

# Energetická analýza kancelářských místností s nízkoteplotními sálavými systémy

## Energetická analýza kancelářských místností s nízkoteplotními sálavými systémy

téma: větrání, chlazení, klimatizace

### Energetická analýza kancelářských místností s nízkoteplotními sálavými systémy

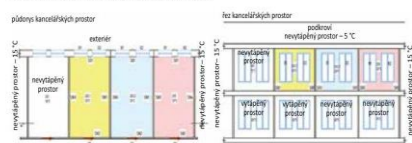
Ing. Martin Šimko, PhD., Bc. Soňa Ňuňuková, Bc. Laura Teplanová

M. Šimko je vědecký výzkumník katedry technických zařízení budov, stavební fakulty STU Bratislava. S. Ňuňuková a L. Teplanová jsou studentkami katedry TZB STU Bratislava.

Každá budova je osobitá, proto i návrh topných systémů vyžaduje svou pozornost. Jejich správné volbě předchází znalost všech technických parametrů stavebních konstrukcí, ale i skladby konstrukcí, i dispoziční rozměry místností a lokalita objektu. Energetická bilance objektu zahrnuje stanovení tepelného příkonu ve watttech (W) nebo kilowatttech (kW) pro určení velikosti zdroje tepla a také pro určení příkonu sálavých topných soustav. [7].



Obr. 1 Administrativní budova stavební fakulty v Tmáči



201 - technická místnost  
202 - kancelář - podlahové vytápění  
203 - kancelář - stropní vytápění  
204 - kancelář - stropní vytápění  
205 - kancelář - stropní vytápění

Obr. 2 Půdní a 1. podlaží kancelářských prostor

Jednou z možností při návrhu vytápění/chlazení je použití velkoplošných sálavých systémů na bázi teplosnosné látky vody. Velkoplošné sálavé systémy jsou obzvláště vhodné pro kombinaci s obnovitelnými zdroji energie, poskytují vysoký citelný výkon a mohou se používat jak pro vytápění, tak pro chlazení. Velkoplošné sálavé vytápění představuje nový trend při návrhu vytápění obyčejných místností i s ohledem na nízký teplotní rozdíl mezi teplotou vzduchu v místnosti a teplotou topné plochy, který umož-

ňuje využívat obnovitelné zdroje energie, jako jsou tepelná čerpadla, solární kolektory, průmyslové odpadní teplo a podobně. Ve srovnání s jinými systémy poskytují velkoplošné sálavé systémy zásadně rovnoměrnější rozložení teplot vzduchu v interiéru. Z hlediska návrhu mohou být velkoplošné sálavé systémy integrovány do stěn, stropu nebo podlahy. Společnou velkou výhodou všech tří technických řešení je, že je lze realizovat v rámci modernizace, takže je lze použít při obnově nebo rekonstrukci budov

[3,6,9]. Tato studie je zaměřena na analýzu správného návrhu velkoplošných sálavých systémů (sálavá podlaha, strop a stěna) ve třech kancelářských místnostech.

#### Technický popis budovy a výpočet tepelných ztrát

Pro správný výpočet tepelných ztrát a následný návrh topných systémů spolu se zdrojem tepla je třeba dobře znát technické parametry stavebních konstrukcí, dispoziční řešení objektu a podobně.

#### Technický popis budovy a kancelářských místností

Administrativní budova je situována na Trnávce v Bratislavě. Budova je dvoupatrová, uvedena do provozu byla kolem roku 1950, materiálem obvodových konstrukcí je pravděpodobně pálená cihla. Povrchová úprava obvodové stěny sestává z břizolitové omítky o tloušťce 5 mm. Střecha na administrativní budově je sedlová o sklonu 30°, neizolovaná s těsnou krytinou. Dešťová voda je odvedena prostřednictvím středního žlabu z pozinkované oceli a odpadních dešťových potrubí také z pozinkované oceli. Nosné dělicí příčky jsou z Ytongu nebo pálené cihly tloušťky 100 mm. Okna v budově jsou plastová s izolačním dvojsklem. Technické parametry stavebních konstrukcí jsou následující:

- obvodová konstrukce (tloušťka 450 mm):  $U = 1,147 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ ,
  - dělicí příčky cihla (tloušťka 100 mm):  $U = 2,985 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ ,
  - dělicí příčky Ytong (tloušťka 100 mm):  $U = 0,998 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ ,
  - otvorové konstrukce: okno (rozměry 1 160 × 2 100):  $U = 1,30 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ , dveře (rozměry 900 × 2 030):  $U = 1,50 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ .
- Všechny tři řešené místnosti jsou situovány tak, že jejich obvodová stěna je orientována na severovýchod. Obvodová stěna S01



Obr. 3 Tepelné čerpadlo NIBE F2040-6 s vyznačením technické místnosti

tloušťky 450 mm je pravděpodobně z pálené cihly. Ve všech 3 místnostech se nacházejí 2 okna s izolačním dvojsklem s rozměry 1,16 × 2,1 m. Vstupní dveře (D1) do místností jsou dřevěné o rozměrech 1 970 × 800 mm. Na 1.NP pod místností 202.1 se nachází kancelář, která je během roku vytápěná, a tedy počítáme s teplotou 20 °C. Pod místností 202.2 a 203 je sklad – nevytápěný prostor, počítáme s teplotou 15 °C. Dělicí příčky SN1, SN2 a SN3 jsou z pálené cihly o tloušťce 100 mm. Nenosná dělicí příčka SN4 je z Ytongu o tloušťce 100 mm, viz obr. 2. Místnost čj. 202.1 z levé strany sousedí s nevytápěným prostorem (strojovnou), kde počítáme s teplotou 15 °C. Z pravé strany je vytápěná místnost čj. 202.2. Místnost čj. 202.2 z obou stran hraničí s vytápěnými prostory. Místnost čj. 203 z levé strany sousedí s vytápěnou místností 202.2. Z pravé strany je nevytápěná místnost prostor s 15 °C. Všechny tři kanceláře sousedí s chodbou, kde je uvažována teplota 15 °C, jejich dělicí konstrukcí je příčka SN2. Konstrukci stropu tvoří pravděpodobně osazené prefabrikované I profily, ve kterých jsou vložky ze škvárbetonu následně zality betonem. Střešní je neizolovaná s těsnou krytinou, v prostoru pod střešou počítáme s teplotou -3 °C, dle platné normy STN EN 12831-1, v ČR dle ČSN EN 12831-1 Energetická náročnost budov, (viz obr. 2).

#### Výpočet projektovaného tepelného příkonu

Výpočet projektovaného tepelného příkonu pro vytápění tvoří základ při návrhu topného systému. Má vliv na výběr typu a velikosti zdroje tepla, na volbu vedení distribuční sítě a na návrh koncových prvků předání tepla. Projektovaný tepelný příkon pro vytápění se počítá podle STN EN 12 831, v ČR dle ČSN EN

12831-1 s poslední revizí v roce 2018. Celkový projektovaný tepelný příkon vychází ze součtu projektovaného tepelného příkonu pro jednotlivé vytápěné prostory v objektu nebo v části objektu.

Při výpočtu tepelného příkonu byl použit grafický výpočetní software TechCON. Místnosti kanceláří jsou obklopeny většinou nevytápěnými prostory. Kancelář – 202.1, kde se nachází podlahové vytápění, má jako jediná místnost pod sebou vytápěnou. Všechny tři „laboratoře“ mají jednu stěnu patřící fasádě a protilehlou chodbě, kde je uvažováno o 15 °C. V nevytápěných kancelářích kolem se také počítá s teplotou 15 °C. Při výpočtu

projektovaného tepelného příkonu se uvažovalo o 5 alternativách výpočetních okrajových podmínek teploty venkovního vzduchu a to:

- venkovní výpočetní teplota pro lokalitu (Praha): -11C
- rozpětí, kdy tepelné čerpadlo pracuje nejefektivněji: -5 °C, 0 °C, 5 °C
- hraniční teplota venkovního vzduchu, při které končí topná sezóna: 13 C

V tab.1 lze vidět vypočtené hodnoty projektovaného tepelného příkonu při venkovní teplotě -5 °C, -11 °C, -5 °C, 0 °C, 5 °C a 13 °C pro jednotlivé kancelářské místnosti.

#### Velkoplošné sálavé systémy v kombinaci s tepelným čerpadlem

Do každé kancelářské místnosti byly navrženy velkoplošné nízkoteplotní sálavé systémy. Do kanceláře čj. 202.1 byl navržen podlahový sálavý systém, do kancelářské místnosti čj. 202.2 byl navržen stropní sálavý systém a do kancelářské místnosti čj. 203 byl navržen stěnový sálavý systém. Jako zdroj tepla pro tyto nízkoteplotní sálavé systémy bylo navrženo tepelné čerpadlo. Tepelné čerpadlo bylo navrženo typ vzduch/voda s jmenovitým vý-



Obr. 4 Realizace velkoplošného sálavého podlahového systému v místnosti 202.1 s lokalizací snímače tepelného toku. (Autor: Martin Šimko)



Obr. 6 Realizace velkoplošného stěnového systému v místnosti 203 s lokalizací snímače tepelného toku. (Autor: Martin Šimko)



Obr. 5 Realizace velkoplošného sálavého podlahového systému v místnosti 202.2 s lokalizací snímače tepelného toku. (Autor: Martin Šimko)

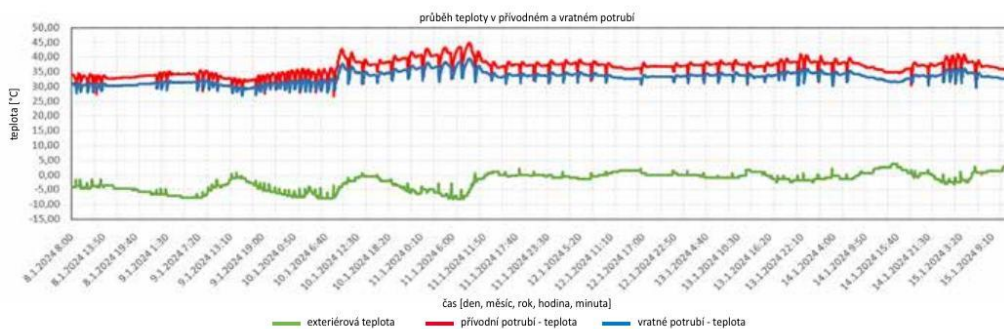
konem 6 kW, které bylo umístěno na střeše objektu, cca 5 m od technické místnosti.

#### Technická místnost a tepelné čerpadlo

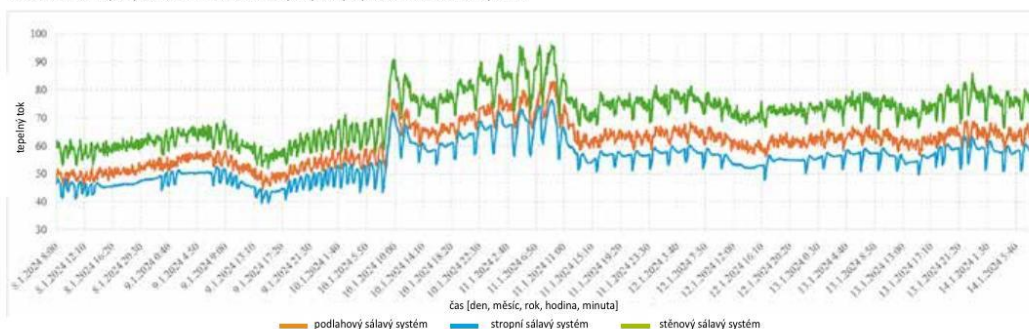
Na 2.NP se nachází samostatná technická místnost, která slouží ke sběru dat z experimentálních měření, nachází se zde řídicí jednotka SMO S40 a rozvodná podružná skříň elektrického rozvaděče. Pro měření spotřeby elektrické energie byl zapojen k tepelnému čerpadlu certifikovaný impulsní typ elektroměru LE-01d MID od firmy Finn elektro s. r. o. Pro měření období se zvolil automatický režim regulace tepelného čerpadla, který vyu-



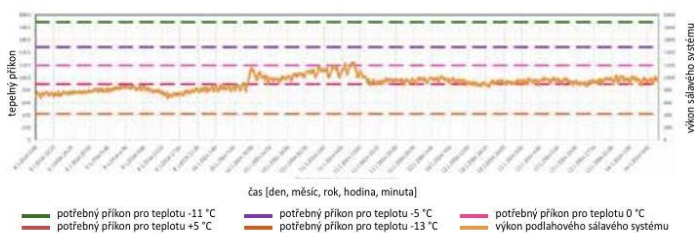
## téma: větrání, chlazení, klimatizace



Obr. 7 Průběh teploty venkovního vzduchu a teploty vody v přívodním a vratném potrubí



Obr. 8 Průběh tepelných toků velkoplošných sálavých systémů v topném režimu během jednoho týdne



Obr. 9 Průběh potřebných tepelných příkonů a provozu podlahového sálavého systému jednoho týdne

žival ekvitermní křivku pro výpočet požadované přívodní teploty teplotně pracovní látky.

Tepelné čerpadlo, které je součástí systému s nízkoteplotními sálavými systémy, bylo pro experimentální měření navrženo typ vzduch/voda od firmy NIBE typ F2040-6 (dále jen TČ). Jedná se o inverterově řízenou jednotku. Pracovní rozsah TČ je od -20 do 43 °C s maximální výstupní teplotou teplotně pracovní látky 58 °C [2]. V letních měsících je TČ možné využít i k chlazení pomocí reverzního chodu TČ. Na obr. 3 je vidět pohled na severovýchodní fasádu budovy s technickou místností a také místo osazení tepelného čerpadla.

### Kancelářská místnost čj. 12 202.1 – Podlahový sálavý systém

V místnosti Nr. 202.1 s rozměry 3,48 × 5,76 m (plocha místnosti 20 m<sup>2</sup>) a světlou výškou 3,0 m byl nainstalován suchý velkoplošný sálavý podlahový systém Siccus do dvou okruhů s roztečí trubek 150 mm, s trubkami Comfort

Pipe PL 0 mm, se sálavou plochou 15 m<sup>2</sup>, viz 4 [1,3,4].

### Kancelářská místnost čj. 202.2 – Stropní sálavý systém

V místnosti Nr. 202.2 s rozměry 3,66 × 5,79 m (plocha místnosti 20 m<sup>2</sup>) a světlou výškou 3,0 m byl nainstalován velkoplošný stropní sálavý systém Uponor Renovis s trubkou Uponor PE-Xa Ø 9,9 × 1,1 mm, který pozůstává z osmi panelů Uponor Renovis 2 000 × 625 mm se sálavou plochou 10 m<sup>2</sup>, viz 5 [1,3,4].

### Kancelářská místnost čj. 203 – Stěnový sálavý systém

V místnosti čj. 203 s rozměry 3,46 × 5,75 m (plocha místnosti 20 m<sup>2</sup>) a světlou výškou 3,0 m byl nainstalován velkoplošný stěnový sálavý systém Uponor Renovis s trubkou Uponor PE-Xa Ø 9,9 × 1,1 mm, který také sestával z osmi panelů Uponor Renovis 2 000 × 625 mm se sálavou plochou 10 m<sup>2</sup>, viz 6 [1,3,4].

## Měřicí přístroje

Pro experimentální ověření provozu sálavých systémů v topném režimu byla využita čidla teploty PT100 s nejistotou měření v rozsahu ± (0,15 + 0,002 \* |T|), kde T je naměřená teplota s doporučenou pracovní teplotou v rozsahu -50 až 400 °C. Snímači PT 100 byly měřeny teploty v přívodním a vratném potrubí. Snímače teploty PT100 jsou zapojeny do měřicí ústředny Keysight DAQ970A. Termosnímký byly pořízeny Ti 32 FLUKE [3]. Na každé sálavé topné ploše v místnostech 202.1, 202.2 a 202.3 se sálavými systémy je umístěn snímač tepelného toku typ FQA017CSI viz 4, 5 a 6 s přesností měření ± 5 % naměřené hodnoty, který umožňuje měřit tepelné toky ve W/m<sup>2</sup>.

## Analýza provozu navržených topných sálavých systémů v topném režimu

Během jednoho týdne zimního období 8. 1. – 14. 1. 2024 byly ověřeny tři sálavé systémy v režimu vytápění. Zkoumal se velkoplošný podlahový sálavý systém v kancelářské místnosti 201.1, velkoplošný stropní sálavý systém v kancelářské místnosti 202.2 a velkoplošný stěnový sálavý systém v kancelářské místnosti 203. Měřila se teplota v přívodním a vratném sálavém systému.

## Experimentální měření provozu sálavých systémů

Experimentální měření probíhalo během zimního týdne 8. 1. – 14. 1. 2024. Teplota vody v přívodním potrubí byla zajišťována

Tab. 1 Projektovaný tepelný příkon pro  $\Theta_e = -11, -5, 0, 5$  a  $13\text{ }^\circ\text{C}$ .

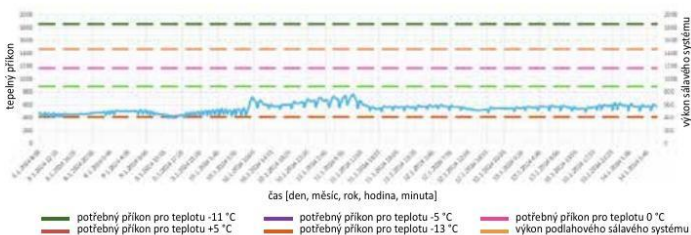
| Místnost č.       | $\Theta_{int,i}$<br>[ $^\circ\text{C}$ ] | $A_i$<br>[ $\text{m}^2$ ] | $V_i$<br>[ $\text{m}^3$ ] | $n_{min}$<br>[1/h] | $V_{min,i}$<br>[ $\text{m}^3/\text{h}$ ] | $\Theta_e$<br>[-11 $^\circ\text{C}$ ] |                      | $\Theta_e$<br>[-5 $^\circ\text{C}$ ] |                      | $\Theta_e$<br>[0 $^\circ\text{C}$ ] |                      | $\Theta_e$ [5 $^\circ\text{C}$ ] |  | $\Theta_e$ [13 $^\circ\text{C}$ ] |  |
|-------------------|--|---------------------------|---------------------------|--------------------|--|---------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|----------------------|----------------------------------|--|-----------------------------------|--|
|                   |  |                           |                           |                    |  | $\Phi_{HL,i}$<br>[W]                  | $\Phi_{HL,i}$<br>[W] | $\Phi_{HL,i}$<br>[W]                 | $\Phi_{HL,i}$<br>[W] | $\Phi_{HL,i}$<br>[W]                | $\Phi_{HL,i}$<br>[W] | $\Phi_{HL,i}$<br>[W]             |  |                                   |  |
| Kancelář č. 202.1 | 20                                       | 20,0                      | 27,7                      | 0,5                | 28,9                                     | 1885                                  | 1490                 | 1193                                 | 896                  | 421                                 |                      |                                  |  |                                   |  |
| Kancelář č. 202.2 | 20                                       | 21,1                      | 60,7                      | 0,5                | 30,4                                     | 1859                                  | 1470                 | 1177                                 | 884                  | 415                                 |                      |                                  |  |                                   |  |
| Kancelář č. 203   | 20                                       | 19,9                      | 57,4                      | 0,5                | 28,7                                     | 1846                                  | 1460                 | 1169                                 | 878                  | 413                                 |                      |                                  |  |                                   |  |
| Spolu:            |  |                           |                           |                    |  | 5591                                  | 4420                 | 3540                                 | 2658                 | 1249                                |                      |                                  |  |                                   |  |

řídící jednotkou tepelného čerpadla SMO S40. Od začátku měření byla nastavena ekvitermní křivka číslo 5, při které tepelné čerpadlo mělo zajistit při venkovní teplotě  $-11\text{ }^\circ\text{C}$  teplotu teplotonosné pracovní látky do přívodního potrubí o teplotě  $38\text{ }^\circ\text{C}$ . Počáteční návrhový teplotní spád činil  $38/33\text{ }^\circ\text{C}$ . Ve středu 10. 1. 2024 v 9:00 hodin byla nastavena křivka č.k. 7, při které tepelné čerpadlo mělo zajistit při venkovní teplotě  $-11\text{ }^\circ\text{C}$  teplotu teplotonosné pracovní látky do přívodního potrubí o  $45\text{ }^\circ\text{C}$ . Návrhový teplotní spád od tohoto momentu činil  $45/40\text{ }^\circ\text{C}$ . Na obr. 11 je vidět na grafu na primární ose průběh teploty vody v přívodním potrubí červenou křivkou a průběh teploty vody ve vratném potrubí modrou křivkou. Maximální teplota v přívodním potrubí byla  $42,80\text{ }^\circ\text{C}$  a nejnižší  $26,70\text{ }^\circ\text{C}$ . Průměrná střední teplota topné vody během tohoto dne činila  $35,29\text{ }^\circ\text{C}$  (viz obr. 7).

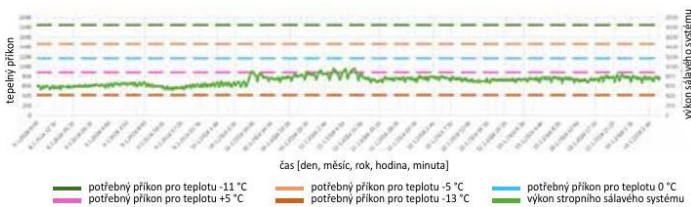
Na sekundární ose je vidět průběh teploty venkovního vzduchu, který je znázorněn zelenou křivkou. Nejnižší teplota vzduchu byla zaznamenána mezi 6:00 a 8:00 hodinou, a to  $-7,90\text{ }^\circ\text{C}$ . Nejvyšší teplota byla zaznamenána ve 13:25 hod., a to  $0,60\text{ }^\circ\text{C}$ . Průměrná teplota venkovního vzduchu činila hodnotu  $-4,13\text{ }^\circ\text{C}$ . Obr. 8 jsou znázorněny průběhy tepelných toků jednotlivých sálavých systémů (podlahový, stropní a stěnový systém) v době od 8. 1. 2024 8:00 do 14. 1. 2024 8:00. Zelenou křivkou je znázorněn průběh tepelných toků stěnového systému, modrou křivkou je znázorněn průběh tepelných toků stěnového systému a oranžovou křivkou je znázorněn průběh tepelných toků podlahového sálavého systému. 10. 1. 2024 je dobře vidět změnu ve výkonech, kdy byla přestavena ekvitermní topná křivka z č. 5 na čj. 7, tepelné čerpadlo začalo dodávat do systémů vody z vyšší teplotou a tedy se zvýšily i výkony jednotlivých sálavých systémů.

### Analýza návrhu velkoplošných sálavých systémů

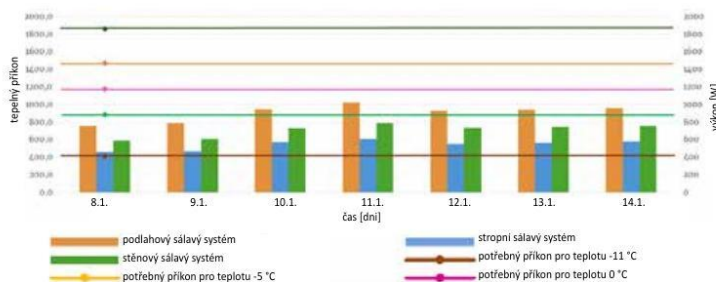
Obr. 9 je znázorněn průběh výkonů podlahového sálavého systému, který je znázorněn oranžovou křivkou. Tyto výkony jsou přepočteny z tepelných toků naměřených snímači tepelných toků ve  $\text{W}/\text{m}^2$  na příslušnou sálavou plochu sálavého systému. Sálavá plocha podlahového sálavého systému činila  $15\text{ m}^2$  a sálavé plochy stropního a stěnového sálavého systému činily  $10\text{ m}^2$ . Vypočtený potřebný příkon při venkovních výpočetních



Obr. 10 Průběh potřebných tepelných příkonů a výkonu podlahového sálavého systému během jednoho týdne



Obr. 11 Průběh potřebných tepelných příkonů a výkonu stěnového sálavého systému během jednoho týdne



Obr. 12 Analýza a porovnání jednotlivých sálavých systémů

teplotách je znázorněn na obr. 2, 13, 14 a 15 tmavě zelenou křivkou pro  $-11\text{ }^\circ\text{C}$ , fialovou křivkou pro  $-5\text{ }^\circ\text{C}$ , růžovou křivkou pro  $0\text{ }^\circ\text{C}$ , červenou křivkou pro  $5\text{ }^\circ\text{C}$  a hnědou křivkou pro  $13\text{ }^\circ\text{C}$ . Z grafu na obr. 9 lze konstatovat, že podlahový sálavý systém by byl dostačující k pokrytí potřebného tepelného příkonu místnosti jen pro venkovní výpočetní teplotu  $13\text{ }^\circ\text{C}$  a částečně i pro  $5\text{ }^\circ\text{C}$  a v některých časových úsecích i pro  $0\text{ }^\circ\text{C}$ .

Obr. 10 je znázorněn průběh výkonů stropního sálavého systému, který je znázorněn modrou křivkou. Z obr. 10 z grafu můžeme konstatovat, že stropní sálavý systém by byl dostačující na pokrytí potřebného tepelného příkonu místnosti, jen pro venkovní výpočetní teplotu  $13\text{ }^\circ\text{C}$ . Z obr. 10 z grafu mů-

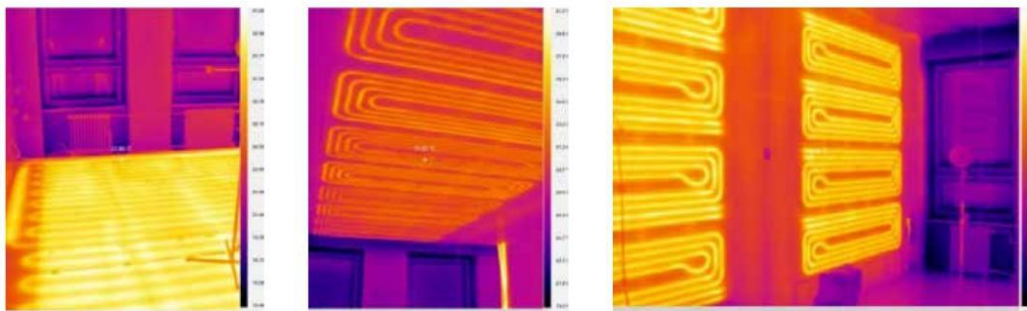
žeme konstatovat, že stropní sálavý systém by byl dostačující na pokrytí potřebného tepelného příkonu místnosti jen pro venkovní výpočetní teplotu  $13\text{ }^\circ\text{C}$ .

Obr. 11 je znázorněn průběh výkonů stěnového sálavého systému, který je znázorněn zelenou křivkou. Z obr. 11 z grafu můžeme konstatovat, že stěnový sálavý systém by byl dostačující na pokrytí potřebného tepelného příkonu místnosti jen pro venkovní výpočetní teplotu  $13\text{ }^\circ\text{C}$  a v některých časových úsecích i pro  $5\text{ }^\circ\text{C}$ .

### Průměrné výkony topných sálavých systémů

Obr. 12 je znázorněno srovnání všech tří sálavých systémů. Modrý sloupec – podlahový





Obr. 13 IR snímky tří sálavých systémů během topného provozu zleva: sálavý podlahový systém, stropní sálavý systém a stěnový sálavý systém. (Autor: Martin Šimko)

sálavý systém, oranžový sloupec – stropní sálavý systém, zelený sloupec – stěnový sálavý systém. Hodnoty výkonů topných systémů zobrazují průměrnou hodnotu příkonu soustav v období od 8. 1. do 14. 1. 2024. Výkony sálavých systémů jsou přepočteny z tepelných toků naměřených snímači tepelných toků ve  $W/m^2$  na příslušnou sálavou plochu sálavého systému. Jednotlivé přímkové vykurovací potrubí potřeby příkonu topného systému na pokrytí tepelných ztrát při venkovních výpočetních teplotách, tmavě zelená čárkovaná – potřebný příkon pro venkovní teplotu  $-11\text{ }^\circ\text{C}$ , žlutá čárkovaná – potřebný příkon pro venkovní teplotu  $-5\text{ }^\circ\text{C}$ , fialová čárkovaná – potřebný příkon pro venkovní teplotu  $0\text{ }^\circ\text{C}$ , zelená čárkovaná – potřebný příkon pro venkovní teplotu  $5\text{ }^\circ\text{C}$ , hnědá čárkovaná – potřebný příkon pro venkovní teplotu  $13\text{ }^\circ\text{C}$ . Z grafu je zřejmé, že při daných technických parametrech budovy nejsou topné systémy schopny pokrýt potřebný příkon všech venkovních výpočetních teplot s výjimkou  $13\text{ }^\circ\text{C}$  a částečně  $5\text{ }^\circ\text{C}$ . Jediná vyhovující venkovní teplota je  $13\text{ }^\circ\text{C}$  u podlahového sálavého systému. Na obr. 13 je vidět infračervené snímky tří kancelářských místností se třemi různými sálavými systémy v režimu vytápění. Je velmi dobře vidět rovnoměrné homogenní rozložení teplot na celé sálavé ploše všech tří systémů.

### Závěr

Na základě experimentálního zkoumání tří sálavých systémů od 8. 1. 2024 (8:00) do 14. 1. 2024 (8:00) lze konstatovat, že sálavé systémy jsou provozovány v topném režimu spolehlivě a že ekvitermní regulace ve spolupráci tepelného čerpadla zajišťuje pružné reakce topných sálavých systémů. Podlahový sálavý systém dosahuje největších topných výkonů, následuje stěnový sálavý systém a stropní sálavý systém. [2] Hlavním úkolem bylo zjistit, zda při alternativách venkovních výpočetních teplot  $-11$ ,  $-5$ ,  $0$ ,  $5$ ,  $13\text{ }^\circ\text{C}$  vypočítaný tepelný příkon je možné pokrýt navrženými topnými systémy v kancelářských místnostech. Experiment a měření ukázaly, že velkou roli při výpočtu a dosažení požadovaných tepelných příkonů hrají technické parametry budovy. Z výpočtů projektovaného tepelného příkonu při různých

alternativách teploty venkovního vzduchu a testování provozu sálavých topných systémů lze konstatovat, že podlahový sálavý systém dokáže pokrýt projektovaný tepelný příkon při venkovní výpočetní teplotě  $13\text{ }^\circ\text{C}$ , ale částečně i při  $5\text{ }^\circ\text{C}$ , avšak sálavý systém pouze při  $13\text{ }^\circ\text{C}$ . Topné systémy nedokázaly pokrýt vypočtený projektovaný tepelný příkon i vzhledem k technickým parametrům stavebních konstrukcí (součinitel přechodu tepla „U“). Vyšší hodnoty součinitele přechodu tepla jednotlivých stavebních konstrukcí okna, i fakt, že budova je nezateplená a některé sousedící místnosti byly nevytápěné, mělo za následek zvýšení nároků na provoz sálavých topných systémů. Lze tedy konstatovat, že nízkoteplotní topné systémy jsou vhodné do nových nebo kompletně zrekonstruovaných a zateplených budov. Z porovnání je patrné, že systémy nejsou dostačující pro nezaizolované budovy, které byly postaveny v minulém století. V úvahu je třeba také vzít okrajové podmínky místnosti pod kanceláři, také prostory vedle kanceláří 202.1 a 203 jsou nevytápěné. Chodba, která vede do místnosti, je také během roku nevytápěná. Vzhledem k době výstavby budovy nebyl brán důraz na tepelné technické vlastnosti materiálů při provedení stropu. Obvodové zdivo je bez dodatečného zateplení. V budoucnosti by bylo vhodné toto měření zopakovat pro zrekonstruovaný objekt a porovnat jednotlivé výpočty a měření.

### Poděkování

Tento výzkum podpořila Slovenská agentúra pre výskum a vývoj na základě smlouvy č. APVV-21-0144, Ministerstvo školství, vědy, výzkumu a sportu SR prostřednictvím grantu VEGA 1/0475/24. Dále děkujeme společností UPONOR, s.r.o., PAVJAN, s.r.o., EPITREND, s.r.o., SAMDO, s.r.o. a FLEXIM, s.r.o. za podporu.

Foto: archiv autorů

### Literatura

- [1] Šimko, M., Krajčík, M., Petráš, D., Bielek, B. a Szabó, D. Testovanie podlahového, stropného a stenového vykurovania v laboratórnych podmienkach. In Vykurovanie 2024 [elektronický zdroj]

1. vyd. Bratislava: Slovenská spoločnosť pre techniku prostredia, 2024, USB k, s. 497–502. ISBN 978-80-8284-024-0.
- [2] Šimko, M., Petráš, D., Szabó, D., Živner, L. a Takács, J. Experimentálne merania tepelného čerpadla v spojitosti s nízkoteplotnými sálavými systémami. In Vykurovanie 2024 [elektronický zdroj] 1. vyd. Bratislava: Slovenská spoločnosť pre techniku prostredia, 2024, USB k, s. 497–502. ISBN 978-80-8284-024-0.
- [3] Šimko, M., Petráš, D., Szabó, D. Laboratory for testing of heating/cooling radiant systems. In REHVA European HVAC Journal. Vol. 60, iss. 1 (2023), s. 35–39. ISSN 1307-3729.
- [4] Šimko, M., Petráš, D., Szabó, D. Vplyv veľkoplošných sálavých systémov na vnútorné prostredie kancelárskych miestností. In Eurostav. Roč. 28, č. 11 (2022), s. 26–31. ISSN 1335-1249.
- [5] Šimko, M., PETRÁŠ, D., Szabó, D., Krajčík, M. Building a laboratory for simultaneous testing of radiant floor, ceiling and wall systems. In E-nova 2023 [elektronický zdroj]: Internationales Konferenz. Energie und Klimawandel. Energie-Gebäude-Umwelt. Pinkafeld, 14. und 15. Juni 2023. 1. vyd. Wien: Verlag Holzhausen, 2023, online, s. 297–302. ISBN 978-3-903207-79-0.
- [6] Krajčík, M., Arici, M., Šikula, O., Šimko, M. Review of water-based wall systems: Heating, cooling, and thermal barriers. In Energy and buildings. No. 253 (2021), [31] s., art. no. 111476. ISSN 0378-7788 (2021: 7.201 - IF, Q1 - JCR Best Q, 1.682 - SJR, Q1 - SJR Best Q). V databáze: CC, SCOPUS, DOI: 10.1016/j.enbuild.2021.111476.
- [7] Kurčová, M., Koudelková, D. Vykurovanie – cvičenia. Bratislava, Spektrum STU, 2020, ISBN 978-80-227-5002-8, s. 27–28.
- [8] STN EN 12831: 2019 Energetická hospodárnosť budov. Metóda výpočtu projektovaného tepelného príkonu. Časť 1: Tepelný príkon, Modul M3-3
- [9] Babiak, J. – Olesen, B.W. – Petráš, D. Low temperature heating and high temperature cooling. Rehva Guidebook No 7. 3rd revised ed. Brussels: Rehva; 2023, p. 108.