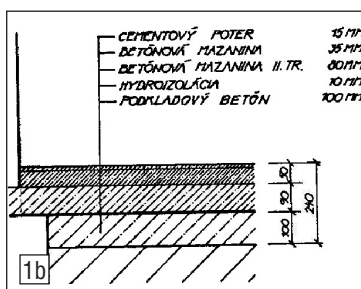
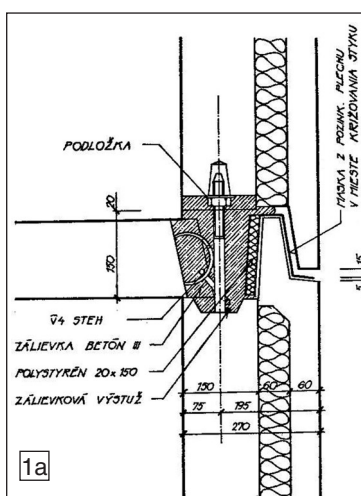


**V**dnešní době narůstajících cen energií se začínají klást čím dál tím větší požadavky na omezení úniku tepla z objektu. Jednou z možností omezení ztrát tepla je dodatečná tepelná izolace objektu, což nezávisí pouze na volbě druhu izolačního materiálu, ale také na řešení specifických detailů stavby.

Tento příspěvek se zaměřuje na řešení detailů spodní stavby montovaných objektů bytové výstavby, soustavy BP-70 z vnější strany. Pojednává o rozdílech průběhů teplot a parciálních tlaků vodní páry při různých variantách tepelné izolace základových konstrukcí a suterénní části panelového objektu. Posuzování vybraných detailů je prováděno porovnáním výsledků tepelně-technického posouzení konstrukcí namodelovaných v počítačovém software Area 2007.



## Modelované konstrukce

Celkem bylo posouzeno 7 variant detailu suterénní části panelového objektu konstrukční soustavy typu BP-70. Posuzovaný detail, modelovaný v programu Area 2007, se skládá z betonového základového pásu, obvodové stěnové konstrukce přilehlé k zemině, podlahové konstrukce 1. PP a 1. NP (včetně stropní konstrukce 1. PP).

Ve variantě 1 jsou všechny konstrukce bez tepelné izolace. U varianty 2 je do podlahové konstrukce 1. PP přidána tepelná izolace Rockwool Dachrock o tl. 120 mm. Varianta 3 navíc obsahuje zateplení podzemní části tepelnou izolací Austrotherm 50 XPS-G o tl. 150 mm. Ve variantě 4 je zateplení podzemní části protaženo v tl. 100 mm přes základ až k základové spáře. U varianty 5 je tepelná izolace vytažená 400 mm nad terén. Ve variantě 6 je základ opatřen tepelnou izolací o tl. 100 mm

vzniklé případnou změnou světlé výšky a zmenšením půdorysné plochy místností v 1. PP. Při dodatečném vložení tepelné izolace do podlahové konstrukce (tl. 120 mm, varianta 2) by musely být výškové posunuty dveřní otvory a hlavně by se snížila světlá výška místností v 1. PP přibližně na 2,5 m, což nevyhovuje požadované minimální světlé výšce 2,6 m. Vlivem případného provádění zateplení z interiéru (tl. 100 mm, varianta 7) by také došlo ke zmenšení půdorysné plochy místností v 1. PP. Snížená světlá výška by musela být schválena příslušným hygienickým úřadem, jehož stanovisko by mohlo být kladné – jelikož prostor 1. PP není užíván k trvalému pobytu osob.

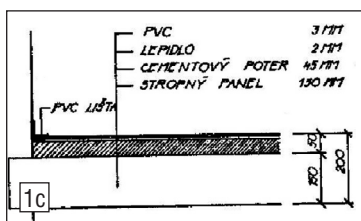
V tab. 1 jsou uvedeny požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla  $U_N$  u vybraných – zde posuzovaných – stavebních konstrukcí (stěna vnější, podlaha) pro budovy s převažující

# Posouzení spodní stavby panelového

## z hlediska stavební tepelné techniky

## Skladba obvodových konstrukcí (soustava BP-70)

Obvodové panely jsou železobetonové vrstvené, tloušťky 270 mm (150 mm železobeton + 60 mm tepelná izolace + 60 mm železobeton). Tepelně-izolační vrstvu tvoří desky z pěnového polystyrénu. Na obr. 1 je znázorněna skladba obvodových stěn, styk obvodových panelů a stropního panelu, skladba podlahových konstrukcí v 1.PP a 1.NP. Tepelná izolace podlahy v 1.NP je vytvořena kotvením Lignoporu o tl. 25 mm ke spodnímu líci stropního panelu v 1.PP.



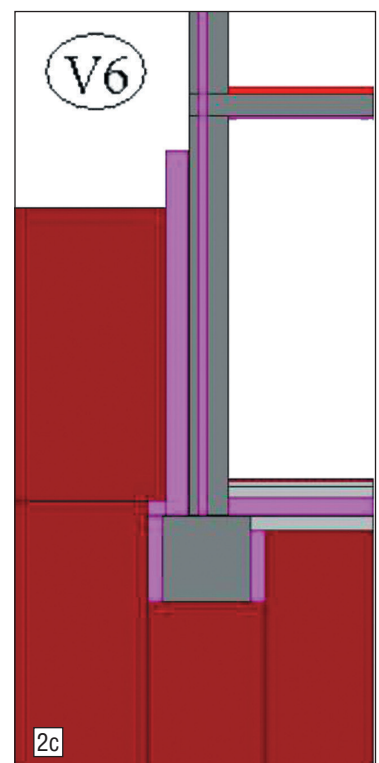
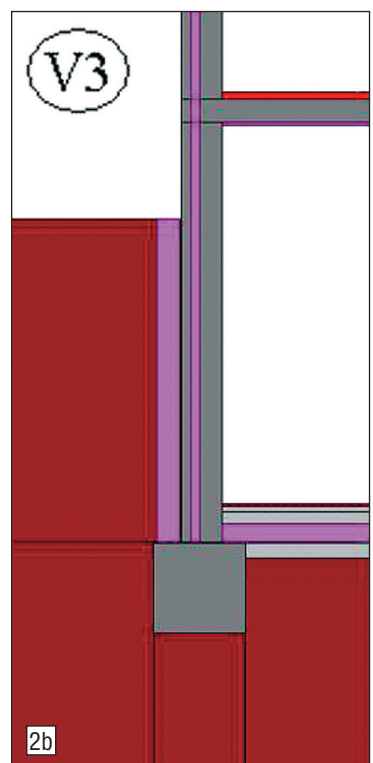
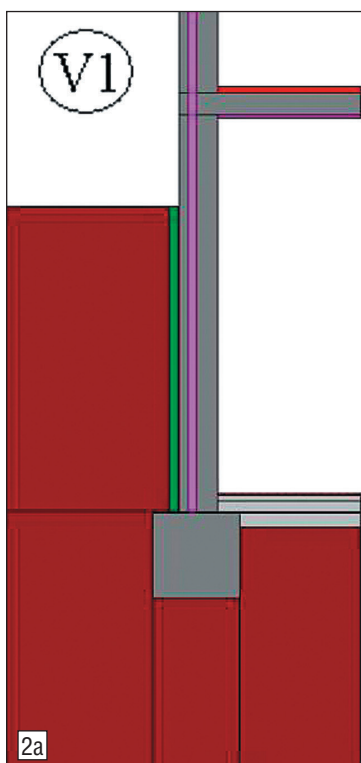
také z vnitřní strany. Varianta 7 posuzuje zateplení stěnové konstrukce z interiéru tepelnou izolací Austrotherm o tl. 100 mm.

Nastíněný problém je zde řešen pouze teoreticky, proto nebyly brány v úvahu možné problémy

návrhovou vnitřní teplotou  $\theta_{\text{im}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Tab. 2 a 3 shrnují vyhodnocení tepelně-technického posouzení všech zde posuzovaných konstrukcí, jejichž seznam a skladba je uvedena v bodě A1-A4 (V1-V7).

Tabulka k obr. 2a-2c

| Var | konstrukce      |                 |
|-----|-----------------|-----------------|
|     | obvod.<br>stěna | podlaha<br>1.PP |
| V1  | V1              | V1              |
| V2  | V1              | V2              |
| V3  | V3              | V2              |
| V4  | V3              | V2              |
| V5  | V5              | V2              |
| V6  | V5              | V2              |
| V7  | V7              | V2              |



# slovo odborníka

## Popis okrajových podmínek

Objekt je situován do teplotní oblasti Ostravy. Převážná část řešeného detailu leží pod úrovní terénu. Interiér podzemního podlaží (1. PP) je uvažován jako vytápěné vedlejší prostory s vnitřní teplotou vzduchu 15 °C. Jelikož se v přízemí nacházejí byty, jsou interiérové podmínky zvoleny jako u obytné místnosti (vpravo):

a) zemina:  $\theta_{gr} = 5 \text{ °C}$ ;  $\varphi_{gr} = 100 \%$ ;  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

b) exteriér:  $\theta_{a,e} = -15 \text{ °C}$ ;  $\varphi_e = 84 \%$ ;  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

c) interiér 1. PP:  $\theta_{a,i} = 15 \text{ °C}$ ;  $\varphi_i = 50 \%$ ;  $R_{si} = 0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$

d) interiér 1. NP:  $\theta_{a,i} = 21 \text{ °C}$ ;  $\varphi_i = 50 \%$ ;  $R_{si} = 0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$

Veličiny:  $\theta_{gr} / \theta_{a,e} / \theta_{a,i}$  = teplota zeminy / venkovního / vnitřního vzduchu,

$\varphi_{gr} / \varphi_e / \varphi_i$  = relativní vlhkost zeminy / venkovního / vnitřního vzduchu,

$R_{se} / R_{si}$  = tepelný odpor při přestupu tepla na vnější / vnitřní straně konstrukce

$\lambda$  = součinitel tepelné vodivosti

$\mu$  = faktor difuzního odporu

## Tepelně-technické posouzení obvodových konstrukcí

Tepelně-technické posouzení podzemních konstrukcí se skládá z posouzení obvodových stěn a podlah.

Tepelně-technické posouzení bylo provedeno v souladu s ČSN 73 0540:

### 1) Tepelně-technické posouzení obvodových stěn:

- posouzení hodnoty teplotního faktoru vnitřního povrchu  $f_{R,si}$  [-]
- posouzení hodnoty součinitele prostupu tepla  $U$  [ $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ]
- posouzení kondenzace vodní páry uvnitř stěny  $M_c$  [ $\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ ]

### 2) Tepelně-technické posouzení podlahových konstrukcí:

- posouzení hodnoty teplotního faktoru vnitřního povrchu  $f_{R,si}$  [-]
- posouzení hodnoty součinitele prostupu tepla  $U$  [ $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ]
- posouzení kondenzace vodní páry uvnitř podlahové konstrukce  $M_c$  [ $\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ ]
- posouzení poklesu dotykové teploty podlahy  $\Delta\theta_{10}$  [-]

## Grafické výstupy

Na obr. 4 až 7 jsou znázorněny: porovnání průběhů izoterm a teplotních polí, rozložení relativních vlhkostí a kondenzace vodní páry v jednotlivých detailech. Pro každý detail je grafické znázornění vyčleněno samostatně.

## Závěr

V tomto příspěvku je řešeno tepelně-technické posouzení spodní stavby u podsklepených objektů panelové soustavy BP-70. Jsou posuzovány a porovnávány tepel

# objektu

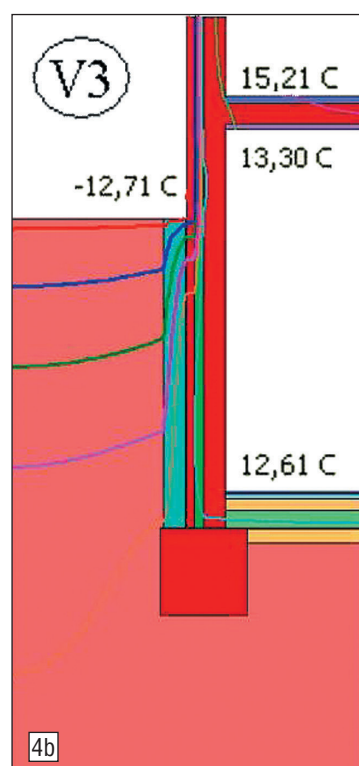
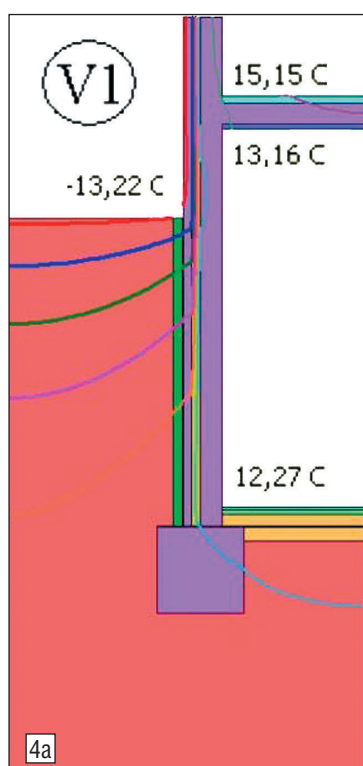
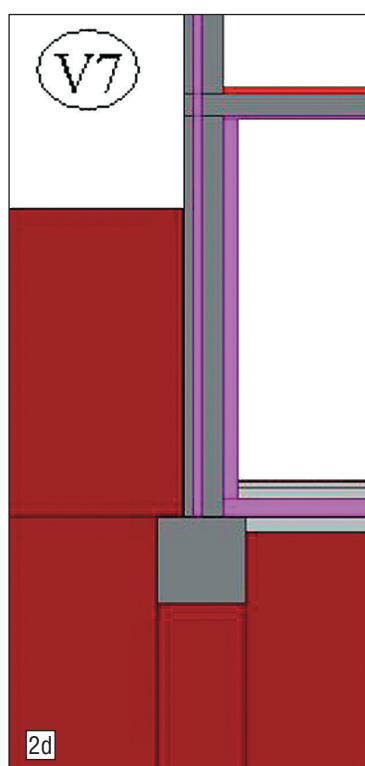
## Skladby modelovaných obvodových konstrukcí:

A1) Skladba obvodové stěny (od interiéru směrem k exteriéru):

|                                               | TL [mm] | V1-V2 | V3-V4 | V5-V6                          | V7  |
|-----------------------------------------------|---------|-------|-------|--------------------------------|-----|
| tepelná izolace Austrotherm 50 XPS-G          | 100     |       |       |                                | ano |
| obvodová stěna: železobeton                   | 150     | ano   | ano   | ano                            | ano |
| obvodová stěna: pěnový polystyren             | 60      | ano   | ano   | ano                            | ano |
| obvodová stěna: železobeton                   | 60      | ano   | ano   | ano                            | ano |
| izolace proti zemní vlhkosti: 2 x Bitagit S35 | 7       | ano   | ano   | ano                            | ano |
| tepelná izolace: Austrotherm 50 XPS-G         | 150     |       | ano   | ano, vytažená 400 mm nad terén |     |
| přízdívka z cihel plných pálených             | 65      | ano   |       |                                | ano |

## Výstupy dle ČSN 73 0540-2

V této části jsou vybrány nejdůležitější výstupy z tepelně-technického posouzení obvodových konstrukcí, které je provedeno v počítačovém programu Area 2007. Požadavky na teplotní faktory  $f_{R,si,n} < f_{R,si}$  jsou u všech posuzovaných detailů splněny.



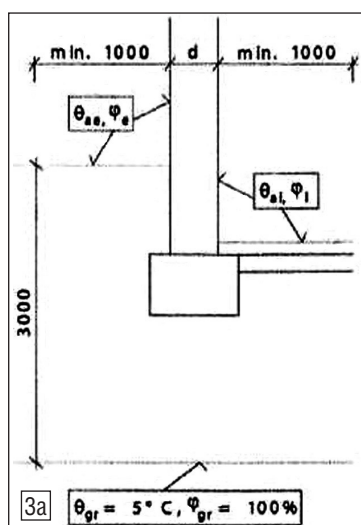
ně-technické vlastnosti detailů kritických míst – styku podlahové a stěnové konstrukce nad základem - představujících možné tepelné mosty, vznik kondenzace vodní páry v konstrukci a pokles povrchové teploty. Při návrhu skladby jednotlivých obvodových konstrukcí je využito informací o panelové konstrukční soustavě

Tabulka k obr. 4a-4d

### Izotermy:

|       |           |
|-------|-----------|
| ----- | -14,00 °C |
| ----- | -10,00 °C |
| ----- | -5,00 °C  |
| ----- | 0,00 °C   |
| ----- | 4,68 °C   |
| ----- | 10,19 °C  |
| ----- | 15,00 °C  |
| ----- | 19,00 °C  |

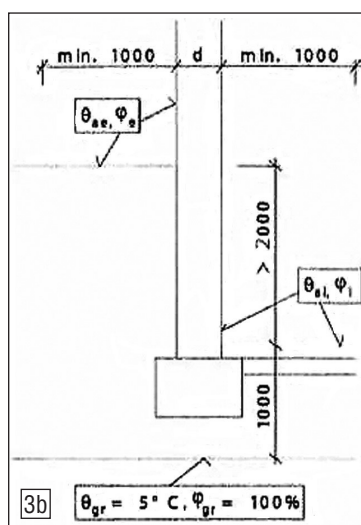
## slovo odborníka



typu BP-70. Při volbě materiálů byly dodržovány určité zásady: obvodové konstrukce např. splňují požadavek na hodnotu součinitele prostupu tepla U.

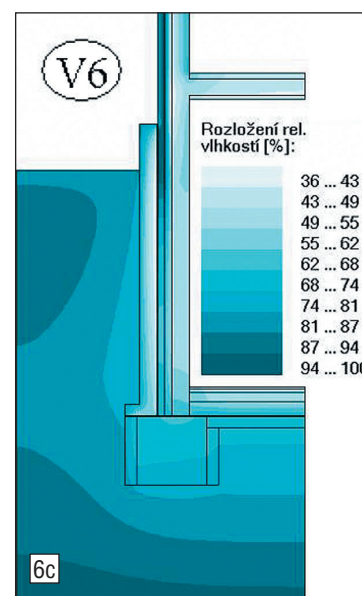
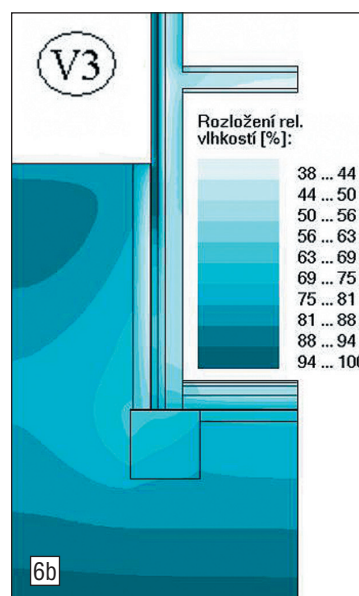
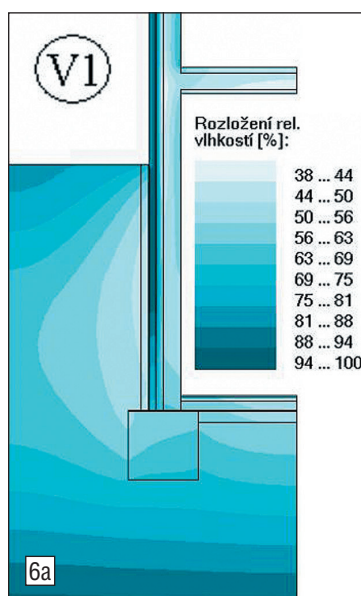
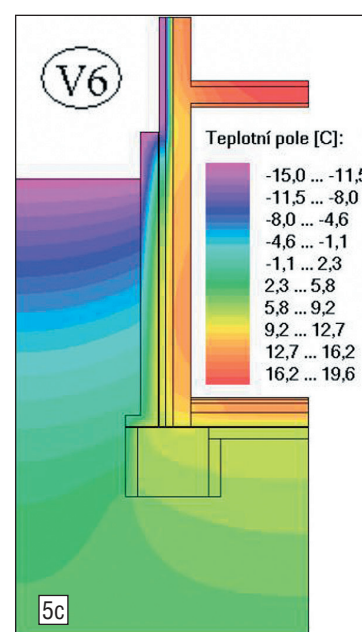
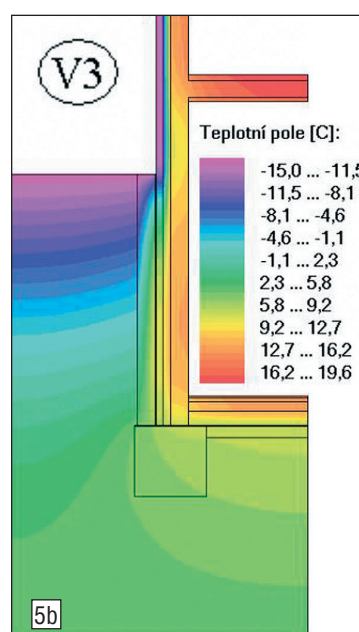
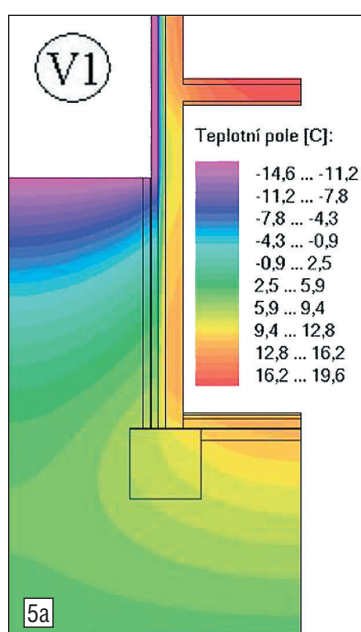
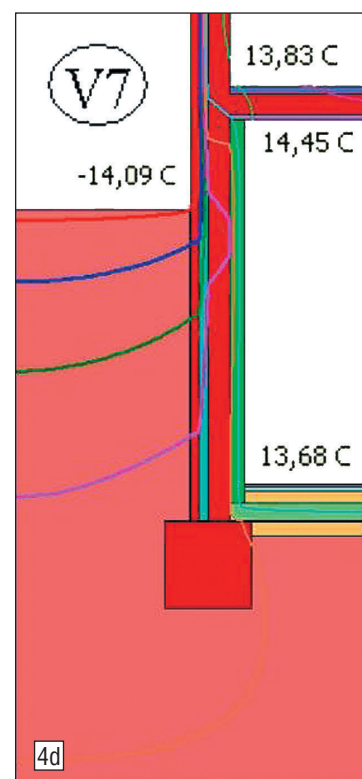
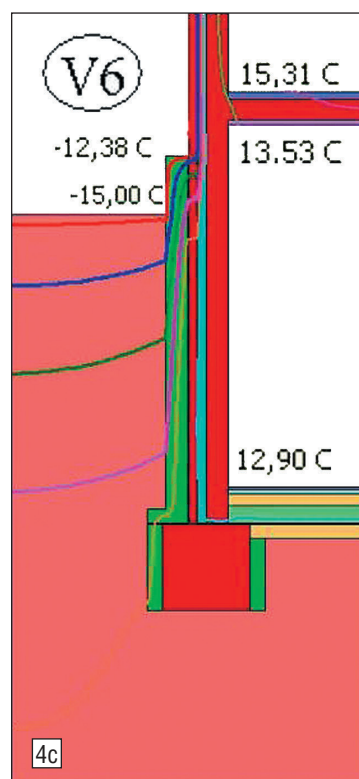
Tepelné mosty v konstrukci mohou do značné míry znehodnotit jinak celkově dobrou tepelně-technickou koncepci stavby, jelikož v místě tepelného mostu dochází k tepelným ztrátám (v otopném období), a také ke kondenzaci vodní páry – důsledek poklesu povrchové teploty konstrukce pod teplotu rosného bodu. Při navlnutí konstrukce vodní párou se snižují tepelně izolační vlastnosti stavebního materiálu konstrukce a může dojít k napadení konstrukce různými plísněmi nebo houbami. Není-li nalezeno vhodné konstrukční řešení tepelného mostu, musí se tepelný most přerušit nebo překrýt tepelně-izolačním materiálem. Vždy je potřeba provést tepelně-technické posouzení.

Při porovnávání tepelně-technických vlastností u detailů položených do stejného prostředí (se stejnými okrajovými podmínkami:  $t_i = 15^\circ \text{C}$ ,  $t_{gr} = 5^\circ \text{C}$ ,  $\varphi_i = 50\%$ ,  $\varphi_{gr} = 100\%$ , ...) má zásadní vliv na průběh povrchových teplot v koutě v interiéru materiál obvodové stěny a umístění tepelné izolace v podlaze, popř. z vnější strany obvodové zdi. U jednotlivých výše navržených variant je největší rozdíl vnitřních povrchových teplot v kritickém místě právě mezi V1 a V2 (o cca  $0,1^\circ \text{C}$ ). Rozdíl mezi těmito dvěma detaily je v tom, že ve V2 je oproti V1 do podlahové konstrukce přidána tepelná izolace tl. 120 mm. Po následném přidání tepelné izolace tl. 150 mm také z vnější strany obvodové zdi (V3) je rozdíl vnitřních povrchových teplot v kritickém místě mezi V2 a V3 větší (cca  $0,24^\circ \text{C}$ ), což je



zpřícíněno dobrými tepelně-izolačními vlastnostmi přidané tepelné izolace.

Umístění tepelné izolace na boční straně základového pásu má jen malý vliv na průběh povrchových teplot v koutě v interiéru,



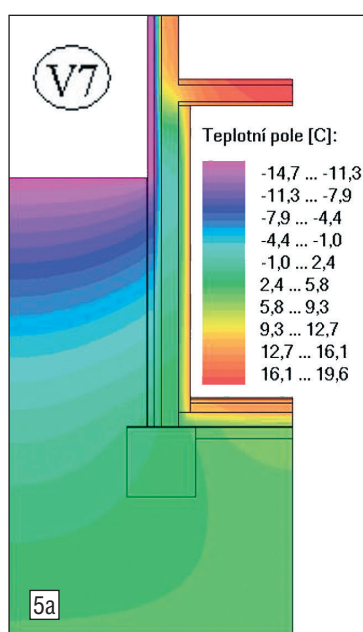
# slovo odborníka

A2) Skladba podlahové konstrukce – 1. PP (od interiéru 1. PP směrem k exteriéru)

|                                              | Tl. [mm] | V1  | V2-V7 |
|----------------------------------------------|----------|-----|-------|
| nášlapná vrstva podlahy – cementový potěr    | 15       | ano | ano   |
| betonová mazanina                            | 35       | ano | ano   |
| betonová mazanina II                         | 80       | ano | ano   |
| pomocná hydroizolace - 1 x Bitagit S 35      | 3,5      |     | ano   |
| tepelná izolace – Rockwool Dachrock          | 120      |     | ano   |
| izolace proti zemní vlhkosti 2 x Bitagit S35 | 7        | ano | ano   |
| betonová mazanina                            | 100      | ano | ano   |
| rostlý terén                                 | -        | ano | ano   |

A4) Skladba podlahové konstrukce – 1. NP (od interiéru 1. NP směrem k 1. PP)

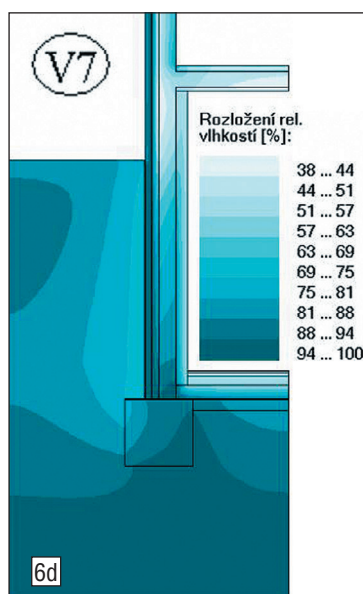
|                                   | Tl. [mm] | V1-V7 |
|-----------------------------------|----------|-------|
| nášlapná vrstva podlahy – PVC     | 3        | ano   |
| nášlapná vrstva podlahy – lepidlo | 2        | ano   |
| potěr cementový                   | 45       | ano   |
| stropní konstrukce: železobeton   | 150      | ano   |
| tepelná izolace Lignopor          | 25       | ano   |



avšak má výrazný vliv na velikost tepelných ztrát koutem (tzn. průběh teplot v zemině, v základovém pásu, v podlahových vrstvách i v části obvodové stěny v místě koutu). V detailu V4 je oproti detailu V3 na boční straně základového pásu z vnější strany přidána tepelná izolace tl. 100 mm, což má za následek zvýšení povrchových teplot v koutě v interiéru (o cca 0,26 °C); to však také znamená zmenšení tepelných ztrát koutem.

| Popis konstrukce                                              | $U_N$ [W/(m <sup>2</sup> .K)] |            |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------|
|                                                               | Požadované                    | Doporučené |
| Stěna vnější těžká                                            | 0,38                          | 0,25       |
| Podlaha/stěna přilehlá k zemině (kromě případů podle pozn. 2) | 0,60                          | 0,40       |

Tab. 1 Vybrané požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla  $U_N$  pro budovy s převládající návrhovou vnitřní teplotou  $\theta_{im} = 20$  °C



| Ozn.    | Tl. [mm] | Popis         | Povrchová teplota         |                         |   | Součinitel prostupu tepla<br>[W/(m².K)] |                  |                |   | Teplotní faktor              |                            |   |
|---------|----------|---------------|---------------------------|-------------------------|---|-----------------------------------------|------------------|----------------|---|------------------------------|----------------------------|---|
|         |          |               | t <sub>si,n</sub><br>[°C] | t <sub>si</sub><br>[°C] | p | U <sub>n</sub>                          | * U <sub>n</sub> | U <sub>k</sub> | p | f <sub>R,si,n</sub><br>[ - ] | f <sub>R,si</sub><br>[ - ] | p |
| Stěna   |          |               |                           |                         |   |                                         |                  |                |   |                              |                            |   |
| V1      | 342      | Obvodová      | 8,40                      | 11,07                   | s | 0,38                                    | 0,25             | 0,52           | n | 0,793                        | 0,869                      | s |
| V3      | 427      | Obvodová      | 8,40                      | 13,90                   | s | 0,38                                    | 0,25             | 0,15           | s | 0,793                        | 0,963                      | s |
| V5      | 427      | Obvodová      | 8,40                      | 13,90                   | s | 0,38                                    | 0,25             | 0,15           | s | 0,793                        | 0,963                      | s |
| V7      | 377      | Obvodová      | 8,40                      | 13,55                   | s | 0,38                                    | 0,25             | 0,19           | s | 0,793                        | 0,952                      | s |
| Podlaha |          |               |                           |                         |   |                                         |                  |                |   |                              |                            |   |
| V1      | 237      | Cement. potěr | 8,40                      | 10,09                   | s | 0,60                                    | 0,40             | 1,96           | n | 0,799                        | 0,509                      | n |
| V2      | 360      | Cement. potěr | 8,40                      | 14,22                   | s | 0,60                                    | 0,40             | 0,31           | s | 0,799                        | 0,922                      | s |

Tab. 2 Seznam jednorozměrných k-cí a vyhodnocení jejich tepelně-technického posouzení: p = požadavky, s = požadavky splněny, n = požadavky nesplněny, \* = doporučené hodnoty

# slovo odborníka

| Varianta | Popis                                                      | Teplotní faktor    |                  |   |
|----------|------------------------------------------------------------|--------------------|------------------|---|
|          |                                                            | $f_{R,si,n}$ [ - ] | $f_{R,si}$ [ - ] | p |
| V1       | Všechny konstrukce nezateplené                             | 0,793              | 0,879            | s |
| V2       | V1 + v podlahové k-ci 1. PP přidána TI tl. 120 mm          | 0,793              | 0,878            | s |
| V3       | V2 + zateplení podzemní části obvodové stěny TI tl. 150 mm | 0,793              | 0,884            | s |
| V4       | V3 + svislá TI protažena v tl. 100 mm přes základ          | 0,793              | 0,884            | s |
| V5       | V4 + svislá TI protažena 400 mm nad terén                  | 0,793              | 0,914            | s |
| V6       | V5 + základ opatřen TI tl. 100 mm z obou stran             | 0,793              | 0,914            | s |
| V7       | V2 + zateplení stěnové k-zez interiéru TI o tl. 100 mm     | 0,793              | 0,956            | s |

Tab. 3 Seznam dvourozměrných konstrukcí a vyhodnocení jejich tepelně-technického posouzení: p = požadavky, s = požadavky splněny, n = požadavky nesplněny

## A3) Skladba základové konstrukce

|                                             | TI. [mm] | V1-V3, V7 | V4-V5 | V6  |
|---------------------------------------------|----------|-----------|-------|-----|
| tepelná izolace – Austrotherm 50 XPS-G      | 100      |           |       | ano |
| základový pás z betonu hutného 600 x 600 mm | 600      | ano       | ano   | ano |
| tepelná izolace – Austrotherm 50 XPS-G      | 100      |           | ano   | ano |

Při následném zateplení základového pásu také z vnitřní boční strany (tzn. základ je obložen tepelnou izolací z obou stran) je průběh teplot mezi V5 a V6 skoro totožný – 0,03 °C (bývá spíše ovlivněno hloubkou založení základu – čím hlouběji je založená stavba, tím menší je rozdíl teplot).

Svislou tepelnou izolaci na vnější straně obvodové zdi lze ukončit v úrovni terénu, není třeba ji navrhovat na soklovou část. Avšak když tepelnou izolaci protáhneme o 400 mm nad úroveň terénu (detaily V4 a V5), dojde ke zlepšení průběhu vnitřních teplot stěnové konstrukce a zmenšení jejího tepelného namáhání v jejím styku s povrchem terénu – dochází zde ke snížení exteriérových teplot z 5 °C na -15 °C.

V detailu V7 je obvodová stěnová konstrukce zateplena z vnitřní strany. Toto řešení přináší mnoho rizik. Zde je styk stěnové a podlahové konstrukce výrazně tepelně namáhán. Špatně provedené zateplení může být příčinou navlhnutí konstrukce vodní párou, čímž se pak sníží tepelně izolační schopnosti stavebního materiálu konstrukce a může dojít k napadení konstrukce různými plísněmi nebo houbami.

K zajištění požadovaných vnitřních povrchových teplot stačí provést vhodný návrh obvodové stěny a tepelné izolace v podlaze, popřípadě umístění tepelné izolace v místě soklu. Protažení tepelné izolace na boční stranu základového pásu je vhodné z důvodu snížení tepelných ztrát tímto koutem.

## Literatura:

- [1] ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky. Praha, Český normalizační institut, 2007, 44 s.
- [2] ČSN 73 4301 Obytné budovy. Praha, Český normalizační institut, 2004, 28 s.
- [3] Greško, D., Adamská, G.: Ateliérová tvorba – konstruktivní detail, Panelové konstruktivní systémy. Bratislava, Edičné stredisko SVŠT v Bratislave, 1984, ČÚKK Š-331/66.
- [4] Vaverka, J. a kol.: Stavební tepelná technika a energetika budov. Brno, Vutium, 2006, 648 s., ISBN 80-214-2910-0.
- [5] Součková, B.: Tepelně technické posouzení spodní stavby panelové soustavy typu BP-70 In Zborník príspevkov z konferencie s medzinárodnou účasťou Poruchy a rekonštrukcie obvodových plášťov a striech. Slovensko, Košice, Technická univerzita - Katedra fyziky budov, 2008, 221 s., ISBN 978-80-232-0290-8.
- [6] Svoboda, Z.: Area 2007. Výpočtový program pro PC.
- [7] Svoboda, Z.: Teplo 2007. Výpočtový program pro PC.

## Vyobrazení:

- 1) BP-70: Styk stropního a obvodových panelů, skladba podlahových konstrukcí v 1. PP a 1. NP.
- 2) Skladby obvodových konstrukcí detailů: V1, V3, V6, V7.
- 3) Způsob zadávání okrajových podmínek u nepodsklepených a podsklepených objektů.
- 4) Porovnání průběhů izoterm v jednotlivých detailech: V1, V3, V6, V7.
- 5) Porovnání průběhů teplotních polí v jednotlivých detailech: V1, V3, V6, V7.
- 6) Rozložení relativních vlhkostí v jednotlivých detailech: V1, V3, V6, V7.
- 7) Kondenzace vodní páry v jednotlivých detailech: V1, V3, V6, V7.

Ing. Barbora Součková  
VŠB-TU Ostrava, stavební fakulta