

ANALÝZA PREVÁDZKY KOMBINOVANEJ SÚSTAVY

ANALYSIS OF COMBINED SYSTEM'S OPERATION

Ing. Zuzana Straková, PhD.

ABSTRAKT

Tvorba vnútorného prostredia v pracovnej oblasti človeka v priemyselných halových objektoch by mala byť založená na úzkej spolupráci profesií vykurovania spolu s vetraním a klimatizáciou. Prax však dokazuje, že tomu tak v mnohých prípadoch nie je. Obidve tieto profesie sú veľa krát riešené samostatne, výsledkom čoho je ich nespolupráca vedúca až k vzájomnému prekážaniu si, či už z hľadiska dispozičného umiestnenia alebo funkčného prevádzkovania navrhnutých sústav. Vytvorenie vykurovacej a vetracej sústavy, ktorá by jednak bola naprojektovaná v súlade s platnou legislatívou a jednak by vytvárala optimálne vnútorné životné prostredie pre človeka v jeho pracovnej oblasti a súčasne pri hospodárnej prevádzke, nachádza riešenie v kombinácii hygienického vetrania so sálavým vykurovaním, s použitím rekuperačnej vzduchotechnickej jednotky.

Kľúčová slova: hygienické vetranie, sálavé vykurovanie, rekuperačná jednotka

ABSTRACT

The creating of indoor environment in the work area of man in industrial hall buildings should be based on close cooperation between two professions - heating and ventilation and air conditioning. However, practice shows that this is not the truth in many cases. Both professions are many times designed separately. Result is their non-cooperation leading to a mutual obstruction in terms of disposal location or functional operation of the proposed systems. Creating a heating and ventilation system, which would both be designed in accordance with applicable legislation and, secondly, would create an optimal indoor environment for people in working area and at the same time efficient operation, to find solution in combination of radiant heating with hygienic ventilation air recovery air handling unit.

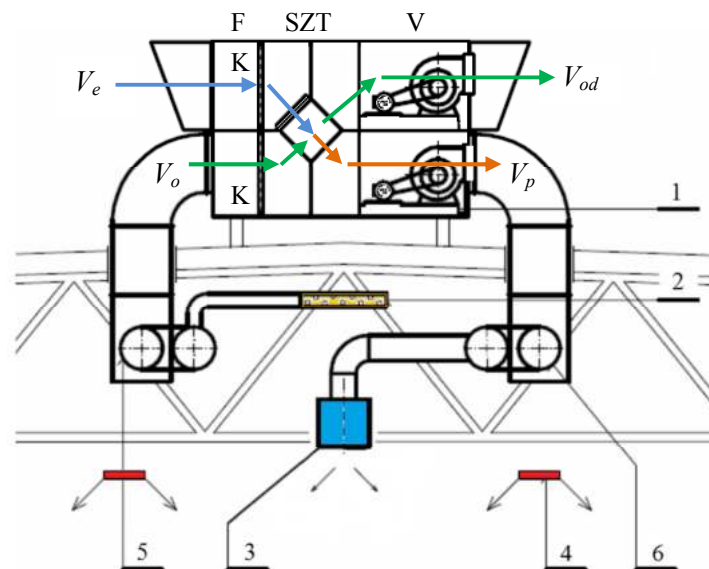
Key words: hygienic ventilation, radiant heating, heat recovery unit

1 ÚVOD

V projektovej činnosti každý návrh vzduchotechnickej alebo vykurovacej sústavy vychádza z veľkého množstva predpokladov, ktorých pravdivosť je podložená buď teoreticky literatúrou alebo konkrétnymi poznatkami z praxe. Sú však prípady, ktoré majú ojedinelé vstupné údaje, alebo pri ktorých sa aplikuje systém vetrania, klimatizácie alebo vykurovania, ktorý je zatiaľ svojím spôsobom niečím novým, ešte neovereným. Veľa krát sa v takýchto prípadoch stáva, že ich zrealizovaním sa nedosiahnu projektantom vypočítané, resp. predpokladané parametre vnútorného prostredia. Všetky ďalšie úpravy a opravy bohužiaľ už len predstavujú navýšené investičné náklady oproti pôvodným [1]. Počítačová analýza na zadanom modeli halového objektu predstavuje pri riešení tohto problému veľký prínos. Vďaka nej možno overiť, či navrhovaná sústava prinesie alebo neprinesie očakávaný efekt vo vytvorení tepelnej pohody človeka v jeho pracovnej oblasti a či vytvorenie tohto „komfortu pre človeka“ nebude na úkor príliš vysokej spotreby energie [3].

2 PRINCÍP SPOLUPRÁCE DVOCH SÚSTAV

Sálavá vykurovacia sústava je navrhnutá na krytie tepelných strát v zimnom období. Zavesené sálavé panely dodávajú tepelnú energiu vykurovanému priestoru prevažne sálaním (70 %). Sálavá zložka zohrieva stavebné konštrukcie tvoriace vnútorný priestor, t. j. steny a podlahu, od ktorých sa následne ohrieva vnútorný vzduch v pracovnej oblasti človeka. Konvekčná zložka odovzdaná tepelným výkonom sálavých panelov (30 %) stúpa konvekciou (prúdením) smerom nahor do podstrešného priestoru haly, kde sa stráca v podobe tepelných strát strešnou konštrukciou. A práve toto stratové teplo možno využiť v rekuperačnej vzduchotechnickej jednotke na ohrev (resp. predohrev) čerstvého, ale chladného vonkajšieho vzduchu určeného na hygienické vetranie halového objektu. Pre hygienické vetranie je vhodný princíp vertikálneho prívodu vzduchu cez veľkoplošné výustky, ktoré sú vhodným distribučným prvkom z dôvodu ich značnej dĺžky dosahu prúdu vzduchu. Nahromadenú tepelnú kapacitu vzduchu z neutrálnej zóny a zóny energetickej náročnosti objektu využíva rekuperačná jednotka nasávaním teplého vzduchu z priestoru pod strechou prostredníctvom nasávacích prvkov (napr. jednoradová obdĺžniková výustka) [2], [5].



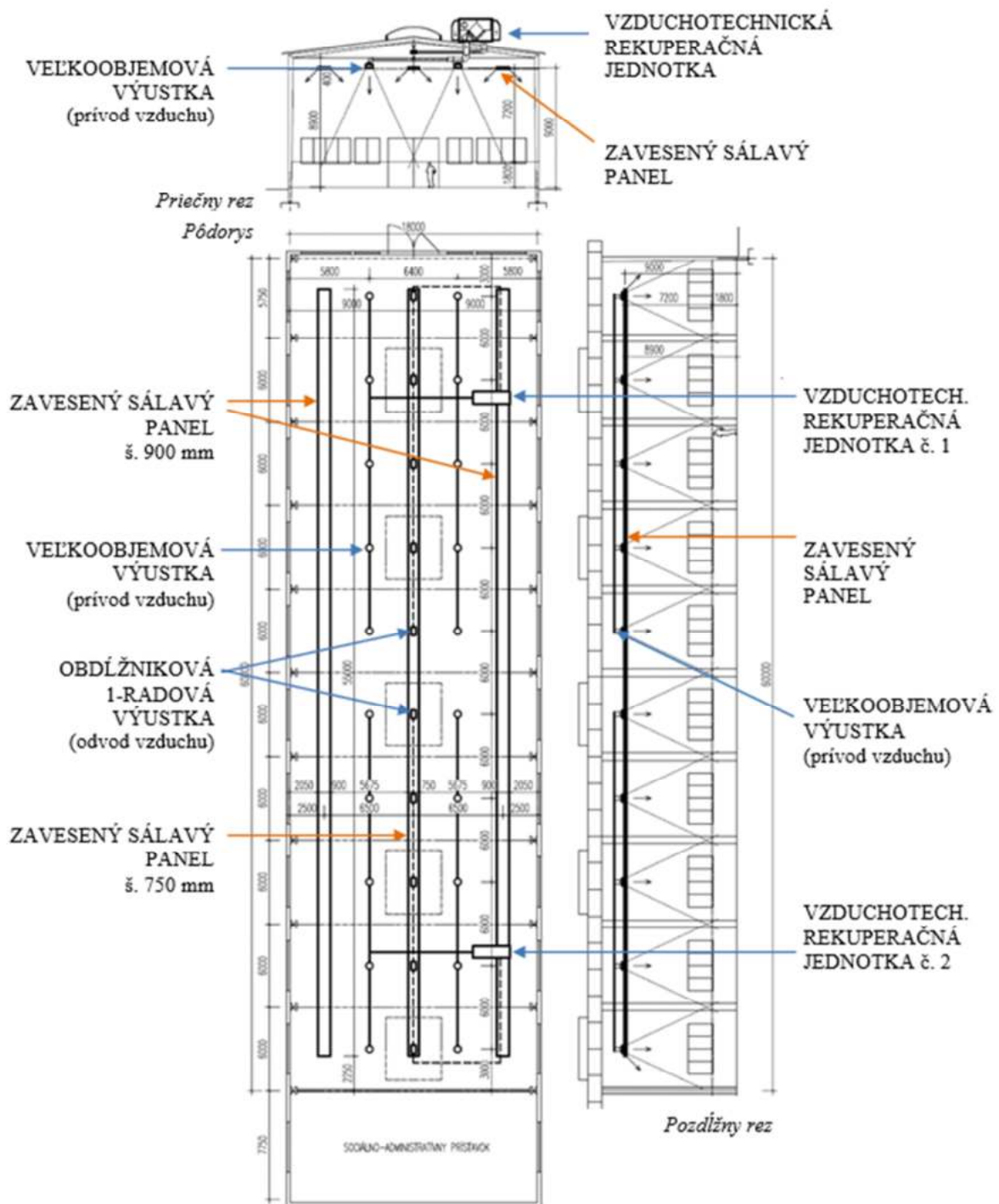
Obr. 1: Vetracia rekuperačná jednotka s centrálnym rozvodom vzduchu veľkoobjemovými výustkami

1 – rekuperačná jednotka, 2 – obdĺžniková jednoradová výustka (odvod vzduchu), 3 – veľkoobjemová výustka (prívod vzduchu), 4 – zavesený sálavý panel, 5 – vzduchovod pre odvádzaný vzduch, 6 – vzduchovod pre privádzaný vzduch, V_e – prítok vonkajšieho vzduchu, V_p – prítok privádzaného vzduchu, V_o – prítok odvádzaného vzduchu, V_{od} – prítok odpadového vzduchu, K – klapka, F – filter, SZT – spätný zisk tepla v rekuperačnom výmenníku tepla, V – ventilátor

Následne ho privádza zberným vzduchovodom do doskového výmenníka v rekuperačnej jednotke, kde vzduch odovzdá svoju tepelnú energiu nasávanému chladnejšiemu vonkajšiemu vzduchu, ktorý sa v závislosti na účinnosti rekuperačného výmenníka zohreje na prijateľnú teplotu. Ako už bolo uvedené, tento vzduch je vyfukovaný veľkoobjemovými výustkami do priestoru pod zavesenými sálavými panelmi. V tomto priestore dochádza k zmiešaniu s ešte teplejším vnútorným vzduchom a takto upravený vzduch potom pomaly klesá do zóny pracovnej oblasti človeka, kde dosahuje požadovanú vnútornú výpočtovú teplotu. Tepelnú energiu potrebnú pre dohrev vonkajšieho vzduchu z teploty za rekuperačným výmenníkom na vnútornú výpočtovú teplotu vzduchu je potrebné dodať do vykurovaného priestoru zvýšeným tepelným výkonom sálavých panelov.

3 MODEL HALOVÉHO OBJEKTU SKLADOVÉHO CHARAKTERU

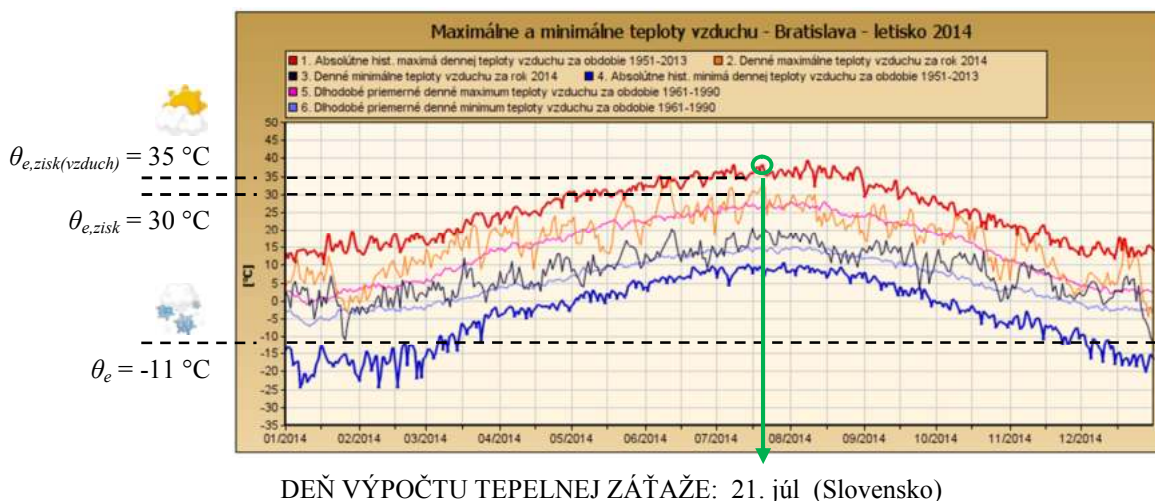
Príklad výpočtu a návrhu sústav v kombinácii hygienického vetrania so sálavým vykurovaním je aplikovaný na stavbe 1-podlažného 1-lodného samostatne stojaceho halového objektu so sociálno-administratívnym prístavkom situovaným v čele objektu. Ide o skladový charakter prevádzky s častým príjmom a výdajom tovaru. Objekt situovaný do mesta Bratislava (140 m n. m.) patrí z hľadiska typu územia do 1. teplotnej oblasti v zimnom období ($\theta_e = -11\text{ }^\circ\text{C}$), 2. veternej oblasti s rýchlosťou vetra v rozmedzí 2 až 5 m/s a do A. teplotnej oblasti v letnom období ($\theta_{e,m} = 20,5\text{ }^\circ\text{C}$).



Obr. 2: Pôdorys, priečny a pozdĺžny rez halového objektu so zakreslením kombinovanej sústavy

3.1 Definovanie parametrov vonkajšieho prostredia

Pri výpočte tepelných ziskov sa v zmysle STN 73 0548:1985 počíta s *teplotou vonkajšieho vzduchu* $\theta_e = 30\text{ }^\circ\text{C}$, no pri výpočte hodnoty tepelného zisku z prívodu vonkajšieho vzduchu je výhodnejšie uvažovať s vyššou teplotou $\theta_e = 35\text{ }^\circ\text{C}$ z dôvodu, aby aj v extrémne teplých letných dňoch bola regulácia vzduchotechnickej jednotky schopná zabezpečiť požadovanú teplotu vnútorného vzduchu $\theta_i = 26\text{ }^\circ\text{C}$, aj keď legislatíva dovoľuje pri maximálnych teplotách vonkajšieho vzduchu v letnom i zimnom období znížiť prívod vonkajšieho vzduchu krátkodobo na polovičnú hodnotu [6].



DEŇ VÝPOČTU TEPELNEJ ZÁŤAŽE: 21. júl (Slovensko)

Obr. 3: Maximálne a minimálne teploty vonkajšieho vzduchu

Zmenou intenzity slnečnej radiácie sa mení ako intenzita difúznej slnečnej radiácie, tak aj teplota vonkajšieho vzduchu θ_e (tab. 1).

Mesiac	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Teplota θ_e	-11	-5	+10	+15	+20	+25	+30	+27	+20	+10	0	-8

Tab. 1: Priemerné teploty vonkajšieho vzduchu θ_e ($^\circ\text{C}$) v jednotlivých mesiacoch [7]

3.2 Definovanie parametrov vnútorného prostredia

Z hľadiska analýzy prevádzky kombinovanej sústavy sú dôležité *teplota vnútorného vzduchu* θ_i a *relatívna vlhkosť vnútorného vzduchu* φ_i . Závazný predpis sa zmieňuje o maximálnych hodnotách pre letné ročné obdobie ($\theta_i = 26\text{ }^\circ\text{C}$) a minimálnych hodnotách pre zimné ročné obdobie ($\theta_i = 18\text{ }^\circ\text{C}$).

Mesiac	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Teplota θ_i	18	18	18 → 26		26	26	26	26 → 18		18		
Vlhkosť φ_i	30 až 70											

Tab. 2: Teplota vnútorného vzduchu θ_i ($^\circ\text{C}$) a relatívna vlhkosť vnútorného vzduchu φ_i (%)

4 PREHĽAD ENERGETICKÝCH BILANCIÍ V JEDNOTLIVÝCH MESIACHOCH

Energetická bilancia vo všeobecnosti vyjadruje pomer medzi príjmom a výdajom energie. Z hľadiska prevádzky stavebného objektu sa sleduje vzájomný pomer medzi tepelnou záťažou $\Phi_{záťaž}$ a tepelnými stratami Φ_{straty} . Svoje maximá dosahujú počas letnej a zimnej prevádzky, no v opačnom pomer, t. j. počas letnej prevádzky je záťaž maximálna a straty minimálne až nulové; počas zimnej prevádzky je tomu naopak. V prechodných ročných obdobiach (jar, jeseň) sa tieto dve hodnoty k sebe približujú. Pri meniaci sa teplote vonkajšieho vzduchu sa požadovaná teplota vnútorného vzduchu dá dosiahnuť len pri dodaní vyrobenej energie v podobe tepla a chladu. Pokiaľ sa množstvo energie spotrebovanej rovná množstvu energie dodanej, potom je energetická bilancia vyvážená [1], [4]. Postupne pre jednotlivé mesiace boli dosadením zadefinovaných parametrov vonkajšieho a vnútorného prostredia vypočítané vstupné hodnoty pre výpočet celkovej energetickej bilancie, ktorých výsledky sú uvedené v nasledujúcej tabuľke:

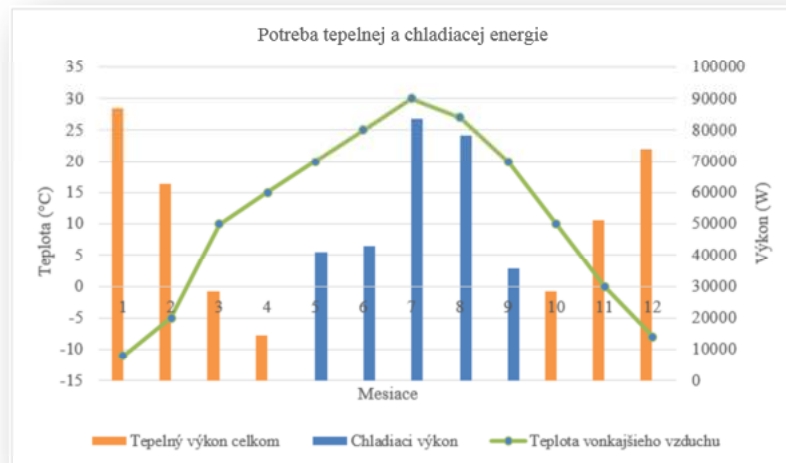
	zima		jar			leto			jeseň			zima
Mesiac	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Vypočítané hodnoty energetickej bilancie												
Tepelné zisky Φ_{ziskv} (W)	0	0	34050	38417	40842	38460	38630	36403	34467	29336	0	0
Tepelný zisk (vonk. vzduch) $\Phi_{e,zisk}$ (W)	0	0	0	0	0	0	43414	40953	0	0	0	0
Tepelná záťaž $\Phi_{záťaž}$ (W)	0	0	34050	38417	40842	38460	82044	77356	34467	29336	0	0
Dodaná tepelná energia _ Vykurovacía sústava (zavesené sálavé panely)												
Tepelný výkon Φ_{zsp} (W)	86326	62404	28321	14424	0	0	0	0	0	28321	51043	73523
Dodaná tepelná a chladiaca energia _ Vzduchotechnická sústava (vetracia rekuperačná jednotka)												
Teplota vzduchu (tepelný vankúš) $\theta_{i,iv}$ (°C)	19,50	20,24	21,16	21,53	20	25	26	26	20	21,16	21,92	19,45
Teplota vzduchu (za rekuperátorom) $\theta_{i,rek}$ (°C)	17	18	19	20	20	28	28	28	20	19	19	18
Účinnosť rekuperátora η_{szl} (%)	93	90	76	75	75	75	75	76	76	78	88	91
Tepelný výkon ohrievača Φ_{oh} (W)	600	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	600
Chladiaci výkon chladiča Φ_{ch} (W)	-	-	-	-	41012	42760	83580	78360	35704	-	-	-

Tab. 3: Prehľad výsledkov energetickej bilancie

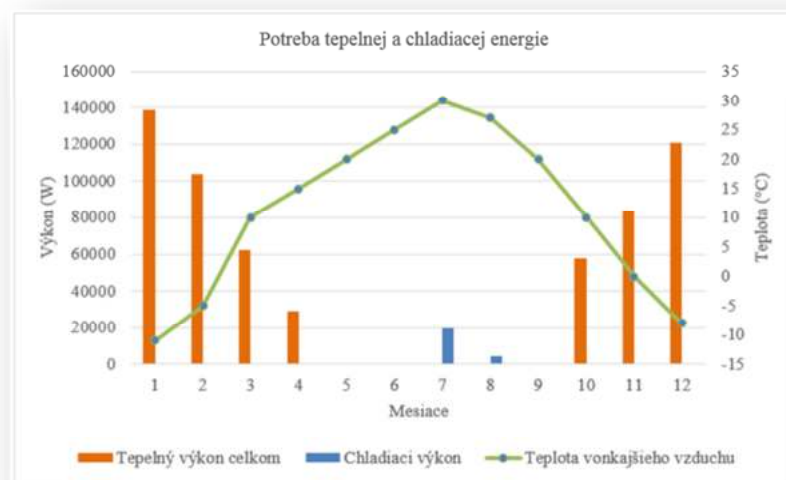
Z uvedenej tabuľky vyplýva, že vplyvom meniacej sa klímy vonkajšieho prostredia hodnoty tepelných strát a tepelnej záťaže vo vnútornom priestore halového objektu počas roka sú dosť rozdielne.

5 ANALÝZA PREVÁDZKY KOMBINOVANEJ SÚSTAVY

Cieľom analýzy prevádzky kombinovanej sústavy je zistiť, ako sa ich vzájomná spolupráca prejaví na potrebe tepelnej a chladiacej energie v porovnaní so situáciou, kedy by v halovom objekte fungovali dve samostatne pracujúce sústavy (vetranie priamovýhrevnými teplovzdušnými jednotkami + vykurovanie sálavými panelmi).



Obr. 4: Závislosť potreby tepla a chladu na teplote vonkajšieho vzduchu (kombinovaná sústava)



Obr. 5: Závislosť potreby tepla a chladu na teplote vonkajšieho vzduchu (samostatné dve sústavy)

Na základe grafických výstupov analýzy je možno konštatovať, že čísla hovoria jednoznačne v prospech kombinovanej sústavy. Svojou funkciou a vzájomnou spoluprácou dosahuje oproti vetracej sústave s priamym vetraním značných energetických úspor a zároveň pri plnení požiadaviek kladených na vnútorné pracovné prostredie.

POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] KOTRBATÝ, M. – HOJER, O. – KOVÁŘOVÁ, Z. *Hospodaření teplem v průmyslu. Nejlevnější energie je energie ušetřena*. Praha : ČSTZ, 2009. 266 s. ISBN 978-80-86028-41-5.
- [2] PETRÁŠ, D. a kol. *Vykurovanie veľkopriestorových a halových objektov*. Bratislava : Jaga, 2007. 215 s. ISBN 978-80-8076-047-2.
- [3] KABELE, K. – HOJER, O. – KOTRBATÝ, M. – SOMMER, K. – PETRÁŠ, D. *Energy efficient heating and ventilation of large halls. The REHVA guidebook No. 15*. Bruxelles : REHVA, 2011. 78 s. ISBN 978-2-930521-06-0.
- [4] KOUDELKOVÁ, D. Regulace větrání podle kvality vnitřního vzduchu. In *TZB Haustechnik*. ISSN 1803-4802, 2011, roč. 4, č. 1, s. 46-49.
- [5] BAŠTA, J. – DRKAL, F. – KOTRBATÝ, M. *Vytápění – sálavé a teplovzdušné vytápění průmyslových a občanských staveb*. Praha: STP, 1998. 220 s. ISBN 80-02-01240-2.
- [6] Nariadenie vlády SR č. 391/2006 Z. z. o minimálnych bezpečnostných a zdravotných požiadavkách na pracovisko.
- [7] <https://www.shmu.sk>