

HI-SMART: BALÍK VYŠŠIEHO VZDELÁVANIA PRE TAKMER NULOVÚ SPOTREBU
ENERGIE A NÁVRH INTELIGENTNÝCH BUDOV

MODUL # 3

ČASŤ 1: TEPELNE AKTIVOVANÉ SYSTÉMY BUDOV (TABS)

Spolufinancované
Európskou úniou
cez program Erasmus+



STU

SLOVAK UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY IN BRATISLAVA



ENERGIACLUB
CLIMATE POLICY INSTITUTE
APPLIED COMMUNICATIONS



Snímka 2

Procesy prenosu tepla

Pri teplotnom rozdieloch dochádza k prenosu tepla. V budovách dochádza k prenosu tepla medzi užívateľmi a ich prostredím (odovzdávací prvok).

Vedenie je prenos tepla cez hmotu fyzickým kontaktom. Fourier sformuloval zákon o vedení tepla, ktorý nesie jeho meno: „tepelný tok, q (W/m^2), ktorý je výsledkom vedenia tepla, je úmerný veľkosti teplotného gradientu, pričom má opačné znamienko.“ [1] Faktor proporcionality sa nazýva k . Potom

$$q = -k \frac{dT}{dx}$$

kde,

k – tepelná vodivosť (W/mK , J/msK)

Rovnica znamená, že ak sa teplota zvýši, q bude záporné, t.j. teplo bude prúdiť proti smeru x , zatiaľ čo ak teplota klesne, q bude kladné a teplo bude prúdiť v smere x .

V prípade jednorozmerného vedenia tepla je smer tepelného toku známy (q prúdi z vysokých do nízkych teplôt), preto možno Fourierov zákon napísať v zjednodušenej forme:

$$q = k \frac{\Delta T}{L}$$

kde,

k – tepelná vodivosť ($W/(mK)$, $J/(msK)$)

L – hrúbka materiálu v smere tepelného toku

Konvekcia: je prenos tepla prostredníctvom tekutín (kvapaliny, plyny). „Tekutina bezprostredne priliehajúca k telu (alebo objektu, napr. stene), tvorí tenkú oblasť pomalého prúdu nazývanú hraničná vrstva. Teplo sa vedením prenáša do tejto vrstvy, ktorá ho odnáša a postupne primiešava do prúdu. Takéto procesy prenosu tepla pohybujúcou sa tekutinou nazývame konvekciou.“ [1]

Newton uvažoval o konvekčnom procese (pre chladenie) a neskôr bola pre ustálený stav vytvorená rovnica nesúca jeho meno, a to:

$$q = h (T_{\text{body}} - T_{\infty})$$

kde



h – priemerný súčiniteľ prestupu tepla ($W/(m^2K)$, $J/(sm^2K)$)

Žiarenie: teplo sa prenáša prostredníctvom elektromagnetického žiarenia. „Hustota toku sálavej energie závisí od teploty telesa a charakteru jeho povrchu... Dokonalé tepelné žiarenie je charakterizované čiernym telesom, ktoré dokáže pohltiť všetku energiu a nič neodráža“.
[1]

Iné než čierne teleso môže sopadajúcu energiu absorbovať (α), odrážať (ρ) a prepúšťať (τ).

$$1 = \alpha + \rho + \tau$$

V prípade čierneho telesa $\alpha = 1$ a $\rho = \tau = 0$

Platí Stefan-Boltzmannov zákon: „Celkový sálavý tepelný výkon vyžarovaný z povrchu je úmerný štvrtej mocnине jeho absolútnej teploty...ak E je sálavá tepelná energia vyžiarená z jednotkovej plochy za jednu sekundu (tj výkon na jednotku plochy) a T je absolútna teplota, potom

$$E = \sigma T^4$$

kde,

σ – predstavuje proporčnú konštantu, nazývanú Stefan-Boltzmannova konštanta. Táto konštanta má hodnotu $5.670374419 \times 10^{-8} W/(m^2K^4)$.” [1]

Tento zákon sa vzťahuje len na čierne telesá, teda teoretické povrchy, ktoré absorbujú všetko dopadajúce žiarenie.”

Ako prebieha prenos tepla sálaním?

Predpokladajme, že objekt (objekt 1) vyžaruje iba smerom k objektu 2 a oba sú považované za tepelne čierne telesá. V tomto prípade sa čisté teplo prenesené z objektu 1 do objektu 2 stanoví takto:

$$Q = A_1 E(T_1) - A_2 E(T_2) = A_1 \sigma(T_1^4 - T_2^4)$$

Ak objekt 1 si vymieňa teplo s iným objektom než objekt 2, treba v rovnici zohľadniť uhlový faktor F_{1-2} :

$$Q = A_1 F_{(1-2)} \sigma(T_1^4 - T_2^4)$$



Snímka 3

V budovách s hydronickým sálavým systémom, či už ide o plošné vykurovanie alebo tepelne aktivovaný systém, dochádza k všetkým trom typom prenosu tepla.

Hydronické systémy sa považujú za sálavé, keď viac ako 50 % výmeny tepla s tepelne upravovaným priestorom prebieha sálaním a považujú sa za hydronické, pretože voda je nosičom tepla.

Sálavé vykurovacie a chladiace systémy možno rozdeliť do troch kategórií:

- Sálavé vykurovacie alebo chladiace panely
- Rúrky izolované od hlavnej konštrukcie budovy, ale zapustené: systémy sálavého povrchu
- Rúrky zabudované do hlavnej konštrukcie budovy (TABS)

Snímka 4

Ako a kde sa vyskytujú tri spôsoby prenosu tepla v prípade TABS?

K vedeniu tepla dochádza medzi rozvodným potrubím a plášťom budovy (doskami alebo povrchmi).

V rozvodných potrubíach systémov dochádza ku konvekcii tepla. Toto je nútená konvekcia, keď je voda poháňaná čerpadlom a vzniká tlakový rozdiel. Konvekcia prebieha aj medzi studeným povrchom steny/okna a vzduchom v interiéri. V tomto prípade ide o prirodzenú konvekciu, ktorá je spôsobená rozdielom v hustote vzduchu.

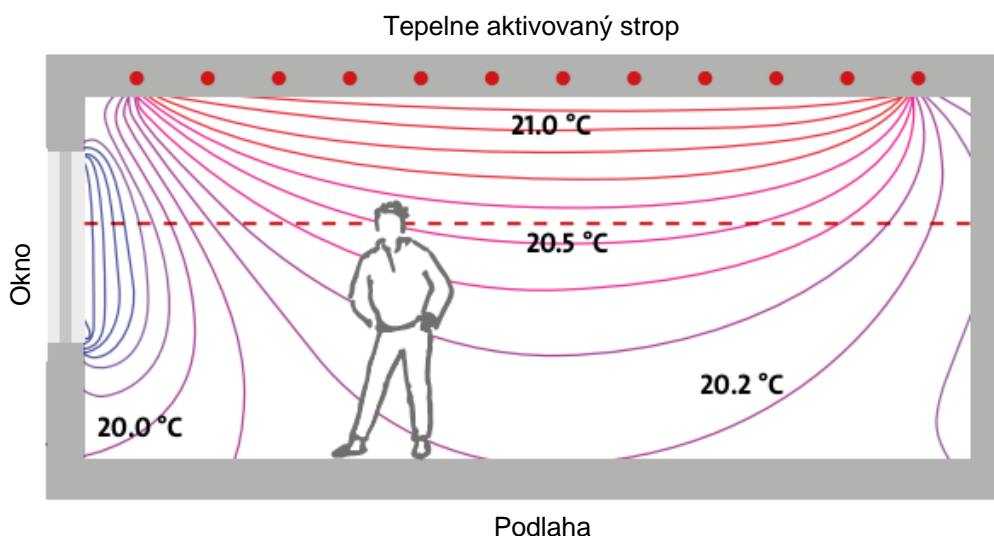
K sálaniu tepla dochádza z povrchu s rozdielnou teplotou do miestnosti.

Snímka 5

Čo sú to vlastne TABS?

TABS sa inštalujú počas výstavby budovy alebo sa inštalujú do prefabrikovaných stavebných prvkov. Rúrky sú uložené v betónových doskách (ktoré majú veľmi dobré tepelne vodivé vlastnosti) budov medzi poschodiami.

Snímka 6



Obrázok 1. Príklad rozloženia teploty v miestnosti s TABS v zime [2]

Toto riešenie zabezpečuje relatívne vysokú účinnú plochu výmeny tepla, preto sa považuje za plošné vykurovanie alebo chladenie.

TABS majú vysokú tepelnú zotrvačnosť (stupeň pomalosti, s ktorým sa teplota telesa približuje teplote jeho okolia – Slovník Merriam Webster) čo znamená, že betónové dosky majú vysokú mieru hmoty a tepelnú kapacitu. Napr. v prípade vykurovania môže byť do dosky privádzané veľké množstvo tepla z rúrok bez toho, aby sa výrazne zvýšila teplota povrchu.

Snímka 7

Vďaka akumulačnej schopnosti betónu môže teplo sálať do miestnosti dlhšiu dobu a prírodné teploty nemusia byť vysoké (Obrázok 2).

V prípade chladenia doska akumuluje teplo, ktoré sa vytvára počas dňa a neskôr cirkulujúca studená voda, ktorá je v zabudovanom systéme, môže získané teplo z dosiek odobrať. Potreba chladenia sa tak posunie na iný čas v porovnaní s tepelnou záťažou, teda s najväčšou pravdepodobnosťou nočný čas, kedy platia lacnejšie nočné tarify elektriny.

Pri použití TABS sa vetrací systém používa iba na zabezpečenie požadovaného množstva čerstvého vzduchu, prípadne na odstránenie latentnej tepelnej záťaže, ale tepelná záťaž je z priestorov odvádzaná iba TABS. Systémy vetrania a tepelnej úpravy sú oddelené.

V prípade chladenia v ustálenom stave majú TABS výkony až 30-40 W/m². (limit je kvôli rosnému bodu). Vykurovací výkon TABS je cca. 25-30 W/m².

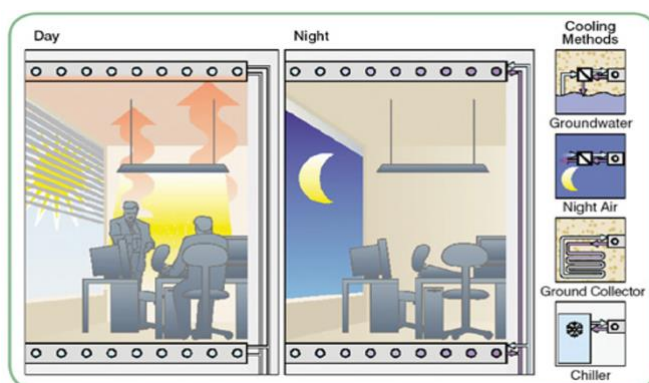
Graf na snímke ukazuje nasledovné:

Vykurovanie: povrchová teplota je zobrazená pre systém TABS počas 24 hodín. Je vidieť, že ohrev povrchu je posunutý do nočného času – mimo špičky. Doska je „nabitá teplom“ začiatkom dňa. V tomto bode je cirkulácia vypnutá a doska bude sálať teplo po celý deň, kým sa večer opäť nezačne nahrievať.

Snímka 8-9

Výhody TABS:

- V dôsledku presunu záťaže bude špičková záťaž nižšia, preto stačí menší zdroj energie.
- Možno znížiť výšku budovy (nie sú potrebné podhľady pre klimatizačné systémy), čo vedie k úspore stavebného materiálu.
- Pracujú s nízkymi prírodnými teplotami (24-32°C) v režime vykurovania a vysokými prírodnými teplotami (16-20°C) v režime chladenia. To znamená, že možno využívať ekologické zdroje, ktoré sú zároveň energeticky hospodárne.
- Pre účely chladenia možno využiť aj nočné vetranie – voľné chladenie. V tomto prípade je budova v noci ochladzovaná vzduchom a TABS odoberá prebytočné (nie však vysoké) tepelné zisky cez deň (Obrázok 2).
- Inštalácia systému je jednoduchá a lacná – nie sú potrebné žiadne špeciálne zariadenia. Prevádzkové náklady a náklady na údržbu sú tiež nízke.



Obrázok 2. Ochladzovanie TABS počas noci a chladenie miestnosti pomocou TABS počas dňa

(Zdroj: <https://www.eco-structures.net/single-post/2018/05/19/How-To-Grow-Your-Concrete-Mindset>)



Snímka 10

Existujú určité okrajové podmienky, ktoré musia byť splnené, aby bolo možné použiť TABS:

- TABS sa najlepšie používajú vo viacpodlažných budovách. Môžu byť použité v jednopodlažných budovách, ale potom sa TABS inštaluje do podlahy a stropu a potom by mal byť strop, vyrobený z betónu, veľmi dobre izolovaný zhora.
- Keďže nie sú povolené žiadne podhlady, akustické problémy sa musia riešiť iným spôsobom. Vyhnúť sa treba aj akustickým omietkam.
- Návrh plášťa budovy je veľmi kritický. Najdôležitejšie sú:
 - Dobrá tepelná izolácia obvodového plášťa budovy (nižšie hodnoty U)
 - Primerané clony proti slnečnému žiareniu,
 - Musia byť nainštalované tieniace prvky.

Dôležité je urobiť rozhodnutie tepelnej aktivácii komponentov už v skorej plánovacej fáze budovy (spolupráca s architektmi).

Snímka 11

Tepelná aktivácia stropov (TAC) – Prečo sú lepšie ako iné vnútorné povrchy?

Voči tepelnej aktivácii stropov môžu byť predsudky, pretože ľudia vedia, že teplý vzduch stúpa.

Veľmi dôležitou charakteristikou veľkoplošných tepelných vykurovacích sústav je, že v dôsledku relatívne nízkych povrchových teplôt vykurovaných plôch je podiel prenosu tepla konvekciou nízky. Preto možno TABS považovať za sálavý vykurovací systém. Tepelné žiarenie je nehmotné; je teda nezávislé od gravitácie – teplo bude sálať zo stropu.

Snímka 12

Samoregulačný efekt

Dôležitou vlastnosťou TABS je samoregulačný efekt. Ako už bolo spomenuté vyššie, teplota prírodnej vody do TABS je relatívne nízka na ohrev a vysoká na chladenie. To znamená, že povrchové teploty vyhrievaných častí dosky sú len o niečo vyššie (alebo nižšie) ako teplota v miestnosti. Keď sa teplotný rozdiel medzi povrchom a miestnosťou znižuje, klesá tepelný výkon TABS, alebo v prípade chladenia, znižuje sa bude absorpcia tepla komponentom.

Pre vykurovanie:

Teplota miestnosti	Teplný výkon TABS
Ak stúpa	Potom klesá
Sa rovná povrchovej teplote	Žiadny výkon

Pre chladenie:

Teplota miestnosti	Chladiaci výkon TABS
Ak klesá	Potom klesá
Sa rovná povrchovej teplote	Žiadny výkon

V prípade vykurovania nesmie byť povrchová teplota vyhrievanej dosky viac ako 4 K nad nastavenou teplotou miestnosti. Ak toto platí, možno využiť samoregulačný efekt TABS, čo umožňuje výrazné zjednodušenie systému a technológie budovy.

Snímka 13

Otázka kondenzácie

Obmedzením chladenia pomocou TABS je, že môže dôjsť ku kondenzácii na povrchoch. Nebezpečenstvo kondenzácie možno vylúčiť pri relatívne vysokých teplotách chladiaceho povrchu (>19°C) vo veľmi dobre izolovanej budove, alebo inštaláciou vetracieho systému najlepšie s rekuperáciou tepla.

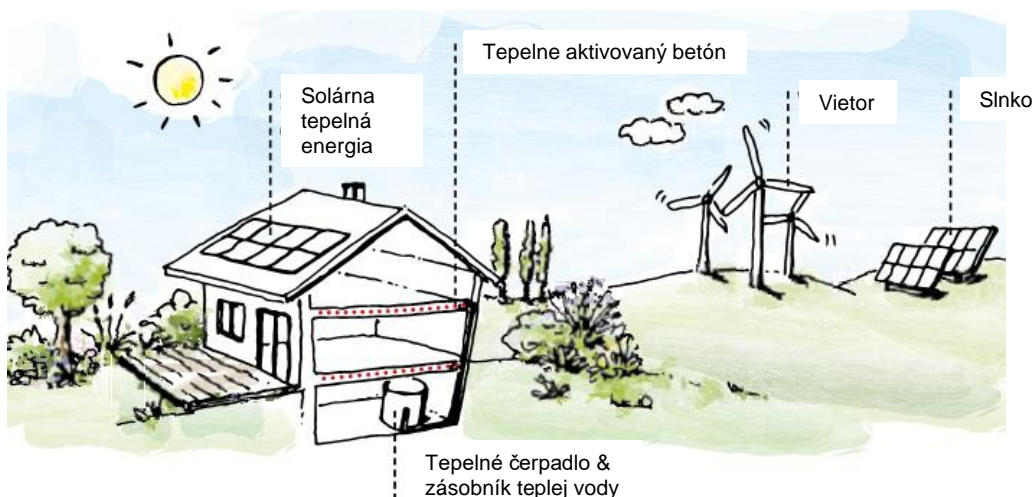
Ak je v budove vetrací systém, potom možno kondenzácii zabrániť odvlhčením vetracieho vzduchu na určitú úroveň a udržiavaním povrchovej teploty dosky nad teplotou rosného bodu vzduchu za všetkých prevádzkových podmienok.

Snímka 14

Celkovo, s TABS možno zabezpečiť vysoký tepelný komfort aj pri extrémnych poveternostných podmienkach. TABS možno prevádzkovať energeticky efektívnym spôsobom využívaním najmä obnoviteľných zdrojov energie – nízkotepločné vykurovanie, vysokotepločné chladenie.

Snímka 15

Typy systémov – zdroje energie



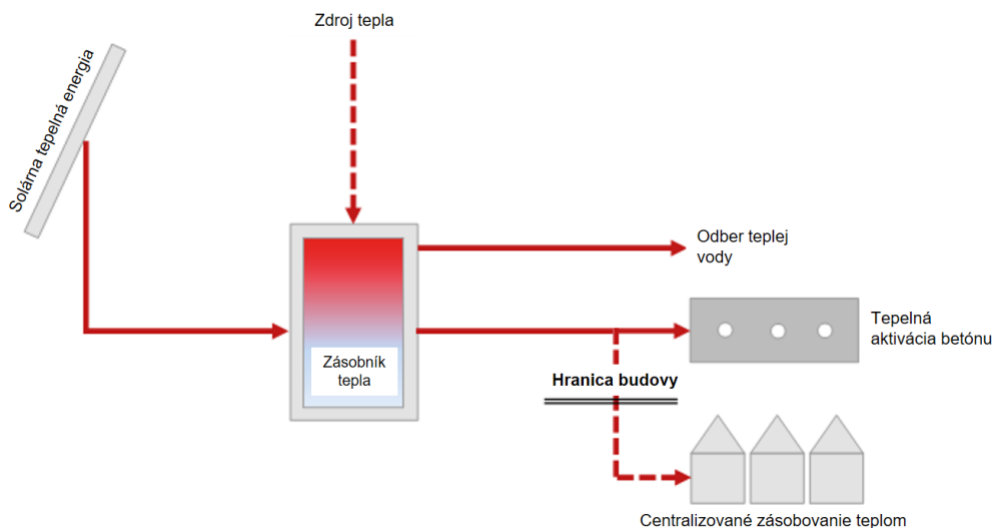
Obrázok 3. Obnoviteľné zdroje energie pre TABS [2]

Ako už bolo uvedené, TABS pracujú s nízkymi teplotami prívodu v režime vykurovania a vysokými teplotami prívodu v režime chladenia. Vďaka tomu je využívanie obnoviteľnej energie životaschopným riešením (obrázok 3).

Slnéčné kolektory môžu produkovať teplo pre TABS, treba však zvážiť klimatické podmienky (napr. môže byť vhodné len doplnkové riešenie na prechodné obdobia – jar, jeseň)

Tepelné čerpadlá sú vhodným riešením pre TABS, pretože poskytujú energiu na vykurovanie aj chladenie. Sú prevádzkované s použitím elektrickej energie, ktorá môže byť dodávaná z obnoviteľných zdrojov energie (vietor, FV) alebo zo siete s využitím zelenej tarify.

Príklad riešenia zásobovania teplom pre TABS

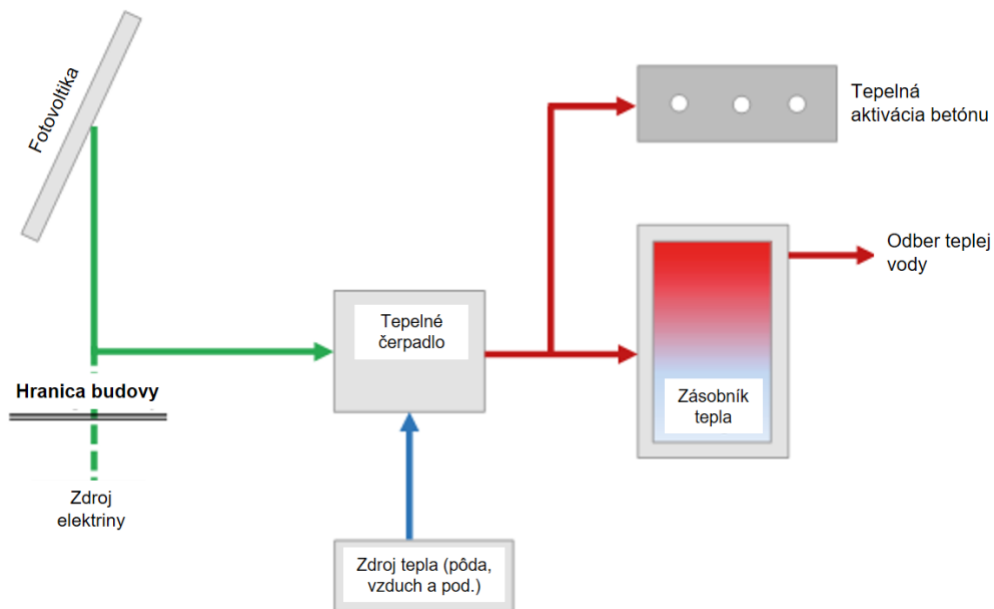


Obrázok 4. Systém zásobovania teplom so solárnymi kolektormi a zdrojom tepla [2]

Vo vykurovacej sezóne sa teplo vyrába vždy, keď je to možné, pomocou solárnych kolektorov a z nich získaná tepelná energia sa na 100% využíva na vykurovanie. Je možné, že v dôsledku poveternostných podmienok slnečné kolektory nedokážu splniť požiadavku na výrobu tepla, preto je potrebný zdroj tepla, ktorý nie je závislý od počasia (kotol na biomasu, tepelné čerpadlo, diaľkové vykurovanie a pod.). V lete môžu kolektory produkovať príliš veľa energie, pretože v tomto prípade je potrebná iba príprava teplej vody pre domácnosť. V tomto prípade by dávalo zmysel, keby bolo možné zásobovať lokálnu vykurovaciu sieť alebo zásobovať spotrebiteľov/iné budovy v okolí, prípadne zásobovať prebytočným teplom bazénové hospodárstvo.

Výhody: využitie obnoviteľnej energie na mieste, vysoké pokrytie napriek nákladom, jednoduchá technológia, nezávislosť od dodávateľa energie, nízke emisie CO₂.

Nevýhody: miera pokrytia je výrazne ovplyvnená meteorológiou a topológiou, energetický zisk nie je možné využiť v lete, aktívne ani pasívne chladenie nie je možné bez ďalšieho systému (vyrába sa iba teplo).



Obrázok 5. Systém zásobovania teplom s tepelným čerpadlom a FV panelmi [2]

V tomto prípade FV panely poskytujú elektrickú energiu na mieste pre tepelné čerpadlo vždy, keď je to možné. FV v zime často nedokáže pokryť celú potrebu elektriny tepelného čerpadla, ktoré sa používa na vykurovanie a prípravu teplej vody, preto sú potrebné iné zdroje tepla (obrázok 5).

Na druhej strane, v lete môžu FV panely úplne zásobovať tepelné čerpadlo, ktoré ochladzuje chladiace médium a budovu.

Výhody: Solárna energia sa využíva na mieste, náklady na energiu sú nízke, chladenie je možné s nízkymi dodatočnými investíciami, jeden zdroj energie na zásobovanie budovy

Nevýhody: Výťažok slnečnej energie je obmedzený v čase najväčšej potreby (zima), výkon systému je výrazne ovplyvnený klimatickými podmienkami a topológiou.

Snímka 18

Regulácia TABS

Pre TABS nie je rozumné ovládanie jednotlivých miestností, preferuje sa použitie zónového ovládania (juh, sever, atď., zónovanie by malo zohľadňovať vonkajšie a vnútorné tepelné zaťaženie).

Nasledujúce parametre sa môžu v jednotlivých zónach líšiť:

- teplota prívodnej vody
- priemerná teplota vody
- prietok

Snímka 19

Aké parametre sa monitorujú pre správnu reguláciu TABS?

- zónová teplota
- teplota betónového jadra

Teploty zón sú merané izbovými termostatmi, ktoré sú napojené na riadiaci systém [3].

Teplota jadra sa meria snímačom inštalovaným v betóne počas výstavby a odovzdáva sa riadiacemu systému budovy (obrázok 6).



Obrázok 6. Snímač inštalovaný počas konštrukčnej fázy [2]

Snímka 20-21

Regulácia systému (krátke vysvetlenie pre zimu a leto)

Prosím, zvážte nižšie uvedený popis tak, aby tento kontrolný cyklus trval napr. deň. TABS reagujú pomaly a ako už bolo uvedené, cieľom je presunúť zaťaženie do období mimo špičky.

V zime, ak sa teplota v miestnosti priblíži k spodnej hranici nastaveného teplotného pásma, na základe hlásenia termostatu sa uvedie do prevádzky obehové čerpadlo a teplo sa dodáva do aktivovaného stropu. Ak teplota jadra v zime prekročí hornú hranicu, dodávka tepla sa



preruší vypnutím obehového čerpadla (teplota 25°C až 26°C). Keď termostat dosiahne nastavenú dolnú hranicu, obehové čerpadlo sa opäť zapne.

V lete izbový termostat zapne obehové čerpadlo, ak sa teplota v miestnosti priblíži k nastavenej hornej hranici (26°C).

Chladenie musí byť obmedzené kvôli zabezpečeniu pohodlia a aby sa zabránilo kondenzácii. Ak teplota registrovaná snímačom teploty v jadre klesne pod nastavenú minimálnu hodnotu – okolo 20°C – obehové čerpadlo sa vypne, čím sa ukončí odber tepla (a zamedzí sa prípadnej kondenzácii). Dolná hranica teploty prírodnej vody musí byť nastavená tak, aby bola nad teplotou rosného bodu. Ak je k dispozícii vetračný systém, ktorý dokáže odvlhčiť vzduch, potom možno kapacitu sálavého chladiaceho systému zvýšiť.

Snímka 22

Znižovanie špičkového výkonu

Ako už bolo uvedené, jednou z výhod TABS je, že špičky tepelnej záťaže/straty možno posunúť alebo znížiť. Inteligentnou prevádzkou TABS týmto možno znížiť nároky na špičkový výkon. Tepelné zisky sa počas užívania priestoru akumulujú v betónovom jadre a neskôr v noci sa odvádzajú cirkuláciou vody alebo voľným nočným chladením. Preto možno dosiahnuť výrazné zníženie potrebného špičkového výkonu presunutím časti zaťaženia na nočný čas a výkon zdroja tepla/chladu možno zmenšiť na 60 % (v závislosti od aplikácie).

Na grafe, ktorý je uvedený na snímke, možno vidieť výsledok štúdie, ktorú vykonali Meierhans a Olesen. Skúmali, ako prevádzka obehového čerpadla ovplyvňuje určité teploty (operatívne, na povrchu dosky). Môžeme vidieť, že keď je čerpadlo v prevádzke pravidelne 8 hodín počas noci, výsledkom bude rovnaká prevádzková teplota, ale spotreba energie bude značne odlišná v porovnaní s nepretržitou prevádzkou.

Snímka 23

Výpočet tepelných strát pre návrh TABS

V súčasnosti platné normy, ktoré obsahujú bežné metódy výpočtu tepelných strát, majú za následok predimenzovanie v prípade nízkoenergetických a pasívnych domov, ktoré sú pre použitie TABS vhodné.

Dôvodom je, že nízkoenergetické alebo pasívne domy sú vysoko izolované budovy, a preto len veľmi pomaly reagujú na extrémne vonkajšie klimatické podmienky. Bezpečnostný faktor, ktorý je zahrnutý v iných súčasných normách, nie je pre takéto budovy potrebný. Taktiež je v normách zanedbaný vplyv vnútorných ziskov, ktoré sú však významným vstupom v prípade napr. pasívnych domov.



Snímka 24

Z tohto dôvodu sa v prípade takýchto budov odporúča použiť ako nástroj na výpočet tepelnej záťaže balík plánovania pasívnych domov (PHPP) (verzia EDU 130 eur v roku 2021).

Ďalšou možnosťou je použiť ISO 11855, avšak metodika uvedená v tomto dokumente sa zameriava na výpočet pomocou PHPP.

Ak sú k dispozícii výsledky výpočtu tepelných strát, možno vykonať predbežný výpočet, aby sa zistilo, či tepelne aktivovaný stavebný prvok (podlaha, strop) dokáže sám pokryť tepelné straty. Tepelný výkon TABS by nemal presiahnuť 25 W/m². Minimálna požadovaná teplovýmenná plocha sa teda vypočíta vydelením vypočítaného tepelného zaťaženia uvažovaného priestoru číslom 25.

$$A \approx \Phi_{HL}/25$$

Snímka 25

Dimenzovanie TABS [2]

Ako už bolo spomenuté, odporúča sa vykonať výpočty tepelných strát podľa PHPP, ak je to možné, pretože:

- Používa vyššie teploty vonkajšieho vzduchu (vysoko izolované domy reagujú pomaly)
- Zohľadňuje vplyv zdrojov tepla v interiéroch budov (významné zdroje tepelných ziskov vo vysoko izolovaných budovách)
- Nenastavuje korekčné faktory tepelných mostov (pasívne domy sú prakticky bez tepelných mostov)
- Očakáva malé hodnoty výmeny vzduchu cez obal (prívod čerstvého vzduchu je, na druhej strane, závislý od používania)

/PHPP je k dispozícii iba na zakúpenie, avšak na zoznámenie sa s programom je k dispozícii Demo verzia a pri použití na vzdelávacie účely je možné získať verziu za nižšiu cenu./

Snímky 26-33

Kroky výpočtu tepelných strát sú nasledovné:

- Zobierajte geometrické údaje o budove: zastavaná plocha, vykurovaná plocha, obvod, plocha plášťa, výšky (svetlá výška, konštrukčná výška) atď.

- Zozbierajte údaje o materiáloch plášťa budovy, usporiadaní materiálových vrstiev, vypočítajte hodnoty U pre materiály plášťa budovy (vonkajšie komponenty: vonkajšia stena, okná, dvere atď.).
- Výpočet povrchu pre vonkajšie komponenty
- Plochy sú vypočítané pre vonkajšie rozmery; pri výpočte plôch stien miestnosti je potrebné zahrnúť polovicu hrúbky deliacej steny.
- Dvere a okná sa rozdelia podľa orientácie (J, V, S, Z atď.)
- Údaje o klíme pre výpočet tepelnej straty v PHPP - štandardná vonkajšia teplota pre lokalitu (pre verziu edu sú klimatické oblasti na výber obmedzené)

Výpočet mernej tepelnej straty

Stavebné konštrukcie vystavené vzduchu a zemi sa rozlišujú/počítajú oddelene

L_e – Merná tepelná strata komponentov vystavených vzduchu

L_b – Merná tepelná strata komponentov vystavených zemi

Merná tepelná strata [W/K] = plocha [m²] · U-hodnota [W/(m²K)]

Vplyv tepelných mostov na celkovú mernú tepelnú stratu musí byť v prípade budov, kde sa majú inštalovať TABS, malý. Nie je potrebná korekcia tepelnej straty vplyvom tepelných mostov, pretože po starostlivom a detailnom plánovaní vysoko izolovaných budov sa znížia prídavné tepelné straty cez tepelné mosty na minimum.

Merná tepelná strata otvorových konštrukcií je vyššia ako merná tepelná strata vonkajšej steny!

Výpočet tepelných strát prechodom tepla:

- Cez základovú dosku

$\Phi_b = L_b$ komponenty vystavené zemi · (nastavená teplota – teplota zimy)

- Cez komponenty vystavené vzduchu

$\Phi_e = L_e$ komponenty vystavené vzduchu · (nastavená teplota – vonkajšia teplota)

- Celkové tepelné straty pechodom

$\Phi_T = \Phi_b + \Phi_e$

Výpočet tepelných strát vetraním:



V prípade využitia rekuperácie tepla sú tepelné straty požadovaným hygienickým vetraním znížené, ale tepelné straty infiltráciou zostávajú prítomné na 100%.

$$\Phi_V = L_V \cdot (\Theta_i - \Theta_e)$$

Θ_i – nastavená teplota miestnosti, Θ_e – teplota vonkajšieho vzduchu

L_V – merná tepelná strata vetraním

$$L_V = 0.34 \cdot V \cdot [(n_L \cdot (1 - \eta_{WRG}) + n_X)]$$

kde,

V – objem miestnosti, m^3 (vykurovaná plocha · konštrukčná výška)

n_L – intenzita vetrania (minimálna hygienická hodnota: 0.3 1/h)

η_{WRG} – účinnosť spätného získavania tepla (napr. účinnosť rekuperátora uvedená na certifikáte)

n_X – intenzita vetrania infiltráciou (0.12 1/h, ak $n_{50} = 0.6$ 1/h podľa blower door testu)

Celková tepelná strata: Suma tepelných strát prechodom a vetraním

$$\Phi_I = \Phi_T + \Phi_V$$

Výpočet tepelných ziskov:

- Citeľný zisk od užívateľov: Je stanovený tepelný zisk na obytnú plochu 1,9 W/m^2 . Zahŕňa všetky tepelné zisky spôsobené užívaním, osvetlením a prevádzkou zariadení.

$$\Phi_i = 1,9 \cdot \text{obytná plocha}$$

- Tepelný zisk slnečným žiarením (cez priehľadné časti plášťa budovy)

$$\Phi_S = A_W \cdot g \cdot \tau \cdot I$$

A_W - Plocha okien a presklených dverí (vrátane rámu)

g - koeficient priepustnosti slnečného žiarenia ("g-hodnota") skla - výrobná hodnota; (koľko percent slnečného žiarenia dopadajúceho na sklo sa stáva tepelným ziskom po prechode cez sklo do interiéru).

r - Redukčný faktor: hodnota je medzi 0 a 1 a znižuje hodnotu g skla. Dôvody zníženia: tienenie, znečistenie skla, slnečné žiarenie dopadá na sklo pod uhlom atď.

I - Intenzita slnečného žiarenia

- Celkový tepelný zisk: $\Phi_g = \Phi_i + \Phi_s$

Potrebný tepelný výkon:

Φ_{HL} (tepelný výkon) = Φ_l (tepelná strata) – Φ_g (tepelný zisk)

Merný tepelný výkon:

$Q = \Phi_{HL} / \text{obytná plocha}$

Tepelný výkon by mal byť nižší ako 25 W/m^2 , aby TABS nespôsobovali nepohodu aj pri návrhových podmienkach.

Kroky konštrukcie systému

Snímka 35

Počas fázy výstavby betónovej dosky sa potrubný systém TABS položí na dosku podľa projektových plánov.



Obrázok 7. Ukladanie rúrok [2]

Snímka 36

V tejto fáze sa inštalujú aj snímače v betónovom jadre na reguláciu a monitorovanie TABS.



Obrázok 8. Inštalácia snímačov tepla v jadre [2]

Snímka 37

Aplikované polymérové rúrky (zvyčajne PEX - chránené pred difúziou kyslíka) sú pripojené k tvarovkám pomocou súprav lisovacích nástrojov závislých od spoločnosti.

Snímka 38

Po inštalácii potrubného systému sa vykoná tlaková skúška, aby sa zistilo, či sú všetky potrubné spoje zabezpečené a či sa v systéme nevyskytujú konštrukčné či materiálové chyby. Ak sa používa stlačený vzduch, odporúča sa skúšobný tlak 2,5 až 3 bary. Ak sa ako testovacie médium použije voda, tlak by sa mal zvýšiť zo 4 na 6 barov. Trvanie testu je 12 hodín.

Snímka 39

Ak systém prejde tlakovou skúškou, môže byť zakrytý. Na potrubný systém a jadrové snímače sa položí betón.



Obrázok 9. Ukladanie betónu na rúrky a snímače v jadre [2]

Snímka 40

Potom sa osadia rozdeľovač/zberač a rozvodné armatúry, aby bolo možné napojiť potrubné registre TABS na centrálné zásobovanie teplom v budove. Zdrojom môžu byť napr. tepelné čerpadlá, solárne kolektory+ďalšie tradičné zdroje, ako bolo opísané vyššie.



Obrázok 10. Inštalácia rozdeľovača a distribučných armatúr [2]

Týmto je konštrukcia TABS dokončená.

Literatúra:

[1] John H. Lienhard IV and John H. Lienhard V: A Heat Transfer Handbook, 5th edition, Version 5.00, 17 August 2019, 784 pp, 26 MB, ahtt.mit.edu

[2] Frimbichler F., Handler S., Krec K., Kuster H.: Thermal component activation – Planning guide; Single family and terraced houses (BMVIt, VOZ), 2016

[3] Babiak J., Olesen BW., Petras D: Low temperature heating, high temperature cooling, REHVA Guidebook No. 7. 2007



Financované Európskou úniou. Vyjadrené názory a postoje sú názormi a vyhláseniami autora(-ov) a nemusia nevyhnutne odrážať názory a stanoviská Európskej únie alebo Európskej výkonnej agentúry pre vzdelávanie a kultúru (EACEA). Európska únia ani EACEA za ne nepreberajú žiadnu zodpovednosť.

Spolufinancované
Európskou úniou
cez program Erasmus+



SLOVAK UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY IN BRATISLAVA

