných železobetonových prvků o rozměrech 100x215x5550 mm, opatřené omítkovým souvrstvím s barvou fasády. Připevněné budou k atikové a soklové římsě.



Obr. 68 Vývoj instalace falešných copilitů se sloupky; nové vrstvy konstrukce označené červenou barvou

Ostění a nadpraží stávajících plastových oken s dvojskly bylo zatepleno 50 mm grafitovým EPS. Parapet oken byl zateplen grafitovým EPS ve spádu 5 % kdy nejnižší část má výšku 50 mm. Pro použití takovéto tloušťky izolace bylo zapotřebí odstranit stávající břizolitovou omítku a část

zdiva. Sundáním omítky bude vyhodnocen stavu PUR pěny v připojovací spáře, zda není zapotřebí ji odstranit a nahradit. Pro zmenšení tepelného mostu by mohlo být stávající okno posunuto k vnějšímu líci zdiva. To je však velice pracné a výsledná úspora energie není nijak závratná. Na očištěný zděný podklad po celém obvodu okna bude z exteriéru nalepena difúzní samolepící páska. Pokud bude upravována omítka v interiéru, či bude okno posunována blíže k venkovnímu líci zdiva, bude po celém vnitřním obvodu okno opatřeno parotěsnící páskou. U stávajících oken se předpokládá nepřítomnost obou těchto pásek.

Nově navržená plastová okna s izolačním trojsklem v hygienickém zázemí budou pro minimalizace tepelných mostů vysunuta před zdivo do úrovně tepelné izolace. Jednou z praktických výhod tohoto řešení je větší hloubka vnitřního parapetu. Nová okna budou z vnější části ve stejném tmavě hnědém dekoru dřeva, jako jsou stávající plastová okna s dvojsklem. Z vnitřní strany budou bílá.

Další opotřebenou výplňovou konstrukcí, která se však nachází mimo vytápěnou obálku, jsou pokroucená plechová garážová vrata. Budou demontována a otvor bude osazen novými sekčními vraty. Jedná se o sekční stropně pojížděcí garážová vrata ovládaná elektropohonem. Výška jednotlivých sekcí je cca 500 mm, tloušťka cca 40 mm. Vnitřní a vnější povrch je z pozinkovaných ocelových plechů nalakovaných odolnou polyester-silikonovou tmavě hnědou barvou.

4.3.2 Venkovní schodiště

Stávající betonová schodiště jsou nepřetržitě namáhané konstrukce provozem a současně jsou vystaveny povětrnosti. V důsledku cyklického působení mrazu jsou betonové stupně a schodnice schodiště velice poškozené. Sanace takto opotřebených železobetonových výrobků se provede následujícím způsobem. Nejprve musí být odstraněny všechny vrstvy starých nátěrů, nesoudržných částí, zkorodovaných vrstev betonu apod. Odhalená ocelová výztuž bude zbroušena do kovového lesku a následně ošetřena polymercementovým nátěrem s antikorozií složkou, která obsahuje inhibitory koroze (např. *UNISAN ADH 2K*). Na takto chráněnou výztuž se použije polymercementová reprofilační malta. Na odrolené rohy a praskliny bude vhodné použít reprofilační maltu (např. *MONOCRETE PPE TH*) mechanicky přikotvenou ke stávajícímu podkladu ocelovou svařovanou sítinou (např. *ARMOBET 40/40/2*). Takový způsob zajištění umožňuje snížení rizika rychlého opakování poruch. Na cementovou reprofilační směs se u takto namáhané konstrukce nanese sekundární ochranná směs (např. *DENSOCURE W forte*) proti působení

okolního prostředí a sjednocení vzhledu konstrukcí, které byly lokálně vyspraveny. Vhodně se také použije ochrana hran schodnic speciální upevňovací korozně odolnou lištou (např. *ARMOBET FL Zn*). Na závěr se na schodišťových stupních vytvoří protiskluzová úprava povrchu, například pískováním, broušením či z kamínků zalitých v pryskyřici. [21]

Alternativní návrh úprav venkovního schodiště je vytvoření bezbariérového přístupu alespoň do 1. NP, který do budoucna může být nezbytný. Vhodným místem je úplné nahrazení stávajícího schodiště na venkovní terasu rampou, kde je přilehlý terén relativně vysoko. Aby rampa o sklonu 12,5 % byla dlouhá maximálně 3 m, bude výškový rozdíl snížen navezenou a zhutněnou zeminou cca 400 mm do výšky.

4.3.3 Venkovní terasa

Pro správnou sanaci terasy by musel být proveden podrobnější průzkum, při kterém by byl zjištěn stav násypu pod betonovou deskou terasy a vlhkost základové zdi terasy. Ze zjednodušeného průzkumu vyplynulo, že terasa neovlivňuje statiku objektu ani nemá velký vliv na jeho tepelnou obálku. Proto by bylo možné přistoupit k nejradikálnějšímu kroku, celou terasu demontovat a postavit znovu, například jako lehčí dřevěnou konstrukci.

Nicméně samotná terasa nevykazuje nerovnosti dlažby či statické poruchy, spíše zanedbanou údržbu. Sanace je tedy možná. Nejprve budou odstraněny opadané a znehodnocené části omítky, kabřincového obkladu a parapetních plechů. Jelikož jsou prvky terasy značně porostlé zelenou řasou a mechem, bude na ně použit ošetřující přípravek, který proniká hluboko do napadeného materiálu a zastavuje další růst těchto organismů. K betonovým částem terasy – odroleným rohům římsy se bude přistupovat stejně jako při sanacích venkovního schodiště (viz 4.3.2). Ke zbytku zděných konstrukcí – za předpokladu, že zdivo nebude nasycené vzlínající vodou, ale jen částečně vlhké, bude se dá dále přistupovat tak, že se ošetří *Hydrofobizérem*. Ten se používá jako prostředek pod sanační omítku, který zamezuje proniknutí solí i vlhkosti do sanačních vrstev. Následně je vyhotoveno souvrství sanační omítky (popsané v kapitole 4.1.1) s konečnou úpravou vhodnou do exteriéru. Bohužel na takto sanovanou soklovou část zdiva nelze umístit původní kabřincový obklad, jelikož by nebyla zajištěna funkčnost sanační omítky.

4.4 ZHODNOCENÍ TEPELNÝCH MOSTŮ KLÍČOVÝCH DETAILŮ

Kvalita obálky je závislá na kvalitě provedení detailů. Byly vybrány čtyři detaily, na jejichž řešení se zaměřím podrobněji. Bude posouzeno, zda navržené detaily splňují požadavky normy ČSN 730540-2 na teplotní faktor vnitřního povrchu konstrukce⁵ a také lineární činitel prostupu tepla⁶ v návrhových podmínkách⁷. Splnění těchto podmínek je prevencí rizika povrchové kondenzace a růstu plísní. Teplota rosného bodu v interiéru je při návrhových podmínkách 9,3 °C.

Každá tepelná vazba mezi konstrukcemi musí splňovat podmínku $\psi \leq \psi_N$ ⁸. Pro styk vnější stěny a další konstrukce s výjimkou výplně otvoru požadovaná hodnota lineárního činitele prostupu tepla $\psi_N = 0,20 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ a pro styk vnější stěny a výplně otvoru je hodnota $\psi_N = 0,10 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. V softwaru Area byly vymodelovány 2D teplotní pole vybraných detailů a vypočteny tepelné propustnosti $L \text{ [W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$ těmito výseky konstrukce. U detailů, na které působí dvě okrajové teploty, se lineární součinitel prostupu tepla staví ze vztahu:

$$\psi = L - \sum U_j \cdot b_j \quad [\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$$

kde L je vypočtená tepelná propustnost hodnoceným detailem softwarem Area ve $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, U_j je součinitel prostupu tepla j -té dílčí plošné konstrukce ve $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ a b_j je délka hodnoceného úseku j -té konstrukce v m. [22]

U řešení detailů budou vypočtené lineární činitele prostupu tepla zahrnuty do konečného energetického hodnocení navrženého stavu. U zbývajících tepelných vazeb bude velikost lineárního činitele prostupu tepla uvažována jako požadovaná hodnota ψ_N na danou vazbu. Výpočet přírážky na vliv tepelných vazeb bude tedy zajisté na straně bezpečnosti, poněvadž u venkovního zateplení je působení tepelných vazeb mezi konstrukcemi obvykle velmi malé. Tepelná izolace totiž probíhá kontinuálně přes veškeré styky konstrukcí.

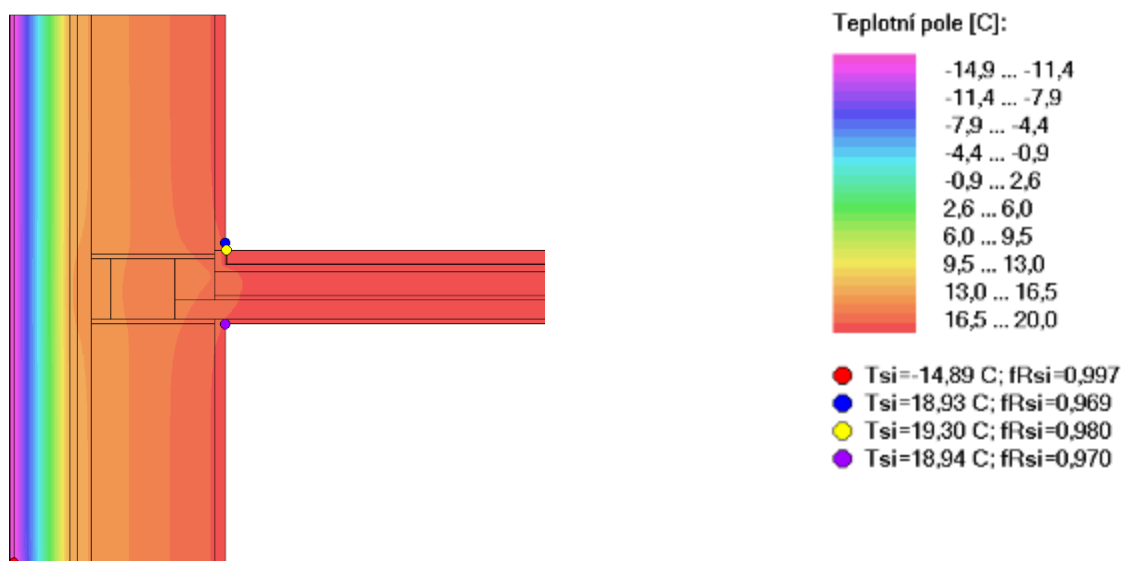
⁵ Teplotní faktor vnitřního povrchu je poměrná veličina, která je na rozdíl od vnitřní povrchové teploty vlastností konstrukce a nezávisí na působících teplotách. Požadavky na teplotní faktor jsou uvedeny v normě ČSN 73 0540-2. Jsou odlišné pro neprůsvitné konstrukce a pro výplně otvorů.

⁶ Lineární činitel prostupu tepla ψ charakterizuje tepelně technické vlastnosti 2D tepelných mostů a vazeb. Lineární činitel může nabývat i záporných hodnot. V běžné praxi se nemusí hodnotit, jeli zaručeno velmi malé působení tepelných vazeb mezi konstrukcemi, a to jak návrhem, tak provedením. Do výpočtu se pak zahrnuje jako přírážka na vliv tepelných vazeb ΔU_{tbm} . [22]

⁷ Návrhové podmínky pro hodnocené detaily byly stanoveny: $\theta_e = -15 \text{ °C}$, $\psi_i = 84 \%$, $\theta_i = 20 \text{ °C}$, $\psi_i = 50 \%$

⁸ kde ψ je vypočtená hodnota lineárního činitele prostupu tepla tepelné vazby mezi konstrukcemi a ψ_N je normová hodnota lineárního činitele prostupu tepla pro danou tepelnou vazbu dle normy ČSN 730540-2; v jednotkách $[\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}]$.

4.4.1 Styk stropní konstrukce s obvodovou stěnou



Obr. 69 Teplotní pole hodnoceného detailu styku stropní konstrukce s obvodovou stěnou

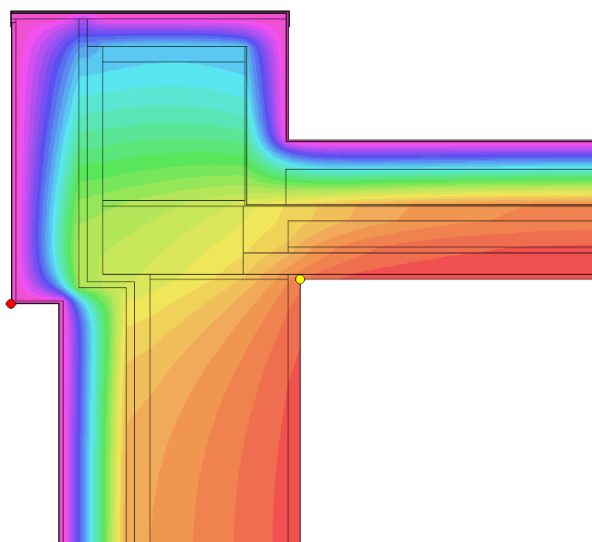
Nejnižší vnitřní teplota povrchu byla vypočtena na podlaze $\theta_{si} = 18,93 \text{ }^\circ\text{C}$. Výsledky jsou dále shrnuty do tabulky *Tab. 15*. Kompletní posouzení umístěné v Příloze 5

| | | |
|--|--------------------|-------|
| Požadovaná hodnota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu | $f_{Rsi,N}$ [-] | 0,744 |
| Vypočtený nejnižší teplotní faktor konstrukce | f_{Rsi} [-] | 0,969 |
| Podmínka: $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$ | SPLNĚNA | |
| Tepelná propustnost | L [W/(m·K)] | 0,426 |
| Vypočtený lineární činitel prostupu tepla | ψ [W/(m·K)] | 0,013 |
| Požadovaná hodnota lineárního činitele prostupu tepla | ψ_N [W/(m·K)] | 0,2 |
| Podmínka: $\psi \leq \psi_N$ | SPLNĚNA | |

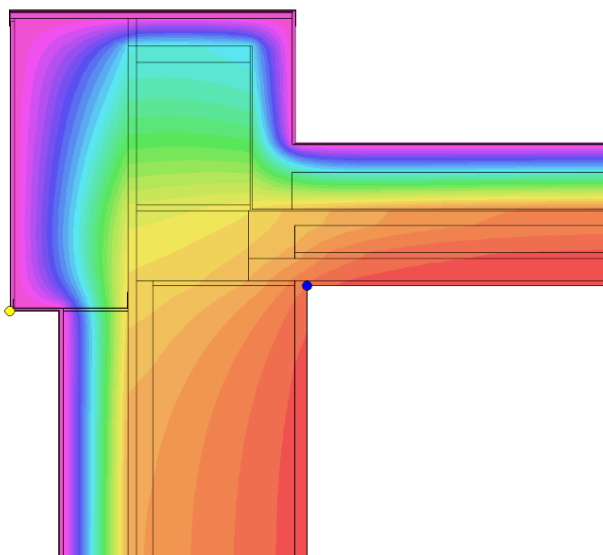
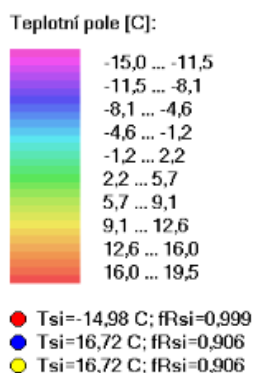
Tab. 15 Hodnocení detailu styku stropní konstrukce s obvodovou stěnou

4.4.2 Atika

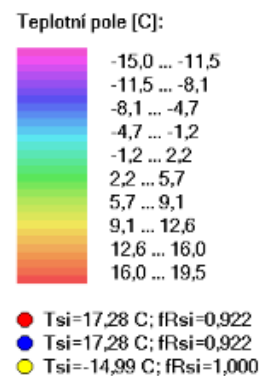
Jak již bylo zmíněno výše v kapitole 4.2.3 pro řešení atiky byly vypracovány dvě varianty. Kvalita těchto dvou provedení byla posouzena a výsledky shrnuty do tabulky *Tab. 16*. Nejnižší vnitřní teplota povrchu Varianty 1 byla vypočtena na stopě $\theta_{si} = 16,72 \text{ }^\circ\text{C}$. Nejnižší vnitřní teplota povrchu Varianty 2 byla vypočtena $\theta_{si} = 17,28 \text{ }^\circ\text{C}$, tedy o půl stupně vyšší než u Varianty 1. Rozdíly variant výsledků nebyly nijak markantní, proto bylo zvoleno méně pracné řešení. Zateplení se bude provádět dle Varianty 1 přímo na stávající římsu. Kompletní posouzení umístěné v Příloze 5.



Obr. 70 Teplotní pole
hodnoceného detailu
atiky VARIANTA 1



Obr. 71 Teplotní pole
hodnoceného detailu
atiky VARIANTA 2



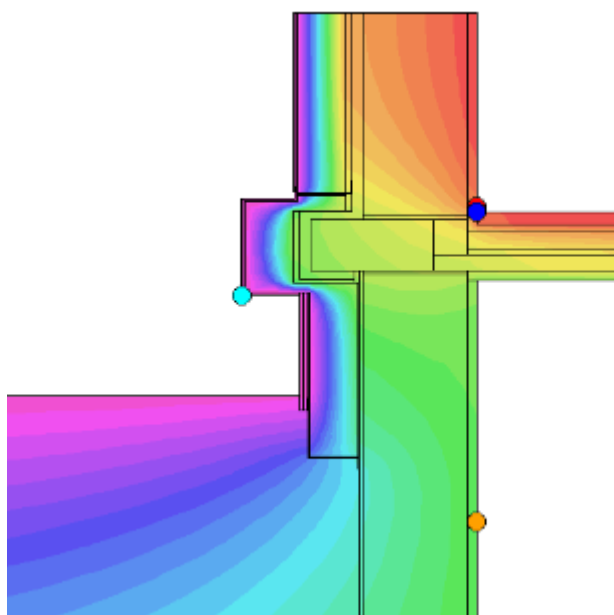
| | | Varianta 1 | Varianta 2 |
|--|--------------------|----------------|------------|
| Požadovaná hodnota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu | $f_{Rsi,N}$ [-] | 0,744 | |
| Vypočtený nejnižší teplotní faktor konstrukce | f_{Rsi} [-] | 0,969 | 0,922 |
| Podmínka: $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$ | | SPLNĚNA | |
| Tepelná propustnost | L [W/(m·K)] | 0,575 | 0,510 |
| Vypočtený lineární činitel prostupu tepla | ψ [W/(m·K)] | 0,642 | -0,0008 |
| Požadovaná hodnota lineárního činitele prostupu tepla | ψ_N [W/(m·K)] | 0,2 | |
| Podmínka: $\psi \leq \psi_N$ | | SPLNĚNA | |

Tab. 16 Hodnocení detailu atiky

4.4.3 Sokl

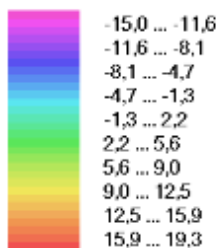
Stejně jako pro řešení atiky byly pro detail soklu vypravovány dvě varianty (viz kapitola 4.2.2). Kvalita těchto dvou provedení byla posouzena a výsledky shrnuty do tabulky Tab. 17. Nejnižší vnitřní teplota povrchu ve Variantě 1 byla vypočtena na podlaze $\theta_{si} = 16,48^\circ\text{C}$. Nejvyšší

vnitřní teplota povrchu Varianty 2 byla vypočtena $\theta_{si} = 16,92 \text{ }^\circ\text{C}$, tedy o půl stupně vyšší než u Varianty 1.

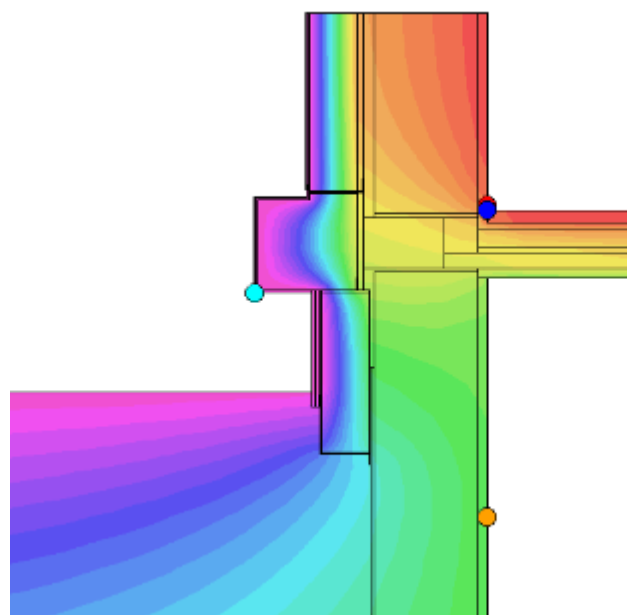


Obr. 72 Teplotní pole
hodnoceného detailu
soklu VARIANTA 1

Teplotní pole [C]:

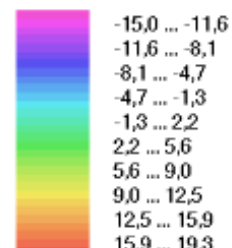


● $T_{si}=16,48 \text{ }^\circ\text{C}$; $f_{Rsi}=0,899$
● $T_{se}=17,31 \text{ }^\circ\text{C}$; $f_{Rse}=0,923$



Obr. 73 Teplotní pole
hodnoceného detailu
soklu VARIANTA 2

Teplotní pole [C]:



● $T_{si}=16,92 \text{ }^\circ\text{C}$; $f_{Rsi}=0,912$
● $T_{se}=17,63 \text{ }^\circ\text{C}$; $f_{Rse}=0,932$

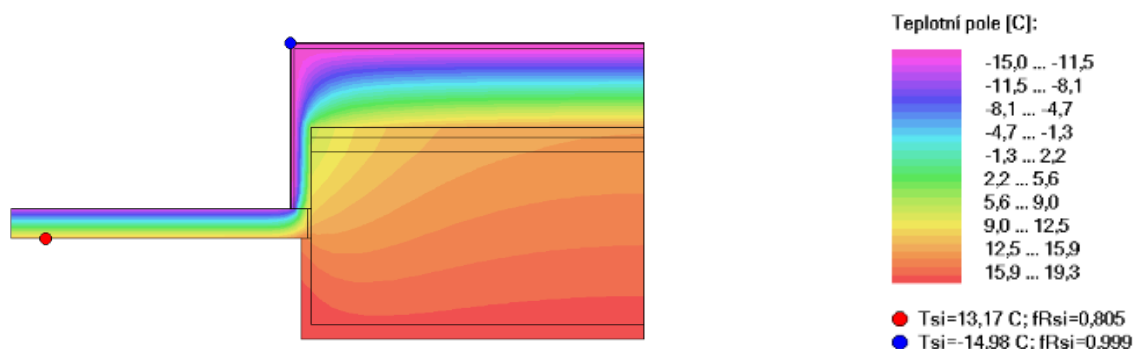
| | | Varianta 1 | Varianta 2 |
|--|--------------------------|----------------|------------|
| Požadovaná hodnota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu | $f_{Rsi,N} [-]$ | 0,744 | |
| Vypočtený nejnižší teplotní faktor konstrukce | $f_{Rsi} [-]$ | 0,948 | 0,912 |
| Podmínka: $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$ | | SPLNĚNA | |
| Tepelná propustnost | $L [W/(m \cdot K)]$ | 0,948 | 0,788 |
| Vypočtený lineární činitel prostupu tepla | $\psi [W/(m \cdot K)]$ | 0,083 | -0,077 |
| Požadovaná hodnota lineárního činitele prostupu tepla | $\psi_N [W/(m \cdot K)]$ | 0,2 | |
| Podmínka: $\psi \leq \psi_N$ | | SPLNĚNA | |

Tab. 17 Hodnocení detailu soklu

S přihlédnutím na provedení detailu atiky byla taktéž vybrána Varianta 1 se zateplením stávající římsy po jejím obvodu. Kompletní posouzení umístěné v Příloze 5.

4.4.4 Okenní konstrukce

Posouzeno bylo nadpraží stávajícího plastového okna s izolačním dvojsklem. Pro zjednodušení výpočtu přírážky na tepelné vazby se počítá se stejnou tepelnou propustností po celém obvodu okna, jelikož tloušťka izolace je po celém obvodu navržena 50 mm.



Obr. 74 Teplotní pole hodnoceného detailu nadpraží okna

| | | |
|--|--------------------|----------------|
| Požadovaná hodnota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu | $f_{Rsi,N}$ [-] | 0,649 |
| Vypočtený nejnižší teplotní faktor konstrukce | f_{Rsi} [-] | 0,805 |
| Podmínka: $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$ | | SPLNĚNA |
| Tepelná propustnost | L [W/(m·K)] | 1,602 |
| Vypočtený lineární činitel prostupu tepla | Ψ [W/(m·K)] | 0,072 |
| Požadovaná hodnota lineárního činitele prostupu tepla | Ψ_N [W/(m·K)] | 0,1 |
| Podmínka: $\Psi \leq \Psi_N$ | | SPLNĚNA |

Tab. 18 Hodnocení detailu nadpraží plastového okna s dvojskly

4.4.5 Přírážka na vliv tepelných vazeb

Vypočtené lineární činitele prostupu tepla u jednotlivých detailů bez problémů splnily požadovanou hodnotu danou normou ČSN 73 0540-2. Pomocí takto stanovených lineárních činitelů prostupu tepla byla vypočítána přesnější přírážka na vliv tepelných vazeb ΔU_{tbm} [W/(m²·K)]. U každé tepelné vazby v objektu byla změřena její délka a vynásobena příslušným lineárním činitelem prostupu tepla. Jelikož nebyly řešeny všechny detaily v objektu, byla velikost Ψ neřešených detailů uvažována jako požadovaná hodnota Ψ_N na danou vazbu.

$$\Delta U_{tbm} = A \cdot \sum (\Psi_j \cdot d_j) \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$$

kde A je celková plocha obálky budovy v m^2 a d_j je délka hodnocené vazby v m pro příslušný lineární činitel prostupu tepla součinitel prostupu tepla ψ_j ve $W/(m \cdot K)$.

Tímto výpočtem byla stanovena přírážka na vliv tepelných vazeb $\Delta U_{tbm} = 0,021 W/(m^2 \cdot K)$, která byla zahrnuta do konečného hodnocení energetické náročnosti navrženého stavu budovy. Vypočítaná přírážka informuje o tom, jak kvalitně je navrženo zateplení obálky domu. Podrobný výpočet je uveden v Příloze 5. Pro úplnou přesnost by do výpočtu měly být zahrnuty bodové součinitele prostupu tepla $X [W/K]$ od ocelových trnů hmoždinek kotvící tepelnou izolaci.

| | | |
|--|------|---------------------|
| Konstrukce zcela bez tepelných mostů | 0,00 | $[W/(m^2 \cdot K)]$ |
| Konstrukce téměř bez tepelných mostů | 0,02 | $[W/(m^2 \cdot K)]$ |
| Konstrukce s mírnými tepelnými mosty | 0,05 | $[W/(m^2 \cdot K)]$ |
| Konstrukce s běžnými tepelnými mosty | 0,10 | $[W/(m^2 \cdot K)]$ |
| Konstrukce s výraznými tepelnými mosty | 0,15 | $[W/(m^2 \cdot K)]$ |

Tab. 19 Přírážky na vliv tepelných vazeb dle ČSN 73 540

Podle normového katalogu přírážek na vliv tepelných vazeb (viz Tab. 19) se vypočtená přírážka blíží konstrukcím téměř bez tepelných mostů. Znamená to, že detaily jsou navrženy kvalitně a ovlivňují pozitivně celkovou spotřebu energie. Je třeba také dát pozor na reálné provedení detailů na stavbě. Nedůsledné vyhotovení může mít za následek naopak výrazné navýšení celkové spotřeby energie.

5 NÁVRH TZB SYSTÉMU

V rodinném domě je značné množství spotřebované energie technickými systémy – vytápěním a ohřevem teplé vody. Je zde snaha o minimalizaci této spotřeby, úsporu energie, snížení zátěže na životní prostředí a zvýšení komfortu bydlení. Proto jsou navrženy tři varianty systému vytápění a dvě dodatečná opatření pro využití alternativních zdrojů energie.

5.1 VYTÁPĚNÍ

Při snížení tepelné ztráty objektu zlepšením jeho obálky je třeba upravit otopný systém, výkony otopných těles a především regulaci. Současná článková litinová tělesa a rozvody není možné zregulovat tak, aby objekt nepřetápěly. Využije se pouze stávající plynový kondenzační kotel v kotelně 1. PP, jehož výkon lze snížit až na 4,8 kW. Plynový kondenzační kotel se hodí do všech třech navržených variant. Pro stanovení potřebného výkonu zdroje tepla byla vypočítána tepelná ztráta prostupem a větráním v jednotlivých místnostech vytápěné zóny. Návrhová teplota pro venkovní prostředí byla zvolena -15 °C a vnitřní návrhová teplota dle charakteru provozu místnosti. U kondenzačního kotle bude nově navržen akumulací zásobník tepla, který zabezpečí rovnoměrnou distribuci tepla. Pro všechny varianty otopných soustav bude navržena ekvitermní regulace dle venkovní teploty a každá místnost bude vybavena regulací teploty podle individuálních potřeb. Schémata jednotlivých variant otopných soustav jsou v Příloze 6.

5.1.1 Varianta 1: Teplovodní vytápění

V této variantě budou na stávající zdroj tepla napojeny nové rozvody teplovodní soustavy s oběhovým čerpadlem. Rozvody povedou v podlaze v jednotlivých místnostech k podokenním radiátorům. Jedná se o nejrozšířenější otopný systém.

Výhodou je rychlý náběh topného efektu, tichý chod, přesná regulace tepla a tím docílení významných úspor za vytápění. Teplovodní systém vytápění lze rozšířit o další ekologické zdroje tepla, jako jsou solární kolektory nebo tepelná čerpadla. Nevýhodou tohoto řešení jsou radiátory, které zabírají prostor v místnosti a ne vždy esteticky zapadají do interiéru.

5.1.2 Varianta 2: Teplovzdušné vytápění

U této varianty se jedná o spojené cirkulační teplovzdušné vytápění a nucené větrání. Větrací vzduch je ohřátý teplovodním výměníkem napojeným na plynový kondenzační kotel. Větrání je navrženo tak, aby byl přívod čerstvého vzduchu připadající na osobu 25 m³/h. Odvod

vzduchu je v koupelně 90 m³/h, na WC 50 m³/h a v kuchyni 150 m³/h. Systém větrání je navržený jako rovnotlaký s celkovým objemem větracího vzduchu 400 m³/h. Vzduch cirkuluje v celém domě přes mřížky ve spodní části dveří. Zvolena byla kompaktní větrací jednotka *DUPLEX RA5* ve stojatém provedení. Maximální výkon jednotky pro vytápění je 7 kW. Jednotka je vybavena rekuperačním protiproudým deskovým výměníkem s výrobcem udávanou účinností rekuperace až 92 %. V praxi je však účinnost nižší vlivem teploty a vlhkosti vzduchu. Jednotka bude osazena na podlahu ve 2. NP. Přívod čerstvého vzduchu bude na východní fasádě a odvod znehodnoceného vzduchu na střeše. Rozvody teplovzdušného vytápění budou vedeny v podlaze v rovině kročejové izolace. Potrubí v podlaze má obdélníkový tvar o rozměrech 200x50 mm. Při zvolení této varianty by musela být navýšena kročejová izolace o deset milimetrů oproti navrženému sanačnímu opatření (viz kapitola 4.1.2). Rozvody jsou vedeny pod okna do podlahové vyústky. Odtahy vzduchu z hygienických místností jsou kruhové vyústky u stropu. V kuchyni je instalována digestoř. Odtahové potrubí je vedené pod stropem ve falešném trámu.

Výhodou systému je jeho sloučení s větráním. Intenzivnější větrání řeší problémy s plísněmi či radonem. Díky rekuperaci se výrazně sníží tepelná ztráta větráním. Reaguje také rychle na aktuální požadavky. Další výhodou jsou přívodní vyústky zabudované v zemi, které jsou snadno čistitelné a estetické. Nevýhoda při nekvalitním návrhu soustavy může být v rychlosti proudění vzduchu, kdy při příliš vysoké rychlosti vzniká „průvan“ a hluk v potrubí. Další nevýhodou je, že se s odváděným vzduchem ztrácejí i záporné ionty, které pozitivně ovlivňují mikroklima v objektu. [23] [24]

5.1.3 Varianta 3: Teplovodního vytápění s větrací jednotkou

Tato varianta je kombinací teplovodního vytápění a nuceného větrání. Rozvod tepla teplovodní soustavy je zajištěn sálavým podlahovým topením v každé místnosti. Rozvod je navržený na nízký teplotní spád, jelikož teplota podlahy z hygienických důvodů nemůže přesáhnout 29 °C. Při návrhu otopných hadů je třeba také počítat s polohou nábytku. Větrání zajišťuje podstropní větrací jednotka *DUPLEX RB5*. Větrací systém je navržený stejně jako ve Variantě 2 - rovnotlaký se zpětným získáváním tepla s teplovodním dohřevem vzduchu po rekuperaci. Vyústky přívodu vzduchu jsou v podstropním provedení ve falešných fabionech. Odvod je shodný s Variantou 2.

Výhodou tohoto řešení je, že se pokrytí tepelných ztrát rozdělí mezi podlahové teplovodní vytápění a nucené větrání, které pokryje tepelnou ztrátu větráním. Větrací systém také odvádí

přebytečnou tepelnou zátěž a odvádí ji do jiné části domu. Tím je také vyřešena pomalá reakce a značná tepelná setrvačnost podlahového vytápění. Významná estetická výhoda podlahového vytápění je v tom, že není vidět. Má také velký vliv na pohodu prostředí v domě. Chodidla jsou významnými čidly dotykové teploty. Pokud máme nohy v teple, cítíme se lépe, a dokonce můžeme teplotu vzduchu snížit o 2-3 °C a tím uspořit značné množství energie. Nevýhody jsou spojené se špatným návrhem větrání viz kapitola 5.1.2 Varianta 2: Teplovzdušné vytápění. [24]

5.2 MOŽNOST VYUŽITÍ OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ

Obnovitelné zdroje energie jsou často uváděny pod pojmem alternativní zdroje energie. V České republice se využívají především energie vody, slunečního záření, větru, bioplynu, kapalných biopaliv a biomasy, geotermální energie a energie prostředí využívaná tepelnými čerpadly. Využití těchto zdrojů je výhodné zejména z hlediska trvale udržitelného rozvoje. Jejich vzájemnou kombinací lze dosáhnout optimálního provozu systému vytápění a přípravy teplé vody, což vede k úsporám energie, potažmo i finančním úsporám pro provoz budovy. Zvoleny byly dva alternativní zdroje hodící se pro provoz rodinného domu – tepelné čerpadlo a solární kolektory.

5.2.1 Energie prostředí využívaná tepelným čerpadlem

Tepelné čerpadlo je zařízení, které odebírá teplo z nízkoteplotního zdroje, tedy z vnějšího prostředí. Tepelné čerpadlo využívá nízkopotenciálního tepla obsaženého ve vodě, zemi nebo vzduchu. Vzhledem k místním podmínkám a uvažovaným otopným systémům bylo zvoleno tepelné čerpadlo, které využívá tepla z okolního vzduchu – čerpadlo vzduch-voda (případně vzduch-vzduch pro vytápění Variantu 2 z kapitoly 5.1.2). Důležitým parametrem tepelného čerpadla je topný faktor, který bývá v rozmezí od 2 do 5 a vyjadřuje poměr dodané energie k množství spotřebované energie. Během roku topný faktor kolísá, jelikož je závislý na vstupní a výstupní teplotě media. Může tedy být společným zdrojem tepla na vytápění a přípravu teplé vody.

Výhodou je, že tepelná čerpadla pracují velice úsporně a efektivně. Využívají totiž nejlacinější zdroj energie, a to v tomto případě konkrétně odebírání tepla ze vzduchu. Mají velice nízké provozní náklady. K provozu totiž nepotřebují žádná paliva, pouze elektřinu na provoz kompresoru. Nevýhodou je pak vysoká pořizovací cena a omezená doba provozu podle venkovní teploty. Proto je nutná kombinace s dalším doplňkovým zdrojem tepla.

5.2.2 Solární kolektory

Solární kolektory jsou zařízení využívající teplo ze slunečního záření, které pomocí teplonosné látky přenáší potrubím k místu využití. Pro rodinnou vilu byly vybrány trubkové termické kolektory, které mají vyšší účinnost, hlavně za nízkých teplot. V objektu by mohly být využity pro přípravu teplé vody. Současně mohou fungovat jako doplňkový zdroj pro vytápění na začátku a na konci topné sezóny, kdy teplovodní kolektory odvádějí přebytečné teplo do podlahového vytápění. Nezbytnou součástí systému je tedy akumulční nádrž. Byla by využita akumulace tepla do vody. Kolektory by byly umístěny na střechu objektu ve 45 °sklonu a orientací k jihozápadu.

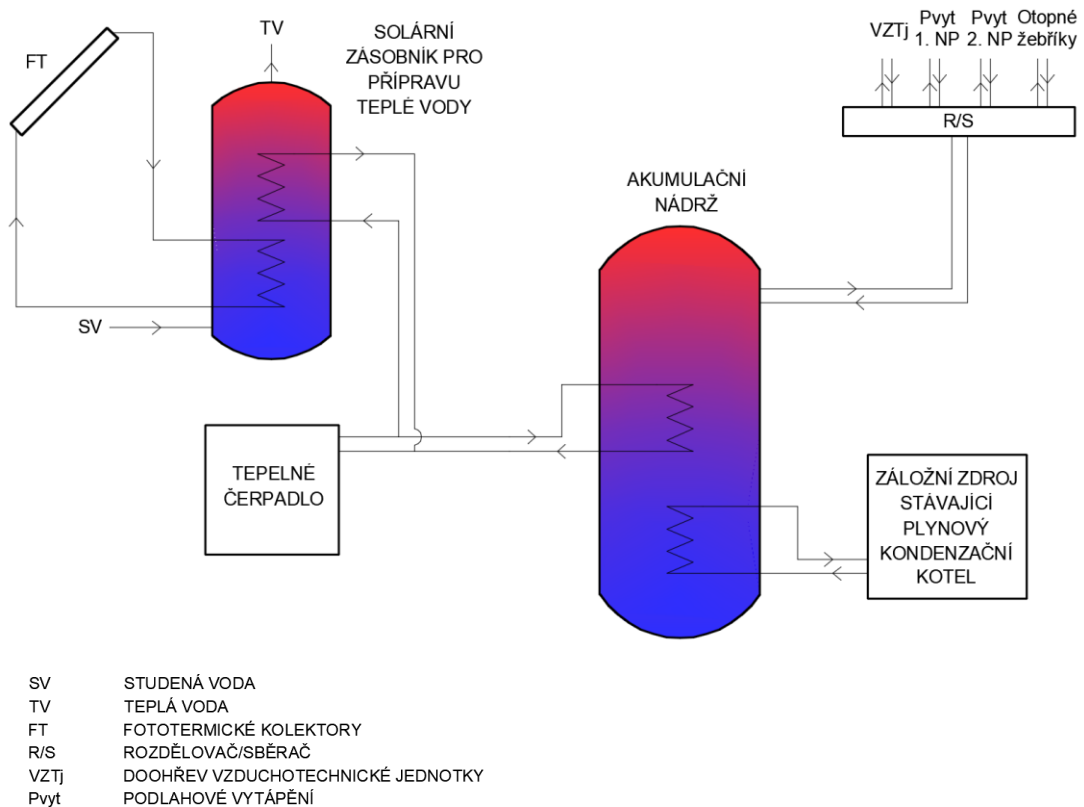
Výhodou je opět využívání nevyčerpatelného zdroje energie, který je zadarmo, tedy Slunce. Kolektory významně přispívají k úspoře fosilních paliv, jejichž spalováním se znečišťuje životní prostředí. Mají celkem vysokou životnost a jejich obsluha je nenáročná. Nevýhodou je závislost na slunečním svitu. Je nutný doplňkový zdroj pro pokrytí zvýšené potřeby v době, kdy je nedostatek slunečního záření (v zimě). Další nevýhodou jsou vysoké investiční náklady s delší dobou návratnosti.

5.3 NOVĚ NAVRŽENÝ SYSTÉM TZB

Z navržených variant vytápění byla vyeliminována ta, která neobsahovala nucené větrání, tedy Varianta 1 (viz kapitola 5.1.1). Nucené větrání v nově navržené obálce domu zajišťuje požadovanou výměnu vzduchu, kterou bychom při přirozeném větrání docílili jen opravdu uvědomělým chováním lidí v domě. Navíc přítomnost rekuperačního výměníku ve vzduchotechnických jednotkách snižuje tepelné ztráty větráním, a tak je celkový potřebný výkon zdroje tepla menší (v tomto případě o polovinu výkonu). Nakonec byla vybrána Varianta 3 (viz kapitola 5.1.3), jelikož kombinuje výhody teplovodní i teplovzdušné varianty a redukuje jejich nevýhody. Z možností využití obnovitelných zdrojů budou implementována obě opatření.

Hlavním zdrojem tepla je zvoleno tepelné čerpadlo. Společně se stávajícím plynovým kondenzačním kotlem budou tvořit bivalentní (hybridní) vytápění. Tepelné čerpadlo bude dodávat většinu potřebné tepelné energie. Plynový kotel, především v zimních měsících, kdy teploty poklesnou hluboko pod bod mrazu a tepelné čerpadlo již nebude výkonově dostačovat, doplní zbytek potřebné tepelné energie. Oba zdroje budou napojeny do vhodně nadimenzované akumulční nádrže (cca 300 l na ztrátu objektu velkou 6 kW). Z akumulční nádrže bude otopná

voda vedena do rozdělovače/sběrače, kde se dále rozvětví podle požadovaného teplotního spádu pro dané zařízení. Solární kolektory pak pokryjí potřebu tepla pro přípravu teplé vody. Křivka odběru TUV je celý rok relativně stejná, avšak křivka slunečního záření nikoli. Proto je jako doplňkový zdroj pro přípravu teplé vody připojeno tepelné čerpadlo. Celá soustava bude řízena ekvitermní regulací.



Obr. 75 Schéma navrženého systému vytápění a přípravy teplé vody.

6 ENERGETICKÉ POSOUZENÍ NAVRŽENÉHO STAVU

Stejně jako u stávající stavu byla pomocí softwaru Energie hodnocena energetická náročnost budovy s výše navrženými opatřeními. Záměrem je vyhodnotit, o kolik se snížila celková spotřeba energie vily v porovnání se stávajícím stavem.

6.1 VSTUPNÍ PARAMETRY

Výpočet vychází ze stávajícího modelu budovy a zahrnuje všechny vybraná opatření. Do výpočtu byly zahrnuty tyto změny:

- Součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí dle návrhu obálky Varianty 4 (viz 4.2.1)
- Přírážka na vliv tepelných vazeb ΔU_{tbm} (viz 4.4.5)
- Otopná soustava a nucené větrání dle návrhu vytápění Varianty 3 (viz 5.1.3)
- Využití obnovitelných zdrojů energie – solární energie a energie prostředí (viz 5.2.1 a 5.2.2)

6.2 VYHODNOCENÍ NAVRŽENÉHO STAVU ENB

Měněná budova splňuje energetickou náročnost budovy s větší změnou dokončené stavby dané vyhláškou č. 78/2013 Sb. Budova se zvolenými návrhy opatření byla vyhodnocena jako velmi úsporná, tzn. třída B.

| Ukazatel | | Referenční budova | Navržený stav | Splněno |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------|---------------|---------|
| Neobnovitelná primární energie | [MWh/a] | 52 | 26 | ano |
| Celková dodaná energie | [MWh/a] | 43 | 21 | ano |
| Průměrný součinitel prostupu tepla | [W/(m ² ·K)] | 0,42 | 0,33 | ano |

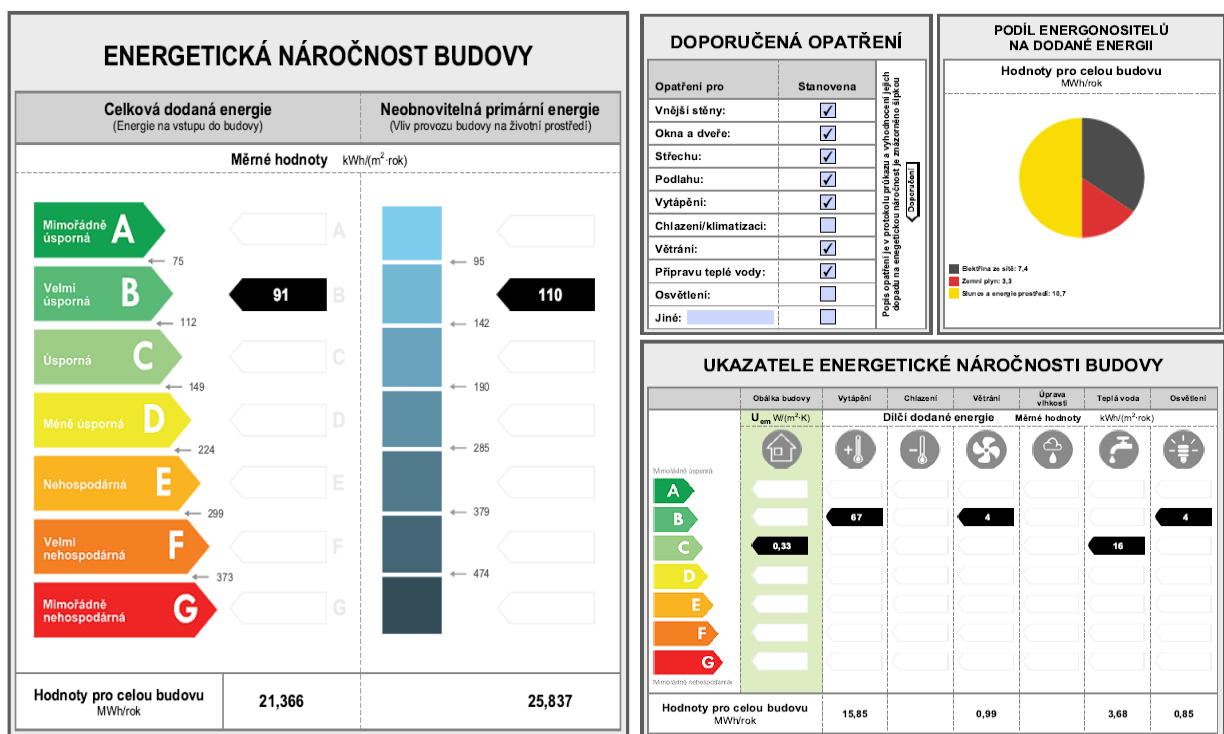
Tab. 20 Vyhodnocení energetické náročnosti budovy dle ukazatelů z §6 Vyhlášky č. 78/2013 Sb.

Srovnání celkové roční spotřeby energie stávajícího a navrženého stavu bylo shrnuto do tabulky Tab. 21 níže. Z tabulky je patrné, že použitými opatřeními byla dosažena úspora energie cca 70 %. Jak se dalo očekávat, největší úspory energie je docíleno u systému vytápění. Zvýšila se spotřeba na pomocné energie z důvodu instalace nových technických zařízení.

| | Stávající | Navržená |
|-----------------|------------------------------|-------------|
| Vytápění | 76,1 | 15,7 |
| Teplá voda | 3,8 | 3,5 |
| Osvětlení | 0,8 | 0,8 |
| Větrání | - | 0,3 |
| Pomocné energie | 0,3 | 1 |
| | <i>MWh/a</i> | 81 |
| | <i>kWh/(m²·a)</i> | 21,3 |
| | | 368 |
| | | 91 |

Tab. 21 Rozdělení spotřeb stávajícího stavu a navržené varianty dle využití objektu

Výsledky byly znázorněny v grafickém výstupu PENB. Kompletní protokol výpočtu ze softwaru Energie je součástí Přílohy 3.



Obr. 76 Výřez grafického znázornění PENB navrženého stavu

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo komplexně zhodnotit stav objektu. Provést zjednodušený stavebně technický průzkum vily v Hradci Králové, analyzovat všechny problémy, které odhalil čas a následně navrhnout vhodná sanační opatření daných vad a poruch. Dále se zaměřit na energetickou náročnost budovy a vytvoření opatření pro efektivní nakládání s energiemi.

Provedením stavebně technického průzkumu bylo zjištěno, že objekt nevykazuje žádné závažné statické poruchy. Objevené mapy po vlhkosti na suterénních stěnách byly na základě laboratorního měření označeny za pozůstatek povodňových vln a vlhkost zdiva byla klasifikována jako nízká. Průzkum byl proto dále zaměřen na závady spojené se stářím konstrukcí, které odpovídaly použitým technologiím a okolnostem doby výstavby. Jednalo se zejména o jejich špatný tepelně technický stav a růst plísní v interiéru. Tepelné ztráty objektu byly prokázány pořízenými snímky z termokamery. Budova pak byla na základě hodnocení energetické náročnosti shledána jako velmi nevhodná.

Následně bylo navrženo zateplení obálky domu a práce s tím spjaté. Při zjišťování historie vily se ukázala silná citová vazba majitelky ke stávajícímu architektonickému ztvárnění objektu. Při zateplení bylo proto dbáno nejen splnění současných požadavků dle platných norem, ale také zachování architektonického rázu vily. Zejména obtížným řešením bylo ztvárnění severní fasády s copility mezi sloupky, které se vyřešilo jejich úplnou demontáží a nahrazením moderními okny. Nové prefabrikované sloupky pak byly instalovány před nová okna a fasáda tak budí dojem původního řešení.

Ke snížení energetické náročnosti objektu bylo nakonec navrženo několik opatření zlepšující technické zařízení domu. Bylo zřízeno nucené větrání s rekuperací a nová otopná soustava s distribučními prvky v podlaze. Zdrojem tepla na vytápění bylo zvoleno tepelné čerpadlo se záložním zdrojem ze stávajícího plynového kondenzačního kotle. Ohřev teplé vody je zajišťován solárními kolektory. Budova s nově navrženými opatřeními byla na základě hodnocení energetické náročnosti shledána jako velmi úsporná.

Při rozsáhlejší změně budovy nelze pohlížet na sanace jen jednostranně ze stavebního hlediska, je třeba k návrhu přistupovat komplexně a zapojit do řešení ostatní profese. Jen tak je docíleno opravdu úsporných a udržitelných řešení, kterých v dnešní době chceme docílit.

SEZNAM PŘÍLOH V SAMOSTATNÝCH DESKÁCH

- Příloha 1: Výkresová dokumentace stávajícího stavu
- 01 Půdorys 1. PP
 - 02 Půdorys 1. NP
 - 03 Půdorys 2. NP
 - 04 Řez AA
 - 05 Pohled jižní
 - 06 Pohled východní
 - 07 Pohled severní
 - 08 Pohled západní
- Příloha 2: Výkresová dokumentace poruch
- 09 Pohledy
 - 10 Půdorysy
- Příloha 3: Protokoly ze softwaru Energie
- Stávající stav
 - Obálka budovy – Varianta 1 $U_{n,20}$
 - Obálka budovy – Varianta 2 $U_{n,rec,20}$
 - Obálka budovy – Varianta 3 $U_{pas,20}$
 - Obálka budovy – Varianta 4 U_{opt}
 - Navržený stav
- Příloha 4: Protokoly ze softwaru Teplo
- Navržená skladba obvodové stěny s břizolitem
 - Navržená skladba obvodové stěny bez břizolitu
- Příloha 5: Detaily – posouzené softwarem Area
- Atika
 - Napojení stropní konstrukce na obvodovou stěnu
 - Sokl
 - Okenní konstrukce
 - Nároží
 - Kout
- Příloha 6: Návrh TZB systému – vytápění
- 11 Varianta 1: Teplovodní vytápění – schéma otopné soustavy
 - 12 Varianta 2: Teplovzdušné vytápění – schéma otopné soustavy
 - 13 Varianta 3: Teplovodní vytápění s větrací jednotkou – schéma otopné soustavy
- Příloha 7: Detaily – stávající stav
- 14 Atika
 - 15 Napojení stropní konstrukce na obvodovou stěnu
 - 16 Sokl
 - 17 Okenní konstrukce
- Příloha 8: Detaily – navržený stav
- 18 Atika – varianta 1

- 19 Atika – varianta 2
- 20 Napojení stropní konstrukce na obvodovou stěnu
- 21 Sokl – varianta 1
- 22 Sokl – varianta 2
- 23 Okenní konstrukce

Příloha 9: Výkresová dokumentace navrženého stavu

- 24 Půdorys 1. PP
- 25 Půdorys 1. NP
- 26 Půdorys 2. NP
- 27 Řez AA

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

| <i>Značka</i> | <i>Jednotka</i> | <i>Veličina</i> |
|---------------------------|---------------------------|---|
| A | m ² | Plocha |
| U | W/(m ² ·K) | Součinitel prostupu tepla |
| Ψ | W/(m·K) | Lineární činitel tepelné vazby |
| U_{n,20} | W/(m ² ·K) | Normová požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla s převažující návrhovou vnitřní teplotou v intervalu 18-22 °C včetně |
| U_{rec,20} | W/(m ² ·K) | Normová doporučená hodnota součinitele prostupu tepla s převažující návrhovou vnitřní teplotou v intervalu 18-22 °C včetně |
| U_{pas,20} | W/(m ² ·K) | Normová doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro pasivní budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou v intervalu 18-22 °C včetně |
| U_{em} | W/(m ² ·K) | Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy |
| U_{em,R} | W/(m ² ·K) | Průměrný součinitel prostupu tepla obálky pro referenční budovu |
| ΔU_{tbm} | W/(m ² ·K) | Přirážka na vliv tepelných vazeb |
| E_{p,A} | kWh/(m ² ·rok) | Měrná dodaná energie do objektu |
| E_{p,A,R} | kWh/(m ² ·rok) | Referenční hodnota měrné dodané energie do objektu |
| E_{pN,A} | kWh/(m ² ·rok) | Měrná neobnovitelná primární energie |
| E_{pN,A,R} | kWh/(m ² ·rok) | Referenční hodnota měrné neobnovitelné primární energie |
| f_{Rsi,N} | - | Požadovaná hodnota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu = f_{Rsi,cr} |
| f_{Rsi,cr} | - | Kritický teplotní faktor vnitřního povrchu v návrhových podmínkách |
| ENB | | Energetická náročnost budovy |
| PENB | | Průkaz energetické náročnosti budovy |
| OZE | | Obnovitelné zdroje energie |

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *Nahlížení do katastru nemovitostí | Nahlížení do katastru nemovitostí* [online]. b.r. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://nahlizeniidokn.cuzk.cz/>
- [2] *Mapy.cz* [online]. b.r. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zemepisna?x=15.8379393&y=50.1919763&z=17&base=ophoto&source=addr&id=9056829&q=Na%20potoce%20527>
- [3] *Struska - co je to struska, k čemu je a kde ji získat* [online]. b.r. [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <http://www.strusky.cz/>
- [4] *Fotodokumentace z rodinného alba majitelky pí Marie Čermákové*. Hradec Králové, 1983.
- [5] *Dokumentace stavby z rodinného archivu pí Marie Čermákové*. Hradec Králové, 1977.
- [6] *Česká geologická služba: Databáze geologicky dokumentovaných objektů: poskytnuta data o 3 svislých vrtech*. Praha, 2018. Dostupné také z: <http://www.geology.cz/extranet>
- [7] WITZANY, Jiří. *Poruchy a rekonstrukce zděných budov*. 1. vyd. Praha: Český svaz stavebních inženýrů, 1999. Technická knihnice autorizovaného inženýra a technika. ISBN 80-902-6975-3.
- [8] *Nestárnoucí břizolit | Stavebnictvi3000.cz* [online]. b.r. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/nestarnouci-brizolit-provereno-casem/>
- [9] *DEKTIME časopis společnosti DEK pro projektanty a architekty*. 2010, **2010**(01). ISSN 1802-4009.
- [10] *ČSN P 73 0610: Hydroizolace staveb - Sanace vlhkého zdiva - Základní ustanovení*. Praha: Český normalizační institut, 2000.
- [11] *Příklady experimentálních postupů prováděných v chemické a mikrobiologické laboratoři* [online]. In: . Chemická a mikrobiologická laboratoř katedry pozemních staveb, b.r., s. 5 [cit. 2018-04-15].
- [12] *Miniatlas mikroorganismů* [online]. b.r. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <http://old.vscht.cz/obsah/fakulty/fpbt/ostatni/miniatlas/alt.htm>
- [13] KABELE, Karel. *Energetická náročnost budov v souvislostech s platnou legislativou ČR*. 1. vyd. Praha: ABF - nakladatelství ARCH, 2008. Stavební právo. ISBN 978-80-86905-45-7. NEAKTUÁLNÍ

- [14] *Vyhláška č. 78/2013 Sb.: Vyhláška o energetické náročnosti budov* [online]. b.r. [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-78>
- [15] *ČSN 73 0540-2: Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. Praha: Centrum technické normalizace, 2011.
- [16] *TZB-info - Nové požadavky na hodnocení energetické náročnosti budov od 1. dubna 2013* [online]. b.r. [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/9745-nove-pozadavky-na-hodnoceni-energeticke-narocnosti-budov-od-1-dubna-2013>
- [17] *TZB-info: Pohled na budovy s téměř nulovou spotřebou energie v kontextu současných legislativních požadavků v ČR* [online]. 2017 [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/15179-pohled-na-budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie-v-kontextu-soucasnych-legislativnich-pozadavku-v-cr>
- [18] BALÍK, Michael. *Vysušování zdiva*. 3., upr. vyd. Praha: Grada, 2002. ISBN 80-247-0438-2.
- [19] BALÍK, Michael a Jiří STARÝ. *Sklepy: opravy a rekonstrukce*. 1. vyd. Praha: Grada, 2003. ISBN 80-247-0221-5.
- [20] *Směrnice WTA 2-9-04/D Sanační omítkové systémy*. Český překlad WTA CZ Praha, 2007.
- [21] *Stavební chemie, hydroizolace, sanace betonu | Betosan* [online]. b.r. [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <http://www.betosan.cz>
- [22] SVOBODA, Zbyněk. *Lineární činitel prostupu tepla* [online]. In: . Fsv ČVUT, b.r., s. 6 [cit. 2018-05-10].
- [23] SRDEČNÝ, Karel a František MACHOLDA. *Úspory energie v domě*. 1. vyd. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-0523-0.
- [24] SRDEČNÝ, Karel. *Energeticky soběstačný dům - realita či fikce?*. 2., aktualiz. vyd. Praha: EkoWATT, 2007. 21. století. ISBN 978-80-7366-103-8.
- [25] *Zákon č. 406/2000 Sb.: Zákon o hospodaření energií* [online]. b.r. [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-406>

SEZNAM POUŽITÝCH PROGRAMŮ

Autodesk. AutoCAD 2015 [software]. Studentská licence. Dostupné z: <https://www.autodesk.com/>.

Zbyněk Svoboda, Dr., Ing, doc. Teplo 2014 EDU [software]. Studentská licence. Dostupné z: <http://kcad.cz/cz/uvod/>.

Zbyněk Svoboda, Dr., Ing., doc. Energie 2017 [software]. Plná verze. Dostupné z: <http://kcad.cz/cz/uvod/>.

Zbyněk Svoboda, Dr., Ing., doc. Area 2010 [software]. Plná verze. Dostupné z: <http://kcad.cz/cz/uvod/>.

Microsoft. Microsoft Office 2016 [software]. Studentská licence. Dostupné z: <https://www.microsoft.com/CZ/Office>.

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---|----|
| Obr. 1 Umístění rodinné vily [2] | 10 |
| Obr. 2 Katastrální mapa s vyznačením řešeného objektu s p.č. st. 1402 [1]..... | 11 |
| Obr. 3 Fotografie z výstavby, pohled na východní fasádu [4] | 13 |
| Obr. 4 Fotografie hrubé stavby, pohled na severní fasádu [4]..... | 13 |
| Obr. 5 Původní výkres východního pohledu se zakreslenou změnou [5]..... | 14 |
| Obr. 6 Schéma půdorysu vstupního podlaží (1. NP) | 15 |
| Obr. 7 Schéma půdorysu 2. NP | 15 |
| Obr. 8 Schéma půdorysu zapuštěného podlaží (1. PP)..... | 16 |
| Obr. 9 Pohled východní..... | 16 |
| Obr. 10 Pohled jižní..... | 16 |
| Obr. 11 Pohled západní..... | 16 |
| Obr. 12 Pohled severní | 16 |
| Obr. 13 Schéma pravděpodobného založení objektu | 18 |
| Obr. 14 Větvená trhlina mezi stykem dvou konstrukcí | 21 |
| Obr. 15 Poškozené zdivo s obkladem u vjezdu do garáže a jeho dočasná oprava PUR pěnou | 21 |
| Obr. 16 Detail trhliny v kabřincovém obkladu..... | 21 |
| Obr. 17 Stav degradovaných omítek v chodbě 1. PP..... | 21 |
| Obr. 18 Detail opadané vrchní části omítky a počínající plísně..... | 21 |
| Obr. 19 Plesnivějící stěna na mezipodestě suterénního schodiště | 22 |

| | |
|---|----|
| Obr. 20 Detail masivního výskytu plísni rozlézající se až k podestě 1. NP..... | 22 |
| Obr. 21 Dřevěný kazetový podhled ve 2. NP | 23 |
| Obr. 22 Výskyt plísně na styku stropní konstrukce a obvodové stěny | 23 |
| Obr. 23 Uvažovaná skladba střešní konstrukce; | 24 |
| Obr. 24 Popraskaná atika na východní fasádě..... | 25 |
| Obr. 25 Detail šikmé trhliny na atice | 25 |
| Obr. 26 Prasklé tabulky profilového skla na schodišti | 26 |
| Obr. 27 Detail plísně tvořící se na ostění..... | 26 |
| Obr. 28 Praskliny u parapetu plastového okna v ložnici v 1. NP..... | 27 |
| Obr. 29 Zplesnivělé nadpraží plastového okna a vnitřní zateplení v zimní zahradě | 27 |
| Obr. 30 Schodiště k hlavnímu vstupu | 28 |
| Obr. 31 Detail odroleného schodišťového stupně a schodnice s odhalenou ocelovou výztuží.... | 28 |
| Obr. 32 Detail popraskaného schodišťového stupně hlavního exteriérového schodiště | 28 |
| Obr. 33 Rozpadající se stupně terénního schodiště | 29 |
| Obr. 34 Zdevastované schodiště na venkovní terasu..... | 29 |
| Obr. 35 Jihozápadní část terasy se zděným zábradlím s funkcí květináče | 30 |
| Obr. 36 Květináč s viditelnou mapou vzlínající vlhkosti | 30 |
| Obr. 37 Opadané kabřincové obkladačky a odhalené zdivo pod schody na terasu..... | 30 |
| Obr. 38 Schéma míst odběru vzorků | 32 |
| Obr. 39 Vzorek 15 ve váhové misce na váze Strohlein AC 12 K..... | 33 |
| Obr. 40 Sušárna HS201A | 33 |
| Obr. 41 Zahřívání směsi v Erlenmeyerových baňkách | 35 |
| Obr. 42 Zkouška obsahu dusičnanů a síranů pomocí indikátorových papírků..... | 35 |
| Obr. 43 Příprava směsi pro stanovení obsahu síranů autorkou práce | 36 |
| Obr. 44 UV-VIS Spektrofotometr Pharo 300 Spectroquant..... | 36 |
| Obr. 45 Kultivovaný vzorek plísní na Petriho misce, neizolovaný | 37 |
| Obr. 46 Mikroskop Olympus BX41 s digitálním fotoaparátem Canon | 37 |
| Obr. 47 Kolonie zralých spor s tmavým pigmentem rodu <i>Alternaria</i> sp. | 38 |
| Obr. 48 Rozpadnuté řetízky konidií rodu <i>Cladosporium</i> sp..... | 38 |
| Obr. 49 Kulovitý tvar sporangioforu rodu <i>Mucor</i> sp., který nešel správně zaostřit | 38 |
| Obr. 50 Kolonie rodu <i>Aureobasidium</i> sp. | 38 |
| Obr. 51 Autorka práce při měření s termokamerou FLIR | 40 |

| | |
|--|----|
| Obr. 52 Zachycení konstrukcí severní fasády objektu nad vjezdem do garáže; | 41 |
| Obr. 53 Plocha východní fasády;..... | 42 |
| Obr. 54 Zastřešení lodžie na jižní fasádě; | 42 |
| Obr. 55 Zachycení skladby stropní konstrukce v ložnici ve 2. NP;..... | 42 |
| Obr. 56 Okenní spára v ložnici v 1. NP;..... | 43 |
| Obr. 57 Amatérské vnitřní zateplení nadpraží v zimní zahradě;..... | 43 |
| Obr. 58 Vyšetření nálezu plísní na schodišťové stěně s copility;..... | 43 |
| Obr. 59 Vyšetření styku stěny s copility a obvodové stěny z interiéru;..... | 44 |
| Obr. 60 Obálka budovy – ukázkové pohledy | 47 |
| Obr. 61 Výřez grafického znázornění PENB stávajícího stavu | 50 |
| Obr. 62 Výsledná skladba zateplené obvodové stěny | 57 |
| Obr. 63 Znázornění řešení soklové římsy VARIANTA 1..... | 59 |
| Obr. 64 Znázornění řešení soklové římsy VARIANTA 2..... | 59 |
| Obr. 65 Navržená skladba ploché jednoplášťové střechy | 60 |
| Obr. 66 Znázornění řešení atikové římsy VARIANTA 1 | 61 |
| Obr. 67 Znázornění řešení atikové římsy VARIANT 2 | 61 |
| Obr. 68 Vývoj instalace falešných copility se sloupky | 62 |
| Obr. 69 Teplotní pole hodnoceného detailu styku stropní konstrukce s obvodovou stěnou..... | 66 |
| Obr. 70 Teplotní pole hodnoceného detailu atiky VARIANTA 1..... | 67 |
| Obr. 71 Teplotní pole hodnoceného detailu atiky VARIANTA 2 | 67 |
| Obr. 72 Teplotní pole hodnoceného detailu soklu VARIANTA 1 | 68 |
| Obr. 73 Teplotní pole hodnoceného detailu soklu VARIANTA 2 | 68 |
| Obr. 74 Teplotní pole hodnoceného detailu nadpraží okna | 69 |
| Obr. 75 Schéma navrženého systému vytápění a přípravy teplé vody. | 75 |
| Obr. 76 Výřez grafického znázornění PENB navrženého stavu | 77 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|---|----|
| Tab. 1 Geologický profil nejbližšího vrtu V-5 [6]..... | 17 |
| Tab. 2 Klasifikace vlhkosti zdiva [10] | 33 |
| Tab. 3 Shrnutí výsledků vlhkostní analýzy zdiva v 1. PP | 34 |
| Tab. 4 Klasifikace salinity zdiva [10]..... | 36 |
| Tab. 5 Shrnutí výsledků obsahu volných solí a ph v omítce 1. PP | 36 |
| Tab. 6 Požadavky pro splnění ENB z § 6 Vyhlášky č. 78/2013 Sb. [14] | 46 |
| Tab. 7 Stávající konstrukce tvořící tepelnou obálku domu s požadavky na U..... | 47 |
| Tab. 8 Vypočtený výchozí stav ukazatele ENB – Průměrný součinitel prostupu tepla | 48 |
| Tab. 9 Vypočtený výchozí stav ukazatele ENB – Měrná dodaná energie | 49 |
| Tab. 10 Vypočtený výchozí stav ukazatele ENB – Měrná primární neobnovitelná energie..... | 50 |
| Tab. 11 Výpočet charakteristického zatížení stávající skladby podlahy | 54 |
| Tab. 12 Výpočet charakteristického zatížení nové skladby podlahy | 54 |
| Tab. 13 Souhrnná tabulka součinitelů prostupu tepla jednotlivých variant | 55 |
| Tab. 14 Porovnání navržených skladeb konstrukcí z hlediska kondenzace vodní páry | 57 |
| Tab. 15 Hodnocení detailu styku stropní konstrukce s obvodovou stěnou | 66 |
| Tab. 16 Hodnocení detailu atiky | 67 |
| Tab. 17 Hodnocení detailu soklu | 68 |
| Tab. 18 Hodnocení detailu nadpraží plastového okna s dvojskly..... | 69 |
| Tab. 19 Přirážky na vliv tepelných vazeb dle ČSN 73 540 | 70 |
| Tab. 20 Vyhodnocení ENB dle ukazatelů z § 6 Vyhlášky č. 78/2013 Sb..... | 76 |
| Tab. 21 Rozdělení spotřeb stávajícího stavu a navržené varianty dle využití v objektu | 77 |

SEZNAM GRAFŮ

| | |
|--|----|
| Graf 1 Rozložení měrných tepelných toků stávajícího objektu | 49 |
| Graf 2 Rozložení měrných tepelných toků nově navržené Varianty 4 | 56 |