

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra technologie staveb



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Kondenzace obvodových zdí, příčiny,
následky a opatření**

Daniela Třasáková

2018

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

Prohlášení

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

V Praze

.....

Daniela Třasáková

Poděkování

Ráda bych poděkovala panu Ing. Rostislavovi Šulcovi, PhD. za odborné vedení, cenné rady a za vypůjčení měřicího přístroje. Dále bych chtěla poděkovat panu doc. Dr. Ing. Zbyňku Svobodovi za konzultace související s výpočtovým programem. A v neposlední řadě děkuji své rodině a přátelům za pevné nervy a podporu.



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Tháškurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

| | | |
|--|-----------------------|-----------------------------|
| Příjmení: <u>Třasáková</u> | Jméno: <u>Daniela</u> | Osobní číslo: <u>438488</u> |
| Zadávající katedra: <u>K122 Katedra technologie staveb</u> | | |
| Studijní program: <u>(B3651) Stavební inženýrství</u> | | |
| Studijní obor: <u>(3607R045) Příprava, realizace a provoz staveb</u> | | |

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

| | |
|--|---|
| Název bakalářské práce: <u>Kondenzace obvodových zdí, příčiny, následky a opatření</u> | |
| Název bakalářské práce anglicky: <u>Condensation of walls, causes, consequences and measures</u> | |
| Pokyny pro vypracování: 1. Rešerše k problematice kondenzace vodní páry uvnitř místností a důsledky kondenzace vodní páry v souvislosti se vznikem plísní. 2. Opatření proti vzniku povrchové kondenzace vodní páry a náhrady sanačních opatření. 3. Provedení analýzy současného stavu zateplení objektu BD Bašnice. 4. Provedení měření povrchových teplot a vnitřního prostředí BD Bašnice. 6. Vyhodnocení stávajícího stavu na základě měření a ne základě modelových výpočtů. 7. Návrh sanačních opatření pro BD Bašnice. 8. Vyhodnocení jednotlivých opatření vzhledem k finanční náročnosti jednotlivých opatření. | |
| Seznam doporučené literatury: 1) ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov. Část 2: Požadavky (2007). 2) Vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby. 3) Stavební fyzika II: stavební tepelná technika. Praha 2014. ISBN 8001056457 4) ČSN EN ISO 13788 Tepelně vlhkostní chování stavebních dílců a stavebních prvků: vnitřní povrchová teplota pro vyloučení kritické povrchové vlhkosti a kondenzace uvnitř konstrukce. Výpočtové metody 5) Plísně v domě a bytě: odstraňování a prevence. Praha 2013. ISBN 8024747901 | |
| Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Ing. Rostislav Šulc, Ph.D.</u> | |
| Datum zadání bakalářské práce: <u>22.2.2018</u> | Termín odevzdání bakalářské práce: <u>27.5.2018</u> |
| <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i> | |
| Podpis vedoucího práce | Podpis vedoucího katedry |

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Anotace

Bakalářská práce se zabývá problematikou kondenzace obvodového zdiva se zaměřením primárně na kondenzaci na vnitřním povrchu obvodového zdiva. Autor se v práci zabývá obecnými požadavky, návrhem konstrukcí z hlediska kondenzace a difuze vodní páry, příčinami a opatřeními proti kondenzaci obvodového zdiva. Dále autor v této práci analyzuje poznatky získané z měření povrchových teplot a vnitřního prostředí v bytovém domě v Bašnicích. Na základě provedené analýzy stávajícího stavu bytového domu navrhuje sanační opatření a posuzuje finanční náročnost těchto opatření.

Klíčová slova:

Kondenzace obvodového zdiva, plíseň, opatření proti výskytu kondenzace obvodového zdiva

Annotation

The bachelor thesis deals with problematics of condensation in perimeter masonry, focusing primarily on condensation in the inner surface of the perimeter masonry. The author deals with general requirements, design of structure in terms of condensation and diffusion of water vapor, causes and measures against the condensation of the peripheral masonry. Further, the author in this thesis analyzes the findings obtained from the measurement of surface temperatures and indoor environment in the apartment building in Bašnice. According to the current condition of the apartment building the author suggests remediation measures and assesses the financial aspects of these measures.

Keywords:

condensation of perimeter masonry, mold, measures against the occurrence of condensation of perimeter masonry

| | | |
|-------|---|----|
| 3.2.4 | Vnitřní zateplení..... | 33 |
| 3.3 | Zajištění požadovaných parametrů vnitřního vzduchu | 35 |
| 4 | Plíseň | 39 |
| 4.1 | Plíseň a vliv na zdraví člověka | 39 |
| 4.2 | Odstraňování plísní..... | 39 |
| 5 | Popis a umístění zkoumaného objektu..... | 41 |
| 5.1 | Zjednodušený stavebně technický průzkum | 42 |
| 6 | Povrchové teploty obvodových konstrukcí bytového domu v Bašnicích | 45 |
| 6.1 | Postup měření..... | 45 |
| 6.1.1 | Bod č. 1 | 46 |
| 6.1.2 | Bod č. 2 | 49 |
| 6.1.3 | Bod č. 3 | 52 |
| 6.1.4 | Bod č. 4 | 55 |
| 6.1.5 | Bod č. 5 | 58 |
| 6.1.6 | Bod č. 6 | 62 |
| 6.2 | Porovnání naměřených hodnot s modelovými příklady..... | 65 |
| 7 | Návrh sanačních opatření pro BD Bašnice..... | 67 |
| 7.1 | Vnější zateplení budovy | 67 |
| 7.1.1 | Bod č. 1 a 4 | 68 |
| 7.1.2 | Bod č. 2 | 68 |
| 7.1.3 | Bod č. 3 a 5 | 69 |
| 7.1.4 | Bod č. 6 | 70 |
| 7.2 | Vnitřní zateplení obvodových stěn | 70 |
| 7.2.1 | Bod č. 1 a 4 | 72 |
| 7.2.2 | Bod č. 2 | 72 |
| 7.2.3 | Bod č. 3 a 5 | 73 |

| | | |
|-------|--|----|
| 7.2.4 | Bod č. 6 | 74 |
| 8 | Finanční náročnost jednotlivých opatření | 75 |
| 8.1 | Odvlhčovač vzduchu | 75 |
| 8.2 | Vnější zateplení | 76 |
| 8.3 | Vnitřní zateplení | 77 |
| 8.4 | Zhodnocení finanční náročností jednotlivých opatření | 78 |
| | Závěr | 79 |
| | Použitá literatura | 81 |
| | Seznam obrázků | 84 |
| | Seznam tabulek..... | 86 |
| | Seznam grafů | 86 |
| | Seznam příloh na CD | 87 |

Úvod

Posuzování stavebních konstrukcí z hlediska kondenzace je jednou z nejdůležitějších disciplín pro hodnocení kvality staveb. Kondenzace uvnitř nebo na povrchu stavebních konstrukcí představuje jednu z příčin, kvůli které dochází ke snížení životnosti konstrukcí nebo k jejím destrukcím. Dále mohou vznikat zdraví nebezpečné podmínky pro život lidí uvnitř objektu a s tím spojené onemocnění jako jsou například alergie. Množství vlhkosti v budovách závisí především na zdrojích vlhkosti, transportu a odvodu této vlhkosti, provedení tepelných izolací budovy, použitých materiálech, vnějších podmínkách a na uživatelích daného prostoru. Budovy by proto měly být chápány jako celek a měly by být navrhovány tak, aby byly schopné reagovat na vnější klimatické změny i činnosti svých uživatelů a aby vytvářely stálé vnitřní klima.

Bytový dům v Bašnicích, který byl postaven v druhé polovině 20. století sužuje vysoká vlhkost. V zimním období jsou části obvodových konstrukcí vlhké a objevují se na nich plísně, které obyvatelům objektu vadí a chtějí tento problém vyřešit.

Cílem této práce je obecné seznámení se s problematikou týkající se kondenzace vodní páry v konstrukci se zaměřením primárně na kondenzaci vodní páry na vnitřním povrchu obvodového zdiva. Dále seznámení se s nejčastějšími příčinami a opatřeními proti kondenzaci vodní páry na vnitřním povrchu konstrukce. Dalším bodem je analýza skutečného stavu bytového domu v Bašnicích, určení kritických míst, kde bude provedeno měření povrchových teplot a vnitřního prostředí, následná modelace a výpočet měřených konstrukcí v příslušném softwaru a porovnání skutečně naměřených hodnot s modelovými výpočty. Posledním úmyslem této práce je návrh sanačních opatření pro bytový dům v Bašnicích a následné finanční zhodnocení jednotlivých opatření.

1 Difuze a kondenzace vodní páry

Jestli-že stavební konstrukce odděluje dvě prostředí s rozdílnými teplotními a vlhkostními parametry, dochází v důsledku rozdílných parciálních tlaků vodní páry k pohybu vlhkosti od místa s vyšším parciálním tlakem vodní páry k místu s nižším parciálním tlakem vodní páry. K tomuto jevu dochází v makrokapilárách stavebních materiálů jejichž rozměr je menší než střední dráha molekul vody. [1]

Za předpokladu ustáleného vlhkostního stavu a jednorozměrného difuzního pole lze vyjádřit hustotu difuzního toku vodní páry g_v jako

$$g_v = -\delta_p \cdot \text{grad} \cdot p_v \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (1)$$

kde δ_p je součinitel difuze vodní páry [s]

p_v skutečný částečný tlak vodní páry [Pa]. [1]

1.1 Difuze vodní páry

Součinitel difuze vodní páry δ_p (někdy též zvaný součinitel difúzní vodivosti) je jednou za základních veličin charakterizujících difúzní schopnost materiálu. Ze vztahu (1) vyplývá, že tento součinitel je konstantou úměrnosti mezi gradientem částečného tlaku vodní páry a hustotou difuzního toku. [1]

Součinitel difuze vodní páry je možno považovat již za historický způsob vyjádření difuzních vlastností materiálů, který byl používán po několik desetiletí. V současné době je více používán faktor difuzního odporu μ , tato bezrozměrná veličina udává kolikrát je příslušný materiál pro vodní páru méně propustný než vzduch. [1]

Mezi výše uvedenými veličinami platí vztah, udávající, že

$$\mu = \frac{1}{\delta_p \cdot N} \quad (1.1)$$

kde je N teplotně difúzní funkce [s⁻¹]. Pro běžné výpočty $N=5,315 \cdot 10^9$ s⁻¹. [2]

Další veličina, která se týká difúzních vlastností materiálů, se nazývá ekvivalentní difúzní tloušťka vrstvy S_d .

$$S_d = \mu \cdot d \quad [\text{m}] \quad (1.2)$$

Tento parametr udává, jak by musela být tlustá vzduchová vrstva, aby měla stejný difuzní odpor jako vrstva zkoumaného materiálu. Ekvivalentní difuzní tloušťka se používá především pro porovnání difuzních vlastností nátěrových a foliových materiálů. [1]

Dalším pojmem týkající se dané problematiky je difuzní odpor konstrukce Z_p .

Difuzní odpor konstrukce lze vyjádřit jako

$$Z_p = \frac{d}{\delta_p} \quad [\text{m.s-1}] \quad (1.3)$$

Kde d je tloušťka konstrukce [m]

nebo

$$Z_p = \mu \cdot d \cdot N [\text{m.s-1}] \quad (1.4)$$

nebo

$$Z_p = S_d \cdot N \quad [\text{m.s-1}] \quad (1.5)$$

Pro vícevrstvé konstrukce s homogenními vrstvami, které jsou kolmé na směr difuzního toku pak platí

$$Z_p = \sum_{j=1}^{j=n} \frac{d_j}{\delta_p} = \sum_{j=1}^{j=n} Z_{pj} \quad [\text{m.s-1}] \quad (1.6)$$

kde n udává počet vrstev konstrukce. Eventuálně lze použít vztah

$$Z_p = \sum_{j=1}^{j=n} \mu_j \cdot d_j \cdot N [\text{m.s-1}] \quad (1.7)$$

Dále existuje i odpor při přestupu vodní páry na vnitřní straně konstrukce Z_{pi} a odpor při přestupu vodní páry na vnější straně konstrukce Z_{pe} . Ovšem hodnoty těchto odporů jsou ve srovnání s ostatními difuzními odpory natolik nízké, že se obvykle zanedbávají a dochází ke zjednodušení výpočtu. [1]

1.1.1 Zjištění výskytu kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce

Zjištění výskytu vodní páry uvnitř konstrukce vychází z porovnání hodnot částečných (parciálních) tlaků vodní páry v konstrukci. Rozeznáváme dva druhy částečných tlaků vodní páry: skutečný částečný tlak vodní páry p_v a částečný tlak nasycené vodní páry $p_{v,sat}$. Skutečný částečný tlak vodní páry je funkcí teploty a vlhkosti vzduchu, obvykle udávané v procentech jako relativní vlhkost vzduchu. [1]

Skutečný částečný tlak vodní páry p_v můžeme vyjádřit vztahem

$$p_v = p_{v,sat} \cdot \frac{\varphi_a}{100} \quad [\text{Pa}] \quad (1.8)$$

kde p_v je skutečný částečný tlak vodní páry [Pa]

$p_{v,sat}$ částečný tlak nasycené vodní páry [Pa]

φ_a relativní vlhkost vzduchu [%]

Částečný tlak nasycené (saturované) vodní páry $p_{v,sat}$ je tlak, při němž je vzduch (při dané teplotě) vodní parou plně nasycen, to znamená, že jeho relativní vlhkost v daném případě je rovna hodnotě $\varphi_a = 100 \%$.

Zjištění výskytu kondenzace vodní páry se provádí pro okrajové podmínky zimního období, které odpovídají největšímu rozdílu parciálních tlaků vodní páry mezi venkovním a vnitřním prostředím, tento tlakový rozdíl odpovídá i největšímu teplotnímu rozdílu mezi danými prostředími. [1]

Ke kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce dochází v případě, že hodnoty skutečného částečného tlaku vodní páry (v libovolném průřezu konstrukce) jsou rovny nebo vyšší než hodnoty částečného tlaku nasycené vodní páry, teda když platí že

$$p_v \geq p_{v,sat} \quad [\text{Pa}] \quad (1.9)$$

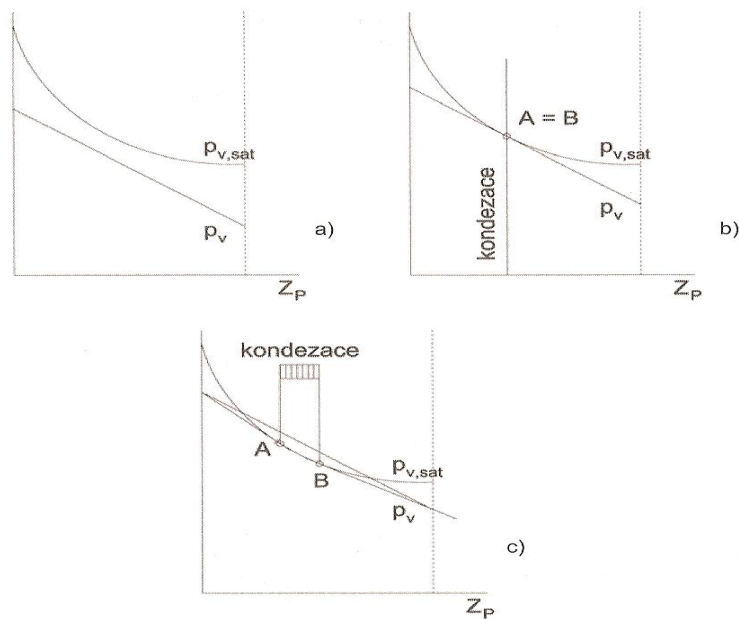
Postup vyšetření kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce můžeme provádět buď grafickopočetní metodou, nebo pomocí počítače. Vzhledem k pracnosti, časové náročnosti a přesnosti se v současné době používá výhradě výpočetní technika. Postup zahrnuje následující kroky:

- určení průběhů teplot v konstrukci,
- určení průběhů skutečných částečných tlaků vodní páry uvnitř konstrukce,
- určení průběhů částečných tlaků vodní páry uvnitř konstrukce.

V případě, že v konstrukci nedochází ke kondenzaci vodní páry, výpočet můžeme v tomto stádiu považovat za ukončený. Jestliže ke kondenzaci dochází, je třeba provést následující kroky:

- vymezení kondenzační zóny,
- určení zkondenzovaného množství vodní páry.

Z hlediska vzájemného vztahu mezi křivkou částečného tlaku nasycené vodní páry $p_{v,sat}$ a čarou skutečného částečného tlaku vodní páry p_v mohou v konstrukci nastat tyto tři základní situace viz obrázek. č.1 [1]



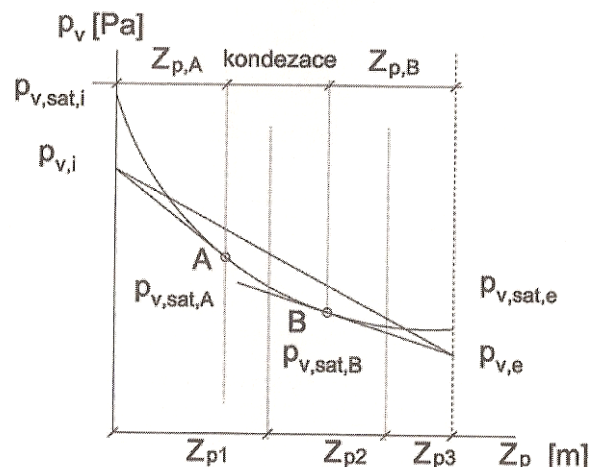
Obrázek 1_Vyšetření výskytu kondenzace vodní páry v konstrukci [1]

- Obrázek 1a: křivka částečných tlaků nasycené vodní páry a čára skutečných částečných tlaků vodní páry se v celé konstrukci neprotínají, platí tedy podmínka $p_v < p_{v,sat}$ v konstrukci tedy nedochází ke kondenzaci vodní páry;

- Obrázek 1b: čára skutečných částečných tlaků vodní páry je tečnou křivky částečných tlaků nasycené vodní páry. Dochází k takzvané rovinné kondenzaci, která nastává v rovině položené dotykovým bodem $A=B$. Tento jev může nastat i když se čáry obou tlaků protínají, dotykové body A a B se však ztotožní;
- Obrázek 1c: čára skutečných částečných tlaků vodní páry a křivka částečných tlaků nasycené vodní páry se protínají – v oblasti mezi body A a B dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

V případě, že v konstrukci dochází ke kondenzaci vodní páry, provede se vymezení kondenzační zóny následujícím způsobem (Obrázek 2):

- z krajních bodů $p_{v,i}$ a $p_{v,e}$ se vedou tečny ke křivce částečných tlaků nasycené vodní páry $p_{v,sat}$,
- dotykové body těchto tečen se označí písmeny A a B,



Obrázek 2_ Vymezení kondenzační zóny [1]

- vodorovná osa grafu, na níž je vynesena konstrukce v měřítku difuzních odporů jednotlivých vrstev je těmito dotykovými body rozdělena na tři části:
 - oblast kondenzace (mezi dotykovými body A a B),
 - Z_{pA} , což je difuzní odpor od vnitřního povrchu konstrukce k dotykovému bodu A,

- Z_{pB} , což je difuzní odpor od dotykového bodu B k vnějšímu povrchu konstrukce. [1]

Množství zkondenzované vodní páry Δg_v je dáno rozdílem mezi množstvím vodní páry do konstrukce vstupující z interiéru g_A a množstvím vodní páry z konstrukce vystupující do exteriéru g_B , tedy

$$\Delta g_v = g_A - g_B \quad [\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}] \quad (1.9)$$

Detailní postup je následující:

- vertikální pořadnice dotykových bodů A a B označíme jako $p_{v,sat,A}$ a $p_{v,sat,B}$ jedná se o hodnoty částečného tlaku nasycené vodní páry v daných bodech,
- množství vodní páry, které vstupuje do konstrukce z exteriéru lze vyjádřit vztahem

$$g_A = \frac{p_{vi} - p_{v,sat,A}}{Z_{pA}} \quad [\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}] \quad (1.10)$$

- množství vodní páry, které prostupuje od bodu B k vnějšímu povrchu konstrukce, je

$$g_B = \frac{p_{v,sat,B} - p_{ve}}{Z_{pB}} \quad [\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}] \quad (1.11)$$

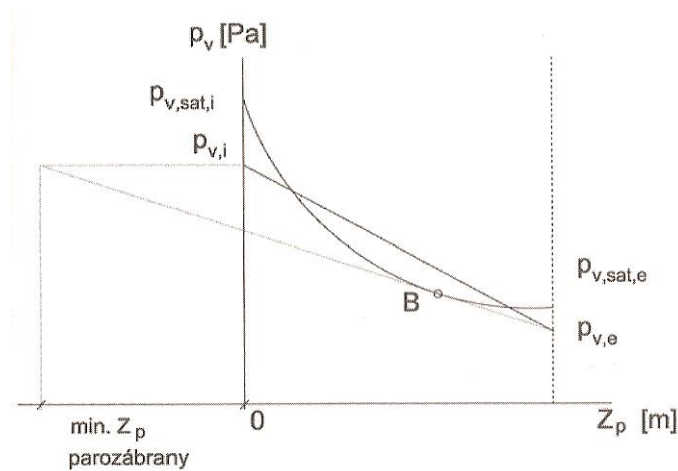
V případě, že v konstrukci nedochází ke kondenzaci vodní páry, lze vyčíslit množství vodní páry, které konstrukcí difunduje, jako

$$g_B = \frac{p_{vi} - p_{ve}}{Z_p} \quad [\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}] \quad (1.12)$$

Ze vztahů 1.10 až 1.12 je zřejmé, že množství vodní páry, které do konstrukce vstupuje nebo jí difunduje, je nepřímo úměrné hodnotě difuzního odporu konstrukce. Konstrukcemi s nízkou hodnotou difuzního odporu prochází vysoké množství vodní páry a oproti tomu v konstrukci s vyšším difuzním odporem prochází malé množství vodní páry.

Je-li kondenzace vodní páry v konstrukci nepřípustná a při vyšetření kondenzace se prokázalo, že kondenzace v konstrukci nastává, lze ji vyloučit návrhem parozábrany umístěné na vnitřním líci konstrukce. Minimální potřebný difuzní odpor této přídatné parotěsné vrstvy Z_p , nezbytný




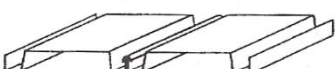
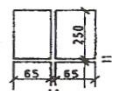
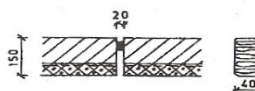
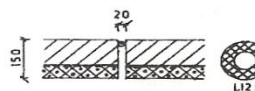
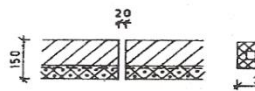
k vyloučení kondenzace v konstrukci určíme grafickým postupem, který je zřejmý z obrázku 3. [1]



Obrázek 3_ Dimenzování parozábrany [1]

1.1.2 Difuze vodní páry spárami a otvory

V praxi se můžeme setkat s řadou konstrukcí, které jsou buď zcela, nebo téměř nepropustné pro difundující vodní páru. Jedná se o konstrukce, které jsou buď ze zcela paronepropustných materiálů (např. horní plášť dvouplášťové střechy z tvarovaných plechových prvků), nebo některá z vrstev konstrukce je omezeně paronepropustná (např. mechanicky kotvená parotěsná folie). V tomto případě nelze příslušnou konstrukci považovat za bezesparou plošnou vrstvu, ale do výpočtu se musí zahrnout vliv difuze vodní páry spárami mezi jednotlivými konstrukčními prvky, případně netěsnostmi v místech kotvicích prvků. [2]

| | Popis spáry | Schéma | Těsnění | $\delta_{dl} \cdot 10^9$ (s) |
|---|---|--|--|---------------------------------|
| 1 | Tvarovaný ocelový plech VSŽ, příčná spára, plechy vzájemně spojeny šrouby |  | volná | 0,042 06 |
| | | | tmelená TPT | 0,003 116 |
| 2 | Tvarovaný ocelový plech VSŽ, podélná spára |  | volná | 0,1354 |
| | | | tmelená TPT | 0,03476 |
| 3 | Ocelová střešní krytina, příčná spára krytá přišroubovaným prvkem |  | volná | 0,036 03 |
| | | | tmelená TPT | 0 |
| 4 | Ocelová střešní krytina, podélná spára krytá lištou |  | volná | 0,059 2 |
| | | | tmelená TPT | 0,036 03 |
| 5 | Obklad glazovanými pásky, spárováný |  | vodotěsná omítka | 0,015 47 |
| 6 | Spára mezi železobetonovými panely |  | fibrex v PE fólii | 0,189 5 |
| 7 | Spára mezi železobetonovými panely |  | kruhový profil z mikro-porézní pryže | 0,0691 |
| 8 | Spára mezi železobetonovými panely |  | obdélníkový profil z mikro-porézní pryže | 0,0482 |

Obrázek 4_ Spárová difuzní vodivost některých druhů spár [2]

Difuzní odpor parotěsné vrstvy složené z dílčích prvků a pravidelného systému spár se stanoví podle vztahu

$$Z_{p,dl} = \frac{A}{\delta_{p,dl} \cdot l} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (1.13)$$

kde je A plocha charakteristického výseku konstrukce [m²]

$\delta_{p,dl}$ spárová difuzní vodivost [s] viz Obrázek 4

l délka spáry v charakteristickém výseku konstrukce [m] [2]

1.1.3 Roční bilance kondenzace a vypařování

Jestliže v konstrukci dochází ke kondenzaci vodní páry je potřeba ještě provést výpočet roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry. Tento výpočet vyčísluje jak reálné množství zkondenzované vodní páry v konstrukci, tak i teoretické množství vypařené vodní páry. Výpočtové posouzení se provádí podle ČSN EN ISO 13 788 a pouze v případě nedostatku návrhových klimatických údajů se provádí výpočet dle starší ČSN 73 0540. Jestliže byly

k výpočtu použity obě metodiky, použijí se k porovnání s normovými požadavky méně příznivé výsledné údaje.

Výpočet sleduje průběh kondenzace a vypařování vodní páry v konstrukci a hodnotí, zda veškerá zkondenzovaná vodní pára v průběhu ročního cyklu je schopna se v průběhu téhož cyklu odpařit. Pokud tomu tak není, vlhkost se v konstrukci začne hromadit a nepochybně tím negativně ovlivní vlastnosti konstrukce. [2]

1.1.4 Normové požadavky – množství zkondenzované vodní páry

Požadavky na konstrukce jsou stanoveny normou ČSN 73 0540-2 v čl. 6.1.1. V Normě je uvedeno, že konstrukce, u kterých by zkondenzovaná vodní pára ohrozila jejich funkci, musí být navrženy tak, aby nedocházelo ke kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce. $M_c=0$. Zda je tento požadavek splněn se prokazuje výpočtem s použitím návrhové venkovní teploty a návrhové teploty a vlhkosti vnitřního vzduchu.

Ostatní konstrukce jsou řešeny v čl. 6.1.2. v ČSN 73 0540-2. Zde se uvádí, že je kondenzace vodní páry uvnitř skladby přípustná, pokud současně splňuje všechny následující podmínky:

- zkondenzovaná vodní pára nesmí ohrozit požadovanou funkci konstrukce,
- celoroční množství zkondenzované vodní páry $M_{c,a}$ je nižší než celoroční množství vypařené vodní páry $M_{c,a}$,
- roční množství zkondenzované vodní páry $M_{c,a}$ musí být nižší než limitní hodnota $M_{c,a,N}$, který činí:
 - $M_{c,a,N}=0,10 \text{ kg}/(\text{m}^2.\text{a})$ nebo 3 % plošné hmotnosti materiálu, v němž dochází ke kondenzaci (nižší z hodnot) pro jednoplášťové střechy, pro konstrukce s dřevěnými prvky, pro konstrukce s kontaktním zateplením a pro další konstrukce s difuzně málo propustnými vnějšími vrstvami.
 - $M_{c,a,N}=0,50 \text{ kg}/(\text{m}^2.\text{a})$ nebo 5 % plošné hmotnosti materiálu, v němž dochází ke kondenzaci (nižší z hodnot) pro ostatní stavební konstrukce.

Limitní hodnoty **3** a **5 %** plošné hmotnosti platí pro materiály s objemovou hmotností nad 100 kg/m³. Je-li objemová hmotnost materiálu, v němž dochází ke kondenzaci, menší nebo rovna 100 kg/m³, použijí se dvojnásobné hodnoty, tj. **6 %** nebo **10 %**.

U **dvouplášťových konstrukcí** se výše uvedené požadavky týkají vnitřního pláště. Dále podle čl. 6.4 musí navíc relativní vlhkost vzduchu proudícího ve větrané vzduchové vrstvě po celé její délce i za bezvětří splňovat podmínku $\phi_{cv} < 90 \%$. [3] [20]

1.1.5 Zásady pro navrhování stavebních konstrukcí z hlediska difuze a kondenzace vodní páry

Pro navrhování vrstvených konstrukcí z hlediska kondenzace a difuze vodní páry je hlavní zásadou správné seřazení vrstev konstrukce z hlediska jejich difuzního odporu. Jako optimální řešení se považuje seřazení vrstev tak, aby difuzní odpor vrstev klesal směrem od vnitřního k vnějšímu povrchu. Takže vrstva s největším difuzním odporem bude navržena na vnitřním líci a vrstva s nejnižším difuzním odporem je naopak na líci vnějším.

Uvedená zásada je pouze teoretickým příkladem pro ideální návrh konstrukce. Striktní dodržování této zásady je v praxi občas téměř nemožné. Existují konstrukce, které jsou navrženy tak, že jejich vrstvy jsou řazeny v přímém protikladu s uvedenou zásadou. Nejběžnější příklad je skladba jednoplášťové pochozí střechy, kde na vnějším líci je vrstva s nejvyšším difuzním odporem – hydroizolace. I takovouto skladbu konstrukce lze navrhnout tak, aby splňovala normové požadavky. Ovšem kvalifikovaný návrh konstrukce však vyžaduje zkušenosti a obvykle jsou normové požadavky z hlediska zkondenzovaného množství vodní páry a roční bilance kondenzace a vypařeného množství vodní páry splněny jen s minimální rezervou. Z pohledu zajištění dlouhodobé životnosti konstrukce tato varianta přináší určitá rizika. [2]

V případě, že je nezbytné navrhnout skladbu konstrukce s vrstvou s velmi vysokým difuzním odporem na vnějším líci konstrukce, jsou teoreticky možné dva přístupy řešení:

- jako nejspolehlivější řešení se jeví zařadit před parotěsnou vrstvu (směrem od skladby konstrukce) odvětranou vzduchovou vrstvu a konstrukci řešit jako dvouplášťovou,
- jako druhé řešení můžeme navrhnout na vnitřní líc konstrukce vrstvu se stejným nebo je-li to možné s vyšším difuzním odporem, než je na líci vnějším. Předpokladem pro spolehlivost tohoto řešení je, že materiály uvnitř konstrukce musí mít v době zabudování minimální vlhkost. Nedodržení tohoto požadavku by mohlo ohrozit základní funkci konstrukce a tím i výrazně omezit životnost konstrukce.

Další zásadou, která by měla být respektována, je že při návrhu parotěsných vrstev, především foliového typu, se ve výpočtech často uvažuje s výrazným snížením parotěsnosti těchto vrstev a do výpočtu se zahrnuje vliv spárové difuzní vodivosti. Ke snížení parotěsnosti dochází v důsledku možných perforací, nedokonalých styků nebo imperfekcí v napojení parotěsné vrstvy na okolní konstrukce. Nedodržení této zásady často vede k výskytu obtížně odstranitelných poruch a k výraznému zhoršení chování konstrukce.

[2]

1.1.6 Teplota rosného bodu

Rosný bod nebo teplota rosného bodu je teplota, při které relativní vlhkost vzduchu dosahuje hodnoty $\varphi=100\%$. Je to teplota, při které je vzduch plně nasycen vodní parou. Ke kondenzaci dochází v případě, že teplota klesne pod tento bod. V následující tabulce můžeme vidět souvislosti mezi teplotou, relativní vlhkostí a teplotou rosného bodu.

Tabulka 1_Teplota rosného bodu [4]

| °C | Relativní vlhkost | | | | | | | |
|----|-------------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
| 0 | -18,22 | -13,86 | -10,68 | -8,16 | -6,06 | -4,26 | -2,68 | -1,27 |
| 1 | -17,45 | -13,07 | -9,87 | -7,33 | -5,22 | -3,40 | -1,82 | -0,40 |
| 2 | -16,69 | -12,28 | -9,05 | -6,50 | -4,37 | -2,55 | -0,95 | 0,54 |
| 3 | -15,92 | -11,49 | -8,24 | -5,67 | -3,54 | -1,70 | -0,09 | 1,52 |
| 4 | -15,16 | -10,70 | -7,43 | -4,85 | -2,70 | -0,88 | 0,87 | 2,51 |
| 5 | -14,40 | -9,91 | -6,63 | -4,03 | -1,86 | -0,01 | 1,84 | 3,50 |
| 6 | -13,64 | -9,12 | -5,82 | -3,20 | -1,03 | 0,95 | 2,82 | 4,49 |
| 7 | -12,88 | -8,34 | -5,02 | -2,39 | -0,20 | 1,91 | 3,79 | 5,48 |
| 8 | -12,13 | -7,56 | -4,22 | -1,57 | 0,72 | 2,87 | 4,77 | 6,46 |
| 9 | -11,38 | -6,78 | -3,42 | -0,75 | 1,66 | 3,83 | 5,74 | 7,45 |
| 10 | -10,62 | -6,00 | -2,62 | 0,07 | 2,60 | 4,79 | 6,71 | 8,44 |
| 11 | -9,87 | -5,22 | -1,82 | 0,99 | 3,54 | 5,75 | 7,69 | 9,42 |
| 12 | -9,13 | -4,45 | -1,03 | 1,91 | 4,48 | 6,70 | 8,66 | 10,41 |
| 13 | -8,38 | -3,68 | -0,24 | 2,83 | 5,42 | 7,66 | 9,63 | 11,40 |
| 14 | -7,64 | -2,91 | 0,63 | 3,75 | 6,36 | 8,62 | 10,61 | 12,39 |
| 15 | -6,89 | -2,14 | 1,52 | 4,67 | 7,30 | 9,58 | 11,58 | 13,37 |
| 16 | -6,15 | -1,37 | 2,42 | 5,59 | 8,24 | 10,53 | 12,55 | 14,36 |
| 17 | -5,41 | -0,60 | 3,31 | 6,51 | 9,18 | 11,49 | 13,52 | 15,35 |
| 18 | -4,67 | 0,18 | 4,21 | 7,43 | 10,12 | 12,45 | 14,50 | 16,33 |
| 19 | -3,94 | 1,05 | 5,10 | 8,35 | 11,06 | 13,40 | 15,47 | 17,32 |
| 20 | -3,21 | 1,91 | 5,99 | 9,26 | 12,00 | 14,36 | 16,44 | 18,31 |
| 21 | -2,48 | 2,77 | 6,89 | 10,18 | 12,94 | 15,32 | 17,42 | 19,30 |
| 22 | -1,75 | 3,64 | 7,78 | 11,10 | 13,88 | 16,27 | 18,39 | 20,28 |

Obsah vodní páry ve vzduchu je při určité teplotě omezen. Čím má vzduch vyšší teplotu, tím více dokáže pojmout vlhkosti (viz Tabulka 2). Jakmile se vzduch začne ochlazovat, vodní páry začnou kondenzovat. Rosný bod tzv. vyjadřuje absolutní vlhkost vzduchu. [5]

Tabulka 2_Teplota vzduchu a obsah vody [6]

| Teplota vzduchu a obsah vody * | | | | |
|--------------------------------|-----------------|--------|--------|--------|
| Teplota vzduchu | Vlhkost vzduchu | | | |
| | 40% | 60% | 80% | 100% |
| -5°C | 1,2 g | 1,8 g | 2,4 g | 3,0 g |
| 0°C | 2,0 g | 3,0 g | 4,0 g | 5,0 g |
| +5°C | 2,8 g | 4,2 g | 5,6 g | 7,0 g |
| +10°C | 3,8 g | 5,7 g | 7,6 g | 9,5 g |
| +15°C | 5,2 g | 7,8 g | 10,4 g | 13,0 g |
| +20°C | 7,0 g | 10,5 g | 14,0 g | 17,5 g |

* na m3 vzduchu (zaokrouhlené hodnoty)

1.1.7 Vnitřní povrchová teplota konstrukce

Vnitřní povrchová konstrukce θ_{si} vyjadřuje, jakou teplotu má povrch konstrukce za daných okrajových podmínek. Teplota na povrchu konstrukce má velký vliv na růst plísní a vznik kondenzace. Při navrhování konstrukcí musí být posouzeno nejkritičtější místo budovy. Pro toto místo dle ČSN 73 0540-2 (2011) musí být splněna podmínka:

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$$

kde je f_{Rsi} teplotní faktor vnitřního povrchu

$f_{Rsi,N}$ požadovaná hodnota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu. [19]

2 Nejčastější příčiny vlhkosti a její odstranění

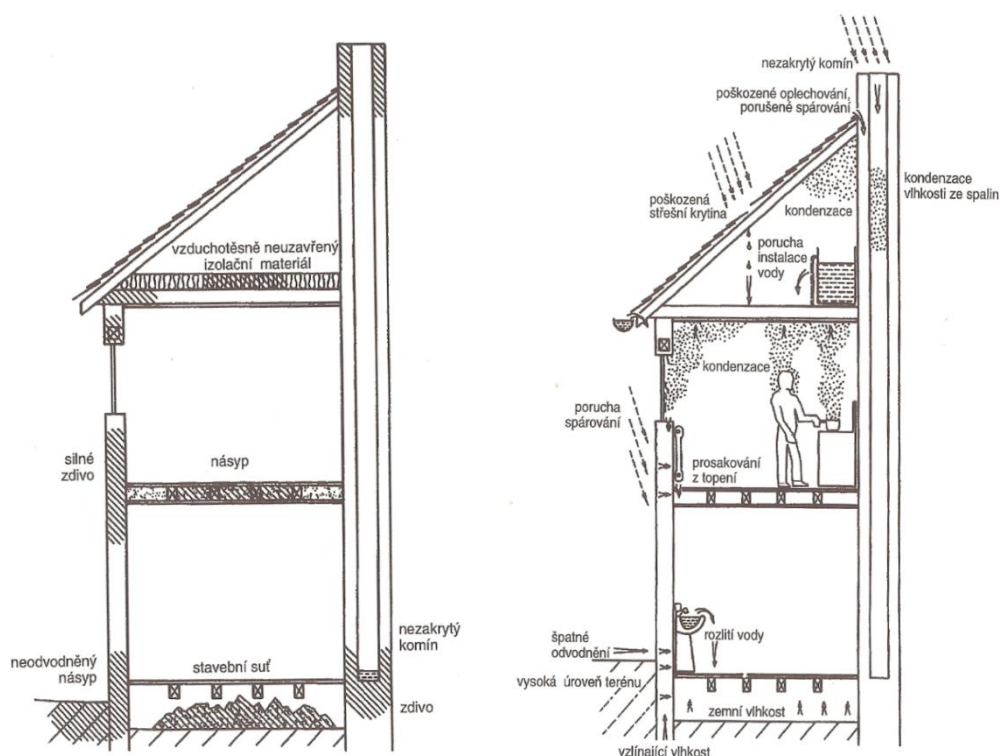
Množství vlhkosti v budovách a jejich jednotlivých částech závisí především na zdrojích a výskytu rezervoárů vlhkosti. Dále závisí na transportu a odvodu této vlhkosti, provedení tepelných izolací budovy, použitých materiálech, ventilaci, vnějších podmínkách, orientaci budovy a na uživatelích daného prostoru.

Budovy by proto měly být chápány jako celek. To je základem pro pochopení možností a příčin výskytu plísní v objektech. Budovy by měly být schopné reagovat na vnější klimatické změny i činnost svých uživatelů, aby vytvořili stálé vnitřní klima. Všechno musí být v dokonalé rovnováze.

Pokud se tento fakt opomine, může dojít vlivem různých stavebních poruch či změny způsobů užívání budovy k porušení vnitřní rovnováhy, a to má za následek, že budova nemusí dále tvořit zdravé a správně fungující prostředí. Proto by se vždy měla důkladně uvážit rizika spojená s provedenými změnami. Dále nesmí být zapomínáno i na pravidelnou údržbu budovy, která také může způsobit závažné škody. Hlavními zdroji vlhkosti v budovách jsou

- zatékání dešťové vody,
- vzlínající vlhkost,
- zatékání sanitárních instalací,
- kondenzace vody,
- činnost související s provozem budovy a jejích částí.

Rezervoáry vlhkosti vznikají, když odvod vlhkosti není v rovnováze s jejím zdrojem. Voda se tedy v porézních materiálech hromadí. Většina stavebních materiálů má schopnost přijímat nebo vydávat vlhkost, jsou takzvaně hydrofilní. Pokud je objekt nebo jeho část provlhlé, je to impulsem pro rozvoj plísní. [8]



Obrázek 6_ Příklady rezervoárů vlhkosti v budově [8] Obrázek 5_ Příklady zdrojů vlhkosti [8]

2.1 Zatékání dešťové vody

Tato vlhkost je způsobena především porušenou střešní krytinou, poruchami okapů a dešťových svodů, nezakrytými komíny atd., ale i strukturou zdiva budovy, které je smáčené větrem hnaným deštěm. Nejčastějším projevem zatékání dešťové vody jsou vlhkostní mapy.

Množství vody, které pronikne do konstrukce závisí na intenzitě a množství srážek, proudění vzduchu, a i na vlastnostech zdiva – jeho povrchové úpravě. Místa, která mohou posluhovat jako rezervoáry srážkové vody, jsou prohlubně, málo spádované či rovné plochy (například římsy atd.). [8]

2.2 Vzlínající vlhkost

Vzlínající vlhkost se do budovy dostává kvůli špatně provedené drenáži nebo díky špatně provedené, porušené nebo úplně chybějící hydroizolaci.

Tato vlhkost se v objektech projevuje vlhkostními mapami v místech, které přiléhají k zemině nebo na ni navazují.

Množství vzlínající vlhkosti je podmíněno především vlastnostmi použitých stavebních materiálů a na hladině spodní vody. Čím má použitý stavební materiál menší průměr kapilárních pórů, tím výše voda vzlíná. Voda, která vzlíná do zdiva s sebou přináší i značné množství vodorozpustných solí, kvůli kterým se u zdiva zvyšuje navlhavost. Kvůli tomuto jevu je zdivo vlhké i při nízké relativní vlhkosti. Další příčinou vzlínající vlhkosti může být i špatné odvedení povrchové vody z dešťových svodů a přilehlého terénu od budovy.

Vzlínající vlhkost se odstraňuje sanacemi zdiva a terénu a správně provedenou drenáží, která spolehlivě odvede značnou část vody, která pronikne zeminou k základovému zdivu. [8]

2.3 Zatékání sanitárních instalací

Zvýšení vlhkosti v důsledku porušené instalace je zapříčiněno poruchami rozvodů kanalizace, vody a ústředního topení. Tyto poruchy nemusí znamenat vážné nebezpečí pro rozvoj plísní, protože při nich dochází většinou jen ke krátkodobému prosycení části budovy vodou a většinou jsou rychle odstraněny. V opačném případě, pokud jsou tyto poruchy zanedbány a neodstraní se včas, může skutečně dojít k rozvoji plísní. [8]

2.4 Kondenzovaná vlhkost

Kondenzovaná vlhkost je následkem zkapalnění vodní páry, která pochází z okolní atmosféry.

Běžná atmosféra obsahuje vždy určité množství vodní páry. Obsah vodní páry souvisí s teplotou a tlakem a vyjadřuje se jako množství vody vztažené na gram nebo litr vzduchu. Tuto veličinu označujeme jako absolutní vlhkost vzduchu. Můžeme se setkat i s vyjádřením vlhkosti vzduchu formou relativní vlhkosti. Tato veličina nám popisuje, procentuální vyjádření obsahu vodní páry ve vzduchu k jejímu maximálnímu možnému obsahu (když je vzduch plně nasycen vodní parou) za stejných podmínek. Vzduch, který je plně nasycen vodní párou a není schopen přijmout žádnou další vodní páru,

aniž by její část zkondenzovala, má hodnotu relativní vlhkosti rovnou 100 %. Naproti tomu, absolutně suchý vzduch má hodnotu relativní vlhkosti rovnou 0 %. Jestliže zahřejeme vzduch, který má určité množství vodní páry, jeho absolutní vlhkost se nemění, ale jeho relativní vlhkost klesá. Ochlazováním vzduchu naopak relativní vlhkost stoupá. Jestliže má vzduch stejnou hodnotu relativní vlhkosti, ale různou teplotu, obsahuje různé množství vodní páry. Teplejší vzduch pojme větší množství vodní páry oproti chladnějšímu.

Vodní pára obsažená ve vzduchu při určitých podmínkách kondenzuje na povrchu stavebního materiálu či v jeho pórech. Ke kondenzaci dochází v případě, když se vzduch v okolí ochladí pod teplotu rosného bodu. Jak bylo již zmíněno, teplota rosného bodu, je teplota, při níž je vzduch plně nasycen vodní párou a při jejím poklesu dochází ke kondenzaci. [8]

2.4.1 Nejčastější zdroje a místa kondenzované vlhkosti

Množství vodní páry ve vzduchu uvnitř budovy závisí především na způsobu jejího užívání. Nejčastějšími zdroji tohoto typu vlhkosti bývají:

- špatné vytápění a větrání místnosti,
- změna užívání vnitřních prostor,
- povětrnostní vlivy a s nimi spojená nedokonale provedená stavba a konstrukční vady,
- lidský faktor– Lidské tělo odevzdává do vzduchu vodní páru například potem či dýcháním. Čtyřčlenná rodina je schopna během dne do vzduchu odevzdat až 1,5l vody,
- koupání, sprchování – Při koupání či sprchování se v koupelně rychle vytvoří zkondenzovaná vodní pára. Část vody se ihned odpařuje, kapičky vody stékají po obkladu, na podlaze se vytvoří kluzký film a okna se zamlží,
- Sušení prádla – Při sušení prádla není na první pohled nárůst vlhkosti tak patrný, jako například při sprchování horkou vodou. I tak se do vzduchu dostává velké množství vlhkosti. V tomto případě je množství odevzdané vlhkosti sušením ovlivněno tím, jak mokré prádlo bylo z pračky vytaženo,

- Vaření – Při vaření pravidelně dochází k překročení teploty bodu varu. Voda se vaří a přitom se mění ve vodní páru. Společně s vodou jsou při vaření odevzdávány také oleje a tuky. Společně při srážení na povrchu vytvářejí ideální živnou půdu pro tvorbu plísní,
- Pokojové rostliny. [6]

Tabulka 3_ Zdroje vodní páry a množství jejich produkce [7]

| Zdroje vodní páry a množství jejich produkce | |
|--|---------------|
| člověk při lehké činnosti: | 30-60 g/h |
| člověk při středně těžké činnosti: | 120-200 g/h |
| člověk při těžké činnosti | 200-300g/h |
| Kouplena s vanou | 700g/h |
| Koupelna se sprchou | 2600 g/h |
| Kuchyně při vaření | 600-1500 g/h |
| Kuchyně průměrně denně | 100 g/h |
| Sušení prádla(pračka na 4,5 kg) odstředěného | 50 - 200 g/h |
| Sušení prádla(pračka na 4,5 kg) mokrého | 100 - 500 g/h |
| Pokojové květiny | 5-10 g/h |
| Rostliny v květináči | 7 - 15 g/h |

Nejčastější místa, kde dochází ke kondenzaci vodní páry jsou:

- výplně otvorů v obvodových stěnách např. okna, dveře, výkladce,
- svislé kouty,
- vodorovné kouty u obvodových stěn v místech kontaktu se stropem nebo podlahami,
- vodorovné kouty vnitřních stěn, jestliže oddělují místnosti s výrazně odlišnými vnitřními teplotami,
- tepelné mosty v obvodových stěnách, střeších, ve vnitřních stěnách nebo stropech, které oddělují prostředí s výrazně odlišnou teplotou vzduchu,
- v objektech, které mají velkou tloušťku obvodových stěn (historické budovy),

- v místnostech, kde jsou původní dřevěná okna nahrazena novými okny, která utěsnila daný prostor a nedochází k infiltraci vzduchu původními dřevěnými okny,
- v místnostech nebo prostorech, kde došlo ke změně užívání vnitřního prostředí a zvýšila se produkce vodních par (zavedení nové technologie),

Vlivem výše jmenovaných zdrojů vlhkosti může docházet ke kondenzaci vodních par jak na vnitřním povrchu konstrukce, tak i uvnitř v konstrukci. V dalších kapitolách se zaměříme pouze na kondenzaci, která vzniká na vnitřním povrchu konstrukce, protože to je předmětem této práce. [7]

3 Opatření proti kondenzaci vodní páry na vnitřním povrchu a vzniku plísní

Při odstraňování vlhkosti musíme dbát na to, aby byl odstraněn primárně zdroj vlhkosti vhodným opatřením. Poté můžeme použít chemickou desinfekci, která je pouze jako doplňkové opatření. Kdybychom použili pouze chemické ošetření, vlhkost ve zdivu by stále zůstala a po čase by se plíseň znovu objevila.

Opatření pro kondenzaci vodní páry mohou být například:

- změna užívání prostoru,
- provedení úpravy obvodových konstrukcí,
- zajištění požadovaných parametrů vnitřního vzduchu přirozeným větráním, vzduchotechnikou nebo pomocí různých vysoušečů. [7]

3.1 Změna užívání prostoru

Relativní vlhkost můžeme snížit tím, že provedeme změnu užívání problematického prostoru či objektu. Teplota vnitřního vzduchu může být zvýšena, snížena nebo zůstat stejná. Finanční nákladnost na toto opatření není náročná, pokud neuvažujeme náklady spojené se stěhováním a z technického hlediska, je tento způsob jeden z jednodušších. Ovšem často se stává, že je toto opatření z praktického hlediska nemožné. [7]

Tímto opatřením tedy snížíme relativní vlhkost vnitřního vzduchu a posoudíme teplotní faktor vnitřního povrchu v kritických místech např. pomocí výpočetního programu Area 2017 EDU. Musí být dodržena následující podmínka:

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N} \quad [-] \quad (1.17.)$$

Kde f_{Rsi} teplotní faktor vnitřního povrchu [-]

$f_{Rsi,N}$ požadovaná hodnota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu [-]

V prostorách kde dochází k povrchové kondenzaci nemusí být vždy nutně změněn způsob jejich užívání. Často stačí, když se zajistí dostatečná výměna vzduchu běžným způsobem bez jakýchkoliv úprav.

3.2 Úpravy obvodových konstrukcí

Pokud bychom chtěli provést úpravu obvodových konstrukcí (stropů, stěn, střešního pláště) tak, aby vyhovovaly z hlediska aktuálních parametrů vnitřního vzduchu. Znamená to odborný návrh a realizaci patřičných stavebních úprav, tj. návrh vhodných skladeb obvodových konstrukcí. Jedná se konkrétně o zateplení, vložení parotěsné vrstvy a atd. za účelem

- zvýšení teplotního faktoru vnitřního povrchu v rizikových místech tak, aby byla splněna podmínka $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$,
- snížení či úplného vyloučení kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce tak, aby byly splněny požadavky ČSN 73 0540-2 ohledně vnitřní kondenzace vodní páry,
- Snížení hodnoty součinitele prostupu tepla U tak, aby byl splněn požadavek ČSN 73 0540-2 na jeho maximální hodnotu. Pokud nebude možné tento požadavek splnit, je třeba postupovat podle čl. 5. 2. 2 ČSN 73 0540-2.

Posouzení výše zmiňovaných podmínek můžeme provést pomocí výpočetního programu Area 2017 EDU, to se týká prvního bodu. Nebo podmínky zmíněné v dalších dvou bodech můžeme posoudit pomocí programu Teplo 2017 EDU.

V případě, že není možné splnit podmínku v prvním bodě, což se týká především místností s relativní vlhkostí větší než 60 %, pak je nutné zajistit bezchybnou funkci konstrukce při povrchové kondenzaci vodní páry, vyloučit nepříznivé působení kondenzátu na navazující konstrukce, zajistit odvod kondenzátu, nebo snížit relativní vlhkost vzduchu v zimním období.

Úprava obvodových konstrukcí bývá obvykle finančně náročná a pracná. U některých objektů nebo konstrukcí ji lze udělat pouze částečně, případně jí nelze učinit vůbec (například u objektů památkového charakteru).

Zároveň je třeba zajistit dostatečnou intenzitu výměny vnitřního vzduchu, odpovídající hygienickým požadavkům. [7]

Variantou pro úpravu obvodových konstrukcí je provedení parotěsné vrstvy, v těchto případech je možno využít nátěrové či stěrkové hmoty s vysokými hodnotami difuzního odporu. Musíme ovšem zajistit jejich řádné napojení na navazující konstrukce. Na takto upravený povrch je pak možné snadno provést vnitřní omítky či obklady.

Některé možnosti úprav obvodových konstrukcí:

- celkové dodatečné zateplení objektu,
- dodatečná tepelná izolace spodní stavby,
- dodatečné vložení tepelné izolace do podlahy situované na terénu,
- vnitřní zateplení. [7]

3.2.1 Celkové dodatečné zateplení objektu

Pokud mají uvedené problémy velký rozsah a pokud je možné provést dodatečné zateplení objektu, pak se provádí tepelná izolace v celém rozsahu. Toto opatření bude mít příznivý dopad nejen na problémy spojené s povrchovou kondenzací vodní páry, ale také na potřebu tepla na vytápění.

U některých objektů, celkové zateplení není možné (historické budovy) nebo zde budou omezující okrajové podmínky (např. možnost provedení dodatečného zateplení pouze v oblasti: u spodní stavby či u stropní konstrukce pod půdním prostorem nebo pouze u části budovy atd.). [9]

3.2.2 Provedení dodatečné tepelné izolace spodní stavby

Toto řešení je výhodné tehdy, když máme okolo budovy provedený výkop (např. kvůli provádění sanace vlhkého zdiva apod.). Tepelnou izolaci obvodových stěn je vhodné udělat buď z expandovaného pěnového polystyrenu typu perimetr, nebo z extrudovaného polystyrenu, a to ze dvou důvodů:

- 1) Dojde k výraznému snížení tepelných ztrát prostupem.
- 2) Dojde k posunutí kondenzační zóny směrem k exteriéru a tím k úplnému odstranění kondenzace vodní páry na vnitřním povrchu.

Posunutím kondenzační zóny směrem k exteriéru dojde ke zvýšení vnitřních teplot ve zdivu i na jeho vnitřním povrchu. Pokud je zdivo nadměrně

vlhké, pak toto opatření zapříčiní též rychlejší vysychání nadměrně vlhkého zdiva směrem do interiéru. [9]

Tepelně technické posouzení můžeme provést pomocí výpočtového programu Teplo 2017 EDU [10]

3.2.3 Dodatečné vložení tepelné izolace do podlahy situované na terénu

Toto řešení je vhodné, pokud na objektu právě probíhá sanace, při níž dochází k zásahu do podlahy situované na terénu. V tomto případě je nutno zvážit možnost dodatečného zateplení podlahy. Jako materiál tepelné izolace je vhodné použít buď z expandovaný pěnový polystyren typu perimetr, nebo z extrudovaný polystyren, a to ze dvou důvodů:

- 1) dojde k výraznému snížení tepelných ztrát prostupem skrz konstrukci,
- 2) zvýší se povrchové teploty ve vodorovném koutu v místě podlahy.

Vložením dodatečné tepelné izolace v celé ploše podlahy u nevytápěných místností může být neekonomické. Vhodnějším řešením je vložení tepelné izolace pouze v místě vodorovného koutu za účelem zvýšení povrchových teplot, což má vliv na snížení tepelných ztrát a také na snížení nebo úplné vyloučení kondenzace vodní páry v daném místě. Na stěně v místě koutu je možno provést vhodný typ tepelně izolační omítky. Návrh tepelné izolace v místě vodorovného koutu může mít velký význam zejména u zděných objektů s velkými tloušťkami obvodových zdí. [9]

Tepelně technické posouzení můžeme provést pomocí výpočtového programu Area 2017 EDU [11]

3.2.4 Vnitřní zateplení

Vnitřní zateplení se používá, když není možné použít zateplení vnější a to tehdy:

- budova má památkově chráněnou fasádu,
- společná zeď se sousedem,
- zeď pod úrovní terénu, která není zvenčí přístupná,

- stěna se nachází na hranici pozemku a majitel sousedního pozemku nedovolí izolovat zvenčí.

Vnitřní zateplení má spoustu nevýhod:

- riziko hromadění vlhkosti mezi izolací a konstrukcí a s tím související rozvoj plísní,
- menší účinnost izolace kvůli tepelným mostům způsobeným vnitřními příčkami a nosnými stěnami,
- zmenšení vnitřního prostoru,
- u vnitřního zateplení je třeba dávat si pozor na hromadění vlhkosti pod tepelnou izolací.

Existují dvě možnosti zateplení zevnitř. Buď můžeme obalit zevnitř všechny stěny, nebo postavit dům v domě.

Obalit stěny zevnitř

Při tomto způsobu zateplení se používá izolace o síle 40–100 mm. Silnější izolace nemá účinek kvůli vlivům tepelných mostů, které jsou způsobeny příčkami, stropy a stropními trámy.

Dům v domě

Tento způsob se provádí v případě, že je možné obalit zvenčí trámy nebo všechny vnitřní konstrukce vybourat i se stropy a postavit nové nosné obvodové konstrukce uvnitř domu a vynechat mezeru cca 25 cm pro tepelnou izolaci.

Aby nedocházelo uvnitř konstrukce k hromadění vlhkosti je třeba zvolit vhodné materiály:

- Minerální vlna – používá se výhradně s parozábranou,
- Celulóza – používá se v difuzně otevřené skladbě i v nejvyšších vlhkostních kategoriích,
- Pěnový polystyren – používá se v uzavřených skladbách s hydrofobní úpravou, například silikonovým nátěrem. Lze jej použít i do vlhkostně vyšších kategorií,

- Kalciumsilikát – má podobné vlastnosti jako celulóza. Používá se v otevřené skladbě a vyhoví kterékoliv vlhkostní kategorii.

Nejkritičtějšími místy při vnitřním zateplování jsou zhlaví trámů, napojení oken na tepelnou izolaci a místa, kde na sebe navazují tepelná izolace obvodových konstrukcí a vnitřní konstrukce. Na tyto místa je nutno dávat si velký pozor a provést je správně. [9,12]

3.3 Zajištění požadovaných parametrů vnitřního vzduchu

V prostorách, kde dochází k povrchové kondenzaci vodní páry často postačí pouze zajištění dočasné výměny vzduchu běžným způsobem a to větráním. Dalším způsobem, jak snížit vlhkost v místnosti je například pomocí odvlhčovačů vzduchu nebo různými ventilátory.

Větrání

Vlhkost vnitřního prostoru může být velmi rychle odvedena krátkou výměnou vzduchu v místnosti ze vzduchu venku – příčným průvanem a nárazovým větráním. Vlhkost, která je usazená na konstrukcích se větráním odstraňuje o něco déle. Je zapotřebí větrat několikrát po sobě, v intervalech několika minut. Přivedený čerstvý vzduch z venku se musí ohřát, aby byl schopen pojmou více vlhkosti. Další možností je větrání při vyklopeném okně, při kterém nedochází k výraznému snížení teploty v místnosti a vzduch je plynule obměňován. Tento způsob větrání zajišťují vyklápěcí okna, nebo okna která mohou být zafixována v polootevřené pozici. U obou případů je důležité dávat si pozor, aby se vzduch v místnosti příliš neochladil, protože pak by už nebylo možné odvádět tolik vlhkosti a zbytečně by se plýtvalo teplem. To znamená, že čím je v zimě chladnější vzduch, tím by mělo být větrání kratší. Chladnější vzduch je sušší, a proto může pojmou a odvést více vlhkosti z objektu. Stanovení přesných intervalů větrání je velmi obtížné, protože závisí na mnoha faktorech, především na vlhkosti v dané místnosti, její velikosti, umístění oken a na podmínkách větru. Proto jsou údaje v následující tabulce pouze orientační. [6]

Tabulka 4_ Účinky větru [6]

| Účinky větrání | | |
|------------------|---|------------------------------|
| Způsob větrání | Poloha oken a dveří | Doba trvání výměny vzduchu * |
| Příčné větrání | Okna či dveře, umístěné naproti sobě, jsou zcela otevřené | 1-5 minut |
| Příčné větrání | Okno vyklopené, protější dveře nebo další okna zcela otevřené | 15-30 minut |
| Nárazové větrání | Okno zcela otevřené, všechna protější okna i dveře zavřené | 5-10 minut |
| Nárazové větrání | Okno otevřené napolo, protější dveře nebo okna zavřená | 10-15 minut |
| Nárazové větrání | Okno vyklopené, protější dveře nebo okna zavřená | 30-60 minut |

Existuje několik způsobů větrání. Příčného větrání docílíme tím, že otevřeme okna či dveře umístěná naproti sobě a vytvoří se průvan. Jestliže otevřeme pouze jedno okno a vzduch proniká do místnosti pouze z jedné strany, jedná se o větrání nárazové. Při tomto způsobu větrání trvá výměna vzduchu v místnosti dvakrát až třikrát déle než při větrání příčném.

Jestliže si vytvoříme správné návyky můžeme tím vzniku kondenzované vlhkosti efektivně předcházet:

- několikrát denně vytvořit průvan a intenzivně provětrat,
- při koupání či vaření otevřít okna, aby mohla velká část vodní páry unikat ven,
- při koupání či vaření zavřít dveře, aby se vlhkost nemohla šířit i do dalších místností,
- používání odvlhčovačů vzduchu je při správném větrání zcela zbytečné,
- dveře do nevytápěných prostorů zavírat, aby nedocházelo k šíření teplejšího a vlhčího vzduchu do nevytápěného prostoru, který by se mohl srážet,
- nesusit prádlo v uzavřené místnosti. Pokud to nejde jinak, je nutno po vysušení prádla provětrat,

- nábytek umísťovat vždy několik centimetrů od stěny, aby byla zajištěná cirkulace vzduchu a tím vysušování kondenzované vlhkosti,

Platí zásada, že čím je dům lépe izolován, tím je důležitější vytvořit si správné návyky větrání. U starších domů je většinou výměna vzduchu zajišťovaná nedokonale utěsněnými částmi konstrukcí.

- **Vysoušeče (odvlhčovače) vzduchu**

Vysoušeče vzduchu z prostředí odebírají přebytečnou vlhkost a zabraňují tak vzniku plísní. Mohou být například elektrické vysoušeče, ventilátory, hygrometry.

Elektrické odvlhčovače jsou buď se zabudovanými senzory vlhkosti, takže stačí když je zapojíme do elektrické sítě a nastavíme hodnoty požadované vlhkosti. Nebo mohou být napojeny do tzv. hygrometru (senzorů vlhkosti), které zapojíme do zásuvky a k nim pak připojíme elektrický odvlhčovač. Elektrické odvlhčovače fungují tak, že se nastaví maximální a minimální hranice vlhkosti, která je v daném prostoru přípustná a na základě tohoto nastavení odvlhčovač pracuje. Vlhkost, kterou přístroj ze vzduchu odebírá stéká do nádržky, kterou je občas potřeba vylít.

Ventilátory pracují na stejném principu jako elektrické odvlhčovače. Senzory vlhkosti neboli hygrometry mají v sobě buď zabudované, a nebo můžeme ventilátor spouštět sami dle potřeby. Vlhkost se z místnosti odvádí buď do instalačních či komínových šachet nebo přímo ven. Existuje mnoho typů ventilátorů, a to jak stěnové ventilátory, potrubní ventilátory tak okenní ventilátory.

Dále existují i vysoušeče, které nejsou závislé na elektrické energii, ale fungují tak, že granulát obsažený ve vysoušeči na sebe váže vlhkost z okolí a ta pak stéká do sběrných nádržek. Jak bylo již řečeno, tento systém není závislý na napájení elektrickou energií a jeho jedinou nevýhodou je, že se granulát musí po nějakém čase vyměňovat.

Na trhu je mnoho typů vysoušečů, ventilátorů a různých zařízení, které nám pomáhají s přebytečnou vlhkostí. Cenové rozdíly závisí především na výkonu, příkonu a hlučnosti jednotlivých zařízení. Například hlasitost

stěnových potrubních ventilátorů dosahuje 40-50 dB/A. Oproti tomu tiché ventilátory dosahují hodnot kolem 20 dB/A, jsou však o něco dražší.

Při výběru odvlhčovače vzduchu je určitě dobré projít si veškeré možnosti, které na trhu máme a podle toho se rozhodnout nebo si nechat poradit jaký typ zařízení je vhodný přímo pro naši potřebu. Aby se nám pak nestalo, že si koupíme odvlhčovač, který nefunguje tak, jak si představujeme, a ještě dělá strašný hluk. [6,13]



Obrázek 7_Elektrický odvlhčovač vzduchu [15]



Obrázek 8_Ventilátor [6]



Obrázek 10_Odvhlčovač vzduchu s granulátem [6]



Obrázek 9_Hygrostat [14]

4 Plíseň

4.1 Plíseň a vliv na zdraví člověka

Životní prostředí je celkově narušeno přílišnou chemizací, nárůstem hromadících se odpadních produktů na této Zemi a různými škodlivinami. Proto dochází ke stále častějšímu výskytu plísní v životním prostředí. Porušení biologické rovnováhy porušuje vývoj některých organismů a jiné zase podporuje, to platí právě pro plísně.

Rozvoj plísní dále umocňují změny klimatických podmínek, různé přírodní katastrofy (např. povodně) a v neposlední řadě i člověk.

Kromě zvýšené koncentrace plísní v životním prostředí je pozorován i častější výskyt plísní v domácnostech, což má velice vážné následky na zdraví člověka. Plísně způsobují řadu onemocnění jako jsou mykózy, mykoalergózy, mykotoxikózy, mycetizmy. [8]

4.2 Odstraňování plísní

Rozšíření plísně na trvale vlhkých vnitřních zdech a stropěch je pouze otázkou času. Existuje kolem 100 000 druhů plísní, v domácnostech se jich vykytuje cca 30-40 druhů. Mikroskopické spory plísní (též zvané konidie), jsou v nízké koncentraci obsaženy ve vzduchu v místnosti. Teplé a vlhké prostředí tvoří ideální růstové podmínky. Ze spor se vytvoří okem viditelná tkáň různých barev. Barevné spektrum je velice široké, většinou závisí na typu plísně. Houbová tkáň odevzdává do vzduchu miliony nových spor, proto se plíseň šíří velice rychle. Vysoká koncentrace spor je zdraví škodlivá a může způsobit různé alergie či problémy s dýchacími cestami. Proto jakmile v bytě objevíme plíseň, měli bychom ji co nejdříve odstranit a s ní také odstranit příčinu vlhkosti, na základě které, plíseň vznikla. Pokud neodstraníme příčinu vlhkosti, hrozí, že se plíseň objeví znovu.

Jedním z nejpodstatnějších pravidel při odstraňování plísní je, že pokud se plíseň objeví jednou, můžeme se pokusit proti ní bojovat sami. Pokud se ale objevuje opakovaně je nutné si nechat poradit od odborníka. Obzvláště pokud si například chceme koupit starší domek ve kterém se již plíseň rozšířila,

vyplatí se nechat si udělat znalecký posudek od odborníka. Neboť pouze ten nám může správně odhadnout náklady na případné sanace.

Často používaným prostředkem na odstranění plísní je ocet. Ten však často nedokáže odstranit toho nepřítele úplně. Dále je na trhu velké množství prostředků, které pomáhají s odstraněním plísní, většina z nich je ale velmi agresivních a zdraví škodlivých – proto je při užívání potřeba dbát na bezpečností pokyny uvedené v návodu. Nejdůležitějším bodem při odstraňování plísní, je zbavit se příčiny vlhkosti, protože pokud to neuděláme, plíseň se bude neustále vracet a veškeré prostředky proti plísním budou účinné pouze na krátké období a plíseň se bude neustále vracet. [8]

5 Popis a umístění zkoumaného objektu

Objekt s čp. 92 se nachází na parcele č. 63/1 v obci Bašnice v Královéhradeckém kraji. Tato obec se nachází zhruba 5 km od města Hořice, tj. v půlce cesty mezi Hradcem Králové a Jičínem. Objekt byl postaven v druhé polovině 20. století. Budova je po celou dobu své životnosti používána jako bytový dům. Součástí bytového domu jsou garáže, které jsou postaveny na vyvýšeném místě parcely č. 63/1 a dále jsou na pozemku i zahrádky.

Terén v okolí objektu je mírně svažitý. Kolem bytového domu je betonový chodník. Vzhledem ke světovým stranám je bytový dům otevřen všem světovým stranám. Pouze ze severovýchodní strany je v blízkosti bytového domu postaven o něco větší objekt.



Obrázek 11_ Ortofoto s označením umístění bytového domu [16]

5.1 Zjednodušený stavebně technický průzkum

Bytový dům má jedno podzemní podlaží, a dvě nadzemní podlaží. V podzemním podlaží jsou sklepy a sušárna na prádlo. V každém nadzemním podlaží jsou 3 bytové jednotky. Půdorys objektu je obdélníkový o rozměrech cca 22,5x10,85 m. Objekt je zastřešen plochou střechou, která je po rekonstrukci. Hlavní vstup do objektu je situován na severovýchodním průčelí naproti garážím. Vedlejším vstupem, který je orientován jihovýchodně se dostaneme betonovou rampou přímo do suterénu. Stavba nemá žádný historický charakter. [17]

Základové konstrukce a geologické poměry

Terén, na kterém stojí objekt je svažité. Základovou zeminu tvoří žlutohnědá sprašová hlína.

Základy jsou provedeny z betonu B105. Základy jsou pasové a pod střední zdí je proveden železobetonový pás z betonu B179. Základová spára je v hloubce 930 mm. [17]

Svislé konstrukce

Obvodové zdivo je z cihel CDm tloušťky 0,375 a štíty z cihel CDm tloušťky 0,5m z důvodu zlepšení tepelné izolace. Zděno je na maltu vápenocementovou a cementovou. Vnitřní nosné zdivo je z cihel CDm 250 mm. Příčky tloušťky 100 mm jsou z cihel pálených podélně děrovaných formátu 290/140/65. Mezibytové dvojité příčky tloušťky 200 mm jsou z cihel plných P100 se vzduchovou mezerou 3 cm a skelnou rohoží. [17]

Vodorovné konstrukce

Stropy jsou tvořeny z panelů. Nad hlavním vstupem a vchodem do suterénu jsou prefabrikované desky řady PZD.

Schodiště

V objektu se nachází jedno hlavní prefabrikované schodiště, které spojuje všechny podlaží. Schodiště je dvouramenné, železobetonové prvkové sestavy K215 3–250/300. V jednom rameni je 10 schodišťových stupňů, které

jsou obloženy žulovým obkladem a na podestách jsou keramické dlaždičky 10 x 10 cm. [17]

Střecha

Bytový dům je zastřešen plochou střechou, která byla v roce 2007 rekonstruována. Nově provedená skladba se skládá z tepelné izolace Polydek EPS 70 V13 tloušťky 100 mm a z natavené hydroizolace Elastek 50 Special Dekor tloušťka pásu 5 mm, která je natavena až na vnitřní stranu původního oplechování. Oplechování je z pozinkovaného plechu tloušťky 0,6 mm. [18]

Komínová tělesa

V objektu se nachází 3 komínová tělesa. Zdivo komínových těles a výlezu z větracích šachet na střeše je z mrazuvzdorných cihel CDm 150. V současné době je v objektu vytápěn hlavně elektrickou, křbovými kamny a kotlí na uhlí.

Výplně otvorů

Okna

Ve většině bytech a na hlavních chodbách jsou okna po rekonstrukci. Původní dřevěná okna byla nahrazena plastovými okny s dvojitým zasklením. Všechna okna v objektu jsou otvíravá dovnitř.

Dveře

Hlavní vchodové dveře a vedlejší vchodové dveře do objektu byly vyměněny společně s okny. Původní dřevěné dveře jsou nahrazeny plastovými, prosklenými dveřmi. Vchodové dveře do bytů a interiérové dveře jednotlivých bytů si majitelé bytových jednotek vyměnili, popřípadě ponechali původní dle své osobní potřeby.

Povrchové úpravy

Fasáda na celém objektu je členěna do několika částí. Na soklu najdeme drásanou omítku cementovou v červené barvě. Zbytek fasády je členěn do pruhů, ve který se střídá hrubozrnný břízolit barevný a břízolit přírodní střední hrubosti. [17]

V suterénu jsou omítky vápenné, hladké. V prádelně je do výšky 150 cm omítka cementová. Prostory bytů a schodiště mají hladkou štukovou omítku

Technické zařízení budov

Topení bylo dříve řešeno kotlem na uhlí v každém bytě. V současné době si někteří obyvatelé bytového domu ponechali kamna na uhlí, někdo topí elektřinou, a nebo křbovými kamny, popř. kombinací. Kanalizace a vodovodní instalace jsou v dobrém technickém stavu. [17]

6 Povrchové teploty obvodových konstrukcí bytového domu v Bašnicích

V této části práce byla řešena analýza bytového domu z hlediska kondenzace na vnitřním povrchu obvodových zdí.

Měření bylo provedeno v bytě, který se nachází v 2.NP. Byt je částečně po rekonstrukci. Byla zde vybudována krbová kamna, ve kterých se v zimním období denně zatápí kolem 17:00. Během dne byla teplota v bytě regulována elektrickým topením. Termostat byl nastaven tak, že ve 14:00-18:00 byla v bytě udržována teplota kolem 21 °C a mimo tento časový interval je v bytě udržována teplota kolem 18°C. V roce 2011 došlo k výměně oken. Původní dřevěná okna byla nahrazena plastovými okny Vekra Classic s dvojitým prosklením. Po rekonstrukci je i jádro bytu, kdy byla změněna část vnitřní dispozice.

Nejkritičtějšími místy, kde dochází k nejčastějšímu výskytu plísní jsou rohy, kde se stýká obvodové zdivo (dále „bod č. 1“), ostění (dále „bod č.3 a 5“), v místě obložení rámu ve spodní části balkonových dveří (dále „bod č. 2“) a i v plochách obvodových zdí (dále „bod č. 4 a 6“).

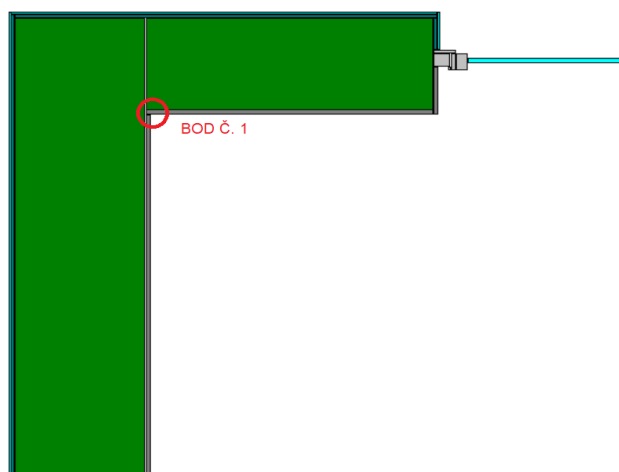
6.1 Postup měření

Měření probíhalo od 10. 2. 2018–20. 3. 2018, přístrojem GMH 3350. Tento přístroj se skládá z komunikačního rozhraní, ke kterému jsou připojeny dvě měřicí sondy. První sonda byla přilepena na zdi v místě kritického místa a snímala vnitřní povrchovou teplotu zdi. Druhá sonda, která snímala relativní vlhkost a teplotu vnitřního prostředí, byla umístěna co nejvíce směrem doprostřed místnosti. Tato data byla přístrojem měřena každých 5 minut. Celkem bylo změřeno 6 kritických míst. Jednotlivá místa byla monitorována po dobu čtyř dnů. Z toho dva dny probíhalo měření bez zapnutého odvlhčovače vzduchu a dva dny byl odvlhčovač zapnutý. Poté se přístroj přenesl na jiné místo a měření probíhalo znovu stejným způsobem. Výstupem měření jsou data zaznamenaná v tabulce viz příloha č. 1 na CD. Spolu s hodnotami, které nám poskytl přístroj byla denně zaznamenávána teplota venkovního vzduchu

viz příloha č. 2 na CD. Všechna data byla zpracována a ve výpočtech jsou uvedeny průměrné hodnoty z jednotlivých měření.

6.1.1 Bod č. 1

Měření probíhalo v rohu, kde se stýká obvodové zdivo tl. 350 a 500 mm. Měřilo se 10. 2. 2018–14. 2. 2018. Venkovní teploty se pohybovaly v noci kolem $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a ve dne kolem $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Podrobnější informace k výpočtům a získaným datům nalezneme v příloze č. 1-3 na CD.

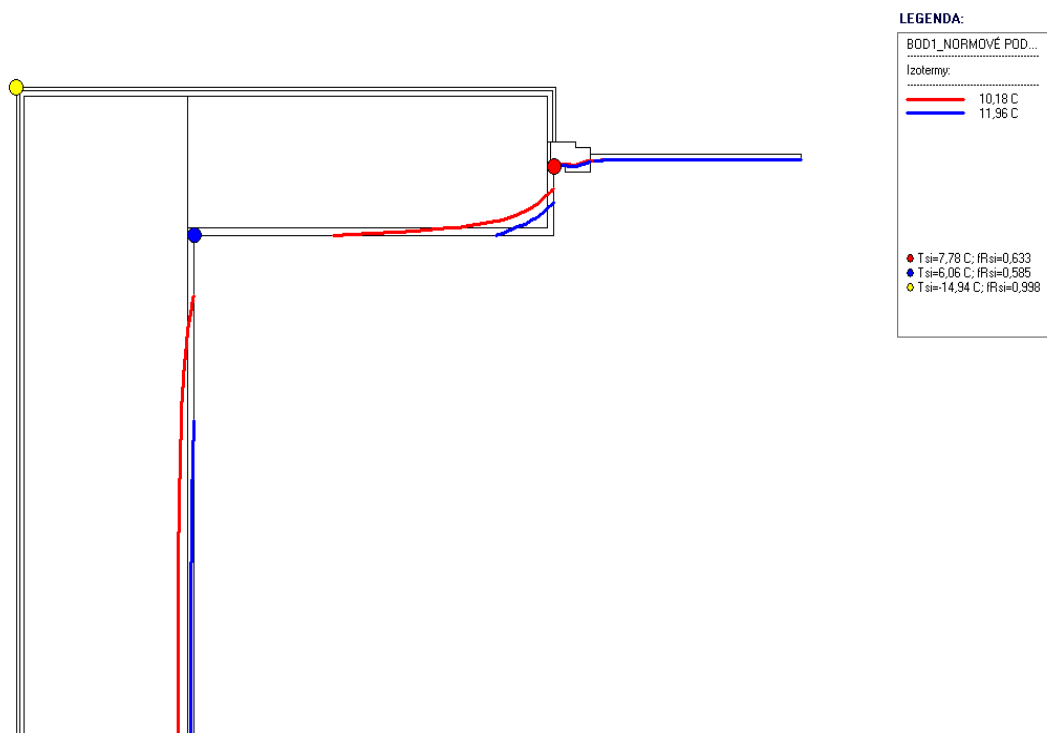


Obrázek 12_Bod č. 1_Grafický vstup - program Area 2017 EDU

- **Model normových průměrných hodnot**

Teplota vzduchu v exteriéru: $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$; Relativní vlhkost v exteriéru: 84 %

Teplota vzduchu v interiéru: $21\text{ }^{\circ}\text{C}$; Relativní vlhkost v interiéru: 50 %

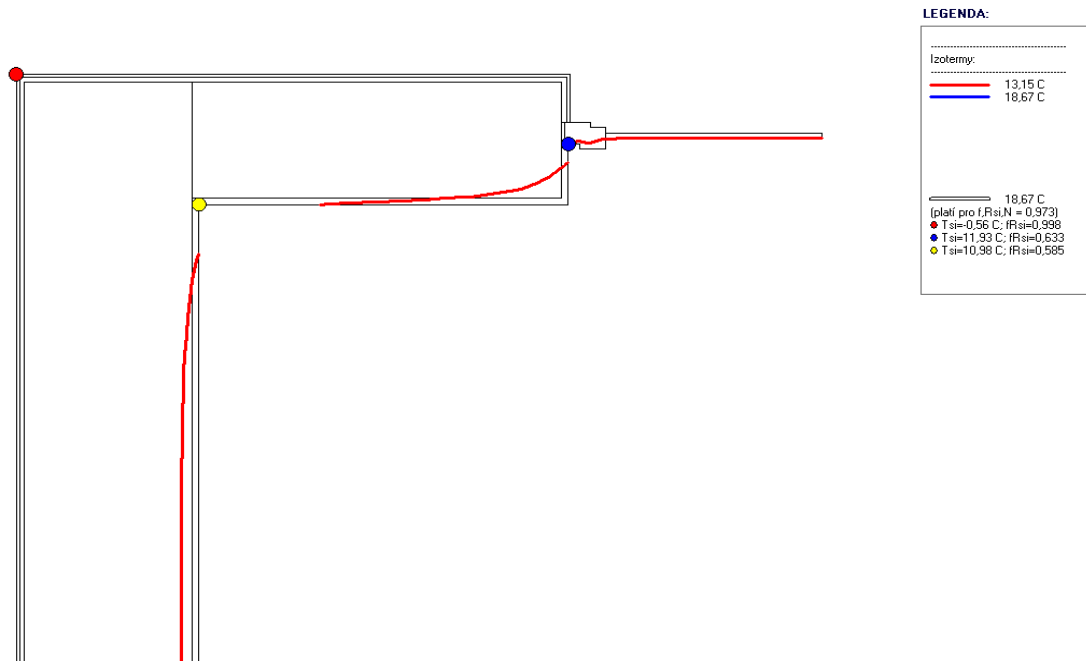


Obrázek 13_Bod č. 1_Model normových hodnot - program Area 2017 EDU

- **Model naměřených průměrných hodnot**

Teplota vzduchu v exteriéru: -0,6 °C; Relativní vlhkost v exteriéru: 84 %

Teplota vzduchu v interiéru: 19,2 °C; Relativní vlhkost v interiéru: 68 %

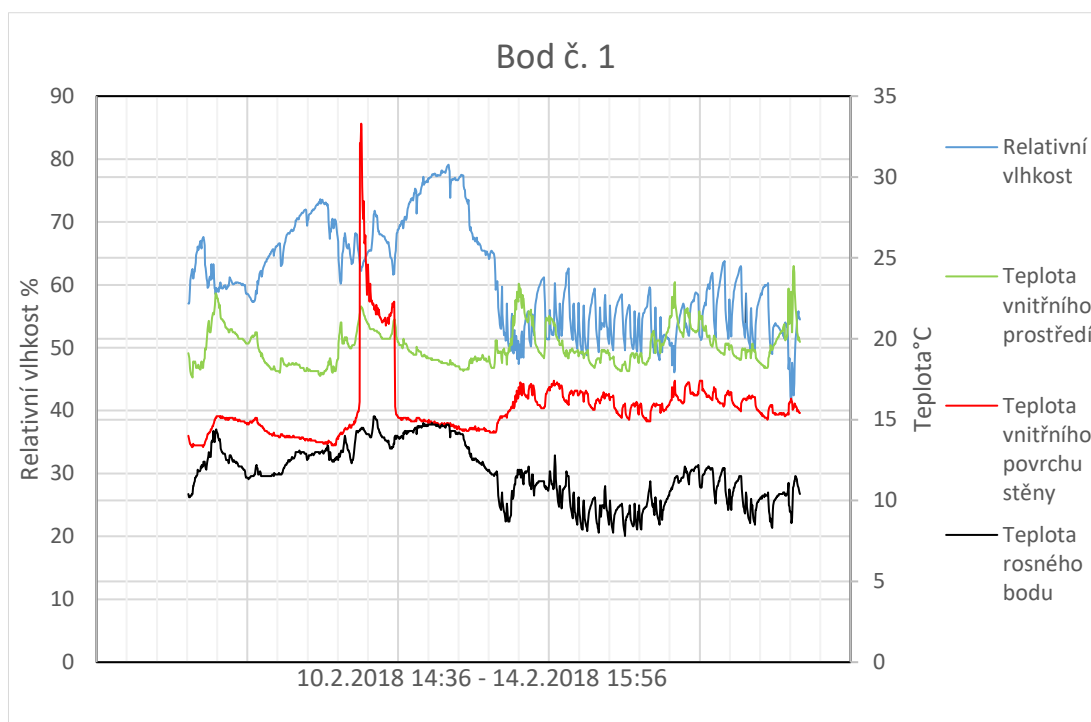


Obrázek 14_ Bod č. 1_ Model naměřených hodnot - program Area 2017 EDU

Na obrázku 13 a 14 vidíme izotermy, které nám znázorňují průběh teplot v konstrukci. Červená křivka definuje oblast, kde je dosaženo teploty rosného bodu a dochází zde ke kondenzaci vodní páry. V našem případě je tato hodnota rovna 10,19 °C při normových hodnotách a 13,15 °C při naměřených hodnotách. Modrá křivka znázorňuje teplotu, která odpovídá požadované hodnotě teplotního faktoru konstrukcí. Při této teplotě vzniká riziko růstu plísní. V normových podmínkách teplota dosahuje hodnoty 11,96 °C a při naměřených hodnotách 18,67 °C.

Z obou obrázků výše je tedy zřejmé, že v bodě č. 1 dochází ke kondenzaci vodní páry a k riziku vzniku plísní na vnitřním povrchu konstrukce. Teplota na povrchu zkoumaného místa je nižší než teplota rosného bodu a teplota odpovídající hodnotě teplotního faktoru.

- **Graf naměřených hodnot**



Graf 1_Bod č. 1 – Graf naměřených hodnot

První polovina grafu zleva znázorňuje stav, kdy nebyl spuštěn vysoušeč vzduchu. Druhá polovina grafu znázorňuje stav, kdy je vysoušeč zapnutý.

V první (levé) části grafu vidíme, že relativní vlhkost v místnosti kolísá mezi 58–80 %. Kolísání je způsobeno běžným provozem. Na zvyšování vlhkosti se nejvíce podílí sušení prádla a vaření, které je prováděno téměř denně. Naopak ke snížení vlhkosti dochází při větrání a zatopení v krbových kamnech. Teplota vnitřního prostředí se pohybuje v rozmezí 18–24 °C. Vnitřní teplota je regulována nastavením termostatu, který spouští elektrické topení při zadaných podmínkách, které jsou popsány v předešlé kapitole a topením v krbových kamnech. Teplota vnitřního povrchu konstrukce se pohybuje mezi 13,1-15,2 °C. Velký výkyv teploty na povrchu konstrukce způsobilo vytržení měřícího čidla ze zdi, které spadlo k radiátoru. V této části grafu vidíme, že povrchová teplota stěny se přibližuje k teplotě rosného bodu a některých místech se i shodují, tudíž dochází ke kondenzaci na vnitřním povrchu konstrukce.

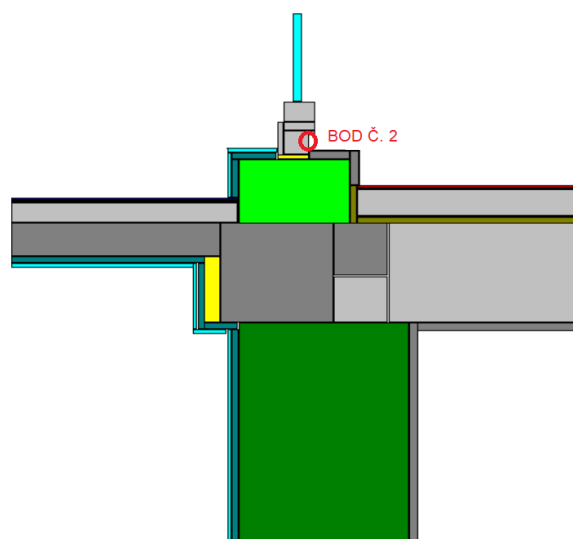
V druhé (pravé) části grafu, kdy je spuštěn odvlhčovač vzduchu vidíme, jak se snižují hodnoty relativní vlhkosti vzduchu na hodnoty v rozmezí 45–65 %. Teplota povrchu stěny se zvýšila, vlivem foukání vzduchu z vysoušeče. Ke kondenzaci na vnitřním povrchu stěny nedochází.

V modelových výpočtech je teplota rosného bodu 13,15 °C a teplota odpovídající hodnotě požadovaného teplotního faktoru 18,67 °C, v grafu vidíme, že během měření vnitřní povrchová teplota osciluje mezi hodnotami 13,1–15,2 °C, nejsou splněny teploty na vnitřním povrchu konstrukce, a proto dochází ke kondenzaci vodní páry a existuje zde riziko růstu plísní na vnitřním povrchu konstrukce.

6.1.2 Bod č. 2

Měření probíhalo pod balkonovými dveřmi, v místě obložení rámu dřevěnou lištou. Měřilo se 17. 2. 2018-21. 2. 2018. Venkovní teploty se pohybovaly v noci kolem -5,5 °C až 0 °C a ve dne kolem -2 °C až 3 °C. Podrobnější informace k výpočtům a získaným datům nalezneme v příloze č.

1-3 na CD.

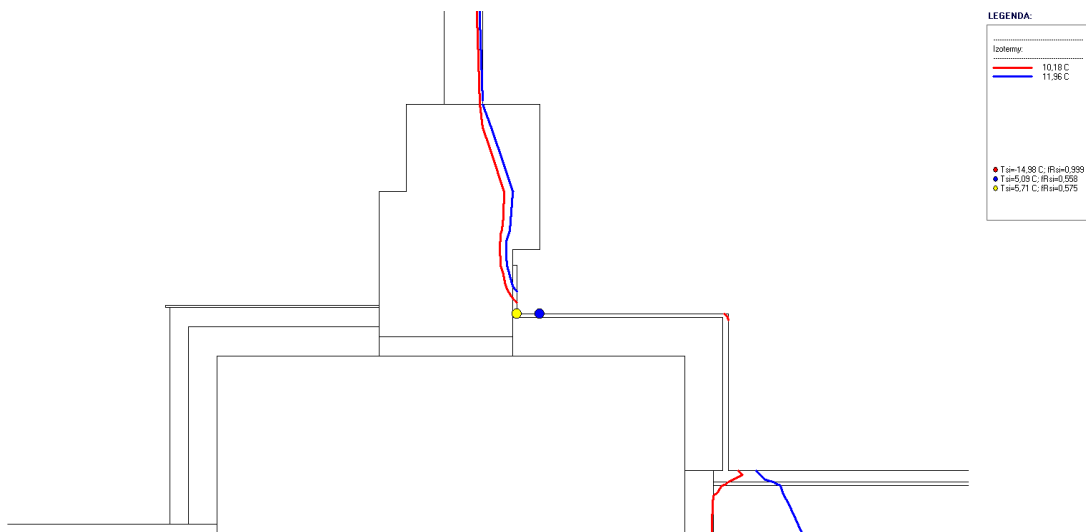


Obrázek 15_Bod č. 2_Grafický vstup - program Area 2017 EDU

- **Model normových průměrných hodnot**

Teplota vzduchu v exteriéru: -15 °C; Relativní vlhkost v exteriéru: 84 %

Teplota vzduchu v interiéru: 21 °C; Relativní vlhkost v interiéru: 50 %

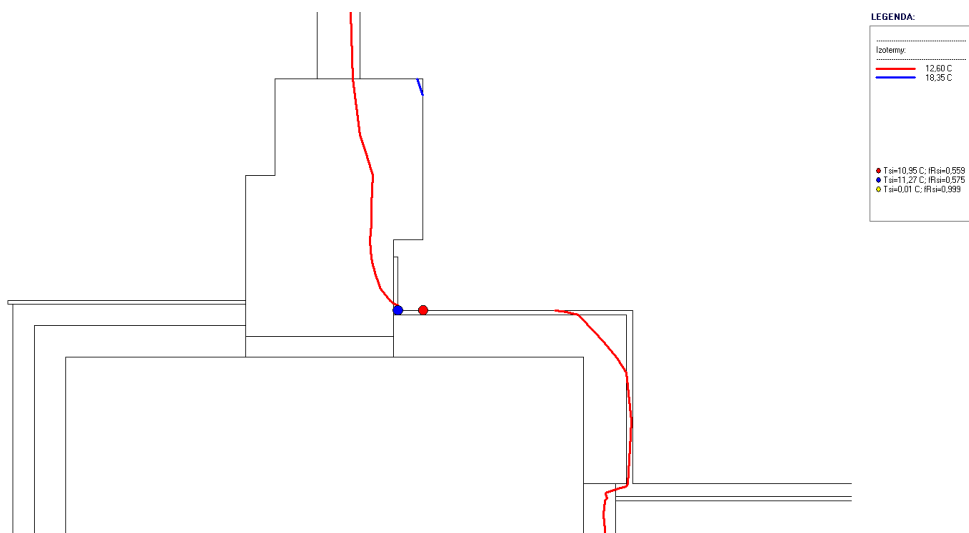


Obrázek 16_ Bod č. 2_Model normových hodnot - program Area 2017 EDU

- **Model naměřených průměrných hodnot**

Teplota vzduchu v exteriéru: 0 °C; Relativní vlhkost v exteriéru: 84 %

Teplota vzduchu v interiéru: 19,6 °C; Relativní vlhkost v interiéru: 64 %



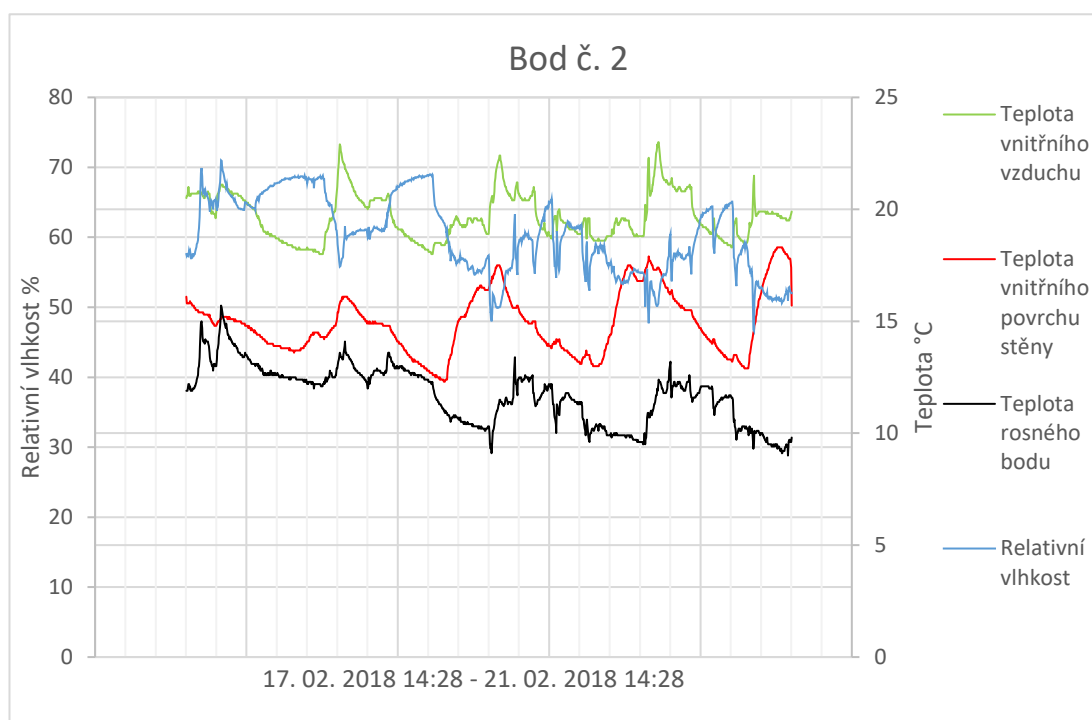
Obrázek 17_ Bod č. 2_Model naměřených hodnot - program Area 2017 EDU

Na obrázku 16 a 17 vidíme izotermy, které nám znázorňují průběh teplot v konstrukci. Červená křivka definuje oblast, kde je dosaženo teploty rosného bodu a dochází zde ke kondenzaci vodní páry. V našem případě je tato hodnota rovna 10,18 °C při normových hodnotách a 12,60 °C při naměřených hodnotách. Modrá křivka znázorňuje teplotu, která odpovídá požadované hodnotě teplotního faktoru konstrukcí. Při této teplotě dochází k riziku růstu

plísni. V normových hodnotách teplota dosahuje hodnoty 11,96 °C a při naměřených hodnotách 18,35 °C.

Z prvního obrázku 16, kde jsou použity průměrné normové hodnoty vidíme, že povrchová teplota vnitřního povrchu konstrukce je nižší než teplota rosného bodu a teplota odpovídající hodnotě teplotního faktoru konstrukce, takže na vnitřním povrchu konstrukce dochází ke kondenzaci vodní páry a růstu plísní. U druhého obrázku 17, kde jsou použity průměrné naměřené hodnoty vidíme, že ve zkoumaném místě dochází ke kondenzaci na vnitřním povrchu konstrukce. Teplota vnitřního povrchu konstrukce je nižší než teplota rosného bodu. Na povrchu konstrukce existuje riziko růstu plísní, protože teplota na vnitřním povrchu konstrukce je menší než teplota odpovídající hodnotě teplotního faktoru.

- **Graf naměřených hodnot**



Graf 2_Bod č. 2 – Graf naměřených hodnot

V první (levé) části grafu vidíme, že relativní vlhkost v místnosti osciluje mezi 55–72 %. To je způsobeno běžným provozem. Na zvyšování vlhkosti se nejvíce podílí sušení prádla a vaření, které je prováděno téměř denně. Naopak ke snížení vlhkosti dochází při větrání a při zatopení v krbových kamnech. Teplota prostředí se pohybuje v rozmezí 18–22,5 °C. Teplota je regulována

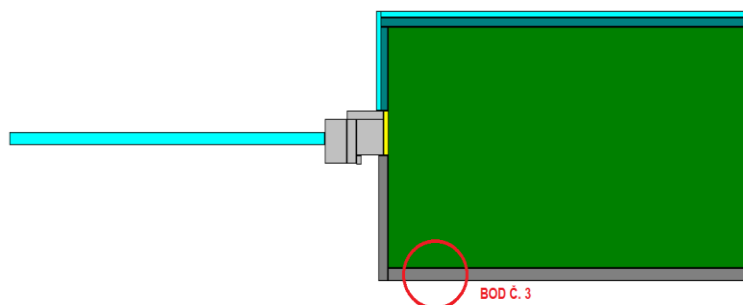
nastavením termostatu, který spouští elektrické topení při zadaných podmínkách, které jsou popsány v předešlé kapitole a topením v krbových kamnech. Teplota měřeného místa je značně nestabilní. Pohybuje se v rozmezí 12,2–17,7 °C. Velké výkyvy způsobují venkovní rozdíly teplot mezi dnem a nocí a slunečné počasí. V této části grafu vidíme, že povrchová teplota stěny se přibližuje k teplotě rosného bodu a v některých místech se teploty i shodují, tudíž dochází ke kondenzaci na vnitřním povrchu konstrukce.

V druhé (pravé) části grafu, kdy je spuštěn odvlhčovač vzduchu se relativní vlhkost trochu snížila a osciluje mezi hodnotami 48–62 %. Výkyvy opět způsobují vnější vlivy (větrání a zatápění v krbových kamnech). Teplota povrchu stěny se zvýšila vlivem foukání vzduchu z vysoušeče. Teplota rosného bodu se snížila a ke kondenzaci na vnitřním povrchu stěny nedochází.

V modelových výpočtech je teplota rosného bodu 12,60 °C a teplota odpovídající hodnotě požadovaného teplotního faktoru 18,35 °C, v grafu vidíme, že během měření vnitřní povrchová teplota osciluje mezi hodnotami 12,2–17,7 °C, nejsou splněny teploty na vnitřním povrchu konstrukce, a proto dochází ke kondenzaci vodní páry a existuje zde riziko růstu plísní na vnitřním povrchu konstrukce.

6.1.3 Bod č. 3

Měření probíhalo u ostění z vnější strany vnitřní části zdi o tloušťce 375 mm. Měřilo se 21. 2. 2018–25. 2. 2018. Venkovní teploty se pohybovaly v noci kolem -12 °C až 0 °C a ve dne kolem -7 °C až 0 °C. Podrobnější informace k výpočtům a získaným datům nalezneme v příloze č. 1-3 na CD.

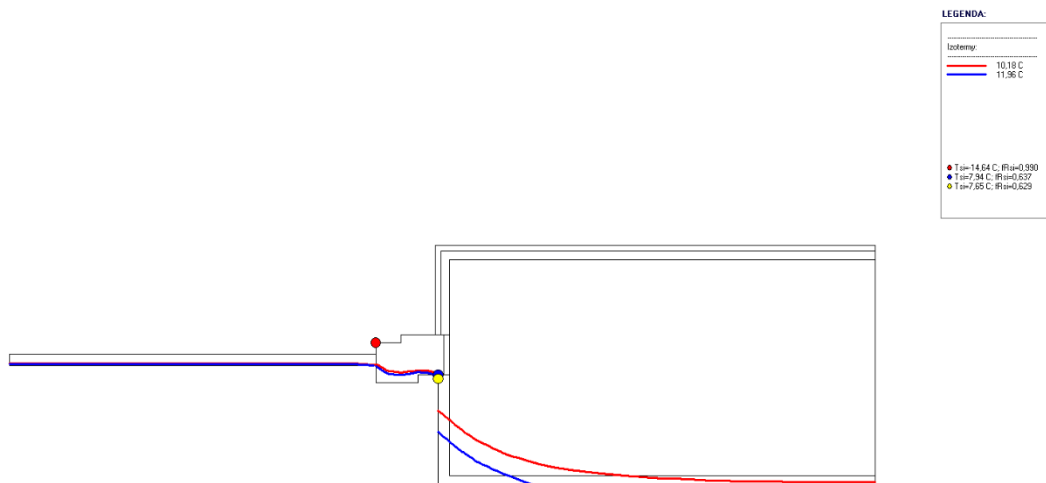


Obrázek 18_Bod č. 3_Grafický vstup - program Area 2017 EDU

- **Model normových průměrných hodnot**

Teplota vzduchu v exteriéru: -15 °C; Relativní vlhkost v exteriéru: 84 %

Teplota vzduchu v interiéru: 21 °C; Relativní vlhkost v interiéru: 50 %

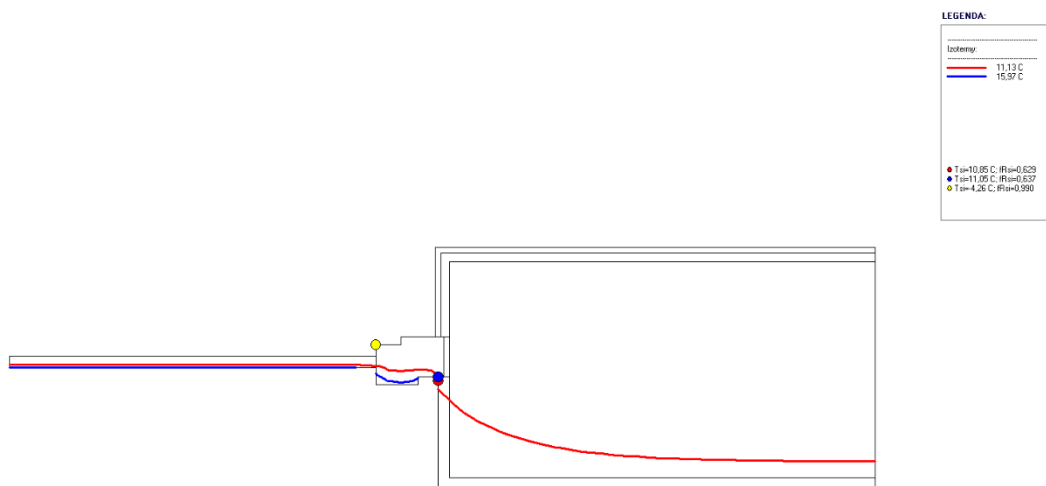


Obrázek 19_Bod č. 3_Model normových hodnot - program Area 2017 EDU

- **Model naměřených průměrných hodnot**

Teplota vzduchu v exteriéru: -4,5 °C; Relativní vlhkost v exteriéru: 84 %

Teplota vzduchu v interiéru: 19,9 °C; Relativní vlhkost v interiéru: 57 %

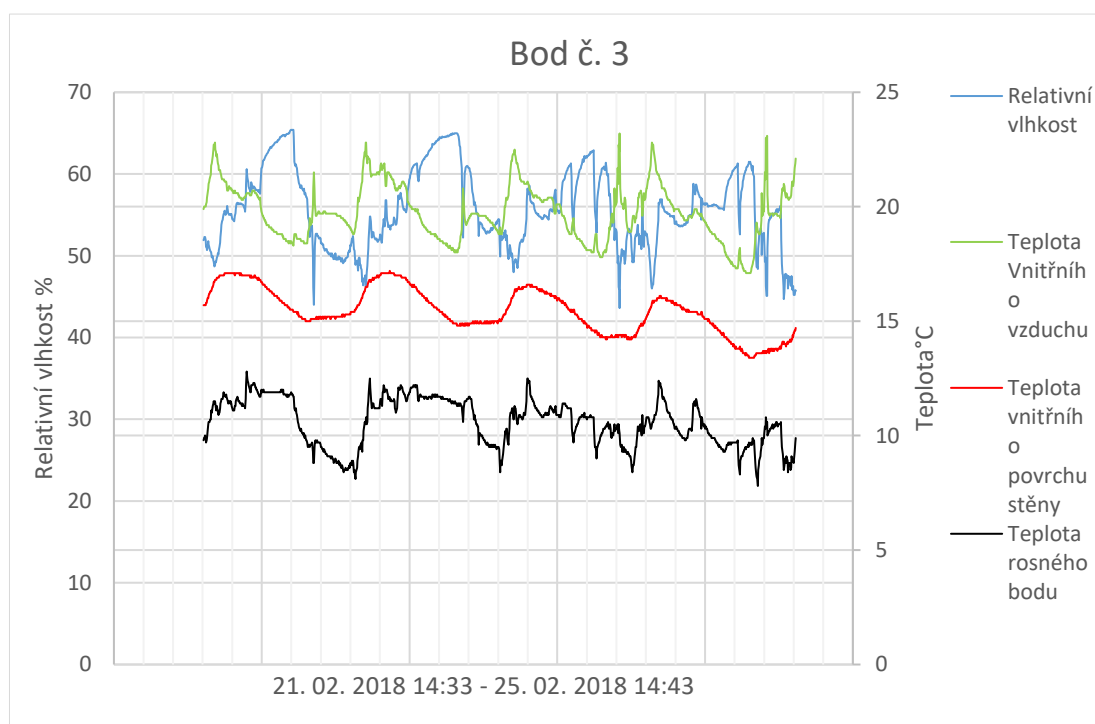


Obrázek 20_Bod č. 3_Model naměřených hodnot - program Area 2017 EDU

V modelových příkladech vidíme izotermy, které nám znázorňují průběh teplot v konstrukci. Červená křivka definuje oblast, kde je dosaženo teploty rosného bodu a dochází zde ke kondenzaci vodní páry. V našem případě je tato hodnota rovna 10,18 °C při normových hodnotách a 11,13 °C při

naměřených hodnotách. Modrá křivka znázorňuje teplotu, která odpovídá požadované hodnotě teplotního faktoru konstrukcí a při této teplotě vzniká riziko růstu plísní. V normových podmínkách teplota dosahuje hodnoty 11,96 °C a při naměřených hodnotách 15,97 °C.

Z obrázku 19 je zřejmé, že ve zkoumaném místě, při normových podmínkách ke kondenzaci na povrchu konstrukce nedochází. Povrchová teplota je větší než teplota rosného bodu, ale není větší než teplota odpovídající požadované hodnotě teplotního faktoru, proto na vnitřním povrchu konstrukce dochází k růstu plísní. To samé můžeme vidět i na obrázku 20, kde je znázorněn průběh teplot pro průměrné naměřené hodnoty.



Graf 3_Bod č. 3 – Graf naměřených hodnot

V první (levé) části grafu vidíme, že relativní vlhkost v místnosti kolísá mezi 43–68 %. To je způsobeno běžným provozem. Na zvyšování vlhkosti se nejvíce podílí sušení prádla a vaření, které je prováděno téměř denně. Naopak ke snížení vlhkosti dochází při větrání a při zatopení v krbových kamnech. Teplota prostředí se pohybuje v rozmezí 17–23 °C. Teplota je regulována nastavením termostatu, který spouští elektrické topení při zadaných podmínkách, které jsou popsány v předešlé kapitole a topením v krbových kamnech. Teplota vnitřního povrchu je značně nestabilní a pohybuje se mezi

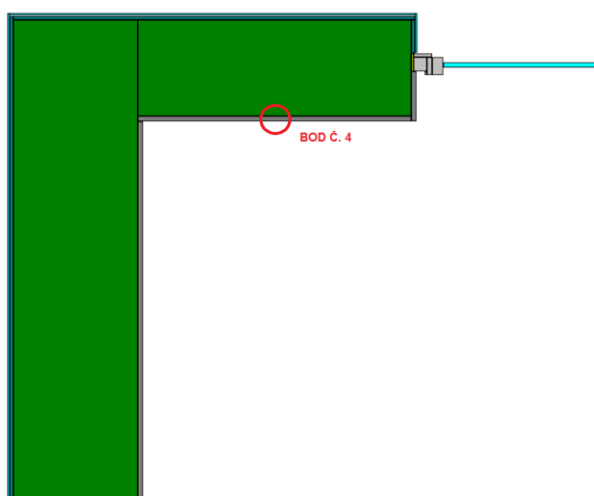
14,8-17,2 °C. Výkyvy způsobují rozdíly venkovních teplot mezi dnem a nocí a také slunečné počasí. Dle grafu v této části konstrukce nedochází ke kondenzaci na vnitřním povrchu zkoumané konstrukce.

V druhé (pravé) části grafu, kdy je spuštěn odvlhčovač vzduchu dochází k nepatrnému snížení relativní vlhkosti na 43–63 %. Výkyvy opět způsobují vnější vlivy (větrání a zatápění v krbových kamnech). Povrchová teplota konstrukce v měřeném místě stále kolísá a došlo k lehkému poklesu na 13-16,5°C. Pokles povrchové teploty konstrukce je způsoben snížením venkovní teploty. Dalšími faktory ovlivňujícími teploty na vnitřním povrchu konstrukce jsou rozdílné hodnoty teplot mezi nocí a dnem a samozřejmě slunečné počasí. Teplota rosného bodu zůstává zhruba ve stejných hodnotách, k povrchové kondenzaci nedochází.

V modelových výpočtech je teplota rosného bodu 11,13 °C a teplota odpovídající hodnotě požadovaného teplotního faktoru 15,97 °C, v grafu vidíme, že během měření, vnitřní povrchová teplota osciluje mezi hodnotami 14,8–17,2 °C. Teplota na vnitřním povrchu konstrukce je vyšší než teplota rosného bodu, v tomto případě ke kondenzaci na vnitřním povrchu nedochází. Riziko vzniku plísní nadále zůstává, povrchové teploty jsou nižší než teplota odpovídající hodnotě požadovaného teplotního faktoru.

6.1.4 Bod č. 4

Měření probíhalo v ploše zdi tloušťky 375 mm mezi stykem obvodových zdí a ostěním. Měřilo se 25. 2. 2018-1. 3. 2018. Venkovní teploty se pohybovaly v noci kolem -14 °C až -8 °C a ve dne kolem -10 °C až -8 °C. Podrobnější informace k výpočtům a získaným datům nalezneme v příloze č. 1-3 na CD.

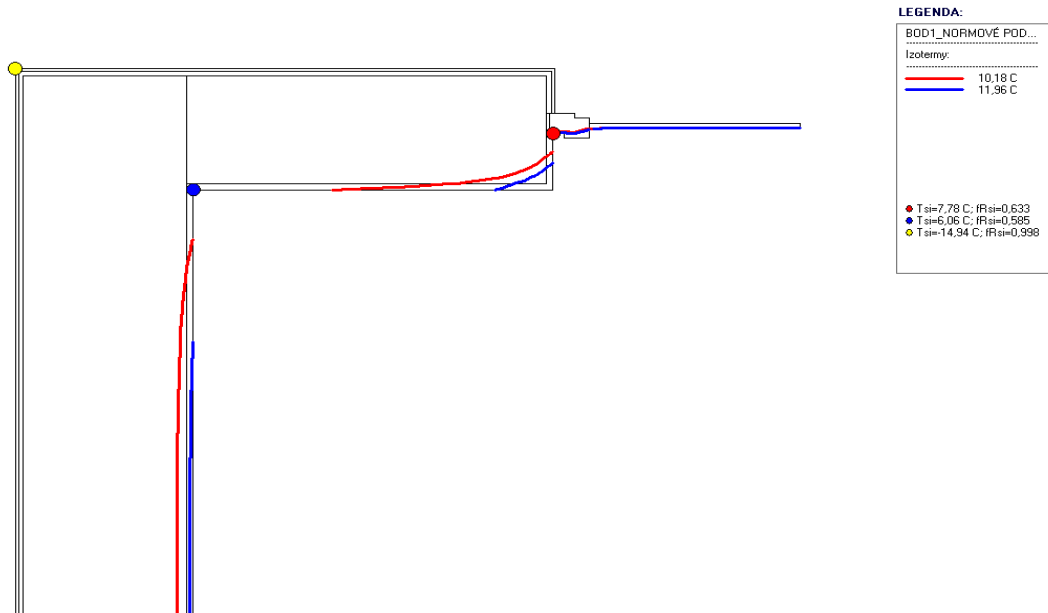


Obrázek 21_Bod č. 4_Grafický vstup - program Area 2017 EDU

- **Model normových průměrných hodnot**

Teplota vzduchu v exteriéru: -15 °C; Relativní vlhkost v exteriéru: 84 %

Teplota vzduchu v interiéru: 21 °C; Relativní vlhkost v interiéru: 50 %

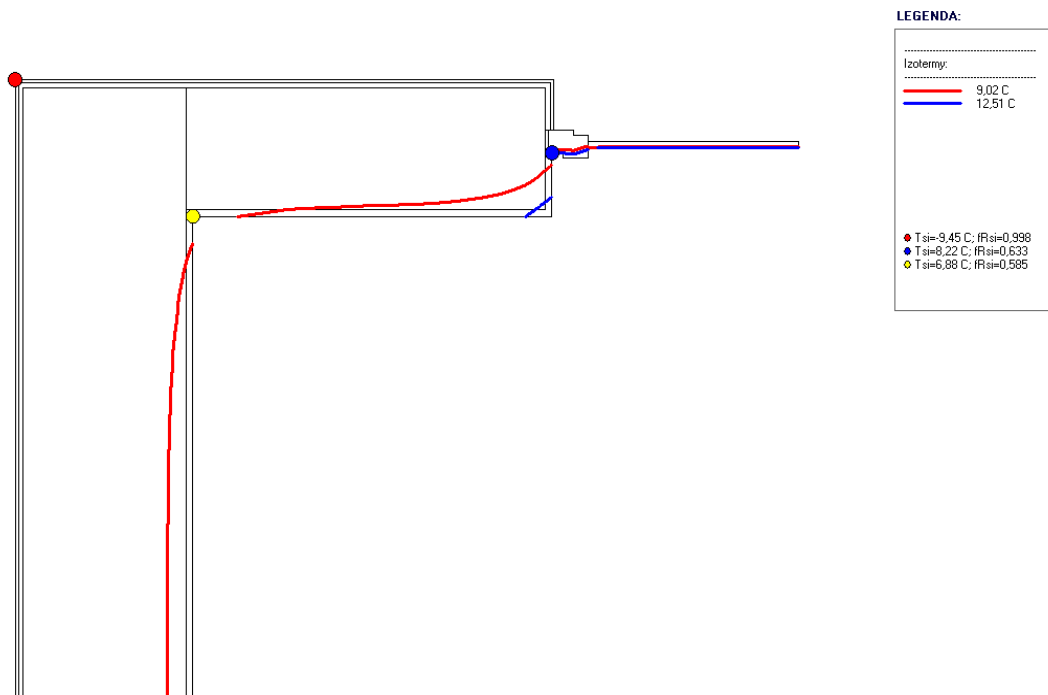


Obrázek 22_Bod č. 4_Model normových hodnot - program Area 2017 EDU

- **Model naměřených průměrných hodnot**

Teplota vzduchu v exteriéru: -9,5 °C; Relativní vlhkost v exteriéru: 84 %

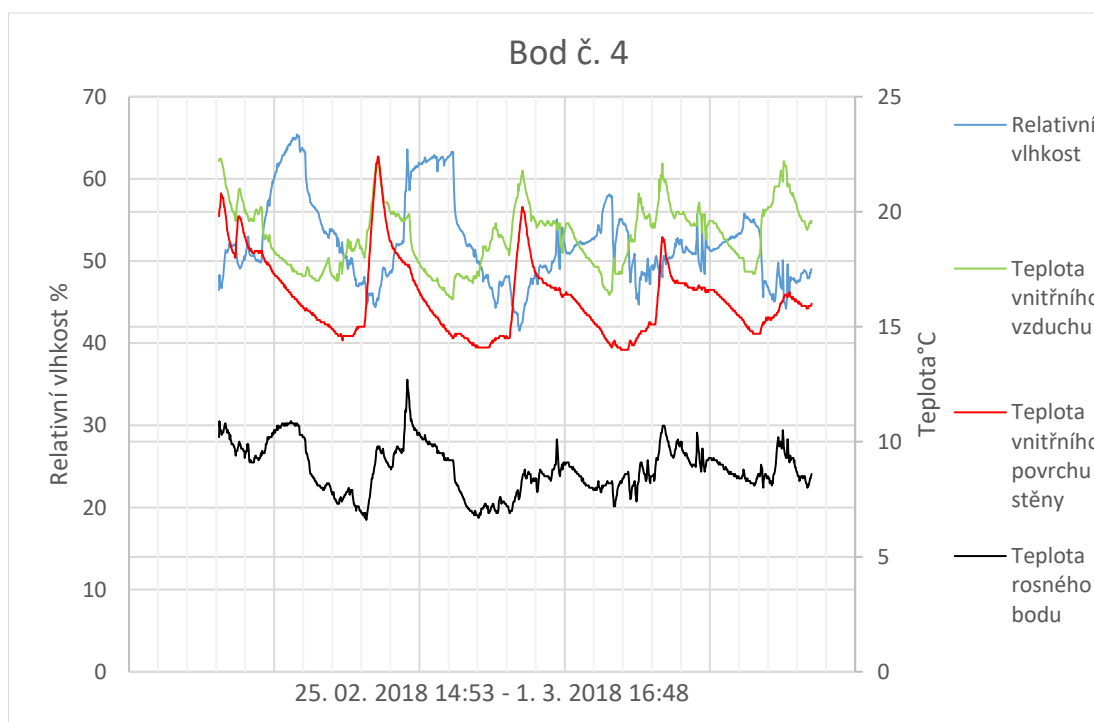
Teplota vzduchu v interiéru: 18,5 °C; Relativní vlhkost v interiéru: 54 %



Obrázek 23_Bod č. 4_Model naměřených hodnot - program Area 2017 EDU

V modelových příkladech vidíme izotermy, které nám znázorňují průběh teplot v konstrukci. Červená křivka definuje oblast, kde je dosaženo teploty rosného bodu a dochází zde ke kondenzaci vodní páry. V našem případě je tato hodnota rovna 10,18 °C při normových hodnotách a 9,02 °C při naměřených hodnotách. Modrá křivka znázorňuje teplotu, která odpovídá požadované hodnotě teplotního faktoru konstrukcí a při této teplotě vzniká riziko růstu plísní. V normových podmínkách teplota dosahuje hodnoty 11,96 °C a při naměřených hodnotách 12,51 °C.

Z obrázku 22 je zřejmé, že ve zkoumaném místě, při normových podmínkách ke kondenzaci na povrchu konstrukce a k růstu plísní dochází. Povrchová teplota zkoumaného místa je zhruba na stejné hodnotě jako teplota rosného bodu a menší než teplota odpovídající požadované hodnotě teplotního faktoru konstrukce. Na obrázku 23, kde je znázorněn průběh teplot pro průměrné naměřené hodnoty je povrchová teplota konstrukce větší než teplota rosného bodu, takže zde nedochází ke kondenzaci na vnitřním povrchu. K růstu plísní dochází protože, povrchová teplota konstrukce je nižší než teplota odpovídající požadované hodnotě teplotního faktoru konstrukce.



Graf 4_Bod č. 4 – Graf naměřených hodnot

V první (levé) části grafu vidíme, že relativní vlhkost v místnosti kolísá mezi 43–68 %. To je způsobeno běžným provozem. Na zvyšování vlhkosti se nejvíce podílí sušení prádla a vaření, které je prováděno téměř denně. Naopak ke snížení vlhkosti dochází při větrání a při zatopení v krbových kamnech. Teplota prostředí se pohybuje v rozmezí 16,5–20,5 °C. Teplota je regulována nastavením termostatu, který spouští elektrické topení při zadaných podmínkách, které jsou popsány v předešlé kapitole a topením v krbových kamnech. Teplota povrchu měřeného místa je značně nestabilní a pohybuje se v rozmezí 14,1–22,2 °C. Výkyvy způsobují rozdíly venkovních teplot mezi dnem a nocí, slunečné počasí a i fakt, že se měřilo nedaleko radiátoru. Dle grafu v této části konstrukce nedochází ke kondenzaci na vnitřním povrchu zkoumané konstrukce, teplota rosného bodu a teplota povrchu konstrukce se v žádném nepřibližují ani se nerovnají.

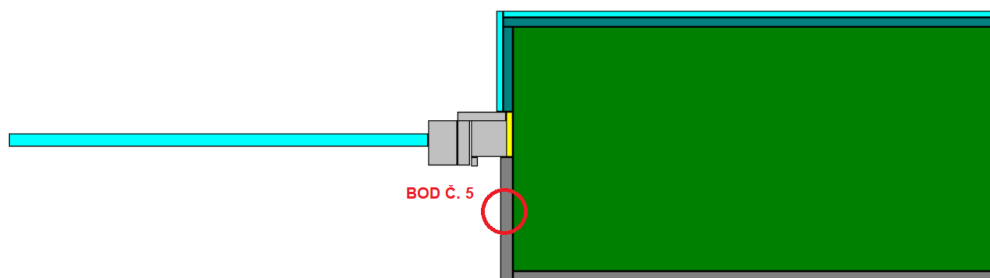
V druhé (pravé) části grafu, kdy je spuštěn vysoušeč vzduchu. Relativní vlhkost se jen nepatrně snížila a osciluje mezi hodnotami 42–58 %. Výkyvy opět způsobují vnější vlivy (větrání a zatápění v krbových kamnech). Povrchová teplota konstrukce v měřeném místě stále kolísá, ovšem už ne tak razantně. To je způsobeno foukáním vzduchu z vysoušeče na měřené místo. Teplota povrchu konstrukce je vyšší než teplota rosného bodu, nedochází ke kondenzaci na vnitřním povrchu konstrukce.

V modelových výpočtech je teplota rosného bodu 9,02 °C a teplota odpovídající hodnotě požadovaného teplotního faktoru 12,51 °C, v grafu vidíme, že během měření vnitřní povrchová teplota osciluje mezi hodnotami 14,1–22,2 °C. Teplota na vnitřním povrchu konstrukce je vyšší než teplota rosného bodu, v tomto případě ke kondenzaci na vnitřním povrchu nedochází a nedochází zde ani k riziku vzniku plísní.

6.1.5 Bod č. 5

Měření probíhalo v ostění u balkonových dveří. Měřilo se 30. 3. 2018–3. 4. 2018. Venkovní teploty se pohybovaly v noci kolem 3 °C až 8 °C a ve dne

kolem 6 °C až 14 °C. Podrobnější informace k výpočtům a získaným datům nalezneme v příloze č. 1-3 na CD.

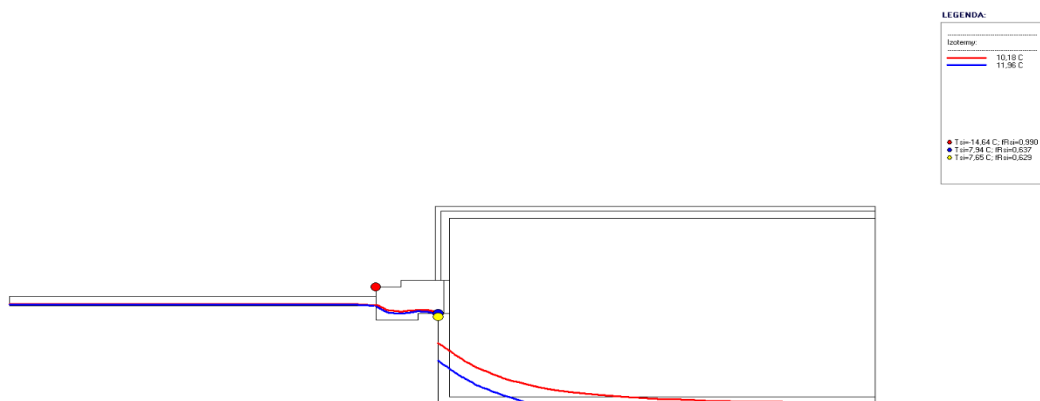


Obrázek 24_Bod č. 5_Grafický vstup - program Area 2017 EDU

- **Model normových průměrných hodnot**

Teplota vzduchu v exteriéru: -15 °C; Relativní vlhkost v exteriéru: 84 %

Teplota vzduchu v interiéru: 21 °C; Relativní vlhkost v interiéru: 50 %

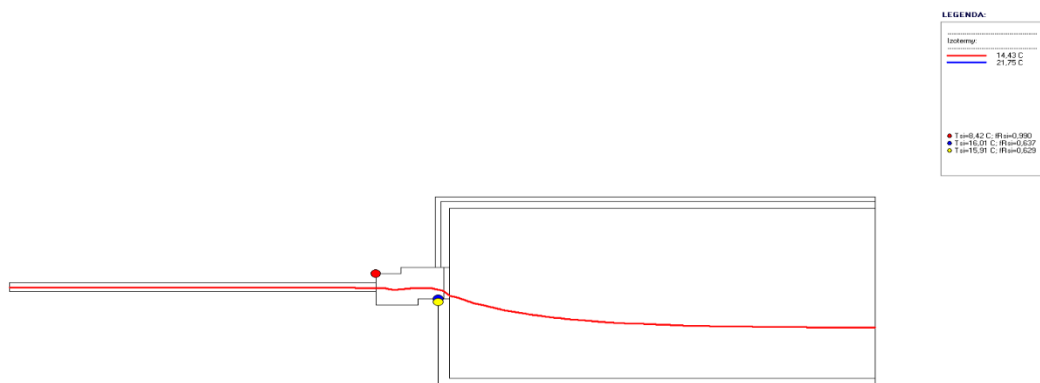


Obrázek 25_Bod č. 5_Model normových hodnot - program Area 2017 EDU

- **Model naměřených průměrných hodnot**

Teplota vzduchu v exteriéru: 8,3 °C; Relativní vlhkost v exteriéru: 84 %

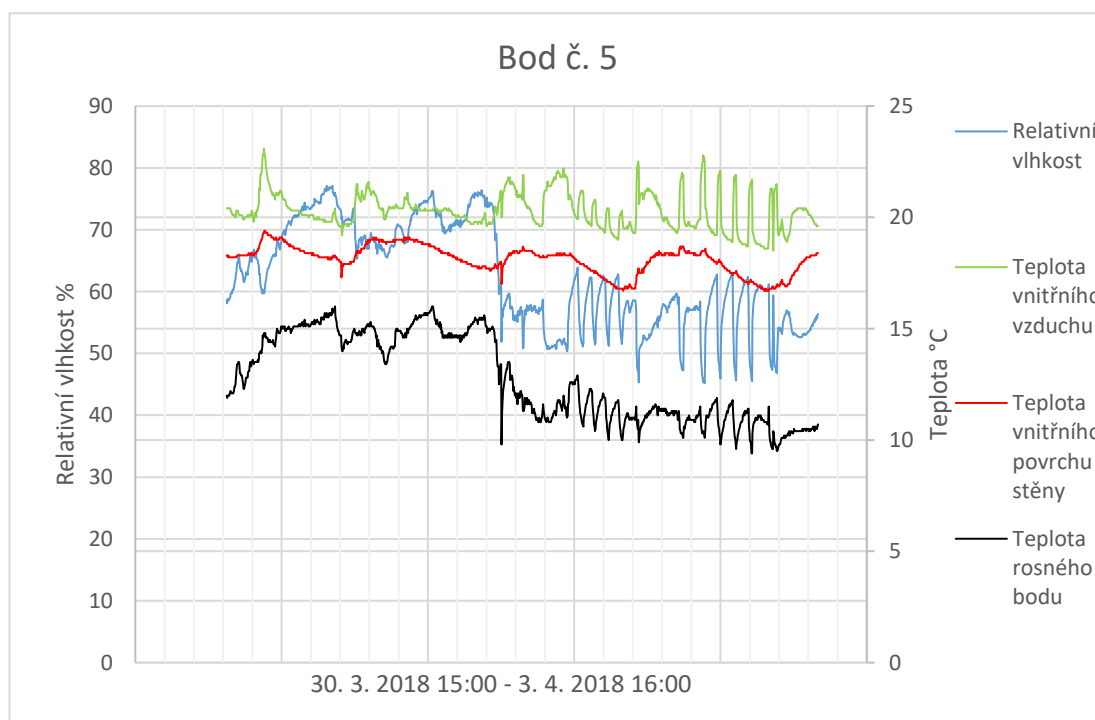
Teplota vzduchu v interiéru: 20,4 °C; Relativní vlhkost v interiéru: 68,6 %



Obrázek 26_Bod č. 5_Model naměřených hodnot - program Area 2017 EDU

V modelových příkladech vidíme izotermy, které nám znázorňují průběh teplot v konstrukci. Červená křivka definuje oblast, kde je dosaženo teploty rosného bodu a dochází zde ke kondenzaci vodní páry. V našem případě je tato hodnota rovna 10,18 °C při normových hodnotách a 14,43 °C při naměřených hodnotách. Modrá křivka znázorňuje teplotu, která odpovídá požadované hodnotě teplotního faktoru konstrukcí a při této teplotě vzniká riziko růstu plísní. V normových podmínkách teplota dosahuje hodnoty 11,96 °C a při naměřených hodnotách 21,75 °C.

Na obrázku 25 vidíme, že při normových podmínkách ke kondenzaci na vnitřním povrchu konstrukce nedochází, teplota na povrchu konstrukce je vyšší než teplota rosného bodu. Ovšem teplota na povrchu konstrukce je nižší než teplota odpovídající požadované hodnotě teplotního faktoru konstrukce, proto zde existuje riziko růstu plísní. Z obrázku 26, který znázorňuje průběh teplot s naměřenými hodnotami je zřejmé, že ke kondenzaci na povrchu konstrukce v daném místě nedochází, ale dochází k růstu plísní. Povrchová teplota konstrukce je vyšší než teplota rosného bodu, ale je nižší než teplota odpovídající požadovanému teplotnímu faktoru konstrukce.



Graf 5_Bod č. 5 – Graf naměřených hodnot

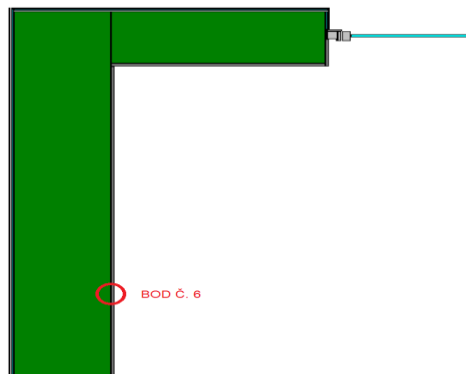
V první (levé) části grafu uvidíme, že relativní vlhkost v místnosti kolísá mezi 59–77 %. To je způsobeno běžným provozem. Na zvyšování vlhkosti se nejvíce podílí sušení prádla a vaření, které je prováděno téměř denně. Naopak ke snížení vlhkosti dochází při větrání a při zatopení v krbových kamnech. Teplota prostředí se pohybuje v rozmezí 19,2–22,8 °C. Teplota je regulována nastavením termostatu, který spouští elektrické topení při zadaných podmínkách, které jsou popsány v předešlé kapitole a topením v krbových kamnech. Teplota na vnitřním povrchu konstrukce je o trochu vyšší než v ostatních případech z důvodu vyšších venkovních teplot. Pohybuje se okolo 17,3–19,2 °C. Drobné výkyvy způsobují rozdíly venkovních teplot mezi dnem a nocí a slunečné počasí. Dle grafu v této části konstrukce nedochází ke kondenzaci na vnitřním povrchu zkoumané konstrukce, teplota rosného bodu a teplota povrchu konstrukce se v žádném místě nepřibližují ani nerovnají.

V druhé (pravé) části grafu, kdy je spuštěn odvlhčovač vzduchu se relativní vlhkost razantně snížila a osciluje mezi hodnotami 45–63 %. Výkyvy opět způsobují vnější vlivy (větrání a zatápění v krbových kamnech). Povrchová teplota konstrukce zůstává prakticky stejná, pouze s drobnými výchyly, které jsou způsobené slunečným počasím. Teplota povrchu konstrukce je razantně vyšší než teplota rosného bodu, nedochází proto ke kondenzaci na vnitřním povrchu konstrukce.

V modelových výpočtech je teplota rosného bodu 14,43 °C a teplota odpovídající hodnotě požadovaného teplotního faktoru 21,75 °C, v grafu vidíme, že během měření vnitřní povrchová teplota osciluje mezi hodnotami 17,3–19,2 °C. Teplota na vnitřním povrchu konstrukce je vyšší než teplota rosného bodu, v tomto případě ke kondenzaci na vnitřním povrchu nedochází. Riziko vzniku plísní nadále zůstává, povrchová teplota je nižší než teplota odpovídající hodnotě požadovaného teplotního faktoru.

6.1.6 Bod č. 6

Měření probíhalo v ploše zdi tloušťky 500 mm. Měřilo se 30. 3. 2018–3. 4. 2018. Venkovní teploty se pohybovaly v noci kolem 4 °C až 12 °C a ve dne kolem 9 °C až 18 °C. Podrobnější informace k výpočtům a získaným datům nalezneme v příloze č. 1-3 na CD.

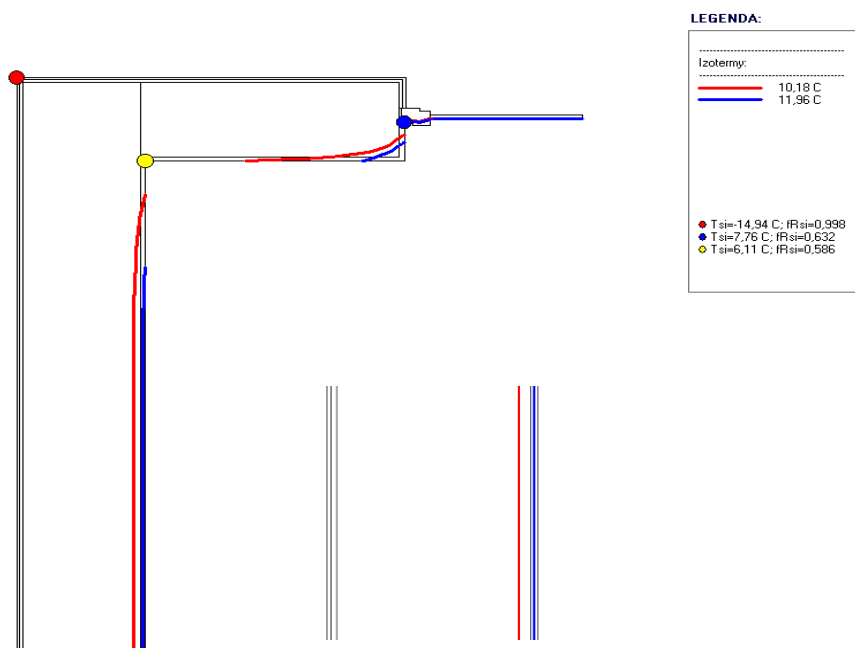


Obrázek 27_Bod č. 6_Grafický vstup - program Area 2017 EDU

- **Model normových průměrných hodnot**

Teplota vzduchu v exteriéru: -15 °C; Relativní vlhkost v exteriéru: 84 %

Teplota vzduchu v interiéru: 21 °C; Relativní vlhkost v interiéru: 50 %

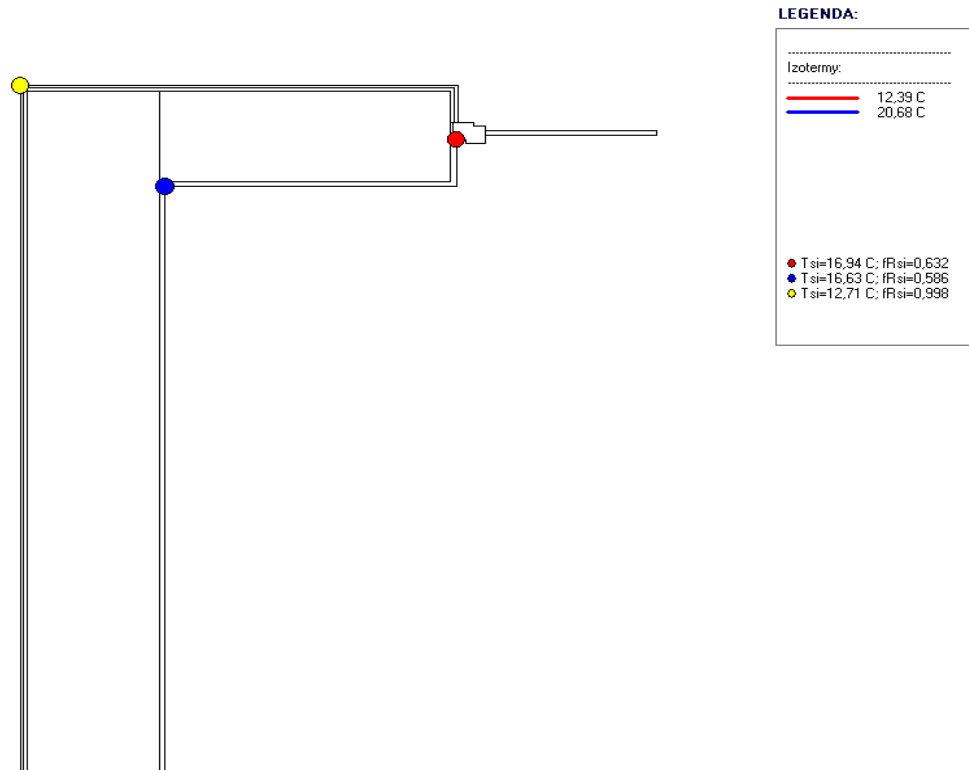


Obrázek 28_Bod č. 6_Model normových hodnot - program Area 2017 EDU

- **Model naměřených průměrných hodnot**

Teplota vzduchu v exteriéru: 12,7 °C; Relativní vlhkost v exteriéru: 84 %

Teplota vzduchu v interiéru: 19,4 °C; Relativní vlhkost v interiéru: 63,9 %

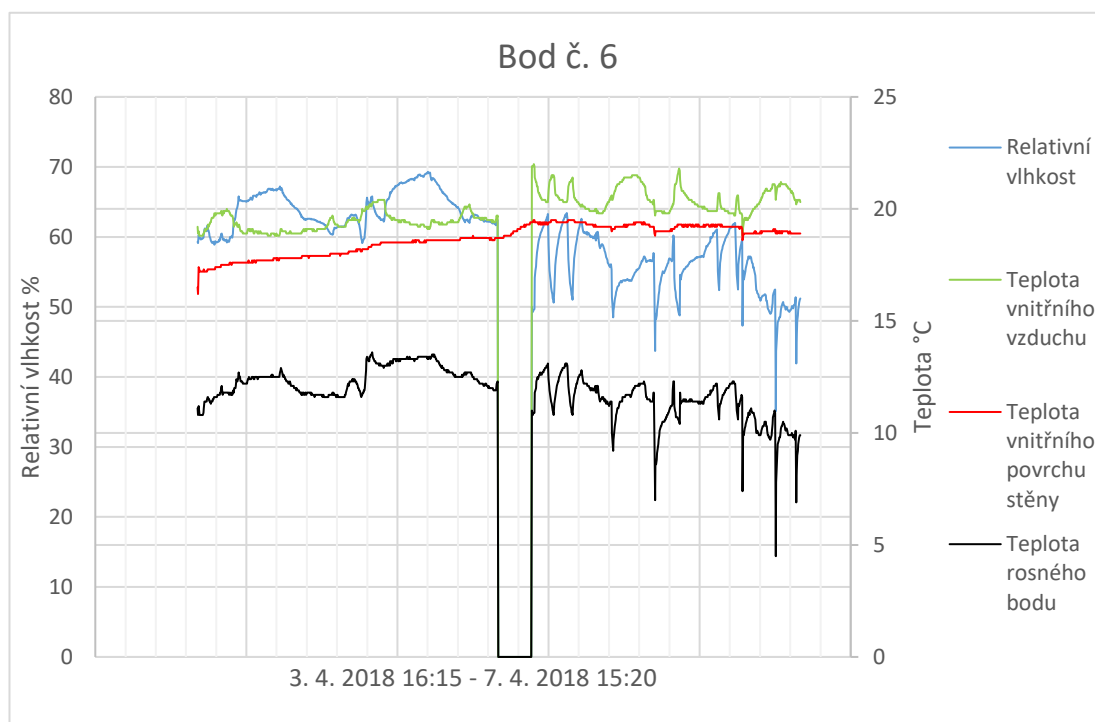


Obrázek 29_Bod č. 6_Model naměřených hodnot - program Area 2017 EDU

V modelových příkladech vidíme izotermy, které nám znázorňují průběh teplot v konstrukci. Červená křivka definuje oblast, kde je dosaženo teploty rosného bodu a dochází zde ke kondenzaci vodní páry. V našem případě je tato hodnota rovna 10,18 °C při normových hodnotách a 12,39 °C při naměřených hodnotách. Modrá křivka znázorňuje teplotu, která odpovídá požadované hodnotě teplotního faktoru konstrukcí a při této teplotě vzniká riziko růstu plísní. V normových podmínkách teplota dosahuje hodnoty 11,96 °C a při naměřených hodnotách 20,68 °C.

Z obrázku 28 je zřejmé, že při normových podmínkách ke kondenzaci na vnitřním povrchu konstrukce nedochází, teplota na povrchu konstrukce je vyšší než teplota rosného bodu. Teplota na vnitřním povrchu konstrukce je téměř stejná jako teplota odpovídající požadované hodnotě teplotního faktoru konstrukce, proto zde je riziko růstu plísní. Z obrázku 29, který znázorňuje průběh teplot s naměřenými hodnotami je zřejmé, že ke kondenzaci na

vnitřním povrchu konstrukce v daném místě nedochází. Vnitřní povrchová teplota konstrukce je vyšší než teplota rosného bodu. Riziko růstu plísní existuje, protože vnitřní povrchová teplota konstrukce je nižší než teplota odpovídající požadovanému teplotnímu faktoru konstrukce.



Graf 6_Bod č. 6 – Graf naměřených hodnot

V první (pravé) části grafu vidíme, že relativní vlhkost v místnosti kolísá mezi 59–69 %. To je způsobeno běžným provozem. Na zvyšování vlhkosti se nejvíce podílí sušení prádla a vaření, které je prováděno téměř denně. Naopak ke snížení vlhkosti dochází při větrání, které je v tomto období četnější a při zatopení v krbových kamnech. Teplota prostředí se pohybuje v rozmezí 19-20 °C. Teplota je regulována nastavením termostatu, který spouští elektrické topení při zadaných podmínkách, které jsou popsány v předešlé kapitole a topením v krbových kamnech. Teplota vnitřního povrchu měřeného místa se pohybuje okolo 16,5-18,6 °C a mírně stoupá vlivem stoupající venkovní teploty. Dle grafu v této části konstrukce nedochází ke kondenzaci na vnitřním povrchu zkoumané konstrukce. Teplota rosného bodu a teplota povrchu konstrukce se v žádném nepřibližují ani se nerovnají.

V druhé (levé) části grafu, kdy je spuštěn odvlhčovač vzduchu se relativní vlhkost razantně snížila a osciluje mezi hodnotami 45–65 %. Výkyvy

opět způsobují vnější vlivy. Můžeme si všimnout vysokých propadů relativní vlhkosti až na hodnoty kolem 35 %, to je způsobeno častějším a delším větráním. Povrchová teplota konstrukce zůstává prakticky stejná pouze s drobnými výchyly, které jsou způsobené slunečným počasím. Teplota povrchu konstrukce je razantně vyšší než teplota rosného bodu, nedochází proto ke kondenzaci na vnitřním povrchu konstrukce. Během měření došlo k uvolnění sondy z měřicího přístroje, a proto vidíme na části grafu nulové hodnoty.

V modelových výpočtech je teplota rosného bodu 12,39 °C a teplota odpovídající hodnotě požadovaného teplotního faktoru 20,68 °C, v grafu vidíme, že během měření vnitřní povrchová teplota osciluje mezi hodnotami 16,5-18,6 °C. Teplota na vnitřním povrchu konstrukce je vyšší než teplota rosného bodu, v tomto případě ke kondenzaci na vnitřním povrchu nedochází. Riziko vzniku plísní nadále zůstává, povrchová teplota je nižší než teplota odpovídající hodnotě požadovaného teplotního faktoru

6.2 Porovnání naměřených hodnot s modelovými příklady

Tabulka 5_Porovnání výsledků naměřených hodnot s modelovými příklady

| Bod č. | Naměřené hodnoty | | Model (okrajové podmínky jako při měření) | | Shoda/neshoda |
|--------|------------------|----------------------|---|----------------------|---------------|
| | Kondenzace | Riziko vzniku plísní | Kondenzace | Riziko vzniku plísní | |
| 1 | ANO | ANO | ANO | ANO | Shoda |
| 2 | ANO | ANO | ANO | ANO | Shoda |
| 3 | NE | ANO | NE | ANO | Shoda |
| 4 | NE | NE | NE | ANO | Neshoda |
| 5 | NE | ANO | NE | ANO | Shoda |
| 6 | NE | ANO | NE | ANO | Shoda |

V tabulce č. 6 vidíme porovnání výsledků, které vyplývají z naměřených hodnot. Ve sloupci s názvem naměřené hodnoty, jsou výsledky z měření přenesené z grafů č. 1-6. Ve sloupci s názvem model jsou výsledky

z modelových výpočtů, kde jsou jako okrajové podmínky použity průměrné hodnoty z měření. Vidíme, že se výsledky ve dvou případech neshodují. Ve většině zkoumaných bodech konstrukce nedochází ke kondenzaci na vnitřním povrchu, ale existuje zde riziko vzniku plísní.

Tabulka 6_ Výsledky při normových hodnotách

| | Model (normové podmínky) | |
|--------|--------------------------|----------------------|
| Bod č. | Kondenzace | Riziko vzniku plísní |
| 1 | ANO | ANO |
| 2 | ANO | ANO |
| 3 | NE | ANO |
| 4 | ANO | ANO |
| 5 | NE | ANO |
| 6 | NE | ANO |

Z výsledků pro normové hodnoty je zřejmé, že při průměrných normových okrajových podmínkách dochází v polovině vyšetřovaných místech ke kondenzaci na vnitřním povrchu konstrukce. Riziko vzniku plísní je patrné v každém bodě.

Na základě výsledků měření je třeba provést opatření, která zabrání výskytu povrchové kondenzace na vnitřním líci obvodové konstrukce a rozvoji plísní.

7 Návrh sanačních opatření pro BD Bašnice

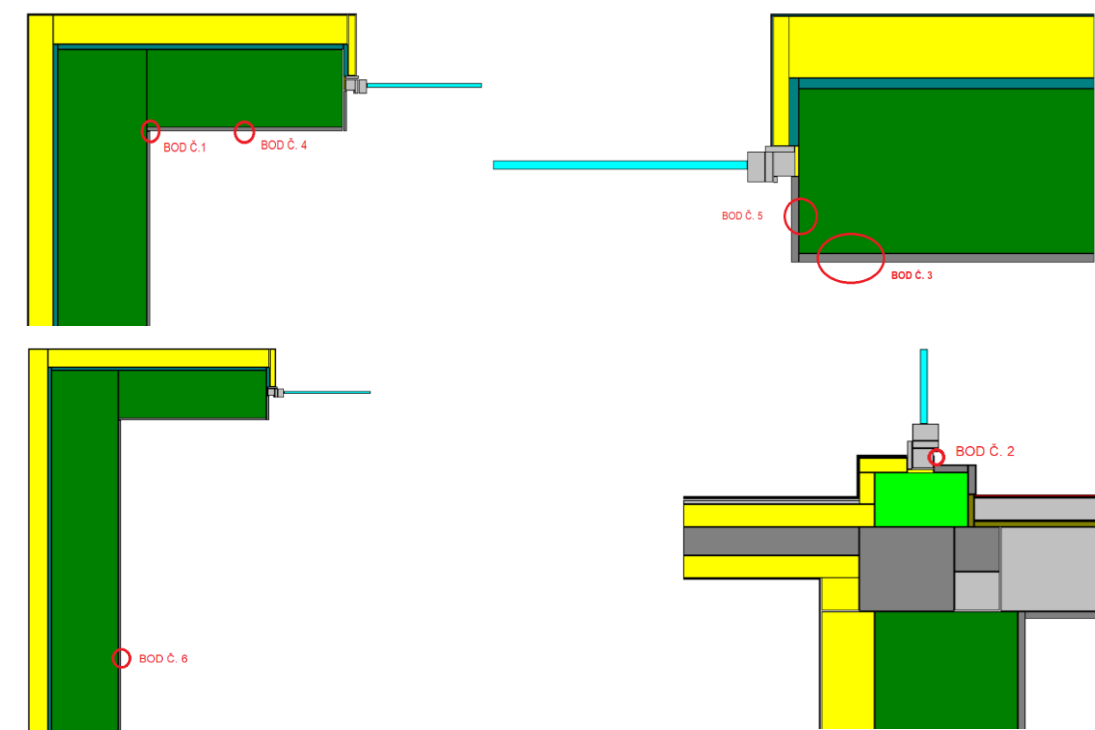
Jedním z opatření proti nadměrné vlhkosti a tím spojené kondenzaci na vnitřním povrchu je pořízení odvlhčovače vzduchu, který snižuje relativní vlhkost vzduchu v daném prostředí. V kapitolách výše nalezneme krátký popis a grafy na kterých je vidět jaký má vysoušeč účinek. Jako další sanační opatření proti vzniku vnitřní povrchové kondenzace na konstrukci jsem zvolila vnější a vnitřní zateplení stěn.

7.1 Vnější zateplení budovy

Jedná se o kompletní zateplení bytového domu podle normy ETICS. K zateplení bude použit fasádní polystyrén EPS 70 tl. 140 mm. Při výpočtech jsou použity průměrné okrajové normové podmínky pro exteriér při nadmořské výšce 266 m.n.m. a dále jsou použity průměrné normové podmínky pro interiér pro bytové a občanské stavby dokončené po roce 1995.

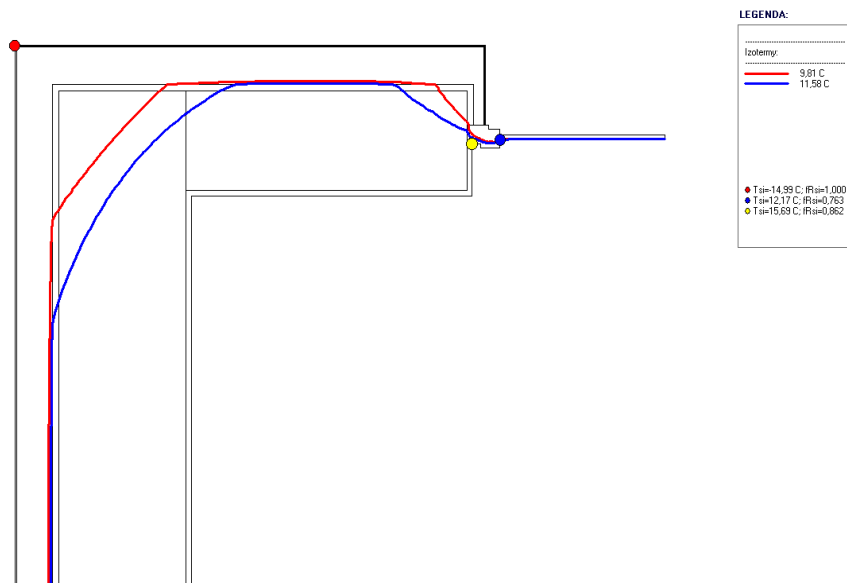
Teplota vzduchu v exteriéru: -15 °C; Relativní vlhkost v exteriéru: 84 %

Teplota vzduchu v interiéru: 20,6 °C; Relativní vlhkost v interiéru: 50 %



Obrázek 30_Bod č. 1 až 6 – Grafický vstup - Vnější zateplení – program Area 2017 EDU

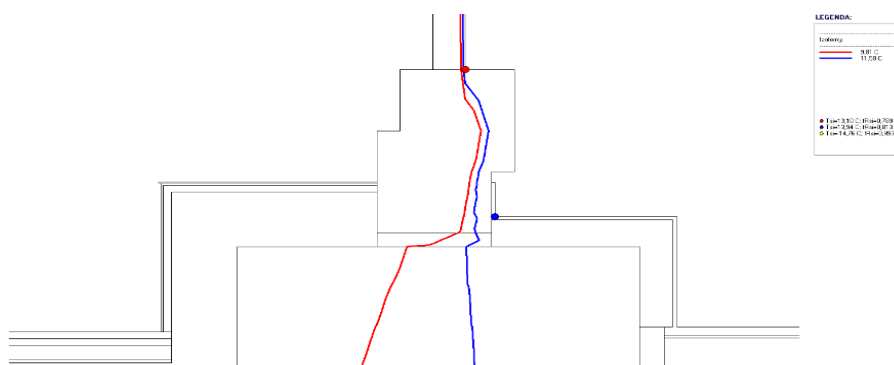
7.1.1 Bod č. 1 a 4



Obrázek 31_ Bod č. 1 a 4_Model vnějšího zateplení - program Area 2017 EDU

Na modelovém obrázku 31 vidíme, že izotermy, které vyznačují průběh teploty rosného bodu a teploty odpovídající požadovanému teplotnímu faktoru konstrukce se posunuly směrem k exteriéru. Dochází ke zvýšení povrchových teplot na vnitřní straně konstrukce a tím je eliminováno riziko vnitřní povrchové kondenzace a růstu plísní.

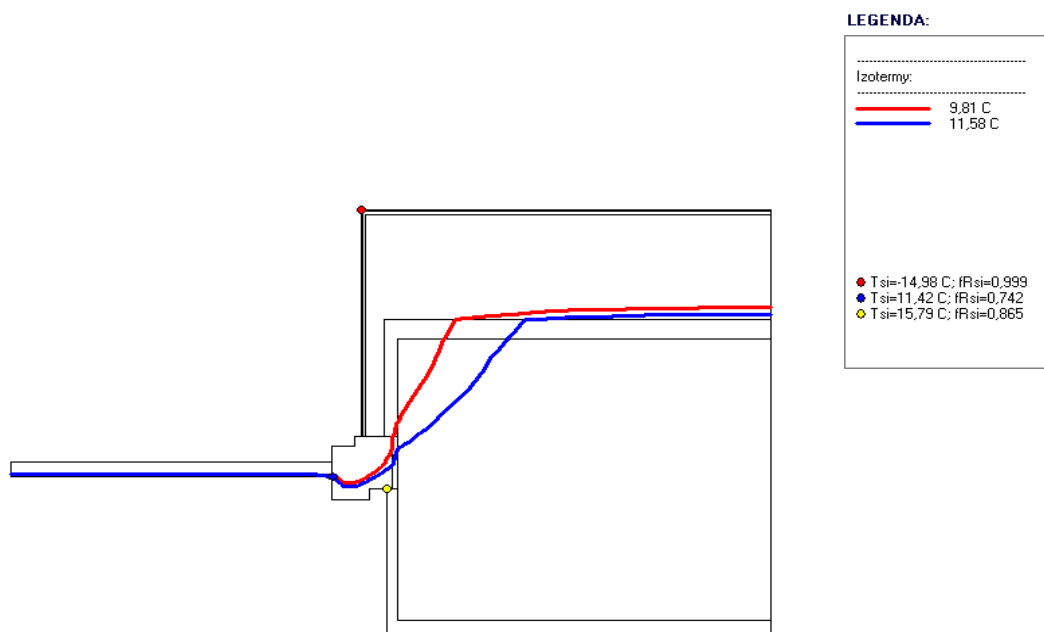
7.1.2 Bod č. 2



Obrázek 32_ Bod č. 2_Model vnějšího zateplení - program Area 2017 EDU

Na obrázku 32 vidíme, že se izotermy posunuly směrem k exteriéru povrchové teploty na vnitřní straně konstrukce se zvýšily a k povrchové kondenzaci a růstu plísní na vnitřní straně konstrukce nedochází.

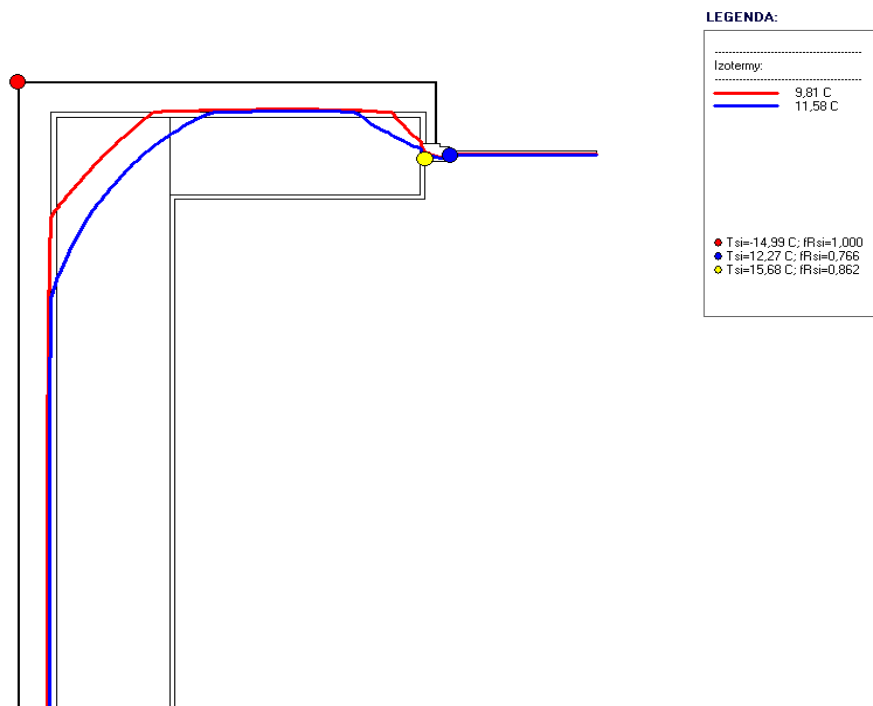
7.1.3 Bod č. 3 a 5



Obrázek 33_ Bod č. 3 a 5_Model vnějšího zateplení - program Area 2017 EDU

I v tomto případě je z obrázku 33 zřejmé, že vnější zateplení splnilo svůj účel a izotermy se posunuly směrem k exteriéru. Povrchové teploty na vnitřní straně konstrukce se zvýšily a k povrchové kondenzaci a růstu plísní na vnitřní straně konstrukce nedochází.

7.1.4 Bod č. 6



Obrázek 34_ Bod č. 6_Model vnějšího zateplení - program Area 2017 EDU

Na modelovém obrázku 34 vidíme, že izotermy, které vyznačují průběh teploty rosného bodu a teploty odpovídající požadovanému teplotnímu faktoru konstrukce se posunuly směrem k exteriéru. Došlo ke zvýšení povrchových teplot na vnitřní straně konstrukce a ke kondenzaci a růstu plísní na vnitřním povrchu konstrukce nedochází.

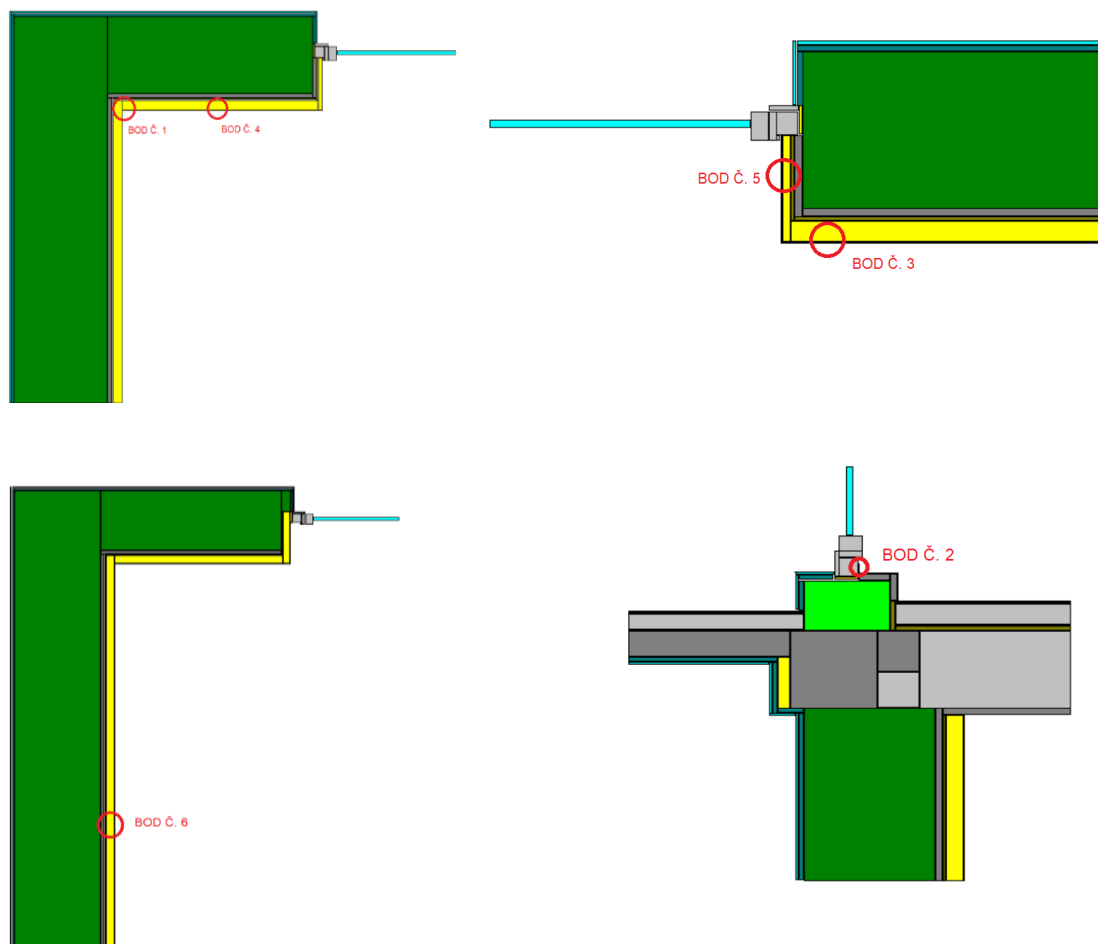
7.2 Vnitřní zateplení obvodových stěn

Jedná se o kompletní vnitřní zateplení obvodových stěn bytového domu. K zateplení jsou použity tepelně izolační desky MULTIPOR tl. 50 mm. Nejmenší tloušťka tepelně izolačních desek je zvolena, aby nedošlo ke zbytečnému zmenšení interiéru. Desky jsou lepeny pomocí lehké malty Multipor tl. 10 mm, která je dále použita i jako podklad pro finální úpravu v tloušťce 5 mm a je vyztužená perlínkou. Finální vrstvu tvoří vápenocementový štuk v tl. 3 mm a nátěr silikátovou barvou Jupol silikat bílý. Při výpočtech jsou použity průměrné okrajové normové podmínky pro exteriér

při nadmořské výšce 266 m. n. m. a dále jsou použity průměrné normové podmínky pro interiér pro bytové a občanské stavby dokončené po roce 1995.

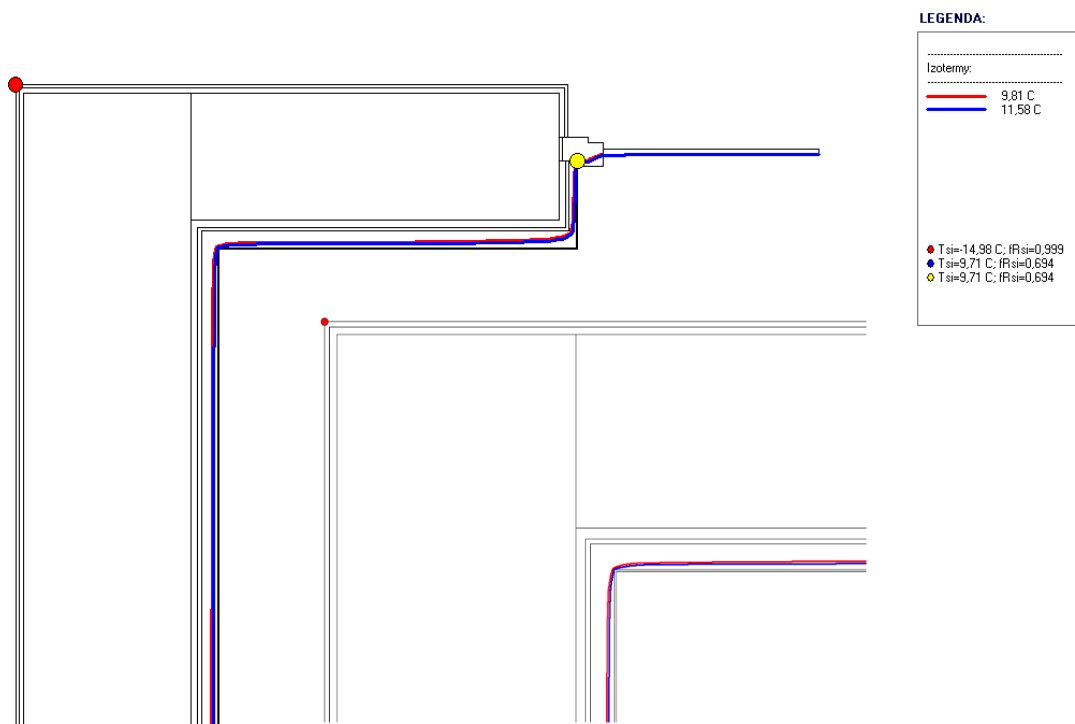
Teplota vzduchu v exteriéru: -15 °C; Relativní vlhkost v exteriéru: 84 %

Teplota vzduchu v interiéru: 20,6 °C; Relativní vlhkost v interiéru: 50 %



Obrázek 35_Bod č. 1 až 6 – Grafický vstup - Vnitřní zateplení – program Area 2017 EDU

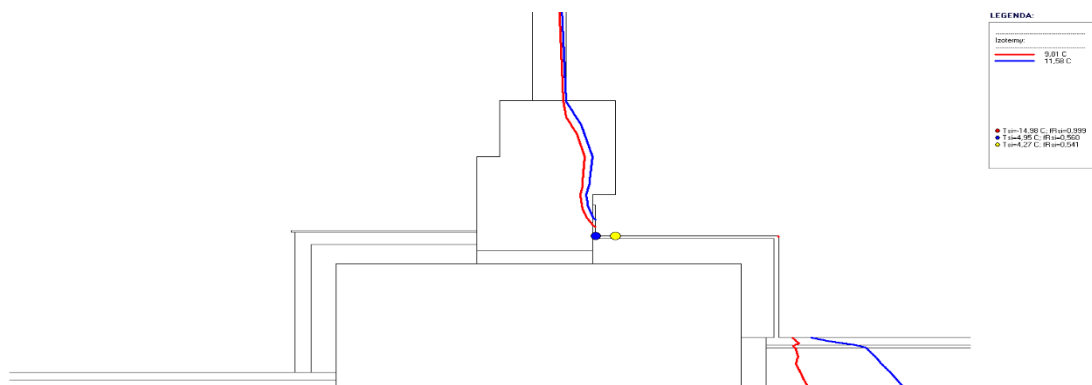
7.2.1 Bod č. 1 a 4



Obrázek 36_ Bod č. 1 a 4_Model vnitřního zateplení - program Area 2017 EDU

Na modelovém obrázku 36 vidíme, že izotermy, které vyznačují průběh teploty rosného bodu a teploty odpovídající požadovanému teplotnímu faktoru konstrukce se posunuly směrem do izolantu a došlo ke zvýšení povrchových teplot na vnitřní straně konstrukce. Ke kondenzaci na vnitřním povrchu zdi dochází pouze v místě napojení vnitřní izolace na rám okna. V tomto místě je nutno zapustit izolaci pod rám okna.

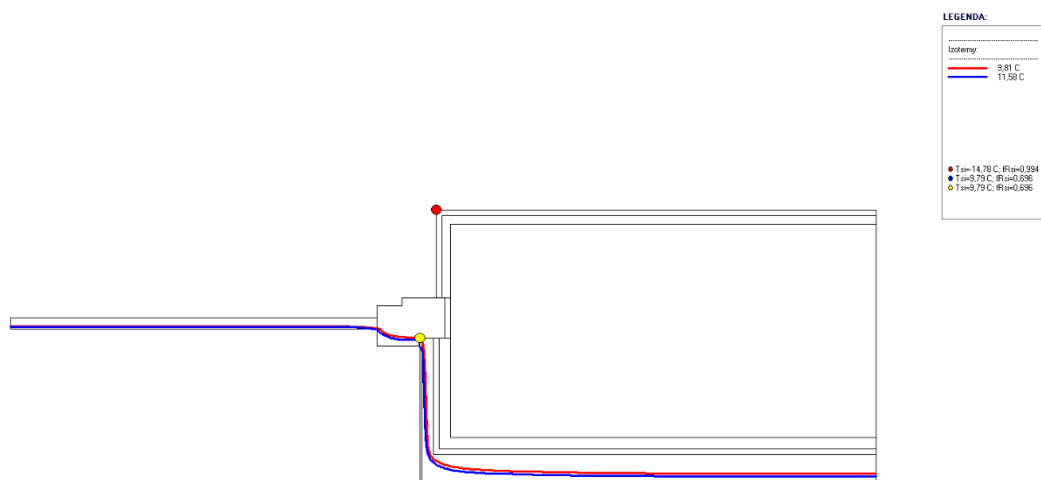
7.2.2 Bod č. 2



Obrázek 37_ Bod č. 2_Model vnitřního zateplení - program Area 2017 EDU

Na obrázku 37 vidíme, že stále dochází ke kondenzaci na vnitřním povrchu konstrukce a existuje zde riziko růstu plísní. V tomto případě by bylo potřeba dodatečně zaizolovat podlahu.

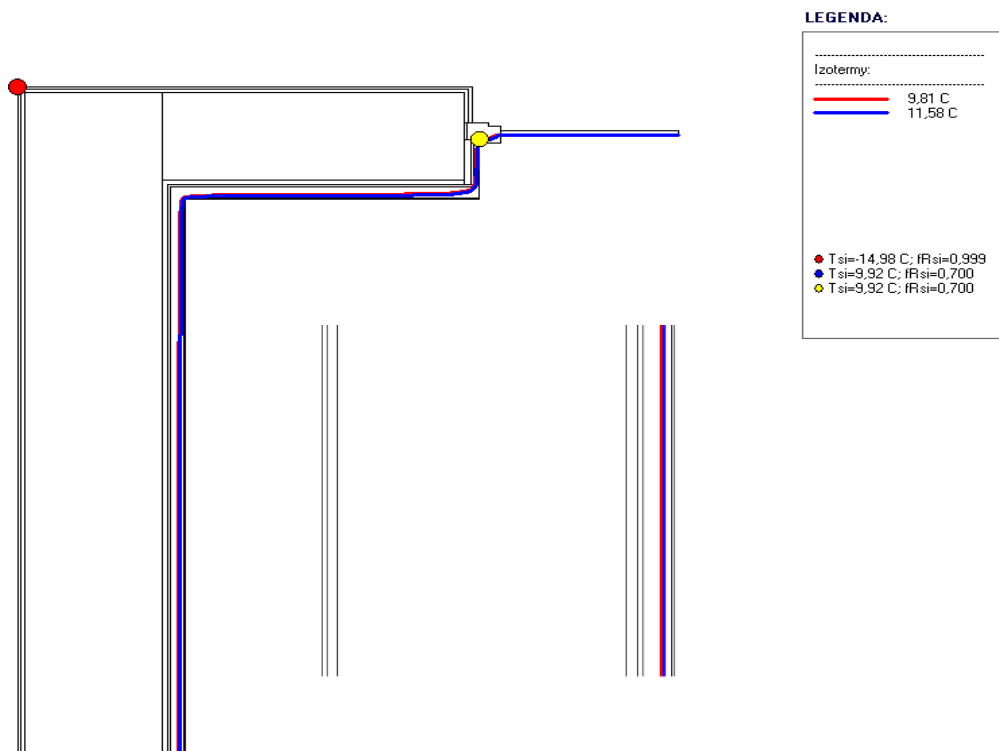
7.2.3 Bod č. 3 a 5



Obrázek 38_ Bod č. 3 a 5_Model vnitřního zateplení - program Area 2017 EDU

Na obrázku 38 vidíme izotermy, které vyznačují průběh teploty rosného bodu a teploty odpovídající požadovanému teplotnímu faktoru konstrukce, které se posunuly do izolantu a došlo ke zvýšení povrchových teplot na vnitřní straně konstrukce a ke kondenzaci na vnitřním povrchu zdiva a k riziku růstu plísní dochází pouze v místě napojení vnitřní izolace na rám okna. V tomto místě je nutno zapustit izolaci pod rám okna.

7.2.4 Bod č. 6



Obrázek 39_ Bod č. 6_Model vnitřního zateplení - program Area 2017 EDU

Na modelovém obrázku 47 vidíme, že izotermy, které vyznačují průběh teploty rosného bodu a teploty odpovídající požadovanému teplotnímu faktoru konstrukce se posunuly do izolantu, došlo ke zvýšení povrchových teplot na vnitřní straně konstrukce a ke kondenzaci a růstu plísní na vnitřním povrchu zdi dochází pouze v místě napojení vnitřní izolace na rám okna. V tomto místě je nutno zapustit izolaci pod rám okna.

8 Finanční náročnost jednotlivých opatření

Pro náš objekt byly navrženy celkem 3 řešení. Snižování vlhkosti pomocí odvlhčovače vzduchu a zvýšení vnitřních povrchových teplot pomocí vnitřního nebo vnějšího zateplení. V následujících kapitolách se budeme věnovat finanční náročnosti těchto opatření.

8.1 Odvlhčovač vzduchu

Pro odvlhčování vzduchu je používán odvlhčovač vzduchu SILVER CRESTSLE 450 A1. Pořizovací cena přístroje je 3990 Kč. Odvlhčovač má příkon 360-450 W. Objem nádržky na vodu je 5,5l. Výkon odvlhčování se pohybuje mezi 11-20 l/den. Pro více informací je v příloze č. 4 přiložen sken technických parametrů.

Jelikož je odvlhčovač používán pouze v zimním období, ve výpočtu spotřeby elektrické energie je započítáno období od října do dubna (7 měsíců). Denně odvlhčovač pracuje průměrně cca 4 hodiny, záleží to na aktuální vlhkosti v bytě. Elektrická energie je odebírána od společnosti ČEZ. Cena energie činí 1,7 kWh. Ve výpočtu je uvažován příkon 400 W. Průměrný počet dní v měsíci 30.

- **Výpočet:**

Spotřeba elektrické energie E

$E = P \cdot t$, kde P je příkon (W) a t je čas (h)

$E = 400 \cdot 4$

$E = 1600Wh = 1,6 kWh$ Spotřeba elektrické energie za 1 den (4 hodiny)

$E = 1,6 \cdot 30 \cdot 7 = 336 kWh$ Spotřeba elektrické energie za 7 měsíců

Cena elektrické energie za 1 rok (7měsíců) pro jeden spotřebič

$336 kWh \cdot 1,7 kWh = 571,2 Kč$

Cena elektrické energie za 20 let (140měsíců) pro jeden spotřebič

$571,2 \cdot 20 = 11\,424 Kč$

Celkem je v objektu 6 bytových jednotek. Na jednu bytovou jednotku připadají dva odvlhčovače vzduchu. Znamená to, že **náklady na pořízení odvlhčovacích** zařízení jsou:

$$3\,990 \frac{\text{Kč}}{\text{ks}} \cdot 12 \text{ ks} = 47\,880 \text{ Kč}$$

Uvažujeme-li, že životnost spotřebičů je 5 let. Za následujících 20 let jsou **náklady na pořízení spotřebičů** rovny hodnotě:

$$47\,880 \text{ Kč} \cdot 4 = 191\,520 \text{ Kč}$$

A náklady na elektřinu za 20 let pro 6 spotřebičů činí:

$$11\,424 \text{ Kč} \cdot 6 = 68\,544 \text{ Kč}$$

Celkové náklady na pořízení a užívání odvlhčovačů vzduchu po dobu 20 ti let jsou:

$$\underline{191\,520 + 68\,544 = 260\,064 \text{ Kč}}$$

8.2 Vnější zateplení

Jelikož se s vnějším zateplením objektu do budoucna počítá, nechali jsme si udělat cenou nabídku od firmy VLKO-fasady.cz.

Cenová nabídka na zateplení bytového domu Bašnice

Předmět díla:

Jedná se o kompletní zateplení Bytového domu podle normy ETICS. Bytový dům bude zateplen fasádním polystyrenem EPS 70 tl.14 cm +XPS tl. 12 cm je počítáno na spodek bytového domu. V rozpočtu jsou započítány kovové hmoždinky s polystyrenovými zátkami. Dále budou vybourány balkony, na které přijde nová izolace + vrchní beton zakončený kamenným kobercem dle výběru investora.

Parametry zateplení:

Polystyren EPS 70 tl.14 cm. +XPS tl.12 cm.

Celková plocha zateplení je tedy cca 542 m. V rozpočtu je již započítané lešení cca 542 m.

Materiál:

Polystyrén fasádní EPS 70 tl.14 cm + XPS tl.12 cm dle dané plochy.

Penetrace podkladu.

Hmoždinka s kovovým trnem 3000 ks.+ polystyrenové zátky 3000 ks.

Perlinka 20 ks.

Lišty s perlínkou +APU lišty na okna.

Lepidlo na lepení+ síťování 9 kg na m na plochu

Pásky, zakrývací materiál

Penetrace pod fasádu + fasáda silikon 1,5mm barva dle výběru investora.

Úklid a odvoz odpadu + doprava

Zateplení domu-práce, lešení, materiál-cca 645.000 Kč

Balkony-cca 255.000 Kč

Doprava, úklid, odvoz sutě a odpadu-cca 26.750 Kč + plastové mřížky 59 ks-cca 8.260 Kč

Celková cena díla včetně práce a dodaného materiálu činí:

680.010 Kč vč. DPH [18]

8.3 Vnitřní zateplení

Vnitřní zateplení bude provedeno kalciumsilikátovými minerálními deskami Multipor tl. 50 mm. Pro lepení desek k podkladu byla použita lehká malta Multipor tl. 10 mm, která se pak dále použije i jako podkladní vrstva pro finální povrchovou úpravu v tl. 5. mm a je vyztužená perlínkou. Finální povrchovou úpravou je vápenocementový štuk tl. 3 mm + silikátová barva Jupol silikat bílý. V tabulce 8 je orientační cenová kalkulace, ve které jsou zahrnuty ceny jak za materiál, tak montáž. Ceny jsou uvedeny vč. DPH. Pro výpočet byl použit program Build power s ceníkem RTS.

Tabulka 7_Kalkulace vnitřního zateplení

| kód položky | Název položky | Množství | MJ | Cena/ MJ | Cena celkem | |
|--------------|--|----------|----|-------------|----------------|---------------|
| 941955002R00 | Lešení lehké pomocné, výška podlahy do 1,9 m | 155,2 | m2 | 124,6 | 15985,6 | Kč vč. DPH |
| 610991111R00 | Zakrývání výplní vnitřních otvorů | 75,24 | m2 | 41,9 | 2603,3 | Kč vč. DPH |
| 784402801R00 | Odstranění malby oškrábáním v místnosti H do 3,8 m | 364,495 | m2 | 25,7 | 7727,3 | Kč vč. DPH |

| | | | | | | |
|---------------------------|---|-----------------------|----|--------|--------------------------|------------|
| 602016195R00 | Penetrace hloubková stěn PROFI Silikat-Tiefengrund | 728,99 | m2 | 60,8 | 36668,2 | Kč vč. DPH |
| 931978111R00 | Úprava dilatace, konop. provazcem, konstr. do 20 cm | 70,6 | m | 203,9 | 11896,1 | Kč vč. DPH |
| 622231993RV1 | Zateplení Multipor, desky tl. 50 mm, zakončení stěrkou s výztužnou tkaninou | 309,095 | m2 | 1183,4 | 302301,1 | Kč vč. DPH |
| 622319950RV1 | Multipor, povrch. úprava ostění KZS, stěrkou a výztužnou tkaninou | 96,6 | m2 | 1520,0 | 121351,8 | Kč vč. DPH |
| 612471411R00 | Úprava vnitřních stěn aktivovaným štukem | 364,495 | m2 | 126,6 | 38089,7 | Kč vč. DPH |
| 784125212R00 | Malba Jupol Silikat bílá | 364,495 | m2 | 62,7 | 18880,8 | Kč vč. DPH |
| 952901111R00 | Vyčištění budov o výšce podlaží do 4 m | 289,25 | m2 | 89,6 | 21433,4 | Kč vč. DPH |
| <u>Cena celkem</u> | | <u>706 943</u> | | | <u>Kč vč. DPH</u> | |

8.4 Zhodnocení finanční náročností jednotlivých opatření

Cena vnějšího zateplení je stanovena na základě cenové nabídky od firmy VLKO-fasady.cz. Celková částka za provedení díla vč. dodávek materiálu činí **680 010 Kč vč. DPH**. V ceně je zahrnuto i zateplení balkonových konstrukcí včetně úpravy nášlapné vrstvy.

Cena za vnitřní zateplení se pohybuje kolem **706 943 Kč vč. DPH**. V ceně je započítáno i napojení přilehlých konstrukcí, které by mohly způsobovat tepelné mosty. Výpočet vnitřního zateplení je proveden v programu Bulid power, proto musíme brát tuto cenu orientačně. Vysoutěžená cena by se mohla pohybovat v nižších částkách.

Náklady na pořízení a užívání odvlhčovacích zařízení po dobu 20 ti let jsou cca **260 064 Kč**. Toto opatření lze brát pouze jako dočasné pro rychlé zlepšení hygienických podmínek a ochranu zdraví obyvatel nebo jako doplněk k jiným opatřením. Problémy nevyřeší pouze omezí.

Závěr

Cílem této práce bylo obecné seznámení se s problematikou týkající se kondenzace vodní páry v konstrukci se zaměřením primárně na kondenzaci vodní páry na vnitřním povrchu obvodového zdiva. Tato problematika včetně nejčastějších příčin a opatření proti kondenzaci vodní páry je popsána v první (teoretické) části práce tak, aby z ní bylo možné vycházet v následující (praktické) části práce, jejímž cílem je provedení analýzy bytového domu v Bašnicích, následné vyhodnocení naměřených hodnot, porovnání s modelovými výpočty, návrh sanačních opatření a jejich finanční zhodnocení.

Z provedených měření kritických míst, kde se nejčastěji objevují plísně, následné modelaci a výpočtech v programu Area 2017 EDU je zjištěno, že výsledky z měření a modelových výpočtů, kde jsou použity průměrné hodnoty z měření se ve většině případů shodují. U 4 míst ze 6 není zjištěna kondenzace na vnitřním povrchu konstrukce, pouze u styku obvodových zdí (rohu) a na spodní straně rámu balkonových dveří. V těchto místech jsou vnitřní povrchové teploty nižší než teplota rosného bodu. K riziku růstu plísní ovšem dochází ve všech měřených místech z důvodu nesplnění požadavku na vnitřní povrchovou teplotu odpovídající hodnotě teplotního faktoru konstrukcí. Při zadání normových podmínek do výpočtů, je zjištěn výskyt kondenzace na vnitřním povrchu konstrukce v polovině zkoumaných míst a riziko vzniku plísní opět ve všech bodech. Protože konstrukce nesplňují požadavky na vnitřní povrchové teploty, byl proveden návrh sanačních opatření pro bytový dům v Bašnicích a jejich finanční zhodnocení.

Prvním opatřením je odvlhčovač vzduchu, který je v současné době v jednom z bytů používán a jeho účinek je zřejmý z grafů pro jednotlivá měření. Toto opatření je jedním z nejlevnějších, ale lze ho brát pouze jako doplněk či dočasné řešení pro rychlé zlepšení hygienických podmínek a ochranu zdraví obyvatel. Problémy s kondenzací na vnitřním povrchu konstrukce nevyřeší, ale pouze omezí. Další dvě opatření se týkají vnitřního a vnějšího zateplení. Vnitřní zateplení obvodových stěn bytového domu je z finančního hlediska nejdražší varianta. V případě návrhu vnitřního zateplení nedojde k úplnému vyřešení povrchové kondenzace obvodového zdiva

objektu v místech obložení spodního rámu balkonových dveří, vnitřního parapetu balkonových dveří a napojení oken na tepelnou izolaci. Z toho důvodu je nutné provést další finančně nákladná opatření a to, dodatečně zaizolovat podlahu a provést vnitřní izolaci tak, aby zaběhla pod rám oken. Posledním navrženým opatřením je vnější izolace objektu. Požadavek na vnitřní povrchové teploty je splněn ve všech kritických místech, a navíc dojde i díky vnějšímu zateplení ke snížení energetické náročnosti budovy a tím dojde ke snížení nákladů za vytápění. Z finančního hlediska se při tomto řešení pohybujeme na zlaté střední cestě oproti předešlým opatřením. Proto lze považovat tuto variantu za nejvhodnější.

Všechny stanovené cíle této práce byly splněny.

Použitá literatura

[1] KULHÁNEK, František. *Tepelná ochrana a energetika budov: TP 1.8.1: technická pomůcka k činnosti autorizovaných osob*. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydává Informační centrum ČKAIT, 2014. ISBN 978-80-87438-48-0.

[2] BOŠOVÁ, Daniela. *Stavební fyzika II: stavební tepelná technika*. 6. přeprac. vyd. V Praze: ČVUT, 2014. 191 s. ISBN 978-80-01-05645-5.

[3] SVOBODA, Zbyněk. *Difúze vodní páry a její kondenzace uvnitř konstrukcí* [online]. 2014 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: kps.fsv.cvut.cz/file_download.php?fid=4280

[4] NOVOTNÝ, Marek. *Tepelné izolace a stavební tepelná technika*. Praha: ARCH, 1994. ISBN 80-901608-0-8.

[5] HOFER, Peter. *Rosný bod v závislosti na vlhkosti a teploty* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <http://www.zdrave-bydleni.com/rosny-bod-v-zavislosti-na-vlhkosti-a-teploty/>

[6] Pehle, Tobias. *Vlhkost V Domě: Prevence a Odstraňování*. 1. vyd. Čestlice: Rebo, 2001. Udělej si sám ISBN 80-7234-196-0.

[7] SOLAŘ, Jaroslav. *Řešení problematiky povrchové kondenzace vodní páry* [online]. 2010 [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/6541-reseni-problematiky-povrchove-kondenzace-vodni-pary>

[8] PAŘÍKOVÁ, Jelena a Irena KUČEROVÁ. *Jak likvidovat plísně: Příčiny vzniku. Dezinfekční přípravky. Postupy při odstraňování*. Praha: Grada, 2001. Profi & hobby. ISBN 80-247-9029-7.

[9] SOLAŘ, Jaroslav. *Řešení problematiky povrchové kondenzace vodní páry*. Střechy, fasády, izolace. 2009, 16, 44-49. ISSN 1212-0111.

[10] SVOBODA, Z. TEPLO 2017 pro Windows. Výpočtový program pro PC.

[11] SVOBODA, Z. AREA 2017 pro Windows. Výpočtový program pro PC.

[12] PERLÍK, Martin. *Vnitřní zateplení obvodových stěn* [online]. 2014 [cit. 2018-0]. Dostupné z: <https://www.perlikprojekce.cz/2014/12/vnitri-zatepleni-obvodovych-sten/>

[13] *Jak funguje elektrický odvlhčovač vzduchu* [online]. 2015 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <https://www.gavri.cz/clanky-o-odvlhcovacich-vzduchu/jak-funguje-elektricky-odvlhcovac-vzduchu/>

[14] *Hygrostat do zásuvky Trotec BH30* [online]. 2017 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <https://www.gavri.cz/prislusenstvi-pro-odvlhcovace-vzduchu/hygrostat-do-zasuvky-trotec-bh30/>

[15] *Odvlhčovač vzduchu SilverCrest SLE 450 A1 z Lidlu: Recenze, diskuze, cena 2018* [online]. 2015 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <https://www.skrblik.cz/lidl/odvlhcovac-vzduchu-silvercrest-sle-450-a1/>

[16] mapy.cz. [online]. [cit. 2016-05-17]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=15.6061326&y=50.3349482&z=19&base=ophoto&source=addr&id=9296948&q=Ba%C5%A1nice%2092>

[17] KAŠPAROVÁ, B. *Technická zpráva stavební*, 1973

[18] HRUŠKA, DOUTNÁČ. *Cenová nabídka na izolace střešního pláště v Bašnicích čp. 92*, 2007

[19] ŠÁLA, Jiří. *Teplovní faktor vnitřního povrchu fRsi pro ČSN 73 0540-2* [online]. 2006 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/3560-teplotni-faktor-vnitriho-povrchu-frsi-pro-csn-73-0540-2>

[20] ČSN 73 0540-2 *Tepelná ochrana budov. Část 2: Požadavky* (2007).
Praha: Centrum technické normalizace na Fakultě stavební ČVUT v Praze,
2011

Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obrázek 1_ Vyšetření výskytu kondenzace vodní páry v konstrukci [1]..... | 14 |
| Obrázek 2_ Vymezení kondenzační zóny [1]..... | 15 |
| Obrázek 3_ Dimenzování parozábrany [1]..... | 17 |
| Obrázek 4_ Spárová difuzní vodivost některých druhů spár [2]..... | 18 |
| Obrázek 5_ Příklady zdrojů vlhkosti [8]..... | 25 |
| Obrázek 6_ Příklady rezervoárů vlhkosti v budově [8]..... | 25 |
| Obrázek 7_ Elektrický odvlhčovač vzduchu [15]..... | 38 |
| Obrázek 8_ Ventilátor [6]..... | 38 |
| Obrázek 10_ Hygrostat [14]..... | 38 |
| Obrázek 9_ Odvlhčovač vzduchu s granulátem [6]..... | 38 |
| Obrázek 11_ Ortofoto s označením umístění bytového domu [16]..... | 41 |
| Obrázek 12_ Bod č. 1_ Grafický vstup - program Area 2017 EDU..... | 46 |
| Obrázek 13_ Bod č. 1_ Model normových hodnot - program Area 2017 EDU | 46 |
| Obrázek 14_ Bod č. 1_ Model naměřených hodnot - program Area 2017 EDU | 47 |
| Obrázek 15_ Bod č. 2_ Grafický vstup - program Area 2017 EDU..... | 49 |
| Obrázek 16_ Bod č. 2_ Model normových hodnot - program Area 2017 EDU | 50 |
| Obrázek 17_ Bod č. 2_ Model naměřených hodnot - program Area 2017 EDU | 50 |
| Obrázek 18_ Bod č. 3_ Grafický vstup - program Area 2017 EDU..... | 52 |
| Obrázek 19_ Bod č. 3_ Model normových hodnot - program Area 2017 EDU53 | |
| Obrázek 20_ Bod č. 3_ Model naměřených hodnot - program Area 2017 EDU | 53 |
| Obrázek 21_ Bod č. 4_ Grafický vstup - program Area 2017 EDU..... | 55 |

| | |
|--|----|
| Obrázek 22_Bod č. 4_Model normových hodnot - program Area 2017 EDU | 56 |
| Obrázek 23_Bod č. 4_Model naměřených hodnot - program Area 2017 EDU | 56 |
| Obrázek 24_Bod č. 5_Grafický vstup - program Area 2017 EDU | 59 |
| Obrázek 25_Bod č. 5_Model normových hodnot - program Area 2017 EDU | 59 |
| Obrázek 26_Bod č. 5_Model naměřených hodnot - program Area 2017 EDU | 59 |
| Obrázek 27_Bod č. 6_Grafický vstup - program Area 2017 EDU | 62 |
| Obrázek 28_Bod č. 6_Model normových hodnot - program Area 2017 EDU | 62 |
| Obrázek 29_Bod č. 6_Model naměřených hodnot - program Area 2017 EDU | 63 |
| Obrázek 30_Bod č. 1 až 6 – Grafický vstup - Vnější zateplení – program Area 2017 EDU | 67 |
| Obrázek 31_Bod č. 1 a 4_Model vnějšího zateplení - program Area 2017 EDU | 68 |
| Obrázek 32_Bod č. 2_Model vnějšího zateplení - program Area 2017 EDU | 68 |
| Obrázek 33_Bod č. 3 a 5_Model vnějšího zateplení - program Area 2017 EDU | 69 |
| Obrázek 34_Bod č. 6_Model vnějšího zateplení - program Area 2017 EDU | 70 |
| Obrázek 35__Bod č. 1 až 6 – Grafický vstup - Vnitřní zateplení – program Area 2017 EDU..... | 71 |
| Obrázek 36_Bod č. 1 a 4_Model vnitřního zateplení - program Area 2017 EDU | 72 |
| Obrázek 37_Bod č. 2_Model vnitřního zateplení - program Area 2017 EDU | 72 |

| | |
|---|----|
| Obrázek 38_ Bod č. 3 a 5_Model vnitřního zateplení - program Area 2017 EDU | 73 |
| Obrázek 39_ Bod č. 6_Model vnitřního zateplení - program Area 2017 EDU | 74 |

Seznam tabulek

| | |
|--|----|
| Tabulka 1_Teplota rosného bodu [4] | 22 |
| Tabulka 2_Teplota vzduchu a obsah vody [6]..... | 22 |
| Tabulka 3_Zdroje vodní páry a množství jejich produkce [7] | 28 |
| Tabulka 4_Účinky větru [6] | 36 |
| Tabulka 5_Porovnání výsledků naměřených hodnot s modelovými příklady | 65 |
| Tabulka 6_Výsledky při normových hodnotách..... | 66 |
| Tabulka 7_Kalkulace vnitřního zateplení | 77 |

Seznam grafů

| | |
|--|----|
| Graf 1_Bod č. 1 – Graf naměřených hodnot | 48 |
| Graf 2_Bod č. 2 – Graf naměřených hodnot | 51 |
| Graf 3_Bod č. 3 – Graf naměřených hodnot | 54 |
| Graf 4_Bod č. 4 – Graf naměřených hodnot | 57 |
| Graf 5_Bod č. 5 – Graf naměřených hodnot | 60 |
| Graf 6_Bod č. 6 – Graf naměřených hodnot | 64 |

Seznam příloh na CD

Příloha č. 1_Data z měření

Příloha č. 2_Venkovní teploty

Příloha č. 3_Bod č. 1-6_Výstupy z programu Area 2017 EDU

Příloha č. 4_SILVERCREST_ Technické parametry