Chladenie alebo klimatizovanie?

Kombinácia obnoviteľného zdroja energie v podobe tepelného čerpadla voda – voda a sálavého stropného vykurovania/chladenia systémom kapilárnych rohoží vytvára synergické efekty na fyziologickej úrovni človeka, zosúlaďuje človeka s prírodou a jej procesmi a podieľa sa na transformácii k trvalo udržateľnej spoločnosti. Zároveň poskytuje cez synergiu technických parametrov výhodné ekonomické riešenie. Zavedenie chladu do budov cez sálavú zložku transportu energie umožňuje efektívne prerušiť pôsobenie tepelnej vlny na organizmus človeka na 8 hodín počas práce a eliminovať zvýšené riziko (7 až 33 %) kolapsu z tepla. Výrazne sa znižuje aj chorobnosť a zásadne rastie produktivita práce človeka v letných mesiacoch. Vysoké investičné náklady sú kompenzované nízkymi prevádzkovými nákladmi na zabezpečenia chladu dosahujúce 0,2 €/m2/rok.

Kvalita života je moderným spôsobom vymedzený parameter, a to viacrozmernými ukazovateľmi, ako sú materiálne blaho, zdravie, dostupnosť vzdelania, sociálnou kohéziou a pod. Zavedenie parametra kvality života je odpoveďou na skutočnosť, že ďalším rastom materiálového zabezpečenia po prekročení štandardu sa už nezvyšuje kvalita prežívania človeka a treba iným spôsobom, ako je len parameter HDP, merať progres spoločnosti (1).

Environmentálne podmienky, v ktorých sa človek nachádza, predstavujú jeden z podstatných ukazovateľov kvality života. Rozumieme tým dostupnosť čistého vzduchu, vody a pôdy, neškodných potravín, kvalitu prostredia na pracovisku, v obydlí, v okolí bydliska a pod. (2). Modely klimatických zmien v Európe predpovedajú rast priemernej teploty do konca 21. storočia o 2 až 5 °C oproti začiatku druhého tisícročia (3). Pozorované tempo rastu priemernej teploty za posledných 200 rokov zďaleka prevyšuje bežné zmeny v prírode. Súčasťou týchto zmien je objavenie sa aj tepelných a teplotných vĺn, ktoré majú výrazný vplyv na ľudský organizmus. Klimatologické štúdie predpovedajú, že frekvencia výskytu tepelných a teplotných vĺn sa zdvojnásobí (4), čo sa dotkne aj strednej a východnej Európy. Horúčavám v roku 2003 možno pripísať úmrtie v rozpätí 25 000 až 70 000 ľudí v krajinách Európskej únie (5). Výpočty poukazujú na, že tepelná vlna počas leta v roku 2010 v Európe má na svedomí približne 55 000 úmrtí (6). Podobne na Slovensku dňa 20. augusta 2012 skolabovalo až 109 ľudí, z toho 26 v Košickom kraji (7).

V odbornej literatúre sa vedie diskusia, ktorej cieľom je pomocou zistených údajoch o zvýšenej úmrtnosti vytvoriť univerzálnu definíciu tepelnej vlny. Analyzovaná vzorka deviatich európskych miest s celkovou populáciou 25 miliónov obyvateľov reprezentuje pre EÚ variabilitu klimatických podmienok, socioekonomických podmienok a znečistenia atmosféry. Štúdie v rôznych mestách Európy preukazujú, že existuje kritická minimálna nočná hodnota a kritická minimálna denná hodnota, ktorá určuje, že nastáva expozícia tepelnou vlnou, charakterizovaná zvýšeným rizikom skolabovania organizmu s následkom smrti. Rast rizika sa pohybuje v rozmedzí od 7,6 % do 33,6 % v závislosti od príslušného mesta (8). Tepelná vlna je určená extrémnou dennou teplotou Tapp na základe vzorca a najnižšou nočnou teplotou Tmin. Tepelná vlna nastáva, ak:

1. v perióde najmenej dva dni Tapp prekročí 90ty percentil mesačnej distribúcie teploty,
2. v perióde najmenej dvoch dní Tmin prekročí 90ty percentil a Tapp prekročí medián mesačnej hodnoty.

Pre klimatické pásmo Košíc je najbližšie zo skúmaných miest Budapešť. Zvýšená úmrtnosť v Budapešti nastáva, ak minimálna teplota v noci dosiahne 22,6 °C a Tapp = 31,6 °C (8). Riziko úmrtia nastáva, ak tepelná vlna pôsobí na organizmus človeka neprerušene najmenej 48 hodín. Podobne štatistická analýza dostupných údajov preukázala, že vyššie riziko kolapsu z tepla je koncentrované na časový interval najvyššej dennej teploty a znižuje sa počas dňa. V zásade tu pôsobí mechanizmus výmeny energie medzi telom človeka a vonkajším prostredím. V prípade pobytu osôb v budove je to výmena s vnútorným prostredím budov. Analýzy preukázali, že zvlášť ohrozenými skupinami obyvateľov sú občania, ktorí majú kardiovaskulárne choroby, náchylní na mozgovo cievne príhody a najviac sú ohrozené skupiny ľudí s respiračnými chorobami. Samostatnú ohrozenú kategóriu tvoria občania, ktorých fyzický vek presiahol 65 rokov.

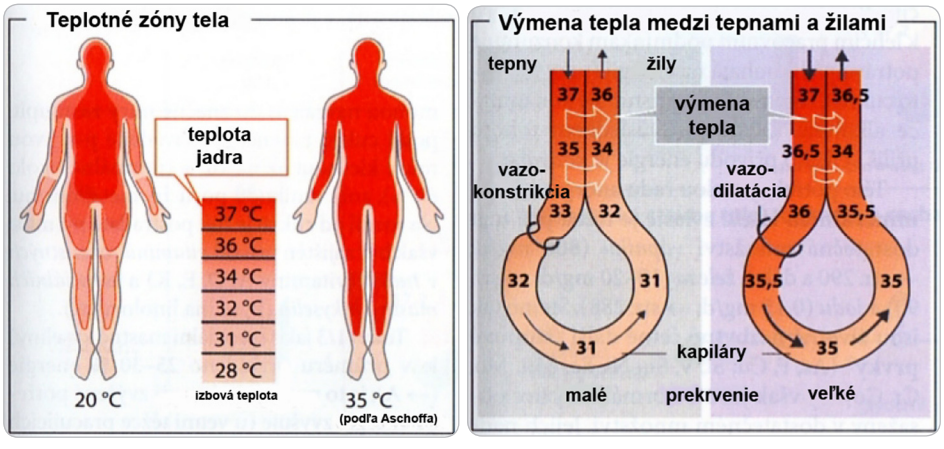
Zabezpečenie rastu kvality života spoločnosti vo vzťahu ku klimatickým zmenám možno v budovách zabezpečiť:

1. rozšírením dodávaných sortimentov služieb o chlad,
2. rešpektovaním fyziologických vlastností človeka, a to zabezpečením transportu energie v rozhodujúcej časti sálavou zložkou,
3. synergický efekt technológií orientovaných na človeka, rešpektujúci prírodu a meraný najnižšími investičnými nákladmi možno dosiahnuť vtedy, ak je zdrojom energie obnoviteľný zdroj vody a veľkoplošný sálavý systém koncových telies.

Tepelné hospodárenie organizmu

Človek je vybavený termoreguláciou, ktorá zabezpečuje stálosť vnútornej teploty jadra organizmu 37 °C aj pri premennej teplote vonkajšieho prostredia. Končatiny a koža majú nižšiu teplotu 28 °C. Ich úlohou je v procese termoregulácie zabezpečiť podmienky na udržanie stálej teploty jadra organizmu. To je možné len vtedy, ak sú produkcia a príjem tepla v rovnováhe s jeho výdajom. Pokiaľ je teplota kože nižšia ako teplota jadra organizmu, ohriata krv prúdi od jadra smerom ku koži. Výdaj tepla organizmom sa deje niekoľkými mechanizmami. Ich vzájomný pomer závisí od rozdielu teploty jadra, teploty kože a vonkajšej teploty.

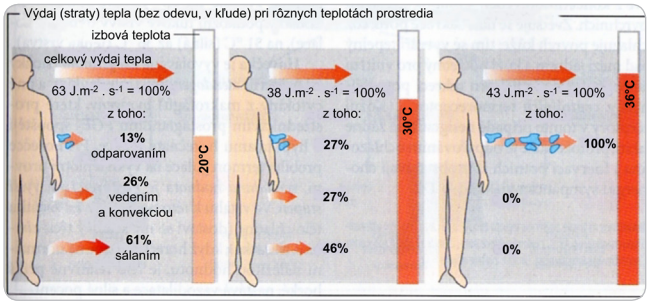
1. Tepelné žiarenie predstavuje efektívny spôsob výmeny energie, ak je rozdiel teploty povrchu kože a vonkajších plôch prostredia dostatočný. Transport žiarením nepotrebuje nosič v podobe vzduchu. Množstvo preneseného tepla je úmerné štvrtej mocnine teploty zdroja. Napríklad ak vnútorné plochy udržujú hodnotu 20 °C, potom sa až 61 % energie vymieňa medzi organizmom a vnútornými plochami žiarením. Pri 36 °C gradient teploty už nie je schopný zabezpečiť transport energie. Ak teplota vonkajších plôch dosiahne teplotu 37 °C a viac, organizmus začne teplo prijímať z vonkajšieho prostredia.
2. Vedenie a konvekcia (prúdenie) tepla predstavuje druhý typ transportu a výmeny tepla medzi okolitým prostredím a organizmom. V tomto prípade sú nosičom molekuly vzduchu. Aby došlo k vedeniu a konvekcii tepla z organizmu, musí byť okolitý vzduch chladnejší ako koža. Pri vnútornej teplote vzduchu 20 °C je až 26 % odvodu tepla z organizmu zabezpečené vedením



Obr. 1 Teplotné zóny v tele človeka a výmena tepla medzi tepnami a žilami

a konvekciou, čo postupne klesá k nule v prípade rastu okolitej teploty organizmu na 36 °C.

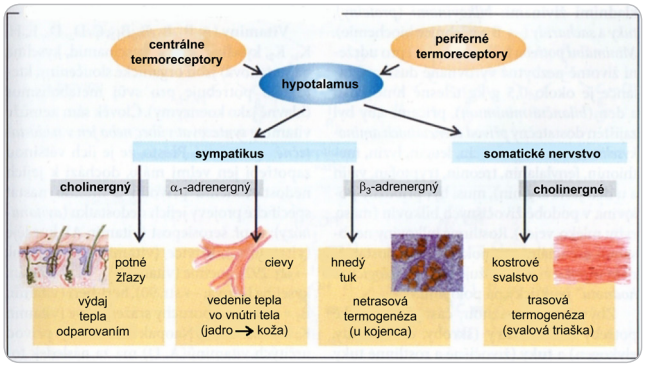
3. Tretí typ odvodu tepla z organizmu predstavuje vyparovanie. Potrebná voda vystupuje na povrch kože difúziou a cez nervovo riadenú činnosť potných žliaz. Skupenská premena jedného litra vody na paru odníme organizmu 2 428 kJ (580 kcal) tepla. Je zrejmé, že pri vonkajšej teplote 36 °C je tento mechanizmus ochladzovania jediný účinný.



Obr. 2 Mechanizmy výdaja tepla organizmom človeka pri rôznych teplotách prostredia

Pokiaľ sú teploty vyššie ako 36 °C, smer gradientu teploty sa mení medzi organizmom a vonkajším prostredím, v dôsledku čoho organizmus teplo prijíma žiarením aj vedením. Tento tepelný zisk musí organizmus vyvážiť zvýšeným odparovaním.

Pri pohybe vzduchu <0,1 m/s je telo schopné udržiavať svoju mikroklímu v podobe malej vrstvičky vzduchu, ohrievanej ľudským telom. Signály, ktoré poskytujú periférne termoreceptory kože do centra riadenia termoregulácie, dávajú správne informácie ohľadom regulácie výmeny tepla. Pokiaľ sa zvýši rýchlosť prúdenia vzduchu s rýchlosťou nad 0,1 m/s, prúdiaci vzduch odstraňuje mikroklímu z povrchu tela a priamo pôsobí na kožu. Telo nestačí vyhriať novú mikroklímu, kde je pohybom vzduchu koža kontinuálne ochladzovaná. Tým periférne termoreceptory poskytujú skreslené údaje o teplote (nižšie) do riadiaceho centra termoregulácie.



Obr. 3 Termoregulačný mechanizmus organizmu človeka

Vplyv na kvalitu vnútorného prostredia má aj relatívna vlhkosť vzduchu. Čím je vyššia, tým je pôsobenie chladu väčšie. Vlhká koža (keď sme spotení) stráca teplo oveľa rýchlejšie ako suchá. Navyše vznikajú straty tepla vyvolané odparovaním potu z povrchu pokožky. Pri silnom vetre môžeme omrznúť aj pri plusových teplotách. Vhodné, hygienicky vyhovujúce prostredie sa pohybuje v rozmedzí 30 až 70 % relatívnej vlhkosti. Preto, pokiaľ je zároveň vysoká vlhkosť vzduchu, je človek schopný zniesť vonkajšiu teplotu len do 33 °C. V organizme človeka je zabudovaný termoregulačný mechanizmus, ktorého úlohou je udržiavanie konštantnej teploty jadra 37 °C s kolísaním v priebehu dňa o 0,6 °C s minimom okolo 3. hodiny ráno a maximom o 18. hodine večer. Nastavenie konštantnej teploty s príslušným kolísaním je riadené vnútornými hodinami organizmu. Riadiacim centrom telesnej teploty je hypotalamus. Centrálne termoreceptory snímajú aktuálnu teplotu jadra a porovnávajú ju so želanou teplotou. Zároveň má hypotalamus k dispozícii údaje z periférnych termoreceptorov kože a z miechy. Pri odchýlkach teploty jadra od želanej teploty sú spúšťané termoregulačné mechanizmy, a to prostredníctvom vegetatívneho nervstva. Ak teplota jadra stúpa nad žiadanú teplotu, potom sa zvýši vnútorný transport tepla dilatáciou ciev v koži a prednostne sa otvárajú arteriovenózne anastomózy v prstoch. Zároveň sa znižuje protiprúdová výmena tepla medzi tepnami a žilami. Zväčšuje sa sekrécia potu, čím sa ochladzuje povrch kože, čo je potrebné na vytvorenie gradientu teploty medzi jadrom a povrchom kože, ktorá predstavuje silu zabezpečujúcu transport tepla od jadra smerom ku koži. Signál na sekréciu potu prichádza z centrálnych termoreceptorov. Koža sama je ochladzovaná, a preto termoreceptory kože signál nevydávajú. Inerváciu potných žliaz obstarávajú cholinergné sympatické vlákna. Pokiaľ telesná teplota jadra klesne pod želanú hodnotu, vazokonstrikcia kože (obr. 1) zníži prietok krvi a obmedzí výdaj tepla. Vedomá svalová činnosť zabezpečí produkciu energie, a teda aj tepla. Inú možnosť zabezpečenia tepla predstavuje svalový tras. Pri poklesu teploty vonkajšieho prostredia sa tieto mechanizmy aktivujú prostredníctvom dráždenia receptorov chladu umiestnených v koži.

Vzhľadom na dva rozhodujúce mechanizmy transportu energie medzi telom človeka a okolitým prostredím je zavedená pocitová teplota ako priemer teploty vzduchu a teploty povrchov konštrukcií.

Tepelná pohoda a termoregulácia

Termoregulácia, keď sa mení len prekrvenie kože, určuje interval tepelnej pohody, nazývaný aj termoneutrálna zóna. Nachádza sa medzi teplotou 32 °C, na ktorú človek reaguje potením, a teplotou 27 °C, na ktorú reaguje trasom. Vedomé správanie pri termoregulácii je dôležité zvlášť pri teplotách presahujúcich bežné teploty priestoru, či už má podobu správneho ošatenia, vyhľadávania tieňa pri vysokých teplotách alebo naopak zabezpečenie vykúrenia budov v zime a dodania chladu v lete. Teplota vzduchu a stien okolo 23 °C pri relatívnej vlhkosti vzduchu 50 % a rýchlosti prúdenia vzduchu <0,1 m/s predstavuje tepelnú pohodu pre 95 % bežne oblečených ľudí pracujúcich v kancelárii.

Pri voľbe koncových telies vykurovacích systémov možno dosiahnuť synergické efekty, pokiaľ sa zohľadnia nasledujúce skutočnosti:

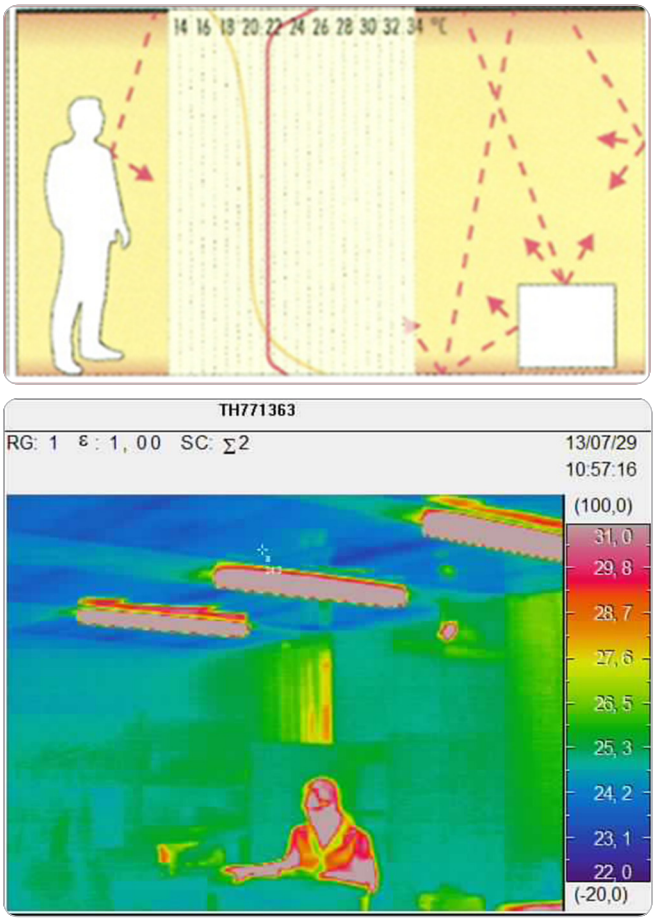
- Fyziologické vlastnosti človeka – rozhodujúcu zložku výmeny energie pri teplote priestoru 20 až 25 °C predstavuje žiarenie.
- Pokiaľ je rozhodujúci transport energie realizovaný žiarením, potom možno zabezpečiť, aby prúdenie vzduchu spĺňalo kritérium ≤0,1 m/s.
- Pri použití lokálneho obnoviteľného energetického zdroja rastie účinnosť tepelného čerpadla s nižšou teplotou vykurovacej vody, čo možno dosiahnuť väčšou plochou vykurovacích telies.
- Pokiaľ má dôjsť k zabezpečeniu tepla a chladu jedným koncovým telesom, je nutné, aby bol systém koncových telies umiestnený na strope alebo na zvislých konštrukciách budov.

Klimatizácia priestorov vháňaním chladného vzduchu alebo ochladzovanie priestoru sálaním chladu?

Pri posúdení fyziologických vlastností človeka vzhľadom na technológie klimatizačných zariadení využívajúcich ochladzovanie priestoru vháňaním chladného vzduchu možno konštatovať nasledujúce fakty. Nízka teplota chladiva vo výmenníku tepla spôsobuje, že teplota vzduchu klesne pod hranicu rosného bodu, čo spôsobuje kondenzáciu vodnej pary a tým sa ochladený vzduch vysušuje. To postupne spôsobuje pokles relatívnej vlhkosti v priestore pod hygienickú hranicu 30 %. Druhou nepríjemnosťou je skutočnosť, že vháňaný vzduch víri v priestore a odstraňuje mikroklímu z povrchu kože človeka. Človek potrebuje prostredie, v ktorom je nízky pohyb vzduchu, aby si udržal tenkú vrstvičku mikroklímy na koži. To preto, lebo v koži máme snímače teploty a tie informujú náš mozog, aká je teplota a ako má regulovať výmenu energie tvorenej v organizme s prostredím. Ak však fúkame studený vzduch, ktorým ochladzujeme priestor, ten odstráni mikroklímu z kože. Výsledkom je, že informácia z kože skreslí skutočnosť a termoreceptory informujú mozog o nižšej teplote, ako je skutočnosť. To vedie organizmus k zníženiu výdaja energie cez kožu a výsledok je, že sa energia hromadí v

organizme. Ak človek z takéhoto priestoru vyjde von, organizmus začne byť správne informovaný o teplote a snaží sa ochladiť. No pri teplote nad tridsať stupňov má možnosť vydať energiu už len cez odparovanie potením. To spôsobuje okamžité spotenie človeka a zároveň značnú stratu tekutín, ktoré treba doplniť. Ovievanie chladným a vysušeným vzduchom v kanceláriách spôsobuje často bolenie hlavy, zápaly či niekedy aj migrény a výrazne znižuje schopnosť pracovať. Nakoniec sú odporučenia, aby zamestnanci nechodili počas dní s vysokou teplotou do práce alebo mali skrátený pracovný čas. Ľudia často riešia situáciu tak, že vyjdú z kancelárie na jednu alebo dve hodiny, nechajú si ju schladiť, potom klimatizačné zariadenie vypnú, pracujú hodinu a následne cyklus opakujú. Tretí problém predstavuje často aj zvýšená hlučnosť zariadení. Klimatizačné jednotky navyše zaberajú v priestore miesto a často, zvlášť ich vonkajšia jednotka, pôsobia esteticky rušivým dojmom.

Praktické riešenie pre administratívne budovy predstavuje umiestnenie sálavého systému kapilárnych rohoží na strope miestností. Tento systém je efektívny do výšky priestoru 4 m, čo plne vyhovuje väčšine administratívnych budov. Tým možno využiť zvislé plochy stien na umiestnenie kancelárskeho nábytku. Zvyčajne nie je potrebná celá plocha stropu, čo vytvára priestor na umiestnenie osvetľovacích telies a ďalších technologických zariadení budovy, akými sú hlásiče požiaru a pod. Je to bezhlučný systém a odpadá aj umiestňovanie jednotiek v exteriéri budovy, takže nedochádza k narušaniu architektúry budovy.



Obr. 4 Vertikálny priebeh teplôt zhora nadol pri sálavom stropnom kúrení a chladení

Je to práve technológia sálavých stropov s implementáciou kapilárnych systémov, ktorá umožňuje vytvorenie synergického riešenia s obnoviteľnými zdrojmi energie v podobe tepelného čerpadla tak, aby v jednom, pre človeka ideálnom systéme, bolo zabezpečené vykurovanie aj chladenie. Pri prenose energie sálaním nedochádza k vysúšaniu vzduchu. Princípy sálavého vykurovania a chladenia sú technicky známe a ich opis možno nájsť v odbornej literatúre (9, 10). To, čo systém kapilárneho vykurovania pre človeka ponúka, predstavuje ideálny vertikálny priebeh vnútornej teploty vo výške človeka, ktorý vykurovanie a/alebo chladenie udržuje v priestore. Až tesne pod stropom sa teplota v priestore výrazne zvýši/zníži a blíži sa k vykurovacej/chladiacej teplote. Z hľadiska zabezpečenia tepelnej pohody princíp sálavého stropného vykurovania poskytuje riešenie, v ktorom sú teploty okolitých plôch rovné alebo vyššie ako teplota vzduchu a tým dochádza k ďalším úsporám energie v porovnaní so systémom, keď je teplota stien nižšia ako teplota vzduchu. Podobne pri chladení sú najprv sálaním ochladzované okolité konštrukcie a až následne je ochladzovaný vzduch. Priebeh teploty na termovíznej kamere v administratívnom priestore pri chladení v lete, keď teplota vzduchu dosahovala 34 °C je na obr. 4 a 5. Na farebnej škále vidno, že vnútorná teplota v priestore je udržiavaná okolo 25 °C temer po strop. Zároveň je vidieť, že žalúzie na oknách majú vyššiu teplotu, podobne je vyššia teplota zaznamenaná aj na osobách.

Obr. 5 Termovízne snímky teploty kancelárskych priestorov

Kombinácia tepelné čerpadlo voda – voda a kapilárne rohože na vykurovanie a chladenie budov, technická a ekonomická synergia

Nemenej významnú skutočnosť predstavuje riešenie kapilárneho systému napojenia na obnoviteľné zdroje energie, a to tepelné čerpadlo voda – voda. Tým, že je plocha vykurovacích telies výrazne vyššia ako plocha napr. radiátorov, možno znížiť vykurovaciu teplotu vody v maxime z 50/55 °C na teplotu 30/35 °C. Pokiaľ sú koncové telesá radiátory, SPF tepelného čerpadla dosahuje nameranú hodnotu 3,04 v roku 2008 a 3,16 v roku 2009. Zmenou vykurovacej teploty potom možno dosiahnuť, aby tepelné čerpadlo pracovalo s vyššou účinnosťou, a v celom systéme možno dosiahnuť výrazne vyšší výkonnostný faktor SPF s hodnotou o 25 % až 30 % vyššou ako pri vykurovaní cez radiátory. Merania preukazujú dosiahnutie hodnoty SPF = 4 a lepšie.

Úplne dramaticky sa však mení situácia, keď ide o chladenie. Štandardné chladiace systémy split pracujú v režime SPF = 2,5 až 3. V prípade energetického zdroja studne možno v letných mesiacoch okruh tepelného čerpadla vypnúť a celé riešenie spočíva v systéme čerpacích a obehových čerpadiel, akumulačnej nádoby a prípravy potrebnej teploty a prietoku vody. Tým sa zásadne znižujú nároky na spotrebu energie. Na základe projektovania v reálnych podmienkach administratívnej budovy bolo namerané pri letnej prevádzke energetického OZE SPF = 11,24, t. j. zlepšenie výkonnostného faktora SPF o 370 % a viac. Ďalšou optimalizáciou riešenia energetického zdroja možno dosiahnuť SPF 14. To umožňuje dosiahnuť celoročné SPF 7.

Záver – technológie s orientáciou na človeka a prírodu

Pocitová teplota človeka je stanovená ako priemer teploty vzduchu a konštrukcií. Jedným z kritérií pohody človeka je aj rýchlosť prúdenia vzduchu, ktorá by mala byť menšia ako 0,1 m/s. To sa prakticky nedá dosiahnuť pri chladiacich systémoch využívajúcich transport energie konvenčným spôsobom, akými sú napr. systémy split. Pri konvenčnom spôsobe chladenia sú konštrukcie ochladzované vírením chladného vzduchu a prakticky majú vždy vyššiu teplotu ako teplota vzduchu. To zároveň limituje ochladzovanie človeka zložkou žiarenia, rastom teploty konštrukcií klesá táto zložka k nule pri 36 °C. Navyše chladný vzduch, ktorý sa dostáva na povrch kože, spôsobuje, že periférne termoreceptory dávajú signál na uzatváranie potných žliaz a teplo produkované organizmom zostáva uzatvorené v tele, hoci hypotalamus vyhodnocuje vyrovnanú tepelnú bilanciu. Výsledkom tohto javu je, že človek, pokiaľ opustí po niekoľkých hodinách priestor chladený konvenčným spôsobom a je vystavený vonkajšej teplote 30 °C a viac, sa okamžite spotí – hypotalamus dostáva správne údaje z periférnych termoregulátorov a okamžite vydá pokyn na odvod tepla. V zásade má k dispozícii ako rozhodujúcu zložku len vyparovanie, zložky konvenkciou a žiarením sú zanedbateľné.

Udržiavanie chladu v budove systémom, kde sa transport energie realizuje sálaním, predstavuje v súčasnosti významný posun v zabezpečení kvality vnútornej klímy budov. Periférne termoreceptory kože dostávajú správny signál, ktorý vystihuje teplotné pomery miestnosti. Primárne ochladzovanie plôch konštrukcií a sekundárne vzduchu znamená, že v celom priestore je približne rovnaká teplota, pričom systém chladenia primárne ochladzuje konštrukcie priestoru. Aj preto sa výmena energie medzi človekom a prostredím deje správne v jednotlivých zložkách transportu energie. Periférne termoreceptory kože poskytujú správne informácie, a preto môže hypotalamus reagovať správnym spôsobom pri termoregulácii.

Južné časti Slovenskej republiky sú vystavené teplotným vlnám s parametrami veľmi podobnými, ako je to v prípade Budapešti. Analýzou historických údajov možno zistiť, že tepelné vlny v Košiciach sa vyskytli v roku 2003, 2010 a 2012. Zavedenie chladenia s technickým riešením orientovaným na človeka a rešpektovaním jeho fyziologických vlastností umožňuje na 8 pracovných hodín v najexponovanejšom čase zvýšeného rizika kolapsu z tepla prerušiť nebezpečný 48-hodinový cyklus a tým dosiahnuť, aby si organizmus vyrovnal tepelnú bilanciu a relaxoval. Zároveň zabezpečením vírenia vzduchu pod 0,1 m/s nedochádza k zápalom prínosných a čelných dutín, rozvoju bronchiálnych chorôb a pod. pozorovaných u osôb, ktoré sú v priestoroch chladených konvenčným spôsobom. Možno konštatovať, že v priestoroch chladených sálavým spôsobom sa zásadne zvyšuje produktivita práce a znižuje riziko kolapsu z tepla. Ekonomicky príjemným efektom pri kombinácii obnoviteľného zdroja energie studne sú výrazne znížené prevádzkové náklady s dosiahnutím SPF 14, čo predstavuje cca 0,2 €/m2/rok. V súčasnosti nevýhodou systému je, že má vysoké investičné náklady aj vzhľadom na nerozvinutý trh koncových zariadení.

Literatúra

[1] Stiglitz, J. E. – Sen, A. – Fitoussi, J. P.: Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress. Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress. [online]. Citované 17. 1. 2013. Dostupné na: http://www.stiglitz-sen-fitoussi.fr/documents/rapport_anglais.pdf.

[2] Benkovičová, L.: Kvalita života – problém poznania a interpretácie. Štatistický úrad SR, Miletičova 3, 824 67 Bratislava. In: Kvalita života v podmienkach globalizácie. Zborník príspevkov z vedeckej konferencie Štatistického úradu SR. Dostupné na: www.statistics.sk.

[3] EEA, European Environment Agency. Urban adaptation to climate change in Europe EEA Report No2/2012. European Environment Agency. [online]. Dostupné na: http://www.eea.europa.eu/publications/urban-adaptation-to-climate-change.

[4] WHO/WMO/UNEP. Climate change and human health: risk and responses. World Health Organization, Geneva, Swizterland. [online]. Citované 17. 1. 2013. Dostupné na: http://www.who.int/globalchange/publications/climchange.pdf.

[5] Brücker, G.: Vulnerable populations: lessons learnt from the summer 2003 heat waves in Europe'. Euro Surveillance 2005. [online]. Citované 17. 1. 2013. Dostupné na: http://www.eurosurveillance.org/images/dynamic/EQ/v05n03/v05n03.pdf.

[6] Barriopedro, D. – Fischer, E. M. – Luterbacher, J. – Trigo, R. M. – Garcia-Herrera, R.: The hot summer of 2010: Redrawing the temperature record map of Europe. In: Science, 2011, Vol. 332 (6026). s. 220 – 224.

[7] Aktuality.sk. V pondelok z tepla skolabovalo 106 ľudí. [online]. Publikované 21. 8. 2012. Citované 17. 1. 2013. Dostupné na: http://www.aktuality.sk/clanok/212518/v-pondelok-z-tepla-skolabovalo-106-ludi/.

[8] D'Ippoliti, D. – Michelozzi, P. – Marino, C. – de' Donato, F. – Menne, B. – Katsouyanni, K. – Kirchmayer, U. – Analitis, A. – Medina-Ramón, M. – Paldy, A. – Atkinson, R. – Kovats, S. – Bisanti, L. – Schneider, A. – Lefranc, A. – Iñiguez, C. – Perucci, C. A.: The impact of heat waves on mortality in 9 European cities: results from the EuroHEAT project. In: Environmental Health: A Global Access Science Source, 2010, Vol. (9) 37.

[9] Bašta, J.: Velkoplošné vytápění. Praha: TZB 26. 6. 2006.

[10] Počinková, M.: Podlahové a stěnové vytápění, stropní chlazení. Brno: Computer Press 2009.

[11] Sartori, I. – Napolitano, A. – Marszal, A. J. – Shanti, P. – Torcellini, P. – Voss, K.: Criteria for Definition of Net Zero Energy Buildings. Denmark, Aalborg: University of Aalborg 2001.

[12] Putting knowledge into practice: A broad-based innovation strategy for the EU. Brusel: Európska komisia 2006.

[13] Smernica európskeho parlamentu a rady 2009/28/ES o podpore využívania energie z obnoviteľných zdrojov energie. Brusel: Úradný vestník Európskej únie 2009. L140/16.

[14] Kosa, P.: Fotovoltické súvislosti SR. Košice: Slovenská inovačná a energetická agentúra 2011.

[15] Tkáčik, Ľ.: Posúdenie tandemovej prevádzky tepelného čerpadla vzduch/voda s plynovým pohonom o výkone 67 kW. Košice: Ľ. Tkáčik 2011.

[16] Vranay, F.: Posúdenie transferu tepelných tokov vo väzbe na efektívnosť prevádzky vykurovacích systémov. Košice: StF TU Košice 2007.

Ing. Dušan Lukášik, CSc.

Ing. František Vranay, PhD.

Ing. Ľudovít Tkáčik

Ing. Ján Ferenci

Ing. Marek Kušnír, PhD.

Centrum výskumu ekonomiky obnoviteľných zdrojov energie a distribučných sústav
Murgašova 3, 040 01 Košice
Tel.: +421 910 237 237
honors@stonline.sk