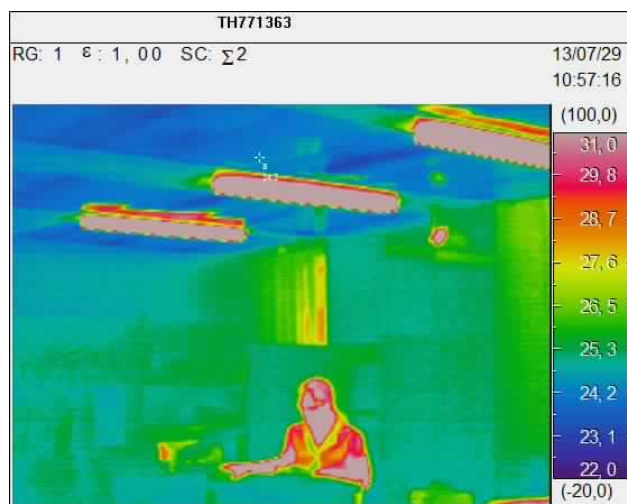




Chladienie alebo klimatizovanie ?

Synergické efekty moderných technológií OZE a TZB v budovách s dopadom na zvýšenie kvality života.

Minimalizácia nákladov cez synergický efekt moderných technológií TZB, obnoviteľných zdrojov energie s rešpektovaním fyziologických vlastností človeka.



LUKÁŠIK Dušan Ing, CSc.
Vranay František Ing.PhD
TKÁČIK Ľudovít Ing.
FERENCI Ján Ing.
KUŠNÍR Marek Ing.PhD

Košice, Júl 2013



Resumé

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, zosúladuje 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. Zároveň sa významne znižuje 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.

Úvod

Kvalita života je moderným spôsobom vymedzený parameter viacrozmerými 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 je nutné 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, nezávadných potravín, kvalitu prostredia na pracovisku, v obydľí a 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 vln, ktoré majú významný vplyv na ľudský organizmus. Klimatologické štúdie predpovedajú, že frekvencia výskytu tepelných a teplotných vln sa zdvojnásobí (4), čo sa dotkne aj strednej a východnej Európy. Horúčavám v roku 2003 je možné pripísať úmrtie v rozpätí medzi 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 cez zistené údaje zvýšenej úmrtnosti vytvoriť univerzálnu definíciu tepelnej vlny. Analyzovaná vzorka deviatich európskych miest s celkovou populáciou 25 miliónov obyvateľov reprezentuje pre EU 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 pomocou extrémnej dennej teploty T_{app} určenej vzorcom¹ a najnižšou nočnou teplotou T_{min} . Tepelná vlna nastáva, ak :

1. v perióde najmenej dva dni T_{app} prekročí 90ty percentil mesačnej distribúcie teploty

¹ $T_{app} = -2.653 + 0.994(T_{air}) + 0.0153(T_{dewpt})^2$ T_{dewpt} je teplota rosného bodu

Centrum výskumu ekonomiky obnoviteľných zdrojov energie a distribučných sústav,
Murgašova 3, 040 01 Košice

Slovenská Republika

+421 910 237 237, honors@stonline.sk



2. v perióde najmenej dvoch dní T_{\min} prekročí 90ty percentil a T_{app} prekročí medián mesačnej hodnoty

Pre klimatické pásmo Košíc je najbližšie položená zo skúmaných miest Budapešť. Zvýšená úmrtnosť v Budapešti nastáva, ak minimálna teplota v noci dosiahne $22,6^{\circ}\text{C}$ a $T_{app} = 31,6^{\circ}\text{C}$ (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 sú chorí na kardiovaskulárne choroby, náchylní na mozgovú cievnu príhodu a najviac sú ohrozené skupiny ľudí s respiračnými chorobami. Samostatnú ohrozenú kategóriu tvoria občania, ktorých fyzický vek presiahol 65 rokov.

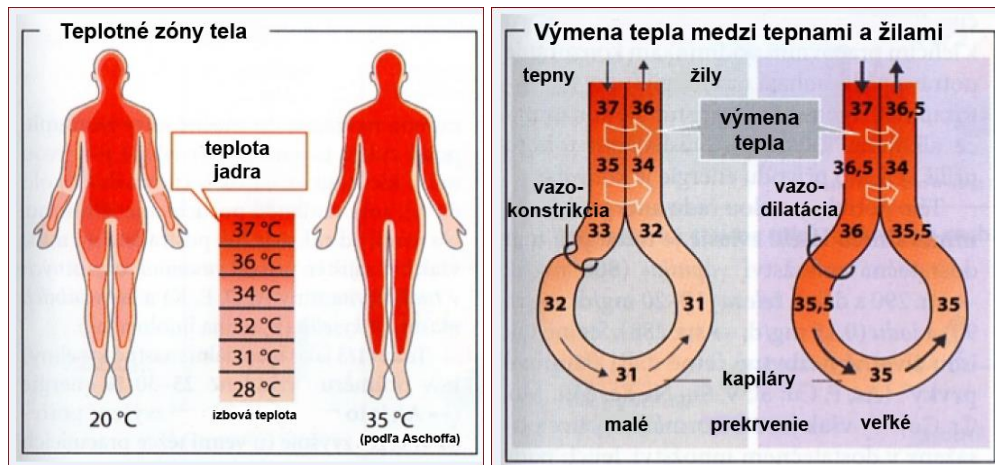
Zabezpečenie rastu kvality života spoločnosti vo vzťahu ku klimatickým zmenám je možné v budovách zabezpečiť:

1. Rozšírením dodávaných sortimentov služieb o chlad
2. Rešpektovaním fyziologických vlastností človeka zabezpečiť transport energie v rozhodujúcej časti sálavou zložkou
3. Synergický efekt technológií orientovaných na človeka a rešpektujúci prírodu meraný najnižšími investičnými nákladmi je možné dosiahnuť vtedy, ak zdrojom energie je obnoviteľný zdroj studne vody a veľkoplošný sálavý systém koncových telies.

Tepelné hospodárenie organizmu.

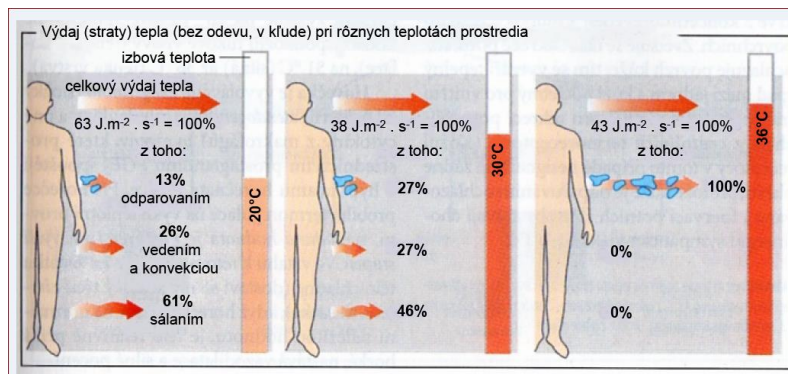
Človek je vybavený termoreguláciou, ktorá zabezpečuje stálosť vnútornej teploty jadra organizmu 37°C aj pri premennej teplote vonkajšieho prostredia. Končatiny a koža majú nižšiu teplotu 28°C . Ich úlohou je v procese termoregulácie zabezpečiť podmienky pre udržanie stálej teploty jadra organizmu. To je možné len vtedy, ak produkcia tepla a príjem tepla je v rovnováhe s výdajom tepla. Pokiaľ je teplota kože nižšia ako je teplota jadra organizmu, ohriata krv prúdi od jadra smerom ku koži. Výdaj tepla organizmom sa deje niekoľkými mechanizmami. Ich vzájomný pomer a 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 štvrtéj mocnine teploty zdroja. Napríklad ak vnútorné plochy udržiavajú hodnotu 20°C , potom až 61% energie sa vymieňa medzi organizmom a vnútornými plochami žiarením. Pri 36°C gradient teploty už nie je schopný zabezpečiť transport energie. V prípade, že 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 nosičom sú molekuly vzduchu. Aby došlo k vedeniu a konvekcii tepla z organizmu, musí byť okolitý vzduch chladnejší ako je koža. Pri vnútornej teplote vzduchu 20°C až 26% odvodu tepla z organizmu je zabezpečené vedením a konvekciou, čo postupne klesá k nule v prípade rastu okolitej teploty organizmu na 36°C .



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

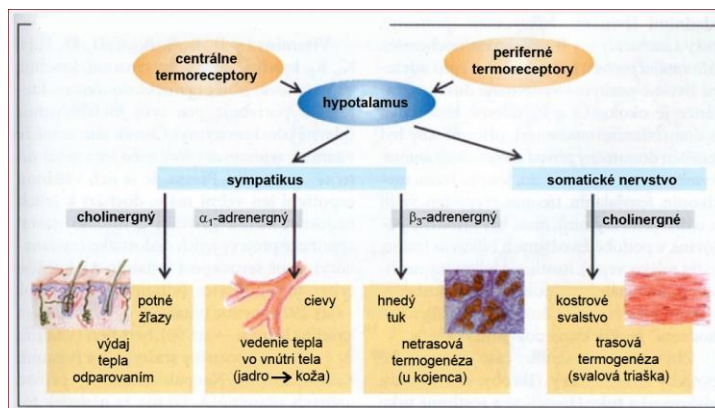
- Tretím typom odvodu tepla z organizmu predstavuje vyparovanie. Potrebná voda vystupuje na povrch kože difúziou a cez nervovo riadenú činnosť potných žliaz. Skupenská premena jedného litra vody na paru odníme organizmu 2428 kJ (580 kcal) tepla. Je zrejmé, že pri vonkajšej teplote 36 °C je tento mechanizmus ochladzovania jediným účinným mechanizmom.



Obrázok číslo 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 čoho dôsledku teplo organizmus 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 poskytujú správne informácie pre reguláciu výmeny tepla. Pokiaľ sa zvýši rýchlosť prúdenia vzduchu s rýchlosťou nad 0,1 m/s, prúdiaci vzduch odstraňuje mikroklímu z povrchu tela a prúdiaci vzduch priamo pôsobí na kožu. Telo nestačí vyhriať novú mikroklímu, kde pohybom vzduchu je koža kontinuálne ochladzovaná. Tým periférne termoreceptory poskytujú skreslené údaje o teplote (nižšie) do riadiaceho centra termoregulácie.



Obrázok číslo 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, človek je schopný zniesť vonkajšiu teplotu len do 33 °C. Organizmus človeka má v organizme 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 tej hodine večer. Nastavenie konštantnej teploty s príslušným kolísaním je riadené vnútornými hodinami organizmu. Riadiacim centrom pre riadenie 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 informácie z miechy. Pri odchýlkach teploty jadra od želanej teploty sú spúšťané termoregulačné mechanizmy, prostredníctvom vegetatívneho nervstva. Ak teplota jadra stúpa nad žiadanú teplotu, potom sa zvýši vnútorný transport tepla dilatáciou ciev v koži, prednostne sa otvárajú arteriovenózne anastomózy v prstoch. Zároveň sa znižuje proti prúdová 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 pre 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. č.1) zníži prietok krvi a obmedzí výdaj tepla. Vedomá svalová činnosť zabezpečí produkciu energie a teda aj tepla. Inou možnosťou 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, kedy sa mení len prekrvenie kože určuje interval tepelnej pohody, nazývaný aj ako termoneutrálna zóna. Nachádza sa medzi teplotou, na ktorú človek reaguje potením 32 °C a teplotou, na ktorú reaguje trasom 27 °C. Vedomé chovanie 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 je možné dosiahnuť synergické efekty, pokiaľ sa zohľadnia nasledovné skutočnosti:

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

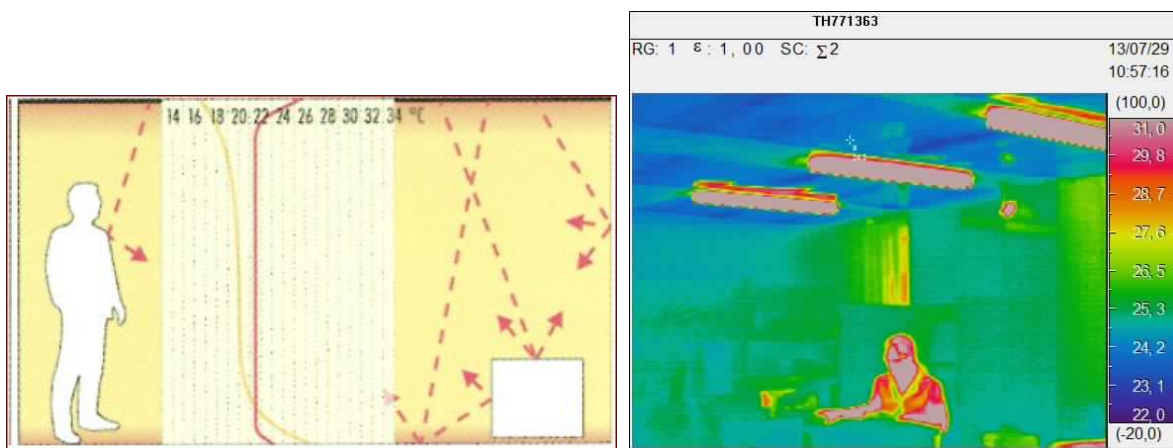
Klimatizácia priestorov vháňaním chladného vzduchu alebo ochladzovanie priestoru sálaním chladu?

Pri posúdení fyziologických vlastností človeka s technológiami klimatizačných zariadení využívajúcich ochladzovanie priestoru vháňaním chladného vzduchu je možné konštatovať nasledovné. 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 mikroklimu z povrchu kože človeka. Človek potrebuje prostredie, v ktorom je nízky pohyb vzduchu, aby si udržal tenkú vrstvičku mikroklimy 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 ale fúkame studený vzduch, ktorým ochladzujeme priestor, chladný vzduch odstráni mikroklimu 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 výjde von, organizmus začne byť správne informovaný o teplote a snaží sa ochladiť. Ale pri teplote nad tridsať stupňov má možnosť vydať energiu už len cez odparovanie potením. To spôsobuje okamžité spotenie človeka a zároveň značnú stratu tekutín, ktorú je potrebné doplniť. Ovievanie chladným a vysušeným vzduchom



v kanceláriách spôsobuje často boľenie hlavy, zápaly či niekedy aj migrény a výrazne znižujú schopnosť pracovať. Nakoniec sú odporúčenia, aby ľudia 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 schlaďiť, 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 pôsobí 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 pre väčšinu administratívnych budov. Tým je možné využiť zvislé plochy stien pre účely umiestnenia kancelárskeho nábytku. Zvyčajne nie je potrebná celá plocha stropu, čo vytvára priestor pre 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, čím nedochádza k narúšaniu architektúry budovy.

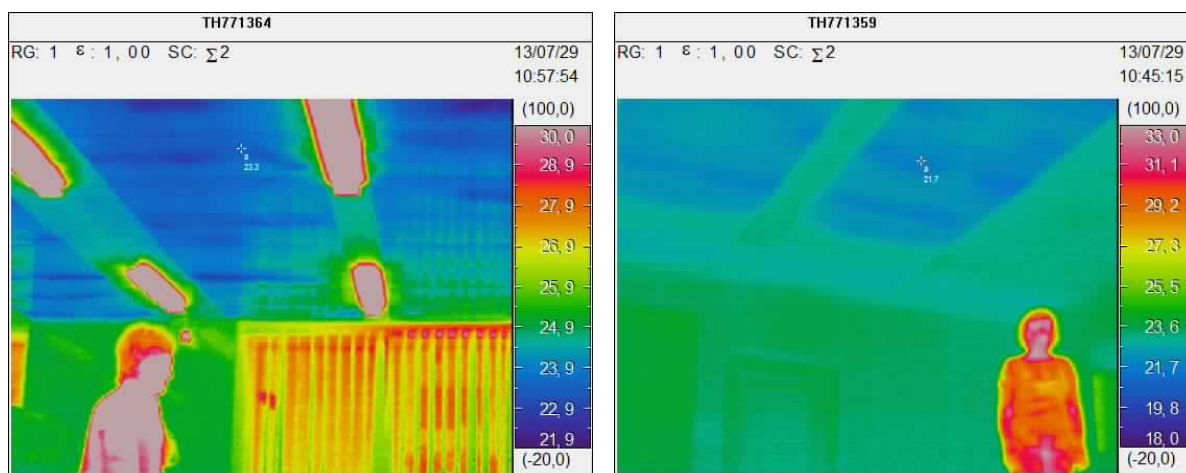


Obrázok číslo 4 Vertikálny priebeh teplôt zhora nadol pre sálavé stropné kúrenie a chladenie.

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 popis je možné 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 udržiava 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, kedy je teplota stien nižšia ako je 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 obrázkoch číslo 4 a 5. Na farebnej škále vidno, že vnútorná teplota v priestore je udržiavaná okolo 25 °C temer po strop. Zároveň je vidno, že žalúzie na oknách majú vyššiu teplotu ako aj vyššia teplota je zaznamenaná na osobách.



Obrázok č. 5. Termovízne snímky teploty kancelárskych priestorov.

Kombinácia tepelné čerpadlo voda - voda a kapilárne rohože pre 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 plocha vykurovacích telies je významne vyššia ako plocha napr. radiátorov, umožňuje 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 je potom možné dosiahnuť, aby tepelné čerpadlo pracovalo s vyššou účinnosťou a pre celý systém je možné dosiahnuť výrazne vyšší výkonnostný faktor SPF dosahujúci hodnotu o 25% až 30% vyššiu ako pri vykurovaní cez radiátory. Merania preukazujú dosiahnutie hodnoty SPF = 4 a lepšie.

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



Záver - technológie s orientáciou na človeka a na prírodu

Pocitová teplota človeka je stanovená ako priemer teploty vzduchu a konštrukcií. Jedným z kritérií pohody človeka je aj rýchlosť prúdenia vzduchu, ktorý by byť menší ako 0,1 m/s. To sa prakticky nedá dosiahnuť pri chladiacich systémoch, využívajúcich transport energie konvenčným spôsobom, akými sú napr. split systémy. Pri konvenčnom spôsobe chladenia sú konštrukcie ochladzované vírením chladného vzduchu a prakticky majú vždy vyššiu teplotu ako je 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 produkované teplo organizmom zostáva uzatvorené v tele organizmu, 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, okamžite sa spotí – hypotalamus dostáva správne údaje z periférnych termoregulátorov a okamžite vydá pokyn na odvod tepla. V zásade má k dispozícii ako rozhodujúcu zložku len vyparovania, zložky konvenčnou a žiarením sú zanedbateľné.

Udržiavanie chladu v budove systémom, kde transport energie sa deje 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 hypotalamus môže 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 je možné zistiť, že tepelné vlny v meste Košice sa vyskytli v roku 2003, 2010 a 2012. Zavedenie chladenia s technickým riešením orientovaného na človeka s rešpektovaním jeho fyziologických vlastností do budov 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. Je možné konštatovať, že v priestoroch chladených sálaným spôsobom sa zásadne sa zvyšuje produktivita práce a znižuje riziko kolapsu z tepla. Ekonomicky príjemným efektom pri kombinácii obnoviteľného zdroja energie studne sú významne 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 kvôli nerozvinutému trhu koncových zariadení.



Použitá 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] [Dátum: 17. 01 2013.] http://www.stiglitz-sen-fitoussi.fr/documents/rapport_anglais.pdf.
2. Kvalita života – problém poznania a interpretácie. Benkovičová, L., Bratislava : SR Štatistický úrad SR, Miletičova 3, 824 67 Bratislava, www.statistics.sk. Kvalita života – problém poKVALITA ŽIVOTA V PODMIENKACH GLOBALIZÁCIE ZBORNÍK PRÍSPEVKOV z vedeckej konferencie Štatistického úradu SR .
3. EEA, European Environment Agency. Urban adaptation to climate change in Europe EEA Report No2/2012. *European Environment Agency*. [Online] <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, Switzerland*. [Online] 2003. [Dátum: 17. 01 2013.] <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*, [Online] 2005. [Dátum: 17. 01 2013.] <http://www.eurosurveillance.org/images/dynamic/EQ/v05n03/v05n03.pdf>.
6. 'The hot summer of 2010: Redrawing the temperature record map of Europe'. Barriopedro, D., Fischer, E. M., Luterbacher, J., Trigo, R. M. and Garcia-Herrera, R.,. 332(6026) 220–224., s.l. : Science, 2011, Zv. 332(6026).
7. Aktuality.sk. V pondelok z tepla skolabovalo 106 ľudí. *aktuality.sk*. [Online] 21. 08 2012. [Dátum: 17. 01 2013.] <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, Klea, Kirchmayer, U., Analitis, A., Medina-Ramón, M., Paldy, A., Atkinson, R., Kovats, S., Bisanti, L., Schneider, A., Lefranc, Agnès, Iñiguez, C. and Perucci, C. A.,. The impact of heat waves on mortality in 9 European cities: results from the EuroHEAT project., *Environmental Health: A Global Access Science Source*. 2010, Zv. (9) 37.
9. Doc. Ing. Jiří Bašta, PhD. *Velkoplošné vytápění*. Praha : TZB 26.6.2006, .
10. Počinková, Marcela. *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*. Aalborg, Denmark : University of Aalborg, 2001.
12. Európsky parlament, Európska komisia. *Putting knowledge into practice : A broad - based innovation strategy for the EU*. Brusel : Európska komisia, 2006.
13. EU, Európsky parlament a Rada. SMERNICA EURÓPSKEHO PARLAMENTU A RADY 2009/28/ES o podpore využívania energie z obnoviteľných zdrojov energie. *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. *Fotovoltaické súvislosti SR !?* Kosa, P. Košice : Slovenská Inovačná a Energetická Agentúra, 2011.
15. Tkáčik, L. *Posúdenie tandemovej prevádzky tepelného čerpadla vzduch/voda s plynovým pohonom o výkone 67 kW*. Košice : L. Tkáčik, 2011.
16. Vranay, František. *POSÚDENIE TRANSFERU TEPELNÝCH TOKOV VO VÄZBE NA EFEKTÍVNOSŤ PREVÁDZKY VYKUROVACÍCH SYSTÉMOV*. Košice : StF TU Košice, 2007.



Príloha.

Chladienie

Vlhký vzduch

Absolútne suchý vzduch sa vo voľnej atmosfére nevyskytuje; vždy je v ňom obsiahnutý určitý podiel vodnej pary. Vlhký vzduch je teda zmes suchého vzduchu a vodnej pary.

Podiel vodnej pary hrá v klimatizačnej technike veľmi dôležitú úlohu, aj keď najväčšie fyzicky možné množstvo pary vo vzduchu - pri bežných stavoch vzduchu - robí len niekoľko gramov na kilogram suchého vzduchu.

Príliš nízka alebo vysoká vlhkosť vzduchu ovplyvňuje u človeka pocit pohody, tiež v priemysle sú fyzikálne vlastnosti surovín alebo výrobkov závislé na vlhkosti vzduchu vo výrobných priestoroch alebo skladoch.

Aby sme v miestnosti dosiahli požadovaného stavu vzduchu, musíme vzduch najprv upraviť, tj musíme ho podľa potreby vyčistiť, ohriať, ochladiť, zvlhčiť alebo odvlhčiť.

Požadované zmeny stavu vzduchu možno pritom spočítať pomocou stavovej rovnice plynov. To síce nie je príliš ťažké, avšak postup je pracný a časovo náročný. Pomocou h-x diagramu môžeme jednotlivé stavové veličiny znázorniť graficky a tým sa výpočet stavových zmien výrazne zjednoduší.

Stavové veličiny

Teplota

Popisuje citeľné teplo, tzn. tepelný stav vzduchu, ktorý sme schopní vnímať. Teplota sa meria teplomerom. Udáva sa v stupňoch Celzia [°C] alebo absolútne v kelvinoch [K]. Rozdiel teplôt sa udáva vždy v kelvinoch.

Absolútna vlhkosť

Absolútnou vlhkosťou x rozumieme množstvo vody v gramoch, ktoré je obsiahnuté v jednom kilograme vzduchu. V tabuľkách a grafoch sa preto absolútna vlhkosť x udáva v [g/kg].

Relatívna vlhkosť

Suchý vzduch môže pri určitej teplote a určitom tlaku pojať iba určité množstvo vody (vo forme vodných pár), potom už dochádza ku kondenzácii. Čím vyššie sú teplota a tlak, tým väčšia je maximálny obsah vody. Stav, kedy vzduch už nemôže ďalšie vodné pary prijímať, označujeme ako nasýtenia. Ak v h-x diagramu vynesieme body nasýtenia pre rôzne teploty, dostaneme krivku nasýtenia.

V bode nasýtenia pri teplote vzduchu 20 °C a tlaku 1013 mbar je obsah vody vo vzduchu 14,6 g na 1 kg vzduchu. Ak obsahuje však tento kilogram vzduchu iba 7,3 gramov vodných pár, predstavuje to len



50% maximálneho množstva, ktoré je vzduch schopný pojať. Relatívna vlhkosť (φ) tohto vzduchu je teda 50%.

Relatívna vlhkosť φ teda vypovedá, aký veľký - pri určitej teplote - je pomer okamžitého množstvo vody vo vzduchu obsiahnutej k maximálnemu množstvo vody v stave nasýtenia.

Počíta sa takto:

$$\varphi = \frac{x}{x_s} * 100\%$$

φ = relatívna vlhkosť vzduchu

x = okamžité množstvo vodných pár v g/kg

x_s = množstvo vodných pár pri nasýtení v g/kg

Obsah tepla čiže entalpia

Jedným z najdôležitejších vzduchotechnických výpočtov je zisťovanie množstva tepla, ktoré je potrebné na to, aby sme vzduch v miestnosti upravili na požadovanú teplotu a vlhkosť. V týchto prípadoch je nutné vzduch, ktorého stav je známy, pomocou vhodných úprav (zmiešavanie, ohrev, chladenie, zvlhčovanie a odvlhčovanie) previesť do stavu požadovaného. Väčšina z popísaných spôsobov úpravy vzduchu vedie tiež k zmene obsahu tepla h upravovaného vzduchu. V termodynamike sa obsah tepla v látke o hmotnosti 1 kg označuje ako merná entalpia h [kJ/kg]. Absolútne suchý vzduch o teplote $\theta = 0^\circ \text{C}$ a teoretickým obsahom vody $x = 0 \text{ g/kg}$ má definovaný obsah tepla $h = 0 \text{ kJ/kg}$; tento stav vzduchu zodpovedá nulovému bodu na stupnici entalpie. Hodnoty entalpia $< 0 \text{ kJ/kg}$ sa označujú ako negatívne (so znamienkom -). Rozdiel entalpie Δh medzi počiatočným a koncovým bodom úpravy vzduchu môžeme veľmi ľahko odčítať z h-x diagramu. Násobíme potom množstvo [kg] upravovaného vzduchu rozdielom entalpie Δh , zisteným graficky, dostaneme množstvo tepla (energiu), potrebné pre túto úpravu.

Estetické hľadisko

Keďže stropné chladenie je ukryté nad podhľadom, esteticky nezasahuje do vzhľadu interiéru. Nástenné klimatizácie sa už tiež posunuli od nevzhľadných bielych škatúl. Medzi súčasnými modelmi nájdete aj dizajnovo prepracované modely, napríklad v podobe obrazu alebo so zrkadlovou čelnou plochou.

Chladenie a h-x diagram

Chladenie vzduchu

Vzduch môžeme ochladiť dvoma spôsobmi:

- pomocou chladiaceho registra (povrchové chladenie, vzduch je v styku s chladnejšou plochou)
- práčkou vzduchu (výparné chladenie, odparujúca sa voda odoberá vzduchu teplo)

Povrchové chladenie



Pri chladení vzduchu pomocou chladiaceho registra môže dôjsť k dvom situáciám:

- Povrchová teplota registra leží nad teplotou rosného bodu chladeného vzduchu (suchý chladiaci povrch, $\theta_{CO} > \theta_{TP}$).
- Povrchová teplota registra leží pod teplotou rosného bodu chladeného vzduchu (mokrý chladiaci povrch, $\theta_{CO} < \theta_{TP}$).

Chladienie bez kondenzácie

Ak je teplota chladiaceho povrchu θ_{CO} vyššia ako teplota rosného bodu θ_{TP} chladeného vzduchu, na povrchu registra nedochádza k vylučovaniu vody. Absolútny obsah vodných pár x vo vzduchu sa nemení, relatívna vlhkosť vzrastá (obr. 1). Stavová zmena v h - x diagrame teda prebieha rovnobežne s líniami konštantnej absolútnej vlhkosti x smerom nadol. Podľa veľkosti chladiaceho výkonu sa vzduch viac alebo menej ochladí, nedosiahne však povrchovej teploty registra, pretože do priameho styku s chladiacimi rebrami prichádza iba časť vzduchu.

Aby sme ochladili 1 kg vzduchu z teploty θ_1 na teplotu θ_2 , musíme mu odobrať teplo Δh :

$$\Delta h = h_1 - h_2 \text{ [kJ/kg]}$$

Stredná teplota chladiaceho povrchu θ_{CO} závisí na konštrukcii chladiaceho registra a všeobecne leží asi 1. ... 2 K nad strednou hodnotou teplôt prívodu a spiatočky:

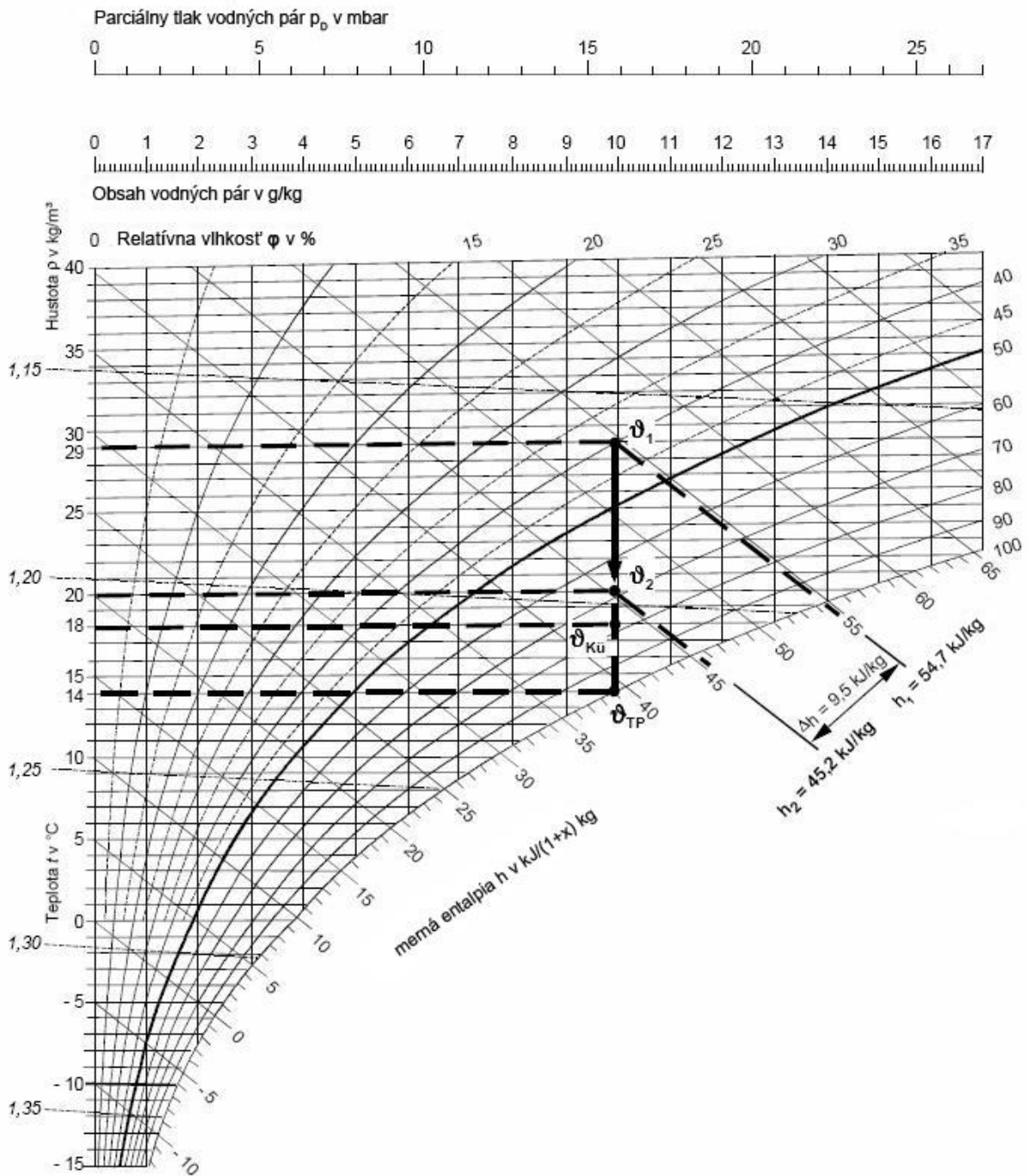
$$\theta_{CO} = \frac{\theta_{FT} + \theta_{RT}}{2} + 1 \dots 2 \text{ [K]}$$

Na obr. 1 sa ochladzuje množstvo vzduchu $m_L = 1 \text{ kg/s}$ ($= 3600 \text{ kg/h}$) z teploty $\theta_1 = 29 \text{ °C}$ a $\phi_1 = 40\%$ rH na $\theta_2 = 20 \text{ °C}$ pomocou chladiaceho registra so strednou teplotou povrchu $\theta_{CO} = 18 \text{ °C}$. Chladiaca voda sa pritom ohrieva z $\theta_{VL} = 15 \text{ °C}$ na $\theta_{RL} = 19 \text{ °C}$. Vzduchu sa teda musí odobrať teplo

$$\Delta h = h_1 - h_2 = 54,7 - 45,2 = 9,5 \text{ [kJ/kg]}$$

Potrebný chladiaci výkon vychádza:

$$Q_{CO} = m_A * \Delta h = 1 * 9,5 \left[\frac{\text{kJ kg K}}{\text{s kJ K}} \right] = \frac{9,5}{4,19 * (19 - 15)} = 0,57 \text{ [kg/s]}$$



Obr. 1 Chladenie bez kondenzácie

Chladenie s kondenzáciou

Ak leží teplota chladiaceho povrchu θ_{CO} pod teplotou rosného bodu θ_{TP} chladeného vzduchu, časť tohto vzduchu sa chladí až do tej miery, že na povrchu registra kondenzuje vodná para. Stav vzduchu



za registrom si teda môžeme predstaviť ako zmes chladeného odvlhčeného, iba chladeného a prakticky neochladeného vzduchu.

Stavová zmena v h-x diagrame sa pre zjednodušené výpočty znázorňuje úsečkou, ktorá prebieha z počiatočného stavu vzduchu θ_1 , do priesečníka strednej teploty chladiaceho povrchu θ_{CO} s krivkou nasýtenia. Výsledný vzduch je v stave θ_2 , ktorý leží medzi počiatočným stavom θ_1 a strednou teplotou chladiaceho povrchu θ_{CO} (podľa veľkosti chladiaceho výkonu), teploty chladiaceho povrchu vzduch nikdy nedosiahne (obtokový efekt). Už pri malom chladiacom výkone je vzduch nielen chladený, ale tiež odvlhčován. Pritom klesá absolútna vlhkosť a relatívna vlhkosť rastie.

Na obr.2 sa chladí množstvo vzduchu $m_L = 1 \text{ kg/s}$ ($= 3600 \text{ kg/h}$) o teplote $\theta_1 = 29 \text{ °C}$ a rel. vlhkosti $\varphi_1 = 40\% \text{ rH}$ pomocou chladiaceho registra sa strednou teplotou plôch $\theta_{CO} = 10 \text{ °C}$ na výslednú teplotu $\theta_2 = 20 \text{ °C}$. Chladiaca voda sa pritom ohrieva z $\theta_{VL} = 6 \text{ °C}$ na $\theta_{RL} = 12 \text{ °C}$.

Vzduchu musíme teda odobrať teplo:

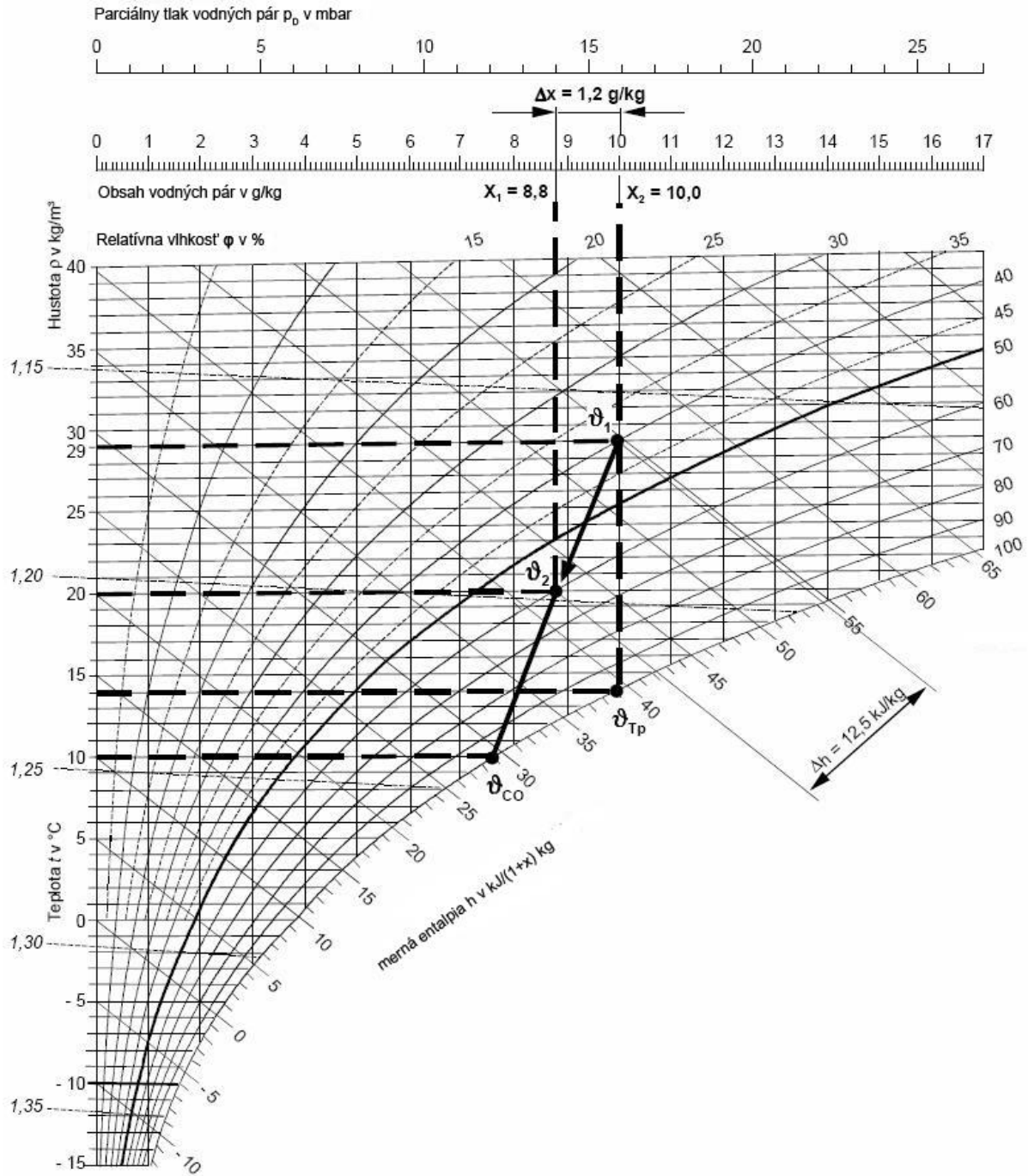
$$\Delta h = h_1 - h_2 = 54,7 - 42,2 = 12,5 \text{ [kJ/kg]}$$

K tomu potrebný chladiaci výkon činí:

$$Q_{CO} = m_A * \Delta h = 1 * 12,5 \left[\frac{\text{kJ kg}}{\text{s kJ}} \right] = 12,5 \text{ kJ/s} = 12,5 \text{ [kW]}$$

Vylúčené množstvo vody:

$$\Delta x = x_1 - x_2 = 10,0 - 8,8 = 1,2 \text{ [kJ/kg]}$$



Obr. 2 Chladienie s kondenzáciou