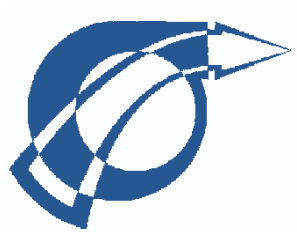




SPOLEČNOST PRO TECHNIKU PROSTŘEDÍ
ODBORNÁ SEKCE KLIMATIZACE A VĚTRÁNÍ

25. KONFERENCE KLIMATIZACE A VĚTRÁNÍ



SBORNÍK PŘEDNÁŠEK

PRAHA, 18. A 19. ŘÍJNA 2023



SPOLEČNOST PRO TECHNIKU PROSTŘEDÍ DĚKUJE ZA SPOLUPRÁCI
A PODPORU PŘI PŘÍPRAVĚ 25. KONFERENCE KLIMATIZACE A VĚTRÁNÍ 2023

GENERÁLNÍ PARTNER



PARTNEŘI





Specialista na větrání a rekuperaci tepla

novinka

Kompaktní větrací jednotky s rekuperací tepla určené k centrálnímu rovnotlakému větrání rodinných domů nebo bytů.

DUPLEX
Pro
podstropní

DUPLEX
Pro-V
nástěnné



 Dvě varianty ve třech výkonových verzích

jednotky
splňují

nová

zelená

úsporám

Přednosti jednotek

- > Velmi nízký vyzařovaný akustický výkon
- > Podstropní varianty s nízkou zástavbovou výškou
- > Výměna filtrů bez nutnosti otevírání servisních dveří
- > Splňují energetickou třídu A+
- > Připojovací hrdla bez tepelných mostů
- > Integrovaná by-pass klapka

Občanské
a průmyslové
stavby

Systémy
pro RD a byty

Školy
a školky

Větrání
(velko)kuchyní

Centrální
systémy větrání

www.atrea.cz



Specialista na větrání
a rekuperaci tepla

www.atrea.cz



DUPLEX Inter-H

► **Nejtišší školní jednotka na trhu**
akustický tlak 29 dBA při průtoku 650 m³/h

► **Odpadá náročný odvod kondenzátu!**

► Předehřívač v ceně jednotky

► Průtok vzduchu až 1100 m³/h

► Čidlo CO₂ v ceně jednotky

► 4 varianty polohy hrdel

NOVINKA

Dvě výkonové verze
podstropních jednotek

DUPLEX 770 a 1000 Inter-H.



Systémy
pro RD a byty



Občanské
a průmyslové
stavby



Školy
a školky



Větrání
(velko)kuchyní



Centrální
systémy větrání

OBSAH

MODERNÍ BYTOVÁ VĚTRACÍ JEDNOTKA S TERMOELEKTRICKÝM VÝMĚNÍKEM.....	7
Ing. Daniel Adamovský, Ph.D. ¹ , Ing. arch. Vojtěch Mazanec, Ph.D., ² Ing. arch. Martin Kny, Ph.D. ¹ , Ing. Pavel Mlejnek, Ph.D. ¹ , Ing. Aleš Vodička ¹ , Ing. Jan Vítouš ¹	7
VYTÁPĚNÍ HAL VČERA, DNES A ZÍTRA.....	14
Ing. Richard Beber ¹ , Milan Trs ²	14
SNÍŽENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI ODVLHČENÍ VZDUCHU V LETNÍM OBDOBÍ.....	21
Petr Berka.....	21
SOUBĚŽNÉ VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ BYTOVÝCH OBJEKTŮ – POZNATKY Z PRAXE	25
Ing. Vladimír Galád	25
REGULÁTORY PRŮTOKU VZDUCHU: JAKÉ, ČÍ A PROČ?	31
Vojtěch Harok, Jan Koszty	31
ÚSPORY TEPLA PŘI VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ PRŮMYSLOVÝCH HAL.....	35
Ing. Ondřej Hojer, Ph.D.	35
POROVNÁNÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI PODAVAČŮ PNEUMATICKÝCH DOPRAV	40
Ing. Iva Hornořová ¹ , Ing. Petr Rayman ²	40
VNITŘNÍ NETĚSNOST VĚTRACÍ JEDNOTKY A JEJÍ VLIV NA TEPLOTNÍ ÚČINNOST	47
Ing. Jaroslav Chlup	47
REGULACE PARAMETRŮ PŘÍVODNÍHO VZDUCHU U ZAŘÍZENÍ PRO ÚPRAVU VZDUCHU – PROVOZNÍ ZKUŠENOSTI.....	53
Ing. Karel Matějček	53
POKROČILÁ DISTRIBUCE VZDUCHU PRO TVORBU KVALITNÍHO VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ A MOŽNOSTI ÚSPORY ENERGIE.....	59
Ing. arch. Vojtěch Mazanec, Ph.D.	59
VLIV KLIMATICKÝCH ZMĚN NA NÁVRH SYSTÉMŮ TECHNIKY PROSTŘEDÍ	68
Ing. Jiří Petlach st.....	68
VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ STAVEB – ZMĚNY V HYGIENICKÉ LEGISLATIVĚ	71
Lenka Prokůšová Zuská ¹	71
ČISTITELNOST SYSTÉMŮ VĚTRÁNÍ S REKUPERACÍ TEPLA V RODINNÝCH DOMECH Z POHLEDU PRAXE.....	72
Ing. Pavla Skalická.....	72
ČIŠTĚNÍ VZDUCHOTECHNIKY V PRŮMYSLOVÝCH A ADMINISTRATIVNÍCH BUDOVÁCH.....	75
Michal Sobotka, Dalimil Petrlák.....	75
NOVELA NAŘÍZENÍ Č. 517/2014 O FLUOROVANÝCH SKLENÍKOVÝCH PLYNECH.....	82
Mgr. Štěpán Stojanov.....	82
DECENTRÁLNE VS. LOKÁLNE VETRACIE JEDNOTKY S REKUPERÁCIU TEPLA	86
Zuzana Straková ¹ , Júlia Marková ² , Tomáš Strenk ¹	86
POTENCIÁL GLOBÁLNIHO OTEPLOVÁNÍ A SYSTÉMY TZB	92
Ing. Zuzana Veverková, Ph.D.	92
NOVÉ GENERACE VĚTRACÍCH JEDNOTEK S REKUPERACÍ TEPLA PRO RODINNÉ DOMY A BYTY.....	98
Ing. Luděk Špidla.....	98
ZVLHČOVÁNÍ VZDUCHU NENÍ JEN O OSOBNÍM KOMFORTU, PRŮMYSLOVÉ PROVOZY A ZDRAVÍ ZAMĚSTNANCŮ JEJ VYŽADUJE.....	103
Ing. Vladimír Harazim, CSc., DREKOMA.....	103

VENTILÁTOR RADICAL 2 ZAJISTÍ OPTIMÁLNÍ KLIMA PRO VAŠE BYDLENÍ.....	114
ebm – papst CZ s. r. o.	114
ROVENTO® EVO – NOVÁ GENERACE VĚTRACÍ JEDNOTKY S REGENERACÍ TEPLA A PŘENOSEM VLHKOSTI	118
ELEKTRODESIGN ventilátory, s. r. o.	118
VLHKOSTNÍ BILANCE V REZIDENČNÍCH APLIKACÍCH.....	122
Jan Buchta.....	122
NA CO TAKÉ MYSLET PŘI NÁVRHU DISTRIBUCE VZDUCHU	126
Zdeněk Příhoda	126
ZÁSADNÍ NOVINKY U MĚŘENÍ KVALITY VZDUCHU.....	131
Ing. Miloš Žáček	131
CO JE ENTALPICKÝ PROTIPROUDÝ VÝMĚNÍK?	136
RECUTECH s. r. o.....	136
VENTIAIR – KOMPLEXNÍ DODAVATEL VZDUCHOTECHNICKÝCH JEDNOTEK.....	141
VentiAir s. r. o.	141
PŘÍRODNÍ CHLADIVA A JEJICH VYUŽITÍ.....	146
Ing. Vojtěch Pulec.....	146
VZDUCHOVÉ CLONY POWERSTREAM	150
Petr Mach.....	150
TIŠŠÍ, ÚČINNĚJŠÍ NEBO VÝKONNĚJŠÍ – VENTILÁTOR FPOWLET PRO TEPELNÁ ČERPADLA.....	156
Ziehl-Abegg s. r. o.	156
ADIABATICKÉ CHLAZENÍ A VĚTRÁNÍ VYSOCE TEPELNĚ ZATÍŽENÝCH PRŮMYSLOVÝCH HAL..	157
Ing. Dušan Příbrský.....	157

MODERNÍ BYTOVÁ VĚTRACÍ JEDNOTKA S TERMOELEKTRICKÝM VÝMĚNÍKEM

Ing. Daniel Adamovský, Ph.D.¹, Ing. arch. Vojtěch Mazanec, Ph.D.,² Ing. arch. Martin Kny, Ph.D.¹, Ing. Pavel Mlejnek, Ph.D.¹, Ing. Aleš Vodička¹, Ing. Jan Vitouš¹

¹Univerzitní centrum energeticky efektivních budov ČVUT v Praze

²Katedra technických zařízení budov ČVUT v Praze Fakulta stavební
daniel.adamovsky@cvut.cz

ANOTACE

Článek se věnuje vyvinutému prototypu bytové větrací jednotky s dvojitým zpětným získáváním tepla, které je zajištěno klasickým křížovým deskovým výměníkem a výměníkem s termoelektrickými moduly. Výměník s termoelektrickými moduly zvyšuje efektivitu zpětného získávání tepla a umožňuje přiváděný vzduch ohřívat nebo chladit. V práci je představeno řešení jednotky a naměřené hodnoty dle normových postupů, prezentované výsledky ukazují přínosy větrací bytové jednotky pro budoucí reálné použití.

ÚVOD

Větrací jednotky pro nucené rovnotlaké větrání ve stavbách pro bydlení mají za úkol zajistit přívod čerstvého vzduchu do obytných místností a odvod znehodnoceného vzduchu z ostatních. Řídí tedy kvalitu vzduchu, množství škodlivin a jejich přenos bytovou jednotkou. Při provozu v otopném období vytváří větrací jednotky tepelnou ztrátu větráním, kterou má za cíl snížit výměník zpětného získávání tepla (ZZT). Jejich účinnost se v celoročním měřítku pohybuje blízko devadesáti procent [1]. Z původní tepelné ztráty zůstává přibližně o něco více než desetina. V letním období je při provozu běžné větrací jednotky do vnitřního prostředí přiváděn tepelný zisk z venkovního vzduchu a dochází tak k přehřívání místnosti.

Běžné větrací jednotky pro tento segment trhu většinou nedisponují úpravou teploty přiváděného vzduchu, jak je běžné u jiných než budov pro bydlení. Výměník ZZT umožní přiblížit teplotu přiváděného vzduchu k teplotě vzduchu ve větraném prostředí. V zimním provozu však bude stále teplotní rozdíl minimálně 2 K. V létě bude přínos ZZT prakticky zanedbatelný.

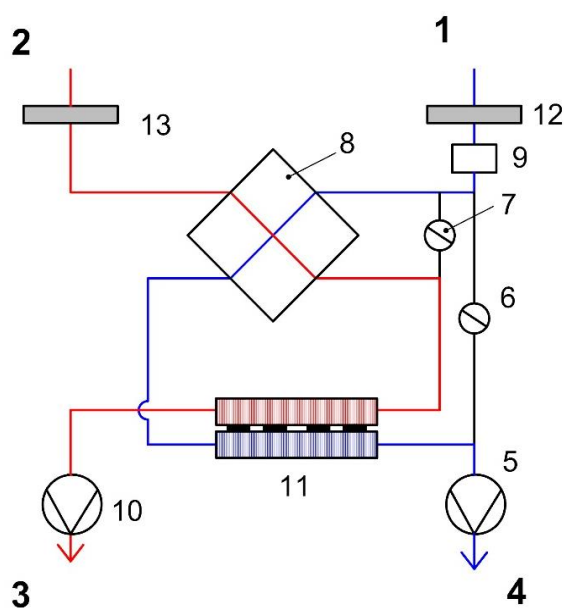
Vyvíjená větrací jednotka přináší uživatelům v této oblasti zlepšení. Umožňuje řídit teplotu přiváděného vzduchu při větrání. Nevyžaduje podporu otopné ani chladicí soustavy. Nepracuje s kompresorem ani s chladivem a nezatěžuje uživatele vysokými náklady. Z pohledu nakládání s energií nabízí navíc zvýšení účinnosti zpětného získávání tepla v otopném období sekundárním ochlazováním odváděného vzduchu. V letním období větrací jednotka zajišťuje větrání vnitřních prostor, aniž by tím docházelo ke zvyšování tepelné zátěže místností.

POPIS TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ

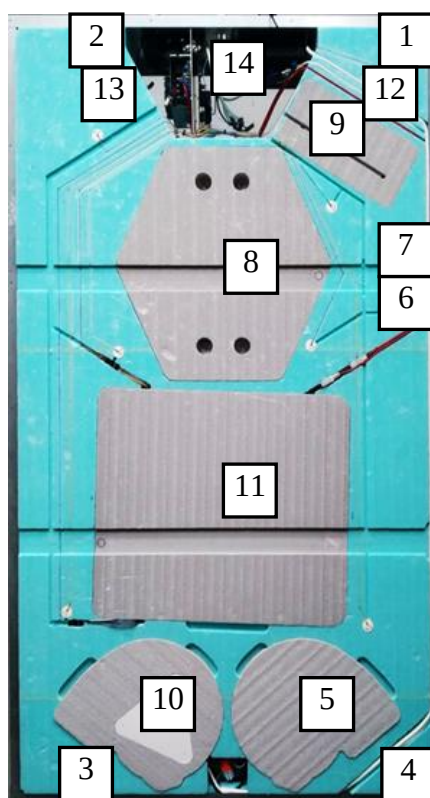
Řešená větrací jednotka s termoelektrickými moduly je vyvíjena pro větrání bytu. Bytová větrací jednotka představuje zařízení vybavené zpětným získáváním tepla (ZZT) a výměníkem s termoelektrickými moduly (dále označovanými TEM) pro řízení teploty přiváděného vzduchu bez nutné podpory jiných systémů TZB (vytápění a chlazení). Popsaný prototyp je vybaven také kontrolérem pro ovládání jednotlivých aktivních komponent jednotky pro vyčítání dat ze senzorů v jednotce i senzorů k jednotce připojených externě a obsahující základní algoritmus řízení jednotky.

Hlavními komponenty větrací jednotky jsou:

- Deskový výměník zpětného získávání tepla, částečně protiproudý s účinností min. 85 % (při 105 m³/h, 50 Pa).
- Inovativním prvkem v celé sestavě je aktivní výměník složený z hliníkových „hřebenových“ profilů. Na něm jsou pravidelně rozloženy termoelektrické moduly (TEM) v počtu 12 ks. Výměník je osazen pro experimentální ověření osmi teplotními snímači.
- Použité ventilátory jsou s EC motorem, ventilátory disponují senzory pro měření průtoku, teploty, vlhkosti aj. a jsou schopny pracovat v režimu konstantního objemového průtoku.
- Plynule řízené klapky zajišťující zvýšení účinnosti větrací jednotky. V bytové jednotce jsou dvě klapky. Jedna (6) zajišťuje obtok výměníků pro přivedení čerstvého vzduchu bez jakékoliv další úpravy. Druhá klapka (7) slouží pro směšování proudů vzduchů za účelem zvýšení účinnosti při ochlazování teplé strany výměníku.
- Kontrolér řízení. Sestava se skládá z napájecího zdroje, výkonové a řídicí desky elektroniky. Řídicí deska prostřednictvím vyvinutých algoritmů zabezpečuje řízení celé jednotky. a je vybavena LAN, WIFI a RS485 rozhraními pro komunikaci s okolními zařízeními PLC, inteligentním senzorem, termostatem aj.



Obr. 1 Blokové schéma jednotky



Obr. 2 Rozmístění funkčních bloků v jednotce

Legenda k Obr. 1 a Obr. 2:

1 – sání venkovního vzduchu ODA
2 – sání odváděného vzduchu ETA
3 – výfuk odpadního vzduchu EXH
4 – přívod čerstvého vzduchu SUP
5 – ventilátor čerstvého vzduchu
6 – klapka obtoku výměníků
7 – plynule řízená směšovací klapka

8 – výměník zpětného získávání tepla
9 – elektrický předehřev
10 – ventilátor odváděného vzduchu
11 – výměník s TEM
12, 13 – filtry na vstupu do jednotky
14 – sestava elektroniky

Jednotka je vybavená chráněným řešením, které umožňuje zvýšení průtoku vzduchu na ochlazované straně aktivního výměníku. Cílem je dosáhnout vyššího ochlazení výměníku a zvýšení výkonu na chladicí straně. Vše funguje při zachování shody průtoků vzduchu na straně bytové jednotky.

Parametry větrací jednotky jsou:

- vzduchový výkon 40–150 m³/h
- vytápění 1000 W při 120 m³/h
- chlazení 450 W při 120 m³/h
- řízený bypass
- filtrace ISO Coarse až ePM2,5

METODIKA MĚŘENÍ

Laboratorní měření byla provedena na testovací lince, která slouží pro akreditované zkoušky zejména bytových větracích jednotek. Testovací linka zabezpečí pro experimenty průtok, teplotu a vlhkost dvou proudů vzduchu vstupujících do testované jednotky.

Experimentální postup vychází z postupu uvedeného v normách ČSN EN 308 (2022) [2] a ČSN EN 13141-7 (2021) [3]. Prvním krokem bylo řešení vnitřní a vnější těsnosti prototypu tak, aby splňovalo požadavky a omezilo vliv netěsností na měřené výkonové parametry.

V následující kapitole uvedené parametry zahrnují elektrické příkony všech zařízení, tj. ventilátorů, aktivního výměníku a jeho napájení a řízení.

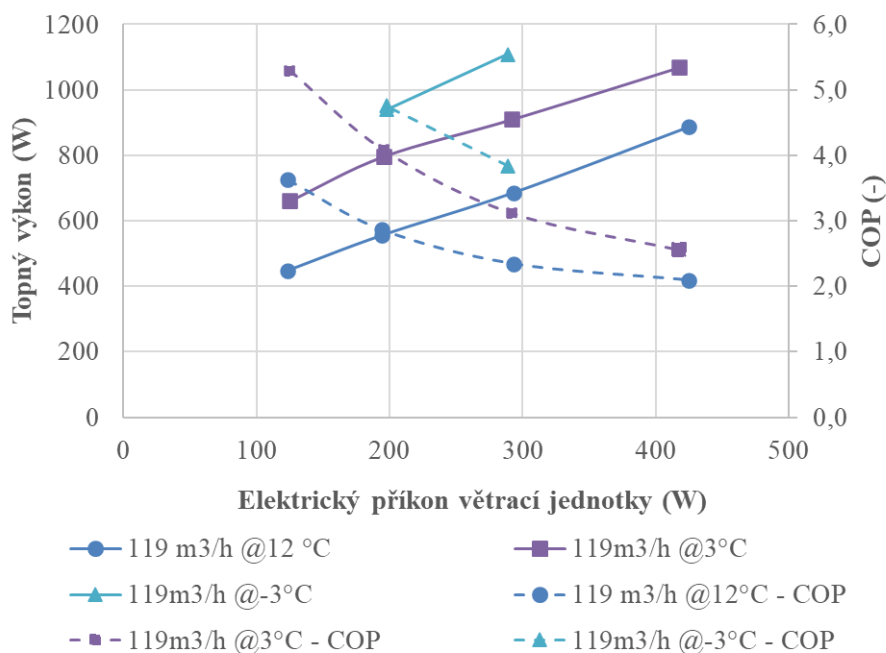
VÝSLEDKY

Výkonové parametry v zimě

V zimním provozu větrací jednotka využije výhody řízeného ohřevu přiváděného vzduchu aktivním výměníkem. Teplota přiváděného vzduchu může být až 35 °C a jednotka může podpořit vytápění v místnosti.

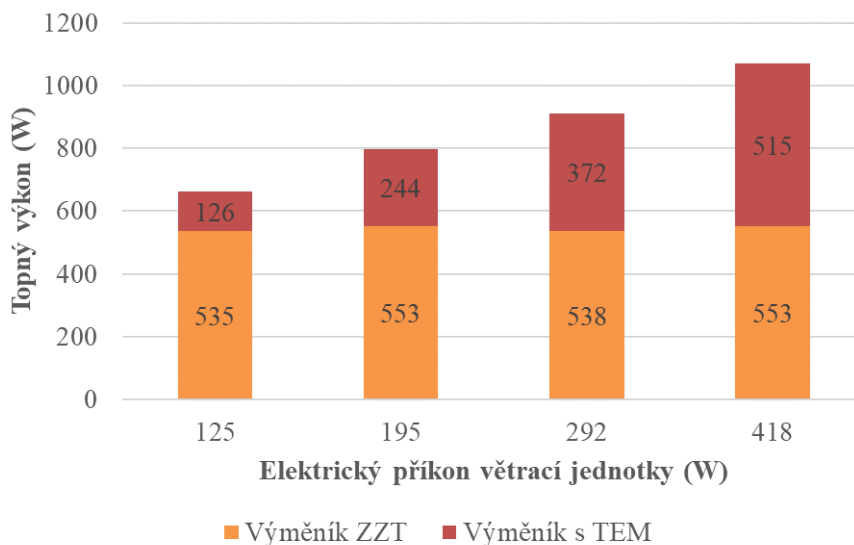
Naměřené hodnoty odpovídají průtoku vzduchu větrací jednotkou 119 m³/h. Měřené body a z nich odvozené křivky odpovídají teplotám venkovního vzduchu -3 °C, 3 °C a 12 °C. Teplota odváděného vzduchu z místnosti je v rozmezí 20,5 - 21,5 °C (obr. 3).

Možnost zvýšení topného výkonu je zajištěno pomocí termoelektrických článků a zvýšení elektrického příkonu do nich přiváděného. Termoelektrické články pracují s topným faktorem, který zajišťuje vyšší energetický a ekonomický přínos než elektrický ohřev přiváděného vzduchu. Na obr. 3 jsou znázorněny průběhy topného faktoru COP při zvyšujícím se topném výkonu, resp. elektrickém příkonu přiváděného do TEM.



Obr. 3 Parametry větrací jednotky pro zimní režim

Podíl topného výkonu větrací jednotky mezi jednotlivé výměníky zpětného získávání tepla je zobrazen ve sloupcovém grafu na obrázku obr. 4.



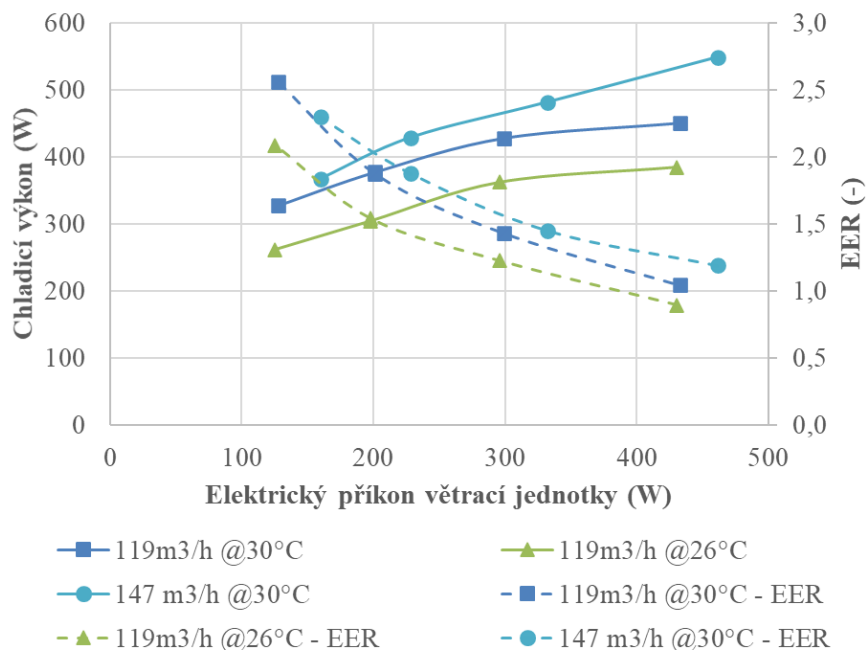
Obr. 4 Topný výkon výměníků tepla ve vzduchotechnické jednotce

Z uvedených hodnot v obr. 4 je možné spočítat účinnost výměníku s TEM, případně celé větrací jednotky. Větrací jednotka v naměřených bodech pracuje s topným faktorem COP 2 – 5,3 v závislosti na požadovaném topném výkonu.

Výkonové parametry v létě

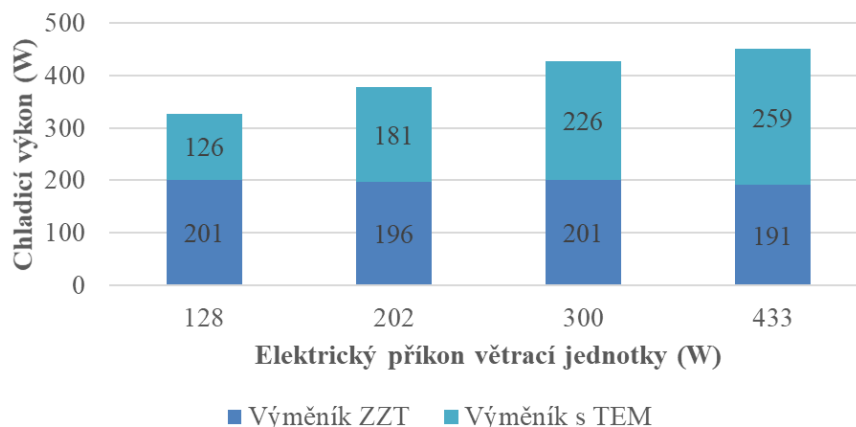
Hlavní přínos představované větrací jednotky v letním provozu je ochlazení přiváděného vzduchu a omezení tepelné zátěže větracím vzduchem. Nutno podotknout, že s ohledem na malé průtoky vzduchu nezbytné pro větrání se nejedná o klimatizační zařízení.

Naměřené hodnoty odpovídají průtoku vzduchu větrací jednotkou 119 a 147 m³/h. Měřené body a z nich odvozené křivky odpovídají teplotám venkovního vzduchu 30 °C a 26 °C. Teplota odváděného vzduchu z místnosti je v rozmezí 21,5 - 22,5 °C.



Obr. 5 Parametry větrací jednotky pro letní režim

Odpovídající chladicí výkon je vzhledem k okrajovým parametrům rozdělen mezi výměník ZZT a výměník s TEM. Rozdělení chladicího výkonu na obr. 5 je pro stav průtoku vzduchu větrací jednotkou 119 m³/h, teplotu venkovního vzduchu 30 °C a teplotu odváděného vzduchu z místnosti 22,5 °C. Zvýšení chladicího výkonu TEM je zajištěno zvýšením elektrického příkonu do TEM. Větrací jednotka pracuje s chladicím faktorem 1 – 2,6 podle potřeby chladicího výkonu získaného z TEM.

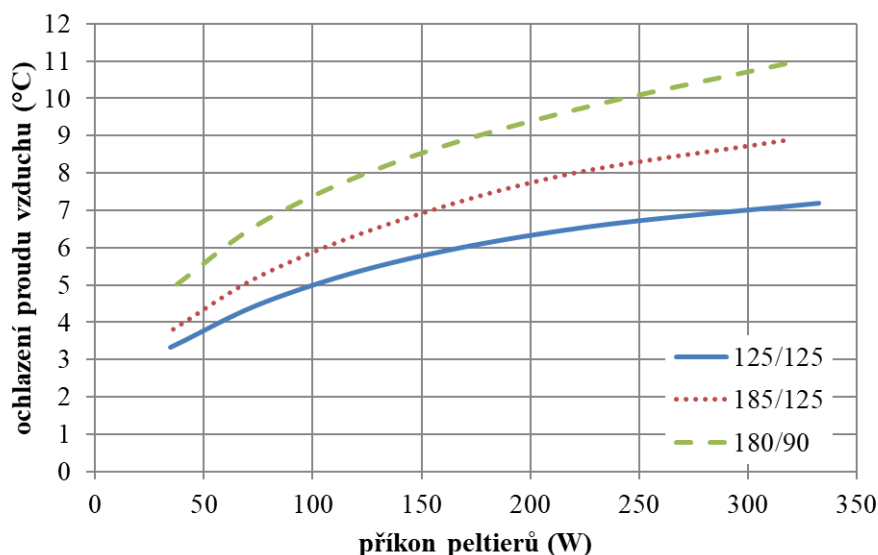


Obr. 6 Chladicí výkon výměníků tepla ve vzduchotechnické jednotce

Zvýšení výkonových parametrů v létě

Pro zvýšení chladicího výkonu výměníku s TEM je jednotka vybavena řešením, které umožňuje zvýšení průtoku vzduchu na odváděné straně, s cílem odvodu tepla z části

výměníku a zvýšení chladicího výkonu na druhé – chladicí straně. Toto řešení funguje při zachování průtoku vzduchu na straně bytové jednotky.



Obr. 7 Vliv zvýšeného průtoku vzduchu na teplé straně aktivního výměníku v režimu chlazení

Referenčním stavem pro porovnání je přiváděné množství 125 m³/h do interiéru, shodné množství vzduchu proudí přes výměník s TEM (klapka č.7 je zavřena). Tento stav je na obrázku 7 zobrazen křivkou plnou čarou. Zobrazené hodnoty odpovídají teplotním podmínkám 24 °C pro venkovní a 24 °C vnitřní teplotu odváděného vzduchu.

V případě zvýšení průtoku na odváděné straně výměníku s TEM pomocí exteriérového vzduchu (otevření klapky č. 7) na hodnotu 185 m³/h (tečkovaná křivka na obrázku 7) dojde v případě zachování stejného příkonu ke zvýšení ochlazení vzduchu až o 2 K.

ZÁVĚR

Vyvinutá inovativní větrací jednotka představuje řešení pro bytové větrání doplněné o funkci celoročního řízení teploty přiváděného vzduchu. Řešení je zajištěno díky výměníku s termoelektrickými moduly, který nevyžaduje napojení na ostatní systémy TZB a není nutné instalovat další dodatečné zařízení a obejde se bez chladivového okruhu. Výhodou absence těchto zařízení je také snížení hlučnosti zařízení, je možné ho instalovat namísto běžné větrací jednotky, bez dodatečných úprav. Větrací jednotka je vyvinuta tak, aby nárůst vnitřní tlakové ztráty aktivního výměníku nebyly vysoký, při průtoku 120 m³/h má aktivní výměník tlakovou ztrátu 50 Pa.

Větrací jednotka v zimním režimu svým topným výkonem pokryje tepelnou ztrátu větráním a může se dále podílet i na pokrytí tepelné ztráty obálky budovy. Oproti konvenčnímu ohřevu vzduchu s elektrickými ohřívači jednotka pracuje s topným faktorem > 1 a zajišťuje tak efektivnější využití dodané energie do jednotky.

Přechod mezi jednotlivými režimy zajišťuje vyvinuté automatické řízení jednotky, které na základě teplotních snímačů a nastavené regulace řídí režim větrací jednotky. Zvolení režimu vytápění nebo chlazení postačuje pouze výstupní polarita elektrického proudu do termoelektrických článků.

V letním režimu umožňuje větrací jednotka svým chladicím výkonem pokrýt tepelný zisk větrání. Vyvinuté řešení neumožňuje plně klimatizovat řešený prostor. Pro možnost zvýšení

chladičho výkonu má větrací jednotka zabudovanou říditelnou klapku pro zvýšení odváděného tepla ze teplé strany výměníku a tím zvýšení chladičho výkonu, případně zvýšení energetické účinnosti systému.

LITERATURA

- [1] H.Y. Bai, P. Liu, M. Justo Alonso, H.M. Mathisen, A review of heat recovery technologies and their frost control for residential building ventilation in cold climate regions, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 162, 2022, ISSN 1364-0321.
- [2] ČSN EN 308. Výměníky tepla – Zkušební postupy pro stanovení výkonnosti tepelně rekuperačních komponent vzduch-vzduch. 10/22. ve věstníku: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2022.
- [3] ČSN EN 13141-7. Větrání budov – Zkoušení výkonu součástí/výrobků pro větrání obytných budov - Část 7: Zkoušení výkonu příváděcích a odváděcích potrubních větracích jednotek pro nucené větrání (včetně zpětného získávání tepla). 10/21. ve věstníku: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2021.
- [4] ADAMOVSKEÝ, Daniel, Martin KNY, Vojtěch MAZANEC, Kateřina ROŠKOTOVÁ a Jan VITOUŠ. VÝVOJ LOKÁLNÍ VĚTRACÍ JEDNOTKY S TERMoeLEKTRICKÝMI MODULY PRO ÚPRAVU TEPLoty VZDUCHU. In: 23. konference Klimatizace a větrání 2019. <https://www.kvcr.cz/cz/historie>: Společnost pro techniku prostředí, 2019, s. 5-10.

SEZNAM OZNAČENÍ

<i>COP</i>	topný faktor	[-]
<i>EER</i>	chladičí faktor	[-]
<i>t</i>	teplota vzduchu	[°C]

Příspěvek byl zpracován za podpory projektu TAČR TK01020180 Inovativní větrací jednotka s termoelektrickými moduly pro řízení teploty vzduchu.

VYTÁPĚNÍ HAL VČERA, DNES A ZÍTRA

Ing. Richard Beber¹, Milan Trs²

¹GT Energy s. r. o.

²Gerotop, spol. s r. o.

beber@gt-energy.cz, m.trs@gerotop.cz

ÚHEL POHLEDU

Většina investorů halových objektů je postavena před velké množství operativy a rozhodnutí souvisejících již s projektovou přípravou a procesem povolování stavby. Netroufám si odhadnout, jakou prioritu má systém vytápění. Ze zkušenosti tuším, že málokdy bude v top ten žebříčku z pohledu investora. Větší pozornosti se vytápění, chlazení a větrání dostává díky růstu cen energie, a tedy provozních nákladů. Naštěstí či bohužel?

Pro lepší strukturování zadání můžeme rozdělit návrh na tři hlavní kritéria: ekonomické, technické a enviromentální. Zatímco v ekonomických kritériích dříve dominovaly investiční náklady, dnes se stále častěji akcentují provozní náklady a doufejme, že v budoucnu se budou investoři rozhodovat na základě podrobnějších ekonomických analýz. Zásadní technická kritéria vychází vždy z platných závazných předpisů, případně z doporučených norem či konkrétních přání investora. Nabízí se možnosti využití odpadního tepla, akumulace energie do konstrukcí či zemního masivu. Při koordinaci více profesí v rámci návrhu energetické koncepce hovoříme o integrovaném navrhování systémů TZB. Nejčastějším současným enviromentálním kritériem se stala uhlíková stopa, lépe řečeno produkce ekvivalentu emisí CO₂. Někdo raději posuzuje měrnou spotřebu energie pro vytápění, chlazení, větrání na 1 m² podlahové plochy, případně vztahuje na primární neobnovitelnou energii. Výsledkem jsou nejednotné ukazatele a celková metodika z pohledu investora. Bohužel stále nejsou k dispozici běžně použitelné a ustálené metodiky pro hodnocení celého životního cyklu budovy, které by nám umožnili spravedlivější hodnocení. Nezapomínejme, že energie na výrobu materiálu či zařízení, na jeho převoz a na následnou likvidaci tvoří desítky procent uhlíkové stopy budovy. Tato energie se dosud v průkazech energetické náročnosti budovy ani v energetických auditech a posudcích neuvažuje.

Formulace zadání

Pokud investor nemá jasnou představu o systémech TZB, měl by s projektantem projít hlavní kritéria a požadavky na vnitřní prostředí. V případě nezkušeného investora by koncepci vytápění, větrání, chlazení a přípravy teplé vody (případně dalších požadovaných systémů) měl navrhnout projektant. Nekoncepční rozdělení návrhu po jednotlivých profesích a jejich samostatného zpracovávání a marketingového tlaku na investora od dodavatelů vlastních technologií neumožňuje bez následných změn využívat synergie systémů a jejich integrovaný návrh (optimalizace teplotních spádů, denní a sezónní akumulace, aj.).

V případě, že investor chce zvážit více možností a mezi nimi si vybrat, mělo by toto být zpracováno ve variantní studii, a nikoliv v již tvořené projektové dokumentaci. Projektová dokumentace má popsat konkrétní řešení v podrobnostech dle stupně projektové dokumentace. Studie může porovnat několik variant řešení a pomoci formulovat jednoznačné zadání pro projekt.

Typickým českým zvykem je v úrovni dokumentace pro stavební povolení zvážit několik možností zdroje tepla, zpracovat „zdarma“ porovnání investičních a provozních nákladů bez ohledu na citlivost okrajových podmínek jako např. teplotní spád ve vazbě na účinnost systému, vnitřní výpočtová teplota nebo vlhkost ve vazbě na reálné požadavky budoucího

provozu, zanedbání návrhu bivalence či požadavek na nulovou uhlíkovou stopu. Výsledkem je nevyvážené ekonomické hodnocení a zmařený čas a energie na toto porovnání a nezřídka následné změny projektu před dokončením.

Nejefektivnějším způsobem zadání pro investora je odkaz na vzorovou stavbu či projekt, kde je již jasná a odzkoušená funkční koncepce, kterou lze převzít. U návrhů inovativních a netradičních řešení je vhodné zadat samostatně variantní studii energetického hospodářství.

Sportovní haly

Tento článek nemá ambici popsat specifika návrhů systémů TZB pro sportovní haly, ale přesto zmíní několik praktických zkušeností z pohledu ekonomiky. Provoz sportovních hal se vyznačuje třemi typy provozu:

- ☐ Běžný v sezóně, kdy se odehrávají tréninky a zápasy nebo je běžná návštěvnost veřejnosti. Na tento režim má být kalkulována ekonomika provozu a navrženy nejúspornější technologie.
- ☐ Režim turnajů či velkých akcí, jejichž podíl je v průběhu roku nízký až zanedbatelný, ale na toto zatížení musí být systém navržen. Pro navýšení výkonu lze použít bivalentní zdroj a pro zvýšenou spotřebu teplé vody použít v běžném provozu odstavenou akumulaci TV.
- ☐ Útlumový, nejčastěji prázdninový, který někdy umožní zmírnit okrajové podmínky. Například pokud je hala trvale v červenci a srpnu mimo provoz, mohou být nižší nároky na venkovní výpočtovou teplotu pro chlazení.

Velice důležitá je u hal se sportovním či wellness provozem bilance teplé vody a správný návrh akumulace TV a nabíjecího výkonu. Provozovatelé bazénů či saun mají většinou sledované spotřeby teplé vody a jejich analýzou lze výrazně snížit požadavky na výkon a akumulaci.

TEORETICKÉ EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

Níže budou prezentovány výsledky ekonomického hodnocení variantního řešení průmyslové haly pro lehkou montáž pro tyto zdroje:

- ☐ plynový kondenzační kotel 80 kW (při požadavku chlazení doplněný o vzduchem chlazenou blokovou chladicí jednotku 50 kW)
- ☐ tepelné čerpadlo vzduch/voda 55 kW + bivalentní elektrokotel 24 kW
- ☐ tepelné čerpadlo země/voda 55 kW + bivalentní elektrokotel 24 kW

Součástí novostavby haly je vlastní montážní hala (dominantní část) a její zázemí, sklad a administrativní vestavba. Hala má obdélníkový půdorys 25 x 74 m a výšku 7,8 m. Administrativní část v 1. a 2. NP má plochu 300 m², výrobní hala a související prostory v 1. NP 1128 m² a sklady v 1. NP 311 m².

Zadáním investora je dlouhodobé ekologicky šetrné řešení s nízkými náklady na provoz. S ohledem na lehkou práci, a tedy nízký podíl spotřeby tepla na přípravu teplé vody v průběhu roku, byla zvolena dislokovaná příprava TV pouze pro umyvadla, čímž se ušetřil velký podíl energie nutný pro cirkulaci TV. Pro možnost využít efektivně tepelná čerpadla byl navržen teplovodní topný/chladicí sálavý systém – průmyslové podlahové vytápění s teplotním spádem 40/30 °C a s možností pasivního chlazení cca 16/20 °C.

Požadavek na tepelný výkon je 76 kW, příprava TV 2,4 kW a chlazení 50 kW. Předpokládané potřeby energie jsou 150 MWh/rok pro vytápění, 5 MWh/rok pro přípravu TV a 20 MWh/rok

pro chlazení. Ceny energonositelů jsou uvažovány 3.200 Kč/MWh plynu a 6.350 Kč/MWh elektřiny vč. DPH.



Obr. 1 Hala pro lehkou montáž s administrativní vestavbou



Obr. 2 Hala pro lehkou montáž, zdroj tepla a chladu



Obr. 3 Hala pro lehkou montáž, instalace sálavého systému vytápění a chlazení

Hala bez chlazení

Z tabulky č. 1 je patrná výrazně vyšší počáteční investice do zdroje v případě využití tepelných čerpadel, ale také výrazně nižší provozní náklady. Ačkoliv nejnižší návratnost má varianta s TČ vzduch/voda, tak ekonomicky nejvhodnější variantou je TČ země/voda s nejvyšší čistou současnou hodnotou (NPV) v čase 20 let. NPV představuje peněžní přínos investice pro hodnocené období. V našem případě můžeme výsledek interpretovat tak, že TČ vzduch/voda má sice kratší návratnost, ale TČ země/voda ušetří v daném čase více peněz.

Tab. 1 Hala pro montáž – bez chlazení – ekonomické hodnocení

Varianta	IN Kč bez DPH	PN Kč bez DPH	Disk. návr. roky	NPV 20 let Kč bez DPH	Plyn MWh/rok	Elektro MWh/rok
Plynový kotel	1.938.000	597.450			192	6
TČ vzduch/voda	3.018.000	355.667	4,7	3.498.162	0	52
TČ země/voda	3.503.000	283.530	5,2	4.583.497	0	43

Hala s chlazením

V případě, že budeme v hale požadovat i chlazení, je nutné k variantě s plynovým kotlem doplnit zdroj chladu (vzduchem chlazenou chladicí blokovou jednotku), ale pro varianty TČ není potřeba nic doplňovat, protože umožňují chlazení už v základní konfiguraci. Tím se sníží rozdíl v investičních nákladech a výrazně se zkrátí návratnost.

Tab. 2 Hala pro montáž – s chlazením – ekonomické hodnocení

Varianta	IN Kč bez DPH	PN Kč bez DPH	Disk. návr. roky	NPV 20 let Kč bez DPH	Plyn MWh/rok	Elektro MWh/rok
Plynový kotel + chladičí jedn.	2.468.000	624.635			192	9
TČ vzduch/voda	3.018.000	373.739	2,8	4.261.913	0	56
TČ země/voda	3.503.000	287.642	3,6	5.626.824	0	43

Hala s chlazením při zdražení energie o 50 %

Pokud by ceny energií stouply o 50 % na 4.800 Kč/MWh plynu na 9.525 Kč/MWh elektřiny vč. DPH, pak se logicky zvýší efekt vysoké účinnosti TČ.

Tab. 3 Hala pro montáž – s chlazením – zdražení energie o 50 % – ekonomické hodnocení

Varianta	IN Kč bez DPH	PN Kč bez DPH	Disk. návr. roky	NPV 20 let Kč bez DPH	Plyn MWh/rok	Elektro MWh/rok
Plynový kotel + chladičí jedn.	2.468.000	900.264			192	9
TČ vzduch/voda	3.018.000	520.088	2,2	6.772.212	0	56
TČ země/voda	3.503.000	401.024	2,7	8.768.730	0	43

Hala s chlazením při zlevnění energie o 50 %

Pokud by se naopak ceny energonositelů snížily o 50 % na 1.600 Kč/MWh plynu a 3.175 Kč/MWh elektřiny vč. DPH, tak se sice sníží efekt vysoké účinnosti TČ, ale nezmění se celkové ekonomické hodnocení, kdy varianta TČ země/voda má nejvyšší ukazatel čisté současné hodnoty (NPV).

Tab. 4 Hala pro montáž – s chlazením – zlevnění energie o 50 % – ekonomické hodnocení

Varianta	IN Kč bez DPH	PN Kč bez DPH	Disk. návr. roky	NPV 20 let Kč bez DPH	Plyn MWh/rok	Elektro MWh/rok
Plynový kotel + chladičí jedn.	2.468.000	347.187			192	9
TČ vzduch/voda	3.018.000	227.390	4,8	1.716.310	0	56
TČ země/voda	3.503.000	173.838	6,0	2.449.613	0	43

Poznatky z hodnocení

Výsledky ekonomického hodnocení výrazně ovlivňuje, zda je pro danou halu požadavek pouze vytápění nebo vytápění a chlazení. Lze konstatovat, že pro vytápění a chlazení je vhodné použít reverzibilní TČ a plošný sálavý systém pro vysokou efektivitu systému. Pro požadavek pouze na vytápění je investice do zdroje využívajícího plyn výrazně nižší, ale při současných cenách energií je stále vhodnější použít TČ.

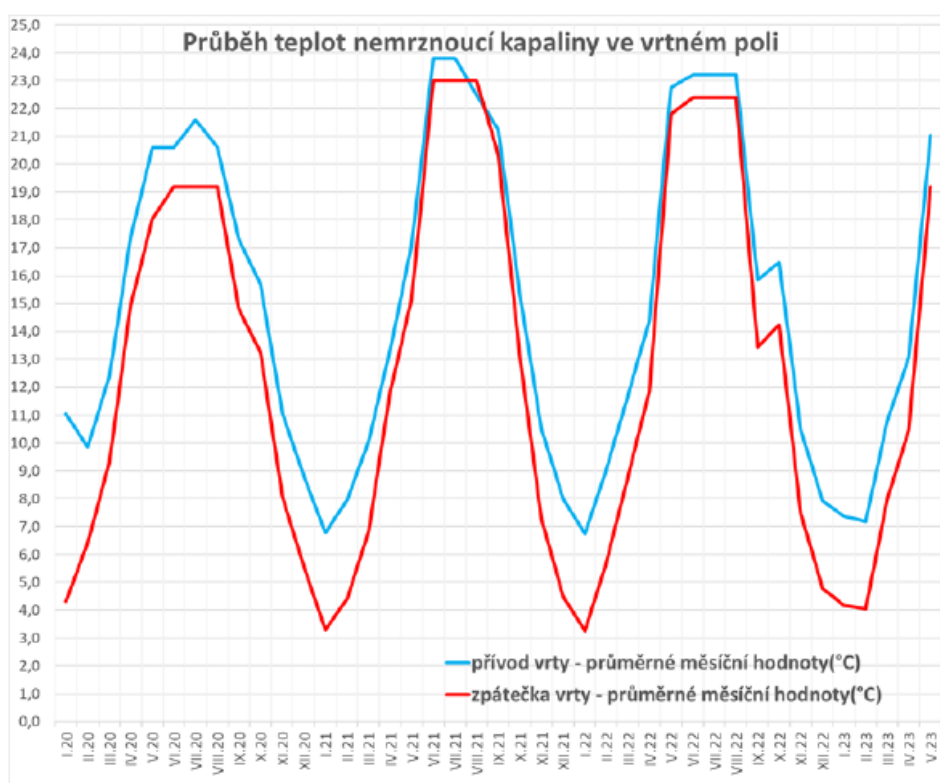
Pozn. Výjimku tvoří rekonstrukce, kde nelze snížit teplotní spád otopné soustavy a kde stále zůstávají vhodným zdrojem např. sálavé plynové zářiče či teplovzdušné jednotky.

Fluktuace cen energií nemění výsledky ekonomického hodnocení z pohledu zdrojů tepla, pouze zvyšují nebo snižují celkový přínos energeticky efektivnějšího řešení.

REÁLNÉ EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

Výše hodnocená hala je od roku 2020 v provozu s tepelným čerpadlem země/voda a je možné srovnat teoretické a reálné hodnocení provozu. Zdrojem tepla je tepelné čerpadlo IVT GEO G254 o jmenovitém výkonu 55 kW (B0/W35) a bivalentní elektrokotel 24 kW. Primární stranu TČ tvoří vrtné pole 7x125 m vystrojené sondami 4xØ32x3,0, které slouží pro vytápění a pasivní chlazení.

Prvním význačným faktorem jsou reálné teploty nemrznoucí směsi ve vrtech. Běžně se hodnotí SCOP (sezónní topný faktor) při uvažování teploty ve vrtech 0 °C. Z grafu průběhu teplot ve vrtech je patrné, že reálná hodnota v zimním období na vstupu do TČ nepodkračuje 6 °C a pro hodnocení sezónní účinnosti by bylo vhodnější uvažovat teplotu 5 °C spíše než 0 °C.



Obr. 4 Graf průběhu teplot ve vrtech (leden 2020 až květen 2023)

Dalším velice zajímavým srovnáním je energetická bilance projektovaná a reálná. Z tabulky je vidět, že reálná spotřeba tepla je o 16 % nižší než projektovaná. Toto je pravděpodobně

dáno mírnější zimou a tepelnou zátěží z provozu budovy. Výsledkem je nižší zapojení bivalentního zdroje a výrazně nižší spotřeba elektrické energie. Reálná spotřeba elektřiny je o 42 % nižší. Oproti tomu požadavek na chlazení je vyšší o 175 %, což se s ohledem na pasivní chlazení příliš neprojeví ve spotřebě elektřiny, ale má výrazný vliv na regeneraci vrtů a celkovou účinnost systému.

Tab. 5 *Projektovaná a reálná bilance energií*

	Projekt	Realita	Podíl
Potřeba tepla (MWh/rok)	150	126	84 %
Potřeba chladu (MWh/rok)	20	55	275 %
Spotřeba elektřiny (MWh/rok)	43	25	58 %

VÝHLED DO BUDOUCNOSTI

Současné technologie TZB umožňují výraznou úsporu spotřeby energie pro vytápění, chlazení a přípravu teplé vody. Je ale nutné plně využívat jejich potenciál a respektovat možnosti těchto technologií. Pro optimální využití tepelných čerpadel je nutné využívat nízkooteplotní otopné soustavy, správně dimenzovat bivalenci zdroje a případnou provozní zálohu řešit rovněž bivalentním zdrojem. Tím lze dosáhnout nízké spotřeby energie a hospodárného provozu při optimalizaci investičních nákladů.

Při správném dimenzování vrtného pole jsou teploty na primární straně TČ v reálném provozu o cca 5 K vyšší, než je běžně uváděno pro volbu COP pro sezónní hodnocení. Současná metodika hodnocení by měla být revidována s ohledem na skutečné provozní podmínky.

Mezi další potenciální úspory energií patří využití odpadního tepla nebo kombinovaná výroba tepla a elektřiny. Dnes tolik populární fotovoltaické elektrárny sice výrazně ušetří celkovou spotřebu elektřiny, ale jejich výrobní křivka se nepotkává s odběrovou křivkou zdroje tepla, a tudíž synergický efekt pro vytápění je malý.

V případě snahy o co nejnížší spotřebu primární neobnovitelné energie je potřeba zvyšovat účinnost systémů TZB jako celku, a ne pouze účinnost jednotlivých zdrojů. Využívat synergii jednotlivých systémů a neřešit každou profesi striktně samostatně. Zároveň je nutné podrobnou analýzou a formulováním zadání snižovat požadavek na celkový výkon zdroje a tím snižovat emise vázané ve výrobě, dopravě a likvidaci zařízení, což je do budoucna největší výzvou energetického hodnocení budov.

Seznam použitých zkratk

TČ tepelné čerpadlo

TV teplá voda, dříve označováno TUV

IN investiční náklady [Kč]

PN provozní náklady [Kč/rok]

disk. návr. diskontovaná návratnost [rok]

NPV 20 let čistá současná hodnota v čase 20 let od investice [Kč]

SCOP sezónní topný faktor [-]

SNÍŽENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI ODVLHČENÍ VZDUCHU V LETNÍM OBDOBÍ

Petr Berka

ANOTACE

Príspevek se zabývá popisem variant řešení na konkrétním problému vzduchotechnického systému s ohledem na klimatické podmínky a ukazuje, jaký význam mají venkovní klimatické podmínky na provoz VZT zařízení a jeho návrh.

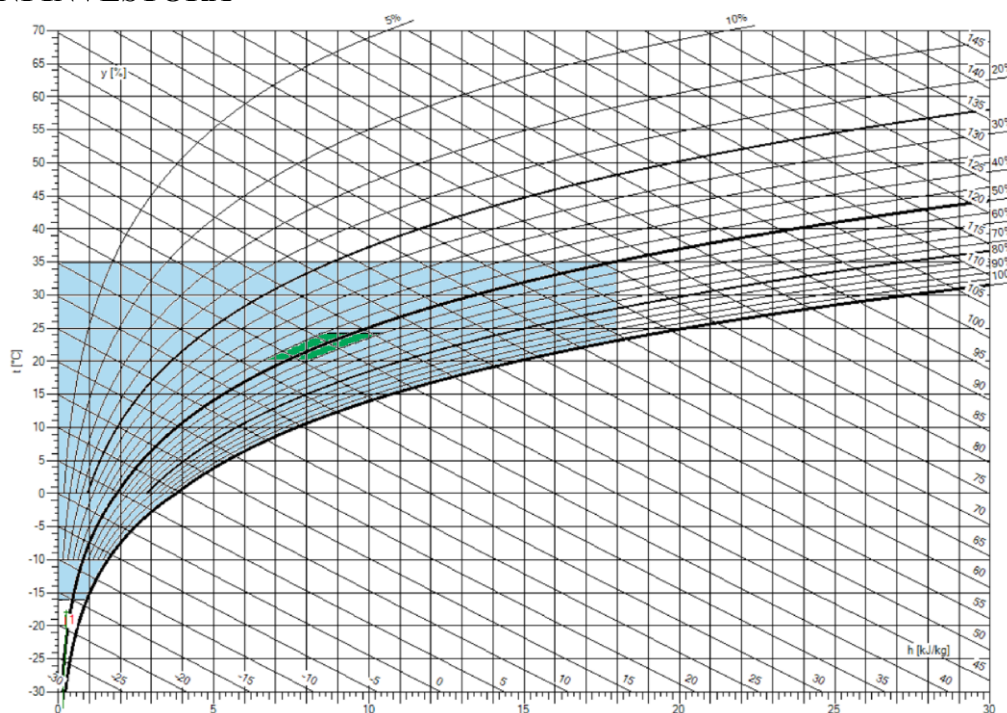
ÚVOD

V současné době je ze strany zadavatele projektu kladený velký důraz na co nejmenší eliminaci pořizovacích nákladů. S tímto požadavkem jde v ruce v ruce nutnost navrhovat VZT zařízení po stránce jeho skladby a funkcí co nejúspornější. V praxi to vypadá tak, že vzduchotechnické zařízení má umět prakticky všechno od základních úprav teploty až po řízené odvlhčování, ale zároveň s požadavkem na snížení energií.

Odvlhčení vzduchu lze dosáhnout buď kombinací mokrého chlazení a následného ohřevu, nebo využitím sorpčních výměníků. U sorpčních výměníků je však třeba materiál regenerovat a většinou se vyrábí jako rotační nebo přepínací výměníky. To však nelze v tomto případě použít kvůli problému přenosů pachů a tekavých látek rotačními rekuperátory vzhledem k použité technologii ve výrobní hale.

Musí se tedy jednat pouze o čerstvovzdušné větrání. Cílem je tedy zefektivnit kondenzační princip odvlhčení v konkrétním případě z praxe.

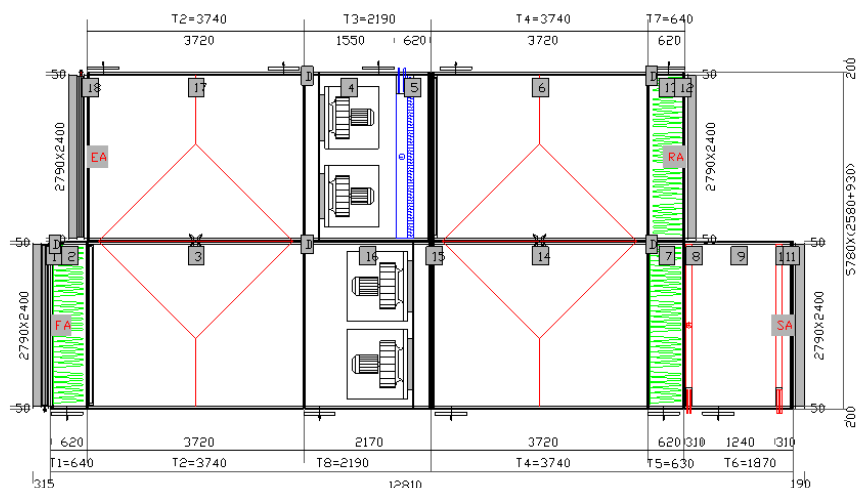
ZADÁNÍ INVESTORA



Obr. 1 Pracovní rozsah zadaný investorem, zeleně oblast ve výrobní hale, modře požadovaný rozsah teploty a vlhkosti nasávaného vzduchu

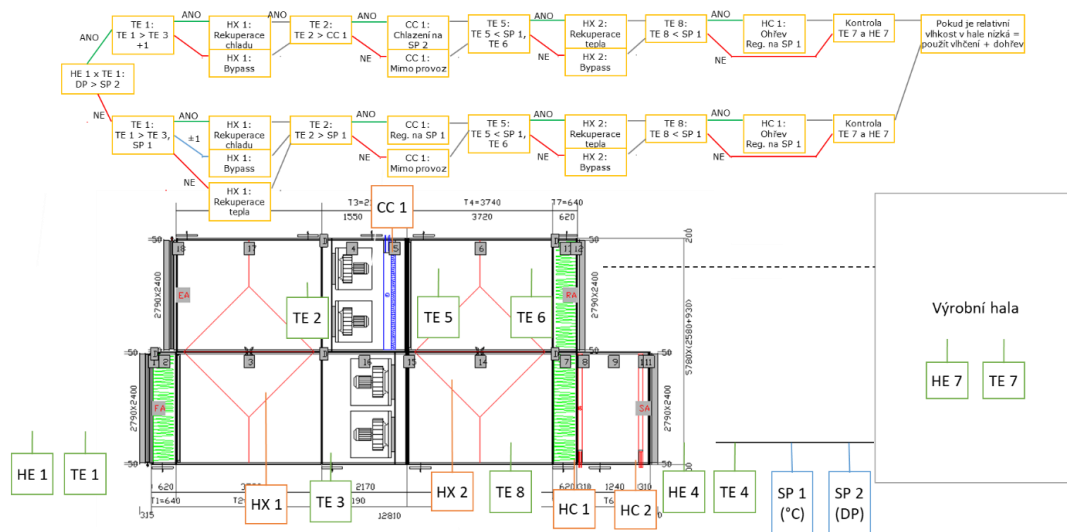
Požadavek na vnitřní mikroklima v místnosti technologie je pro teplotu vzduchu v místnosti 24 ± 2 °C, pro relativní vlhkost vzduchu 40 až 60 %. Cílem je navrhnout takovou skladbu zařízení, aby byly celoročně dodrženy požadované parametry vnitřního mikroklima, a to s co nejmenší spotřebou energií. Vzhledem k teplotním ziskům v hale od technologie je požadovaný přírodní vzduch v letním období maximálně 20 °C.

NAVRŽENÉ USPOŘÁDÁNÍ VZT JEDNOTKY



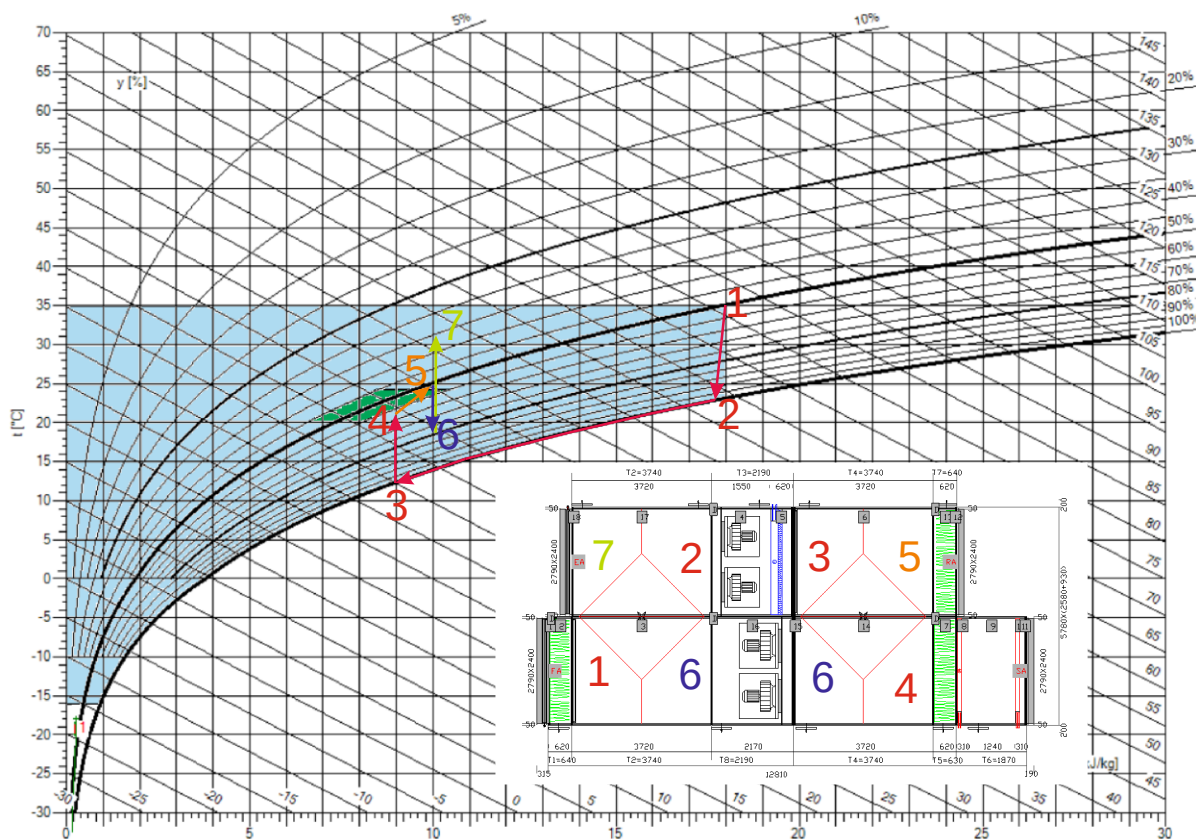
Obr. 2 Uspořádání VZT jednotky

Jednotka je navržena s dvojicí deskových rekuperátorů za sebou, mezi nimiž se nacházejí ventilátory přírodního a odvodního vzduchu a chladič. Samozřejmostí je filtrace vzduchu (přírodní filtr je se dvěma stupni). Za druhým rekuperátorem je dvojice ohřivačů, mezi nimiž se nachází zvlhčovač. Ten je kvůli velikosti a požadovanému výkonu zvlhčení navržen jako adiabatický. Vzhledem k propojení vzduchotechnické jednotky s tepelnými čerpadly (použité chladivo je NH₃), a tedy nízkému teplotnímu spádu otopné vody (59/50 °C) není možné vzduch dostatečně přehřát na potřebnou teplotu v 1 stupni před zvlhčovačem, proto jsou výměníky dva. To zároveň umožňuje jemnější regulaci teploty. V zimním období jsou oba rekuperátory provozovány stejně, tedy proti standardní vzduchotechnické jednotce s jedním rekuperátorem je zde v podstatě využita jen větší teplosměnná plocha výměníku, a tedy vyšší účinnost přenosu tepla z odpadního do přírodního vzduchu.



Obr. 3 Regulační schéma

Zato v letním období jsou rekuperátory používány jinak. Z pohledu přírodního vzduchu dochází na prvním rekuperátoru k ochlazení a případně částečnému odvlhčení přírodního vzduchu. Odvlhčení je realizováno na chladicím výměníku s vodou o návrhových teplotách 6/13 °C (vyráběnou tepelným čerpadlem). V praxi se ukázalo, že výměník pracuje s nižším teplotním spádem, 5/9 °C při podobné bilanci tepelného čerpadla. Ohřev vzduchu probíhá na druhém rekuperátoru, a to v podstatě až na požadovanou přírodní teplotu do haly. V případě nedostatku tepla je možné využít jeden z obou ohřevů, neboť jsou napojeny na kondenzační stranu tepelných čerpadel, a tedy teplo je k dispozici celoročně. Ačkoliv má investor teplo v tomto případě „zadarmo“, neboť ho musí stejně odvádět ze zdroje chladu, tedy tepelného čerpadla, je třeba k ohřevu vzduchu po odvlhčení použít deskový rekuperátor. Právě na něm totiž získává odvodní vzduch chlad, který je potřebný pro zchlazení přírodního vzduchu na prvním rekuperátoru.



Obr. 4 úprava vzduchu ve VZT jednotce

TEPELNÁ BILANCE

Při tomto uspořádání vzduchotechnické jednotky, realizované s průtokem 43000 m³/h vychází bilance následovně:

Výkon 1. ZZT = 212 kW

Výkon chladiče = 380 kW

Výkon 2. ZZT = 117 kW

Pokud by vzduchotechnická jednotka měla jen jeden rekuperátor, docházelo by při jeho využití k ochlazení přírodního vzduchu z 35 °C pouze na 28 °C, tedy přenesený výkon jen

103 kW místo 212 kW. To by zvýšilo požadavek na instalovaný zdroj chladu o 28,6 %, který by nebyl po většinu roku využit, pouze v letních extrémech.

ZÁVĚR

Z pohledu investora tak i přes vyšší pořizovací cenu vzduchotechnické jednotky je celková výše investice nižší než při použití pouze jednoho rekuperátoru. Nehledě na další úspory, generované snížením potřebného garantovaného elektrického příkonu.

Bilance s rotačními výměníky, kdy jeden z nich může být sorpční a sloužit k přenosu vlhkosti mezi přírodním a odvodním vzduchem v zimním období, a tedy dalšímu snížení energetické náročnosti, vychází ještě lépe. Navíc u rotačních výměníků je menší zástavbová délka. Bohužel v tomto příkladu z praxe je nebylo možné použít.

LITERATURA

- [1] CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. a kol. Technický průvodce větrání a klimatizace. 3. vyd. Praha: ČESKÁ MATICE TECHNICKÁ, 1993. 490 s. ISBN 80-901574-0-8.
- [2] SZÉKYOVÁ, M., FERSTL, K. a NOVÝ, R. Větrání a klimatizace. 1. české vyd. Bratislava: JAGA, 2006. 359 s. ISBN 80-8076-037-3.
- [3] GEBAUER, G., RUBINOVÁ, O., HORKÁ, H. Vzduchotechnika. 2. vyd. Brno: ERA, 2007. 262 S. ISBN 978-80-7366-091-8

SOUBĚŽNÉ VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ BYTOVÝCH OBJEKTŮ – POZNATKY Z PRAXE

Ing. Vladimír Galád

Samostatný projektant (autorizovaný inženýr v oboru technika prostředí staveb – technická zařízení) a čestný člen Společnosti pro techniku prostředí
galad@volny.cz

ANOTACE

Příspěvek vychází z praktických poznatků při provozu otopných soustav bytových domů, ve kterých je příkon tepla souběžně přiváděn jak pro hrazení tepelných ztrát prostupy tepla konstrukcemi a obecně větráním, kdy je příkon zajišťován pouze otopnými tělesy. V některých případech je instalováno umělé „odsávací“ větrání centrálním ventilátorem na střeše.

V posledních letech do stávající zástavby výrazně vstupují procesy zateplování, které je aplikováno jak na samotném plášti budovy přidanou tepelnou izolací, tak na otvorových výplních například s výměnou okenních skel za dvojskla i trojskla apod.

Do situace vstupují také individuální přístupy uživatelů bytových jednotek libovolným ovládáním zdrojů tepla (termostatické ventily) a proměnlivou produkcí škodlivin z domácích činností (vaření, pečení, kouření ...).

To vše se potom promítá do regulace, vznikají různé potíže s tím, jak řídit parametry otopné vody, která je do otopné soustavy objektu přiváděna z různých zdrojů, jako domovní předávací stanice (DPS) či vlastní kotelna atd.

Ve svém důsledku je třeba zajistit funkční parametry pro větrání a vytápění, prostě zajistit určitou kompatibilitu mezi zdrojem tepla a větracím a vytápěcím zařízením.

ÚVOD

Jak bylo řečeno, jde o sestavu vytápění a větrání, kdy otopné těleso poskytuje teplo pro proces vytápění a větrání souběžně a zajišťuje teplo pro:

- prostupy tepla konstrukcemi ovlivněné také tepelnými zisky,
- a větráním (zahrnuje všechny složky jako infiltraci, přirozené větrání okny apod.). Jde zpravidla o starší zařízení bez centrálního.

Nejdříve považuji za vhodné uvést již publikované vlivy na výkonovou bilanci otopného tělesa s doprovodným obrázkem

$$P_t = (P_p + P_v) - (P_e + P_i) \pm P_s \pm P_{ak} \quad (1)$$

kde

P_t Výkon z otopného tělesa [kW]

P_p tepelné ztráty prostupem konstrukcemi,

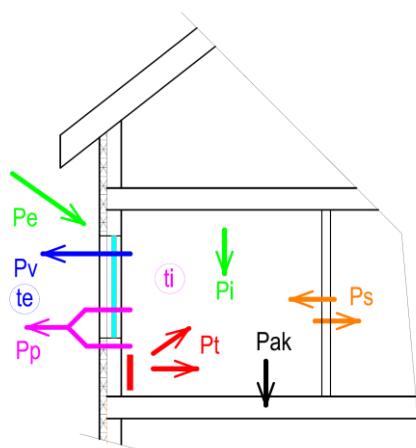
P_v tepelné ztráty větráním,

P_e tepelné zisky z exteriéru,

P_i tepelné zisky z interiéru, také od potrubí stoupaček

P_s tepelné zisky od sousedů či sousedních místností uvnitř bytu,

P_{ak} kladná nebo záporná akumulace konstrukcí a vybavení místnosti.



Obr. 1 Obrázek ilustruje tepelné toky z a do místnosti.

Rovnice a obrázek dokumentují, že na okamžitý výkon otopného tělesa působí řada vlivů, z nichž některé mají za důsledek snížit příkon tělesa a jiné naopak. Teprve součtový výsledek kladných a negativních energetických vlivů na tepelnou bilanci v místnostech je požadavkem na okamžitý výkon tělesa.

Z tohoto důvodu není jedno, jestli je těleso naprosto stejné velikosti (určené výpočtem podle tepelných ztrát místnosti) umístěno například na severní straně, či naopak. Například i při stejných vnitřních tepelných ziscích z domácí činnosti nemusí mít při oslunění potřebu stejného příkonu. V každém období otopové sezony má oslunění významný vliv na příkon tepla. Potom je logické, že nemůžeme parametry otopné soustavy řídit podle vypočítaných parametrů na stav bez tepelných zisků. Tyto skutečnosti vyžadují individualizaci regulace v místnostech, což je v současné době řešeno termostatickými hlavicemi na otopných tělesech.

Pro projektovaný návrh výkonu zdroje tepla je důležité souhrnné řešení bilanci ve výpočtovém stavu podle oblastních teplot venkovního vzduchu. Tímto řešením jsou určeny konstrukční prvky a dimenze, aby soustava byla schopna poskytovat dostatek tepla v projektovaných mezích.

Aby bylo zajištěno efektivní využití tepla s vysokou účinností, musí být celá soustava nejen dostatečně dimenzována, ale v praxi také účinně a dynamicky regulována, neboť kterékoliv tepelné zisky snižují (omezují) potřebu tepla a tím snižují projektovaný příkon, který je zpravidla neefektivně regulován pouze pomocí ekvitermní regulace.

BILANCE A HODNOCENÍ BUDOVY PODLE PENB

PENB je třeba považovat za výchozí podklad nejen pro hodnocení energetické náročnosti budovy, ale i pro energetický management, který nemá za úkol zajišťovat pouze plnění závěrů k nápravným opatřením. Základním úkolem je také hospodárně řídit zdroje tepla, distribuci a sdílení tepla do prostoru, pokud možno, podle výše uvedené bilance příkonů tepla v místnostech (rovnice (1)).

Prvním problémem nekvalitního řízení spočívá v ekvitermní regulaci, která pracuje s pevnými vepsanými otopovými křivkami do regulátoru. Tím systém reaguje jen na měřenou teplotu venkovního vzduchu ve stínu, a proto není tento systém schopen reagovat na tepelné zisky. Proto nesnižuje potřebu tepla z otopné soustavy. Ekvitermní křivka udržuje soustavu na předepsaných parametrech bez ohledu na zisky => poskytuje naprosto nadbytečný příkon.

Druhým problémem nekvalitního řízení bývá téměř vždy fakt, že vypočítané příkony tepla pro ohřev vzduchu pro větrání jsou dány množstvím větracího vzduchu, například průměrnou intenzitou výměny vzduchu $i = 0,3 \text{ h}^{-1}$ (*konkrétní hodnotu je třeba vypočítat podle předepsaných hygienických individuálních limitů, ale v následujících úvahách bude používán uvedený průměr*).

Je zcela logické, že v době nepřítomnosti v bytě obyvatelé nevětrají a současně nejsou ojedinělé případy, že zcela uzavírají otopná tělesa => snižuje se výkon tělesa. Naopak bývá řada obyvatel, kteří jsou prakticky trvale v bytě. Z těchto důvodů lze na tyto změny příkonů reagovat pouze poněkud statisticky, což bez průběžného měření teplotních a průtokových parametrů na vstupu do objektu nelze odhadovat, a také „poznat“ charakteristiku chování v domě, aby bylo možno při regulaci co nejblíže fyzikální potřebě reagovat.

Mohu předeslat, že se praxe směřuje s minimálním, až téměř žádným větráním, které ovlivňuje uživatel bytu. Skutečnost se blíží spíše nějakému stupni infiltrace či nepatrnému větrání. Měřením lze prokázat, že intenzita výměny vzduchu vychází i na velmi nízké hodnoty, tj $i < 0,05$ (cca $1/6$ z $0,3$). Orientačně mezi $i = (0,1-0,15) \text{ h}^{-1}$. Nucené větrání (pokud bylo instalováno) bývá mimo provoz.

Co z toho plyne? Jednoduše řečeno, že se sníženým větráním snižuje potřebný příkon => soustava nepracuje s projektovanými parametry a předem vypočítaná otopová křivka, která je nastavena v regulaci, potom neodpovídá správným fyzikálním parametrům podle projektu. Individuální stav vytápění a větrání v místnosti je proto závislý na uživateli, který si nastavuje teplotní stav nastavením termostatické hlavice.

Výraznější změny parametrů nastanou po zateplení objektu, kdy klesají tepelné ztráty prostupy tepla, ale i částečně větrací výkon, pokud jsou vyměněny výplně otvorů (například okna) s lepším těsněním. Potom se významně změní vzájemný poměr tepla potřebného pro krytí tepelných ztrát prostupy vůči větrání.

V zatepleném objektu se potřeba tepla větráním prakticky nezmění (stejný objem), ale potřeba prostupy konstrukcemi klesne. Podíl energie pro větrání na celkovém potřebném příkonu se relativně zvýší kvůli poklesu tepelných ztrát pro vytápění.

V PENB je uváděn tepelný tok prostupy tepla jako hodnota $H_{T,j}$ v jednotkách [W/K].

Teplotní spád je dán rozdílem výpočtové teploty vnitřního (t_i) a venkovního (t_e) vzduchu

$$\Delta t = (t_i - t_e). \quad (2)$$

Obdobným způsobem lze pro stejný teplotní spád vypočítat i tepelný tok větráním $H_{V,j}$ z potřebného tepla (*tato hodnota nebývá uváděna v PENB, ale lze ji z objemu a výpočtových parametrů vypočítat*).

Potom je výsledný tepelný tok ve vytápěném a větraném objektu součtem obou toků a z toho lze určit podíly jednotlivých složek.

$$H_{TV,j} = H_{T,j} + H_{V,j} \quad (3)$$

Výpočet toků umožňuje zjišťovat vliv omezení potřebného příkonu do tělesa, když uživatel přestane větrat, případně jak se ovlivní teplota vnitřního vzduchu, když těleso poskytuje plný výkon a uživatel přestane větrat => zvýšení teploty vnitřního vzduchu.

PRAKTICKÝ PŘÍKLAD

Budova s výpočtovými teplotami $\Delta t = (t_i - t_e) = 20 - (-12) = 32 \text{ K}$

Výkon instalovaných těles $P_{ti} = 717 \text{ kW}$

Tepelné ztráty prostupem po zateplení $P_p = 188 \text{ kW}$

Využití instalovaných těles po zateplení $\phi = 188/714 = 0,2622 (\approx 26,22 \%)$

Tepelné ztráty větráním při $i = 0,3 \text{ h}^{-1}$ $P_{v03} = 86 \text{ kW}$

Tepelné ztráty po zateplení celkem $P_{c03} = 274 \text{ kW}$

Tepelný tok prostupem tepla $H_{T,j} = 5,875 \text{ kW/K}$

Tepelný tok větráním $H_{V,j} = 2,688 \text{ kW/K}$

Celkový tepelný tok $H_{TV,j} = 8,563 \text{ kW/K}$

Podíl $H_{T,j} / H_{TV,j} = 5,875/8,564 = 0,6860 (\approx 68,6 \%)$

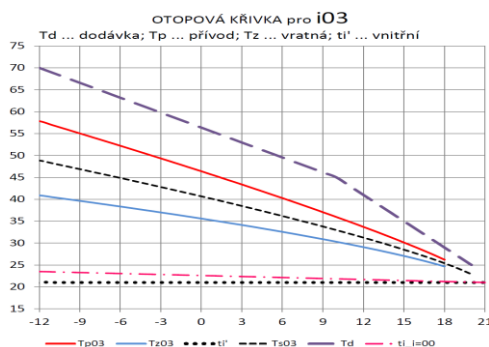
Podíl $H_{V,j}$ je $(100 \% - 68,6 \%) = 31,4 \%$

Pokud bude do soustavy distribuován celkový výkon $P_{c03} = 274 \text{ kW}$ (určeného pro větrání a prostupy) a nebude větráno, potom se celý výkon využije na zvýšení teploty vzduchu v místnosti. Při prostupu tepla konstrukcemi je $H_{T,j} = 5,875 \text{ kW/K}$ a z toho bude potom vypočítaný teplotní rozdíl $\Delta t = P_{c03} / H_{T,j} = 46,6 \text{ }^\circ\text{C}$. Z rovnice (2) obdržíme teplotu vnitřního vzduchu $t_i = 46,6 + (-12) = 34,6 \text{ }^\circ\text{C}$. Takový stav v praxi nenastává, jelikož je příkon tepla do místnosti omezován obsluhou (nebo automaticky termostatickou hlavicí) a také téměř vždy existuje určitý stupeň infiltrace, která „spotřebuje“ část tepla. Takto vzniká přebytek příkonu tepla a uživatelé si tím zvyšují teplotní komfort, často i na $t_i = (24\text{--}27) \text{ }^\circ\text{C}$, což je nadstandard se zvýšenou spotřebou tepla o cca 20 % ($\pm$).

OTOPOVÉ KŘIVKY A REALITA

Jak bylo zmíněno, je třeba pro každou budovu vypočítat otopovou křivku pro regulaci parametrů otopné vody. Také však jsou výše popisovány stavy, kdy se vlivem tepelných zisků a obsluhou uživateli místností zasahuje do projektovaného příkonu tepla, který má sdílet jedno těleso souběžně pro vytápění a větrání. V příkladu je patrný i rozdíl výkonu všech instalovaných těles a jejich využití po zateplení. V mnoha případech se podle stupně zateplení využití výkonu těles pohybuje od uvedených cca 26 % do cca 60 %. Aby byla pokud možno zachována konstrukce otopné soustavy ve stavu před zateplením, musí nutně dojít k zásadní úpravě parametrů otopné vody $\approx$ výrazné snížení střední teploty otopné vody, což má vliv i na konvektivní složku sdílení tepla a tedy i na samotné proudění vzduchu v místnosti.

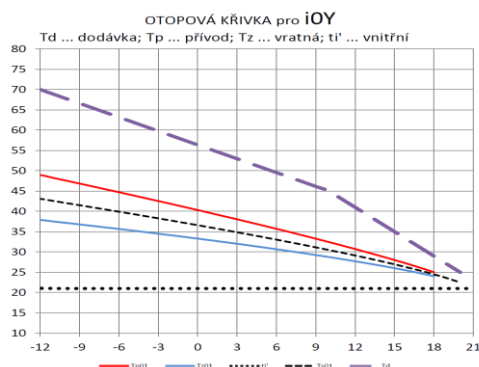
V daném konstrukčním provedení a podle stupně zateplení je tzv. ideální otopová křivka podle následujících grafů, tj. pro intenzitu $i = 0,30 \text{ h}^{-1}$ a $i = 0,05$ na druhém grafu.



Obr. 2 Nejvyšší čárkovaná křivka horního grafu ukazuje ekvitermní křivku dodavatele tepla (začíná na $70 \text{ }^\circ\text{C}$ a končí na $25 \text{ }^\circ\text{C}$ při venkovní teplotě $20 \text{ }^\circ\text{C}$). Zde je dodavatelská teplota cca o $12 \text{ }^\circ\text{C}$ vyšší, než je fyzikálně zapotřebí).

Tečkovaná křivka ukazuje teplotu ve vytápěné místnosti $t_i = 21 \text{ }^\circ\text{C}$.

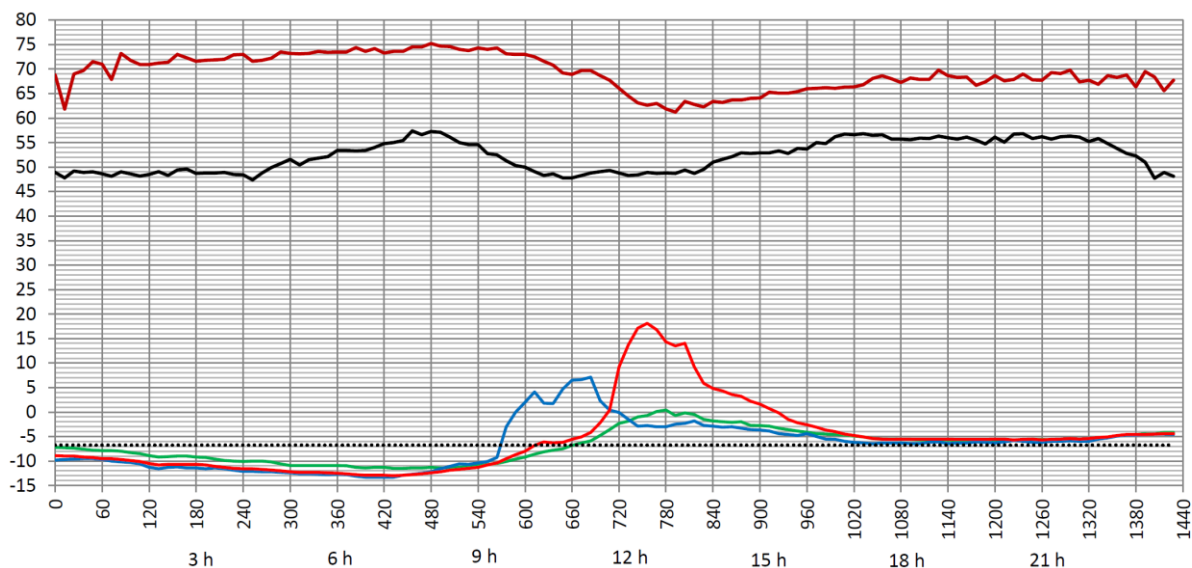
Čerchovaná křivka ukazuje zvýšení teploty vnitřního vzduchu na $t_i' \approx 23^\circ\text{C}$ za předpokladu, že nebude místnost větrána, ale příkon zůstane v plné výši, jako s větráním $i = 0,3$. Pokud bychom zcela přestali větrat ($i < 0,05$) a zajišťovali pouze tepelné ztráty prostupem tepla (tj. s minimální infiltrací), potom by se snížil potřebný příkon tepla a otopová křivka by při $t_e = -12^\circ\text{C}$ klesla ve výpočtovém stavu na hodnotu cca 49/38/21 $^\circ\text{C}$. Pokud dodavatel ponechá teplotu na přívodu 70 $^\circ\text{C}$, potom je tato teplota vyšší o $(70-49) = 21^\circ\text{C}$.



Obr. 3 Za povšimnutí stojí rozdíl otopové křivky pro $i = 0,3$; přívod cca 58 $^\circ\text{C}$, ale pro $i = 0,05$ je přívod jen asi 49 $^\circ\text{C}$.

Nyní je na místě položit otázku. Jaká je realita v provozu?

Následující ukázka výsledků je z jiného objektu, než je výše uvedený příklad.



Obr. 4 Nejvyšší křivka grafu ukazuje ekvitemní křivku dodavatele tepla v průběhu dne podle venkovní teploty, kdy teplota klesala až na -13°C . Teplota otopné vody od dodavatele tepla se pohybovala mezi teplotami od 61,2 do 75,2 $^\circ\text{C}$. Z toho je patrné, že je objekt dobře zateplen.

Druhá křivka shora ukazuje průtok otopné vody v hektolitrech za hodin. Proměnlivý průběh je dán regulací, která reaguje tak, aby byl zachován potřebný výkon. Jde tedy o dynamickou regulaci spočívající v kvalitativní a kvantitativní složce, jelikož nelze

libovolně měnit teplotní parametry otopné vody, ale je třeba zajistit potřebný výkon a reagovat na vliv termostatických ventilů (či uživatelů), které regulují omezováním průtoku otopné vody tělesem.

Další křivky byly naměřeny snímači teplot umístěnými jak ve stínu ve vzduchu, tak přímo na zateplené fasádě. Teplota vzduchu kolísala od cca -11,5 do 0,4 °C. Přitom teploty fasády byly v rozmezí -13,3 do 18,1 °C. Nižší teplota fasády oproti vzduchu ukazuje na podchlazení vlivem sálání.

Zde je vidět výsledek souběžného vytápění a větrání s dodávkou tepla ze společného otopného tělesa. Určit okamžité poměry je vzhledem k dynamickému procesu náročné a podle zkušeností z provozu otopných soustav byla intenzita větrání nejspíše velmi malá, zejména v noci a dopoledne.

VÝSLEDKY A ZÁVĚRY

Cílem příspěvku bylo vyjádřit souvislosti souběžného vytápění a větrání při využití společného otopného tělesa a dopady na kvalitu a potřeby dodávky dynamicky proměnlivých správných fyzikálních parametrů otopné vody.

Jak je vidět z výše uvedených „ideálních“ otopových křivek, proměnná intenzita větrání výrazně ovlivňuje parametry otopné vody a tím i nastavené hydraulické hodnoty. Při větší intenzitě větrání byla zapotřebí teplota na přívodu do tělesa cca 58 °C a ve druhém jenom 49 °C. Rozdíl 9 K je de facto regulační rozpětí a při prosté ekvitermní regulaci nelze docílit takové úrovně úspor tepla jako při použití dynamické regulace, tj. nadstavbu nad ekvitermní regulací. Ekvitermní regulace není technicky vybavena, aby reagovala na vnitřní i vnější tepelné zisky, reaguje výhradně na teplotu venkovního vzduchu ve stínu. Základním předpokladem úsporného provozu je cílevědomé používání termostatických ventilů.

Závěrem je třeba varovat před tím, aby byly „slepě“ do regulátorů vkládány otopové křivky, které nevychází z výpočtů, a navíc neodpovídají potřebám podle PENB (jak na stav před, tak obzvlášť po zateplení budovy). Chybou je i domněnka, že lze regulovat soustavu statickým škrcením průtoků, což je „cesta do pekel“, jelikož se snížením průtoků zcela naruší veškeré hydraulické seřízení distribuční části otopné soustavy. Obdobně problematická je také metoda distribuce tepla pro VZT, kdy je vyžadována tzv. „neregulovaná voda“, jelikož se příkon tepla v distribučním potrubí k jednotkám VZT řídí výhradně škrcením, nebo přepouštěním či obtokem. V přechodových obdobích dochází k výraznému poklesu teplotního spádu, což znemožňuje často měření výkonu a spotřeby tepla (měřidla vyžadují minimální teplotní spád $dT > 3$ K. Jde o samostatnou kapitolu distribuce tepla k VZT jednotkám.

LITERATURA

- [1] J. PULKRÁBEK, *Větrání*, SNTL Praha 1953
- [2] J. CHYSKÝ, K. HEMZAL a kol., *Větrání a klimatizace*, Česká matice technická 1993
- [3] J. CIHELKA a kol., *Vytápění, větrání a klimatizace*, SNTL Praha 1985
- [4] BAŠTA Jiří, *Otopné plochy*, ČVUT, 2001
- [5] GALÁD Vladimír, *Teplotní stabilita*, Topenářství instalace, 1/22
- [6] GALÁD Vladimír, *Naivní škrcení otopných soustav*, Topenářství instalace, 8/22

REGULÁTORY PRŮTOKU VZDUCHU: JAKÉ, ČÍ A PROČ?

Vojtěch Harok, Jan Koszty

MANDÍK, a. s.

harok@mandik.cz, j.koszty@mandik.cz

ANOTACE

Príspevek se zabývá charakteristikami a příslušnými vlastnostmi regulátorů objemového průtoku vzduchu pro HVAC systémy v budovách relevantními pro výběr zařízení pro daný projekt. Kromě rozměrů, rozsahu průtoku a tlaku vzduchu mezi takové charakteristiky zahrnuje přesnost regulace, místní tlakovou ztrátu, celkovou spotřebou energie a možnost v případě nezbytnosti těsně uzavřít či plně otevřít klapku regulátoru. Regulátory konstantního průtoku vzduchu (CAV) jsou ve svých vlastnostech srovnávány s regulátory variabilního průtoku vzduchu (VAV). Diskutuje se též úplnost sad vlastností regulátorů uváděných výrobcem a možnost srovnání analogických výrobků.

ÚVOD

Regulátorem objemového průtoku vzduchu rozumíme prvek vzduchotechnického systému budovy, který zajišťuje, že pro různé podmínky v potrubí zůstává průtok vzduchu prvkem v ideálním případě konstantní a roven požadované hodnotě, a to tím, že automaticky spojitě mění svůj součinitel místní tlakové ztráty.

Ať již jsou principy funkce či konstrukce daného regulátoru jakékoliv, mezi základní charakteristiky a příslušné vlastnosti je možné zahrnout světlé rozměry regulátoru (rozměry potrubí), zástavbová délka regulátoru (délka potrubního úseku), délka nezbytného přímého uklidňovacího úseku potrubí před regulátorem, rozsah průtoku vzduchu, rozsah regulační tlakové ztráty, rozsah přetlaku či podtlaku v potrubí, těsnost přes plášť, případně přes uzavřený list... a dalších charakteristik existuje celá řada. Může být užitečné uvažovat také tzv. *dynamický regulační rozsah* jako podíl krajních hodnot rozsahu průtoku vzduchu tedy maximální hodnota průtoku k hodnotě minimální.

ZVOLIT CAV NEBO VAV?

U *regulátorů konstantního průtoku vzduchu* (CAV) nastaví uživatel požadovaný průtok vzduchu nastavením, příp. i zajištěním mechanického stavěcího členu, například ovládací páky, šroubu apod., když bývá zařízení vybaveno stupnicí přímo v jednotkách objemového průtoku. CAV regulátor nejčastěji obsahuje výkyvný list spřažený s pružinou a případně i tlumičem vibrací a celý systém pracuje na principu rovnováhy aerodynamických sil se silou pružnosti – např. zvětšený výkon ventilátoru způsobí větší výkyv listu z otevřené polohy, a tudíž i větší místní součinitel tlakové ztráty (tj. intenzivnější škrcení).

Regulátory variabilního průtoku vzduchu (VAV) se nastavují pomocí analogového či digitálního elektrického signálu, případně digitálně přes bezdrátové rozhraní. VAV regulátor nejčastěji obsahuje výkyvný list či soustavu výkyvných listů, elektrický pohon k jejich ovládání, systém měření průtoku s elektrickým výstupem a vstupně-výstupní modul. Měření průtoku vzduchu probíhá nepřetržitě a poté, co se naměřené hodnoty příliš odchýlí od hodnoty požadované, pohon změní polohu listu či listů. Listy jsou většinou po svém obvodu vybaveny těsněním tak, že kromě standardní funkce regulátoru je možné na příkaz uživatele úplně uzavřít průtok vzduchu (uzavřít list či listy), anebo naopak přestavit list do polohy otevřeno. Naměřené hodnoty průtoku vzduchu mohou být s výhodou komunikovány nadřazenému systému řízení VZT, když tento může následně optimalizovat výkon ventilátoru tak, aby VAV

regulátory byly co nejvíce otevřeny a mařilo se tak co nejméně energie. Vlastnosti CAV a VAV regulátorů jsou srovnány v tabulce 1.

Jak to vypadá s celkovou spotřebou energie na provoz regulátorů objemového průtoku vzduchu?

- CAV regulátory maří mnohem více energie škrcením; fungují od vyšší tlakové ztráty
- VAV naproti tomu spotřebovávají určitou energii zejména na měření a komunikaci

Příklad v tabulce 2 ukazuje, že použitím VAV místo CAV regulátorů je v určitých případech možné podstatně ušetřit náklady na energie a tím zlepšit energetickou účinnost budovy.

Tab. 1 Srovnání vybraných vlastností CAV a VAV regulátorů průtoku vzduchu do kruhového potrubí DN 160 značky MANDÍK.

Charakteristika (jednotka)	CAV RPM-K 160	VAV RPM-LV 160
Elektrický příkon stálý (W)	–	1
Elektrický příkon s motorem v chodu (W)	–	2
Zástavbová délka (mm)	350	200
Celková délka (mm)	450	300
Minimální průtok vzduchu (m ³ /h)	200	36
Maximální průtok vzduchu (m ³ /h)	900	579
Střední rychlost proudění min. (m/s)	2,76	0,5
Střední rychlost proudění max (m/s)	12,4	8
Dynamický regulační rozsah	1:4,5	1:16
Rozsah regulační tlakové ztráty (Pa)	50 ... 1000	2 ... 600
Min. tlaková ztráta při 3 m/s (Pa)	53	5
Přesnost regulace při stř. rychl. proud.		
1 m/s	–	± 10 %**
3 m/s	± 17 %*	± 7 %**
6 m/s	± 10 %*	± 5 %**

* nezahrnuta chyba přesnosti stupnice cca ± 5 %

** pro regulační tlakovou ztrátu od 10 Pa

Tab. 2 Srovnání nejnižší možné spotřeby energie CAV a VAV regulátory průtoku vzduchu do kruhového potrubí DN 160 při střední rychlosti proudění vzduchu v potrubí 3 m/s.

Parametr, položka bilance (jednotka)	CAV RPM-K 160	VAV RPM-LV 160
Příkon Belimo LMV-D3 střední P_e (W)	–	1,2
Střední rychlost proudění v potrubí v (m/s)	3	3
Světlý průřez potrubí (m ²)	0,0201	0,0201
Objemový průtok vzduchu q_v (m ³ /s)	0,0603	0,0603
Tlaková ztráta Δp (Pa)	53	5
Výkon mařený škrcením $P_s = q_v \cdot \Delta p$ (W)	3,20	0,30
Předpokládaná účinnost ventilátoru s motorem η	50 %	50 %
Zvýšení příkonu ventilátoru $P_f = P_s / \eta$ (W)	6,4	0,6
Celkový příkon systému $P_i = P_e + P_f$ (W)	6,4	1,8
Úspora VAV vs. CAV pro 1 ks (W)		4,6
pro 100 ks (W)		460

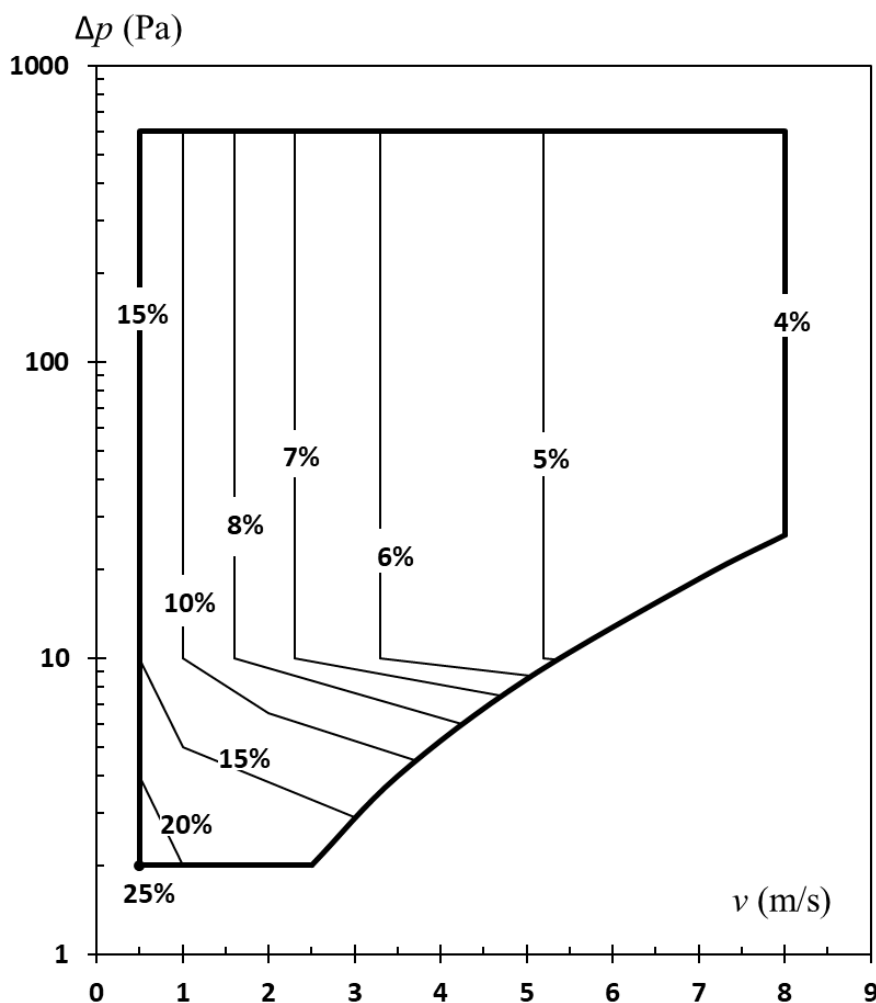
ROZSAH PODMÍNEK POUŽITÍ A PŘESNOST REGULACE

Přesností regulace myslíme odchylku skutečného průtoku vzduchu při provozu regulátoru od průtoku požadovaného; u CAV i VAV regulátorů se většinou udává v procentech. Přesnost regulace je daná především opakovatelností výroby (CAV i VAV), třením a viskózními hysterezními jevy (CAV), zvolenou šířkou pásma necitlivosti a rozlišením akčního členu (VAV), aerodynamickými hysterezními jevy jako je přechod od laminárního k turbulentnímu proudění (CAV i VAV), elektromagnetickým rušením (VAV) a systematickou chybou danou chybou kalibrace měřicího řetězce při vývoji a kontrole výrobků (CAV i VAV).

Co se týče rozsahu podmínek použití, soustředíme se nyní na rozsah průtoku vzduchu a rozsah regulační tlakové ztráty. Příklad pracovní oblasti regulátoru dané těmito rozsahy je uveden v grafu 1. Je vidět, že pro nižší průtoky vzduchu (nižší střední rychlosti proudění v potrubí) a nižší regulační tlakovou výrazně klesá přesnost regulace.

Výrobce by většinou mohl v těchto oblastech rozšířit pracovní rozsah regulátoru (tj. snížit povolený minimální průtok vzduchu, snížit minimální povolenou regulační tlakovou ztrátu nebo obojí), ovšem za cenu mnohem nižší přesnosti regulace, a to v extrémním případě třeba až $\pm 100\%$. Tím by mohl na trhu získat konkurenční výhodu, a to především, pokud by zatajil skutečnou přesnost, respektive v tomto případě spíše „přesnost“ či nepřesnost regulace.

Graf. 1 Pro VAV regulátory průtoku vzduchu RPM-LV je silnou čarou znázorněna pracovní oblast a slabšími čarami znázorněny oblasti přesnosti regulace, když v je střední rychlost proudění v potrubí, Δp je regulační tlaková ztráta a přesnost regulace je v %.



ČÍ REGULÁTOR JE LEPŠÍ?

Aby bylo možné snadno srovnat například analogické výrobky různých výrobců, dokumentace výrobce by měla obsahovat jednoznačné údaje ohledně přesnosti regulace pro každý bod pracovní oblasti regulátoru. Je možné samozřejmě údaje uvádět zjednodušeně, vyžadovat od uživatele interpolaci apod., ovšem formulace jako „přesnost regulace je přibližně 10 %“ nejsou dostatečně určité, mohou uvést zákazníka v omyl a srovnání neumožňují. Informovaný zákazník by tedy již jen podle úplnosti technické dokumentace mohl předpokládat, do jaké míry jsou údaje uváděné jednotlivými výrobci důvěryhodné. Netýká se to čistě jen přesnosti regulace, ale, jak je ukázáno v předchozím odstavci, také o rozsah podmínek použití regulátoru, neboť ten je s přesností regulace svázán.

ZÁVĚR

Porozumění charakteristikám regulátorů může projektantům a budoucím uživatelům pomoci

- správně zvolit mezi CAV a VAV řešením, a to pochopením funkčních možností a problémům energetické náročnosti
- kriticky číst dokumentaci výrobců a následně buď přímo vybrat optimální výrobek, nebo zdůvodnit potřebu nezávislého ověření vlastností regulátorů pomocí zkoušek vlastními silami nebo třetí stranou (může být užitečné i pro další aktéry trhu – distributory apod.).

Zvláštní diskusi by si mohly zasloužit otázky masovějšího používání existujících technických norem, absence nezávislých srovnávacích studií pro tyto výrobky a možnosti měření v akreditovaných laboratořích.

LITERATURA

[1] <https://www.mandik.cz/produktova-rada/regulacni-technika/rpm-lv>

[2] <https://www.mandik.cz/produktova-rada/regulacni-technika/rpm-k>

SLOVNÍK VYBRANÝCH POJMŮ

objemový průtok vzduchu, průtok vzduchu

... uvádí se v m^3/h či v l/s ; většinou se v tomto případě jedná průtok přepočtený na podmínky hustoty vzduchu $1,2 \text{ kg/m}^3$ nebo na teplotu vzduch $20 \text{ }^\circ\text{C}$ a tlak $101,3 \text{ kPa}$

charakteristika

... veličina nebo křivka popisující různé výrobky

vlastnost

... konkrétní hodnota nebo konkrétní průběh charakteristiky

regulační tlaková ztráta

... místní tlaková ztráta na regulačním prvku, tj. rozdíl statického tlaku v potrubí před a za regulačním prvkem

ÚSPORY TEPLA PŘI VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ PRŮMYSLOVÝCH HAL

Ing. Ondřej Hojer, Ph.D.

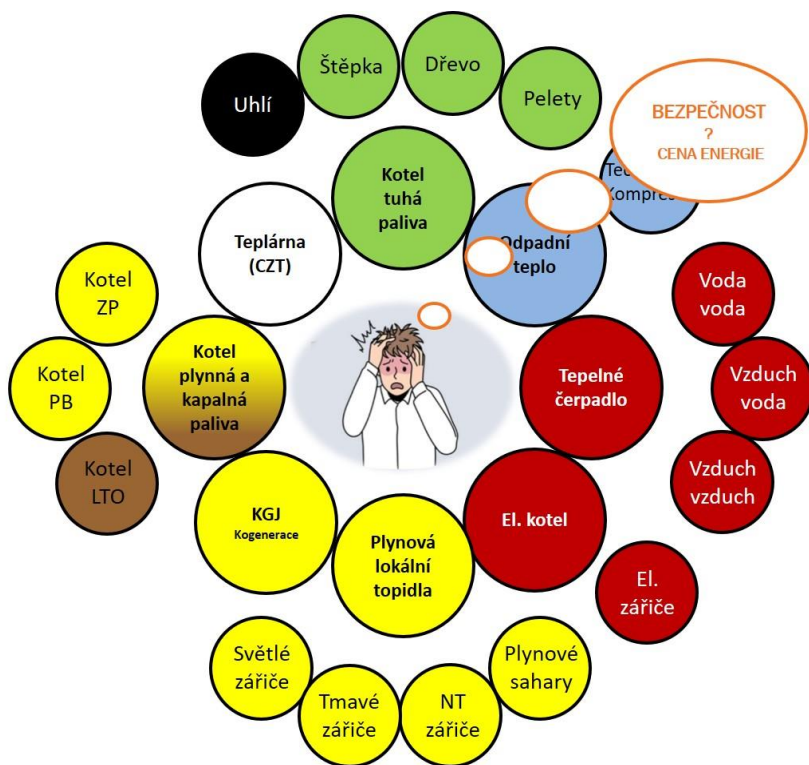
¹Kotrbatý V.M.Z. spol. s r. o.
ondrej.hojer@kotrbaty.cz

ANOTACE

Příspěvek se snaží popsat aktuální situaci řady majitelů výrobních, skladových i jiných velkoprostorových objektů, kteří jsou vnějšími vlivy tlačeni k různým, někdy až zoufalým rozhodnutím, při řešení vytápění a větrání velkoprostorových objektů, které vlastní. Vše v době, kdy je situace na trhu s energetickými komoditami stále velmi nejistá a důležitým argumentem při rozhodování se stává i budoucí energetická bezpečnost. V příspěvku je rozebrán potenciál úspor, kterých je možné dosáhnout při použití sálavého vytápění a konkrétně vodních sálavých panelů většinou v porovnání s konvekčním teplovzdušným vytápěním. Jsou shrnuty jednotlivé možnosti a rozebírají se konkrétní dosažitelné hodnoty úspor. Nejvyšších úspor je možné dosáhnout volbou způsobu vytápění (až 42 %), ohřevem větracího vzduchu (až 40 %), volbou plynulé regulace (až 8 %), efektivnějším spalováním plynu (až 17 %) a poslední je rozebírána sálavá účinnost (až 20 %).

ÚVOD

Události poslední doby vystavují majitele nemovitostí enormnímu tlaku, který souvisí s pohyby cen energií na trhu a současně vysokým tlakem na využití energie z obnovitelných zdrojů. Náklady na zajištění pohody prostředí, které sice byli i před těmito událostmi důležité se naráz staly pro většinu majitelů tím nejakutnějším, co potřebují vyřešit a v podstatě bez ohledu na to, co to bude stát.



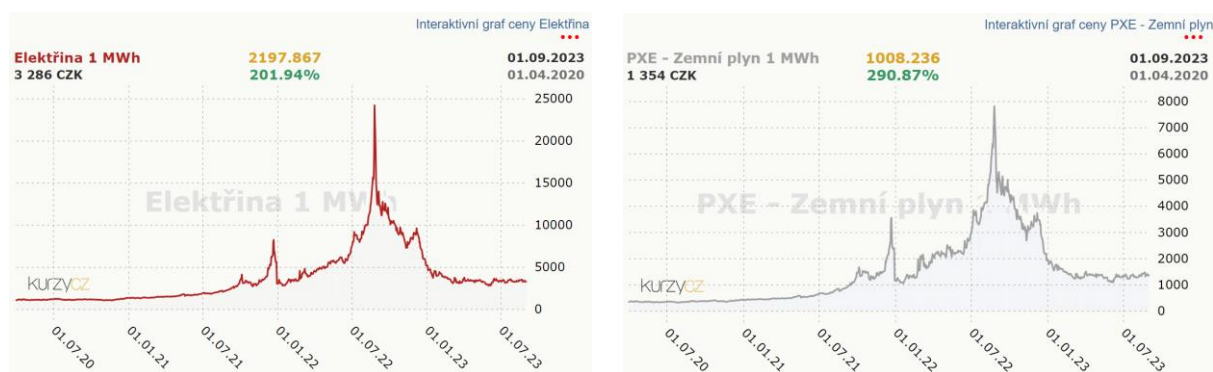
Obr. 1 Volba zdroje tepla, způsobu vytápění

Tento tlak způsobil, že mnohdy přijímají až překotná, nepromyšlená a energeticky naprosto nevýhodná řešení, jen aby zajistili „bezpečnost“ a z jejich pohledu rozumné náklady za spotřebované energetické komodity. Energetičtí specialisté, auditoři a projektanti jsou zavalení prací, a to jen zvyšuje nervozitu a tlak. Tato situace je velmi nebezpečná, protože vytváří prostředí, kde investoři často odsouhlasí i projekty a řešení, které by museli v normální situaci odmítnout.

VÝVOJ CEN HLAVNÍCH ENERGETICKÝCH KOMODIT

Vývoj cen elektrické energie a plynu za poslední tři roky je zobrazen na obrázku 2. Z průběhu a z tabulky 1 je možné vyčíst následující:

- Ceny elektrické energie a plynu sice klesly, ale stále jsou **cca 2,5x vyšší**, než v roce 2020;
- Poměr mezi cenou elektrické energie a zemního plynu se stále pohybuje na hranici **2,5 až 2,6** (tento poměr se téměř nezměnil).



Obr. 2 Vývoj cen elektřiny a zemního plynu od 6-2020 do 8-2023 [1], [2]

Tab. 1 Poměr ceny elektrické energie a zemního plynu:

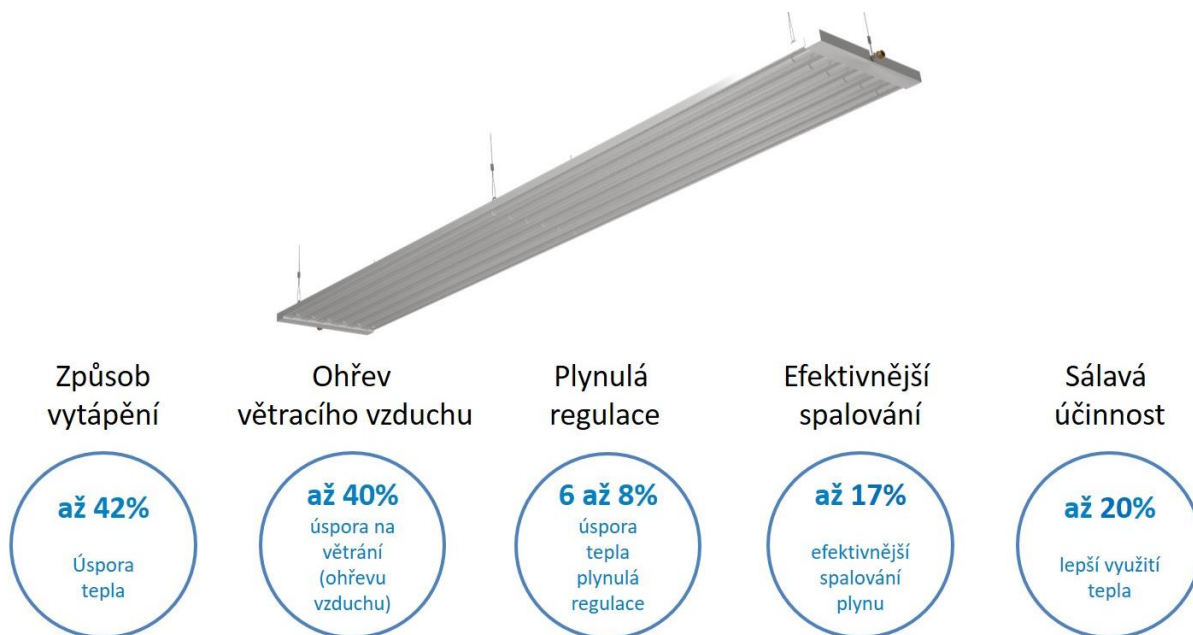
	plyn	elektřina	elektřina / plyn
1.1.2019	523 Kč/MWh	1 345 Kč/MWh	2,6x
1.1.2020	480 Kč/MWh	1 250 Kč/MWh	2,6x
12.6.2022	2 227 Kč/MWh	5 622 Kč/MWh	2,5x
25.5.2023	1 289 Kč/MWh	3 160 Kč/MWh	2,5x

POTENCIÁL ÚSPOR – VODNÍ SÁLAVÉ PANELY

Jak vyplývá z předchozího, majitelé nemovitostí berou dnes za jeden ze základních a důležitých argumentů energetickou bezpečnost. Hledají řešení, které by jim poskytlo nezávislost na energetické komoditě a alespoň určitou formu jistoty. Vodní sálavé vytápění může být řešením pro takové požadavky. Jedná se o otopnou plochu, která může předávat teplo do vytápěného prostoru bez ohledu na zvolený zdroj a ani změna zdroje tepla nemusí znamenat výraznou další investici do výměny celé otopné plochy. Výkon je totiž možné velmi přesně nastavit úpravou teploty teplosnosné látky. Řada laiků se domnívá, že nižší teplota znamená automaticky, že stropní vytápění nebude fungovat, ale jedná se o chybnou úvahu. Dle fyzikálních zákonů platí, že k přenosu tepla sáláním dochází mezi dvěma tělesy, pokud

mají různé povrchové teploty. Rozdíl teplot ovlivňuje hodnotu přeneseného výkonu, ale to neznamená, že při nižší povrchové teplotě se nesdílí, pouze se sdílí s nižším výkonem [3].

Na obr. 3 je zobrazen dosažitelný potenciál úspor při aplikaci vodních sálavých stropních otopných ploch. Jednotlivé aspekty jsou rozebrány v následujících odstavcích.



Obr. 3 Potenciál úspor při použití vodního sálavého stropního vytápění

Způsob vytápění (až 42 %)

Protože můžeme při sálavém celoplošném vytápění snížit teplotu vzduchu až o 7 °C při zachování stejného pocitu tepla. A protože jeden stupeň odpovídá roční úspoře cca 6 %, dostáváme výše zmíněný maximální potenciál.

Ohřev větracího vzduchu (až 40 %)

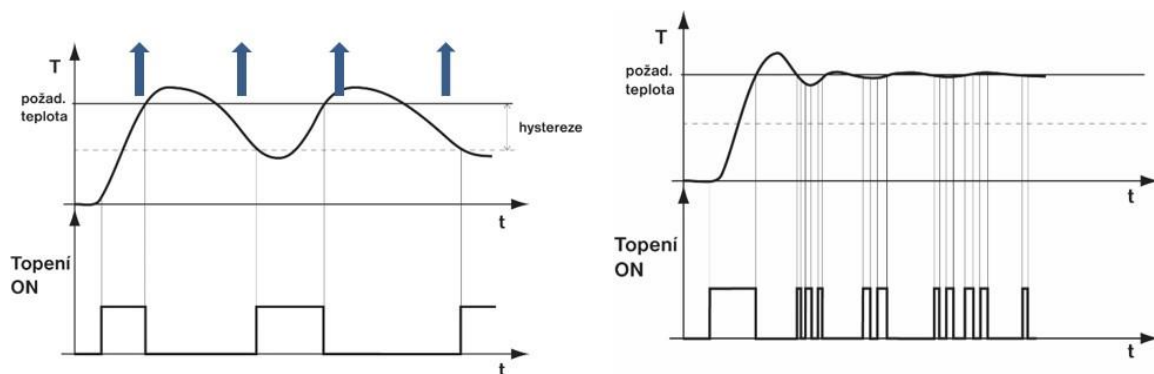
Při větrání není třeba díky sálavému vytápění ohřívat větrací vzduch na tak vysokou teplotu. V případě vyšší intenzity sálání je možné uvažovat až o teplotním rozdílu mezi teplotou vzduchu v místnosti a operativní teplotou 7 K. To např. znamená při $t_o = 18\text{ °C}$, teplotu vzduchu t_v u

- sálavého vytápění $t_{vs} = 14,5\text{ °C}$;
- teplovzdušného vytápění $t_{vt} = 21,5\text{ °C}$.

Pokud budeme uvažovat průměrnou venkovní teplotu $t_{em} = 4\text{ °C}$, dostáváme vypočtením poměru $(t_{vs} - t_{em}) / (t_{vt} - t_{em})$ maximální hodnotu potenciálu.

Plynulá regulace (až 8 %)

Způsob regulace je pro energeticky efektivní otopnou a větrací soustavu zásadní. Nestabilní on/off regulace vede často k uživatelskému nastavování vyšší požadované hodnoty, a to až o několik stupňů.



Obr. 4 Schematické znázornění rozdílu mezi on/off a PID regulací [4]

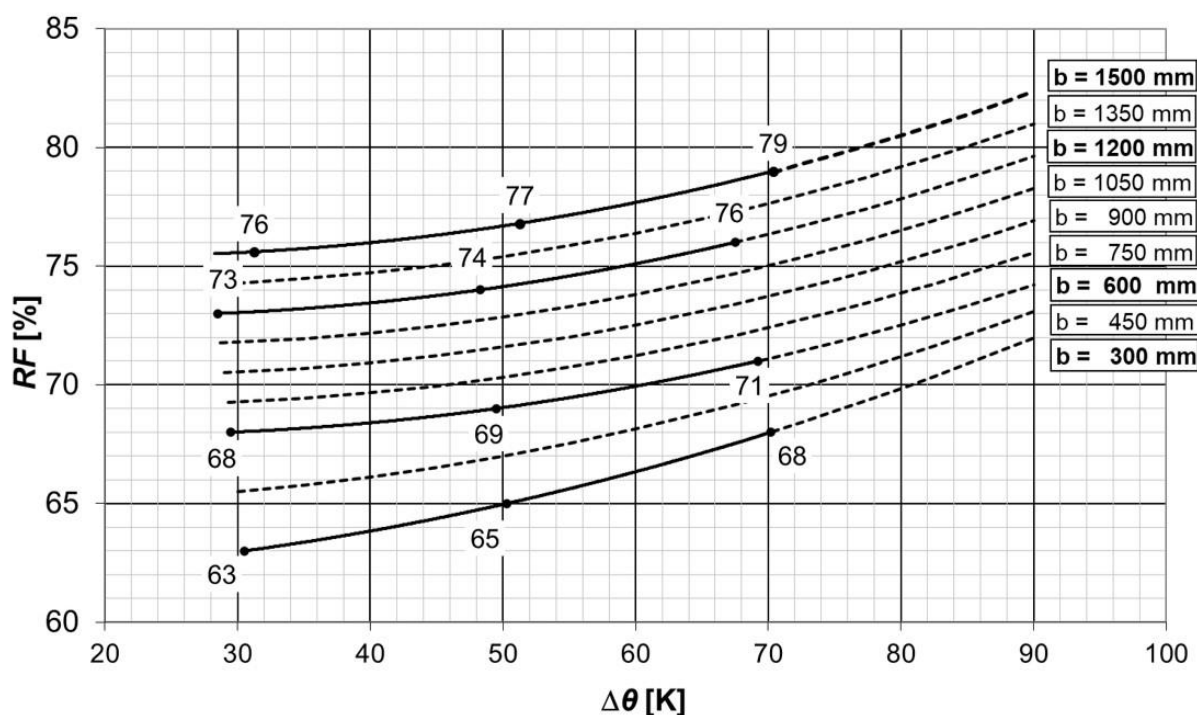
Efektivnější spalování plynu (až 17 %)

Pokud má původní zdroj účinnost spalování např. 90 % vzhledem k výhřevnosti, po přepočítání se jedná o **81 %** vzhledem ke spalnému teplu. Nový kondenzační kotel může mít až **98 %** vzhledem ke spalnému teplu. Odtud výše zmíněný potenciál.

- Výhřevnost ZP: 35 870 MJ/m³
- Spalné teplo ZP: 39 794 MJ/m³

Sálavá účinnost (až 20 %)

Obr. 5 ukazuje reálné naměřené hodnoty sálavé účinnosti stropní otopné plochy závislé na šířce otopné plochy a na povrchové teplotě. Jak obrázek ukazuje, maximální potenciál v sálavé účinnosti je mezi 63 a 79 %.



Obr. 5 Závislost sálavé účinnosti (RF – Radiant factor EN 14037-3) na šířce stropní otopné plochy b a na pracovním rozdílu teplot $\Delta\theta$ (rozdílu mezi střední teplotou teplotnosné látky a vnitřní návrhovou teplotou)

ZÁVĚR

Příspěvek popisuje a rozebírá možný potenciál úspor, který je dosažitelný při použití vodních sálavých stropních otopných ploch. Ukazuje možnosti a důležité aspekty, na které by se projektanti měli zaměřit a které je možné optimalizovat. Nejvyšších úspor je možné dosáhnout volbou způsobu vytápění (až 42 %), ohřevem větracího vzduchu (až 40 %), volbou plynulé regulace (až 8 %), efektivnějším spalováním plynu (až 17 %) a poslední je rozebírána sálavá účinnost (až 20 %).

LITERATURA

- [1] Online zdroj. Server kurzy.cz. PXE - Zemní plyn - ceny a grafy PXE zemního plynu, vývoj ceny PXE zemního plynu 1 MWh - od 01.04.2020 do 03.09.2023 - měna CZK. Online: <https://www.kurzy.cz/komodity/pxe-zemni-plyn-graf-vyvoje-ceny/1MWh-czk-1-rok?dat_field=01.04.2020&dat_field2=03.09.2023>
- [2] Server kurzy.cz. Elektřina - ceny a grafy elektřiny, vývoj ceny elektřiny 1 MWh - od 01.04.2020 do 03.09.2023 - měna CZK. Online: <https://www.kurzy.cz/komodity/cena-elektriny-graf-vyvoje-ceny/1MWh-czk-1-rok?dat_field=01.04.2020&dat_field2=03.09.2023>
- [3] Hojer, O. *Nový sálavý panel KOTRBATÝ KSP KIT. Zapomeňme na predsudky.* Konferencie Vykurovanie 2022. Vykurovanie 2022: Zborník prednášok z 30. medzinárodnej vedecko-odbornej konferenci. Bratislava: Slovenská spoločnosť pre techniku prostredia, 2022.
- [4] Online zdroj. Server elektrickyradiator.cz. PID Regulace. Dostupné z: <<https://www.elektrickyradiator.cz/pid-regulace/>>

POROVNÁNÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI PODAVAČŮ PNEUMATICKÝCH DOPRAV

Ing. Iva Hornofová¹, Ing. Petr Rayman²

^{1,2}RAYMAN spol. s r. o.

hornofova@rayman.cz, petr.rayman@rayman.cz

ANOTACE

Účelem příspěvku je přiblížení jednotlivých podavačů pneumatických doprav, zhodnocení jejich energetické náročnosti a následné porovnání. Porovnávané podavače jsou komorový podavač, rotační podavač, průtokový podavač, šnekový podavač a ejektorový podavač. Zmíněné podavače se používají jako tlakové uzávěry pro pneumatickou dopravu ve vzhledu.

ÚVOD

Zařízení pneumatické dopravy je komplexní systém, který pouze jako sladěný celek může sloužit ke svému účelu, tj. dopravě sypkého materiálu. V případě přetlakové dopravy můžeme každý systém rozdělit na následující části:

- Zdroj dopravního vzduchu
- Vzduchová a odprašovací potrubí
- Podavač
- Dopravní potrubí
- Koncové odlučovače
- Zařízení pro odprašení dopravního vzduchu

Každá část má tlakovou ztrátu, která je daná konstrukcí potrubních rozvodů, vřazenými odpory (např. armaturami), konstrukcí vlastního podavače a množstvím dopravovaného materiálu.

Další ztráty jsou závislé na účinnosti instalovaných elektrických pohonů, mechanické účinnosti zdrojů dopravního vzduchu, mechanické účinnosti ventilátorů atp.

Tento příspěvek se zabývá výhradně ztrátami jednotlivých podavačů a jejich porovnáním. Jedná se o ztráty v konstrukci a vyplývající z jejich funkce, které nejsou přímo využity pro dopravu materiálu v potrubí.

PODAVAČE PNEUMATICKÝCH DOPRAV

Podavač je srdcem pneumatické dopravy a jeho správné projekční zpracování a konstrukce je pro bezproblémovou funkci dopravy klíčová. Podavače mají dva hlavní úkoly.

Dávkování a podávání materiálu

Pod pojmem dávkování si představme neregulovatelné omezení nátok množství materiálu do dopravního potrubí. Při korektním navržení dávkování a podávání materiálu bude pneumatická doprava fungovat bez výrazných pulzů v dopravním potrubí a doprava bude probíhat klidně a zároveň v požadovaném výkonu.

Funkce tlakového uzávěru

Tlak se šíří všemi směry a stlačený vzduch uniká cestou nejmenšího odporu. Úkolem podavače je tedy vytvořit větší odpor, než jaký tvoří dopravní potrubí. Tím je zajištěno, že materiál bude dopravován požadovaným směrem skrz dopravní potrubí a nebude unikat zpět proti směru podávání.

Základní druhy podavačů

Pro pneumatickou dopravu ve vzhledu se využívají zejména následující druhy podavačů:

- Komorový podavač
- Rotační podavač
- Šnekový podavač
- Ejektorový podavač
- Průtokový podavač

Každý z výše zmíněných podavačů má svá specifika a své oblasti využití. Současně má každý podavač své výhody i nevýhody. Při správném užití konkrétního typu je možné tyto výhody využít a nevýhody do jisté míry potlačit.

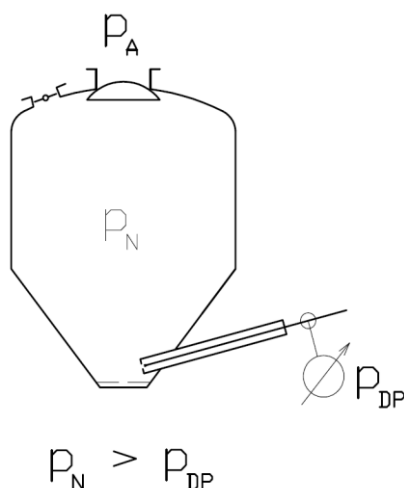
Jak již bylo zmíněno, každý podavač tvoří tlakový uzávěr, ale každý jej vytváří jiným způsobem, a právě tento fakt je hlavním faktorem určujícím energetickou náročnost vlastního podavače.

Komorový podavač

Komorový pracuje cyklicky, ve fázích. Při plnění nádoby je z předřazené technologie naplněn materiál po maximální stavoznak, poté se nádoba uzavře, otevře se přívod tlakového vzduchu a nádoba se tlakuje na požadovaný otevírací tlak. Poté probíhá doprava, kdy se materiál směšovačem podává do potrubí a za pomoci dopravního vzduchu je veden do koncového zařízení. Po vydopravení materiálu se nádoba odvzdušní skrz odvzdušňovací potrubí. Následně může začít další cyklus plnění podavače.

Přetlak v nádobě p_N při dopravě je vyrovnáný s odporem dopravního potrubí p_{DP} zvýšeným o tlakovou ztrátu směšovače. Funkci tlakového uzávěru vykonává samotná nádoba, která musí být těsně uzavřena uzávěry (plnicím a odvzdušňovacím).

Ztrátová energie je obsažena ve stlačeném vzduchu, který se odvzdušní částečně do koncového síla a částečně přes odvzdušňovací potrubí podavače do předřazeného zařízení. Velikost ztrátové energie je ovlivněna zdrojem vzduchu, pracovním tlakem komorového podavače, objemem jeho nádoby a počtem proběhlých cyklů za časovou jednotku. Dle podmínek se pohybuje mezi 10 až 20 % energie spotřebované pro výrobu stlačeného vzduchu.



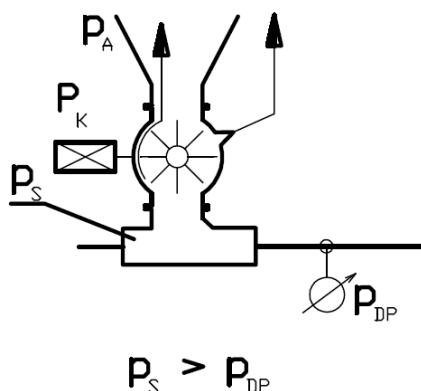
Obr. 1 Schéma komorového podavače

Rotační podavač

Rotační podavač pracuje kontinuálně. Jedná se o rotor tvořený lopatkami, který se otáčí ve statoru – válcovém odlitku. Prostor mezi lopatkami se shora plní materiálem a po průchodu podavačem gravitačně vypadává do směšovače v dopravním potrubí. Provozní tlak pod podavačem p_s se rovná odporu dopravního potrubí p_{DP} .

Rotační podavač funguje jako tlakový uzávěr díky konstrukci, kde část nad podavačem a pod ním není nikdy přímo spojená a materiál je dopravován po dávkách.

Ztrátová energie je tvořena třemi částmi. První je energie spotřebovaná elektromotorem na pohon rotoru podavače. Dále proniká stlačený vzduch vzhůru ze směšovače vůlemi mezi státorem a rotorem. Třetí ztráta je ve stlačeném vzduchu, nahrazujícím dopravovaný materiál, vynesným lopatkami do odvětrání podavače. Zde je vhodné zmínit, že s opotřebením rotačního podavače se vůle zvětšují a tím i jeho ztráty. Velikost ztrátové energie je tedy ovlivněna velikostí a otáčkami rotačního podavače, konstrukcí, technickým stavem (opotřebením), přetlakem dopravního vzduchu a vlastnostmi dopravovaného materiálu. Dle podmínek se pohybuje mezi 10 až 25 %.



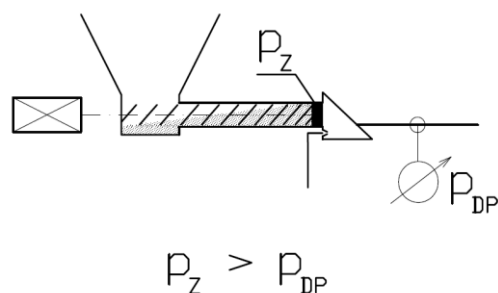
Obr. 2 Schéma rotačního podavače

Šnekový podavač

Šnekový podavač pracuje kontinuálně. Do jeho násypky je přiveden materiál, který je šnekovnicí odebírán. Šnekovnice má ke konci zhuštěné závity, čímž je materiál zhutněn a vytvoří zátku o odporu p_z . Zátka následně vstupuje do směšovací hlavy, kde se rozvolní a je dopravována dopravním potrubím.

Ve šnekovém podavači funguje jako tlakový uzávěr zhutněný materiál ve formě zátky, přes který se tlakový vzduch nešíří zpět do násypky.

Ztrátová energie je ve formě elektrické energie spotřebované na pohon šneku. Její velikost se liší v závislosti na velikosti podavače, jeho otáčkách, dopravní výkonnosti, vlastnostech materiálu a na tlaku ve směšovací hlavě. Pohybuje se v rozmezí 40 až 55 %.



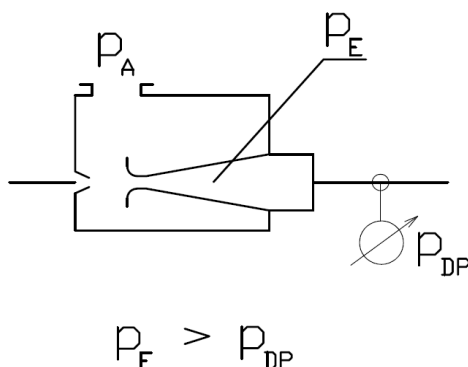
Obr. 3 Schéma šnekového podavače

Ejektorový podavač

Ejektorový podavač pracuje kontinuálně. Do prostoru směšovače je přiveden materiál, který je strháván proudem vzduchu za tryskou do dopravního potrubí a dále veden do koncového prvku pneudopravy.

Jako tlakový uzávěr je využit ejekční účinek, kdy velmi rychle proudící stlačený vzduch z trysky za ní vytváří mírný podtlak. Pokles statického tlaku vzduchu proudícího za tryskou p_E je při dopravě v rovnováze s odporem dopravního potrubí p_{DP} .

Ztrátová energie je zde tvořena energií spotřebovanou na vytvoření ejekčního účinku a ztrátou v konfuzoru a difuzoru. Běžně se pohybuje okolo 50 až 65 % energie spotřebované na dodání stlačeného vzduchu.



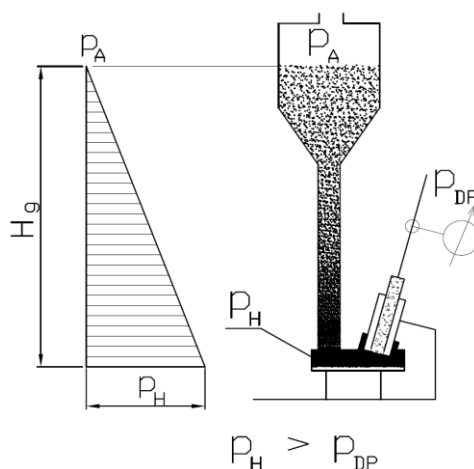
Obr. 4 Schéma ejektorového podavače

Průtokový podavač

Průtokový podavač pracuje kontinuálně. Do gravitační komory je přiváděn sypaný materiál, který je provzdušňován a tlakem fluidní vrstvy je podáván do směšovače. Ve směšovači je smísen s dopravním vzduchem a následně dopraven skrz dopravní potrubí. Vrstva materiálu získá provzdušněním vlastnosti podobné vlastnostem kapaliny a díky tomu se v ní vytvoří obdobný tlak jako je hydrostatický v kapalině. Množství podaného materiálu je závislé na tlaku materiálu v podavači, který je úměrný výšce sloupce materiálu a syné hmotnosti materiálu. S přibývajícím výškou materiálu se zvyšuje i výkonnost zařízení a tím i odpor dopravního potrubí.

Jako tlakový uzávěr funguje u průtokového podavače materiál v gravitační komoře, který vytváří ekvivalentní protitlak („hydrostatický“ tlak p_H) k odporu dopravního potrubí p_{DP} zvětšenému o odpor směšovače.

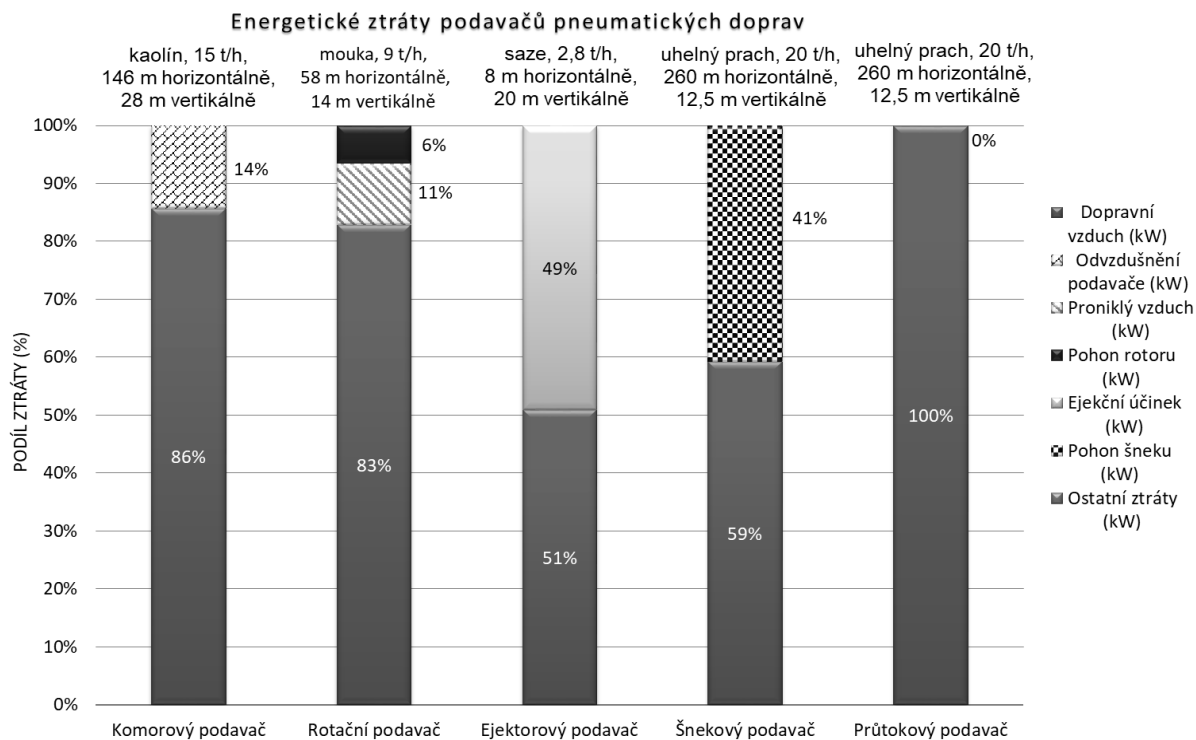
Ztrátová energie je pro tento typ podavače tvořená vzduchem spotřebovaným k provzdušňování materiálu v gravitační komoře, a to jenom z části, jelikož většina odchází spolu s materiálem a podílí se tak na jeho dopravě ve vznosu. Ztrátová energie je tak méně než 1 % celkové energetické spotřeby a je možné ji zanedbat.



Obr. 5 Schéma průtokového podavače

POROVNÁNÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI PODAVAČŮ

Porovnání ztrátových energií jednotlivých podavačů je vyobrazeno na obr. 6. Zde jsou porovnány hodnoty reálných pseudopravnicových zařízení. Spodní část sloupců tvoří energie obsažená v dopravním vzduchu, která je potřebná pro vlastní dopravu do koncového místa, vrchní části jsou energie potřebné k vytvoření tlakového uzávěru, tj. energie ztrátové. Hodnota 100 % je energie dodaná do podavače za účelem dopravy.



Obr. 6 Grafické porovnání energetických ztrát jednotlivých podavačů

Z porovnání je patrné, že z hlediska efektivity podavače je nejlepší průtokový podavač a nejhorší ejektorový podavač. Ovšem samotná volba typu podavače se neřídí pouze jeho energetickou náročností, ale je třeba uvážit četnost dopravy, požadovanou výkonnost a také investiční náklady. Každý podavač má rozdílné požadavky na zdroj vzduchu, jeho úpravu a nesmíme opomenout ani legislativní omezení a nutné kontroly, které vyžadují například tlakové nádoby, které tvoří základ většiny komorových podavačů. Při návrhu pneumatických doprav je třeba uvážit všechny aspekty, zahrnout veškeré možné koncepce podavačů a zvolit nejvhodnější s ohledem na investiční i provozní náklady a užitnou hodnotu pro investora.

POROVNÁNÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI SYSTÉMŮ PNEUMATICKÉ DOPRAVY S RŮZNÝMI PODAVAČI V PRAXI

V praxi se velmi špatně hledá možnost porovnání dvou identických doprav s rozdílným technickým řešením podavače. Příležitost porovnání se nám naskytla v Teplárně Kladno s.r.o. při pneumatické dopravě vápenců ze zásobního sila do denního zásobníku. Cílem bylo odstranit provozní potíže, zvýšit dopravní výkonnost a snížit spotřebu energie pro dopravu. Stávající zařízení s komorovým podavačem bylo doplněno paralelním systémem s průtokovým podavačem. Obě zařízení mají dopravní trasu vedenou souběžně a též o shodné světlosti. Komorový a průtokový podavač jsou zobrazeny na obr. 7.



Obr. 7 Teplárna Kladno – komorový a průtokový podavač

Původní zařízení využívá komorový podavač se spodním výpadem a regulačním uzávěrem na výstupu. Dopravní trasa je odstupňovaná, první část je provedena DN 200 a druhá část DN 250. Jako zdroj dopravního vzduchu jsou použita dvě paralelně zapojená dmychadla s výtlačným přetlakem 100 kPa.

Pro realizaci nového zařízení byla zvolena koncepce využívající průtokový podavač. Jako zdroj dopravního vzduchu jsou použita dvě paralelně zapojená dmychadla s výtlačným přetlakem 75 kPa. Protože jsou obě dopravní trasy shodné, je možno eliminovat vliv

dopravního potrubí na provozní parametry a tím porovnat oba typy podavačů. Porovnání technických parametrů je uvedeno v tab. 1.

Tab. 1 *Teplárna Kladno – porovnání parametrů zařízení.*

Parametr	Jednotka	Komorový podavač	Průtokový podavač
Dopravní výkonnost	t/h	14	18
Výkonnost dmychadel	m ³ /h	2 x 2595	2 x 2524
Příkon dmychadel	kW	2 x 110	2 x 75
Měrná spotřeba energie	kWh/t	15,1	7,38

ZÁVĚR

Z praktického srovnání vyplývá, že správnou volbou podavače můžeme dosáhnout výrazných úspor, a to nejen na straně investičních nákladů, ale také na straně provozních nákladů. Je tedy důležitý správný návrh dopravního systému jako celku, jeho projekční zpracování i výpočty. V tomto případě došlo ke snížení provozních nákladů o 50 %, a to díky eliminaci ztrát z odvodu vzduchu komory podavače, také díky možnosti instalace zdroje vzduchu s nižším výstupním tlakem pro průtokový podavač, a tím snížení instalovaného příkonu dmychadel.

LITERATURA

- [1] URBAN, J. *Pneumatická doprava*. SNTL Praha, 1964
- [2] RAYMAN spol. s r. o. *Firemní podklady*. Dostupné z: <<http://www.rayman.cz>>
- [3] RAYMAN spol. s r. o. *Realizované projekty*. Archiv projektů.

VNITŘNÍ NETĚSNOST VĚTRACÍ JEDNOTKY A JEJÍ VLIV NA TEPLOTNÍ ÚČINNOST

Ing. Jaroslav Chlup

2VV s. r. o.

jaroslav.chlup@2vv.cz

ANOTACE

Výpočet čisté (korigované) teplotní účinnosti zpětného získávání tepla (ZZT) při větrání budovy obousměrnou větrací jednotkou (VJ) z hodnot hrubé (měřené) teplotní účinnosti ZZT a měrné vnitřní netěsnosti mezi odvodem a přívodem vzduchu s použitím výsledků sjednocené metodiky měření vnitřních netěsností.

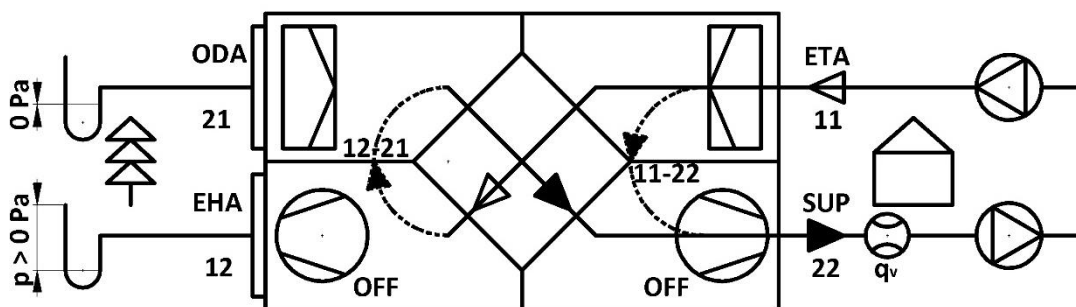
ÚVOD

Vnitřní netěsnost obousměrných větracích jednotek se ZZT se dostává do popředí zájmu nejen z pohledu přenosu škodlivin (virů) z odvodu do přívodu vzduchu, ale i z důvodu jejího vlivu na hodnocení energetické náročnosti větracích jednotek v nadcházející revizi legislativního nařízení Ecodesign (EU) č. 1253/2014 [6] spolu s již novelizovanou normou ČSN EN 308:2022 [1] pro měření výkonu tepelně rekuperačních komponent vzduch-vzduch. Uvedená norma pracuje s měřenou hrubou teplotní účinností ZZT a podle velikosti vnitřní netěsnosti výpočtem koriguje (snižuje) její hodnotu na čistou teplotní účinnost, která se následně promítá do celkového hodnocení energetické náročnosti větrací jednotky. Bohužel metodika měření vnitřní netěsnosti je různá pro různé systémy ZZT. Statická tlaková zkouška pro deskové rekuperační výměníky má neporovnatelné výsledky s dynamickou zkouškou trasovacím plynem v potrubí pro rotační regenerační výměníky tepla, a proto se Eurovent Asociace pokouší tyto metodiky sjednotit do nové společné metodiky tzv. pokročilé tlakové zkoušky, jejíž výsledky budou srovnatelné se zkouškou trasovacím plynem v potrubí. Příspěvek uvádí nově odvozený zjednodušený vzorec výpočtu čisté teplotní účinnosti s ukázkou jejího poklesu při nárůstu vnitřní netěsnosti. Vnitřní netěsnost je určována nejen provedením výměníku ZZT a jeho zástavbou a konstrukcí pláště a vnitřních příček větrací jednotky, ale také tlakovými poměry mezi přívodní a odvodní částí větrací jednotky ovlivněnými polohou (konfigurací) ventilátorů vůči výměníku ZZT ve větrací jednotce a také připojeným potrubním systémem.

ZPŮSOBY MĚŘENÍ VNITŘNÍCH NETĚSNOSTÍ VĚTRACÍCH JEDNOTEK

Statická tlaková zkouška

Vnitřní netěsnost je definována jako průtok netěsnostmi (póry) uvnitř větrací jednotky ze strany odvodu na stranu přívodu vzduchu způsobený rozdílem tlaků v poměru k průtoku přívodu. Statická tlaková zkouška vnitřních netěsností se provádí u malých rezidenčních větracích jednotek dle EN 13141-7 [2] při rozdílu tlaků 100 Pa ve vztahu k referenčnímu průtoku a u větších nerezidenčních větracích jednotek dle EN 308 [1] při rozdílu tlaků 250 Pa mezi přívodní a odvodní větví ve vztahu k velikosti jmenovitého průtoku v %. Tato zkouška je doporučována pro větrací jednotky s deskovými rekuperačními výměníky vzduch-vzduch s poměrně malými netěsnostmi. Výhodou této zkoušky je její snadná proveditelnost a přímá porovnatelnost větracích jednotek při stejných tlakových podmínkách. Avšak její nevýhodou je, že vůbec neodpovídá reálným tlakovým poměrům ve skutečném provozu.



Obr. 1 Schéma měření vnitřních netěsností tlakovou zkouškou

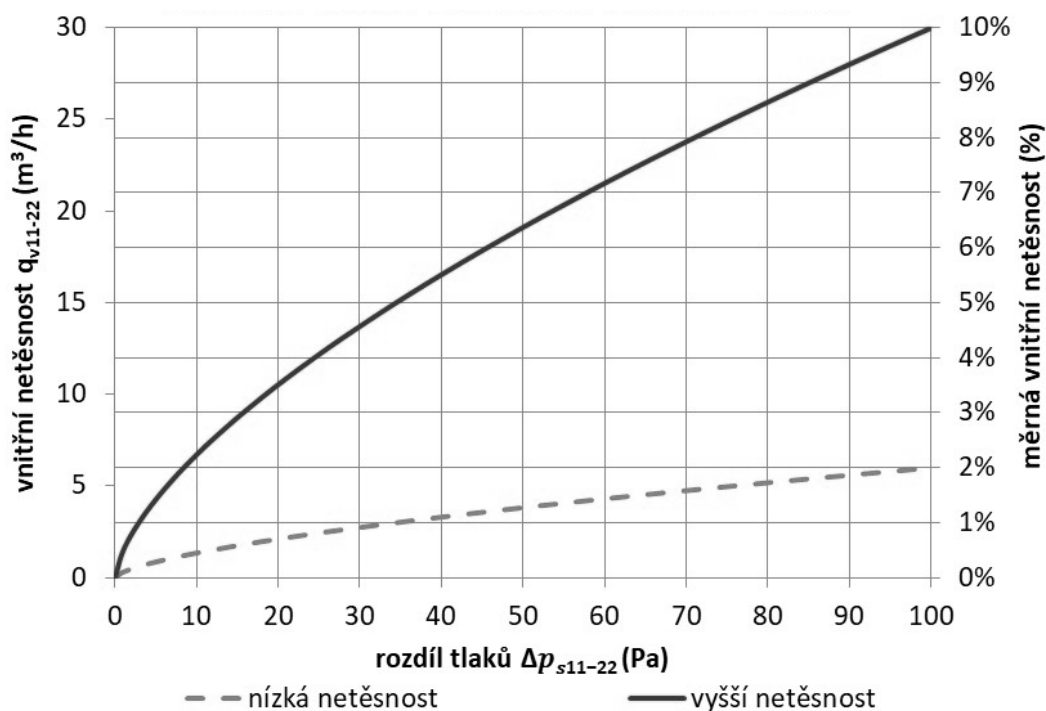
Příčiny vnitřních netěsností větracích jednotek

Velikost vnitřní netěsnosti je dána velikostí otvorů (pórů) a jejich umístěním kdekoli uvnitř větrací jednotky a také místním rozdílem tlaků vzduchu mezi přívodní a odvodní částí větrací jednotky. Tyto nežádoucí otvory (póry) se mohou ve větrací jednotce vyskytovat přímo v systému ZZT (stojící rekuperátor / pohyblivý regenerátor) či v jeho těsnění k navazující konstrukci a také ve vnitřních stěnách VJ. Vzhledem k malým rozměrům těchto otvorů je v nich proudění vzduchu částečně laminární.

Vnitřní netěsnost:

(1)

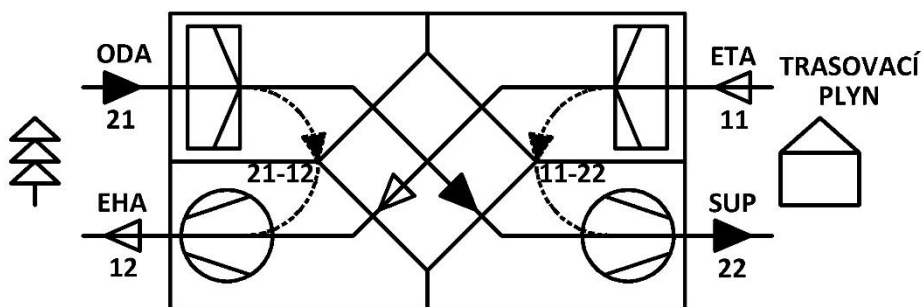
$$q_{v11-22} = k \cdot \Delta p_{s11-22}^e; \quad 0,5 \leq e \leq 1,0 \text{ (obvykle } e = 0,65 \text{)}$$



Obr. 2 Graf závislosti vnitřní netěsnosti na rozdílu tlaků mezi přívodem a odvodem

Dynamická zkouška trasovacím plynem v potrubí

Tato zkouška se provádí trasovacím plynem dávkovaným do odvodního potrubí pro zjištění, kolik vzduchu pronikne zpět (recirkuluje) do přívodu za reálných provozních podmínek s vyrovnanými hmotnostními průtoky vzduchu a reálnou externí tlakovou ztrátou. Parametr $R_{s,int}$ (transfer ratio from extract to supply) dle EN 13141-7 [2] či EATR (Exhaust Air Transfer Ratio) dle EN 308 [1] dává do poměru recirkulující část odvodního vzduchu vůči jmenovitému průtoku vzduchu v přívodu. Provádí se zejména u větracích jednotek s rotačními regeneračními výměníky tepla s většími netěsnostmi, které se také výrazně zvětšují s rostoucí rychlostí otáčení kola. Podmínkou provedení této zkoušky je malá vnější netěsnost větrací jednotky do 3 %. Nevýhodou této metody je její velmi omezená dostupnost díky speciálnímu laboratornímu vybavení. Výhodou je, že zohledňuje reálné lokálně se měnící tlakové podmínky uvnitř větrací jednotky ve skutečném provozu.



Obr. 3 Schéma měření vnitřních netěsností trasovacím plynem

Poměr průniku odváděného vzduchu do přívodu:

(2)

$$EATR = \frac{C_{22} - C_{21}}{C_{11} - C_{21}} = \frac{q_{m11-22}}{q_{m22}} ; \quad (q_{m22} \cong q_{m11})$$

Klasifikace vnitřních netěsností rezidenčních větracích jednotek dle EN13141-7:2021 [2]

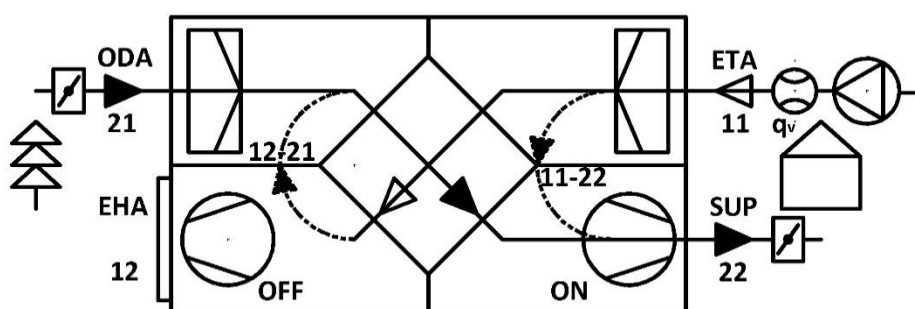
Tab. 1 Třídy netěsností podle metod měření

Tlaková metoda				Metoda trasovacím plynem v potrubí			
Třída	tlakem		tlakem	Třída	plynem		tlakem
	Vnitřní netěsnost (100 Pa)	a			Vnitřní netěsnost $R_{s,int}$	a	
A1	$\leq 3 \%$	a	$\leq 3 \%$	C1	$\leq 0,5 \%$	a	$\leq 3 \%$
A2	$\leq 7 \%$	a	$\leq 7 \%$	C2	$\leq 2 \%$	a	$\leq 3 \%$
A3	$\leq 14 \%$	a	$\leq 14 \%$	C3	$\leq 4 \%$	a	$\leq 3 \%$
neklasifikováno	$> 14 \%$	nebo	$> 14 \%$	neklasifikováno	$> 4 \%$	nebo	$> 3 \%$

Z porovnání ekvivalentních tříd vnitřních netěsností u těchto dvou metod měření vyplývá, že jejich limity se několikanásobně liší a nejsou tak tedy vůbec porovnatelné. V případě použití těchto hodnot pro výpočet čisté účinnosti se korekce bude výrazně lišit podle toho jakou z metod si pro měření vybereme.

Pokročilá tlaková zkouška Eurovent+HSLU

Výrobková skupina Eurovent asociace PG-RAHU pro rezidenční větrací jednotky ve spolupráci s vysokou školou HSLU Luzern analyzovala stávající metody měření vnitřních netěsností u dvou rezidenčních větracích jednotek s rozdílnými typy ZZT. U stejné jednotky byly výsledky měření vnitřních netěsností tlakovou zkouškou několikanásobně větší než hodnoty měření trasovacím plynem. Proto HSLU vyvinula novou metodu tzv. pokročilou tlakovou zkoušku [5] založenou na dostupné tlakové zkoušce snažící se přiblížit ke zkoušce trasovacím plynem za provozních tlakových podmínek. Nyní probíhá ověřování této nové metody na dalších vzorcích větracích jednotek jak v akreditovaných laboratořích, tak v laboratořích zúčastněných výrobců k prokázání opakovatelnosti a použitelnosti této metody k možnému zapracování do budoucích revizí dotýčných norem. Cílem je hodnotit objektivně a jednotně vnitřní netěsnost větracích jednotek nezávisle na použitém typu systému ZZT (filozofie měření černé skříňky) k jednotnému výpočtu čisté teplotní účinnosti.

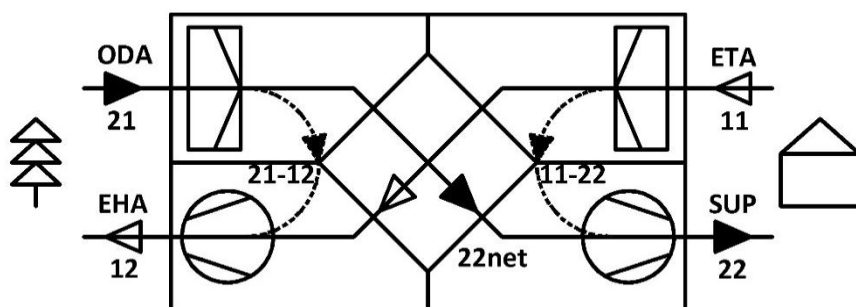


Obr. 4 Schéma měření vnitřních netěsností pokročilou tlakovou zkouškou

KOREKCE TEPLOTNÍ ÚČINNOSTI DLE VELIKOSTI VNITŘNÍ NETĚSNOSTI

Zjednodušený výpočet čisté teplotní účinnosti korigované dle vnitřní netěsnosti

Tento výpočet vychází z EN308 [1] i AHRI 1060 [3] a očišťuje měřenou teplotní účinnost VJ o část zdánlivého ZZT způsobeného recirkulací teplého odvodního vzduchu do již zrekuperovaného přiváděného vzduchu vnitřními netěsnostmi v oblasti vnitřní strany VJ.



Obr. 5 Schéma obousměrné větrací jednotky se znázorněním proudů vzduchu

Měřená hrubá teplotní účinnost:

(3)

$$\eta_{t,gro} = \frac{\theta_{22} - \theta_{21}}{\theta_{11} - \theta_{21}}; (q_{m22} \cong q_{m11})$$

Vnitřní netěsnost:

(4)

$$q_{m11-22} = EATR \cdot q_{m22}$$

Směšování vzduchu na přívodu:

(5)

$$\theta_{22} \cdot q_{m22} = \theta_{22net} \cdot (q_{m22} - q_{m11-22}) + \theta_{11} \cdot q_{m11-22}$$

Čistá teplota přívodu na výstupu ze ZZT:

(6)

$$\theta_{22net} = \frac{\theta_{22} \cdot q_{m22} - \theta_{11} \cdot q_{m11-22}}{q_{m22} - q_{m11-22}} = \frac{\theta_{22} \cdot q_{m22} - \theta_{11} \cdot EATR \cdot q_{m22}}{q_{m22} - EATR \cdot q_{m22}} = \frac{\theta_{22} - \theta_{11} \cdot EATR}{1 - EATR}$$

Smíšená teplota přívodu:

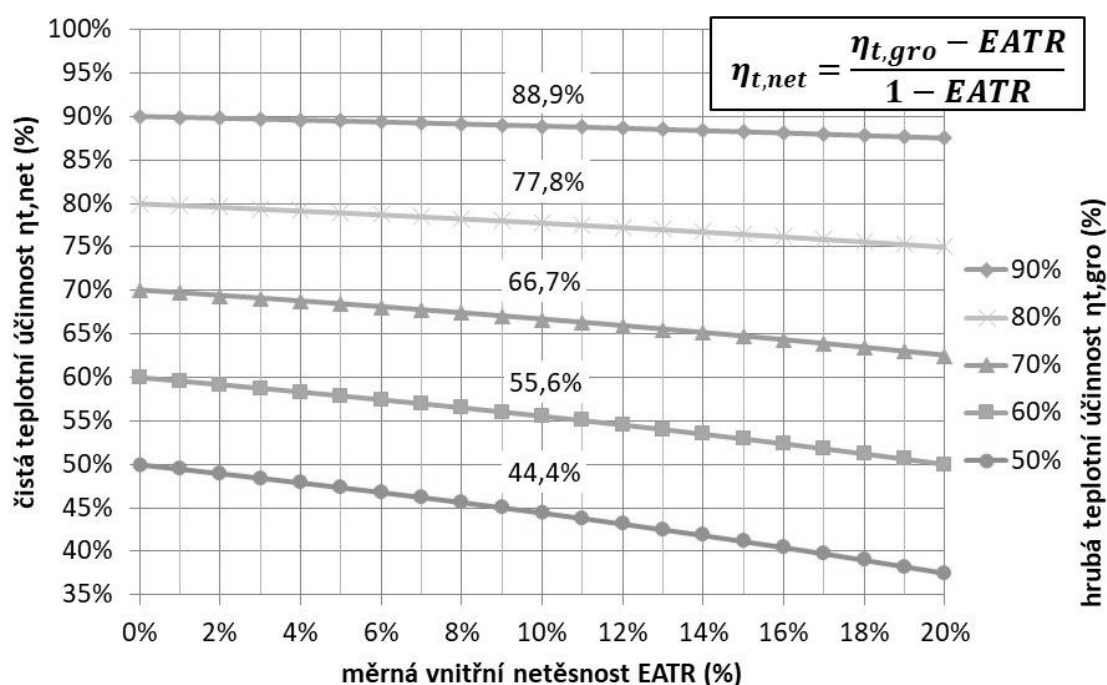
(7)

$$\theta_{22} = \eta_0 \cdot (\theta_{11} - \theta_{21}) + \theta_{21}$$

Korigovaná čistá teplotní účinnost:

(8)

$$\begin{aligned} \eta_{t,net} &= \frac{\theta_{22net} - \theta_{21}}{\theta_{11} - \theta_{21}} = \frac{\frac{\theta_{22} - EATR \cdot \theta_{11}}{1 - EATR} - \theta_{21}}{\theta_{11} - \theta_{21}} = \frac{\theta_{22} - EATR \cdot \theta_{11} - \theta_{21} + EATR \cdot \theta_{21}}{1 - EATR} \\ &= \frac{\theta_{22} - \theta_{21} - EATR \cdot (\theta_{11} - \theta_{21})}{(\theta_{11} - \theta_{21}) \cdot (1 - EATR)} = \frac{\frac{\theta_{22} - \theta_{21}}{\theta_{11} - \theta_{21}} - EATR}{1 - EATR} = \frac{\eta_{t,gro} - EATR}{1 - EATR} \end{aligned}$$



Obr. 6 Graf závislosti korigované vnitřní teplotní účinnosti na velikosti vnitřní netěsnosti

Z grafu je patrné, že se stoupající měřenou teplotní účinností při stejné měrné netěsnosti korekce na čistou účinnost klesá.

ZÁVĚR

Recirkulace vnitřního vzduchu netěsnostmi ve větrací jednotce nemůže být považována za součást rekuperace tepla, a proto je nutné korigovat měřenou teplotní účinnost na její skutečnou čistou hodnotu. Netěsnost obousměrné větrací jednotky je jedním z jejích významných kvalitativních ukazatelů a nabývá na významu nejen díky nežádoucímu přenosu škodlivin, ale také díky jejímu vlivu na energetickou náročnost provozu. Přesto, že se tento vliv nezdá být významně velký, dá se u výrobců větracích jednotek v budoucnu očekávat trend jejího snižování i s ohledem na nynější zvýšené náklady na energie.

LITERATURA

- [1] ČSN EN 308:2022, *Výměníky tepla – Zkušební postupy pro stanovení výkonnosti tepelné rekuperačních komponent vzduch-vzduch*
- [2] ČSN EN 13141-7:2021, *Větrání budov – Zkoušení výkonu příváděcích a odváděcích potrubních větracích jednotek pro nucené větrání obytných budov (včetně zpětného získávání tepla)*
- [3] AHRI standard 1060:2018, *Performance Rating of Air-to-Air Exchangers for Energy Recovery Ventilation Equipment*
- [4] EUROVENT 6/15–2021, *Air Leakages in Air Handling Units: Guidelines for Improving Indoor Air Quality and Correcting Performance*
- [5] MOSER M.T., HALFVARDSSON A., CHLUP J., HUBER H., *Analysis of Internal Leakages of Residential Ventilation Units by various test methods*. CLIMA 2022
- [6] NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1253/2014, požadavky na ekodesign větracích jednotek, 2014

SEZNAM OZNAČENÍ

θ	teplota vzduchu	[°C]
η_t	teplotní účinnost	[%]
q_m	hmotnostní průtok vzduchu	[kg/s]
q_v	objemový průtok vzduchu	[m ³ /h]
$EATR$	poměr průniku odváděného vzduchu do přívodu (měrná vnitřní netěsnost)	[%]
C	koncentrace trasovacího plynu ve vzduchu	[ppm]
p	tlak vzduchu	[Pa]
11	odváděný vzduch	
12	odpadní vzduch	
21	venkovní vzduch	
22	příváděný vzduch	
gro	hrubý	
net	čistý	
VJ	větrací jednotka	
ZZT	zpětné získávání tepla	

REGULACE PARAMETRŮ PŘÍVODNÍHO VZDUCHU U ZAŘÍZENÍ PRO ÚPRAVU VZDUCHU – PROVOZNÍ ZKUŠENOSTI

Ing. Karel Matějčiček

Inženýrská činnost provozů TZB

karel@ingmatejicek.cz

ANOTACE

Přednáška pojednává o provozních zkušenostech s regulací parametrů přívodního vzduchu ze zařízení pro úpravu vzduchu – převážně ze vzduchotechnických jednotek s důrazem na maximální efektivitu provozu.

ÚVOD

Regulace parametrů přívodního vzduchu ze zařízení pro úpravu vzduchu, ve většině případů vzduchotechnických (VZT) jednotek, je realizována pomocí systémů měření a regulace (MaR). Aby tyto systémy byly schopny zajistit požadované parametry mikroklima ve větraných / klimatizovaných prostorech, musí z těchto prostorů vycházet požadavky na parametry přívodního vzduchu vlastních VZT jednotek. I tyto požadavky jsou zpracovávány systémy MaR vlastních zařízení. Jde o tzv. vlečnou regulaci kaskádou dvou PID regulátorů. Výsledek prvního regulátoru z požadavků na parametry mikroklima v prostoru je žádaná vstupní hodnota pro druhý regulátor vlastního zařízení. Základní výhoda je v tom, že je možné zadávat pásma pro min. a max. hodnoty požadovaných veličin parametrů přívodního vzduchu. Druhou výhodou je celková stabilita regulačního procesu – zatlumení.

PARAMETRY PŘÍVODNÍHO VZDUCHU

Teplota přívodního vzduchu v °C

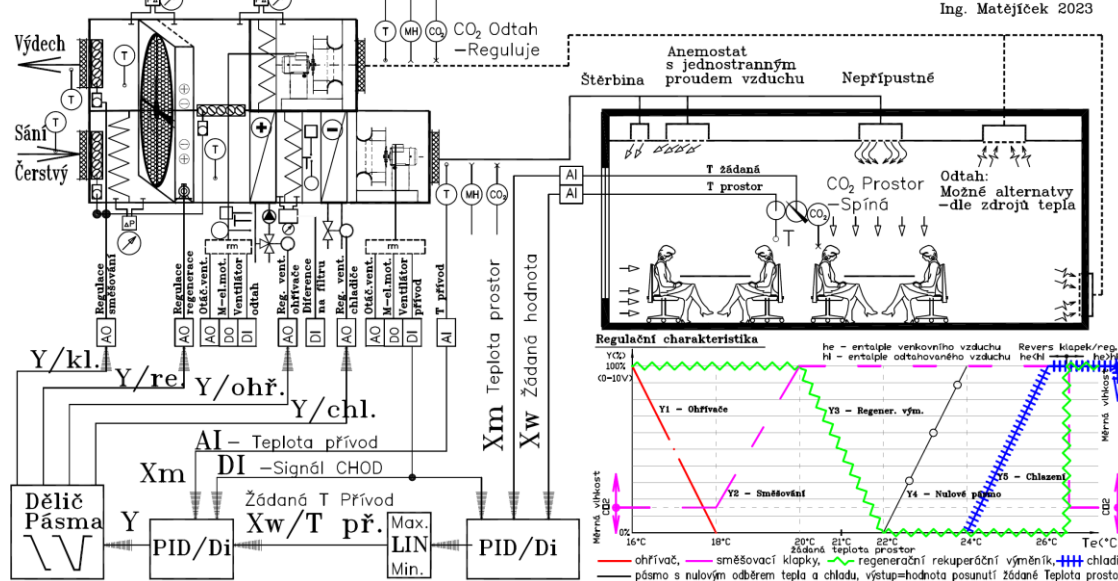
Hodnota žádané teploty přívodního vzduchu může být:

- Konstantní - např. zajištění přívodu čerstvého vzduchu bez pokrytí tepelných ztrát/zisků prostoru.
- Vlečně přestavována v závislosti od
 - Venkovní teploty
 - Dle počtu otevíření / uzavření vnitřních zdrojů systémů pro pokrytí tepelných ztrát / zisků – regulace na „Otevřený ventil“
 - Výstupu z regulace vnitřní teploty

Ve všech případech musí být zadána projektantem vzduchotechniky/technologem minimální a maximální hodnota teploty přívodního vzduchu. Mezní hodnoty teplot přívodního vzduchu v prostoru vždy vychází ze způsobu distribuce vzduchu v prostoru a z druhu / typu použití přívodních koncových distribučních prvků. Důležité jsou také vzdálenosti a směry toků proudů vzduchu od místa vyústění přívodního vzduchu do místa zóny pobytu lidí, event. požadavku technologie. Musí být vždy zajištěn dosah proudu vzduchu s požadavkem na provětrání prostoru za podmínky min. / max. rychlosti přiváděného vzduchu v zóně pobytu lidí. Na to vše má zásadní vliv teplota přívodního vzduchu.

Regulace teploty přívodního vzduchu VZT zařízení

Ing. Matějček 2023



Obr. 1 Regulace teploty přívodního vzduchu VZT zařízení

Měrná vlhkost přívodního vzduchu v g/kg suchého vzduchu

V závislosti na požadované relativní vlhkosti v prostoru je regulována / přestavována žádaná měrná vlhkost přívodního vzduchu, vypočítaná z měřené aktuální teploty v prostoru a žádané relativní vlhkosti daného prostoru. Žádaná měrná vlhkost přívodního vzduchu je rozdílná při požadavku na vlhčení (většinou zimní provoz) a při požadavku na odvlhčování (letní provoz), který se realizuje regulací teploty chlazené vody a výkonu chladiče a následně dohřevem vzduchu. Vychází to z rozdílných požadavků relativní vlhkosti v prostoru v létě a v zimě. Např. požadavek zima 35 % a léto 60 % - tomu odpovídá požadovaná měrná vlhkost při tlaku 100 kPa a vnitřní prostorové teplotě zima 22 °C, 35 % r. v. → cca 6 g/kg, léto 26 °C, 60 % r. v. → cca 10 g/kg. Algoritmus výpočtu je součástí systému MaR. Při požadavku na vlhčení je konkrétní způsob regulace měrné vlhkosti závislý na způsobu a použití zdroje vlhkosti.

- Adiabatická pračka vzduchu nízkotlaká s vanou. Tlak do trysek cca 2,5 bar.
 - Čerpadlo pračky CHOD:
- Dle požadované měrné vlhkosti přívodního vzduchu se přestavuje žádaná teplota vzduchu pro měřenou teplotu v pračce, event. za pračkou/eliminátorem kapiček – pokud, tam není těsně nainstalován dohřev vzduchu. Od této žádané a měřené teploty vzduchu se regulují komponenty VZT jednotky mimo dohřevem za pračkou. Výstupní teplota přívodního vzduchu se ještě následně upravuje dohříváčem za pračkou, event. zónovými ohříváči.
 - Čerpadlo pračky STOP a měřená měrná vlhkost menší jak max. žádaná měrná vlhkost léto:
- Dle požadované teploty přívodního vzduchu na výstupu z jednotky – ideálně za přívodním ventilátorem, se regulují veškeré komponenty VZT jednotky bez ohledu na měřenou měrnou vlhkost vzduchu.
- Adiabatická pračka vzduchu vysokotlaká bez vany. Tlak do trysek cca 70 bar.
- Dle požadované měrné vlhkosti přívodního vzduchu se spíná vysokotlaké čerpadlo pračky a následně otevírají spínáním solenoidů jednotlivé větve s vysokotlakými tryskami. Žádaná teplota přívodního vzduchu se reguluje jednotlivými komponenty jednotky bez ohledu na požadovanou měrnou vlhkost. Teplotu je vhodné měřit až za ventilátorem přívod.

- Vlhčení parou. Např. Vyvíječem páry, centrálním zdrojem páry, ...
- Dle požadované měrné vlhkosti přívodního vzduchu se reguluje množství přívodu páry. Žádaná teplota přívodního vzduchu se reguluje jednotlivými komponenty jednotky bez ohledu na požadovanou měrnou vlhkost. Teplotu je vhodné měřit až za ventilátorem přívod.
- Legenda k obrázku

Přetlak vzduchu v potrubí přívod/množství vzduchu přívod, množství vzduchu odtah

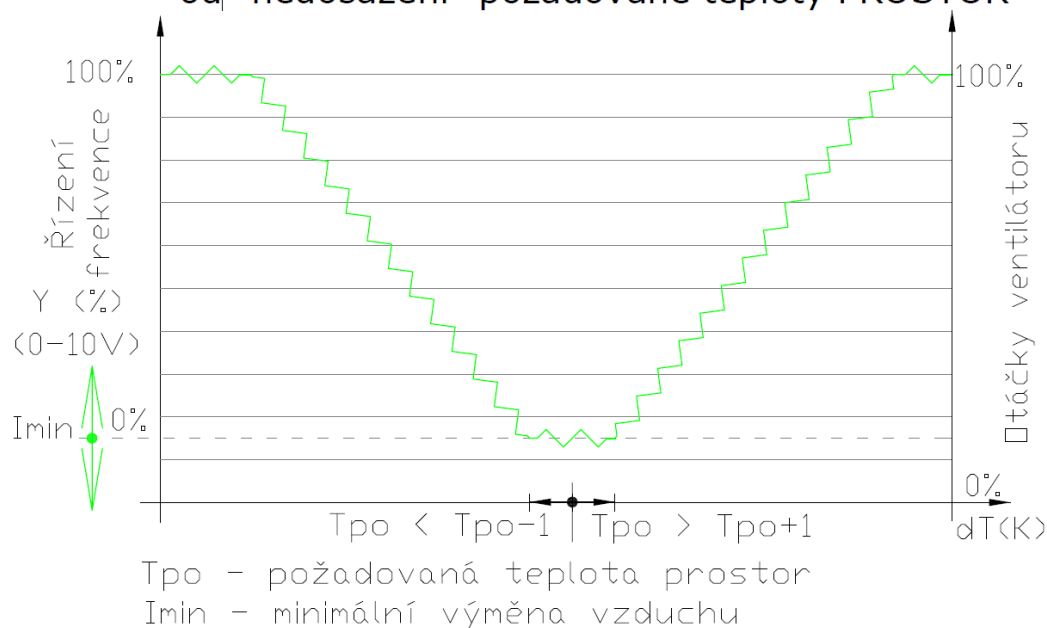
- Musí být stanoveno požadované množství přívodního vzduchu.
- Požadovaná minimální výměna vzduchu – minimální množství přívodního vzduchu
- Požadované pokrytí maximálních tepelných ztrát, tepelných zisků a množství čerstvého vzduchu – maximální množství přívodního vzduchu

Otáčky přívodního ventilátoru jsou regulovány dle požadovaného přetlaku vzduchu přívod, který je představován v mezích množství vzduchu uvedených výše dle dosažení požadované teploty a kvality vzduchu prostor (max. hodnota CO₂ prostor) a při tom je měřeno celkové množství přívodního vzduchu. Od tohoto množství vzduchu přívod je regulováno množství vzduchu odtah představování otáček ventilátoru odtah. Základní podmínky realizace regulace množství přívodního vzduchu:

- Množství přívodní vzduchu je možné regulovat za podmínky, že je k tomu realizován odpovídající způsob distribuce vzduchu v prostoru tak, aby bylo vždy zajištěno řádné provětrání prostoru i při minimálním množství přívodního vzduchu.
- Navyšovat množství přívodního vzduchu nad minimální množství je nutno, když je dosažena max. (zima), min. (léto) teplota přívodního vzduchu a teplota v prostoru je menší (zima) / větší (léto) víc jak o 1 K oproti žádané. Snižovat množství je možné, když teplota v prostoru je větší (zima) / menší (léto) o 1 K oproti žádané teplotě prostor.

Regulace otáček ventilátoru přívod od teploty prostor

- od "nedosažení" požadované teploty PROSTOR



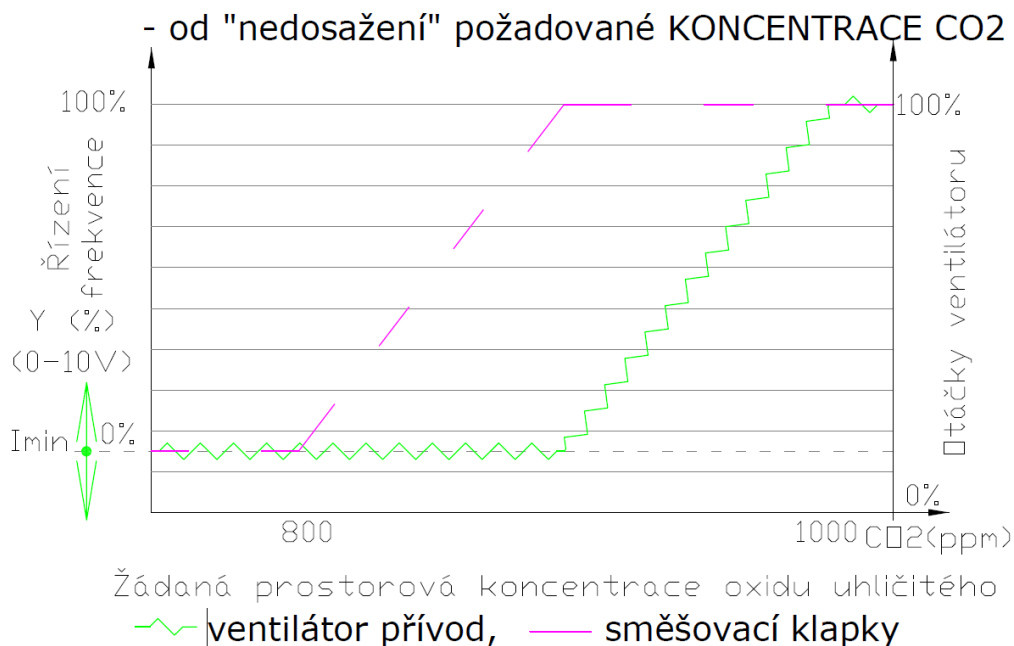
Obr. 2 Regulace množství přívodního vzduchu od teploty prostor

Kvalita vzduchu – obsah CO₂ ve vzduchu přívod, prostor, odtah

- Obecně je vhodné měřit obsah CO₂ ve vzduchu.
- Přívod – dle této hodnoty se omezuje množství přísávaného odtahovaného vzduchu do přívodního čerstvého funkci směšování (má-li zařízení VZT směšování). Většinou nastavují na hodnotu 600ppm.
- Prostor – dle této hodnoty (překročení 1200ppm) se aktivuje, mimo jiné, chod zařízení a pokud VZT zařízení nezajišťuje větrání jen jednoho prostoru, výběr max. naměřené hodnoty CO₂ ze všech měřených prostorů reguluje klapky směšování a následně množství přívodního vzduchu.
- Odtah – pokud zařízení zajišťuje větrání jednoho prostoru, tak dle této hodnoty se reguluje kvalita přívodního vzduchu systémem klapky směšování a následně množstvím přívodního čerstvého vzduchu. Pokud je zařízení pro více prostorů, tato hodnota se neměří – o ničem nevypovídá.

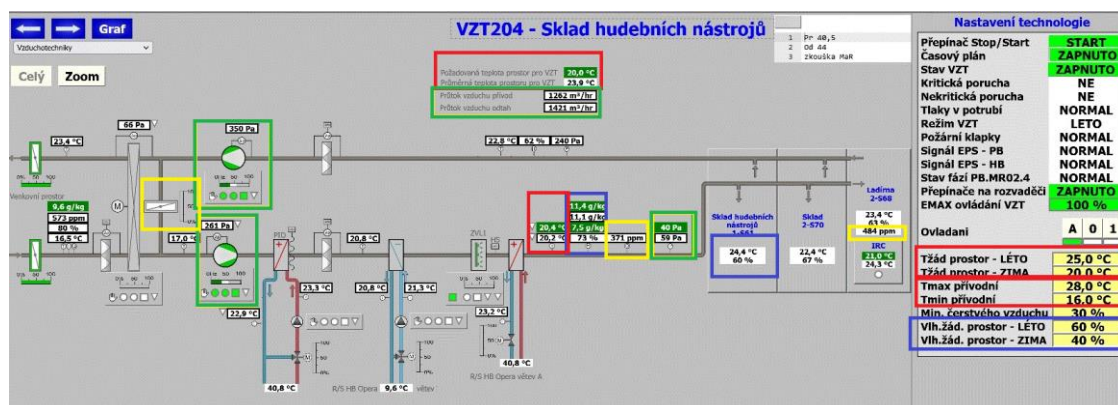
Základní požadavek na regulaci dle CO₂: Regulační algoritmus množství čerstvého vzduchu musí být vždy PROPORCIONÁLNÍ. To znamená, že např. při CO₂ naměřeno 800 ppm je požadavek regulace na minimální množství čerstvého vzduchu od CO₂. Při CO₂ naměřeno 1000 ppm, je požadavek regulace na maximální množství čerstvého vzduchu od CO₂. Tato závislost je lineární. Není možné použít integrační, ani derivační složku regulátoru. Odůvodnění: Při příchodu většího množství lidí do klimatizovaného prostoru dochází k nárůstu hodnoty CO₂ v řádech minut a tomu musí odpovídat i požadavek na okamžitý nárůst množství čerstvého vzduchu. Pokud daný prostor lidé opustí, je pokles hodnoty CO₂ relativně pozvolný, než se prostor vyvětrá. Z tohoto důvodu nehrozí kmitání regulace při použití samostatného proporcionálního regulátoru. Hodnota CO₂ mezi 800 a 1000 ppm je přípustná.

Regulace otáček ventilátoru přívod a směšování od obsahu kysličníku uhličitého (CO₂) ve vzduchu



Obr. 3 Regulace otáček ventilátoru přívod a směšování od obsahu kysličníku uhličitého (CO₂) ve vzduchu

Vizualizace VZT zařízení s regulací teploty, vlhkosti, množstvím vzduchu a CO₂



Obr. 4 Vizualizace provozu VZT zařízení pro sklad hudebních nástrojů v Státní opeře Praha

- Červené orámování
- Žádaná teplota prostor LÉTO (25,0 °C) žádaná teplota prostor ZIMA (20,0 °C)
- Vypočítaná žádaná teplota prostor (20,0 °C), průměrná měřená teplota prostor (23,9 °C). Mezi spodní hranicí teploty/ZIMA a horní/LÉTO je NULOVÉ PÁSMO odběru energie (tepla a chladu) pro zařízení VZT
- Žádaná (20,4 °C) a měřená teplota přívodního vzduchu (20,2 °C)
- Minimální (16,0 °C) a maximální (28 °C) hodnota teploty přívodního vzduchu
- Modré orámování
- Žádaná relativní vlhkost prostor LÉTO (60 %), ZIMA (40 %)
- Vypočítaná z aktuální průměrné teploty prostor (23,9 °C) žádaná měrná vlhkost přívodního vzduchu LÉTO (11,4 g/kg) ZIMA (7,5 g/kg)
- Zelené orámování
- Žádaný přetlak přívod (40 Pa), měřený přetlak přívod (59 Pa)
- Regulace otáček ventilátoru a množství vzduchu přívod (1262 m³/hod), odtah (1421 m³/hod)
- Žluté orámování
- Koncentrace CO₂ přívod (371 ppm), prostor (484 ppm)

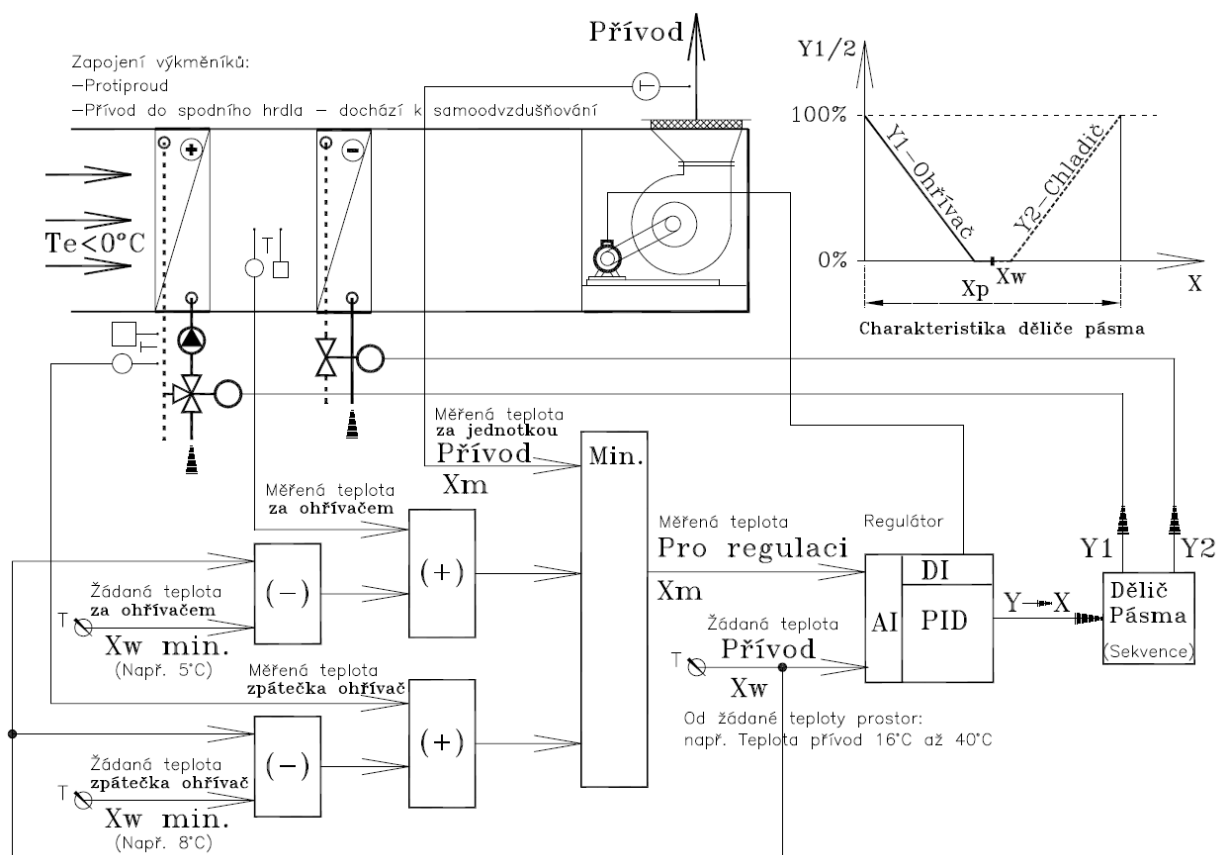
Algoritmus protizámrazové ochrany ohříváče – návrh možného řešení

Pokud vzduchotechnická jednotka nasává vzduch s podnulovou teplotou, tento návrh možného řešení protizámrazové ochrany ohříváče zajišťuje plynulé „přecházení“ regulace regulačního signálu z regulace dle teploty přívodního vzduchu na regulaci dle min. teploty zpátečky z ohříváče, event. na regulaci dle teploty vzduchu za ohříváčem. Stačí zadat žádané hodnoty:

- Žádaná teplota přívodního vzduchu
- Žádaná minimální teplota zpátečky z ohříváče
- Žádaná minimální teplota teploty vzduchu za ohříváčem – před chladičem

Popis funkce: Základní algoritmus je regulace teploty příváděného vzduchu. Tato teplota může být jak zadána jako parametr (při požadavku na zadanou teplotu přívodního vzduchu) nebo jako výsledek PID regulátoru z požadavku, že teplota přívodního vzduchu je výsledek žádané teploty přívodního vzduchu z požadavku na žádanou a měřenou teplotu v prostoru – tzv „vlečná regulace“. Měřená hodnota této teploty přívodního vzduchu se přivede do modulu výběru minima „Min“, společně s měřenou teplotou ve zpátečce ohříváče a teplotou vzduchu za ohříváčem. K těmto dalším dvěma teplotám se ale přičte rozdíl mezi teplotou žádanou

přívod a teplotou žádanou pro zpátečku ohřívače a teplotou žádanou pro teplotu vzduchu za ohřívačem. Výsledkem je, že vždy ta teplota, která je menší jak žádaná „přebírá“ řízení celého systému.



Obr. 5 Vývojový diagram algoritmu regulace teploty vzduchu přívod s protizámrazovým opatřením

ZÁVĚR

Je velmi důležité, aby projektanti VZT zařízení uváděli v projektu požadované parametry přívodního vzduchu pro vzduchotechnická zařízení s požadovaným popisem funkcí jednotlivých komponent jako podklad pro zpracování projektu a následně algoritmu řízení profesí měření a regulace. Bez podrobného zadání projektanta vzduchotechniky/technologa ve většině případů není schopen projektant/dodavatel měření a regulace zajistit perfektní mikroklima v prostoru s minimem dodávky vnějších energií – OPTIMÁLNÍ PROVOZ.

POKROČILÁ DISTRIBUCE VZDUCHU PRO TVORBU KVALITNÍHO VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ A MOŽNOSTI ÚSPORY ENERGIE

Ing. arch. Vojtěch Mazanec, Ph.D.

Fakulta stavební ČVUT v Praze, Katedra technických zařízení
vojtech.mazanec@cvut.cz

ABSTRAKT

V současné době je výrazný tlak na snižování energetické náročnosti budov. Zejména u větších objektů s mnoha uživateli se však můžeme dostat do konfliktu, kdy si musíme vybrat mezi kvalitním vnitřním prostředím a úsporou energie na jeho vytváření. Pokročilá distribuce vzduchu v budovách, kterou se tento článek zabývá, má výrazný potenciál snížit energetickou náročnost a zároveň zvýšit kvalitu vnitřního prostředí a spolu s tím i uživatelský komfort. Tento článek v první části popisuje základní principy pokročilé distribuce vzduchu, prvky, které hrají klíčovou roli v její efektivitě a možném využití, vysvětluje konkrétní dopady na kvalitu vnitřního prostředí i možnosti úspory energií v budovách podle současného stavu poznání. V druhé části pak konceptuálně ukazuje možnost úspory energie pro větrání u zjednodušeného modelu místnosti v administrativní budově.

KLÍČOVÁ SLOVA

Pokročilá distribuce vzduchu, personalizované větrání, osobní větrání, úspora energie v budovách, energeticky úsporné budovy, kvalita vnitřního prostředí,

ÚVOD

Pokud se v současnosti zabýváme výstavbou či rekonstrukcí libovolného objektu, rozhodně nelze minout požadavky týkající se energetické náročnosti. Není se čemu divit, budovy jsou poměrně výrazným spotřebitelem světové energie, a to zejména té neobnovitelné. Méně, ale stále častěji, je zmiňováno i vnitřní prostředí a požadavky na jeho kvalitu, což je klíčové zejména u budov, ve kterých lidé tráví větší část svého života – tedy obytné budovy a budovy, ve kterých vykonáváme, nebo se připravujeme na výkon budoucího povolání – administrativní budovy, školy, nemocnice, apod. Velkým důvodem spojeným s potřebou kvalitního vnitřního prostředí je eliminace syndromu nemocných budov, (v angličtině sick building syndrome), který je spojený s výrazným zvýšením diskomfortu a nemocností v budovách s nevhodným vnitřním prostředím [1]. V současnosti ale mnoho studií prokazuje také na výraznou korelaci mezi kvalitou vnitřního prostředí, podávaným pracovním výkonem a schopností se na práci soustředit [2], což by mělo mít výraznou pozornost zejména zaměstnavatelů, protože tu má kvalita vnitřního prostředí přímý dopad na intenzitu využití času každého zaměstnance.

Bohužel, mezi těmito dvěma tématy je praktický rozpor, protože obecně k udržení kvalitního vnitřního prostředí je zapotřebí energie, a tedy při snižování spotřeby energie často dochází i k snižování kvality vnitřního prostředí. Zejména proto, že finanční dopad na straně energetických úspor je velice snadno měřitelný a vyjádřitelný v konkrétních číslech, zatímco vliv kvality vnitřního prostředí se měří a vyčísľuje mnohem obtížněji. Nicméně z hlediska ceny budovy je náklad na zaměstnance nepoměrně vyšší oproti cenám spotřebovaných energií. Brager [1] zmiňuje více studií poukazujících na to, že 80-90 % nákladů souvisejících s budovou je využito na mzdy uživatelů a pouze 3 % nákladů je spojeno se s udržováním budovy. Tedy i malé zvýšení produktivity pracovníků reálně přinese vyšší finanční benefit než poměrově stejné snížení spotřeby energie. V celkovém kontextu je tedy rozumné hledat vhodné řešení, které v sobě bude slučovat tyto dva v základu protichůdné předpoklady a

poskytne stejnou, nebo i vyšší kvalitu vnitřního prostředí a současně možné úspory energie. Bude tedy motivovat zaměstnavatele i majitele objektu, zejména pokud jsou tyto osoby provozně a finančně odděleny (což je pravděpodobně případ velké části pracovišť).

V tomto článku se budu dále věnovat pokročilé distribuci vzduchu, tedy principu, kdy není vzduch distribuován obecně do místnosti, ale cíleně konkrétně přiváděn k jednotlivým uživatelům [3]. Ti tak nejlépe profitují z čerstvého upraveného vzduchu a s tím spojené kvality vzduchu, potažmo kvality vnitřního prostředí. Zároveň jsou větrány pouze ty části místnosti, ve které je čerstvý vzduch skutečně využíván a je tak možné významně snížit přiváděné množství čerstvého vzduchu. Díky zónování, které nevyužívá intenzivní mísení vzduchu v místnosti je snížen také přenos infekcí a riziko šíření nemocí mezi uživateli.

Výrazným prvkem pokročilé distribuce vzduchu je také možnost přizpůsobit si vnitřní prostředí vlastním potřebám [3]. Tímto systém reaguje na individuální potřeby každého uživatele, které se odvíjejí například od tělesné konstituce, zdravotní kondice, nálady, vykonávané činnosti nebo tepelné izolace oděvu. Je prokázáno, že v jakémkoliv uniformním prostředí bude vždy určitá část lidí nespokojena s tepelným komfortem [2]. Možnost upravit okolní prostředí dokáže tento problém nejen účinně řešit, ale aktuální výzkumy jasně ukazují, že samotná možnost ovlivnit a přizpůsobit okolní prostředí výrazně zvyšuje vnímanou kvalitu vnitřního prostředí [5]. Princip pokročilé distribuce vzduchu funguje ideálně zejména v místech s konkrétně umístěnými pracovními či pobytovými místy, zvláště pak těmi s proměnlivou obsazeností. Není tedy náhodou, se s tímto principem (i když jistě v různé míře kvality provedení) můžeme aktuálně setkat například v dopravních prostředcích.

SOUČASNÉ VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ V BUDOVÁCH

Vnitřní prostředí v současných budovách podléhá mnoha standardům a regulacím, je ovšem nutné si přiznat, že ne vždy kvalitou odpovídá tomu, co by bylo pro uživatele zdravé a komfortní. Podle souhrnu současných studií [1] se ukazuje, že moderní budovy s těsnou obálkou a umělým vnitřním prostředím sice spotřebovávají podstatně menší množství energie oproti budovám s přirozeným větráním, ale na studii prováděné v Kalifornii se například ukazuje, že je zde v přirozeně větraných budovách o 50 % méně případů syndromu nemocných budov (SBS). Ve studii v USA a Evropě, zahrnující 467 budov vykazovaly budovy s nuceným větráním (bez vlhčení) dokonce až 200% nárůst případů SBS. Ve studii není přímo zmíněna kauzalita, ale ukazuje se, že je mnohem pravděpodobnější, že v nuceně větraných budovách bude kvalita prostředí a s tím spojený pokles produktivity práce větší.

V objektech že velmi často je viníkem nevhodné nastavení setpointů, špatné řízení vnitřní teploty, nebo nevhodně navržené a provozované systémy větrání. Ve studii zahrnující 160 budov z celého světa bylo pomocí uživatelských hodnocení zjištěno, že velmi často dochází k přechlazení budov v letním období, nebo naopak přetopení budov v období zimním, což významně zhoršuje symptomy spojené s SBS. Tyto studie prokazují, že i když je systém pro tvorbu vnitřního prostředí nastaven podle standardů, velmi často chybí efektivní zpětná vazba od uživatelů budov, která by mohla k řešení těchto problémů přispět.

PŘÍLEŽITOSTI POKROČILÉ DISTRIBUCE VZDUCHU PRO BUDOVY

Jak už bylo zmíněno v úvodu, princip pokročilé distribuce vzduchu spočívá v přivádění čerstvého vzduchu do míst, kde je reálně aktivně využíván, tedy do dýchací zóny každého uživatele. Není tak nutné provětrávat celý objem místnosti a předpokládá se nerovnoměrnou distribucí škodlivin, kterých bude nejméně v nadechovaném vzduchu, a naopak nejvíce v místech, kde se lidé v danou chvíli vůbec nevyskytují. Tento princip umožňuje využívat mnohem menší objem přiváděného čerstvého vzduchu, a tedy i energie spojené s jeho

úpravou. V ideálním případě umožňuje tento systém i lokální nastavení teploty v zóně, a to buď skrze přiváděný vzduch, nebo místní zdroje tepla a chladu. Abychom mohli mluvit o efektivní pokročilé distribuci vzduchu, musíme zvážit tři hlavní parametry popsané v podkapitolách níže: uživatelské ovládání, osobní větrání a inteligentní řízení. Každý parametr samostatně dokáže zlepšit vnitřní prostředí i snížit spotřebu energie v budově, ale až v kombinaci jsou tyto efekty zásadní.

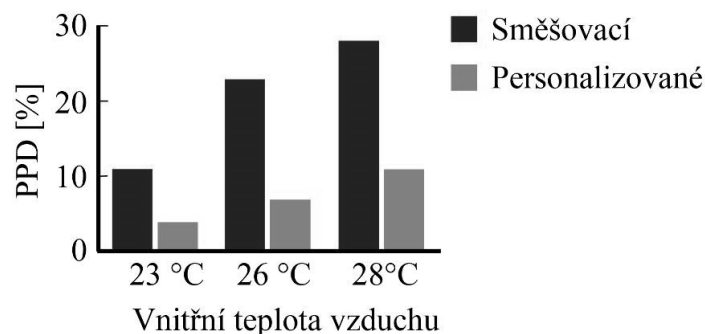
Uživatelsky ovládaný systém

V současné době je obvyklé ovládání systému pro tvorbu vnitřního prostředí jednotně pro každou místnost a vytváření unifikovaného prostředí. Je ovšem prokázáno, že vnímání a reakce lidského těla jsou individuální podle jeho fyziologických a psychologických parametrů. Každý člověk je tedy nastaven na jiné podmínky prostředí a je tedy prakticky nemožné vytvořit unifikované prostředí, které by bylo ideální pro každého. V místnostech obývaných větším počtem uživatelů je tedy v průměru vždy 5-10 % lidí, kteří jsou s tepelným prostředím nespokojeni. Je logickým předpokladem, že při možnosti individuálně ovlivnit své prostředí by bylo možné dosáhnout i 100% spokojenosti a celkově zvýšit uživatelský komfort v budově.

Na základě předchozích studií [5] bylo odhadnuto, že pro dosažení 99% spokojenosti s tepelným prostředím by bylo postačující, pokud by uživatel získal možnost upravit teplotu okolí o ± 3 K. Podle jiné studie [6] je dokonce podstatnější pro vnímání spokojenosti samotná možnost ovlivnění prostředí. Studie [5, 7] také poukázaly na to, že individuální možnost nastavení teploty okolí o ± 3 K by mohla vést ke zvýšení produktivity o 2-7 %.

Personalizované či personální (osobní) větrání

Efektivita větrání hraje klíčovou roli pro pokročilou distribuci vzduchu, protože je klíčem ke snížení spotřeby čerstvého vzduchu i k vyššímu uživatelskému komfortu. Parametr účinnosti větrání je definován jako poměr koncentrace znečišťujících látek v odváděném vzduchu k jejich koncentraci v nadechovaném vzduchu. Koncentrace znečišťujících látek v přiváděném vzduchu se pak odečte od obou hodnot. Účinnost větrání pochopitelně primárně závisí na poloze přívodů čerstvého vzduchu vůči osobám a zdrojům znečištění a v dokonale uniformním prostředí bude rovna 1. V současných nejčastějších směšovacích systémech větrání se i kvůli zkratům přiváděného a odváděného vzduchu obvykle účinnost pohybuje mezi 0,9–1, u efektivnějšího vytěšňovacího větrání se pohybuje k 1,2 [2]. Nejvyšších hodnot účinnosti ale zatím dosahuje větrání personalizované s výrazným zónováním prostředí, kde je naměřená účinnost mezi 1,2–3, podle koncových prvků a provozních podmínkách [8]. Proto je v pokročilé distribuci doporučeno a voleno využívání právě tohoto systému větrání. Je ovšem vždy na každém konkrétním objektu, jaká míra personalizace je technicky a provozně možná. Například aplikace do bytů či rodinných domů, kde je pohyb lidí špatně předvídatelný a ideálně rozprostřený po celé ploše je provozně výrazně obtížnější než u kanceláří s jasně danými pracovními místy. Teoreticky je ale možné vhodnou aplikací personalizovaného větrání snížit potřebu vzduchu o 20–50 % při zachování nebo mírném zvýšení uživatelského komfortu. Je také ověřeno, že při využití personalizovaného větrání je snížena náročnost na okolní teplotu, která například v létě může být i o několik stupňů vyšší, čímž jsou ušetřeny náklady na chlazení objektu (Obr.1) [9].



Obr. 1 Poměr mezi vnitřní teplotou a množstvím lidí nespokojených s vnitřním prostředím u směšovacího a personalizovaného větrání [9].

Inteligentní řízení

Inteligentní řízení větrání je dnes ještě výraznější téma, než v době vzniku principu pokročilé distribuce vzduchu a jeho možnosti se pohybují od jednoduché komunikace mezi manuálně nastaveným lokálním prvkem a vzduchotechnickým zařízením, po využívání neuronových sítí pro predikci stavů a chování uživatelů a inteligentní adaptivitu komplexních systémů zahrnující vše od vzduchotechniky po vytápění a stínící okenní prvky. V teoretických studiích [10, 11] je zmiňováno prediktivní řízení systémů úpravy vnitřního prostředí, a tato strategie vykazuje možnosti úspory celkové spotřebované energie u administrativních budov až 20 %. Další možností inteligentního řízení je například adaptivní setpoint teploty místnosti, založený na uživatelské zpětné vazbě, studie [4] v kalifornském prostředí předpokládá úspory na vytápění mezi 30 a 70 % v závislosti na chování uživatelů a lokálnímu klimatu.

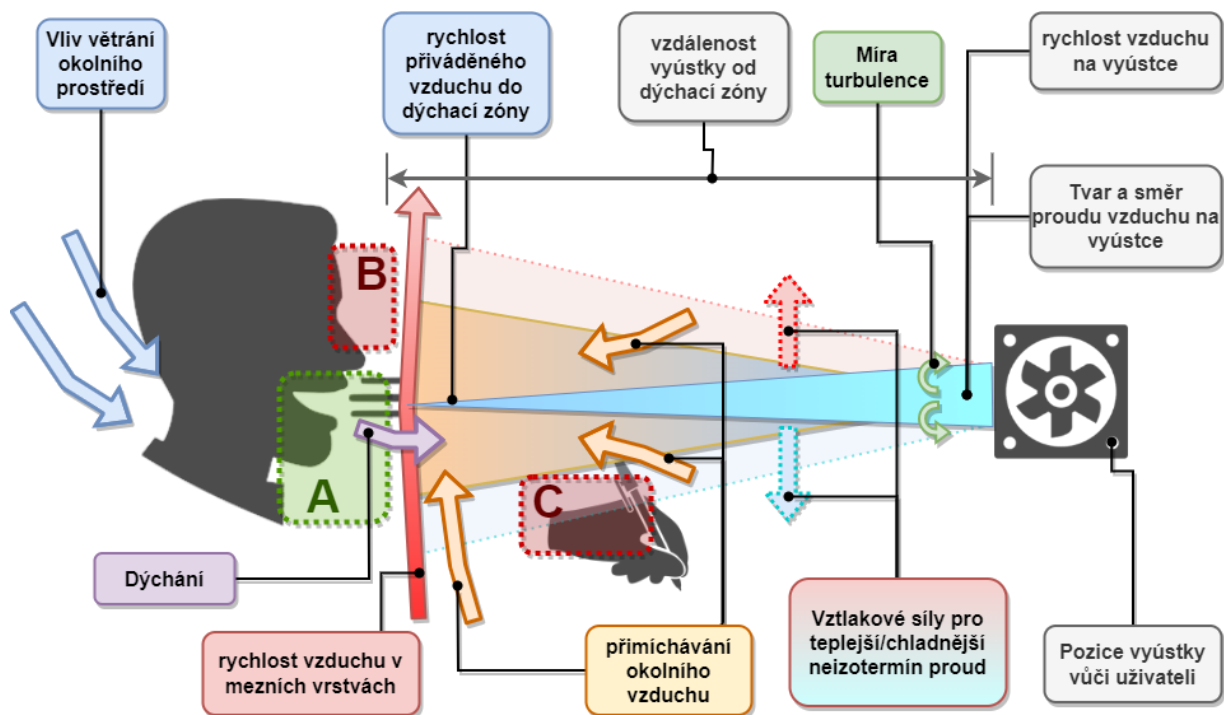
Možností, jak využít současné pokročilé technologie je mnohem více, kromě neuronových sítí a machine learningu, který by dokázal přizpůsobit nastavení technologií pro kontrolu vnitřního prostředí na základě dat z dlouhodobého užívání budovy, případně dlouhodobého sledování stavu každého uživatele, se například nabízí v dlouhodobém horizontu využití umělé inteligence pro rozpoznávání klíčových parametrů metabolických procesů, či stanovování tepelného odporu oděvu. Vždy je ovšem potřebná spolupráce s předchozími aspekty, tedy možností účinně ovládat okolní prostředí a efektivně distribuovat čerstvý vzduch.

Vnější vlivy na efektivitu personalizovaného větrání

Jako jedním z hlavních bodů pokročilé distribuce bylo výše zmíněno osobní větrání, tedy větrání personalizované, či personální. V obou případech se jedná o přívod čerstvého vzduchu v lokální těsné zóně uživatele. Vzhledem k limitovaným možnostem aplikace druhého z výčtu, bude v této kapitole rozebíráno primárně větrání personalizované, které lze prakticky aplikovat na obvyklá pracovní místa a vytváří samostatnou zónu větrání pro každého uživatele.

Samotné aplikace tohoto systému má však své zásady a limity, na které je potřeba hledět, a které bohužel často v současných systémech zohledněny nejsou. Celkový přehled principů působících na systémy personalizovaného větrání můžeme najít na Obr. 2. Primárními aspekty jsou zde zóny, které jsou zásadní pro funkčnost celého systému. Oproti směšovacímu větrání, kdy větráme celý objem místnosti, je zde klíčové cílení na dýchací zónu (A), do které je dodáván čerstvý vzduch. Zde je ovšem nutné překonat vzdálenost mezi vyústkou a touto zónou, což ovlivňují jak vztahové síly, proudění v okolním větrání a tvar samotného proudu,

tak vztahové síly ohřátého vzduchu v mezních vrstvách, kde proudění dosahuje nezanedbatelných rychlostí. K distribuci do zóny je tak obvykle využita vyšší rychlost proudění vzduchu z vyústky, což s sebou ovšem nese jiná zdravotní rizika, a to zasažení citlivých a nekrytých částí těla (zóny B a C). Jedná se zejména o oči, které mají tendenci vysychat, ale také o ruce, které jsou obvykle blíže vyústce a jsou tedy obvykle zasaženy vyšší rychlostí proudění, což teoreticky může vést ke zhoršení potíží v současnosti spojených s kancelářskou činností (například záněty šlach).



Obr. 2 Vlivy působící na výslednou efektivitu personalizovaného větrání. A – Dýchací zóna; B – Zóna očí (riziko vysychání očí při vyšších rychlostech); C – Zóna pracovního prostředí rukou (riziko tepelného diskomfortu při vyšších rychlostech, nebo nižších teplotách).

PRAKTICKÝ MODEL ÚSPORY ENERGIE

Pro popis možností a vizualizaci toho, jak je možné pokročilou distribuci vzduchu využít k úspoře energie, byl vytvořen zjednodušený model místnosti v kancelářské budově. Na tomto základním modelu pak byly aplikovány různé typy systémů distribuce vzduchu a zjišťován jejich dopad na vnitřní prostředí v místnosti a energii nutnou na ohřev a chlazení přiváděného vzduchu.

Popis modelu

Kancelářská místnost byla vytvořena o rozměrech 12x18 m s výškou stropu 3,5 m. Maximální obsazenost byla počítána 24 osob. Pro srovnání byly aplikovány dva systémy směšovacího větrání: jeden s konstantním přívodem vzduchu 25 m³/h na osobu, který byl referenčním vzorkem, druhý systém s regulací přívodního vzduchu podle přítomných osob řízený senzorem CO₂ na odvodním vzduchu udržující hladinu pod 1200 ppm CO₂. Oby tyto systémy měly nastavenou účinnost větrání na 1. Dále byly aplikovány tři varianty personalizovaného větrání s rozdílnou účinností větrání a to: méně výhodný systém s účinností 1,5 - odpovídající zhruba vyústkám umístěným nad nebo vedle monitoru, optimalizovaný systém s účinností

větrání 2 - odpovídající přibližně systému s mřížkou instalovanou na hraně stolu směřující do dýchací zóny [10] a ideální systém s účinností 2,5 – kterému v současnosti neodpovídá žádný z reálně naměřených prvků personalizovaného větrání. V rámci modelu nebylo počítáno s kompenzací tepelných zisků a ztrát pomocí vzduchotechniky. Ta byla využita pouze pro větrání. Energetická úspora je tak primárně počítána pro energii na ohřev či ochlazení přiváděného vzduchu na teplotu vzduchu v místnosti.

Modelové scénáře

V rámci modelu větrání budovy byly provedeny dva hlavní scénáře. Cílem prvního scénáře bylo minimalizovat spotřebu energie při zachování konstantní kvality vnitřního prostředí. V tomto scénáři se předpokládá u personalizovaného větrání výrazný rozdíl mezi hodnotou CO₂ v zóně uživatelů a hodnotou CO₂ na pozadí, tedy v částech místnosti, která není primárně obývána.

Druhý scénář počítá s přiváděním konstantního množství vzduchu vyústkami (například v podlaze) do prostoru v pozadí, a tedy provětrávání i zbytku místnosti, čímž se eliminují případné příliš vysoké hodnoty škodlivin. Model místnosti uvažuje průchody mezi pracovními místy s celkovou plochou 48 m² a objem vzduchu navržený pro konstantní provětrávání těchto prostor podlahovými vyústkami je 100 m³/h.

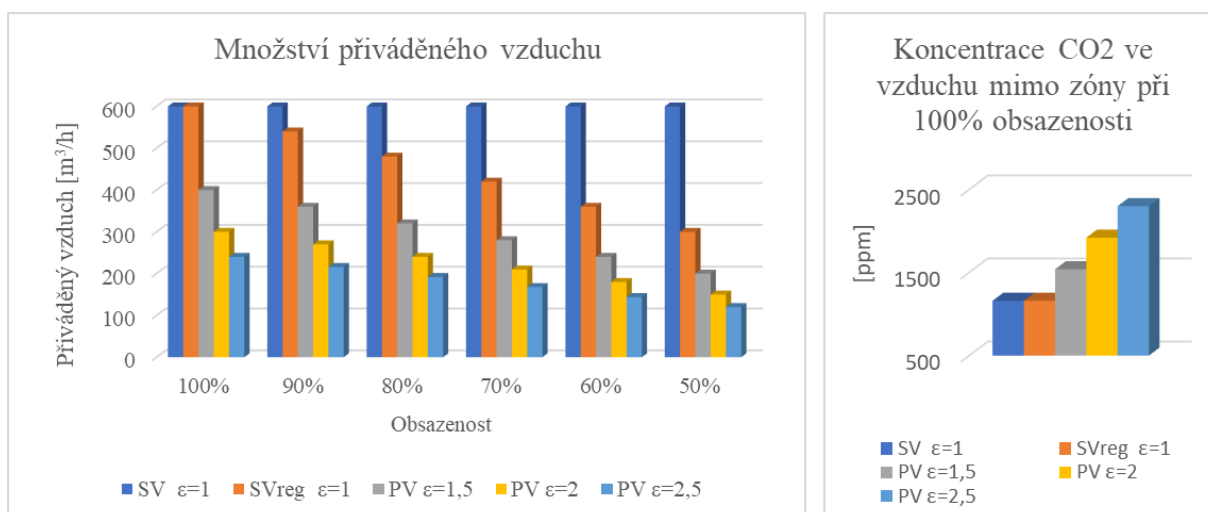
Vzhledem k výrazné reakci personalizovaného větrání byly také modelovány místnosti pro různou průměrnou denní obsazenost, a to od 50 % poukazující na méně využívanou kancelář, kde je vliv řízení vzduchotechniky výrazně patrný, do 100% obsazenosti, která poukazuje na velmi vytížená pracoviště.

Výsledky modelu

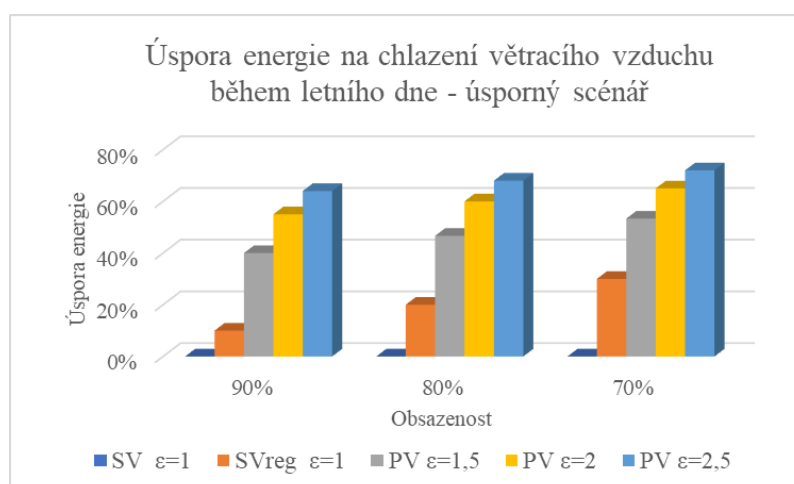
V prvním scénáři modelu můžeme vidět výsledky modelové simulace pro různé systémy distribuce vzduchu a jejich vztah na spotřebu energie pro větrání. Jak bylo zmíněno výše, první scénář se u všech systému distribuce primárně soustředí na úsporu energie. Na Obr. 3 vidíme celkovou potřebu přiváděného vzduchu na osobu vztaženou na účinnost větrání. V pravé části pak koncentraci škodlivin v prostředí mimo osobní zóny (pro různé obsazenosti se liší velmi málo, je proto uveden jen nejhorší příklad).

Je vidět, že množství vzduchu (mimo první srovnávací variantu klasického směšovacího větrání bez regulace – SV) se výrazně snižuje spolu s obsazeností budovy. U klasického směšovacího větrání s regulovaným průtokem (SVreg) je vidět logický poměrový pokles. U personalizovaného větrání (PV) můžeme sledovat pokles až o třetinu i při nejméně účinné variantě a plné obsazenosti, a maxima téměř 80 % úspory větracího vzduchu v případě, že je kancelář využívána málo. Na druhém grafu však vidíme výrazné zvýšení hodnot škodlivin v okolním prostředí, kde se v extrému můžeme dostat až na 2300 ppm CO₂. Je potřeba ovšem brát v potaz fakt, že v těchto prostorech – například chodby mezi pracovními místy – se bude zdržovat jen minimum lidí a bude to pouze na nezbytnou dobu.

Na Obr. 4 následně vidíme úsporu na chlazení větracího vzduchu na interiérovou teplotu 26 °C v modelový teplý letní den v pracovní dobu, kde se teplota pohybovala od 20,7 °C v ranních hodinách po 32 °C v 17. hodin a 26 °C na konci pracovní doby. Ve srovnání jsou už pouze tři vybrané modely obsazenosti. Zde je zřejmé, že personalizované větrání může v krajním případě (hledíme-li pouze na úsporu) ušetřit mezi 40-72 % energie na úpravu čerstvého vzduchu.



Obr. 3 Množství přiváděného vzduchu a koncentrace škodlivin v energeticky úsporném scénáři (SV – směšovací větrání, SVreg – směšovací větrání s regulací podle CO₂, PV – personalizované větrání s uvedenou účinností).

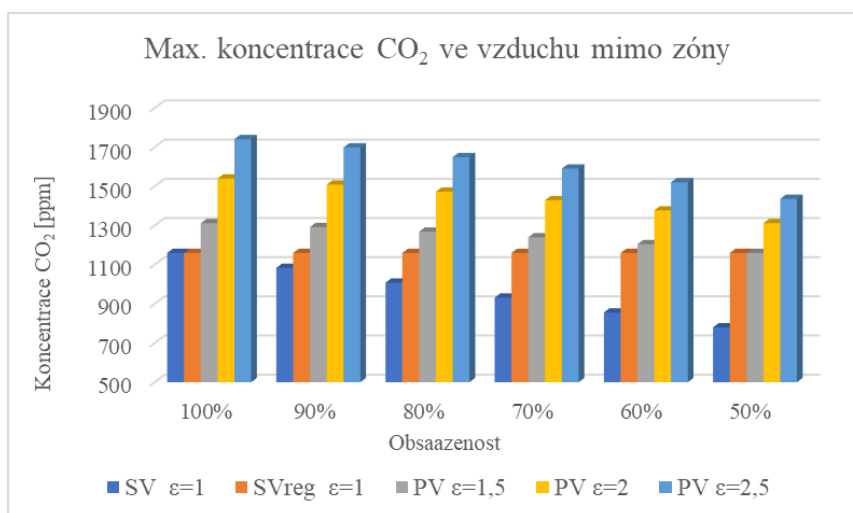


Obr. 4 Úspora energie na chlazení větracího vzduchu v modelový letní den během pracovní doby ve srovnání s referenčním směšovacím větráním, (SV – směšovací větrání, SVreg – směšovací větrání s regulací podle CO₂, PV – personalizované větrání s uvedenou účinností).

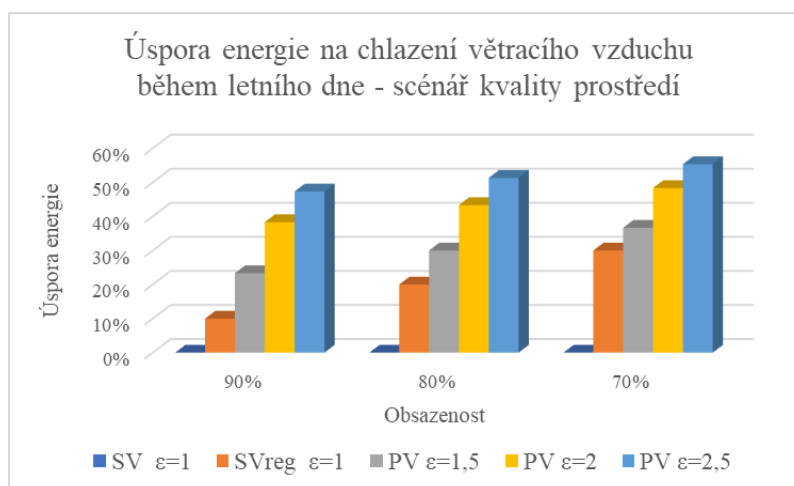
Druhý scénář je více zaměřen na kvalitu vnitřního prostředí a předpokládá navýšení minima potřebného pro personalizované větrání o konstantní průtok na provětrání prostorů mimo zóny. Snižuje se tím celková účinnost větrání, ale výrazně se snižuje koncentrace škodlivin v obecném prostoru. Na Obr. 5 vidíme koncentraci CO₂ v prostoru mimo zóny. Výsledky paradoxně na první pohled ukazují nejlépe pro klasické směšovací větrání, ale je nutné si uvědomit, že v zóně uživatelů je u personalizovaného větrání podstatně nižší koncentrace škodlivin, a energetická náročnost směšovacího větrání je nepoměrně vyšší. Nejhuře zde tak dopadá větrání řízené podle CO₂, které drží konstantní hodnotu škodlivin na požadované úrovni 1200 ppm, ta je však shodná i v dýchací zóně. Zásadní však je, že ani nejúčinnější varianta personalizovaného větrání zde nedosahuje extrémně vysokých hodnot koncentrace škodlivin a dostává se ke špičkovým hodnotám 1741 ppm, což je zvláště pro krátkodobou expozici hodnota zásadně neomezující komfort uživatelů.

Na Obr. 6 pak vidíme, jak se zvýšení větracího vzduchu promítne do spotřeby energie na úpravu čerstvého vzduchu. I zde je patrná úspora okolo 50 % energie na úpravu čerstvého vzduchu u efektivních systémů distribuce vzduchu u běžně obsazené místnosti. Pro představu, abych dosáhl takové úspory energie u směšovacího větrání, musel bych snížit větrání pouze na 11 m³/h čerstvého vzduchu na osobu a koncentrace CO₂ by se pohybovaly okolo 2100 ppm při plné obsazenosti. Což je bohužel stav, který v současné době v některých budovách vidíme.

Je ovšem potřeba poznamenat, že tato úspora je v teplém modelovém dni, pokud bychom brali v potaz delší časový horizont, celkové ušetřené náklady budou procentuálně nižší. Podrobnějšími výpočty a rozšíření modelu se bude zabývat následná studie.



Obr. 5 Maximální koncentrace CO₂ v prostoru mimo zóny pro scénář zaměřený na kvalitu vnitřního prostředí, (SV – směšovací větrání, SVreg – směšovací větrání s regulací podle CO₂, PV – personalizované větrání s uvedenou účinností).



Obr. 6 Úspora energie na chlazení větracího vzduchu v modelový letní den během pracovní doby ve srovnání s referenčním směšovacím větráním, (SV – směšovací větrání, SVreg – směšovací větrání s regulací podle CO₂, PV – personalizované větrání s uvedenou účinností).

ZÁVĚR

Pokročilá distribuce vzduchu je moderní možností, jak odpovědět na současnou potřebu snižovat energetickou náročnost budov a zároveň zlepšovat kvalitu vnitřního prostředí. Existuje více strategií, které lze v rámci pokročilé distribuce vzduchu aplikovat a každá zvlášť, ale ideálně v kombinacích, mohou přinést výrazné snížení potřeby energie i zvýšení výkonnosti, pohody a zdraví uživatelů budovy. V článku byly zmíněny nejzákladnější možnosti řešení a jejich možné benefity odhadované podle současného stavu poznání. Byly stručně zmíněny vlivy, které jsou zásadní pro praktickou aplikaci, a prezentován jednoduchý model, který dokazuje praktický přínos účinných systémů distribuce vzduchu.

S reálným využitím pokročilé distribuce se dnes setkáváme hlavně ve formě inteligentního řízení množství vzduchu, které samo o sobě dokáže ušetřit až 20 % energie na větrání. Další formy a zejména jejich kombinace zatím bohužel není příliš běžná a můžeme pouze doufat, že v budoucnu se na tuto problematiku podrobněji zaměří i výrobci vzduchotechnických systémů a na trhu vznikne dostatek příležitostí pro aplikaci v budovách.

LITERATURA

- [1] Brager G., Zhang H., Arens E., Evolving opportunities for providing thermal comfort, Building research and informations, 43(3), 2015, ISSN: 0961-3218 1466-4321, DOI: 10.1080/09613218.2015.993536
- [2] R. Čermák a A. K. Melikov, „Osobní větrání,“ Vytápění, větrání, instalace, č. 5, pp. 199-202, 2003.
- [3] A. K. Melikov, „Advanced air distribution,“ ASHRAE Journal, pp. 73-78, 11 2011
- [4] Konis K., Zhang L., Occupant aware energy management: simulated energy savings achievable through application of temperature setpoint learned through end-user feedback, ASHRAE and IBPSA-USA SimBuild 2016 Building performance modeling conference, Salt Lake City, UT August 8-12, 2016
- [5] WYON, D. P., 1996, Individual microclimate control: required range, probable benefits and current feasibility, Proc. of Indoor Air 1996, Vol. 1, pp. 1067-1072.
- [6] BAUMAN, F. S., CARTER, T. G., BAUGHMAN, A. V., ARENS, E. A., 1998, Field study of the impact of a desktop task/ambient conditioning system in office buildings, ASHRAE Transactions, Vol. 104(1B), pp. 1153-1171.
- [7] KRONER, W. M., STARK-MARTIN, J. A., 1994, Environmentally responsive workstations and office-worker productivity, ASHRAE Transactions, Vol. 100(2), pp. 750-755.
- [8] MELIKOV, A. K., CERMAK, R., MAJER, M., 2002, Personalized ventilation: evaluation of different air terminal devices, Energy and Buildings 34, pp. 829-836.
- [9] A. K. Melikov a R. Čermák, „Protection of occupants from exhaled infectious agents and floor material emissions in rooms with Personalised and underfloor ventilation,“ HVAC & R Research, sv. 13, č. 1, 2007.
- [10] Song G., Zhengato A., Zhengxuan L., Guoqiang Z, A systematic literature review on smart and personalized ventilation using CO2 concentration monitoring and control, Energy reports 8 2523-2536, 2022
- [11] Erickson V. L., Cerpa A. E., Occupancy based demand response HVAC control strategy, BuildSys '10: Proceedings of the 2nd ACM Workshop on Embedded Sensing Systems for Energy-Efficiency in Building, str. 7–12, 2010, DOI: <https://doi.org/10.1145/1878431.1878434>

VLIV KLIMATICKÝCH ZMĚN NA NÁVRH SYSTÉMŮ TECHNIKY PROSTŘEDÍ

Ing. Jiří Petlach st.

Petlach TZB s. r. o.

jiri.petlach@petlach.cz

ANOTACE

Klimatické změny vlivu činnosti člověka způsobují nejen postupné zvyšování průměrné teploty zemského klimatu, ale i způsobují extrémní jevy, se kterými se v některých oblastech člověk dosud nesetkal. Tyto extrémní jevy (teplota, vítr, vydatnost srážek) vyvolávají otázky, zda jsou moderní současné budovy schopné těmto extrémním klimatickým jevům odolávat a jaký budou mít vliv na vnitřní prostředí staveb. Předpokládané dopady z hlediska návrhových parametrů budov jsou předmětem této přednášky.

A. TAXONOMIE

1. Taxonomie je praxe a věda klasifikace (zařídění)
2. Původně se týkala pouze pro klasifikaci organismů v rámci biologie
3. Nyní pojem Taxonomie EU, což je spojení rozřídění a klasifikace budov ve vazbě na GREEN DEAL
 - Klasifikační systém umožňující hodnotit přístup subjektu k životnímu prostředí
 - Vyhodnocuje mimo jiné dopady klimatických změn stránky na řešení budov vč. systémů techniky prostředí (robustnost budov a systémů zvládat jevy vlivem klimatických změn, řešení uhlíkové stopy apod.)
4. Vliv klimatických změn na návrh zařízení techniky prostředí:
 - Technické řešení
 - Vliv na životní prostředí
 - Vliv na potřebu energií
5. Odolnost systémů a budov proti důsledkům klimatických změn je jedním z kritérií mezinárodních certifikací budov (LEED, BREEAM apod.). Vycházejí z dlouhodobých předpovědí dopadů klimatických změn na návrh a následných dopadů na provoz budov.
6. Zapojení pojišťoven

B. ZMĚNY KLIMATU – DOPADY NA NÁVRH ZAŘÍZENÍ TZB

1. S ohledem na změny klimatu bude nutno patrně změnit postoj k navrhování zařízení pro eliminaci vlivů klimatických změn na vnitřní prostředí i dimenzování zařízení (zkoumání funkčnosti zařízení při určitých venkovních parametrech prostředí)
2. Vlivy, které bude nutno nově při návrhu posuzovat
 - a. Vítr
 - b. Dešťové srážky (entalpie)
 - c. Extrémní venkovní teploty
 - Zima
 - Léto
 - d) Průměrné oteplování planety
 - e) Rychlost změny klimatických parametrů
3. Při návrhu zařízení techniky prostředí je nutno vnímat další společenskou poptávku:
 - Snížení uhlíkové stopy
 - Využívání a spotřeba bezemisních technologií
 - Nízká spotřeba energie
 - Využívání látek (chladičů), které nepoškozují ozónovou vrstvu
 - Investiční dostupnost
4. Cílem není navrhovat budovy na katastrofický scénář, ale jasně definovat a zařadit (zařadit) budovu s

ohledem na vlivy vzniklé
klimatickými změnami

5. Pojišťovny a IZS

C. VLIV VĚTRU NA NÁVRH STAVEB

1. Kontrola statického a konstrukčního řešení staveb s ohledem na horizontální i vertikální složky větru
2. Zatížení horizontálních ploch s ohledem na sněhové a dešťové srážky
3. Nutnost kotvení zařízení techniky prostředí (i ostatních) k pevným bodům (střecha, okolí budov)
4. Kontrolní výpočet na 200 kW/h

D. VLIV DEŠŤOVÝCH PŘÍVALOVÝCH SRÁŽEK

1. Nové dimenzování vpustí i vertikálních dešťosvodů
2. Zaústění dešťosvodů do:
 - Centrální kanalizace
 - Zasakovací plochy
 - Retenční nádrže
3. Oddělení dešťové a splaškové kanalizace
4. Posílení funkce chrlíčů
5. Budova musí být schopna pojmout 6tihodinovou 100letou srážku

E. NÍZKÉ VENKOVNÍ TEPLOTY

1. Funkce a dostatečnost zdrojů tepla
2. Dimenzování vnitřních koncových prvků
3. Nutno zajistit funkci zdrojů tepla i pod návrhovými výpočtovými teplotami
 - Standardní tepelné zdroje
 - Tepelná čerpadla vzduch kapalina

➤ Nutno zajistit havarijní, byť neekologický zdroj tepla
4. Dimenzování koncových prvků vytápění na extrémní klimatické podmínky

➤ Vysoké investiční náklady

➤ Zvýšené provozní náklady vlivu zhoršení možnosti regulace koncových prvků

5. Snížení venkovní teploty o cca 2 °C oproti výpočtovým patrně vysoké maximální snížení teploty ve vnitřním prostředí o 0,5 K (akumulace tepla do stavebních konstrukcí, vnitřní zisky při využívání prostor apod.)
6. Tepelná čerpadla vzduch-kapalina:
 - Odvod kondenzátu
 - Odvod chlazeného vzduchu mimo sání jednotky

F. VYSOKÉ VENKOVNÍ TEPLOTY

1. Koncové prvky klimatizace
 - a) Většinou nemají na kvalitu vnitřního prostředí vliv
 - Akumulace chladu do stavebních konstrukcí
 - Tepelná ochrana vnějších obvodových plášťů
 - b) Snížení radiační složky vlivu znečištění (zvýšení prašnosti) venkovního prostředí
2. Zdroje chladu
 - a) Většinou nemají na kvalitu vnitřního prostředí vliv

➤ Snížení chladicího výkonu zdroje cca o 1,5 %/1 K

➤ Vliv černých střech

➤ Vliv „neprovětrávaných prostor“
 - b) Adiabatický odvod kondenzačního tepla prudce klesá se zvýšením relativní vlhkosti ve venkovním vzduchu

G. PŘÍPAD NÁVRHOVÝCH DAT PRAHA STŘED PRO ZAŘÍZENÍ VYTÁPĚNÍ A CHLAZENÍ DLE EU TAXONOMIE

1. Vytápění	(Návrhové) výkony	Maximální výpočtový výkon	Možný extrém
a) Koncové prvky, rozvody, čerpadla	- 12 °C	- 16 °C	- 16 °C, 33 °C
b) VZT, ohřívače	- 12 °C	- 16 °C	- 16 °C, 33 °C
c) Zdroj tepla bez rezervy	- 12 °C	- 16 °C	- 16 °C, 33 °C
d) Zdroj tepla s akumulací a separace	- 12 °C	- 16 °C	- 12 °C

2. Chlazení [entalpie 66,82 kJ kg ⁻¹]	(Návrhové) výkony	Maximální výpočtový výkon	Možný extrém
a) Koncové prvky, rozvody, čerpadla	+ 38,5 °C	40,5 °C	42,93 °C
b) VZT, chladič	+ 38,5 °C	40,5 °C	42,93 °C
c) Zdroj chladu bez akumulace	+ 38,5 °C	40,5 °C	42,93 °C
d) Zdroj chladu s akumulací	+ 38,5 °C	40,5 °C	34,43 °C

VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ STAVEB – ZMĚNY V HYGIENICKÉ LEGISLATIVĚ

Lenka Prokšová Zuská¹

¹Státní zdravotní ústav

lenka.proksova@szu.cz

ABSTRAKT

Hygienická legislativa za poslední rok prochází významnými změnami. Úpravy v oblasti vnitřního prostředí staveb odstartovala minulý rok energetická krize. Tyto změny spočívaly zejména ve snižování spodních teplotních limitů a mělo se tak docílit úspor v oblasti vytápění. Novelizace proběhla na podzim 2022 a týkala se čtyř předpisů – pro pracovní prostředí, školská zařízení, pobytové místnosti některých staveb a pro vnitřní prostředí bazénových hal. Avšak se ukazuje, že významné snížení teplotních limitů, bez dostatečného předchozího zkoumání změny, může mít nepříznivý vliv na zdraví osob uvnitř budov, a u pracovníků i vliv na jejich pracovní výkon.

V současné době je v pokročilém legislativním procesu nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, kde jsou navrženy úpravy i v oblasti tepelné zátěže a chladové zátěže (nesouvisející s výše uvedenou energetickou krizí).

Velké změny probíhají ve „školské“ vyhlášce č. 410/2005 Sb., která se v mnoha oblastech rozvolňuje a nyní se živě diskutuje, jaký dopad bude mít tento krok v ochraně zdraví dětí a dalších osob zdržujících se uvnitř školských zařízení. Požadavek na změny v tomto předpise vznikl jako reakce na současný nedostatek škol, školek, dětských skupin atd. pro silné populační ročníky a cílem rozvolnění hygienických nároků je výstavbu zlevnit a urychlit.

K novému stavebnímu zákonu se nyní novelizují prováděcí předpisy, z nichž návrh vyhlášky „o technických požadavcích na výstavbu“ uvádí, že ve školských zařízeních se má instalovat zařízení pro měření kvality vnitřního vzduchu.

Novelizace a úpravy se budou týkat i vyhlášky č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity, chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových prostředí některých staveb, kde se mimo jiné nově zavádí návrh limitu pro měření koncentrace CO₂ (dříve uváděn ve stavební vyhlášce č. 268/2009 Sb.).

Podpořeno MZ ČR – RVO „SZÚ 75010330“.

ČISTITELNOST SYSTÉMŮ VĚTRÁNÍ S REKUPERACÍ TEPLA V RODINNÝCH DOMECH Z POHLEDU PRAXE

Ing. Pavla Skalická

Luftuj s.r.o.
pavla@luftuj.cz

ANOTACE

Článek shrnuje možnosti čistitelnosti jednotlivých systémů nuceného větrání se zpětným ziskem tepla v rodinných domech. Upozorňuje na jeho nutnost. Dále se zabývá projekčními a montážními nedostatky, které vedou k obtížnému servisu. Navrhuje materiály a řešení umožňující snadný servis.

ÚVOD

Řešení větrání se zpětným ziskem tepla v rodinných domech se za posledních 20 let vyvíjí velmi dynamicky. Od systémů rozvodů, které se přenesly z tzv. velké vzduchotechniky (řešení pro průmysl apod.), se postupně přechází na systémy z materiálů, které byly vyvinuty pro specifické potřeby rodinných domů a bytů (menší dimenze potrubí, hvězdicovitý systém rozvodů apod.). Problém, který přetrvává do současnosti, je obtížná čistitelnost rozvodů tisíců domácností v ČR se systémem větrání s rekuperací. Tento článek má za úkol poukázat na nevhodná řešení z pohledu servisní organizace s dlouholetou praxí v oboru a navrhuje vhodné záměny pro projektanty i montážní organizace.

KLIENT A SERVISNÍ SPOLEČNOSTI

Počet novostaveb vybavených systémem nuceného větrání v ČR neustále přibývá. Čištění potrubí v rodinných domech je obecně doporučováno v rozmezí 3-5 let. Pokud běžná malá zodpovědná montážní společnost realizuje ročně 50 domů za pět let by měla k 50 realizacím přidat i 50 servisních výjezdů na kompletní vyčištění rodinných domů. Jednoduchou kalkulací pak vychází, že za 10 let by servisů měla provést již 100. Na to již ovšem obvykle firmy nemají kapacity. Vzhledem k tomu, že realizace je pro montážní společnosti finančně výhodnější než servis bez prodaného materiálu, je servisních organizací alarmující nedostatek. Ten však zatím v takové míře neprosákl na veřejnost, neboť klienti často o nutné údržbě nevědí.

PROČ JE SERVIS NUTNÝ

Pravidelně nečištěné rozvody a rekuperační jednotka vedou k nefunkčnosti systému a hrozí nevratné zničení systému. Z naší praxe je 5letý interval opravdu horní hranice. Systém v tomto intervalu přestává být funkční kvůli neprůchodnosti především na odtahové větvi.

Dochází tak ke snížení účinnosti rekuperace, což způsobuje navýšení rizika kondenzace rozvodů. Pokud není použita jednotka hlídající rovnost tlaku, tak se může dům dostat do přetlaku. To je riziko pro skladby konstrukcí (snížení neprůvzdušnosti obálky budovy apod.).

Uživatel rodinného domu je úplně jiný než klienti průmyslových budov, kteří obvykle mají facility management. Z naší zkušenosti, klienti v průměru provedou zhruba polovinu doporučených opatření. Proto je nutné dbát na důkladné zanesení informací o čištění do projektu a poučení klientů při předání díla.

SYSTÉMY VĚTRÁNÍ S CIRKULACÍ VZDUCHU

Rodinných domů, které jsou vybaveny tímto systémem např. teplovzdušného vytápění je mnoho. Typické je vedení přívodního vzduchu plochými kanály v podlaze a systémem flexibilního potrubí s hliníkovou vnitřní vložkou (SONO, IZO apod.) Pro servisní organizace je to noční můra. Vyčnívající samořezné šrouby v potrubí ničí drahé kartáče a v nízkém profilu hrozí jejich blokáce. Do rozdělovacích komor je obvykle přístup pouze z patra níže po demontáži potrubí. Potrubí typu SONO apod. se dá čistit jen s maximální opatrností.

Systém býval často doplněn o zemní registr, který často nacházíme v dezolátním stavu. Často je bez kvalitního odvedení kondenzátu, z nevhodných materiálů (KG) a bez nataženého servisního lanka.

SYSTÉMY VĚTRÁNÍ Z POTRUBÍ SPIRO

Tyto systémy jsou velmi oblíbené vzhledem k podobnosti s průmyslovou a komerční vzduchotechnikou, takže společnosti, které se nespecializují jen na rezidenční budovy často z pohledu projekce i montáže volí tato řešení.

Neduhy tohoto řešení, která při servisu řešíme:

- Nevhodné umístění přeslechových tlumičů uprostřed přívodních větví
- Nedostatek servisních otvorů vzhledem k počtu použitých odboček a oblouků
- Spoje s vysokým počtem samořezných vrutů

SYSTÉMY VĚTRÁNÍ Z PLASTOVÉHO POTRUBÍ (75 A 90 MM)

Tyto systémy jsou nyní velmi oblíbené a z našeho pohledu nejvíce vhodné pro čištění. I tak se však při servisu naráží na nedostatky. Vzhledem k současnému využití se ve zbytku článku budeme věnovat možným nedostatkům tohoto systému detailněji.

Sání a výfuk

Mřížky, výfukové hlavice

- Nedostatečně velká průtočná plocha (nedostatek systémových řešení výrobců střešních krytin).
- Sítky proti hmyzu (blokáce, namrzání kondenzátu).
- Nevhodné umístění (výška, svah apod.).

Klapky (zpětné, ovládané)

- Přístupnost – nemožnost demontovat z fasády (příliš hluboko).
- Nedostatečně izolované.

Potrubí

- Použití flexibilních potrubí (SONO, IZO...) doporučujeme použití potrubí z izolantů EPP, EPE, EPS – perfektně připraveny pro minimalizaci kondenzace.
- Spoje potrubí uvnitř konstrukce obvodové stěny.
- Nepoužití systémových kondenzačních kusů.

Jednotka

- Příliš drahé filtry – nenutit klienty do řešení s drahými filtry, nemají pak motivaci je měnit.

- Nedostatečná výměna – způsobuje zanesení jednotky i rozvodů – při pravidelné výměně jsou přívodní rozvody zcela čisté.
- Nedodržení intervalu čištění jednotky – vede k velkým finančním nákladům na opravu (čištění motorů, mytí rekuperátoru, kontrola odtoku kondenzátu atd.).
- Neosazení filtrace před potrubní ohřívače (předehřev se časem zanes, hrozí zahoření a neprůchodnost sání).

Tlumiče

- Nemožnost demontovat – vzhledem k složité čistitelnosti často nutná výměna.

Rozdělovací/distribuční boxy/komory

- Nevhodná pozice (nutný dostatek místa pro manipulaci).
- Bez servisního otvoru (vybírat typy s možností servisu mimo hrdla).
- V projektu nezakreslené servisní otvory např. v SDK, nezapsané v požadavcích na stavbu.
- Při použití regulačních klapek na hrdlech boxů zvětšit nutný servisní otvor.
- Centrální rozdělovač pro více pater (tlakové ztráty a nutnost servisních spojek na stoupačkách).

Flexibilní rozvody 75 a 90 mm

- Nevhodný typ s hladkou vnitřní vložkou.
- Nedostatečné kotvení – časem se prověsí.
- Příliš dlouhé větve (dobře lze čistit cca 10 m).
- Použití smršťovací pásky (sealer).
- Ostré ohyby s poloměrem pod 1 m.

Stropní boxy

- Nevhodný typ se vsuvkou (potrubí se nasouvá) – výrazné snížení průtočné plochy, riziko hromadění nečistot.
- Plechové boxy – vysoké riziko poranění při čištění.

Koncové elementy

- Nevhodný typ – zděř s křížem – nutná demontáž zděře sádrokartonu (nelze vícekrát + pracné).

ZÁVĚR

Výše byly shrnuty nejčastější problémy, se kterými se potýkáme při čištění rozvodů. Často problém pramení z nedostatku informovanosti klienta. Někdy problém vzniká kvůli realizaci bez projektu nebo obtížné montáže bez dostatečné stavební připravenosti. Aby systém větrání fungoval po mnoho let dostatečně kvalitně, je nutné, aby všechny složky od architekta po klienta znaly možnosti moderního větrání i jeho následných potřeb.

ČIŠTĚNÍ VZDUCHOTECHNIKY V PRŮMYSLÝCH A ADMINISTRATIVNÝCH BUDOVÁCH

Michal Sobotka, Dalimil Petrilák

Alkion service s. r. o.

michal.sobotka@alkion.eu, dalimil.petrilak@alkion.eu

ANOTACE

V příspěvku na téma "Čištění vzduchotechniky v průmyslových a administrativních budovách" poukazujeme na důležitost pravidelného čištění těchto systémů, zejména vzhledem ke zvýšenému požárnímu riziku a syndromu nezdravých budov.

V administrativních budovách jsou kvalita a čistota vzduchu kritické z důvodu vysokého počtu osob, které v budovách tráví většinu svého dne. Negativní vlivy na kvalitu ovzduší, jako jsou například bakterie, plísně, prach a další škodliviny, mohou vést k syndromu nemocných budov. Tento syndrom se projevuje řadou příznaků, jako jsou rýma, kašel, bolesti hlavy, únava, ale také různými chronickými onemocněními, jako je třeba astma. Pravidelné čištění vzduchotechniky je prevencí před těmito problémy.

V průmyslových budovách je důležité snížit požární riziko. Prach a jiné nečistoty se hromadí ve vzduchotechnice, což může vést k jejich efektivnímu šíření a případně i k samotnému vzniku požáru. Jako příklad průmyslového provozu s vysokým rizikem požáru můžeme uvést typicky svařovny, gumárny nebo továrny na barvy a laky.

Všechny tyto faktory lze efektivně ovlivnit pravidelným čištěním vzduchotechniky. Je důležité, aby čištění prováděli proškolení odborníci s příslušným vybavením a ochrannými pomůckami, pro minimalizaci rizika vzniku nehody nebo poškození systému.

Celkově lze říci, že pravidelné čištění vzduchotechniky je klíčové pro udržení zdravého a bezpečného prostředí v administrativních i průmyslových budovách. Čistota ovzduší je kritická pro zdraví a pohodlí osob v budovách a také pro prevenci požáru a dalších nehod.

ÚVOD

Pravidelné čištění vzduchotechniky v administrativních budovách a průmyslových halách by mělo být součástí údržby budov. Vzduchotechnika, o kterou není řádně pečováno, s sebou přináší vysoká, život ohrožující rizika.

HYGIENICKÉ RIZIKO V ADMINISTRATIVNÝCH BUDOVÁCH

Správná péče o vzduchotechniku je velice důležitá v administrativních a obytných budovách. Ve vzduchotechnickém potrubí a jednotce se časem hromadí i přes jemné filtry nečistoty v podobě jemného prachu. Kvůli stabilní teplotě a vlhkosti se pak ze znečištěného potrubí stává ideální prostředí pro růst různých bakterií, plísní, kvasinek a dalších mikroorganismů, které jsou pro lidi život ohrožující hrozbou. Lidé, kteří v takovém prostředí tráví většinu dne, mohou již během několika hodin začít pociťovat zdravotní problémy jako podráždění očí, nosu, krku nebo onemocnění dýchacích cest. Můžou se také objevit různá kožní nebo dokonce i neurologická onemocnění.

Kombinace těchto příznaků se nazývá syndromem nezdravých budov neboli Sick Building Syndrome (SBS), který začali vědci popisovat v 70. letech minulého století. Jedná se tedy o nemoc moderního světa, kdy se pro administrativní činnosti začaly využívat velké budovy, které

nejsou zpravidla přirozeně větrány kvůli snížení energetické náročnosti (například těsná okna). Do budov není přiváděn téměř žádný čerstvý vzduch. Moderní vzduchotechnické systémy s rekuperací cirkulují v budově vzduch jen s malou příměsí vzduchu čerstvého. Zanedbaná péče o čistotu vzduchotechniky rizika ještě násobí. Největším faktorem pro výskyt SBS je znečištění vnitřního ovzduší budovy. [1] SBS se také projevuje tím, že krátce po opuštění budovy příznaky nemoci vymizí. Světová zdravotnická organizace (WHO) konstatovala v roce 1984, že 30 % obyvatel ve vyspělých zemích trpí nemocí SBS. V roce 2002 už WHO oznámila 60 % lidí postižených SBS.

Vzduchotechnika jako taková není v administrativních budovách jediným možným zdrojem pro přítomnost SBS, nicméně se jedná o důležitou součást budovy, která se stará o přívod, odtah a cirkulaci vzduchu. Právě z toho důvodu je nebezpečné zanedbávat čištění a dezinfekci vzduchotechniky.

Odborné studie o SBS

V roce 1987 byla provedena odborná studie v Dánsku, kdy bylo náhodně vybráno celkem 63 zdravých lidí jako testovacích subjektů pro zjištění vlivu znečištěného vnitřního ovzduší v budově na lidský organismus. Podmínky pro výběr testovacích subjektů byly například ve věkovém rozhraní 18–60 let, bez jakýchkoliv alergií, vážných onemocnění srdce, plic, očí nebo onemocnění rakovinou. U testovacích subjektů byly zpozorovány změny v oblasti očí (zarudnutí, kvalita slzného filmu), nosních dutin a krku. [2]

Abdel-Hamid v roce 2013 provedl na lékařské fakultě Ain Shams v Egyptě studii, do které bylo zapojeno 820 lidí jako testovacích subjektů. Při použití jednosměrné a logistické regresivní analýzy byly se symptomy SBS spojeny významné faktory jako je nedostatečné osvětlení, špatná ventilace, nedostatek slunečního záření, vysoký hluk, teplota, vlhkost, používání kopírek, neadekvátní úklid kanceláře a přítomnost tabákového kouře. Nejčastějšími příznaky SBS byly únava (76,9 %) a bolest hlavy (74,7 %). Výskyt příznaků SBS ovlivňují také fyzické a psychosociální pracovní podmínky pro administrativní pracovníky.

Pro snížení výskytu příznaků SBS pak Abdel-Hamid určil zajištění kvalitnější vzduchotechniky, snížení teploty v kancelářích, nastavení účinné úklidové rutiny, zajištění správného osvětlení, omezení kouření na pracovišti a zlepšení psychosociálních pracovních podmínek. [3]

Vědci Amin, Akasah a Razzaly v roce 2015 zkoumali tepelné podmínky a příznaky SBS ve třech klimatizovaných laboratořích technického vzdělávání na univerzitě v Malajsii. Výsledky ukázaly, že většina studentů v každé laboratoři zaznamenala všechny příznaky SBS. Mezi nejčastější příznaky patřila zejména suchá pokožka, následovaná rýmou, suchýma očima, ucpaným nosem, únavou a doprovázená chřipkovými příznaky. [4]

V další studii z roku 2015 se Mohamad Javad Jafari pokusil společně s dalšími vědci posoudit asociaci SBS s jednotlivými faktory a látkami znečišťujícími ovzduší mezi zaměstnanci ve dvou kancelářských budovách v Íránu. Zjistil, že hlavními přispěvateli syndromu nemocné budovy mezi zaměstnanci byly recyklace vzduchu v místnostech pomocí fancoilů, dopravní hluk, špatné osvětlení a budovy umístěné ve znečištěné metropolitní oblasti. Mezi nejčastějšími příznaky zjištěnými u zaměstnanců byly malátnost (pocit nepohodlí) a bolest hlavy. Jako další známky účinků mezi zaměstnanci identifikoval sucho v krku, kašel, sputum (hlen), sípání, suchost kůže a bolest očí. [5]

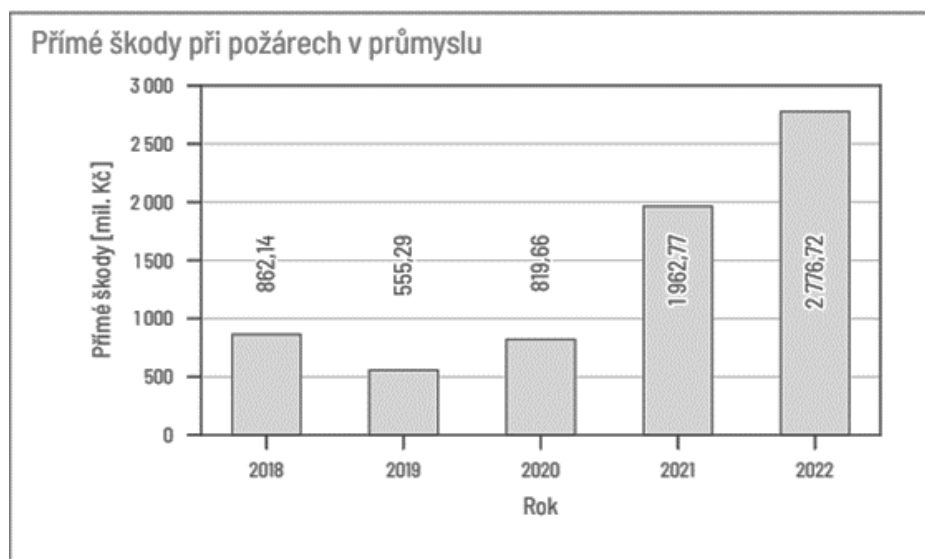
Souhrn

Syndrom nezdravých budov se projevuje kvůli několika různým faktorům, všechny ale přímo souvisí s kvalitou vnitřního ovzduší budovy a vzduchotechnika je právě jedním ze zásadních vlivů. Nastavením správného intervalu odborného čištění a dezinfekce vzduchotechniky v administrativních budovách je možné výrazně snížit výskyt SBS.

Pro sledování stavu vzduchotechniky v administrativních budovách je v Evropské unii zavedená norma ČSN EN 15 780, která udává doporučené intervaly kontroly, inspekce a měření znečištění.

POŽÁRNÍ RIZIKO V PRŮMYSLOVÝCH HALÁCH

Nečištěná vzduchotechnika v průmyslových halách přináší kromě energetických ztrát a zvýšených nákladů na provoz extrémní požární riziko. Ne zřídka se firmy v průmyslovém odvětví začínají zajímat o čištění vzduchotechniky až v bodě, kdy je potrubí téměř nebo zcela neprůchozí, případně až po požáru. Průmyslové provozy jako jsou například svařovny nebo gumárny vytváří velké množství hořlavého odpadu v podobě prachu a zplodin, které jsou právě pomocí vzduchotechniky z pracovišť odsávány. V závislosti na čase se pak v potrubí nečistoty dále vrství na sebe. Zároveň, kvůli práci s ohněm, horkými médii, hořlavými látkami nebo například vedlejšímu produkovaní jisker (svařovny), je v takovýchto provozech riziko požáru ještě zvýšené. Může dojít například k nasátí jisker ze svařování do potrubí, kde se nečistoty snadno a rychle vznítí. Ve spojení většího nánosu nebo dokonce souvislé vrstvy nečistot s neustále proudícím vzduchem se ze vzduchotechnického potrubí stává pro šíření požáru nejrychlejší cesta. Požár se často dostane od bodu vznícení velice rychle až do VZT jednotky. Potrubí se navíc může vlivem žáru rozpadat, čímž dochází k šíření požáru po hale i mimo vzduchotechniku. Nastavením a dodržováním správného intervalu pro pravidelné čištění vzduchotechniky v průmyslových halách se lze vyhnout milionovým škodám (obr. 1) a nebezpečí zranění či usmrcení pracovníků.



Obr. 1 Vyčíslení ročních škod vlivem požáru v průmyslových halách [7]

“V roce 2022 vzniklo v průmyslu 936 požárů se škodou 2 776,7 mil. Kč. Ve srovnání s rokem 2021 došlo ke zvýšení počtu požárů o 2 %, škody jsou vyšší o 41 %. Přitom 78 požárů se škodou 1 mil. Kč a vyšší způsobilo škodu 2 713,4 mil. Kč, tj. 8,3 % požárů způsobilo 97,7 % škod.

Celkem bylo zraněno 87 osob.” [6] Tato statistika se netýká pouze požárů zaviněných vzduchotechnikou, nicméně správně a pravidelně čištěná vzduchotechnika značně omezuje šíření požáru.

Legislativa a doporučení

Požární riziko z důvodu nečištěné vzduchotechniky se netýká pouze průmyslových hal, ale také například kuchyní v restauračních zařízeních, kde se v potrubí vyskytuje velké množství tuku z vaření. V České republice bohužel není zavedená norma, která by řešila pravidelnost kontrol a čištění, nicméně profesionálové se v této oblasti řídí mimo jiné britskou normou TR19. Norma TR19 udává, jaké VZT prvky by měly být použity pro odtah výparů z kuchyně, v jakých místech a po jakých vzdálenostech je potřeba vytvářet přístupové body (revizní otvory), metodiky čištění jednotlivých prvků a také intervaly čištění v závislosti na vytížení kuchyně. [8] Dalším problémem v restauračních zařízeních v ČR je běžné provedení vzduchotechniky (netěsné prvky, flexibilní potrubí, potrubí z materiálů, které nejsou korozi odolné atd.). Kvůli tomu je čištění velice časově i finančně náročné, a ne vždy kompletně proveditelné. Oproti tomu je například v Německu častou praxí, že se v restauračních zařízeních nachází vodotěsné potrubí, které lze čistit mnohem jednodušeji a rychleji.

Obecně požáry v průmyslových halách nejsou způsobeny pouze znečištěnou vzduchotechnikou, nicméně správně nastaveným intervalem čištění dochází k výraznému snížení rizika jak vzniku, tak i nebezpečného šíření požáru. Čištěním se výrazně zvyšuje požární bezpečnost, tedy i bezpečnost pracovníků. Dalšími výhodami pravidelného čištění vzduchotechniky jsou zlepšení kvality vnitřního ovzduší haly a také úspora energií na provoz vzduchotechniky.

Interval čištění vzduchotechniky v průmyslových halách může být v řádech měsíců až let. Vždy je nutné nejdříve provést první generální čištění a následné sledování rychlosti zanášení nečistotami. Na tomto základě se poté určuje správný interval.

Další komplikací je řešení pojistných událostí v případě vzniklé škody způsobené požárem v nevyčištěném potrubí. Pojišťovny odmítají hradit škody, pokud o VZT nebylo řádně a prokazatelně pečováno.

TECHNOLOGIE PRO ČIŠTĚNÍ VZDUCHOTECHNIKY

Pro kvalitní čištění vzduchotechniky existuje několik různých technologií, které se vždy předem zvolí podle druhu znečištění. Některé technologie jsou účinnější spíše na tuky a mastný prach, jiné zase na suchou těžkou nečistotu nebo dokonce zatvrdlou „krustu“, která se nachází v potrubí i VZT jednotce. [9]

Jako správná volba technologií jsou také stejně důležití proškolení pracovníci, kteří jsou schopni vykonávat bezpečně například práce ve výškách, z plošin a podobně. Přístup ke vzduchotechnice je většinou obtížný a vyžaduje správný bezpečnostní postup.

Tryskání suchým ledem

Je profesionální metoda čištění, při které se využívá stlačený vzduch pro tryskání pelet suchého ledu na znečištěný povrch. Pelety přes speciální trysky získávají vysokou kinetickou energii. Po dopadu pelet na čištěný povrch dochází k mikro explozím, které narušují nečistotu, ale ne čištěný povrch. Jedná se o plyn CO₂, stlačený do pevného skupenství a slisovaný v podobě pelet (obr. 3). Pro výrobu pelet suchého ledu se využívá oxid uhličitý, který vzniká jako vedlejší produkt chemických procesů a při tryskání nevzniká žádný sekundární odpad (jako například u pískování), ani v podobě nového CO₂. Proto důvodů je tato metoda velice ekologická. CO₂ se z

pevného skupenství nemění do kapalného, ale do plynného neboli sublimuje. Teplota suchého ledu je $-78,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, díky čemuž dochází k lokálnímu podchlazování vrstvy nečistot. To pomáhá rychle a efektivně nečistoty z povrchu odstranit.



Obr. 3 Pelety suchého ledu

Metoda tryskání suchým ledem je v moderním světě velice oblíbená. Už přes 30 let se tato metoda používá v průmyslu, například pro čištění forem na výrobu pneumatik. V posledních letech nachází své využití také v čištění vzduchotechniky. Pro tryskání je možné využít tryskací stroje o různých výkonech a speciální trysky o různých tvarech a velikostech. V profesionální sféře se často využívá i speciálních tryskacích robotů, které jsou schopné tryskat na vzdálenost desítek metrů a zároveň postupovat ve vzduchotechnickém potrubí dále ve směru čištění. Tato metoda se také kombinuje s externím odtahovým ventilátorem s vestavnými filtry nebo s cyklonovými odlučovači nečistot s filtrací.

Speciální rotační kartáče

Jedná se o kartáče o různých rozměrech, které jsou přimontovány na flexibilní hřídeli a poháněny pomocí rotační pohonné jednotky. Druhá varianta pohonu je pneumatický motor, který je umístěný přímo za kartáčem a dokáže tak dosáhnout vyšší výkon. Díky těmto provedením je možné s kartáči čistit na dlouhou vzdálenost – 20 až 30 m v horizontálním směru, a dokonce až 50 m ve směru vertikálním. Speciálních rotačních kartáčů je celá škála. Kartáče se kromě různých rozměrů liší také materiálem a tvrdostí vláken. Tato metoda se zpravidla používá v kombinaci s odtahovým ventilátorem s vestavěnými filtry, který okamžitě odsává všechny uvolněné nečistoty z potrubí.

Odtah nečistot

Čistící technologie je potřeba doplňovat efektivním odtahem uvolněných nečistot. Může se jednat o středotlaké ventilátory s vestavnými filtry nebo cyklonové odlučovače s filtrací, které v potrubí vytváří podtlak a jsou schopny efektivně odsávat uvolněné nečistoty na vzdálenosti až několik desítek metrů.

Aplikace dezinfekce

Po čištění vzduchotechniky v administrativních budovách hraje velkou roli také kvalitní dezinfekce. Na trhu je celá řada dezinfekčních přípravků, kterým je ale také potřeba věnovat pozornost. Z toho důvodu, že se jedná o budovy, ve kterých větší množství lidí tráví většinu dne, je potřeba zvolit dezinfekční přípravek, který bude účinně fungovat a zároveň bude co nejméně omezovat pobyt osob. Využívají se například polymerové dezinfekční přípravky na bázi kvarterních amoniových sloučenin, [10] které jsou bez zápachu, zdravotně nezávadné a schválené pro používání Státním zdravotním ústavem.

Pro aplikaci dezinfekčního přípravku se využívají speciální trysky s tlakovými nádobami, které rozpráší dezinfekci v podobě aerosolu do vzduchotechnického potrubí. Tento způsob zaručí, že všechny biologické hrozby budou eliminovány. Zároveň díky polymerům dezinfekční přípravek ulpí na povrchu potrubí, kde vytváří ochranný film, který účinkuje po aplikaci ještě v řádech týdnů až měsíců. Aplikovat dezinfekční přípravky do vzduchotechniky má smysl pouze, pokud je potrubí předem kvalitně vyčištěné. Dezinfekční přípravek, po aplikaci do znečištěného potrubí, působí pouze na povrchu nečistot, nikoliv do hloubky.

Novinky – Aero seal

S tím, jak se na kvalitu vnitřního prostředí zaměřuje více pozornosti, i kvůli nově vzniklým rizikům jako Covid-19, přicházejí do oboru nové technologie a služby. Jednou z velice zajímavých technologií je Aero seal. Jedná se o aplikaci aerosolu speciální pryskyřice, která zevnitř zatěsňuje VZT potrubí. Díky tomu, že Aero seal dokáže zatěsnit potrubí až na třídu těsnosti C/D, dochází k významným úsporám na elektrické energii, snížení prašnosti, zvýšení efektivity VZT systému a snížení rizik šíření nežádoucích bakterií a dalších mikroorganismů. V kombinaci s pravidelnou údržbou a čištěním vzduchotechniky se Aero seal může stát zásadním a klíčovým doplňkem v péči nejen o administrativní budovy.

ZÁVĚR

Pravidelné profesionální čištění vzduchotechniky je důležité prakticky ve všech budovách a provozech, ve kterých se vzduchotechnika nachází. Nejedná se pouze o administrativní budovy a průmyslové haly, ale také například o kuchyně v jednotlivých restauracích, obchodní centra nebo dokonce i o panelové a bytové domy. Čištění vzduchotechniky výrazně snižuje rizika, a to jak požární, tak i hygienická.

SEZNAM LITERATURY

- [1] J. HEWITT, "Sick Building Syndrome", 2007, ISBN 978-1430305316
- [2] L. MOLHAVE, INDOOR AIR '87, Proceedings of The 4th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, 1987
- [3] ABDEL-HAMID, MONA A.; A. HAKIM, SALLY; ELOKDA, ELSAYED E.; MOSTAFA, NAYERA S, Journal of the Egyptian Public Health Association 88(2): s. 109-114, srpen 2013. | DOI: 10.1097/01.EPX.0000431629.28378.c0
- [4] NOR DINA MD AMIN, ZAINAL ABIDIN AKASAH, WAHID RAZZALY. Architectural Evaluation of Thermal Comfort: Sick Building Syndrome Symptoms in Engineering Education Laboratories, Volume 204, 2015, s. 19–28; ISSN 1877-0428
- [5] JAFARI MJ, KHAJEVANDI AA, MOUSAVI NAJARKOLA SA, YEKANINEJAD MS, POURHOSEINGHOLI MA, OMIDI L, KALANTARY S. Association of Sick Building Syndrome with Indoor Air Parameters. Tanaffos. 2015;14(1):55-62. PMID: 26221153.
- [6] Statistická ročenka Hasičského záchranného sboru České republiky 2022, s. 48-50
- [7] tamtéž

- [8] TR/19 HVCA Guide to Good Practice Internal Cleanliness of Ventilation Systems, section 7
- [9] <https://alkion.eu/cs/technologie-a-vyvoj/>, 11. 7. 2023
- [10] <https://zdravypanelak.cz/>, 11. 7. 2023

NOVELA NAŘÍZENÍ Č. 517/2014 O FLUOROVANÝCH SKLENÍKOVÝCH PLYNECH

Mgr. Štěpán Stojanov

Svaz chlazení, klimatizace a tepelných čerpadel z. s.
stojanov@chlazeni.cz

ANOTACE

Shrnutí procesu vyjednávání a výběr důležitých bodů z návrhů jednotlivých zákonodárných orgánů EU novely nařízení EU č. 517/2014 o fluorovaných skleníkových plynech.

ÚVOD

Nařízení EU o fluorovaných skleníkových plynech (dále jen FSP) stanovuje podmínky jejich regulace a dalšího používání v členských státech EU. Od dubna 2022 se v orgánech EU jedná o novele stávajícího nařízení č. 517/2014. Nová regulace má za cíl další omezení používání FSP a snížení jejich celkového množství pro použití v následujících desetiletích.

AKTUÁLNÍ STAV PROJEDNÁVÁNÍ

V dubnu 2022 zveřejnila Evropská komise (EK) návrh novely EU regulace fluorovaných skleníkových plynů. Na základě konzultací a nátlaku skupiny členských států byl původní návrh přepracován a zmírněn (verze duben 2023).

Evropský parlament (EP) schválil svoji verzi návrhu nařízení, která zavádí přísnější zákazy i phase-down, ale také dočasné výjimky pro tepelná čerpadla (v hlasování bylo přes 400 pozměňovacích návrhů).

V létě proběhla 3 jednání tzv. dialogu EK / EP / členské státy s cílem dohodnout kompromis finálního textu.

Kompromis se ale nepodařilo dojednat a budou potřeba další jednání. Pokud se nenajde shoda do poloviny října, je termín platnosti 1. 1. 2024 ohrožen.

DŮLEŽITÉ BODY V NÁVRHU NOVELY

ROZŠÍŘENÍ PŮSOBNOSTI REGULACE

Regulace se rozšiřuje na všechny fluorované skleníkové plyny (HFC + HFO) a všechny jejich směsi. Kontroly těsnosti + vedení záznamů od 1 kg HFO chladiva.

Povinnost aktualizovat původní certifikáty na HFO + alternativy.

Regulace se bude vztahovat i na veškerá zařízení na dopravních prostředcích.

ZÁKAZY UVÁDĚNÍ NA TRH

U definovaných typů zařízení jsou navrhovány zákazy uvádění na trh EU od určitého data.

Své návrhy na zákazy představila Evropská Komise (EK), ve kterých počítá s hranicí GWP min. 150 a někde 750 i Evropský parlament (EP). Většina zákazů EP je namířena obecně proti používání FP.

SAMOSTATNÁ CHLADICÍ ZAŘÍZENÍ

Návrh EK: Od 1. 1. 2025: Veškerá stacionární samostatná chladicí zařízení, která obsahují FP s **GWP 150** nebo vyšším, s výjimkou nutnosti splnění bezpečnostních požadavků

Návrh EP: Od 1. 1. 2025: Jakékoli samostatné stacionární chladicí zařízení obsahující fluorované skleníkové plyny.

STACIONÁRNÍ CHLADICÍ ZAŘÍZENÍ

Návrh EK: Od 1. 1. 2024: Stacionární chladicí zařízení, které obsahuje fluorované skleníkové plyny s **GWP 2500** nebo vyšším, nebo jehož provoz je na těchto plynech závislý, s výjimkou zařízení určeného pro aplikace navržené k chlazení výrobků na teploty nižší než $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Návrh EP: Od 1. 1. 2025 (2027): Stacionární chladicí zařízení, které obsahuje fluorované skleníkové plyny nebo jehož provoz je na těchto plynech závislý, (s výjimkou zařízení určeného pro aplikace navržené k chlazení výrobků na teploty nižší než $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$).

SAMOSTATNÉ POKOJOVÉ KLIMATIZACE A TEPELNÁ ČERPADLA

Návrh EK: Od 1. 1. 2027: Plug-in pokojové a ostatní samostatné klimatizace a tepelná čerpadla (včetně všech tepelných čerpadel monoblokové konstrukce) s maximálním jmenovitým výkonem 50 kW, které obsahují fluorované skleníkové plyny s GWP 150 nebo vyšším, s výjimkou požadavků na splnění bezpečnostních požadavků. Pokud bezpečnostní požadavky nedovolí použití FP s GWP 150 nebo nižším, GWP limit je 750.

Návrh EP: Od 1. 1. 2026: Přenosné pokojové a jiné samostatné klimatizační zařízení a tepelné čerpadlo, které obsahuje fluorované skleníkové plyny.

STACIONÁRNÍ SPLITOVÉ KLIMATIZACE A TEPELNÁ ČERPADLA TYPU SINGLESPLIT

Návrh EK: Od 1.1.2025: single splitová zařízení obsahující méně než 3 kg FP s **GWP 750** nebo vyšším (již schválený zákaz ve stávajícím nařízení).

Návrh EP: Od 1. 1. 2028: Splitová zařízení s jednou vnitřní jednotkou, včetně pevných systémů s dvojitým potrubním vedením, obsahující méně než 3 kg fluorovaných skleníkových plynů uvedených v příloze I, které obsahují fluorované skleníkové plyny nebo jejichž provoz je na těchto plynech závislý.

STACIONÁRNÍ SPLITOVÉ KLIMATIZACE A TEPELNÁ ČERPADLA DO 12 kW

Návrh EK: Od 1.1.2027: Splitová zařízení **typu vzduch-voda/od 1.1.2029 zařízení vzduch-vzduch** se jmenovitým výkonem do 12 kW včetně obsahující, nebo jejichž provoz je závislý fluorovaných skleníkových plynech vyjmenovaných v příloze I s **GWP 150** nebo vyšším, s výjimkou požadavku na splnění bezpečnostních požadavků.

Návrh EP: Od 1. 1. 2028: Splitová zařízení o jmenovitém výkonu do 12 kW obsahující fluorované skleníkové plyny nebo jejichž provoz je na těchto plynech závislý, s výjimkou případů, kdy je to nezbytné pro splnění bezpečnostních norem.

STACIONÁRNÍ SPLITOVÉ KLIMATIZACE A TEPELNÁ ČERPADLA NAD 12 kW

Návrh EK: Od 1.1.2029: Splitová zařízení se jmenovitým výkonem nad 12 kW obsahující, nebo jejichž provoz je závislý fluorovaných skleníkových plynech vyjmenovaných v příloze I s **GWP 750** nebo vyšším, s výjimkou požadavku na splnění bezpečnostních požadavků

Od 1.1.2033: ... s **GWP 150** nebo vyšším, s výjimkou požadavku na splnění bezpečnostních požadavků

Návrh EP: Od 1. 1. 2028: Splitová zařízení o jmenovitém výkonu vyšším než 12 kW a nejvýše do 200 kW obsahující fluorované skleníkové plyny nebo jejichž provoz je na těchto plynech závislý, s **GWP 750** nebo vyšším, s výjimkou případů, kdy je to nezbytné pro splnění bezpečnostních norem

Splitová zařízení o jmenovitém výkonu nad 200 kW, které obsahují fluorované skleníkové plyny nebo jejichž provoz je na těchto plynech závislý.

ZÁKAZ POUŽÍVÁNÍ JEDNORÁZOVÝCH TLAKOVÝCH NÁDOB NA FP

Zákaz jednorázových nádob: Návrh rozšiřuje zákaz na jednorázové nádoby obsahující F-plyny na jejich:

- Dovoz
- Uvádění na trh
- Další prodej, šíření nebo předání
- Export
- **POUŽÍVÁNÍ**

Vztahuje se i na nádoby, které lze znovu naplnit, ale na trhu v EU na to nejsou vytvořené podmínky.

ZÁKAZ SERVISU

Od 1.1. 2020 platí zákaz servisu zařízení obsahující F-plyny s GWP nad 2500 s obsahem chladiva nad 40 t eq CO₂ (do 2030 bude možné pro servis použít znovuzískané a regenerované chladivo).

Návrh EK: od 1.1.2030 zákaz servisu všech zařízení obsahující F-plyny s GWP nad 2500 (do 2030 bude možné pro servis použít znovuzískané a regenerované chladivo)

Návrh EP: od 1.1.2030 zákaz servisu zařízení obsahující fluorované skleníkové plyny s GWP nad 150

PHASE-DOWN

Platný stav: snižování na úroveň 21 % v roce 2030.

Návrh EK: rychlejší snižování 25 % 2024, 10 % 2027, 4 % 2030.

Návrh EP: zprvu pomalejší snižování kvůli tepelným čerpadlům, od 2050 žádné fluorované skleníkové plyny.

EK by měla právo vyhodnocovat stav s množstvím chladiva na trhu a udělovat výjimky v případě, že by bylo málo pro tepelná čerpadla.

OSTATNÍ OPATŘENÍ

Certifikace a školení se jmenovitě rozšiřují na přírodní chladiva a na bezpečnou manipulaci s hořlavými, toxickými a vysokotlakými chladivy.

Do 3 let od platnosti nové regulace jsou všichni držitelé certifikátů povinni jednou za 5 let absolvovat rozšíření certifikace nebo aktualizací školení.

Státy by měly zajistit školicí a certifikační programy pro rekvalifikaci plynářů na instalatéry tepelných čerpadel.

Poplatek 5/2 EUR za 1 t eq CO₂ kvóty.

Seznam firem, které mají kvóty bude veřejný.

Zákaz exportu zařízení s GWP nad 2000.

Pokuty 50 EUR za tunu eq CO₂ nelegálně dovezených f-plynů (100 EUR v případě opakování).

REAKCE PRŮMYSLU

Původní návrh EK byl pro průmysl přísný a na nátlak skupiny členských států byl zmírněn.

Návrhy EP byly původně extrémní a nezakládající se na realitě – po hlasování v EP také poněkud zmírnily.

Všechny oborové organizace kritizují rychlé a neuvážené změny, které povedou k destabilizaci trhu. Pro rychlé zavádění přírodních chladiv není trh absolutně připraven. Výrobci žijí v nejistotě, na jaké změny se mají připravit. Pro instalaci a servis zařízení s alternativními chladivy nejsou a v dohledné době nebudou kvalifikovaní lidé.

REAKCE SCHKT

SCHKT zveřejnil svůj názor na původní návrh EK v květnu 2022. Aktivně spolupracujeme se zástupci ČR (MŽP a MPO) a se zastoupením ČR v Bruselu, dále přes organizaci AREA, která má vliv na úředníky v EU.

Co se snažíme vysvětlovat:

- Přechod na chladiva s nízkým nebo nulovým GWP musí být postupný a bez zvýšení bezpečnostních rizik nebo za cenu zvýšení energetické náročnosti
- Výrobci a dodavatelé musí mít dostatek času na vývoj a zavedení technologií pro alternativní chladiva
- Servisní firmy musí mít čas na proškolení svých zaměstnanců na práci s alternativními chladivy
- EU a členské státy musí podpořit přechod od plynových kotlů na tepelná čerpadla investicemi do infrastruktury, vzdělávání a rekvalifikací
- Legislativa EU nesmí předcházet zavedení potřebných bezpečnostních norem
- Phase-down musí zajistit dostatečné množství chladiva potřebné pro servis stávajících zařízení
- Je nutné zajistit/zjednodušit využívání znovuzískaných HFC chladiv (recyklace a regenerace)

DECENTRÁLNE vs. LOKÁLNE VETRACIE JEDNOTKY S REKUPERÁCIOU TEPLA

Zuzana Straková¹, Júlia Marková², Tomáš Strenk¹

¹Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra TZB

²Penta Real Estate, s.r.o., Bratislava

zuzana.strakova@stuba.sk, markova@pentarealestate.com, tomas.strenk@stuba.sk

ANOTÁCIA

V záujme vytvorenia súladu medzi teóriou a praxou v oblasti techniky prostredia, do klasifikácie vzduchotechnických sústav z hľadiska rozsahu použitia pribudli k pôvodným centrálnym a decentrálnym sústavám aj sústavy lokálne. Jedná sa o jednotkové zariadenia – vetracie jednotky, ktoré riešia výmenu škodlivinami znehodnoteného vzduchu za vzduch vonkajší čerstvý, ale samotná výmena vzduchu sa týka lokálneho miesta, vo väčšine prípadov sa jedná o jeden vnútorný priestor – jednu obytnú miestnosť. Pre svoju nenáročnosť na stavebné úpravy našli svoj zmysel i veľké uplatnenie pri rekonštrukciách stavebných objektov. A to bol hlavný zámer aj ich počiatočného výskumu a vývoja.

Avšak v poslednej dobe sa stretávame so skutočnosťou, že sa začínajú navrhovať a žiaľ aj realizovať rozsiahle projekty novostavieb bytových domov, ktoré sa vyznačujú na jednej strane moderným architektonickým vzhľadom, špičkovou technológiou vykurovania či zdravotnej techniky, ale na strane druhej s veľmi jednoduchým riešením vetrania a o chladení ako o profesii už nie je ani zmienka.

Že to nie je správna cesta, chceme dokázať podrobným rozborom výpočtu tepelných strát vetraním v prípade lokálneho a decentralizovaného vetrania aplikovaného na prípadovej štúdii v konkrétnom bytovom dome. Podrobnou analýzou environmentálneho aspektu dosiahnutia kvality vzduchu vo vnútornom prostredí, cez dopad energetického prínosu chceme analyzovať obidva typy týchto vetracích sústav.

ÚVOD

Súčasná energetická kríza opäť núti ľudí zamyslieť sa nad tým, ako a kde ušetriť energiu akéhokoľvek druhu. Navrhované riešenia však nie vždy idú ruka v ruku s vytváraním a dlhodobým udržiavaním kvality vnútorného prostredia. Vykurovanie, vetranie a klimatizácia majú jedny z najväčších vplyvov na kvalitu vnútorného vzduchu. Ak dôjde k dobrej voľbe v prospech núteného vetrania, často ju pokazí výber nesprávneho typu vzduchotechnického systému alebo nesprávny výber samotných distribučných prvkov. Veľkým plusom pri projektovaní bytových domov je skutočnosť, že projekt vzduchotechniky rieši nielen bežné podtlakové vetranie hygienických miestností a odsávanie pár a vlhkosti z varenia na centrálné odťahové potrubie, ale rieši aj náhradu znehodnoteného vzduchu čerstvým vonkajším vzduchom v obytných priestoroch centrálnym alebo decentralizovaným spôsobom. Každý z nich má svoje výhody i nevýhody, ale vo všeobecnosti možno konštatovať, že obidva sú vhodné a z hľadiska celkových nákladov na výstavbu (v porovnaní s celkovými investíciami na stavbu) nie sú príliš investične náročné. To, čo je rozhodujúce na konci každého projektu, sú prevádzkové náklady, o ktorých sa bude hovoriť v závere tohto príspevku.

1. VETRANIE S ČIASTOČNOU ÚPRAVOU VONKAJŠIEHO VZDUCHU

Dôvodom pre hromadné navrhovanie núteného vetrania v bytových domoch boli nové požiadavky definované vo vyhláške MDVRR SR č. 364/2012 Z. z. [1], ktorá stanovuje, že bytové domy postavené po 1. 1. 2015 musia dosiahnuť energetickú triedu A1 a od 31. 12. 2020 musia dosiahnuť energetickú triedu A0 v spotrebe primárnej energie. Jedno z mnohých

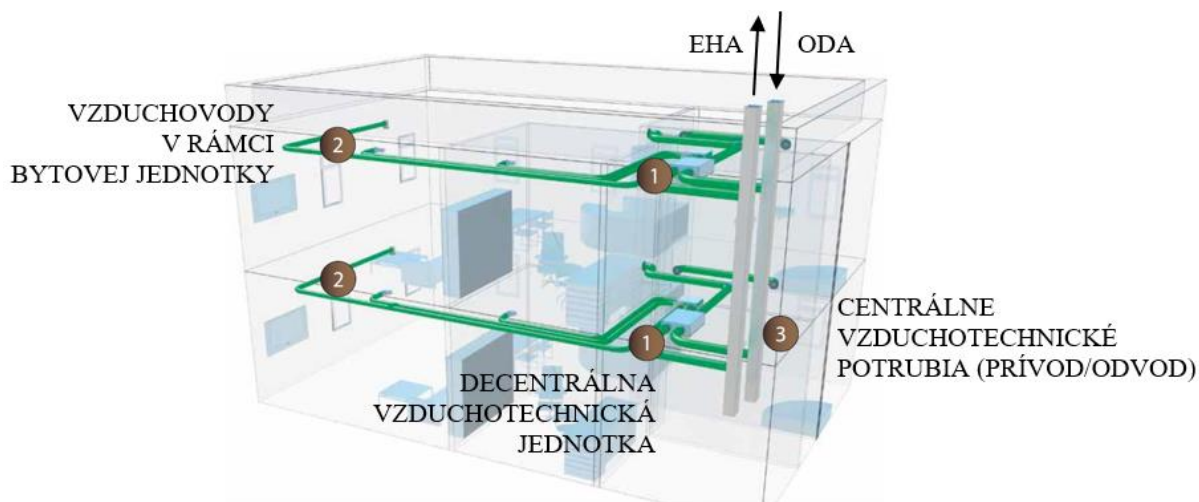
ponúkaných riešení technického vybavenia budov ako celku, dosiahnutie triedy A0 v oblasti vzduchotechniky predstavuje systém riadeného núteného vetrania s čiastočnou úpravou vonkajšieho vzduchu aplikáciou vzduchotechnickej jednotky, ktorá využíva energiu z odpadového vzduchu vo forme spätného získavania tepla/chladu. V podstate ide o vetracie jednotky s rekuperačnými alebo regeneračnými výmenníkmi tepla [2,8,9].

Pri návrhu núteného vetrania bytových jednotiek v obytných budovách máme k dispozícii niekoľko typov vetracích sústav, ktoré budú stručne opísané v nasledujúcich podkapitolách.

Z priestorových dôvodov príspevku sa nasledujúci popis bude venovať len decentralálnej a lokálnej vzduchotechnickej sústave.

1.1 Decentrálna vzduchotechnická sústava

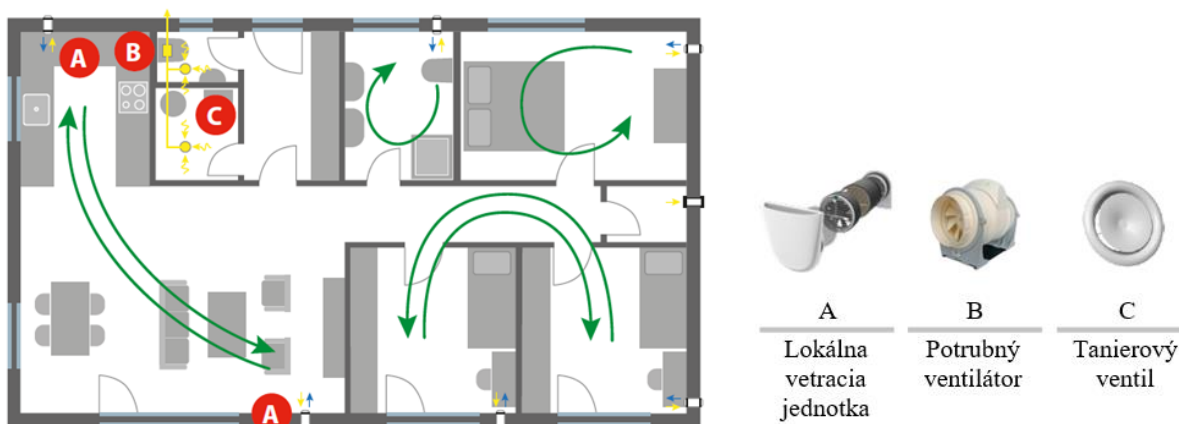
Táto vzduchotechnická sústava je založená na princípe, že v každom byte je umiestnená malá vetracia jednotka, ktorá zabezpečuje riadené vetranie bytu s rekuperáciou tepla/chladu. Umiestnená je zvyčajne pod stropom v miestnosti vstupnej chodby do bytu, odkiaľ je privádzaný vzduch vedený podstropným rozvodom do obytných miestností prostredníctvom dýz so stredným dosahom prúdu vzduchu, tanierovými ventilmi alebo obdĺžnikovými dvojradovými výustkami s reguláciou objemového prietoku vzduchu. Odvádzanie vzduchu je z hygienických miestností a kuchyne. Prívod a odvod vonkajšieho vzduchu sa zvyčajne rieši centrálnym, t. j. spoločným prívodom vonkajšieho vzduchu a odvodom odpadového vzduchu do vonkajšieho prostredia, pre všetky byty situované nad sebou spoločne. Tieto dve vzduchotechnické potrubia sú vedené spoločnou inštaláčnou šachtou s vyústením na strechu bytového domu (Obr. 1).



Obr. 1 Schéma decentralálnej vzduchotechnickej sústavy pre bytový dom [3]
ODA (outdoor air) – prívod vonkajšieho vzduchu, EHA (exhaust air) – odvod odpadového vzduchu

1.2 Lokálna vzduchotechnická sústava – jednotkové zariadenie

Lokálne rekuperačné jednotky sú umiestnené v každej obytnej miestnosti (Obr. 2) a privádzajú čerstvý vonkajší vzduch priamo cez obvodovú stenu do vnútorného priestoru. Tieto systémy sú vhodné najmä pri rekonštrukciách, pretože si nevyžadujú žiadne väčšie stavebné úpravy.



Obr. 2 Schéma lokálnej vzduchotechnickej sústavy pre bytový dom [4]

Samotná vetracia jednotka je zariadenie, ktorého hlavnou funkciou je nepretržitý prívod vonkajšieho vzduchu do obytných priestorov pri súčasnom odvádzaní odpadového vzduchu. Môže pracovať až v štyroch prevádzkových režimoch:

- automatické pasívne vetranie - otvorená žalúzia, ventilátor je vypnutý,
- prívod vzduchu, prívod čerstvého vonkajšieho vzduchu do miestnosti,
- vetranie/odsávanie znehodnoteného vzduchu z miestnosti alebo prívod čerstvého vonkajšieho vzduchu do miestnosti, v závislosti od nastavenia jednotky; režim vetrania funguje efektívne, keď sú dve alebo viac jednotiek zapojených do série; v tomto režime polovica jednotiek zabezpečuje prívod vzduchu a druhá polovica zabezpečuje odsávanie vzduchu v závislosti od ich nastavenia,
- vetranie s rekuperáciou tepla - cyklické striedanie smeru prúdenia vzduchu v 70-sekundových intervaloch.

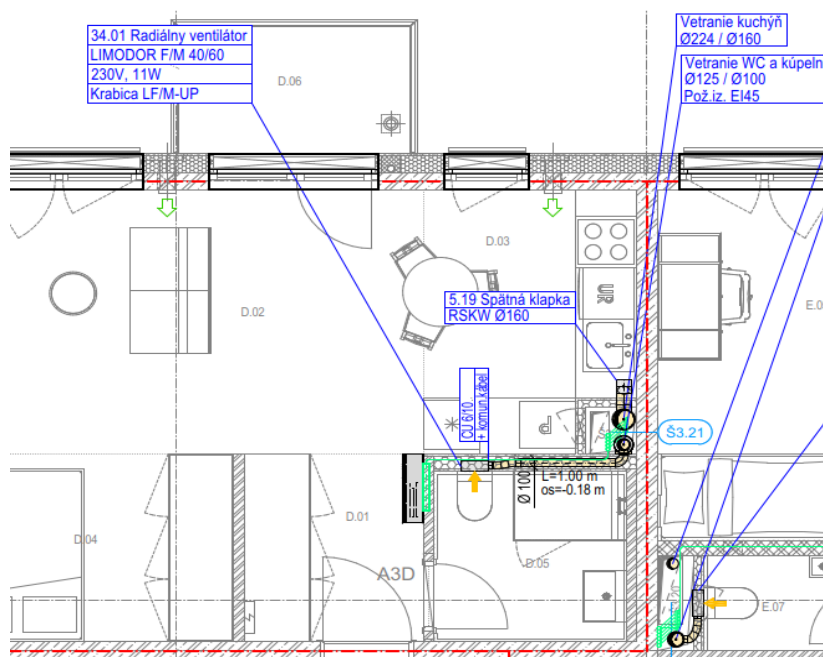
2. STAVEBNÝ OBJEKT BYTOVÉHO DOMU

Polyfunkčný objekt s 98 bytovými jednotkami a predpokladaným počtom 211 obyvateľov je tvorený v podzemnom podlaží priestormi pre parkovanie, skladovými priestormi a technickým zázemím budovy. Vstupné, nebytové, obchodné a administratívne priestory sú situované v 1. a 2. nadzemnom podlaží. Bytové jednotky sa nachádzajú na 3. až 8. nadzemnom podlaží s tým, že do jednej strany objektu sú orientované byty s menšou výmerou (prevažne 1kk a 1,5kk – kuchynský kút) a do vnútrobloku sú orientované väčšie byty (2kk a 3kk). Stavebný objekt je realizovaný v štandarde, ktorý spĺňa požiadavky pre energetickú certifikáciu triedy A0. Objekt je pripojený na sústavu centralizovaného zásobovania teplom cez odovzdávaciu stanicu tepla s celkovým inštalovaným výkonom 400 kW pre zimnú prevádzku [5, 10].

2.1 Konceptia vzduchotechnickej sústavy

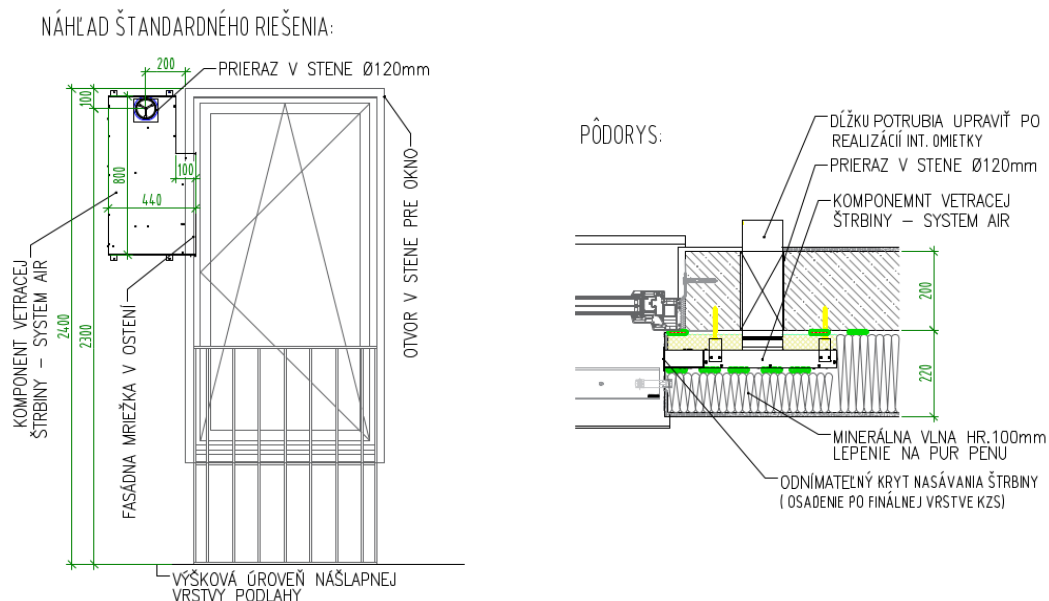
Projektant uvažoval s podtlakovým spôsobom vetrania bytu pozostávajúcim z fasádneho prvku pre prívod vonkajšieho (čerstvého) vzduchu a z ventilátorov pre odvod odvádzaného vzduchu (Obr. 3).

V projekte sú deklarované potrebné množstvá vzduchu stanovené podľa normy STN EN 16798-1:2019 [6], resp. na základe požiadaviek stanovených vo vyhláske MZ SR č. 259/2008 Z. z. [7] na požadované množstvo vzduchu na 1 osobu 20 – 25 m³/h a minimálna výmena vonkajšieho (čerstvého) vzduchu pre obytné priestory 0,5/h.



Obr. 3 Schéma lokálnej vzduchotechnickej sústavy pre bytový dom [5]

Na prevetrávanie obytných miestností sú použité akustické vetracie štrbiny s nasávaním vyvedeným na ostenie fasádneho otvoru pre lepší vizuálny a čistejší efekt fasády s umiestnením nad vykurovacie telesá, aby sa zabezpečil dohrev vonkajšieho vzduchu (Obr. 4).



Obr. 4 Pohľad a pôdorys akustickej vetracej štrbiny [5]

Odvod vzduchu je uvažovaný z hygienických miestností (WC, kúpeľňa, komora) pomocou odvodných dvojstupňových radiálnych ventilátorov, ktorými sa odpadový vzduch odvádza cez stúpacie potrubie nad strechu objektu do vonkajšieho prostredia. Ventilátor bude trvale spustený a zapnutím osvetlenia v byte, v týchto priestoroch, sa zvýši jeho výkon, ktorého trvanie bude s časovým dobehom.

2.2 Energetické zhodnotenie skutkového stavu a jeho optimalizácia

Tento spôsob vetrania bytov by sa dal identifikovať ako slabé miesto celého projektu. Už len fakt, že do novostavby projekt vzduchotechniky uvažuje s podtlakovým vetraním, je nedostačujúci [11].

Podiel tepelných strát vetraním pri podtlakovom spôsobe vetrania v 98 bytoch predstavuje 45 % podiel na celkovom projektovanom tepelnom výkone bytov (Tab. 1).

Tab. 1 Podiel tepelných strát vetraním na celkovom projektovanom tepelnom výkone [5]

Tepelná strata prestupom tepla	Tepelná strata vetraním	Tepelný príkon na zákur	Celkový navrhovaný tepelný výkon
[W]	[W]	[W]	[W]
75 667	81 439	23 566	180 672

Touto bežnou sústavou vzduchotechniky, akou je trvalé podtlakové vetranie, sa nedokáže za bežných prevádzkových podmienok zabezpečiť ani minimálna intenzita výmeny vzduchu 0,5/h, ktorá predstavuje zdravotné minimum podľa Vyhlášky MZ SR č. 259/2008 Z. z. [7] a už vôbec nie prísnejšia požiadavka na intenzitu výmeny vzduchu 0,6/h pre kategóriu budov II. – bytové domy v zmysle STN EN 16798-1:2019 [6].

Napriek tomu, že Polyfunkčný objekt spĺňa podmienky na dosiahnutie energetickej certifikácie v triede A0, odporúča sa riešiť vetranie bytov so spätným získavaním tepla, aby sa dosiahli úspory tepelnej energie na vykrytie tepelných strát vetraním a zároveň zabezpečili kvalitu vzduchu v jednotlivých bytoch. V tomto prípade by podiel tepelných strát vetraním pri rovnotlakovom spôsobe vetrania s rekuperáciou tepla predstavoval len 13 % na celkovom projektovanom tepelnom výkone bytov (Tab. 2).

Tab. 2 Podiel tepelných strát vetraním pri rovnotlakovom vetraní s rekuperáciou tepla na celkovom projektovanom tepelnom výkone [5]

Tepelná strata prestupom tepla	Tepelná strata vetraním	Tepelný príkon na zákur	Celkový navrhovaný tepelný výkon
[W]	[W]	[W]	[W]
75 667	12 938	13 291	101 896

V nasledujúcej tabuľke (Tab. 3) sú uvedené hodnoty celkových tepelných strát vetraním obidvoch vetracích systémov. Je zrejmé, že úspora energie na tepelných stratách vetraním je pri vetraní so spätným získavaním tepla o 37,9 % nižšia ako pri podtlakovom vetraní.

Tab. 3 Celkové úspory na tepelných stratách vetraním pri rovnotlakovom vetraní so spätným ziskom tepla [5]

Tepelná strata vetraním pri podtlakovom vetraní	Tepelná strata vetraním pri spätnom zisku tepla	Úspora na tepelných stratách	
[W]	[W]	[W]	[%]
81 439	12 938	68 501	37,9

ZÁVER

Pre vyzdvihnutie prínosu tohto príspevku je potrebné zhodnotiť nový návrh vetrania bytov v bytovom dome s polyfunkciou. Na začiatku bola predpokladaná výška úspory energie na elimináciu tepelných strát vetraním cca 30 %, po podrobnej analýze z pohľadu energetických a ekonomických ukazovateľov bolo zistené, že úspora energie predstavuje hodnotu 37,9 %. Z pohľadu energetických úspor sa oplatí inštalovať systém s rekuperáciou, pretože po celkovom zhodnotení všetkých vstupných nákladov, ktoré sa týkajú obstarávacej (investičnej) ceny, spotrieb elektrickej energie, spotrieb tepla pri vetraní, nákladov na servis pri oboch systémoch, vyšla návratnosť nového systému vetrania už po 6 rokoch prevádzky.

POĎAKOVANIE

Táto práca bola podporená Ministerstvom školstva, vedy, výskumu a športu SR v rámci grantu VEGA 1/0303/21, grantu VEGA 1/0304/21, grantu VEGA 1/0118/23, grantu KEGA 005STU-4/2021 a Agentúrou na podporu výskumu a vývoja SR v rámci projektu APVV-21-0144.

LITERATÚRA

- [1] Vyhláška MDVRR SR č. 364/2012 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov (novela: Vyhláška MDVRR SR č. 35/2020 Z. z.)
- [2] RUBINA, A. a kol. Heat Flow through a Facade with a Controlled Ventilated Gap. *Buildings* 2023, vol. 13, issue 3, 871. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2075-5309/13/3/817>. DOI: 10.3390/buildings13030817.
- [3] www.atrea.cz
- [4] www.multivac.sk
- [5] MARKOVÁ, J. Vetranie bytov so spätným získavaním tepla. Záverečná práca. Bratislava: EUREM – European Energy Manager. 2022, 22 s.
- [6] STN EN 16798-1:2019 Energetická hospodárnosť budov. Vetranie budov. Časť 1: Vstupné údaje o vnútornom prostredí budov na navrhovanie a hodnotenie energetickej hospodárnosti budov – kvalita vzduchu, tepelný stav prostredia, osvetlenie a akustika. Modul M1-6.
- [7] Vyhláška MZ SR č. 259/2008 Z. z. o podrobnostiach o požiadavkách na vnútorné prostredie budov a o minimálnych požiadavkách na byty nižšieho štandardu a na ubytovacie zariadenia. (novela: Vyhláška MZ SR č. 124/2017 Z. z.)
- [8] HORÁK, P., PAVEL, A., AMBROŽOVÁ, I. A new type of heat exchanger for ventilation in buildings with nearly-zero energy consumption. *Advanced Materials Research*. vol. 899 (2014), pp. 231-234. Dostupné z: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.899.231>.
- [9] KAPALO, P., KOVÁČ, M., NAGY, R., BAKA, Z. Indoor air quality assessment in the apartment – case study. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. vol. 1252 (2022) 012061. Dostupné z: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1252/1/012061>.
- [10] GOMBOŠOVÁ, V., KRAJČÍK, M., ŠIKULA, O. Feasibility of Using Energy Performance Contracting for Retrofit of Apartment Buildings in Slovakia. *Slovak Journal of Civil Engineering*, vol. 30, p. 33-42. Dostupné z: <https://sciendo.com/article/10.2478/sjce-2022-0019>. DOI: 10.2478/sjce-2022-0019.
- [11] STRAKOVÁ, Z., STRENG, T. Riadiaci proces teplovzdušného vykurovania s rekuperáciou tepla. In Vykurovanie 2023 : zborník prednášok z 31. medzinárodnej vedecko-odbornej konferencie na tému Energetické koncepcie a bezpečnosť zásobovania teplom. Horný Smokovec, 20. - 24.3.2023. Bratislava : SSTP, 2023, ISBN 978-80-8284-006-6. s. 359-364.

POTENCIÁL GLOBÁLNÍHO OTEPLOVÁNÍ A SYSTÉMY TZB

Ing. Zuzana Veverková, Ph.D.

Fakulta stavební ČVUT v Praze, Katedra technických zařízení budov
zuzana.veverkova@fsv.cvut.cz

ABSTRAKT

Celosvětový posun směrem ke snižování emisí uhlíku ve stavebnictví vede k potřebě podrobné analýzy dopadů na životní prostředí v celém životním cyklu budovy. Podle odhadů Světové rady pro šetrné budovy (WGBC) stavebnictví produkuje 39 % světových emisí uhlíku. Vliv systémů technických zařízení budov (TZB) na životní prostředí byl dosud podrobně zkoumán jen zřídka. Většina publikovaných studií je založena na předpokladech a metodách založených na pravidlech. Nicméně chceme-li provést podrobné posouzení životního cyklu (LCA) celé budovy, je nezbytné provést i podrobné posouzení systémů TZB, jejichž vliv může být nezanedbatelný (např. dopad emisí uhlíku systémů vytápění, větrání a klimatizace se pohybuje v rozmezí 15-36 % celkového dopadu kancelářských budov [1]).

KLÍČOVÁ SLOVA

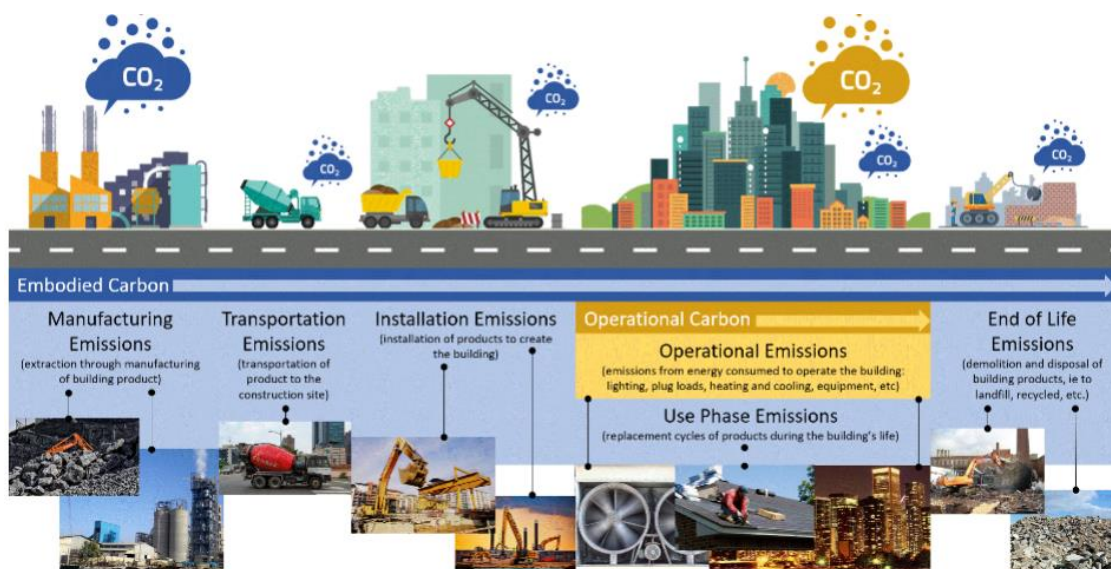
Potenciál globálního oteplování, GWP, LCA, životní cyklus, emise skleníkových plynů, technická zařízení budov, HVAC

ÚVOD

Stavební sektor je klíčovým hráčem v boji proti změně klimatu, protože je zodpovědný za téměř 40 % celkových globálních emisí CO₂ [2]. Celosvětové i evropské strategie se dosud zaměřovaly na snižování provozních emisí skleníkových plynů (GHG) prostřednictvím opatření, jako jsou šetrné stavební technologie a nahrazování energetických nosičů na bázi fosilních paliv obnovitelnými zdroji. Globální úsilí o dosažení nulových provozních emisí skleníkových plynů přesouvá zbývající emise na tzv. „embodied“ emise, tj. emise skleníkových plynů, které se uvolňují během výroby, dopravy, výstavby a na konci životnosti stavebních materiálů (**Obr. 1**). Překlad slova „embodied“ v ČR nebyl dosud jednoznačně zaveden. Používanými termíny jsou např. zabudovaný, svázaný, vázaný, nepřímý, ztělesněný. Podle zprávy OSN o globálním stavu představují „embodied“ emise skleníkových plynů v sektoru stavebnictví 11 % celkových ročních globálních emisí [2]. Kromě toho se odhaduje, že „embodied“ uhlík se v případě energeticky efektivních budov může podílet až 80 % na emisích skleníkových plynů po celou dobu životnosti budovy [3].

U novostaveb se snížení provozní energie obvykle dosahuje zlepšením obálky budovy a zlepšením technických systémů. „Embodied“ emise energeticky efektivních budov jsou obvykle stejné, ne-li vyšší než u méně energeticky úsporných budov, ale uvádí se, že obvykle se tato zvýšená emise během výstavby vrátí během provozu budovy [4]. Většina studií LCA má však tendenci omezovat hranice systému na hlavní stavební materiály budovy a systémy TZB ponechává stranou. Tyto systémy jsou obvykle poměrně složité, vyrobené z mnoha různých materiálů a je obtížné vyčíslit celkovou hmotnost těchto materiálů ve fázi projektu, což je pro LCA nezbytné.

Vzhledem ke skutečnosti, že systémy technických zařízení budov jsou při posouzení životního cyklu často zanedbávány, není dostatek informací o jejich podílu na celkové „embodied“ uhlíkové stopě budovy.



Obr. 1 Emise v životním cyklu budovy [8]

SOUČASNÝ STAV POSUZOVÁNÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU (LCA) SYSTÉMŮ TZB

Systémy TZB (systémy vytápění, větrání a klimatizace atd.), jsou obvykle při posouzení životního cyklu budovy zahrnuty pouze zjednodušeně nebo častěji jsou i zcela zanedbány. Toto umožňují i současná pravidla pro výpočet LCA v systémech certifikace zelených budov, přestože norma EN 15978 ve své doplňkové příloze A uvádí příkladnou specifikaci, kde je kromě hlavních prvků budovy zahrnuto i TZB. Rozsah dopadu systémů TZB na životní prostředí je tak obvykle podhodnocen a není ani možné porovnání variantních řešení s využitím případného potenciálu úspor emisí a dalších dopadů na životní prostředí. Hlavním důvodem, proč nejsou systémy TZB podrobně posuzovány, je to, že stanovení potřebných dat pro LCA je velmi pracné, včetně ne vždy snadné dostupnosti informací a též chybějících metod, zejména pak v případě systémů HVAC, které se skládají z různých materiálů.

Z důvodů uvedených výše se v mnoha studiích používá LCA na bázi BIM jako snaha odklonit se od konvenčních LCA výpočtů založených na ručním zpracování a poskytnout tak projektantům nástroj, který usnadňuje environmentální hodnocení dopadů budov na životní prostředí jak ve fázi návrhu, tak i pro hodnocení po výstavbě. V současné době existuje několik komerčních nástrojů, které kombinují LCA s BIM (např. Tally nebo OneClickLCA). Běžnou praxí je extrahovat informace z modelu BIM (obvykle ve formátu IFC nebo gbXML) a později je vložit do softwaru LCA, kde se provádí posouzení. Jiný přístup, který výzkumníci často navrhuje, využívá BIM s vizuálním programovacím jazykem (VPL). Tato metoda umožňuje automatické získávání informací z modelu BIM a vytváření aktualizovatelných odkazů na databáze LCA.

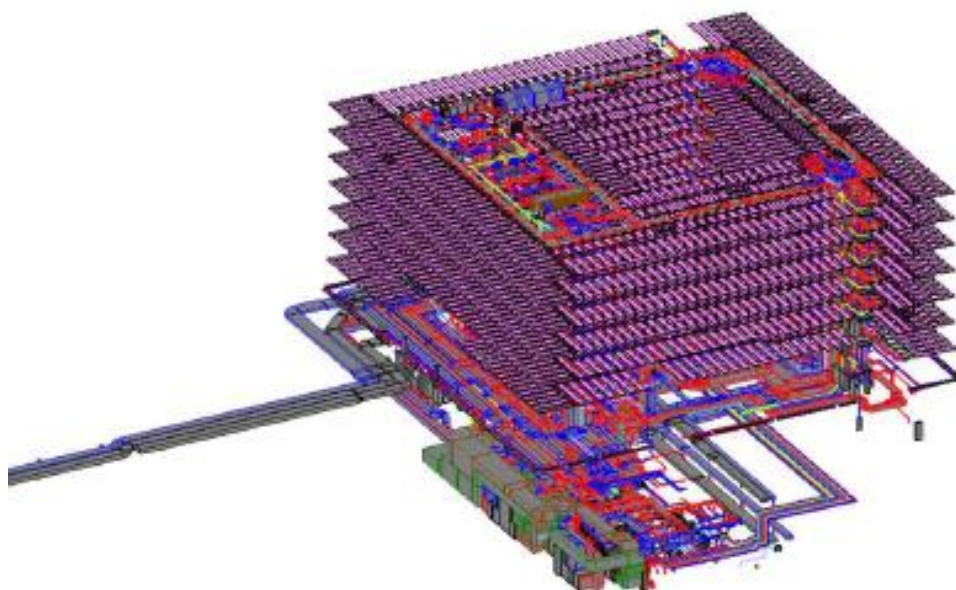
Ačkoli jsou tyto dva přístupy značně využívány, zanedbávají nebo příliš zjednodušují systémy TZB, resp. HVAC (vytápění, větrání, klimatizace). Existuje tedy mezera ve výzkumu ohledně jejich dopadu na životní prostředí a též ohledně toho, jak tyto systémy (HVAC) posuzovat pomocí modelu BIM a stávajících nástrojů nebo metod.

K provedení LCA na základě BIM jsou obecně zapotřebí tři typy informací, a to geometrické údaje, údaje o materiálech (množství, hmotnost) a údaje LCA. Jako hlavní zdroj materiálových a geometrických dat se používá BIM model. Analýza začíná od úrovně objektů a zpřesňuje výpočty na úroveň materiálů. Databáze LCA jsou zatím stále nedostatečné nebo zastaralé; chybí

zde značné množství údajů a tyto pak musí být zjišťovány od výrobců a zadávány ručně, jelikož většina výrobců poskytuje informace o svých výrobcích ve formátu PDF a jen velmi málo z nich poskytuje informace o dopadu svých výrobků, tudíž v mnoha případech jsou použity materiály/výrobky podobné namísto skutečných, což může vést ke značnému zjednodušení, a tudíž k nepřesnostem.

Případová studie [1]

Případovou studií je kancelářská budova mezinárodního ústředí společnosti Siemens ve Švýcarsku, která byla dokončena v roce 2018. Má platinovou certifikaci LEED a švýcarskou značku Minergie, která se zaměřuje na plášť budovy a spotřebu energie. Budova se skládá ze sedmi podlaží a má hrubou podlahovou plochu (GFA) 32 000 m², včetně dvou podzemních podlaží, která jsou využívána především jako garáže. Pokud jde o systémy HVAC, budova je provozována na tepelná čerpadla voda-voda a využívá vodu z jezera Zug pro účely vytápění a volného chlazení.

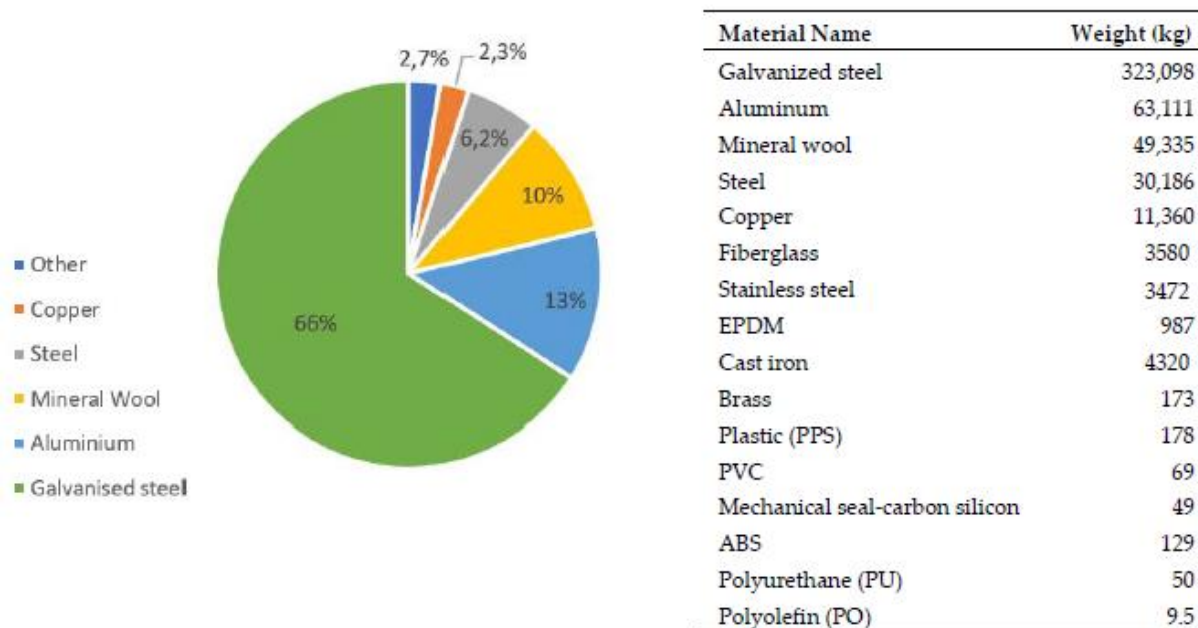


Obr. 2 BIM model systémů HVAC kancelářské budovy Siemens [1]

Moduly posuzované v této studii jsou A1-A3 (výroba), B4 (výměna), B6 (provoz) a C1-C3 (likvidace) dle ČSN EN 15804. Ostatní moduly byly z důvodu nedostatku relevantních údajů z rozsahu této studie vyňaty. Referenční jednotka byla stanovena na 1 m² energeticky vztažné plochy (tj. součet všech nadzemních a podzemních podlahových ploch, které jsou v tepelné obálce budovy a jsou vytápěny nebo klimatizovány). Energeticky vztažná plocha se rovná vytápěné podlahové ploše a činí 22 000 m². Referenční období studie je 60 let. Četnost výměny zařízení je odhadována pomocí kombinovaných informací od výrobců a normy ASHRAE. Tato studie se zaměřuje na dopad systémů HVAC (vytápění, větrání, klimatizace) s ohledem na změny klimatu. Z tohoto důvodu se pro kvantifikaci emisí skleníkových plynů používá potenciál globálního oteplování (GWP) v jednotkách CO₂eq. CO₂eq je ekvivalent oxidu uhličitého, tj. metrická míra používaná k porovnání emisí různých skleníkových plynů na základě jejich GWP, a to přepočtem množství daných plynů na ekvivalentní množství oxidu uhličitého se stejným potenciálem globálního oteplování (např. GWP pro oxid dusný 298, tzn., že emise 1 milionu metrických tun oxidu dusného odpovídají emisím 298 milionů metrických tun oxidu uhličitého) [9].

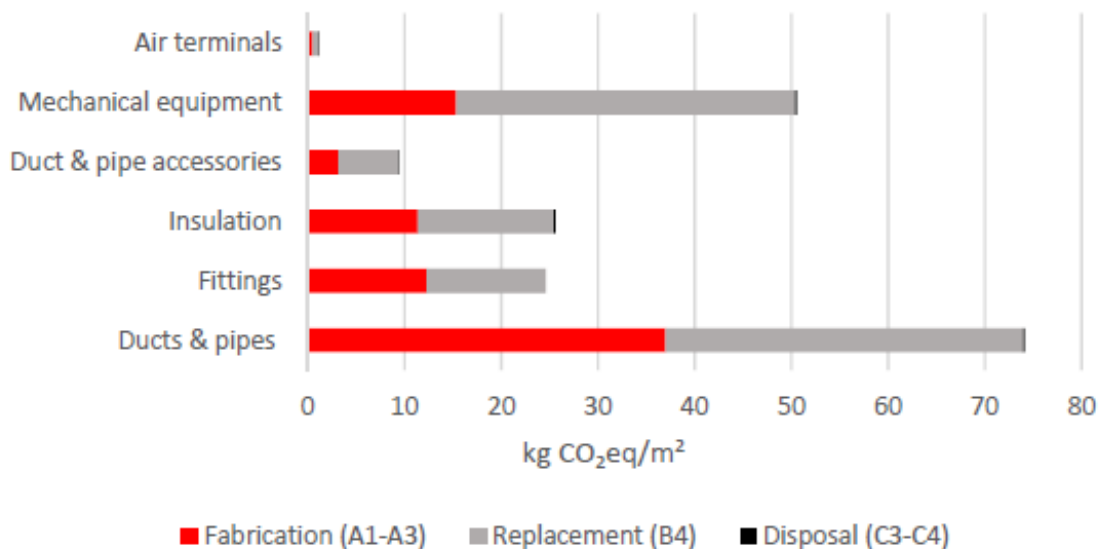
VÝSLEDKY LCA SYSTÉMŮ HVAC

Z **Obr. 3** je patrné, že pozinkovaná ocel (66 %), hliník (13 %) a minerální vlna (10 %) jsou převažujícími materiály. Nejčastějším materiálem je ocel vyskytující se zejména ve vzduchotechnických zařízeních. Celkové množství oceli, včetně pozinkované oceli, nerezové oceli a oceli, činí 356 tun, což odpovídá přibližně 80 % celkového množství materiálu.



Obr. 3 Množství materiálu a procentuální rozdělení materiálů systémů HVAC [1]

Pro hodnocení je uvažován celý životní cyklus budovy (tj. včetně výměny potrubí a strojního zařízení). Výsledné emise skleníkových plynů ve fázi výměny ukazují, že vliv uvažovaných strojních zařízení (stropní panely, vzduchotechnické jednotky, tepelná čerpadla, chiller, výměníky tepla, podlahové konvektory, fancoily, kompresory), distribučních prvků a izolace je ve srovnání s fází výroby vyšší (**Obr. 4**). Vliv strojních zařízení je ve fázi používání téměř dvojnásobný ($35 \text{ kgCO}_2\text{eq/m}^2$) ve srovnání s dopadem při výrobě ($15,3 \text{ kgCO}_2\text{eq/m}^2$). Tento nárůst souvisí s četností výměny zařízení v průběhu fáze užívání budovy. Například tepelná čerpadla se vyměňují každých 20 let. (tj. během 60leté životnosti budovy dvakrát). Celkově lze konstatovat, že strojní zařízení spolu s rozvody a potrubím, se nejvíce podílejí na celkových emisích skleníkových plynů během životního cyklu systémů HVAC.



Obr. 4 Výsledné emise pro hodnocené kategorie HVAC v kgCO₂eq/m² [1]

Nejvyšší dopad (23,2 kgCO₂eq/m²) na životní prostředí mají z uvažovaných strojních zařízení stropní panely, nejčastěji se opakující součást (4096 ks), které jsou navrženy pro vytápění a chlazení. Druhým nejvyšším zdrojem emisí (21,9 kgCO₂eq/m²) jsou velké vzduchotechnické jednotky (12 ks) obsahující mimo jiné vzduchové filtry, výměníky tepla, ventilátory a chladiče vzduchu. Ostatní prvky mají o 95-99 % nižší emise. Je pozoruhodné, že emise jednoho chladicího zařízení (chiller - 1,32 kgCO₂eq/m²) jsou srovnatelné s emisemi 18 malých tepelných čerpadel (1,62 kgCO₂eq/m²).

Zásadním zjištěním této studie je, že je třeba se zaměřit na množství a vliv filtrů ve vzduchotechnických zařízeních. Podle pokynů k údržbě posuzované budovy, které byly součástí případové studie, by měly být filtry vyměňovány nejméně jednou ročně během 60leté životnosti budovy. U velkých vzduchotechnických jednotek, kterých je v dané studii 12, je toto množství značné. Filtry jsou zodpovědné za 65 % celkového dopadu výměny vzduchotechnických jednotek. Celkový dopad filtrů na emise ve fázi užívání budovy činí 11 % z celkového dopadu systémů HVAC.

„Embodied“ emise (kgCO₂eq/m²) případové studie jsou třikrát vyšší ve srovnání s cílovými hodnotami pro systémy HVAC dle SIA 2040 (Swiss Society of Engineers and Architects – SIA; SIA 2040: Effizienzpfad Energie, SIA 2017). Toto zjištění vyvolává otázku, zda SIA 2040 podhodnocuje dopad systémů HVAC na životní prostředí nebo je tento rozdíl způsoben vysokou složitostí inteligentních budov. Druhá možnost naznačuje, že s tím, jak se budovy stávají "chytřejšími", a tedy energeticky úspornějšími, jejich „embodied“ emise narůstají. Tzn., že je třeba porovnat úspory emisí skleníkových plynů v důsledku zvýšené energetické účinnosti s přidaným materiálovým dopadem inteligentních budov, aby bylo možné pochopit vzájemné souvislosti. K adekvátnímu řešení této otázky a zjištění podílu systémů HVAC na „embodied“ emisích (kgCO₂eq/m²) nových kancelářských budov je zapotřebí dalšího výzkumu.

Uvedená studie uvažovala zařízení pro regulaci HVAC systémů dle daných možností. Tato zařízení však obecně zahrnují komponenty, jako jsou desky s plošnými spoji a snímače, které se skládají z materiálů s neznámým dopadem, což brání podrobnému posouzení těchto prvků. Posouzení, které by zahrnovalo všechny elektronické součásti HVAC, by proto mohlo odhalit jejich skutečný podíl na „embodied“ emisích (kgCO₂eq), a nakonec by tento dopad na životní prostředí (GWP) mohlo ještě více posunout směrem k materiálové stránce.

S ohledem na četnost výměny filtrů, která je ve srovnání s ostatními částmi HVAC systémů vysoká, je též potřeba dále studovat i jejich dopad na životní prostředí během životnosti budovy. V této studii byla pro výpočet dopadu filtrů uvažována pouze skleněná vlákna, a to pouze u zařízení, o kterých byly tyto informace k dispozici, tzn., že výsledky mohou být zkreslené. Navzdory těmto omezením se i tak ukazuje, že dopad výměny filtrů je ve srovnání s celkovým dopadem výměny částí HVAC systémů značně vysoký. Studie LCA až dosud měly tendenci dopad filtrů zanedbávat, nicméně tento je podle výsledků této studie nezanedbatelný, zejména v případě velkých komerčních a kancelářských budov.

ZÁVĚR

Obecně lze konstatovat, že v současné době je nedostatek informací v oblasti podrobného posouzení životního cyklu (LCA) systémů TZB a jejich dopadu na životní prostředí (GWP) a též zatím nejsou k dispozici metody a nástroje, které by zohledňovaly LCA v raných fázích návrhu systémů TZB. Současné přístupy, jako je zjednodušení přidávající % dopadů stavby (kgCO₂eq) pro zohlednění životního cyklu systémů TZB, lze považovat za nedostatečné a neužitečné pro variantní analýzu a optimalizaci výsledků LCA v raných fázích návrhu.

Nicméně existuje již několik studií a jejich výsledky ukazují, že systémy TZB mohou být zodpovědné za vysoký podíl „embodied“ emisí u nových nebytových budov [5]; přičemž jejich materiálový podíl činí obvykle pouze kolem 1 až 4 % z celé budovy. Klíčovou úlohu mají zejména systémy HVAC, které se skládají z materiálů jako jsou kovy a plasty a které způsobují vysoké dopady na životní prostředí kvůli energeticky náročným výrobním procesům a krátké životnosti. „Embodied“ emise (kgCO₂eq) systémů HVAC se dle provedených studií pohybují v rozmezí 15-36 % celkových „embodied“ emisí kancelářských budov, nicméně je zapotřebí dalšího výzkumu a podobných případových studií, aby bylo možné poskytnout spolehlivý obraz dopadu systémů HVAC na životní prostředí. Detailní zohlednění systémů TZB pro celkové posouzení životního cyklu budovy se tak do budoucna jeví jako nezbytné.

V neposlední řadě je třeba stanovit vhodný překlad termínu „embodied“.

LITERATURA

- [1] Christina Kiamili, Alexander Hollberg, Guillaume Habert. Detailed Assessment of Embodied Carbon of HVAC Systems for a New Office Building Based on BIM Case Report, April 2020, <https://www.mdpi.com/journal/sustainability>
- [2] International Energy Agency and the United Nations Environment Programme. Towards a Zero-Emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector; 2018 Global Status Report; 2018;
- [3] Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS). Whole Life Carbon Assessment for the Built Environment; Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS): London, UK, 2017.
- [4] Sartori, I.; Hestnes, A.G. Energy Use in the Life Cycle of Conventional and Low-Energy Buildings: A Review Article. Energy Build. 2007, 39, 249–257.
- [5] Kasimir Forth, Jannick Höper, Sebastian Theißen, Jakub Veselka, André Borrmann. Towards Life Cycle Assessment Of Technical Building Services In Early Design Phases Using Building Information Modelling. 2022 European Conference on Computing in Construction Ixia, Rhodes, Greece, July 24-26, 2022.
- [6] David Churcher. Life Cycle Assessment. An Assessment Of A Building Services System. A BSRIA Guide, BG 59/2014
- [7] ČSN EN 15978 (730902) Udržitelnost staveb – Posuzování environmentálních vlastností budov – Výpočtová metoda
- [8] <https://climateeverything.com/climategifts>
- [9] <https://ec.europa.eu/eurostat>

NOVÉ GENERACE VĚTRACÍCH JEDNOTEK S REKUPERACÍ TEPLA PRO RODINNÉ DOMY A BYTY

Ing. Luděk Špidla

ATREA s. r. o.

ludek.spidla@atrea.cz

ANOTACE

Jedním z prvních kroků při vývoji nové produktové řady je vyhodnocení zpětné vazby a úvaha nad výčtem nejdůležitějších vlastností a parametrů z pohledu uživatele. V následujícím článku Vám tuto úvahu přiblížím a následně představím, jaké nové jednotky na tom základě vznikly.

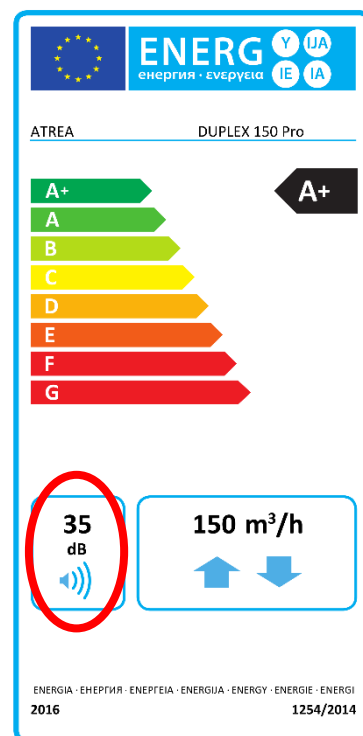
ÚVOD

Segment větrání rodinných domů (RD) a bytů bývá tím prvním, kde se nasazují technologické novinky a zároveň jsou v tomto segmentu uživatelé velmi nároční na některé vlastnosti. Když se podíváme na **možná umístění vzduchotechnické (VZT) jednotky** v běžném rodinném domě, zjistíme, že umístění jednotky se více a více přibližuje uživateli. Moderní rodinný dům nebývá podsklepený. Pokud vůbec má půdu, tak tato půda je typicky mimo tepelnou obálku budovy (tepelná izolace je mezi obývaným podlažím a půdou), a tedy taková půda je nevhodným místem pro instalaci. Zbývá technická místnost v obývaném podlaží, případně podhled koupelny, či chodby. Moderní technická místnost již není vyhrazena pouze pro technická zařízení budovy. Součástí technické místnosti totiž bývá pračka, sušička, úložné prostory atd. a uživatelé do ní běžně chodí. Umístění technické místnosti i proto bývá uprostřed dispozice v těsné blízkosti okolních pobytových místností.

VLASTNOSTI PRO UŽIVATELE

To klade velké nároky na **čistý vzhled** VZT jednotky tak, aby mezi zmíněnou bílou technikou nepůsobila rušivě, a dále také zejména na **hlukové parametry**. Standardní VZT jednotka vykazuje 5 různých hodnot akustických výkonů – do jednotlivých 4 hrdel (do potrubí) a také akustický výkon pláště do okolí jednotky. S akustickými výkony do potrubí se lze velmi efektivně vypořádat potrubními tlumiči, materiálem potrubí a celkově vhodným návrhem koncepce rozvodu. Nicméně akustický výkon do okolí jednotky je vlastnost jednotky, s kterou se již při návrhu nelze snadno vypořádat a v kontextu výše zmíněného moderního umístění VZT jednotek se akustický výkon do okolí jednotky stává nejdůležitějším parametrem rezidenčních VZT jednotek. Snad i proto je tento parametr (v referenčním pracovním bodě) jako jeden z mála uveden na energetickém štítku – vizte Obr. 1.

Z pohledu uživatele existuje ještě jedna často sledovaná vlastnost a tou je způsob **ovládání**. Nejčastějším požadavkem koncového uživatele na ovládání je jeho jednoduchost, případně možnost začlenění ovládání VZT do většího celku chytré domácnosti. Vzhled a přívětivost uživatelského rozhraní zde hraje velkou roli a kvalitní aplikace pro chytré telefony může být řešením.



Obr. 1 Energetický štítek

Nejdůležitější vlastnosti pro uživatele:

- Hluk
- Ovládání (aplikace)
- Vzhled

TECHNICKÉ PARAMETRY

Pokud teď odhlédneme od požadavků uživatele směrem k návrhu a montáži, tak při umístění jednotky v podhledu se velmi zásadním parametrem stává také výška podstropních jednotek. Například v bytové výstavbě v ČR je běžným návrhem výška místností na legislativním minimu – tedy světlá výška pobytových místností 2,6 m a světlá výška koupelny a chodeb 2,3 m. To vede na snížení stropu díky podhledu v koupelnách a chodbách o 300 mm a při běžné konstrukci podhledu to znamená dutý prostor okolo 250 mm. Pro komfortní montáž, případně pro možnost křížení s dalšími instalacemi to vede na ideální **výšku** jednotky pouhých **200 mm**.

Z čistě technického pohledu v době obecně přijímaného kultu snižování energetické náročnosti jsou samozřejmě důležité ukazatele, které na toto mají vliv. Těmi jsou zejména účinnost zpětného získávání tepla (ZZT) a měrný příkon jednotky (SPI). Oba tyto parametry jsou vstupem pro výpočet **energetické třídy** jednotky (A+ až G), která je opět součástí energetického štítku na Obr. 1.

Nejdůležitější technické parametry:

- Hluk – akustický výkon (dB(A))
 - Do potrubí
 - Plášť do okolí
- SPI ($\text{W}/\text{m}^3\cdot\text{h}$)
- Účinnost ZZT (%)
- Výška podstropních jednotek
- Energetický štítek
 - Energetická třída – obsahuje SPI, účinnost ZZT a úroveň řízení

Z výčtu nejdůležitějších technických parametrů výše vyplývá, že většinu z nich již obsahuje energetický štítek, který se ke všem rezidenčním jednotkám povinně přikládá. Ať už máme názor na nařízení Evropské komise č. 1253/2014 a 1254/2014 (tzv. Ecodesign) jakýkoliv, energetické štítky rezidenčních jednotek přinášejí poměrně komplexní pohled na nejdůležitější parametry jednotek ve zjednodušené podobě a jsou tedy dobrým nástrojem pro uživatele při porovnávání jednotek.

NOVÉ ŘADY JEDNOTEK – DUPLEX PRO A DUPLEX PRO-V

Společnost ATREA představila v roce 2023 nové jednotky v podstropní (DUPLEX Pro) a nástěnné (DUPLEX Pro-V) variantě pro průtoky vzduchu 35 až 550 m^3/h a jsou určeny pro instalaci ve vnitřním prostoru, v rámci tepelné obálky budov. Každá z variant je k dostání ve třech výkonových verzích. Jednotky plně nahrazují úspěšné řady EC5 a ECV5. Vyznačují se pohledovým bílo-černým designem a špičkovými parametry. Své uplatnění najdou zejména v rodinných a bytových domech, nicméně díky svým vlastnostem jako je například univerzalita hrdel, výška od 200 mm a možnost připojení na BMS budou dobrou volbou i pro prostory jako jsou kanceláře, zasedačky, ordinace, čekárny, toalety a všude tam, kde není možné aplikovat centrální jednotku pro celý dům.



Obr. 2 DUPLEX Pro



Obr. 3 DUPLEX Pro-V

Jedná se vlnkovou flotilu jednotek, na které byly kladeny vysoké nároky zejména s ohledem na nejdůležitější vlastnosti a parametry zmíněné v předešlých odstavcích. Na akustický výkon pláště do okolí má zásadní vliv materiál pláště a dveří jednotky, a proto byla u těchto jednotek zvolena masivní skladba pláště obsahující 3 až 4 vrstvy s 30 mm minerální vaty uprostřed. Tato skladba je sice konstrukčně i výrobně náročnější a také těžší než plastové provedení, zato výsledná hodnota na energetickém štítku patří k nejlepším na trhu – vizte Obr. 1.

Přednosti jednotek DUPLEX Pro, Pro-V:

- Velmi **nízký hluk do okolí** – skříň jednotky je řešena jako **sandwich konstrukce** ve složení vnější lakovaný plech (RAL 9010) – minerální vata tl. 30 mm – vnitřní plech.
- Energetická třída **A+** dle Ecodesign (1253/2014, 1254/2014)
- Velmi nízká zástavbová výška **od 200 mm** u podstropní varianty DUPLEX Pro
- Variabilní umístění hrdel, možnost 32 montážních poloh u podstropní varianty
- Připojovací hrdla bez tepelných mostů
- Výměna filtrů bez nutnosti otevírání dveří
- Automaticky ovládaná by-pass klapka
- Registrace v dotačním programu NZÚ

NOVÁ ŘADA JEDNOTEK – DUPLEX EASY2

Druhou novou řadou, kterou jsme v roce 2023 již nasadili do výroby v Jablonci nad Nisou, je řada DUPLEX Easy2. Jednotky jsou určeny pro průtoky od 35 do 500 m³/h a vyrábějí se ve třech výkonových verzích. Charakteristickým rysem této řady je univerzální provedení, kdy jednotku je možné nainstalovat jak v podstropní, tak v nástěnné poloze a zároveň je možné zvolit levou, či pravou orientaci až na stavbě. Řada DUPLEX Easy2 nahrazuje předchozí řadu DUPLEX Easy. Oproti předchozí řadě má zásadní odlišnost v materiálu pláště. I na základě úvah z prvních odstavců byla zvolena masivní konstrukce ve složení plech – minerální vata – plech, která vykazuje mnohem lepší útlum hluku, než extrudovaný polypropylen (EPP), nebo extrudovaný polystyren (EPS)



Obr. 4 DUPLEX Easy2

Přednosti jednotek DUPLEX Easy2:

- Velmi **nízký hluk do okolí** – skříň jednotky je řešena jako **sandwich konstrukce** ve složení vnější plech (aluzinek) – minerální vata tl. 30 mm – vnitřní plech.
- Energetická třída **A+/A** dle Ecodesign (1253/2014, 1254/2014)
- Velmi nízká zástavbová výška / hloubka (od **220 mm**)
- Připojovací hrdla bez tepelných mostů
- Instalace možná v podstropní nebo nástěnné poloze
- Registrace v dotačním programu NZÚ

Všechny tři produktové řady umožňují instalaci integrovaného elektrického přehříváče, který zamezí zámrazu rekuperačního výměníku, aniž by muselo dojít k rozvažování ventilátorů, otvírání bypassové klapky, případně jiným nekomfortním způsobům ochrany proti zámrazu.

Podrobnější podklady nutné pro návrh a montáž jsou dostupné v technických listech jednotek a také ve volně dostupném návrhovém softwaru ATREA, kde naleznete mimo jiné veškeré parametry jednotek včetně akustiky ve Vámi zadaných konkrétních pracovních bodech a můžete si také vyexportovat technickou specifikaci včetně požadavků na navazující profese.

LITERATURA

- [1] Nařízení komise (EU) č. 1253/2014
- [2] Nařízení komise (EU) č. 1254/2014
- [3] ČSN EN 13141. *Větrání budov – Zkoušení výkonu součástí/výrobků pro větrání obytných budov*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2021.
- [4] ATREA s.r.o. Firemní poklady dostupné na www.atrea.cz

ZVLHČOVÁNÍ VZDUCHU NENÍ JEN O OSOBNÍM KOMFORTU, PRŮMYSLOVÉ PROVOZY A ZDRAVÍ ZAMĚSTNANCŮ JEJ VYŽADUJE

Ing. Vladimír Harazím, CSc., DREKOMA

www.drekoma.cz

Správná vlhkost vzduchu je zásadní veličina a rozhoduje podstatnou měrou o kvalitě klimatu v daném prostředí. Ročně se vynakládají celosvětově miliardy eur na újmy způsobené příliš nízkou relativní vlhkostí vzduchu. Myslí se tím nejenom ohromné finanční náklady v oblasti výpadku z procesu práce a vzdělávání následkem nemocí z nachlazení, ale také i následné náklady spojené s návštěvou lékaře, nutné léky pro proces léčení. Vlhkost přitom ovlivňuje nejen naše zdraví, ale také výrobní procesy...

Vše je jen a jen fyzika a příroda. Zvýšení teploty o 1 °C je snížení relativní vlhkosti o 3 % a obráceně platí snížení teploty o 1 °C znamená zvýšení relativní vlhkosti o 3 % – změny těchto parametrů vzduchu člověk, překvapivě, velice citlivě vnímá. Určující je v tomto případě entalpie, parametr, který vyjadřuje množství energie ve vzduchu. Je to energie, jejíž různé množství vnímá naše tělo jako velmi příjemné, nepříjemné, až obtěžující, což vede mj. k tomu, že se s cílem cítit komfortně a pohodově oblékáme rozdílně v létě a v zimě. I proto také topíme, větráme, klimatizujeme, zvlhčujeme vzduch...

Jednou z prvních signálních reakcí těla, že je s kvalitou vzduchu něco v nepořádku, je například pálení očí, potíže při polykání, nepřírozně velký pocit žízně, nadměrně suchá pokožka a bolestivě pociťované sucho v nose a krku. V našich zeměpisných šířkách přitom dochází k příliš velkému poklesu relativní vlhkosti zejména během zimních měsíců ve vytápěných prostorech – větráním sice pečujeme o přívod čerstvého vzduchu, respektive kyslíku, což je bezpochyby velmi důležité, zásadně ovšem samotným větráním nepřispíváme k optimální relativní vlhkosti vzduchu. V zimě je totiž vzduch velmi svěží, ale nepřináší s sebou téměř žádnou vlhkost.

Vyjádřeno čísly – bude-li 1 m³ čerstvého vzduchu z venkovního prostředí o teplotě -5 °C a relativní vlhkosti 80 % přiveden do místnosti, a přitom ohříván na 20 °C, má to za následek pokles relativní vlhkosti vzduchu až na 14 % při stejném obsahu vody v 1 m³ vzduchu. Lékaři přitom doporučují relativní vlhkost vzduchu v rozsahu 40 až 60 %. Abychom tak dosáhli optimálních 55 % při 20 °C, musí být každý m³ přiváděného čerstvého vzduchu obohacen o obsah vody v množství 6,97 g/m³ vzduchu.

Co ovšem může být novou a zajímavou informací, je souvislost mezi teplotou a vlhkostí. Vlhkost má totiž vliv na pociťovou teplotu a tepelnou pohodu lidí. S nízkou vzdušnou vlhkostí proto musí být užívané prostory o cca 1 až 2 °C více vytápěny, aby obyvatelé pociťovali stejnou tepelnou pohodu jako v prostoru s optimální vzdušnou vlhkostí.

Citace

Optimální prostředí pro lidský organismus je na úrovni 40 až 60 % relativní vlhkosti. Vyšší relativní vlhkost neudělá nikdy takové škody, jako vlhkost nízká!

Zdravotní následky způsobené příliš suchým vzduchem

1) Suchý vzduch z pohledu dýchání brání absorpci kyslíku a jeho dopravě do krevního řečiště. Nevolnost, únava, malátnost, nízká schopnost koncentrace, to jsou příznaky nedostatečného přívodu kyslíku.

2) Samočisticí funkce průdušnic se bude díky sliznici a příliš suchému vzduchu značně zkracovat. Bakterie nacházející se ve vzduchu mohou vnikat do vysušených sliznic a způsobovat zde záněty. Následkem suchého vzduchu v prostředí jsou zvýšené náklonosti k infekci, nemoci z nachlazení a chřipky.

3) Dále existuje možnost újmy způsobené nízkou relativní vlhkostí vzduchu hlasového ústrojí u skupiny osob při intenzivním hovoru. Hlasivková štěrbina u extrémně suchých hlasivek nemůže být už tak dokonale uzavřena. Přitom prostupující vzduch nedovřenými hlasivkami vede ke stupňujícímu se chrapotu.

4) Nízká vlhkost vzduchu bude urychlovat ztráty vody vrchní vrstvou pokožky. Pokožka bude suchá, hrubá a šupinkovitá. Dále vede k náchylnostem kůže a zánětlivým zarudnutím.

5) Příliš suchý vzduch v uzavřeném prostoru podporuje víření prachu.

6) Způsobuje náchylnosti k infekčním nemocem, příznaky se samozřejmě časem stupňují (bolesti hlavy, únava, dýchací potíže, zvýšení nebezpečí nákazy virovým onemocněním, zesílení alergií, chrapot, kožní problémy, problémy s příliš suchýma očima aj.).

Vlhkost ve výrobě

Kromě vlivů na lidské zdraví vlhkost vzduchu ovlivňuje i celou řadu dalších činností v našem životě. Bez optimální vzdušné vlhkosti nelze skladovat a ani vyrábět zboží, resp. vyrábět kvalitní zboží, které odpovídá určitým standardům. To platí nejen pro prostory, kde je vyžadováno použití chemie (potažmo stavební chemie), která pro své procesy požaduje optimální vlhkost vzduchu, ale i pro prostory, kde se setkáváme s prašností nebo se statickou elektřinou. Optimální vlhkostí vzduchu přitom lze snížit zmíněnou prašnost až o 80 % a elektrostatický náboj až o 50 %. Rovněž může dojít k úspoře až 90 % energií při výrobních procesech a vytápění. Tím samozřejmě nejen zrychlíme, zlevníme a optimalizujeme práci, ale i snížíme zmetkovitost.

Statická elektřina a její vliv na výrobu

Statická elektřina není zdaleka pouze záležitostí elektrotechniky. Principy a zákonitosti elektrostatického pole jsou využívány, nebo naopak potlačovány, v celé řadě oborů a činností. Nepříznivé působení se vyskytuje všude tam, kde dochází k tření, oddělování, řezání, přesypání, rolování materiálů nebo kde elektrický výboj může ohrozit zdraví lidí nebo způsobit výbuch hořlavých par či plynů. Abychom si to mohli představit konkrétněji:

- do linek pro výrobu textilií, papíru či plastových fólií jsou řazeny zvlhčovače, ionizátory a vybíjecí tyče,
- kinofilmy a fotografické filmy jsou pokryty antistatickou vrstvou,
- lakovací pistole a boxy jsou uzemněny,
- na operačních sálech a v zubních ordinacích je položena antistatická podlaha,
- avivážní prostředky pro textilie mají antistatické přísady atp.

V dobrém slova smyslu je statická elektřina využívána např. při nanášení barev v elektrostatickém poli, u některých balicích technologiích pro dočasné vzájemné spojení materiálů, v počítačových tiskárnách, kopírákách či faxech.

Vznik elektrostatického náboje

Teorie struktury materiálu uvádí, že těleso atomu je složeno z pozitivních a negativních nábojů. Pozitivní náboje jsou obsaženy v jádru atomu, zatímco negativní náboje – elektrony jsou volně obíhající kolem pozitivně nabitého jádra. V atomu, který je neutrální, je součet negativně

nabitých obíhajících elektronů rovný součtu pozitivních nábojů v jádru. Každý materiál složený z neutrálních atomů je také neutrální. Vlivem určitých podmínek některé atomy nemají dost přitažlivé síly mezi pozitivním jádrem a negativními obíhajícími elektrony pro udržení všech elektronů na oběžné dráze. V tomto případě vnější obíhající elektrony, které nazýváme valenční, mohou být přitaženy k vedlejšímu atomu s větší přitažlivou silou a v atomu zůstává nadbytek pozitivních nábojů. Atom se tak stává pozitivně nabitým. Naopak některé atomy mají tendenci přibrat další elektrony, což způsobí nevyváženost a vznik atomů s negativním nábojem. Každý materiál s nadbytkem negativních atomů se stává negativně nabitý a obráceně materiál s nadbytkem pozitivních atomů se stává pozitivně nabitý. Velikost a polarita nábojů závisí na tlaku, rychlosti dotyku a oddělování nebo tření, relativní vlhkosti, typu ploch a druhu materiálu. Při zvyšování tlaku nebo rychlosti dotyku a oddělování nebo tření dvou materiálů se napětí elektrostatického náboje zvyšuje.

Statická elektřina v běžném životě

Při dlouhodobém působení na živý organismus nastávají některé nepříznivé funkční změny v reaktivitě orgánových systémů člověka. Je třeba si uvědomit, že ve zhoršeném pracovním prostředí na některých pracovištích, zejména administrativního charakteru, je nutno pobývat dlouhé hodiny denně, což se může skutečně projevit zvýšenou únavou a nesoustředěností pracovníků, ale i jejich zvýšenou nemocností.

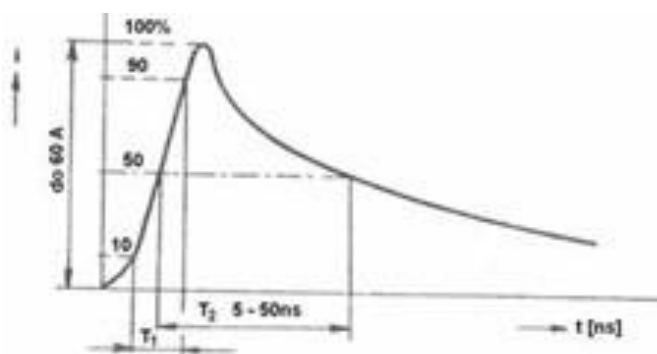
K elektrostatickým výbojům dochází zejména při současné kumulaci následujících podmínek:

- pracovníci obsluhující elektronické přístroje mají nevhodné oblečení či obutí z hlediska vzniku vysokého elektrostatického napětí – značným zdrojem statické elektřiny může být pohyb člověka ve vlněném svetrů nebo v oděvu ze syntetických tkanin,
- povrchy stolů, židlí i podlahová krytina jsou z umělých hmot s vysokým izolačním odporem (PVC, syntetické tkaniny koberců, umakart, různé nátěry a laky),
- nízká relativní vlhkost vzduchu v místnosti zejména v zimě.

Elektrostatický náboj může vyvolat potíže zejména v obytném prostředí (byty, kanceláře apod.), neboť zde jsou uvedené podmínky zpravidla dobře splněny – zejména nízká vlhkost vzduchu a syntetické podlahové krytiny. Zvláště v zimních měsících klesá vlhkost v obytných prostorech pod 40 % a napětí elektrostatického náboje může narůst až na 15 kV.

Elektrostatické napětí na pracovištích

Z tab. 1 je patrný také velký vliv relativní vlhkosti vzduchu na velikost elektrostatického napětí různých materiálů. Průběh nabíjení a vybíjení je patrný z obr. 1, který ukazuje vzrůst náboje při chůzi po koberci ze syntetických materiálů (při RH = 40 %) a jeho následné vybití při různé relativní vlhkosti RH:



Obr. 1 Graf závislosti statické elektřiny na vlhkosti vzduchu

Tab. 1 *Napětí statické elektřiny generované na pracovištích výroby a montáže elektroniky bez antistatického ošetření*

	Napětí náboje (V)	
	relativní vlhkost 10–20 %	relativní vlhkost 65–90 %
přecházení po koberci	35 000	1 500
přecházení po PVC podlaze	2 000	250
pracovník u pracoviště	6 000	100
PVC obálky na pracovní instrukce	7 000	600
běžné plastové sáčky na pracovišti	20 000	1 200
pracovní křeslo vycpané uretanovou pěnou	18 000	1 500

Statická elektřina z hlediska materiálu

V současnosti je nejvíce používáno rozdělení materiálů podle jejich povrchové rezistance, přestože tato není vlastností čistě materiálovou, ale je do značné míry ovlivňována relativní vlhkostí vzduchu, drsností a stavem povrchu. Materiály s nejnižší povrchovou rezistancí $\geq 1 \times 10^2 \Omega$ a $< 1 \times 10^5 \Omega$ jsou zařazeny jako materiály elektrostaticky vodivé. Sem patří většina kovů, tkaniny s podílem kovového vlákna, silně vodivě dotované plasty apod. Tyto materiály se používají jednak jako ochranné a stínící, ale i jako zemniče pro odvedení vzniklého náboje.

Materiály, jejichž povrchová rezistance je $\geq 1 \times 10^5 \Omega$ a $< 1 \times 10^{11} \Omega$, jsou uváděny jako materiály elektrostaticky ztrátové – disipativní. Je možné je používat jako stínící, ochranné, jako plochy pracovišť, ale nelze je využít jako vlastní zemničí vodiče. Do této kategorie patří většina antistaticky upravených plastů a tkanin.

Materiály s povrchovou rezistancí $\geq 1 \times 10^{11} \Omega$ jsou pak považovány za materiály izolační. Nelze je používat ani jako ochranné či stínící. Naopak jejich výskyt je třeba na pracovištích s elektrostaticky citlivými součástkami omezit na nejnižší přijatelnou míru. Sem se řadí izolanty v klasickém slova smyslu.

Příklad statické elektřiny v ofsetovém tisku

Začneme s ukázkou negativního působení statické elektřiny na tisk. Statické náboje způsobují v archovém a kotoučovém ofsetovém tisku – často z důvodu s nimi spojené přilnavosti – značné obtíže. Patří mezi ně například problémy s oddělováním archů a jejich průchodem v nakladači. Mohou rovněž vznikat obtíže s přesností soutisku, zdvojený tisk nebo také obtahování. Ve vykladači není možné stohovat archy rovně a přesně. V kotoučovém ofsetovém tisku se výtisky „přilepují“ na dopravní pásy a v rohových nebo křížových stohovačích.

Podstata těchto rušivých elektrostatických jevů spočívá v dělení nábojů dvou látek. Při silném dotyku povrchů mohou putovat elektrony v nejmenších mezních vrstvách volně z jedné látky do druhé. Pokud se pak obě látky nebo plochy opět od sebe oddělí, je zde ve srovnání s předchozí situací rovnováha statických nábojů. Vzniká náboj a s ním spojená přilnavost. Příčinami vzniku elektrostatických nábojů jsou většinou suché klima v místnosti nebo příliš suchý papír.

Abychom předešli vzniku statické elektřiny, je třeba sledovat klima v místnosti tisku, kde by se relativní vlhkost vzduchu měla pohybovat, obdobně jako ta doporučená, v rozmezí 50 až 55 % při teplotě 21 °C. Je také třeba kontrolovat rovnovážnou relativní vlhkost papíru určeného ke

zpracování. I ta by měla dosahovat přibližně 50 až 55 %. Vlhkost a teplota v místnosti by měly být v rovnováze. Odvádění elektrostatického náboje se provádí zvyšováním vodivosti vzduchu. Mezi další opatření patří postřikání kovových částí nakladače tiskového stroje silikonem nebo antistatickým prostředkem dostupným na trhu. Je také možné používat zařízení na odvod statické elektřiny, která existují v různých provedeních. V případě problémů se statickou elektřinou v kotoučovém ofsetovém tisku je nejlepší je konzultovat s odbornou firmou.

Jak předcházet a eliminovat elektrostatický náboj

Abychom předešli vzniku statické elektřiny, je potřeba sledovat klima ve výrobních prostorech, kde by se relativní vlhkost vzduchu měla pohybovat v rozmezí 50 a 55 % při teplotě 21 °C. Teplota a vlhkost by měly být v neustálé rovnováze.

Dále lze použít antistatické materiály podlah a čalounění či snížit náboj uzemněním s elektrostatickým svodem. Rovněž přírodní materiály oděvů (např. bavlna, len) snižují napětí výboje ESD (lokální elektrostatické výboje – ESD – Electrostatic Discharge). Nutno ovšem dodat, že při relativní vlhkosti vzduchu 25 až 30 % se bavlna nabíjí víc než plastické hmoty! Její elektrostatický náboj dosahuje maxima při 35 % a teprve při vyšší vlhkosti se snižuje! Naproti tomu nylon si udržuje náboj i při relativní vlhkosti 60 %, při které se už bavlna vůbec nenabíjí. Třením šatů a bot o izolační povrch vznikají náboje o vysokém elektrickém napětí, které dále narůstá s každým krokem pracovníka na izolačním povrchu (koberci, PVC podlahové krytině). Tento podlahový materiál nemá obvykle dostatečnou vodivost, která by zajistila rozptýlení elektrostatických nábojů

Prašnost prostředí

Prach definujeme jako soubor částic, které nás všude obklopují. Částice prachu se volně vznášejí vzduchem, který nás obklopuje.

Příklad s dřevním prachem

Dřevní prach je množství částice dřeva, které vznikají při zpracování dřeva nebo manipulaci s ním. Jde o směs drobných částic dřeva, které se vytváří při jeho zpracování nebo manipulaci s ním. V dřevním prachu jsou mimo chemických látek, které tvoří podstatu dřeva (celulóza, hemicelulóza, lignin, terpeny, pryskyřice atd.), také například živé organismy nebo jejich zbytky a také fungicidní, insekticidní přípravky a lepidla přírodní i syntetická. Zdrojem vzniku dřevního prachu nejčastěji jsou:

- dřevařský průmysl,
- nábytkářský průmysl,
- výroba celulózy a papíru,
- stavebnictví
- i domácí práce.

Jako profese s největší prašností jsou klasifikovány operace: broušení, řezání, frézování a vrtání.

Přitom o dřevním prachu většinou všichni víme, že je nebezpečný, vznětlivý a již při nízké koncentraci se vzduchem rovněž výbušný. Mezní hranice, při které je tvořena se vzduchem výbušná směs, je již při koncentraci 20 %. Co se ovšem tak široce neví, jak velké zdravotní problémy prašnost může způsobit – dřevní prach je řazen do skupiny dráždivých prachů. Dále je dřevní prach členěn dle typu dřeviny na prach z měkkých dřev, tvrdých dřev, a ještě na speciální samostatnou skupinu exotických dřev. Účinek dřevního prachu je různý a liší se dle zařazení do skupiny dřev, respektive typu dřeviny. Přípustné expoziční limity v České republice (*dle NV 178/2001 v plném znění) pro tři skupiny dřev dělených podle buněčné stavby a účinku:

- pro dřeviny exotické – toxické, senzibilizující – přípustná hodnota PELC nižší než 1 mg/m³,
- pro dřeviny tvrdé – senzibilizující – přípustná hodnota PELC nižší než 2 mg/m³,
- pro dřeviny měkké – přípustná hodnota PELC nižší než 5 mg/m³.

Pro dřevní prach z třískových desek a jim podobných podle podílu dřeva a ostatních přídavných látek, pokud není přesně znám, platí nejnižší přípustná hodnota PELC 2–5 mg/m³.

Vliv dřevního prachu na zdraví

Vliv dřevního prachu na lidské zdraví je akutní, nebo chronický. Účinek dřevního prachu na lidský organismus může být i kontaktem s kůží a sliznicí očí nebo inhalací dýchacími cestami do plic. Mezi nejčastější kožní problémy se řadí:

- mechanické podráždění,
- chemické podráždění,
- alergické působení některých složek dřeva,
- projevy způsobené chemikáliemi používanými jako ochranné prostředky proti plísním a hmyzu.

Mezi respirační onemocnění ovlivněné zejména velikostí částic a typem dřeva patří:

- záněty sliznic,
- onemocnění dýchacích cest,
- alergické respirační problémy (astma, bronchitidy),
- alergie na plísně a houby ve dřevě.

Tím samozřejmě výčet nekončí, naopak přichází ty horší diagnózy, tj. otravy toxickými látkami obsaženými ve dřevě nebo karcinogenní působení prachu (karcinom nosu a paranasálních dutin). Karcinogenita dřevního prachu je přitom prokázána epidemiologickými i případovými studiemi u adenocarcinomu nosních dutin a paranasálních dutin. Ostatní studie poskytují podnětné, ale neprůkazné důkazy pro příčinnou roli expozice dřevnímu prachu v souvislosti s karcinomem ostatních orgánů (nosohltan, hrtan, plíce atd.).

To vše je přitom jen zlomek toho, co se o dřevním prachu dnes ví ve vztahu k pracovnímu prostředí člověka a zdravotnímu stavu zaměstnanců.

Jak se vyvarovat nadměrné prašnosti?

Řízené podmínky pracovního prostředí pro pohodu tepelnou, světelnou i vlhkostní jsou rychle návratnou investicí mimo jiné i tím, že stabilní a zdravé pracovní prostředí snižuje nemocnost zaměstnanců, zvyšuje koncentraci a výkon zaměstnanců. V každém případě by mělo být používáno výkonné odsávací zařízení strojů, ať už v provedení mobilním, nebo pevně napojeným na vzduchotechnickou soustavu. Mnohdy bývá odsávací zařízení doplněné o rekuperaci vzduchu, tzn. odsávaný vzduch z dílny přehřívá vzduch, který se přisává z venkovního prostředí do provozovny, a tím eliminuje tepelné ztráty. Kvalitu odsávacího zařízení zaručuje několikastupňová filtrace s odloučením pevných částic. To znamená, aby nekontrolovaný úlet prachových částic byl co nejmenší.

Tam, kde je obzvláště vysoká prašnost překračující předepsané hygienické normy, by mělo být zajištěno používání hygienických, ochranných pomůcek, v tomto případě respirátoru. Je pochopitelné, že nošení nepříjemných pracovních pomůcek u nikoho nevyvolává nadšení, ale

pokud není možné řešit koncentraci prachových částic v ovzduší jiným způsobem, nezbyvá nic jiného.

V neposlední řadě pak, podobně jako u statické elektřiny, pomáhá zvlhčování vzduchu.

Technologické systémy zvlhčování vzduchu pro zdravé a efektivní pracovní prostředí

Běžně se ví, že na trhu jsou zvlhčovače vzduchu pro domácí použití. Méně už je známo, že jsou realizovány i systémy zvlhčování pro průmyslové užití, pro dílny, pro výrobní či skladové prostory. Systémy jsou projektovány podle potřeb výrobního závodu ve vztahu ke kapacitám odsávání a rekuperace vzduchu, tak aby vždy v provozu bylo dosaženo optimální, požadované úrovně vlhkosti pro technologie, materiál, výrobky, i zaměstnance.

Studené zvlhčování s adiabatickým odparem (vhodné do rodinných domů do systémů rekuperace) spotřebuje energie cca 10 W na litr vody.

Parní zvlhčování – jedná se o energeticky nejnáročnější variantu zvlhčování, která na 150 litrů výkonu spotřebuje cca 150 kW příkonu energie.

Ultrazvukový systém (vhodný všude, kde jiné systémy nelze použít) spotřebuje 10 až 30 W na litr vody a vytváří nejjemnější mlhovinu na úrovni jednoho mikronu, rovněž nabízí možnost nejpreciznějšího řízení, poměr cena/výkon je ovšem, tak trochu očekávaně, nejvyšší.

Nízkotlaké studené zvlhčování, systém voda vzduch (vhodné pro malé průmyslové prostory), spotřebuje cca 100 W na litr vody. Zvlhčování aplikované do vzduchotechniky (kdysi nazývané pračky vzduchu) s sebou nese riziko kontaminace prostředí a zvlhčování probíhá téměř nekontrolovatelným způsobem.

Vysokotlaký systém studeného zvlhčování (pro průmyslové objekty, které potřebují stabilní úroveň vlhkosti bez ohledu na provoz výroby s nucenou cirkulací vzduchu) pro přímé rozprašování vody do prostředí spotřebuje cca 10 W na litr vody, při rozprašování přímo do prostředí nehrozí riziko kontaminace. Vysokotlaký systém lze rovněž použít v kombinaci se vzduchotechnikou, kdy spotřebuje cca 6 W na litr vody (vhodné pro centrální větrání administrativních budov a průmyslových objektů), na rozdíl od nízkotlakého zvlhčování ani v tomto případě není třeba se obávat kontaminace, zvlhčování probíhá přesně řízeným kontrolovatelným způsobem, garantující hygienu prostředí. Vysokotlaké systémy, které jsou plně řízené, s výkonem 150 litrů vody uchladí cca 100 kW tepla za cenu cca 600 W energie + 150 litrů vody a řadí se tak mezi nízkonákladové systémy zvlhčování. Systémy, které jsou plně řízené s nucenou cirkulací vzduchu a vybavené filtry na chytání poléťavého prachu, snižují prašnost až o 90 % a nabízí zhruba 10 až 13 % celkových úspor energie na vytápění. Oproti energeticky nejnáročnějšímu parnímu zvlhčování nabízí stopadesátkrát až stosedmdesátkrát úspornější provoz.

Odborník radí: hygienicky nezávadné zvlhčování vzduchu

Vysokotlaké systémy studeného zvlhčování vzduchu jsou patentované, certifikované technologie (na trhu např. Orbit Wing, Corbit Wing), které plně nahradí parní zvlhčování do prostředí s vyžadovaným nejvyšším stupněm hygienických nařízení a předpisů, tedy například zdravotnická zařízení, výroba léků, potravinářské výroby apod.

Porovnání principu zvlhčování vzduchu

Parní zvlhčování: princip tohoto energeticky nejnáročnějšího zvlhčování vzduchu spočívá prakticky na principu varné konvice na vodu – ohřátím topného tělíska dochází k přeměně vody na páru, která se následně mísí se vzduchem a ochlazuje na optimální teplotu, a to samozřejmě před tím, než je vypuštěna do místnosti.

Vysokotlaký systém zvlhčování: čistá filtrovaná voda je stlačována přibližně na 70 barů bezolejovým hydraulickým čerpadlem, které zprostředkovává rozprašování vody jednotkou přes vysokotlakou hadici o malém průměru. Patentované rozprašovací trysky, které jsou na obvodu zvlhčovacího elementu vytváří aerosol o tlaku přibližně 1000 PSI do obklopujícího vzduchu. Miliony mikroskopických částeczek vody (velikost 10 až 15 mikronů) jsou rozprašovány do okolního prostředí. Kontrolní a řídicí jednotka udržuje požadovanou vlhkost jen podle zákaznicka přání.

PRAKTICKÝ PŘÍPAD

Nezávislé měření bylo provedeno v největší a nejmodernější parketárně v České republice ve Vyškově u Brna ve firmě Magnum Parket, a. s. Měření bylo provedeno autorizovanou osobou č. C0200100207, zdravotním ústavem se sídlem v Brně, odštěpnou hygienickou laboratorí se sídlem v Blansku, podle platných právních předpisů. Cílem provedených měření bylo zjistit zatížení pracovníka firmy na rizikovém pracovišti, kde se ve zvýšené míře vyskytoval dřevní prach. Měření bylo provedeno dvakrát, a to před a po nainstalování zvlhčovacího systému rakouské firmy Merlin Technology GmbH.

Popis a metoda měření

Stroje výrobní technologie byly a jsou napojeny na systém centrálního vysoce výkonného odsávacího zařízení. Předmětem vzorkování byl prašný aerosol vznikající při opracování tvrdého tuzemského a exotického dřeva při výrobě podlahových dílců a parket.

Identifikace metod vzorkování proběhla podle nařízení vlády č. 523/2002 Sb., SOP HP-02. Cílem měření bylo stanovit takové koncentrace škodlivin v ovzduší, které by reprezentovaly dlouhodobou expozici pracovníka při sledované pracovní činnosti (dle ČSN EN 482). Dalším cílem měření bylo získat hodnoty reprezentující stav před instalací systému zvlhčování.

Průběh měření

První nezávislé měření proběhlo během jedné osmihodinové pracovní směny, tak aby svým rozsahem pokrylo celý průběh pracovní směny. Způsob vzorkování byl proveden odpovídajícím zařízením pro objektivitu pokusu měření. Bylo použito čerpadlo s elektronickou regulací průtoku a odběrová hlavice pro inhalabilní frakci (dle ČSN EN 481) s vláknitými filtry FV/A. Vzorky na filtrech FV/A byly zabezpečeny v kovových krabičkách a uloženy v umělohmotných krytech, přepraveny v transportní kabele při normální teplotě. Meteorologické podmínky, které provázely měření, byly $p = 1011,1 \text{ kPa}$, $t_a = 24,9 \text{ °C}$, $R_h = 45,4 \text{ %}$, jasno a bezvětrí, $v_a = 0,39 \text{ m.s}^{-1}$. Mikroklimatické podmínky v prostorách výrobního závodu a konkrétního pracoviště byly $t_a = 27,4 \text{ °C}$, $R_h = 48,9 \text{ %}$, $v_a = 0,15 \text{ m.s}^{-1}$.

Druhé nezávislé měření bylo pro objektivnost zkoušky provedeno v tomtéž výrobním závodě, tentokrát po instalování systému vysokotlakého zvlhčování. Způsob vzorkování byl proveden odpovídajícím zařízením pro objektivitu pokusu měření. Bylo použito čerpadlo s elektronickou regulací průtoku a odběrová hlavice pro inhalabilní frakci (dle ČSN EN 481) s vláknitými filtry FV/A. Vzorky na filtrech FV/A byly zabezpečeny v kovových krabičkách a uloženy v umělohmotných krytech, přepraveny v transportní kabele při normální teplotě. Údaje o časovém snímku dne obdržela laboratoř od výrobního podniku. Nejistoty jsou vyjádřeny jako rozšířené nejistoty, které byly vypočteny ze směrodatných odchylek opakovatelnosti vynásobením koeficientem rozšíření 2. Meteorologické podmínky, které provázely měření, byly $p = 1008,4 \text{ kPa}$, $t_a = 22,3 \text{ °C}$, $R_h = 62,0 \text{ %}$, jasno a bezvětrí, $v_a = 0,56 \text{ m.s}^{-1}$. Mikroklimatické podmínky v prostorách výrobního závodu a konkrétního pracoviště byly $t_a = 26,8 \text{ °C}$, $R_h = 54,6 \text{ %}$, $v_a = 0,17 \text{ m.s}^{-1}$.

Výsledky měření

Z tab. 2 a 3 jsou patrné výsledky měření před a po osazení zvlhčování. Porovnáním hodnot zjištěným před a po instalaci uvedeného zvlhčovacího systému Merlin je naprosto zřejmé, že se instalací zvlhčovacího systému snížila ve výrobním závodě, respektive na konkrétním pracovišti prašnost téměř čtyřikrát oproti původním změřeným hodnotám bez tohoto systému. Prašnost na pracovišti byla trvale snížena o více než 75 %.

Tab. 2 Tabulka naměřených hodnot před instalací vysokotlakého zvlhčovacího systému Merlin

Před instalací zvlhčování				
Druh činnosti a způsob vzorkování	Expozice (min.)	Průtok (l/min)	Číslo vzorku	Prach (mg/m3)
Rozebírání palety, vkládání přířezů do linky	480	2,0	4191/1	24,2
		2,0	4191/2	20,9
Časově vážený celosměnný průměr	480			22,6
Nejistota výsledku				+/- 11,9 %
Identifikace metody				SOP HP-02
Princip analytické metody				vážková

Tab. 3 Tabulka naměřených hodnot po instalaci vysokotlakého zvlhčovacího systému Merlin

Před instalací zvlhčování				
Druh činnosti a způsob vzorkování	Expozice (min.)	Průtok (l/min)	Číslo vzorku	Prach (mg/m3)
Rozebírání palety, vkládání přířezů do linky	480	2,0	6236/1	5,2
		2,0	6236/2	7,0
		2,0	6236/3	5,6
Časově vážený celosměnný průměr	480			5,9
Nejistota výsledku				+/- 11,9 %
Identifikace metody				SOP HP-02
Princip analytické metody				vážková

ZÁVĚR

Optimální vlhkost vzduchu je stěžejním parametrem pro komfortní vnitřní prostředí budov, zdraví zaměstnanců a kvalitní fungování jednotlivých provozů. Udržením optimální vlhkosti vzduchu lze předejít řadě zdravotních potíží (od krátkodobých a méně závažných, až po onemocnění ohrožujících život), komplikacím s výrobními procesy a zmetkovitostí, ale i zvýšeným účtům za energie vynaložené na dodatečný provoz výroby a zvýšenou teplotu pro splnění tepelného komfortu v interiéru.

Uvedená statická elektřina a měření provedená v souvislosti s karcinogenní prašností jsou pouze zlomkem, byť tím nejvíce nebezpečným, možných komplikací spojených s příliš nízkou vlhkostí vzduchu. Zvlhčování vzduchu si tak oproti zažitému, známému, komornímu použití v domácnostech najde své právoplatné místo při veškeré práci se dřevem, v papírnách a tiskárnách, v textilním průmyslu, v lakovnách, v tabákovém průmyslu, při skladování potravin,

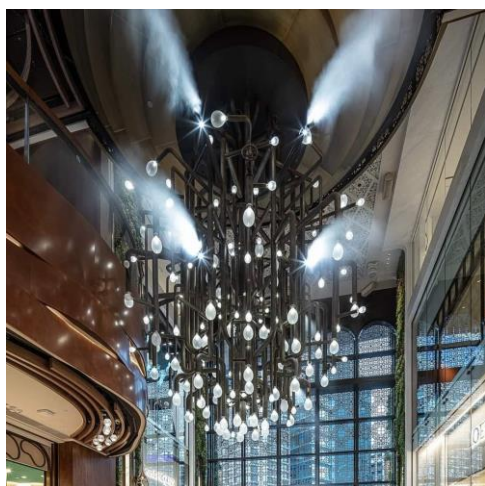
v muzeích, v počítačových sálech, v laboratořích, v elektrotechnickém průmyslu, v zemědělských chovech ad.



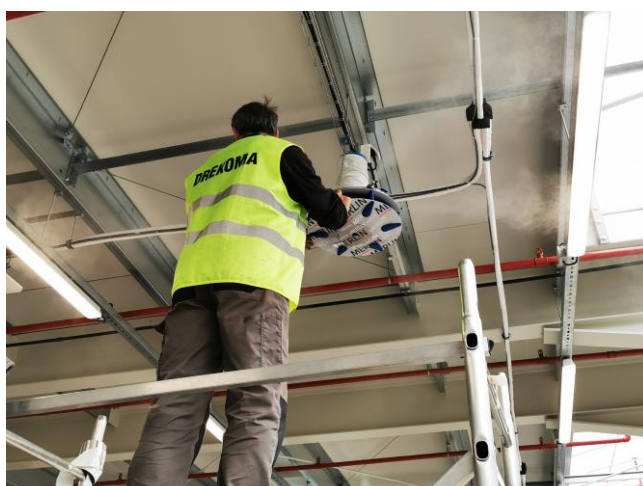
Světelný LED efekt v mlhovině



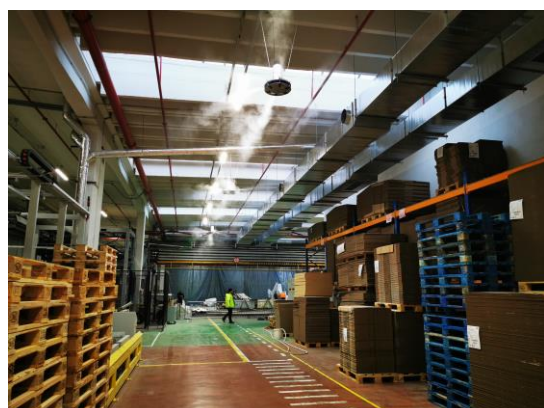
Zvlhčovací moduly s integrovanými ventilátory a filtry pro zachycení polétavého prachu



Zvlhčovací systémy mohou být i takto implementovány realizace firmou Lasvit Nový Bor. Lustr v nákupním centru.



Kontrola zvlhčovacího modulu Merlin Technology po jeho instalaci firmou DREKOMA s. r. o.



Úprava vlhkosti v prostředí výrobní a skladové haly vysokotlakým systémem Merlin Technology



Zvlhčovací vysokotlaký systém, dimenzován pro relativní vlhkost 98–99 % při teplotě 5–8 °C připraven pro sklad lesních sazenic

ZDROJE

DOLEŽAL I. *Přehled chyb v ofsetovém tisku (VII)*, Svět tisku

KUČERA I. *Dřevo a elektromagnetický smog*

KUČERA I. *Vlivy elektrických zařízení na člověka*, Elektrotechnika v praxi (Ostrava)

ČSN 33 2030, Elektrostatika – Směrnice pro vyloučení nebezpečí od st. elektřiny

ŘÍHA Z. http://www.lecitelstvi.com/HTML/OEP_Zidle.htm

RŮŽIČKA J., <http://www.antistatika.cz>

Podklady firmy Drecoma

Foto, grafy: Drecoma

www.drekoma.cz

* zdroj IARC 11th Report on Carcinogens (2004)

VENTILÁTOR RADICAL 2 ZAJISTÍ OPTIMÁLNÍ KLIMA PRO VAŠE BYDLENÍ

ebm – papst CZ s. r. o.

www.ebmpapst.cz

Hovoříme-li o centrální bytové ventilaci a klimatizaci, stejně jako o tepelných čerpadlech, čističkách vzduchu a chlazení rozvaděčů, snižování spotřeby energie je jasným trendem. Jedním ze způsobů, jak na tento fakt výrobci reagují, je navrhování svých produktů tak, aby minimalizovaly tlakové ztráty ventilátoru související s instalací. Ventilační a klimatizační zařízení musejí být zároveň co nejkompaktnější a zároveň efektivní a tiché. Přesně s ohledem na tyto požadavky vyvinula společnost ebm-papst druhou generaci radiálních ventilátorů RadiCal (obr. 1 a 2). Aerodynamicky optimalizované, zdokonalené motory GreenTech EC a další vylepšení řídicí elektroniky představují hlavní benefity nové řady. Do nabídky byla zařazena také další velikost, která zákazníkům ještě více usnadňuje nalezení vhodného řešení.

Nová konstrukce lopatek zlepšuje aerodynamiku

Vývojáři využili výhod odolného plastového materiálu, který nabízí konstrukční volnost ve všech třech rozměrech – díky tomu bylo možné dosáhnout inovativní geometrie lopatek, která pomáhá výrazně zvýšit účinnost a snížit hlučnost (obr. 3) a zároveň se zvýšila pevnost oběžného kola.

Šikmé vzpěry skříně zajišťují další zvýšení vzduchového výkonu. Tvar vzpěr může být v ose měněn tak, aby se co nejúčinněji zamezilo turbulentnímu proudění. Větší je i průměr sání, čímž je zajištěn větší průtok vzduchu oběžným kolem. Například u velikosti 190 byl průměr sání zvětšen ze 132 na 150 mm.

Výrazné snížení hluku

V případě ventilátorů RadiCal druhé generace umožnily nové výrobní postupy výrazně zmenšit vzduchovou mezeru v závislosti na velikosti. Díky tomu dochází k menším turbulencím, zvyšuje se účinnost a snižuje se hluk (obr. 4). Tomu napomáhá i nová mřížka (obr. 5). Ve srovnání se současnou sériovou verzí je až o 2 dB(A) tišší (obr. 6).

Nová generace motoru

Ke snížení hluku přispívají i nové EC motory. Při změně rychlosti nedochází k žádným rušivým rezonancím. Kromě výborných hlukových charakteristik se nová generace motorů může pochlubit také vynikajícími EMC charakteristikami a odolností. Komutační a řídicí elektronika je sladěna s motory a umožňuje přesně nastavit průtok vzduchu a pracovní bod. Ovládání a monitorování je možné buď přes 0–10 V/PWM nebo volitelně přes MODBUS-RTU od varianty 170 W. Síťové propojení přes komunikační sběrnici pak umožňuje využít data motoru například pro preventivní údržbu nebo rychle přizpůsobit ventilátory změnám provozních podmínek.

Druhá generace ventilátorů RadiCal bude k dispozici ve známých velikostech motoru 175, 190, 225, 250 a 280 a nově i ve velikosti 206.

O společnosti ebm-papst

Skupina ebm-papst, rodinná firma se sídlem v německém Mulfingu, je lídrem na světovém trhu ventilátorů a pohonů. Společnost byla založena v roce 1963, stala se lídrem v oblasti motorových technologií, elektroniky a aerodynamiky a průběžně nastavuje mezinárodní tržní

standards. S více než 20 000 produkty nabízí ebm-papst přizpůsobená, energeticky účinná a inteligentní řešení pro prakticky jakékoli požadavky na ventilaci a pohon.

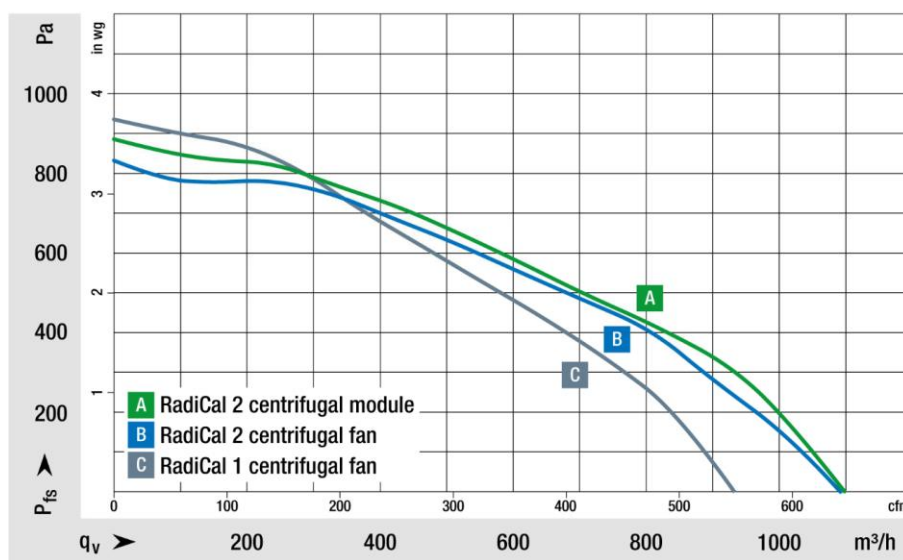
Ve fiskálním roce 2021–22 dosáhl “skrytý šampión” obratu 2288 miliardy EUR. Skupina zaměstnává zhruba 15 000 lidí ve 29 výrobních závodech (v Německu, Číně a USA, abychom jmenovali alespoň některé) a v 51 prodejních zastoupeních po celém světě. Společnost ebm-papst svými řešeními pro ventilátory a pohony definuje a nastavuje měřítko prakticky ve všech průmyslových odvětvích, jako je ventilace, klimatizace a chlazení, vytápění, automobilový průmysl, IT, strojírenství, stravování a domácí spotřebiče, intralogistika a lékařské inženýrství.

ZDROJ

PR článek společnosti ebm-papst



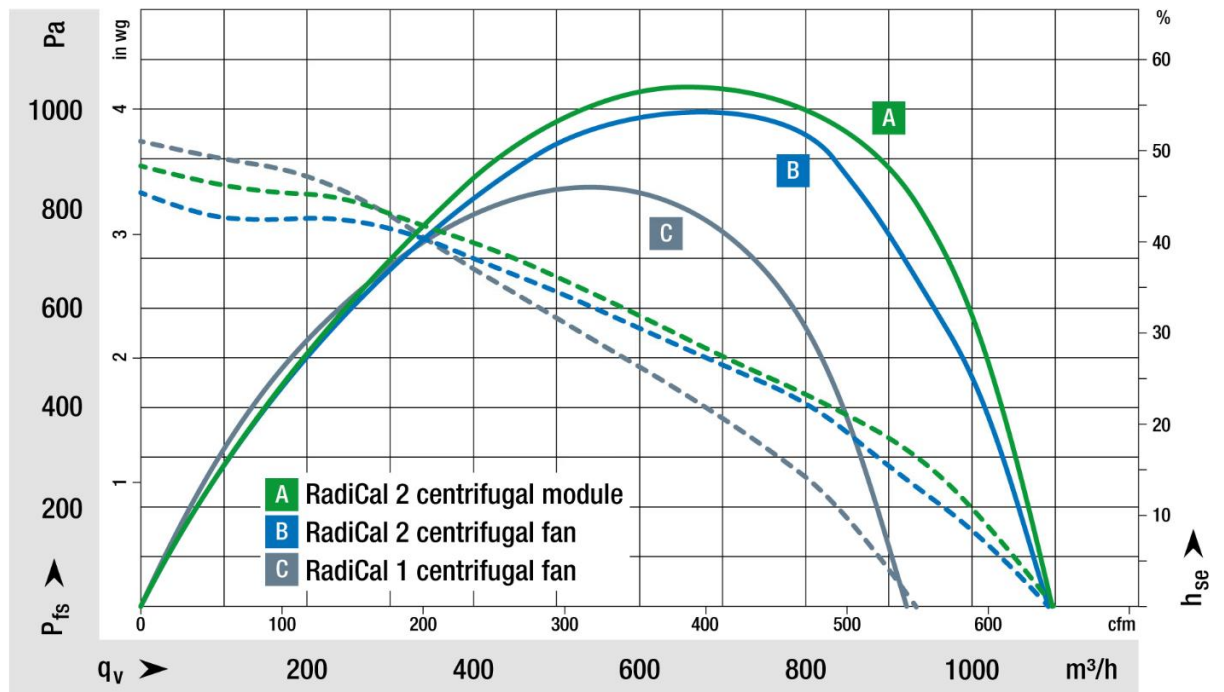
Obr. 1



Obr. 2



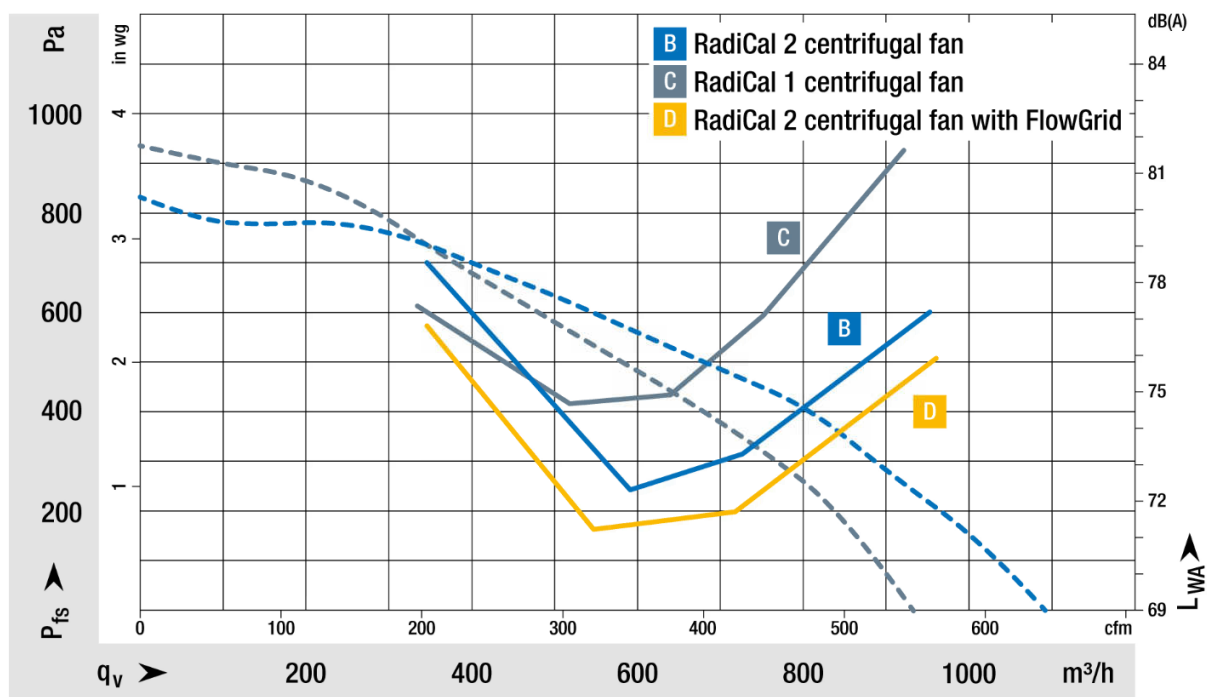
Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5



Obr. 6

ROVENTO® EVO – NOVÁ GENERACE VĚTRACÍ JEDNOTKY S REGENERACÍ TEPLA A PŘENOSEM VLHKOSTI

ELEKTRODESIGN ventilátory, s. r. o.

V oblasti větracích jednotek pro rezidenční použití nabízí společnost ELEKTRODESIGN ventilátory, s. r. o. inovovanou řadu větracích jednotek pod názvem ROVENTO evo. Jedná se o větrací jednotky určené pro přívod čerstvého předehřátého vzduchu a odvod znehodnoceného vzduchu z pobytových prostorů bytů a rodinných domů. Jednotky ROVENTO evo jsou vhodné zejména pro větrání rodinných domů a bytů jak zděných, tak dřevostaveb.



Obr. 1 Větrací jednotka ROVENTO evo

Inovované jednotky ROVENTO evo jsou vybavené rotačním entalpickým regeneračním výměníkem pro zpětný přenos tepla (teplotní účinnost až 84 %) a vlhkosti ze znehodnoceného odváděného vzduchu do přívodního čerstvého vzduchu. Přenosem vlhkosti do čerstvého větracího vzduchu dokážou jednotky ROVENTO zabránit nadměrnému vysušování vzduchu v prostorách rodinných domů (zejména u dřevostaveb s difúzně otevřenou obvodovou konstrukcí) při provozu větracího systému. Větrací jednotky ROVENTO evo díky entalpickému výměníku nemusí být vybaveny dodatečným odvodem kondenzátu. Výraznou inovací řady ROVENTO evo je využití pokročilého řídicího systému Neoreg, který je pro potřeby ovládání vybaven barevným dotykovým displejem.



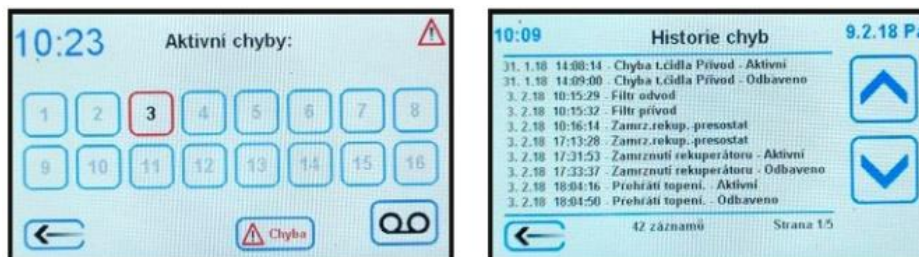
Obr. 2 Dotykový ovladač CP-TFT

Uživatelé toto komunikační rozhraní dovoluje rozšířená nastavení, která nebyla v současné verzi jednotek ROVENTO k dispozici. Jedná se zejména o:

- 1) Kontinuální informace o stavu zařízení (výkon, teploty vzduchu, provozní stavy)



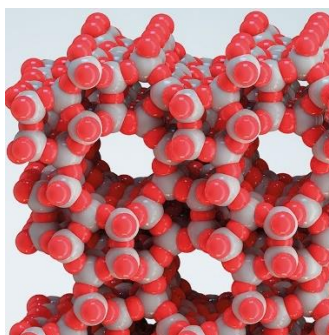
- 2) Informaci o poruchách s historií poruch pro lepší diagnostiku závad



- 3) Nastavení týdenního programu provozu. V každém dni je možné nastavit individuálně režim provozu, výkon zařízení a nastavenou teplotu.



Větrací jednotky ROVENTO evo jsou vybaveny rotačním regeneračním výměníkem s hygroskopickou vrstvou tvořenou molekulární sítí ZEOLIT pro přenos vlhkosti. Speciální vrstva na bázi syntetického Zeolitu nanosená na hliníkový nosič využívá nejnovější poznatky v oblasti nanotechnologií. Hlavní předností je jednoznačně definovaná molekulární struktura. Zeolitová vrstva v maximální možné míře přenáší molekuly vodní páry a zároveň neumožňuje sorpci a přenos molekul pachů a těkavých organických látek VOC. Technologie využívá molekulární síto s efektivním průměrem $4 \times 10^{-10} \text{ m}$, které sorbuje molekuly vodní páry s průměrem $3,2 \times 10^{-10} \text{ m}$. Velikost běžně se vyskytujících pachů a VOC představuje $7 \times 10^{-10} \text{ m}$, tudíž i sorpce těchto nežádoucích látek v zeolitovém sítu je vyloučena.

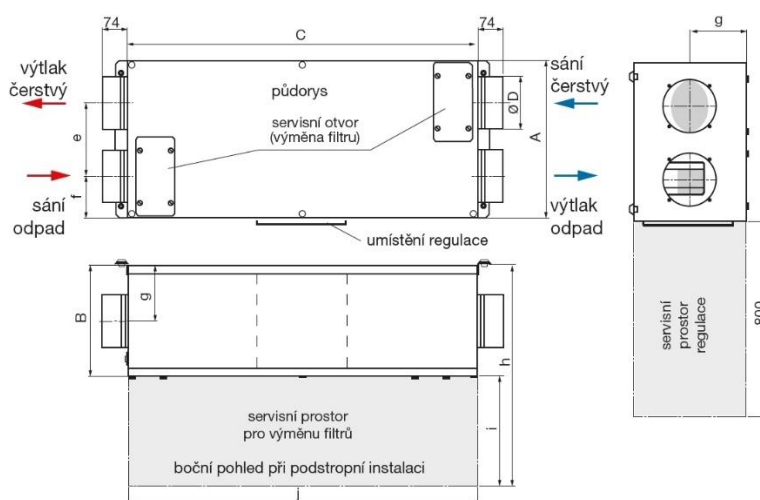


Obr. 3 Zvětšený pohled na molekulární strukturu Zeolitového síta

Hlavními výhodami rotačních regeneračních výměníků se Zeolitovou vrstvou jsou následující:

- Vysoká účinnost přenosu vlhkosti (až 80 %).
- Bez přenosu zápachu a VOC.
- Nižší riziko zamrzání rotoru v zimním období.
- Nízká tlaková ztráta a s tím související nižší elektrický příkon ventilátorů větrací jednotky.

Větrací jednotky ROVENTO evo se vyrábějí ve 3 velikostech s maximálním průtokem vzduchu 220 m³/h, 320 m³/h, 520 m³/h. Skříň jednotky je bezrámová složená ze sendvičových tepelně izolovaných panelů tl. 25 mm. Jednotka je určena pro montáž do vnitřního prostředí (např. do technické místnosti) a to na podlahu nebo pod strop.

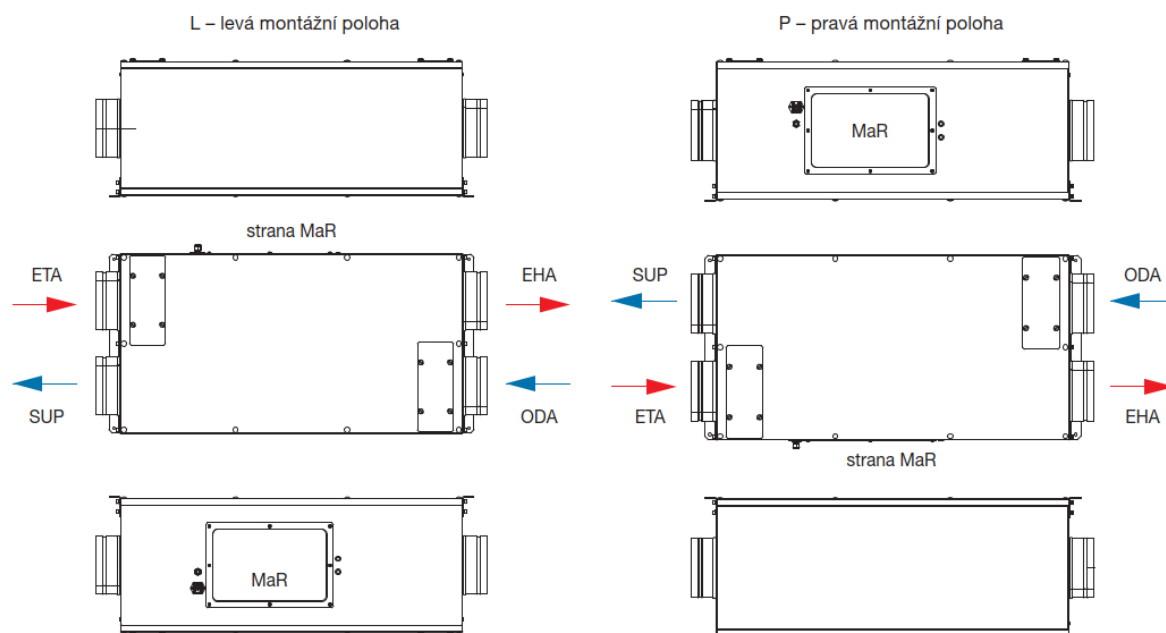


Typ	A [mm]	B [mm]	C [mm]	Ø D [mm]	e [mm]	f [mm]	g [mm]	h [mm]	i [mm]	j [mm]
ROVENTO 220	450	314	1000	150	210	120	157	714	400	1000
ROVENTO 320	550	414	1050	180	260	145	207	864	450	1050
ROVENTO 520	650	524	1050	225	330	159	261	1074	550	1050

Obr. 4 Rozměry jednotek ROVENTO evo

Větrací jednotky ROVENTO evo jsou vybaveny ventilátory s EC motory s vysokou účinností. Jednotky je možné na přání doplnit elektrickým dohřevem (provedení s označením „DI“ v kódu jednotky), který je standardně opatřen dvoustupňovou ochranou proti přehřátí pomocí termostatů. Na přívodní i odvodní straně je jednotka opatřena filtrem s třídou filtrace G4 (ISO Coarse 60 %) nebo filtry M5 (ISO ePM10 50 %), popř. pylovými filtry F7 (ISO ePM2,5 70 %).

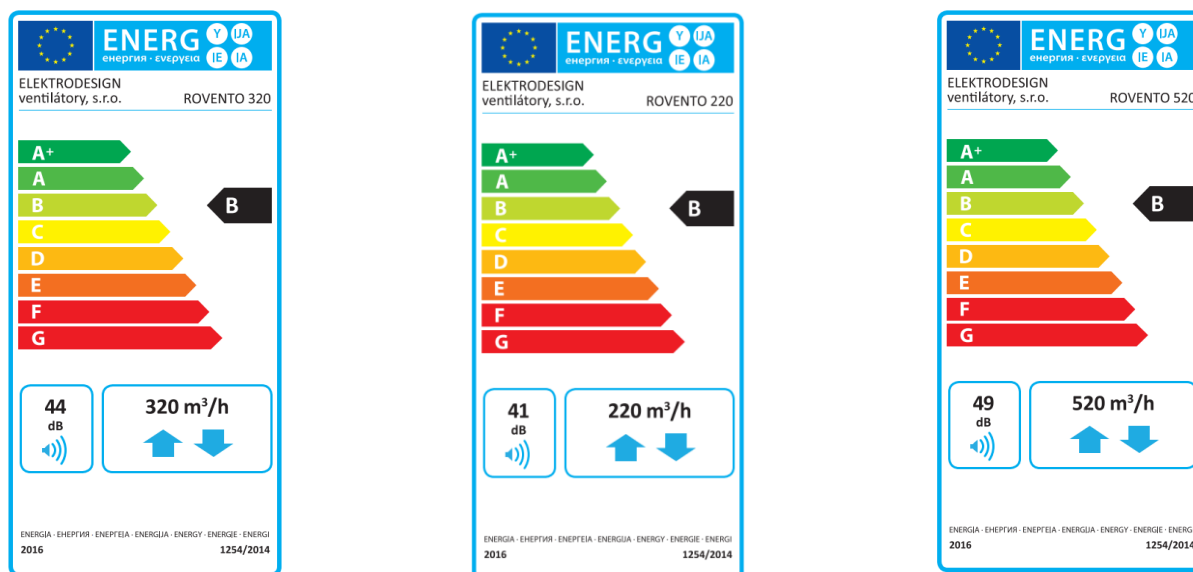
Jednotky ROVENTO evo jsou nově nabízeny v PRAVÉM i LEVÉM provedení, což umožňuje lepší umístění do konkrétního projektu.



Obr. 5 Levé a pravé provedení

Větrací jednotky ROVENTO evo jsou kompletně vyráběny v ČR a jsou vybaveny regulačním systémem Neoreg, který vyvinula firma ELEKTRODESIGN ventilátory, s. r. o. Dotykový ovladač jednotky ROVENTO evo je typu Plug&Play, po připojení ovladače k jednotce je zařízení plně funkční a schopné provozu.

Větrací jednotky ROVENTO evo splňují **energetickou třídu B**.



Obr. 6 Energetické štítky

VLHKOSTNÍ BILANCE V REZIDENČNÍCH APLIKACÍCH

Jan Buchta

Multi-VAC spol. s r. o.

jan.buchta@multivac.cz

ANOTACE

Při nedostatečném větrání může nadměrná vlhkost v interiéru zapříčinit vznik plísní a šíření roztočů. V opačném případě může velmi suchý vzduch dráždit sliznice a způsobovat respirační onemocnění.[1] Oba problémy se z našich zkušeností objevují poměrně často zejména v zimním období. Tento příspěvek se zabývá celkovou vlhkostní bilancí v rezidenčních aplikacích a přináší výsledky dlouhodobého měření, které bylo realizováno v letošním roce v rodinném domě na jižní Moravě.

ÚVOD

V současné době se v souvislosti s větráním rodinných domů a bytů často zmiňuje vysušování interiéru a potřeba zpětného získávání nejen tepla ale i vlhkosti. Během našeho měření jsme proto porovnávali standardní protiproudý a entalpický výměník. Přestože relativní vlhkost je velmi snadno měřitelnou veličinou, je pro pochopení chování konkrétního interiéru nutné zohlednit celkovou vlhkostní bilanci.

DLOUHODOBÉ MĚŘENÍ

V zimních měsících letošního roku bylo instalováno měření v rodinném domě v Dambořicích, kde byl po dobu sedmi týdnů sledován průběh relativní vlhkosti a koncentrace CO₂. Po třech týdnech měření byl standardní výměník v jednotce nahrazen výměníkem entalpickým.

Větrání objektu zajišťuje rekuperační jednotka DAPHNE o nominálním průtoku vzduchu 300 m³/h. Rozvod vzduchu je realizován v podhledu a je řešen kombinací systému ROZ-D-FLEX a konvenčního řešení s využitím SPIRO potrubí a vzduchotechnických hadic. Distribuci vzduchu zajišťují standardní talířové ventily.

Celkový větraný prostor rodinného domu je 426 m³. Objekt trvale využívá čtyřčlenná rodina, dva dospělí a dvě malé děti.



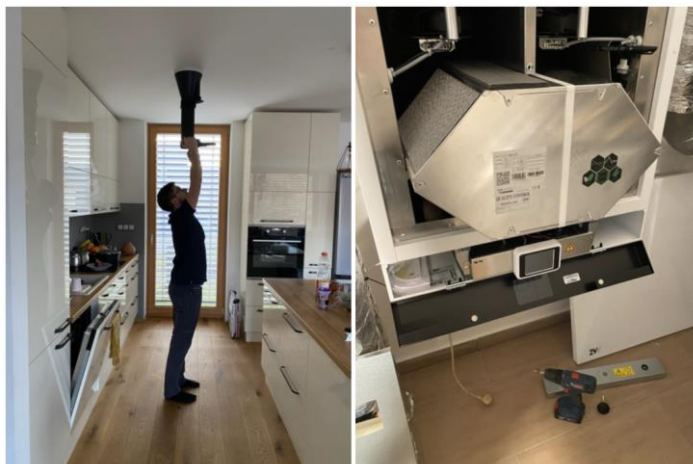
Obr. 1 Řešený rodinný dům, instalovaný datalogger v ložnici (znázorněno šipkou)

Parametry nuceného větrání

- Naměřený průtok vzduchu 325 m³/h (při plném výkonu jednotky)
- Násobnost výměny: 0,75 h⁻¹
- Trvalý provoz na 30 % výkonu
- Režim boost: 100 % výkonu, 10 minut

Instalované měření

- Ložnice (CO₂, relativní vlhkost, teplota)
- Obývací pokoj (CO₂, relativní vlhkost, teplota)
- Venkovní prostředí (relativní vlhkost, teplota)

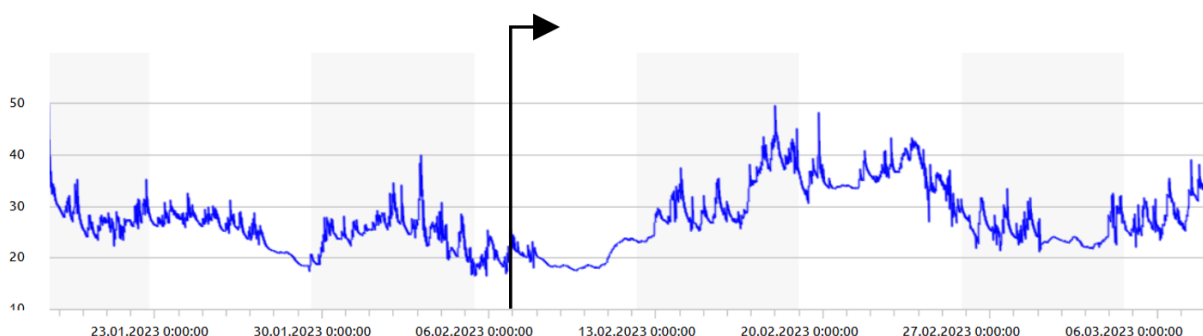


Obr. 2 Měření průtoků vzduchu v kuchyni, výměna rekuperátoru u instalované rekuperační jednotky DAPHNE (standardní/entalpický)

NAMĚŘENÁ DATA

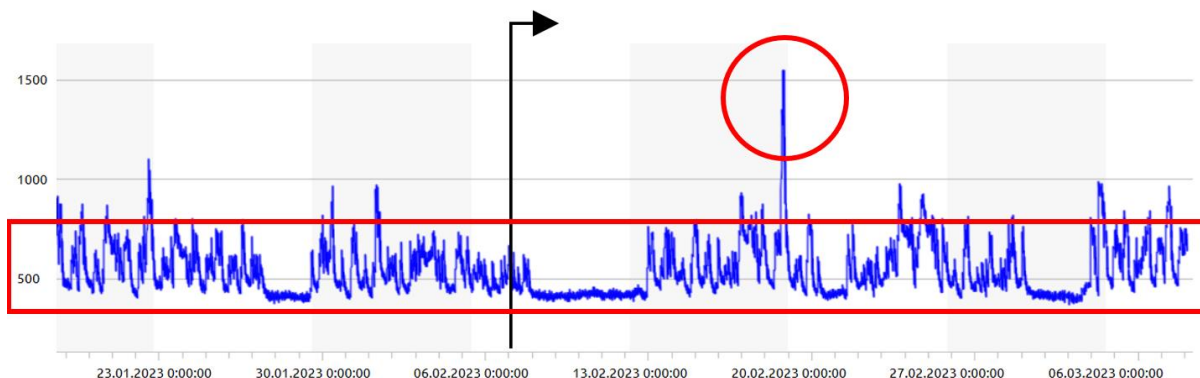
Výsledky měření jsou prezentovány graficky jako průběh měřených veličin v čase. S ohledem na rozsah článku jsou publikovány pouze dílčí výsledky měření.

Na obrázku níže můžeme vidět průběh relativní vlhkosti v obývacím pokoji po celou dobu měření, tedy v období od 18. ledna do 9. března letošního roku. Černá šipka znázorňuje okamžik výměny rekuperátoru ze standardního na entalpický. Od tohoto okamžiku pozorujeme nárůst relativní vlhkosti v interiéru, na kterém se podílí zpětné získávání vlhkosti, ale také změna počasí spojená s vyšší teplotou venkovního vzduchu ve druhé polovině února.



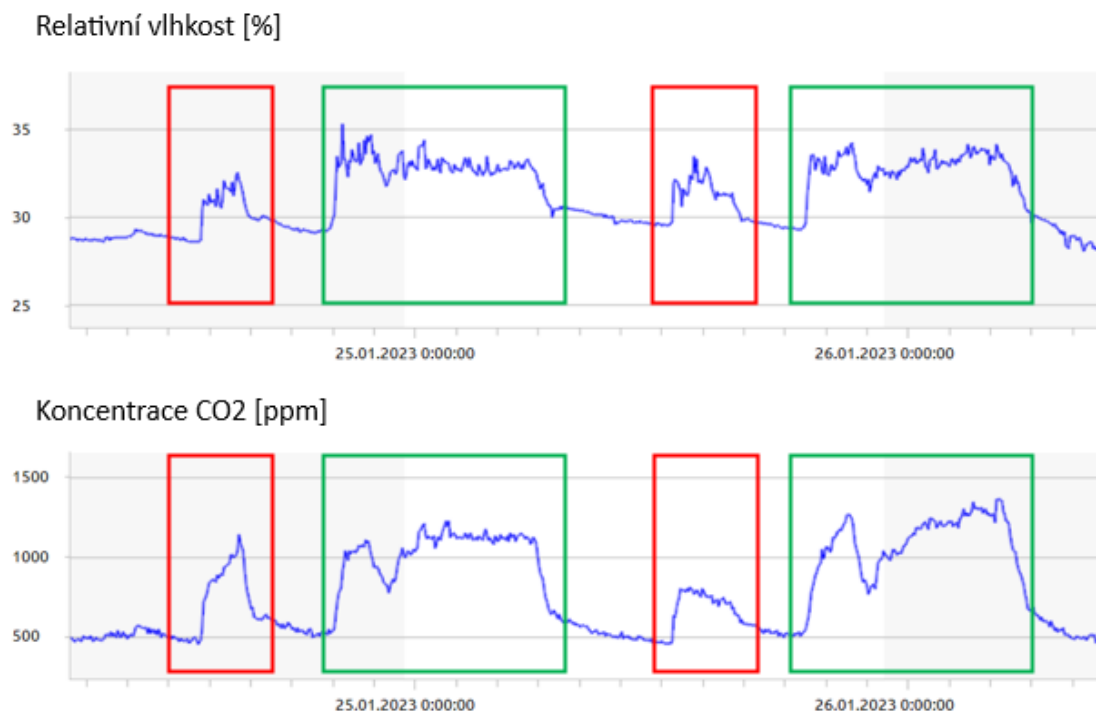
Obr. 3 Průběh relativní vlhkosti v obývacím pokoji, černá šipka znázorňuje okamžik výměny rekuperátoru (standardní/entalpický)

Po celou dobu měření byla jednotka provozována na 30 % výkonu. (S výjimkou nárazového provětrání – režim boost.) Pokud se podíváme na průběh koncentrace CO_2 v obývacím pokoji, vidíme, že interiér je velmi kvalitně provětrán a koncentrace CO_2 , zřídka kdy překračuje 750 ppm. Bylo by tedy vhodné snížit množství přiváděného vzduchu ve prospěch vyšší relativní vlhkosti v interiéru.



Obr. 4 Průběh koncentrace CO_2 v obývacím pokoji, černá šipka znázorňuje okamžik výměny rekuperátoru (standardní/entaltický)

Průběh naměřených hodnot velmi dobře ukazuje zásadní vliv vnitřní produkce vlhkosti, a parametrů a množství přiváděného vzduchu na výslednou relativní vlhkost. Můžeme tak pozorovat celou řadu jevů typických pro tepelně-vlhkostní mikroklima. Na obrázku níže je například dobře patrná příčinná souvislost mezi koncentrací CO_2 , která zobrazuje přítomnost osob (zdroj vlhkosti), a relativní vlhkostí v ložnici.



Obr. 5 Vztah mezi koncentrací CO_2 a relativní vlhkostí v ložnici (Teplota venkovního vzduchu byla v zobrazovaném období téměř konstantní.)

ZÁVĚR

Dlouhodobé měření nám poskytuje především jasnější představu o chování větraných prostor. Z výsledků je patrná velmi rychlá reakce větraného interiéru na změny parametrů venkovního vzduchu i na vnitřní produkci vlhkosti. Průběh vlhkosti v rezidenčních aplikacích může být značně kolísavý a pro hodnocení kvality větraného prostoru nelze vycházet z jednorázového měření.

Entalpický výměník má řadu výhod. Především díky svým vlastnostem pomáhá v interiéru v zimním období udržet požadovanou relativní vlhkost i při nižších vnitřních zdrojích vlhkosti. Nicméně v případě nevhodné regulace (neopodstatněné větrání) dochází stejně jako v případě standardních výměníků k vysušování interiéru.

V měřeném období se podařilo zaznamenat nejčastější příčiny „přesušeného“ interiéru jako je například přetopený interiér, předimenzovaný systém, nízká nebo téměř žádná produkce vlhkosti nebo nevhodné nastavení regulace. Právě způsob regulace má zcela zásadní vliv na kvalitu větraného prostoru. Je tedy vhodné využít čidel koncentrace CO₂ a větrat na základě reálné potřeby nebo využívat časové režimy v souladu s provozem domácnosti.

LITERATURA

- [1] Vlhkostní bilance v rezidenčních aplikacích. TZB-info [online]. [cit. 2023-08-21]. Dostupné ze: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/23638-vlhkostni-bilance-v-rezidencnich-aplikacich>

Poděkování patří majitelům rodinného domu za umožnění měření a laskavý souhlas se zveřejněním fotodokumentace.

NA CO TAKÉ MYSLET PŘI NÁVRHU DISTRIBUCE VZDUCHU

Zdeněk Příhoda

PŘÍHODA s. r. o.
director@prihoda.com

ANOTACE

Při návrhu distribuce vzduchu by měly být zohledněny okolnosti, které ovlivní šíření vzduchu v prostoru. Velmi důležité je posouzení vlivu indukce, která může způsobit změny směru proudů, vznik druhotných proudů, interakci proudů a změny teplot přiváděného vzduchu. Ke změnám teplot ale dochází i v potrubí a v prostoru vznikají i proudy z povrchů s odlišnou teplotou. Zmíníme krajní případy, ke kterým může dojít, a posuzujeme vliv odvodního potrubí.

ÚVOD

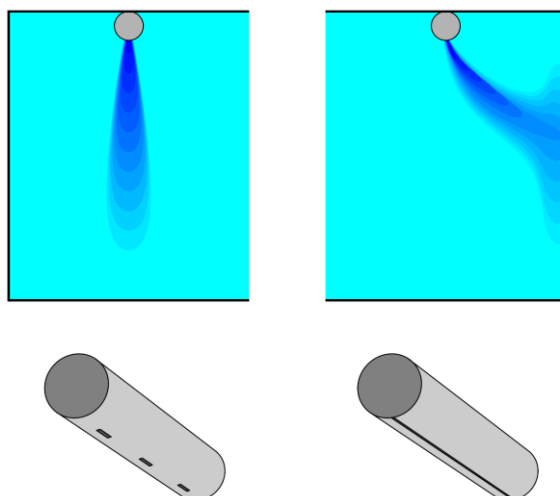
Nesprávná distribuce vzduchu může znehodnotit výborně navrženou a dobře funkční úpravu vzduchu. Pokud se upravený vzduch nedostane tam, kam má anebo se tam dostane nevhodným způsobem, uživatel nebude spokojen. Nejenom zařízení na úpravu vzduchu, ale i jeho distribuce může šetřit investici a zejména pak provoz. V praxi se setkáváme s velmi nehospodárnými potrubními systémy a zcela zbytečnými chybami.

CO ZPŮSOBÍ INDUKCE

Zcela bez nadsázky se dá říct, že správné posouzení vlivu indukce na proudy distribuovaného vzduchu je zásadní pro stanovení očekávaného proudění v místnosti. Vyšší rychlost vzduchu znamená vyšší indukci a u přívodu vzduchu malými rychlostmi (např. velkoplošnými vyústkami) bude vliv indukce zanedbatelný. Takových případů je ovšem velmi málo. Kromě různě intenzivního zpomalování proudu, ke kterému přirozeně dochází vždy, může proud vlivem indukce změnit svůj směr a teplotu.

Změna směru proudu

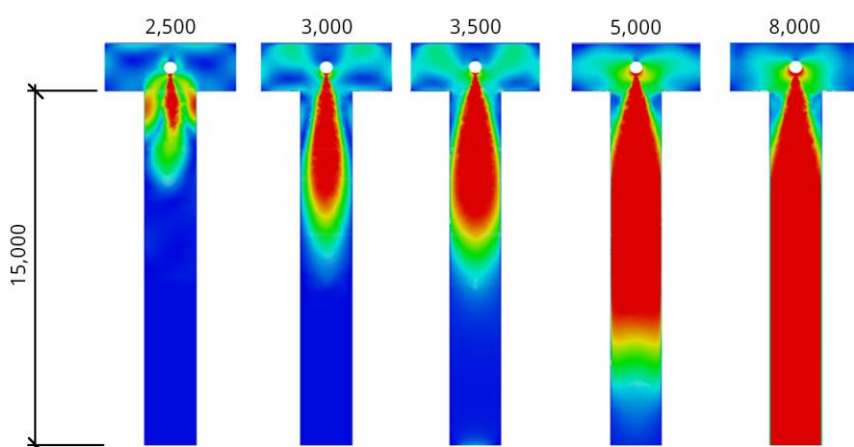
Pro zachování směru proudu daného směřováním vyústky a teplotou musí být umožněna rovnoměrná indukce ze všech stran. Pokud tomu tak není, proud se bude ohýbat do směru, kde je možnost indukce omezena. Známý je „Coanda efekt“, kdy vzduch vyfukovaný vodorovně pod stropem k němu přilne a jeho rychlost klesá pomaleji, má vyšší dosah než při volném proudění. K odchýlení proudu může dojít i při svislém přívodu, zde směrem ke stěně, jestliže je dostatečně blízko a je omezeno doplňování vzduchu z prostoru. Extrémní případ je znázorněn na Obr. 1. Štěrbínová vyústka přivádí vzduch bez přerušení podél stěny a proud z ní se bude ke stěně ohýbat. Zamezit tomu lze přerušením přívodní štěrby. Čím větší prostor pro indukci, tím větší jistota svislého proudu. Střídání stejně dlouhých úseků s distribucí a bez ní obvykle postačí.



Obr. 1 Přilnutí proudu ke stěně vlivem indukce

Druhotné proudění

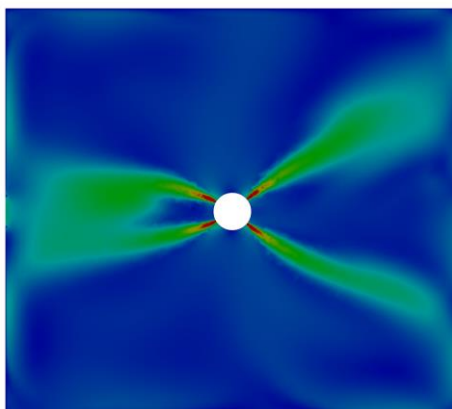
Ve výše popsané situaci mohl proud vzduchu postupovat do místnosti, protože bylo možné přísávání vzduchu alespoň z jedné strany. Pokud bychom ale chtěli přivádět vzduch například do prostoru mezi vysoké regály a rozmístili vyústky tak blízko k sobě, že by se jejich proudy brzy spojily, zcela bychom zabránili cirkulaci vzduchu. Přiváděný vzduch by se nedostal dostatečně daleko. Obr. 2 ukazuje, jak se mění dosah proudu v omezeném prostoru při různých roztečích přívodních trysek. Čím větší rozteč, tím delší dosah proudu a lepší provětrání prostoru. Toto je nutné zajistit vždy, když je prostor zcela uzavřený a není v něm odsávání.



Obr. 2 Vliv druhotného proudění na dosah proudu

Interakce proudů

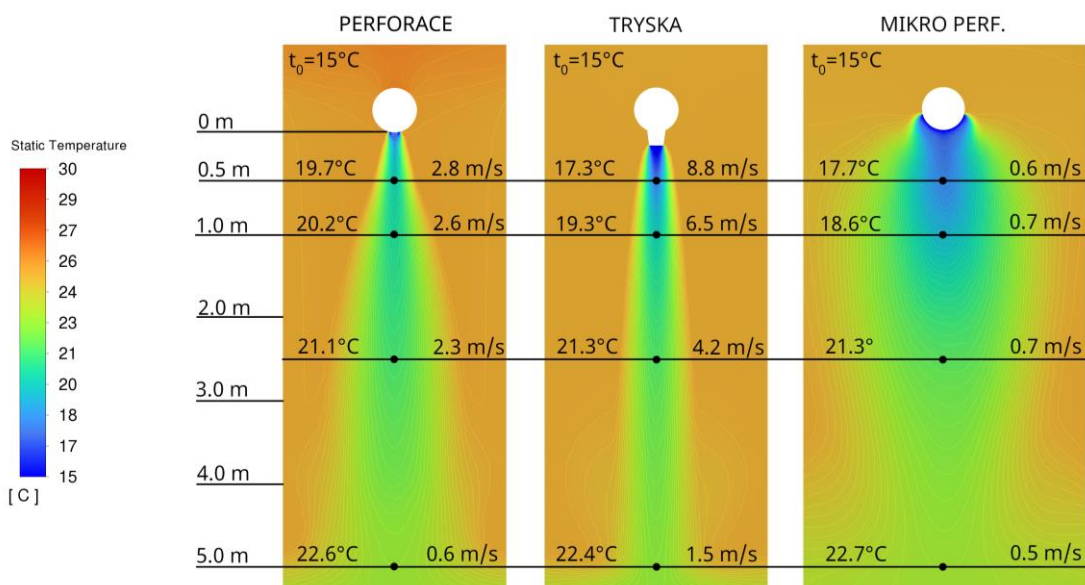
Proudy přiváděného vzduchu se navzájem ovlivňují. Rovnoběžné proudy se spojí, pokud mají dost prostoru. Silnější proud k sobě přitáhne proud slabší. Obr. 3 ilustruje mezní úhel mezi dvěma stejnými proudy. Při menším úhlu se proudy spojí (situace vlevo), při větším se šíří odděleně (situace vpravo).



Obr. 3 Spojení dvou proudů vzduchu

Změna teploty v proudu vzduchu

Přisávání okolního vzduchu neznamena pouze jeho zpomalování, ale i změnu teploty. Dochází k postupnému vyrovnávání teplot v místnosti a přiváděného proudu. Jeho intenzita je závislá na uspořádání vyústky a mění se se vzdáleností od potrubí. Obr. 4 ilustruje ohřívání a změnu rychlosti vzduchu přiváděného s teplotním rozdílem 10 K ze třech různých typů vyústek. U proudu z perforace dojde k nejrychlejšímu ohřívání vlivem vysoké indukce bezprostředně u potrubí. Proud z trysky a mikroperforace si zachovávají teplotu déle, ale s naprosto odlišnou rychlostí proudění. Již ve vzdálenosti 2,5 m jsou pak teploty ve všech třech případech zhruba stejné, ale rychlosti zásadně odlišné.

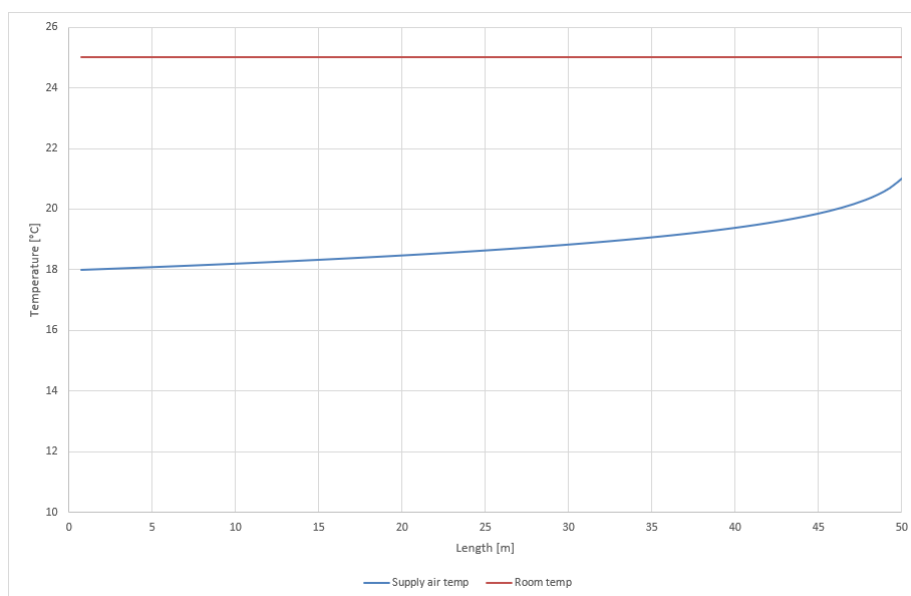


Obr. 4 Změna teploty v proudu přiváděného vzduchu

ZMĚNA TEPLoty VZDUCHU V POTRUBÍ

Teplota přiváděného vzduchu se nemění pouze indukci po výtoku z potrubí, ale i v samotném potrubí prostupem tepla skrz jeho stěnu. Intenzita změny teploty je závislá na součiniteli prostupu tepla stěnou potrubí a méně i na rychlosti v potrubí. Zejména u rozsáhlých distribučních systémů je pro dosažení rovnoměrného chlazení či vytápění nutné kompenzovat

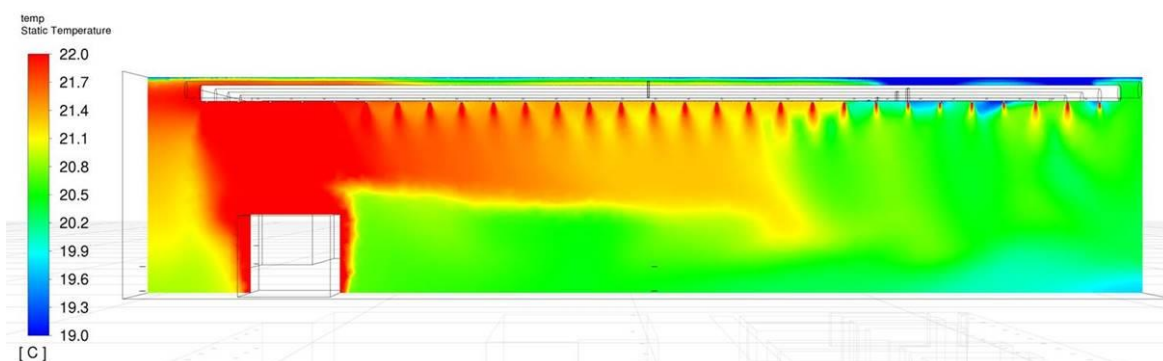
zmenšený rozdíl teplot zvýšeným průtokem. Potrubí je pak vhodné velmi dobře izolovat nebo výpočtem stanovit rozdílné výtoky z vyústek v závislosti na jejich umístění. Při instalaci musí být vyústky pečlivě nastaveny na určené průtoky. Textilní vyústky mohou mít perforaci s různou hustotou otvorů a není nutné je nijak regulovat. Pokud slouží izolace k prevenci kondenzace, může přesný výpočet teplot omezit použití izolace pouze na skutečně rizikové úseky. U textilních vyústek účinně zabraňuje kondenzaci prodyšný materiál stěny potrubí. Průtok skrz tkaninu není ztracen, protože se indukují do přívodního proudu.



Obr. 5 Změna teploty v potrubí

PROUDY Z POVRCHŮ S ODLIŠNOU TEPLOTOU

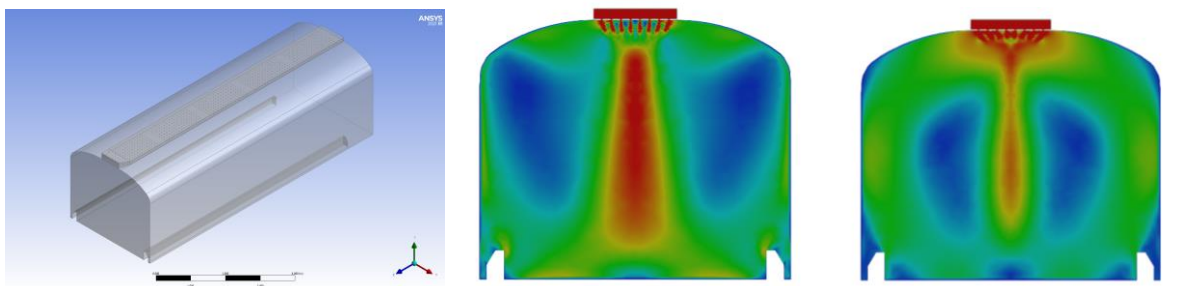
Pokud se v místnosti vyskytují předměty s výrazně odlišnou teplotou, budou jejich vlivem vznikat proudy vzduchu. Při velkých teplotních rozdílech a plochách mohou výrazně ovlivnit proudění z vyústek. Dochází k tomu zejména v horkých průmyslových provozech. Obvykle je vhodné zabránit mísení s přiváděným vzduchem například použitím zástěn nebo odsávacích zákrytů. Posouzení vlivů takových proudů je velmi náročné a k přesnějším výsledkům je třeba CFD simulace prostoru. Obr. 6 ilustruje případ, kde nebyl horký proud vzduchu izolován zástěnou a částečně znehodnocuje přívod.



Obr. 6 V místnosti vznikají teplé proudy nad zdroji tepla

VÝZNAM ODVODNÍHO POTRUBÍ

Odsávací otvory musí být umístěny tak, aby neodváděly draze upravený vzduchu z místnosti předčasně. Používání odvodního potrubí je v tomto smyslu rizikové a obvykle zcela zbytečné. Dostatečným řešením je odsávání jediným větším otvorem ve stěně, kterým se odvede celý průtok vzduchu. Případně, pokud je jednotka v místnosti, provoz bez odvodního potrubí. Výjimkou je místní odsávání škodlivin obvykle v kombinaci se zákryty, kde je podtlakový systém nutné vytvořit. V případě na Obr. 7 způsobí odvodní potrubí podél stěn u podlahy větší nerovnoměrnost rozložení teplot v prostoru.



Obr. 7 Odvodní potrubí zhoršuje distribuci chladného vzduchu

ZÁVĚR

Projektant by měl mít reálnou představu o proudění vzduchu v místnosti, ke kterému bude docházet s ním navrženými distribučními prvky. Nejpřesnější obrazy proudění poskytne CFD simulace, ale ta je drahá, časově náročná a nesnadno dostupná. Vyžaduje navíc značnou zkušenost programátora, aby poskytla použitelné výsledky. Dobrou metodou pro praxi je postupné promyšlení a případná eliminace nežádoucích vlivů.

LITERATURA

- [1] CHYSKÝ J., HEMZAL K. *Technický průvodce 31 – Větrání a klimatizace*. Bolit Brno, 1993

ZÁSADNÍ NOVINKY U MĚŘENÍ KVALITY VZDUCHU

Ing. Miloš Žáček

Protronix s. r. o.

milos.zacek@protronix.cz

Držíme krok s dobou. Jaké nejčerstvější novinky pro Vás v Protronixu máme z oblasti čidel kvality vzduchu?

1. Komfort je základ

Mezinárodní Well Building Institut (IWBI) zavedl v roce 2017 tzv. **Well Building Standard**. Cílem je zajistit a udržovat zdraví a dobrou pohodu lidí pobývajících uvnitř budov a soustředit se na jejich potřeby. Dále je cílem optimalizovat a zvyšovat pocit pohody a zdraví lidí, a to již při plánování a vlastním návrhu budov, a i ve vývoji nejlepších stavebních postupů a potom při samotném provozu.



Obr. 1

Protronix čidla sledují klíčové parametry vnitřního vzduchu, jako je teplota, relativní vlhkost (RH), oxid uhličitý (CO_2), těkavé organické látky (VOC) a poletavé částice ($\text{PM}_{2,5}$). Všechna čidla, včetně čidel VOC, svými parametry splňují požadavky pro rozsah, rozlišení a přesnost dle Well Building Standardu.

2. Bezpečí ve vnitřním prostředí – monitoring radonu

Protože Česká republika patří bohužel celosvětově mezi země, které mají v podloží nejvyšší hodnoty radonu, je potřeba koncentraci monitorovat jak u novostaveb, tak i u rekonstrukcí.



Obr. 2 Pronikání radonu do vnitřního prostoru

Radon nemá žádnou chuť ani zápach a uvolňuje se ze zemského podloží. Shromažďuje se při zemi, protože je těžší než vzduch. Do vnitřního prostředí proniká různými netěsnostmi v plášti budov, viz obrázek „Pronikání radonu do vnitřního prostoru“.

Tento bezbarvý radioaktivní plyn vzniká rozpadem uranu (uran = radioaktivní prvek, který se vyskytuje v zemském podloží a používáný se hlavně jako palivo do jaderných reaktorů).

Množství radonu určujeme v jednotkách Bq/m^3 – becquerelech (čtěte: *bekverelech na metr krychlový*). Proto jsou také v ČR nastaveny přísné normy a pravidelné kontroly vnitřních prostorů.

Limity pro vnitřní prostředí v České republice

Tyto limity pro vnitřní prostředí vymezující množství radonu nastavuje vyhláška SÚJB (Státní úřad pro jadernou bezpečnost) č.422/2016 Sb.

Dle této vyhlášky § 97 je pro referenční úroveň pro přírodní ozáření uvnitř budovy s obytnou nebo pobytovou místností je 300 Bq/m^3 pro objemovou aktivitu radonu ve vnitřním ovzduší obytné nebo pobytové místnosti; tato hodnota se vztahuje na průměrnou hodnotu při výměně vzduchu obvyklé při užívání.

Limity pro vnitřní prostředí na Slovensku

Projektant, který projektuje budovu nebo stavební úpravy, je povinný vykonat preventivní opatření, aby při dlouhodobém pobytu osob objemová aktivita radonu ve vnitřním prostředí budovy nepřekračovala úroveň 300 Bq/m^3 v průměru za kalendářní rok.

Světová zdravotnická organizace (WHO) doporučuje optimalizovat úroveň objemové aktivity radonu (OAR) v ovzduší staveb na hodnotu 100 Bq/m^3 .

Zajímavost: Průměrná hodnota v bytech ČR je cca 120 Bq/m^3 .

Jak řešit vysokou koncentraci radonu ve vnitřním prostředí?

Nejdůležitějším prvkem, jako u jiných znečišťovatelů, je dostatečné větrání. Efektivně řízená ventilace fungující dle aktuálně naměřených hodnot koncentrace radonu. To Vám zajistí vhodné čidlo detekce radonu.

Čidlo radonu ADS-RN1

- rozsah detekce $0 - 1\,000 \text{ Bq/m}^3$
- první výsledky již za 10 minut
- vysoká rychlost odezvy čidla umožňuje „online“ řízení větrání
- 2x nastavitelný alarm – spínací kontakt relé
- analogový výstup $0-10 \text{ V}$ odpovídá $0 - 1\,000 \text{ Bq/m}^3$



Obr. 3 Čidlo radonu ADS-RN1 ve sklepe

3. Nenechte si uniknout – detekce úniku chladiv

Klimatizace nebo tepelné čerpadlo má dnes čím dál více domů, bytů nebo třeba firem. Některé moderní výtahy však s sebou nesou určitá rizika. Zde je to právě možnost úniku chladiva z chladicího zařízení.

A protože právě toto téma začalo být stále častěji diskutované, rozhodli jsme se vyvinout čidlo úniku chladiva, které je ideální prevencí závažnějších problémů.

Detekovaná chladiva

- R22
- R32
- R134a
- R404A
- R407C
- R410A



Obr. 4 Čidlo NL-RG-1 na stěně

Dvě varianty do každého prostoru

	
Obr. 5 Designové čidlo NL-RG-1 Čidlo NL-RG-1 slouží pro detekci úniku chladiva z chladicího zařízení, tepelných čerpadel či v prostorách s uskladněnými chladivy. Vhodné použití do hotelových pokojů, kanceláří a podobně.	Obr. 6 Průmyslové čidlo IL-RG-1 Čidlo slouží pro detekci úniku chladiva z chladicího zařízení, tepelných čerpadel či v prostorách s uskladněnými chladivy.

4. Polétavé částice – znečištění všude kolem nás

Poletavé částice, zkráceně PM (z anglického Particulate Matters), tvoří směs pevných znečišťujících částic a jemných aerosolů rozptýlených ve vzduchu. Principiálně jsou to částice tak malé, že je můžeme vidět pouze pod mikroskopem. Označují se písmeny PM_x, kde x udává maximální průměr sledovaných částic v mikrometrech.

Zajímavé jsou částice o velikosti 10 μm (mikrometrů) a méně, jelikož ty už snadno pronikají hlouběji do organismu. Ty ještě menší (pod 2,5 μm) mohou pronikat až přímo do krevního řečiště.



Obr. 7

Na vlastní oči je můžeme spatřit ve velkých městech. Typicky jsou to hlavně $PM_{2,5}$ jako takovou lehce nažloutlou smogovou mlhu viditelnou za smogové situace.



Obr. 8 Porovnání velikosti polétavých částic

Pevné částice obvykle tvoří prach, saze, kouř. Pevné částice vznikají při spalování biomasy, jsou uvolňovány z doutnajícího ohně, ze spalovacích motorů, průmyslových podniků, elektráren, spaloven, z povrchových dolů, vznikají i při zemědělské činnosti.

Aerosoly tvoří různé chemikálie, kterých mohou být až stovky druhů, v závislosti na aktuálních meteorologických podmínkách, složení atmosféry a převažujících zdrojích emisí v dané oblasti.

Můžeme je rozdělit na primární aerosoly, které jsou uvolňovány do atmosféry přímo, a pak na takzvané sekundární aerosoly, které vznikají na základě chemických reakcí v atmosféře mezi oxidy síry a oxidy dusíku za přítomnosti slunečního záření a dalších chemikálií v atmosféře.

Negativní zdravotní účinky:

- proniknutí hluboko do plic,
- proniknutí až do oběhového systému,
- podráždění dýchacích cest,
- kašel,
- dýchací problémy,
- astma,
- plicní onemocnění,
- nemoci srdce.

Velikost polétavých částic

PM jsou poletavé částice tvořené jak pevnými částicemi, tak i aerosolem (jemné kapičky různých chemikálií) o velikosti:

PM_{10}

= polétavé částice s průměrem 10 μm a méně.

$PM_{2,5}$

= jemné polétavé částice, jejichž průměr je 2,5 μm a menší.

Zajímavost: Lidský vlas má v průměru 70 μm , tedy částice $PM_{2,5}$ je zhruba 30x menší.

Monitorování poletavých částic ve vnitřním prostředí

Čidlo NLII-DUST zvládne měření obou velikostí částic, tedy jak průměr 2,5 μm tak i průměr 10 μm .

Svémi parametry je vhodné i pro sledování prostředí v budovách podle WELL Building standardu, kde jsou limity pro obsah polétavých částic ve vzduchu uvnitř budov $<15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a pro $\text{PM}_{2,5}$ a $<50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pro PM_{10} .

Více najdete na stránkách www.cidla.cz.



Obr. 9 Čidlo NLII-DUST

CO JE ENTALPICKÝ PROTIPROUDÝ VÝMĚNÍK?

RECUTECH s. r. o.

www.recutech.com

Entalpický výměník je výměník, který je schopen rekuperovat nejen teplo, ale díky svým vlastnostem a použitým materiálům i **vlhkost**.



Proč bychom měli používat entalpický výměník?

K tomu, abychom mohli odpovědět na tuto otázku je potřeba se podívat na to, jak má vypadat ideální klima pro **zdravý život**. Ve vnitřních prostorách místností je ideální vlhkost mezi **40 až 60 % relativní vlhkosti** a teplota mezi 18 až 22 °C.

Při použití rekuperace s klasickým křížovým nebo protiproudým výměníkem dochází zejména v zimních měsících k **vysušování vnitřních prostorů**, protože chladný vzduch obsahuje málo vody a vnitřní vlhčí vzduch odchází ven.

Důsledkem je **snížení** relativní vlhkosti vzduchu až na 20 %. Tyto hodnoty způsobují **vysychání sliznic**. V důsledku toho nás pálí oči a rapidně se snižuje odolnost proti vpádu virů a bakterií do organismu. V nevětraných prostorách s nízkou vlhkostí **se viry šíří** doslova raketově. Sekundárním jevem je vysychání celých prostor, čímž dochází k sesychání dřevěných podlah a nábytku.

Výrobci rekuperačních jednotek jsou si nedostatku vědomí a řeší jej např. dodatečným dovlhčením, tzv. „entalpickou klapkou“ nebo použitím rotačního výměníku, který díky své konstrukci sdílí vlhkost přirozeně. Tato řešení mají, ale své velké nevýhody. Součástí získané vlhkosti jsou poté i **pachy a oděry**, které ve vnitřních prostorách vznikají, např. po vaření.

Zkrátka všechny složky, které odcházející vzduch z místnosti obsahuje. Rotační výměník má navíc větší netěsnosti. Při použití výměníku s výplachovou komorou se sice „špinavý“ vzduch alespoň částečně vyčistí, ale klesne účinnost a jednotky narůstají na rozměrech.

Jak entalpický protiproudý výměník vlastně funguje?

Aby výměník dokázal přemístit i vlhkost, musí mít materiál lamel schopnost přenášet ji. To umožní membrány, tedy speciální materiály, které dokáží zajistit **přenos vlhkosti**. Tento jev se nazývá **selektivní propustnost** (permeabilita). Tedy ideálně propustnost pouze pro molekuly vodní páry. Tento fakt je důležitý proto, aby se nám zpět do místností nevracelo CO_2 , pachy apod.

V současné době se používají membrány **porézní**, tedy s mikropóry, které jsou tak velké, aby jimi prošly **pouze molekuly vody**. Jejich **nevýhodou** je, že jimi projde i jakákoliv menší molekula a póry se mohou časem zanášet, tím se účinnost membrány časem snižuje.

Dalším druhem jsou membrány **iontovýměnné**. Tam molekuly vody pomyslně šplhají po žebříku iontových vazeb. Jiné plyny a molekuly „vyšplhat“ nedokáží. Molekuly vodní páry přirozeně prostupují z místa s vyšší vlhkostí do místa s vlhkostí nižší. K prostupu jiných molekul a plynů nedochází.

Právě v selektivitě membrán je velký rozdíl. **Selektivita** se však dá změřit a to tak, že měřený vzorek membrány odděluje dva prostory. Jeden, kde je vzduch a druhý, kde je jiný plyn (CO_2 , CO, NH_3). V prostoru se vzduchem se měří koncentrace plynu. Pokud je koncentrace plynu standardně neměřitelná, tak se měří ještě plynovým chromatografem, který zjistí přesnější obsah škodlivého plynu.

Jaké jsou další výhody entalpického výměníku?

Hlavní výhodou, kromě výše zmíněných, je výrazné **oddálení zámrazného bodu**. V zimě chladný vzduch vstupující z venku do výměníku ochlazuje desky výměníku a výstupní vzduch obsahující hodně vlhkosti díky tomu kondenzuje. Tato vlhkost postupně namrzá. Entalpický výměník vlhkost předá vstupnímu vzduchu a když se vzduch dostane do chladných částí výměníku, obsahuje ji již mnohem méně.



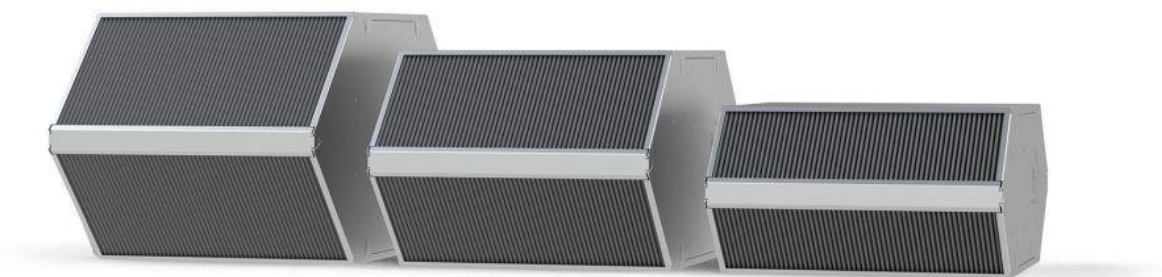
K pochopení těchto jevů nám pomohou termíny jako rosný bod a Mollierův diagram. Díky tomu lze namrzání oddálit až k hodnotě **-10 °C** pro vstupní vzduch. Konvenční výměník má problémy již při **-3 °C**. Díky tomu se jinak **nutný přehřev** vstupního vzduchu o hodně **oddálí** a ušetřená energie dále zvyšuje celkovou účinnost takové rekuperační jednotky.

Kondenzace je dalším negativním jevem klasických deskových výměníků. Přebytkovou vlhkost je nutné odvést pomocí kondenzační vany a jednotka potřebuje napojení na odpad. Navíc kondenzující voda brání volnému průchodu vzduchu a zvyšuje tlakovou ztrátu.

Je entalpický výměník vhodný i pro letní provoz?

Jednoduchá odpověď zní ano. V létě se situace s vlhkostí často mění. Tedy z venku často přichází velmi vlhký vzduch. **Vlhký vzduch** zvyšuje pocitovou teplotu, a proto máme intenzivní pocit tepla. Díky entalpickému výměníku lze vlhkost vstupního vzduchu snížit a zvýšit tak komfort. Navíc se sníží teplota vstupního vzduchu a klesnou náklady za klimatizaci vnitřních prostor.

V extrémně suchém klimatu se naopak znovu vnitřní prostory uměle dovlhčují a vlhkost by odcházela při rekuperaci bez užitku ven. Entalpický výměník ji opět vrátí podstatnou část zpět.



Má současně používaný entalpický výměník i nějaké nevýhody?

V současnosti používané entalpické výměníky jich mají celkem dost.

Cena – entalpické výměníky jsou až násobně dražší než klasické hliníkové nebo plastové. Ale vzhledem k tomu, že ve vnitřních prostorech trávíme až 90 % života, stojí vyšší investice za zvážení.

Nižší teplotní účinnost – je způsobena tím, že většina na trhu dostupných membrán, jsou velmi slabé fólie. Tyto slabé fólie nejen že neumožní tváření a tím zvětšení teplosměnné plochy, ale navíc nejsou samonosné, a tedy potřebují podpůrné rámečky, které zároveň tvoří rozteč lamel. Tyto rámečky naopak teplosměnnou a vlhkosměnnou plochu zmenší až o 20 %.

Nižší odolnost proti nerovnotlaku – ke které dochází díky náchylnosti membrány k prohýbání. Díky tomu v jedné větvi tlaková ztráta klesá a v druhé naopak extrémně roste, a to až do fáze, kdy ventilátor jednotky není schopen tento rozdíl svým výkonem kompenzovat.

V čem spočívá unikátnost entalpického výměníku, který nabízí RECUTECH?

Vysoká teplotní účinnost – díky materiálům, které umožňují tváření, a tedy zvětšení teplosměnné plochy, je účinnost přenosu tepla až **90 %**. Nepoužíváme distanční rámečky, jelikož nejsou potřeba.

Účinnost přenosu vlhkosti až 75 %.

Těsnost – jak jste u RECUTECH výměníků zvyklí, jsou těsné. V tomto neslevíme ani u entalpických. Všechny testujeme a k vám se dostanou pouze těsné kusy.



Vysoká odolnost při nerovnotlaku – díky tuhosti použitých materiálů naše výměníky odolají i nerovnotlaku 800 Pa. Umožňují i použití v konfiguraci, kdy jeden ventilátor v jednotce saje a druhý tlačí.

Vysoká selektivita – naše membrána je vysoce selektivní. Propouští opravdu jen vodní páru, žádné jiné plyny. Selektivita je ověřena pomocí testů.

Snadná záměna ve stávajících zařízeních – díky stejným rozměrům a podobným parametrům teplotní účinnosti můžete výměník v jednotce snadno vyměnit za entalpický.

Jak se podařilo těchto parametrů dosáhnout?

Je to zejména použitím unikátního materiálu nazývaného Metalpic, používaného v entalpických výměnících Recutech. Tento materiál byl vyvinut pouze pro tento účel a byl vytvořen Recutechem. Jedná se o sendvičový materiál, kde každá složka má svou jasně danou funkci. Skládá se ze speciálně upraveného hliníkového tahokovu s největší možnou otevřenou plochou. Jeho hlavní funkcí je vytvořit nosnou strukturu pro druhou složku a tou je velmi tenká polymerní membrána. Proč hliník? Protože tento materiál velmi dobře vede teplo a je snadno recyklovatelný.

Druhou částí sendviče je polymerní membrána. Její hlavní funkcí je přenos vlhkosti a musí zajistit těsnost výsledného materiálu. Jedná se o iontovýměnnou membránu, která je selektivně permeabilní.

Díky podpoře tahokovu může být membrána velmi tenká a čím tenčí membrána, tím lepší přenos vlhkosti. Oba díly tohoto sendviče jsou spojeny k sobě pomocí laminace. Následně se tento materiál už zpracovává jako klasická hliníková fólie pro výměníky řady REK a REC. Při tomto procesu musí oba díly tohoto sendviče zvládnout při tažení poměrné prodloužení jako hliník. Díky těmto vlastnostem je ale možno vytvořit lamelu, která se při tváření vyztuží a zvětší se její teplosměnná a vlhkosměnná plocha. Díky protažení se membrána dále zeslabí a jak jsme psali výše, čím tenčí, tím lepší přestup vlhkosti.



VENTIAIR – KOMPLEXNÍ DODAVATEL VZDUCHOTECHNICKÝCH JEDNOTEK

VentiAir s. r. o.

www.ventiair.com

Společnost VENTIAIR vznikla před více než 8 lety jako výrobce sestavných vzduchotechnických jednotek. Původní ambice firmy se týkaly především dodávek větších vzduchotechnických zařízení v širokém spektru různých variant – od základní přes korozivzdorné, bazénové po jiná speciální provedení.



Obr. 1 Sídlo společnosti VENTIAIR v Adolfovicích u Jeseníku

Ve velmi krátké době po spuštění výroby ale VENTIAIR využil příležitosti a vstoupil na trh s novou řadou kompaktních rekuperačních jednotek P-TYPE K s integrovaným systémem měření a regulace. Vzhledem k úspěchům, které tato řada zaznamenala u zákazníků, rozšíření řady na celkem osm velikostních typů a tři instalační verze na sebe nenechalo dlouho čekat. Díky získaným zkušenostem brzy následovaly řady REKU-TYPE, P-TYPE R, K-TYPE K, K-TYPE R a další. Díky tomu se VENTIAIR může pyšnit co do portfolia jednou z nejširších nabídek typů vzduchotechnických jednotek na trhu.

VENTIAIR tak nyní dodává na získané zakázky všechny požadované typy vzduchotechnických jednotek od malých kompaktních pro větrání vestavků, velinů či podobných prostor s požadavkem na průtok od 100 m³/h, po velké sestavené jednotky s průtokem okolo 50 tis. m³/h. Je to značná konkurenční výhoda, protože jsou na stavbu dodána všechny vzduchotechnická zařízení od jednoho výrobce.



Obr. 2 Roztyly Plaza – Dodávka 25 vzduchotechnických jednotek s průtoky od 750 m³/h po 37800 m³/h

Za samostatnou zmínku stojí produkce řady jednotek T-TYPE, které jsou určeny pro větrání školních tříd. Jsou dodávány jak v parapetním provedení, tak v provedení pro zavěšení pod strop.

Díky spokojenosti s dodávkami ze strany partnerů se VENTIAIR podařilo získat množství významných či technicky zajímavých zakázek. Uvedeme jeden, které se vyznačoval zajímavými specifiky.

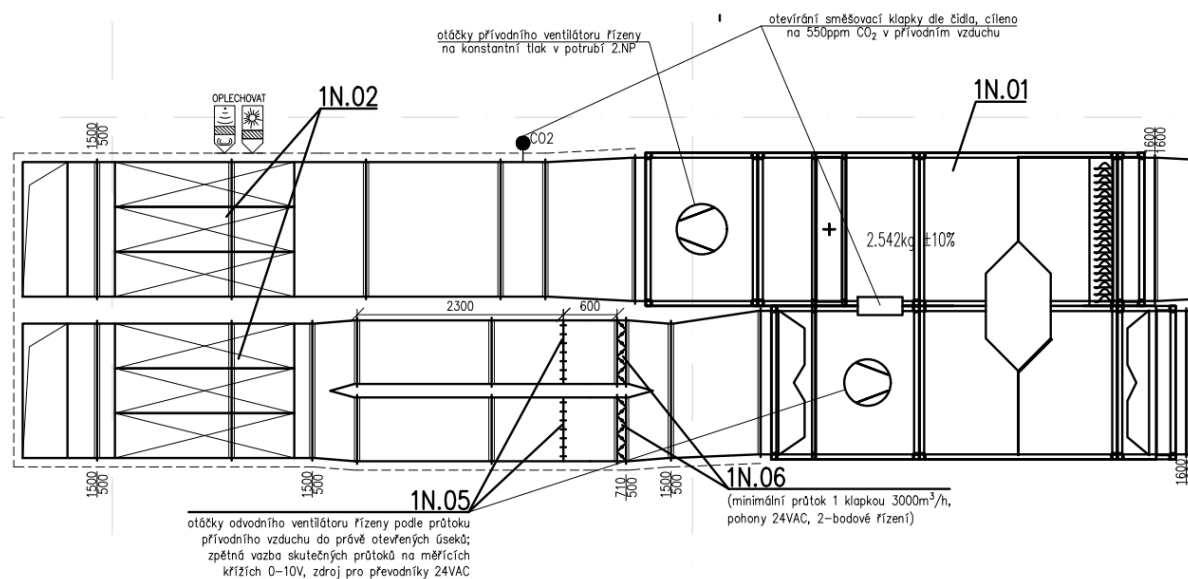
Gymnázium Říčany – Tělocvična



Obr. 3 Gymnázium Říčany – Tělocvična. Dodávka 8 vzduchotechnických jednotek včetně školních

Součástí dodávky byla i regulace všech dodaných zařízení, a to včetně velké vzduchotechnické jednotky W-TYPE 75 umístěné na střeše objektu. Vzhledem ke ekonomickému provozu jednotky a zajištění maximální kvality vnitřního prostředí bylo zadání pro řídicí systém poměrně komplikované.

- VZT jednotka 16 500 m³/h
- Přívodní ventilátor řízen na konstantní tlak v potrubí
- Průtok na odtahu je definován čtyřmi externími signály od jednotlivých větraných sekcí
- Signály jsou od osvětlení a CO₂ čidel na tribuně
- Otáčky odtahového ventilátoru řízeny na konstantní průtok měřený na měřicích křížích ve dvou větvích odtahu
- V případě aktivace signálu pouze v jedné sekci, jedna větev odtahu uzavřena – tedy dvě klapky na odtahu – kvůli přesnosti měření na kříži
- Směšování řízeno dle signálu čidla CO₂ v přívodním potrubí – cíleno na 550ppm



Obr. 4 Gymnázium Říčany – Tělocvična. Schéma zařízení č.1

Ostatní zařízení v objektu jsou již řízena standardně bez dalších požadavků. Výjimkou jsou samozřejmě jednotky pro větrání tříd, které jsou řízeny na základě měření kvality vzduchu pro zajištění maximálního komfortu studentů.

Vzhledem k poměrně komplikovanému zadání byl software následně aktualizován tak, aby plně vyhověl podmínkám na místě instalace. Aktualizace software je prováděna jednoduše na místě přes rozhraní USB pomocí dodávaného software. Servisní technik VENTIAIR má zároveň možnost se takto prostřednictvím PC technika na místě k jednotce připojit a provést vzdáleně dodatečnou konfiguraci, pokud je potřeba.

Z dalších úspěšných projektů dodávaných v posledních měsících můžeme zmínit např. Roztyly Plaza, Lisovna desek GZ MEDIA, Větrání tříd Kladno Norská, Hagibor. Společnost VENTIAIR věří, že v příštích letech dostane důvěru u dalších možná ještě významnějších projektů.

PŘÍRODNÍ CHLADIVA A JEJICH VYUŽITÍ

Ing. Vojtěch Pulec

¹OK-Puls, s. r. o.

²Skadec GmbH

vojtech.pulec@ok-puls.cz

ANOTACE

Cílem je představit přírodní chladiva a blíže se věnovat nejuniverzálněji využitelnému z nich – R290, propanu. Účinnost je až o 15% vyšší oproti konvenčním chladivům, GWP je 3 a ODP 0, má příhodnou kondenzační teplotu, umožňující výstupní teplotu až 67 °C a chod až do -20 °C v režimu topení. Funguje na srovnatelných tlacích jako konvenční chladiva. Jeho hořlavost lze snadno vyřešit venkovním umístěním nebo použitím v kompaktní jednotce s permanentně provětrávanou skříní. Ideální využití propanu je v malém uzavřeném okruhu tepelného čerpadla či chladicí jednotky, ze které již proudí pouze chladicí (popřípadě topná) voda. Díky řešení na vodě není potřeba v objektech vést desítky kilogramů (mírně) hořlavých chladiv, typických například pro VRF systémy založené na R32, se stále poměrně vysokým GWP.

Propan jako chladivo a jeho výhodná pracovní obálka umožňuje široké využití pro standardní aplikace i velmi efektivní zužitkování odpadního tepla či produkci TUV jako vedlejší produkt chlazení. Přemýšlivým inženýrům tak dává do rukou nové možnosti, jak kreativně řešit projekty a šetřit investorům obrovské provozní náklady.

DEFINICE UHLOVODÍKŮ

Organická sloučenina složená výhradně z vodíku a uhlíku.

Vyskytují se v různých molekulárních strukturách, jako jsou řetězce, kruhy nebo kombinace obojího.

Mohou se vyskytovat nasycené i nenasycené. V případě nenasycených uhlovodíků tvoří atomy uhlíku tzv. vícenásobné vazby (max. trojná vazba).

Nasycené uhlovodíky jsou výrazně stabilnější, méně reaktivní, rozkládají se při vyšším tlaku/teplotě, nemají tendenci polymerizovat, jsou méně hořlavé/výbušné --> jsou velmi vhodné jako chladivo.

Pouze stabilní nenasycené uhlovodíky lze použít jako chladivo (propen). Molekuly s trojnou vazbou jsou spíše nevhodné.

KAŽDODENNÍ POUŽITÍ UHLOVODÍKŮ

Příklady v našem každodenním životě

- Hnací plyn v aerosolových plechovkách
- Kempování
- Tankování na čerpací stanici
- Plynový sporák
- Grilování

Výsledek: Všichni jsme v každodenním kontaktu s uhlovodíky.

Použití uhlovodíků jako chladiva je jen (nová) aplikace.

PŘEHLED VYUŽITÍ UHLOVODÍKŮ

Name	Molekulární vzorec	Cena	Rozsah využití	Specifika – zvláštnosti
Metan R50	CH ₄ nasycený	Levný	-160 °C až -100 °C	
Etan R170	C ₂ H ₆ nasycený	Levný	-90 °C až +10 °C	
Ethen R1150	C ₂ H ₄ nenasyčený	Střed	-100 °C až -20 °C	trojná vazba -> velmi reaktivní (podobně jako acetylen)
Propan R290	C ₃ H ₈ nasycený	Velmi levný	-40 °C až +60 °C	
Propen R1270	C ₃ H ₆ nenasyčený	Střed	-45 °C až +60 °C	Méně stabilní než propan, reaktivní
Izobutan R600a	C ₄ H ₁₀ nasycený	Levný	> -10 °C	CH(CH ₃) ₃ (i-butane)
Butan R600	C ₄ H ₁₀ nasycený	Velmi levný	> 0 °C	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃ (n-butane)

OBECNÉ VLASTNOSTI – PROPAN JAKO CHLADIVO

Název: Propan R290

Molekulární vzorec: C₃H₈

Popis: Bez zápachu a barvy

Molární hmotnost: 44,1 g-mol⁻¹

Hustota:

Plyn 0 °C 1013 hPa: 2,01 g/l (těžší než vzduch s 1,204 g/l)

Kapalina při bodu varu: 0,5812 g/cm⁻³

Tlak par: 0,836 MPa (20 °C)

Kritická teplota: 96,8 °C

Kritický tlak: 4,2 MPa

Bod tání: - 187,7 °C

Bod varu: - 42,1 °C

Hydrofobní – nízká rozpustnost ve vodě

Lipofilní – má tendenci se slučovat nebo rozpouštět v lipidech nebo tucích

VÝHODY R290 JAKO CHLADIVA

Dobré termodynamické vlastnosti:

Příznivá tlaková poloha (srovnatelná s R22)

Nízký tlakový poměr

Nízká výstupní teplota

Široká škála použití v průmyslu a komerční sféře chlazení (-40 °C až +15 °C)

Vysoká účinnost:

V praktickém porovnání účinnosti s freony, PFC a HFC lze účinnost zvýšit o 5 až 15 %.

Šetrné k životnímu prostředí

GWP: 3

ODP: 0

Perspektivní z hlediska budoucnosti a globálního obratu k ekologickým chladivům.

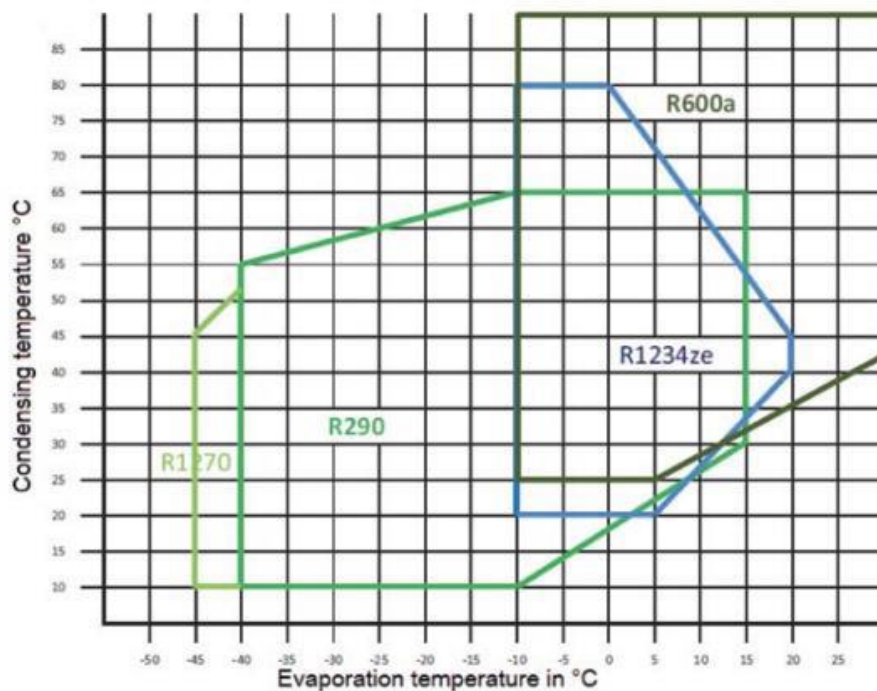


Figure 6.2
Application limit diagrams of some hydrocarbons and reference refrigerant

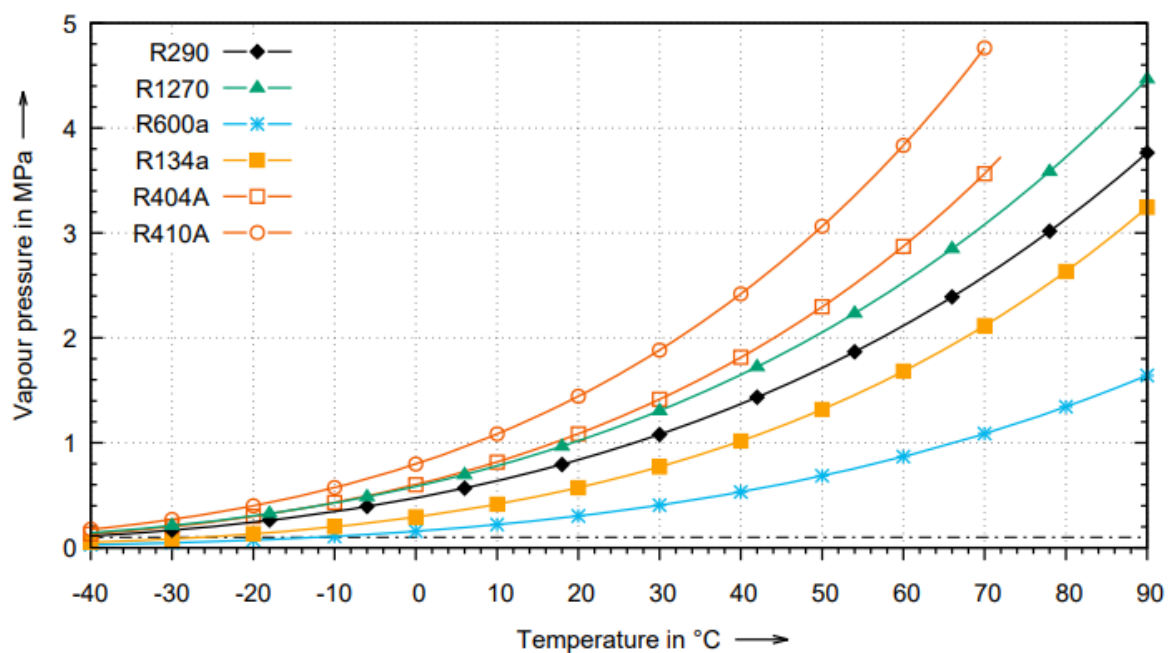


Figure 6.4 Saturated vapour pressure of some hydrocarbons and reference refrigerants

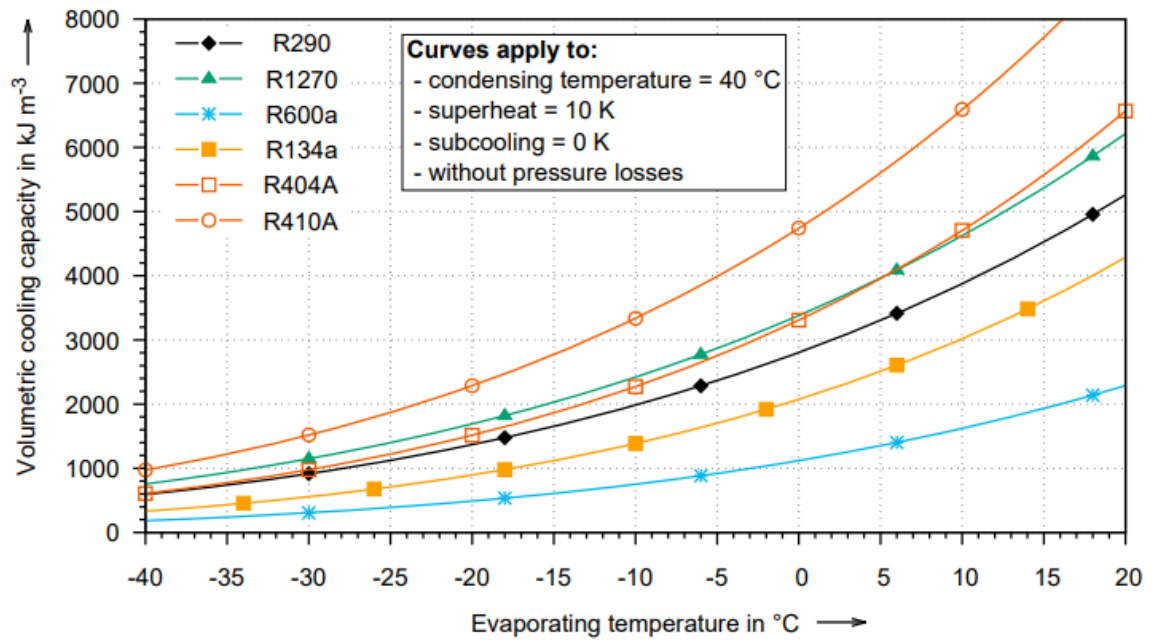


Figure 6.9 Volumetric cooling capacity of some hydrocarbons and reference refrigerants

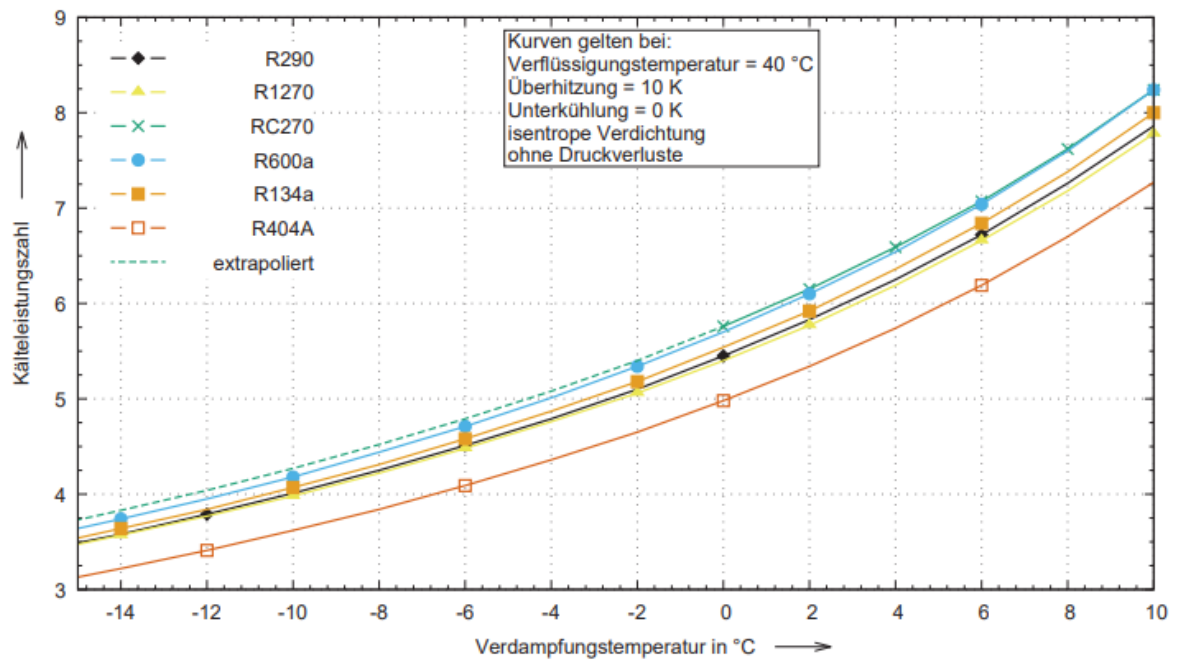


Abbildung 6.4 Kälteleistungszahl einiger Kohlenwasserstoffe und Vergleichskältemittel

VZDUCHOVÉ CLONY POWERSTREAM

Petr Mach

SFiltrace s. r. o.
petr.mach@sfiltrace.cz

ANOTACE

Článek představuje vzduchové clony POWERSTAR. Kromě základního shrnutí vlastností je doplněn i o výtah z měření parametrů těchto clon realizovaného na výzkumném pracovišti v Belgii.

ÚVOD

Je řada aplikací, kde je třeba oddělit dva prostory s rozdílným prostředím při zajištění průchodu či průjezdu. K tomu se často používají vzduchové clony, ty však jsou v řadě případů špatně navržené, či namontované a svojí funkci neplní správně. POWERSTREAM je vzduchová clona vyvinut společností MASTERVEIL ve spolupráci s inovačním centrem Brussels & University Gent. V druhé části článku je prezentována analýza výkonnostních charakteristik této clony zpracovaná katedrou mechaniky proudění, tepla a spalování University Gent. Od doby analýzy se vývoj vzduchové clony zastavil na její již 5té generaci a posouvá se stále dopředu. Tento patentovaný systém má minimální účinnost 65 % a nejnižší spotřebu energie – ve srovnání s tím, co je na trhu skutečně dostupné. K dispozici je v mnoha provedeních, speciálně navržených pro různé typy aplikací a oblastí s různou úrovní teploty a vlhkosti. Modulární a na míru vyráběný design pro každá vrata/otvor, nízká spotřeba energie a maximální účinnost jsou jeho základní charakteristiky.

Mezi další charakteristiky můžeme zahrnout:

- snížení ztrát energie a účinné oddělení různých teplotních zón
- oddělení vlhkosti a průmyslového mrazicího boxu pro jeho nejnižší spotřebu energie
- patentovaná vzduchová izolační vrstva
- hybridní systém dostupný s nejnižší spotřebou energie na trhu
- různé úrovně řešení a rozšiřitelnost
- výška vzduchové clony vyráběná na míru danému otvoru až pro velké dveře do výšky 5,20 m
- design vyvinutý pro integraci aktivního odvlhčování
- v závislosti na řešení se účinnost zvyšuje až na 80 %

ANALÝZA VÝKONNOSTNÍCH CHARAKTERISTIK VZDUCHOVÉ CLONY - STANOVENÍ ÚČINNOSTI

Tento text vychází ze zprávy „Analýza výkonnostních charakteristik vzduchových clon, část 2: Stanovení účinnosti“, v rámci, které byla provedena měření úbytku koncentrace CO₂ za účelem zjištění, jak účinně vzduchová clona odděluje nakládací rampu od mrazáku. Tato měření proběhla 26. 4. 2009 od 8 do 12 hodin. V této době byla společnost uzavřena a nebyli zde aktivní žádní zaměstnanci.

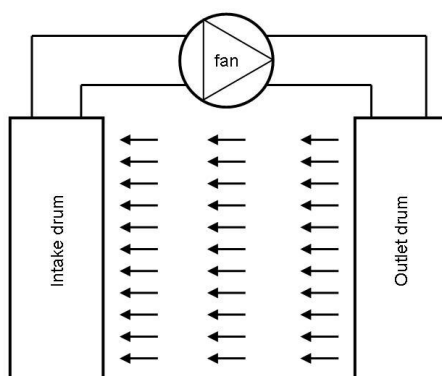
POPIS KONFIGURACE

V Coldstar Londerzeel jsou zmrazené výrobky skladovány při teplotě -20 °C za účelem jejich pozdější distribuce. Mrazák od venkovního prostředí odděluje nakládací rampa. Za normálních okolností je teplota nakládací rampy udržována na 0 °C, aby byly sníženy energetické ztráty

mrazáku směrem k nakládací rampě. Během měření, která proběhla 26. dubna 2009, však nebyly chladiče v nakládací rampě aktivní, což vedlo k teplotě nakládací rampy 7 °C.

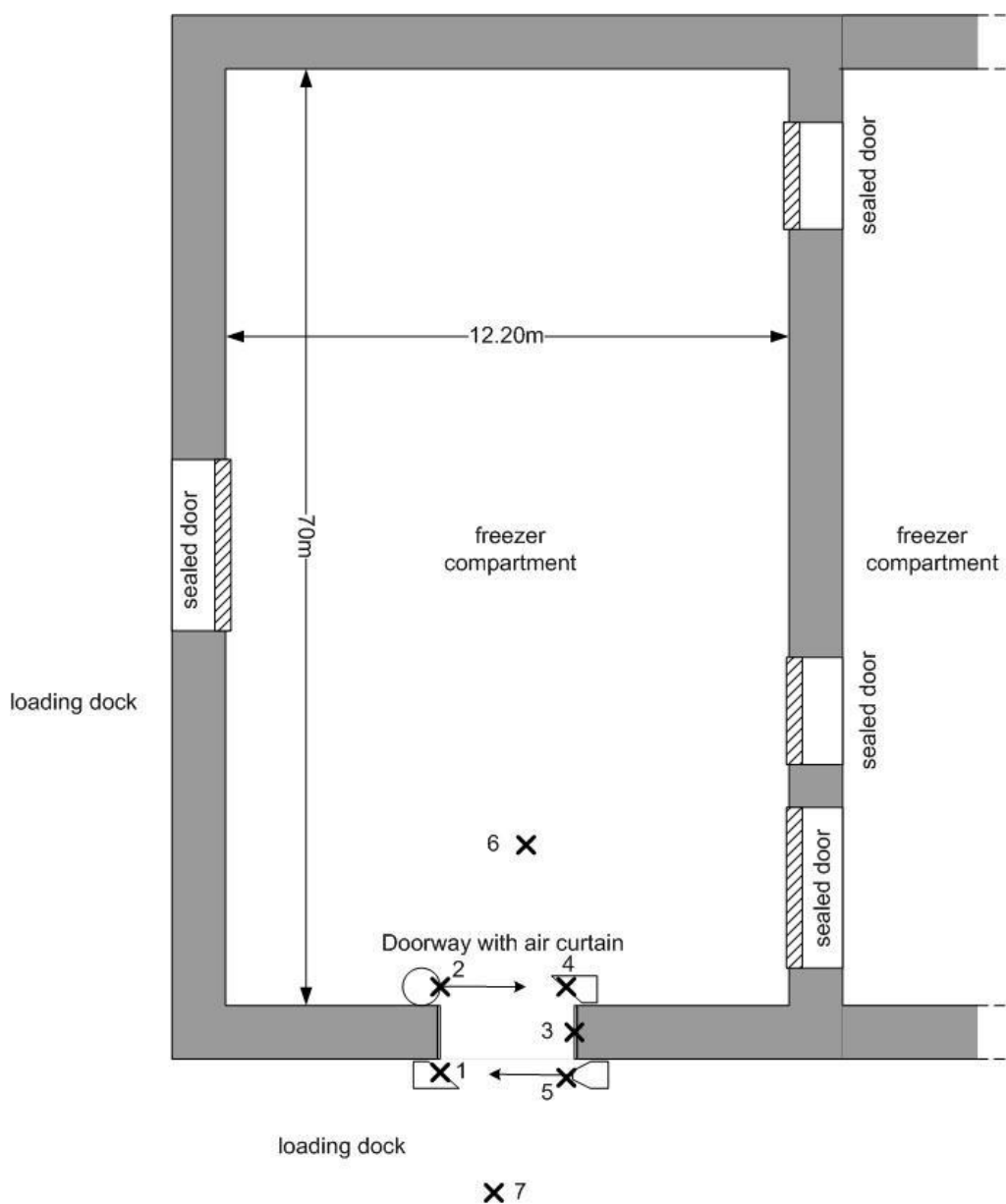
Mrazák je objemný a je vybaven několika vstupy. Tyto vstupy jsou vybaveny rychlými posuvnými dveřmi. U jednoho vstupu jsou tyto posuvné dveře nahrazeny dvojitou vzduchovou clonou. Tuto vzduchovou clonu instalovala společnost W. Deweerdt. Schematické znázornění takové vzduchové clony s recirkulací je uvedeno na obrázku 1. Úzký proud vzduchu opouští výstupní buben vysokou rychlostí. K zajištění správné funkce vzduchové clony musí tento proud dosáhnout až k sacímu bubnu. Do sacího bubnu vstupuje kombinace vzduchu přicházejícího z trysky, vnitřku a vnějšku. Ventilátor pak odesílá tento vzduch zpět do výstupního bubnu.

Jak je znázorněno na obrázku 2, v Coldstar Londerzeel je použita konfigurace se dvěma protiproudými clonami. V blízkosti vzduchových clon bylo instalováno celkem sedm zapisovačů teploty a vlhkosti. Umístění těchto zapisovačů je znázorněno na uvedeném obrázku 2 a jsou to čidla: (1) Sací strana nakládací rampy; (2) výtlačná strana mrazáku; (3) meziprostor mezi vzduchovými clonami; (4) sací strana mrazáku; (5) výtlačná strana nakládací rampy; (6) mrazák; (7) nakládací rampa.



Obr. 1 Schematické znázornění vzduchové clony s recirkulací

Měření probíhala pouze v jednom oddílu mrazáku. Tento oddíl byl oddělen od zbytku mrazáku utěsněním všech dveří. To je taktéž znázorněno na obrázku 2. Vstup na pravé straně normálně spojuje tento oddíl mrazáku s ostatními oddíly mrazáku. Vstup na levé straně vede k nakládací rampě. Všechny tyto dveře jsou utěsněny plastovou fólií. Toto opatření snižuje celkový objem mrazáku, takže je k provedení nezbytných měření potřeba méně CO₂ a méně času.



Obr. 2 Konfigurace mrazáku a umístění zapisovačů

PŘEDMĚT STUDIE

Předmětem této studie bylo stanovení účinnosti dvojité vzduchové clony instalované v Coldstar Londerzeel. Účinnost vzduchové clony (nebo jiného zařízení zaměřeného na snížení infiltrace) vyjadřuje, jak dobře clona snižuje infiltraci vzduchu v porovnání s otevřenými dveřmi. Účinnost se vypočítává pomocí rovnice 1.

$$E = \frac{Q_{open} - Q_{curtain}}{Q_{open}} \quad (1)$$

Q_{open} představuje infiltraci vzduchu u otevřených dveří v případě, kdy není přítomno žádné zařízení pro snížení infiltrace. $Q_{curtain}$ je míra infiltrace vzduchu u otevřených dveří s funkční vzduchovou clonou. Účinnost bude nulová, pokud je rychlost infiltrace se vzduchovou clonou a bez ní shodná. Účinnost jedna by znamenala, že zařízení pro snížení infiltrace dveře dokonale utěsňuje. Účinnost může být dokonce negativní, pokud zařízení pro snížení infiltrace infiltraci vzduchu podporuje, což může nastat v případě, kdy je vzduchová clona nesprávně umístěna a fouká vzduch z jedné místnosti do druhé.

Pro stanovení účinnosti clony je třeba znát infiltraci vzduchu při otevřených dveřích Q_{open} a infiltraci vzduchovou clonou $Q_{curtain}$. V této studii se ke stanovení míry infiltrace používá měření poklesu koncentrace CO_2 .

Jakmile je známa míra infiltrace vzduchem a na základě toho stanovena účinnost, lze vypočítat odpovídající tepelné ztráty. V rámci této studie, ve které jsou zaznamenány teplotní rozdíly až 27 °C, jsou tyto ztráty značné!

Je třeba brát v úvahu nejen tepelné ztráty, ale důležitá je i vlhkost přenášená vzduchem. Například v mrazácích tato vlhkost kondenzuje a zamrzá a musí být pravidelně odstraňována.

Ostatní tepelné zisky způsobené vodivostí nebo sáláním jsou zde stejně jako přenos vlhkosti difuzí zanedbávány.

METODIKA

Z praktických důvodů se jako trasovací plyn používá CO_2 , protože je dostupný ve velkých množstvích, je přesně měřitelný a neškodný pro lidi, stroje a skladované produkty (pokud nejsou koncentrace příliš vysoké).

Nejprve je zvýšena koncentrace CO_2 v mrazáku. Výměnou vzduchu mezi mrazákem a nakládací rampou klesne koncentrace CO_2 v mrazáku. Z časově závislého poklesu koncentrace lze pomocí rovnice 2 stanovit míru ventilace.

$$N = \frac{1}{t_2 - t_1} \ln \frac{C_1 - C_0}{C_2 - C_0} \quad (2)$$

kde:

N = míra výměny vzduchu (vyjádřená ve výměnách vzduchu za hodinu [ACH])

$t_1 - t_2$ = časový rozdíl mezi začátkem a koncem měření vyjádřený v hodinách

C_0 = koncentrace pozadí [ppm]

C_1 = koncentrace trasovacího plynu v mrazáku na začátku měření [ppm]

C_2 = koncentrace trasovacího plynu v mrazáku na konci měření [ppm]

Tato metoda měření je platná pouze tehdy, je-li zajištěno dobré promísení trasovacího plynu a vzduchu. Mrazák však má u stropu instalované velké výparníky. Ventilátory z těchto výparníků zaručují dobré promísení vzduchu. Aby byl proces promísení ještě zintenzivněn, jsou na úrovni podlahy v oddílu mrazáku instalovány dva další ventilátory.

K měření koncentrace CO_2 v mrazáku se používá fotoakustický analyzátor plynů INNOVA 1312. Tento analyzátor je umístěn mimo mrazák, aby byla elektronika chráněna před nízkými teplotami. Plynový analyzátor odebírá vzorky vzduchu z mrazáku dlouhou trubicí spojující

analyzátor s mrazákem. Tyto vzorky vzduchu jsou následně analyzovány a je zaznamenáván naměřený CO₂.

MĚŘICÍ VYBAVENÍ

V rámci této studie bylo použito následující měřicí vybavení:

- Zapisovače HOBO® H08-004-02
 - Provozní rozsah pro teplotu: $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ s časovou konstantou cca 15 minut v nehybném vzduchu;
 - přesnost snímače teploty: $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ mezi $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $40\text{ }^{\circ}\text{C}$;
 - provozní rozsah snímačů relativní vlhkosti: pro teploty od $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, rozsah relativní vlhkosti mezi 25 % a 95 %;
 - přesnost snímače relativní vlhkosti: 5 %.
- Fotoakustický analyzátor plynů INNOVA 1312
 - Vybavený optickým filtrem pro CO₂,
 - doba odezvy pro 1 plyn: 25 s,
 - provozní teplota: $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$,
 - vlhkost do 90 % RV.

SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ

Naměřené hodnoty teplot a vlhkostí ukazují, že teplota v mrazáku zůstává konstantní na hodnotě přibližně $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Teplota na nakládací rampě se pohybuje kolem $7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tato teplota je vyšší, než by se dalo očekávat. Za normálních okolností se teplota na nakládací rampě udržuje na $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, aby byl snížen přestup tepla mezi mrazákem a nakládací rampou a aby byl snížen vliv vlhkosti. Udržováním nakládací rampy na $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ je absolutní vlhkost omezena na $4,86\text{ g/m}^3$. Při měření 26. dubna nebyly v provozu chladiče na nakládací rampě, což se projevilo vyšší teplotou na nakládací rampě.

Během období, kdy byly posuvné dveře uzavřené, všechny teploty na straně nakládací rampy vzrostly až na $7\text{ }^{\circ}\text{C}$, což je teplota samotné nakládací rampy. Totéž nastane na druhé straně dveří, kde teploty klesnou na $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. To je logický důsledek, protože jakmile jsou posuvné dveře uzavřené, vzduchová clona na straně nakládací rampy může nasávat vzduch pouze z nakládací rampy a vzduchová clona na straně mrazáku může nasávat pouze vzduch z mrazáku. Za normálních provozních podmínek, kdy jsou posuvné dveře otevřené, je teplota meziprostoru určována proudem studeného vzduchu přicházejícího z mrazáku a proudem teplejšího vzduchu přicházejícího z nakládací rampy. Vodivost vzduchu je v tomto případě zanedbávána. Vzduch vycházející z výtlaku vzduchové clony je směsí vzduchu z meziprostoru a mrazáku nebo nakládací rampy. To znamená, že vzduch není přepravován přímo z mrazáku do nakládací rampy a naopak, ale je ve skutečnosti přepravován vzduchovými clonami. Vzduch z mrazáku vstupuje do systému první vzduchové clony bočním sáním mrazáku. Tento vzduch na sání, který je směsí vzduchu z mrazáku a meziprostoru, je pak přepravován do bočního výtlaku mrazáku. Část vzduchu opouštějícího výtlak odchází do meziprostoru, další část proudí zpět do mrazáku a poslední část opět vstupuje do sání. Vzduch vstupující do meziprostoru se mísí se vzduchem v tomto meziprostoru. Druhá vzduchová clona nasává vzduch z meziprostoru a směšuje jej se vzduchem přicházejícím ze strany nakládací rampy. Na výtlaku druhé vzduchové clony je část vzduchu vháněna do nakládací rampy. Ke stejnému jevu dochází i v opačném směru od nakládací rampy k mrazáku. Tato mechanicky vyvolávaná ventilace určuje případné tepelné ztráty. Proto je velmi důležité, aby byly na sáních vzduchové clony omezeny podíly vzduchu

přicházející z mrazáku nebo nakládací rampy. Toho lze dosáhnout tak, že je proud vzduchové clony udržován co nejužší a proud směřován chytrým způsobem.

Byly vyhodnoceny koncentrace CO₂ naměřené v mrazáku. Pro stanovení účinnosti jsou používány pouze měření v průběhu časového úseku 5 (otevřené dveře a neaktivní clona) a časového úseku 7 (otevřené dveře a aktivní clona). Intenzita větrání během časového úseku 5 činí 2,49 ACH. První část časového úseku 7 nebyla pro výpočty použita z důvodu zajištění dobrého promísení CO₂. Pomocí rovnice (2) byla intenzita větrání se vzduchovou clonou vypočtena na 0,525 ACH. Na základě rovnice (1) pak byla stanovena **účinnost 79 %**. Na konci měření byly otevřeny dveře nakládací rampy, aby byl zjištěn vliv přímého kontaktu s venkovním prostředím. Doba měření však byla příliš krátká na vyvození jakýchkoli závěrů. Nicméně je očekáváno, že v případě, kdy dojde ke zhoršení okolních podmínek, dojde i ke zhoršení výkonnostních charakteristik clony. Lze také očekávat opak: pokud se provozní podmínkylepší, například pokud by na nakládací rampě panovala teplota 0 °C namísto 7 °C, je možné očekávat, že se výkonnostní charakteristiky vzduchové clonylepší nebo jinými slovy vzroste účinnost.

ZÁVĚR

V Coldstar Londerzeel byla účinnost dvojité vzduchové clony stanovena měřením poklesu koncentrace plynu. Bylo dosaženo účinnosti 79 %.

TIŠŠÍ, ÚČINNĚJŠÍ NEBO VÝKONNĚJŠÍ – VENTILÁTOR FPOWLET PRO TEPELNÁ ČERPADLA

Ziehl-Abegg s. r. o.

www.ziehl-abegg.com

Společnost ZIEHL-ABEGG optimalizuje své výrobky z hlediska akustiky a účinnosti a klíč k tomuto cíli byl nalezen v oblasti biomimetiky (zkoumání zajímavých konstrukčních řešení v přírodě u živých organismů a snaha je napodobit). Výsledkem je axiální ventilátor pro tepelná čerpadla s novým, optimalizovaným designem právě pro tyto aplikace.

A proč nový typ lopatek FPowlet?

Důvod je velice jednoduchý. U tepelných čerpadel je otázka akustiky jeden z nejdůležitějších parametrů. Tepelná čerpadla aktuálně zažívají velký rozmach a rozšiřují se i v hustě zastavěných oblastech. Jako výrobci ventilátorů jsme se tedy primárně zaměřili na co největší snížení jejich hlučnosti a tím i hlučnosti tepelných čerpadel. To je jedna z výhod, kterou lze zaznamenat. Chceme-li hovořit o výhodách obecně, je třeba z technického hlediska rozlišovat: při stejném pracovním bodě se stává tišším, nebo chcete-li zachovat stejnou akustiku, je dosaženo vyššího objemového průtoku. To konkrétně vede k buď tiššímu tepelnému čerpadlu, nebo k účinnějšímu, ne-li výkonnějšímu – podle toho, jak chcete těchto výhod využít. Důležitou vlastností FPowlet je nová tonalita. Pocit z toho, jak ventilátor zní, je mnohem přívětivější než dříve. Novou konstrukcí lopatek se podařilo opustit klasický hluk vrtule a dosáhnout mnohem rovnoměrnějšího a subjektivně příjemnějšího provozního hluku.

Nová modelová řada ventilátorů, vyvinutá speciálně pro tepelná čerpadla, je světově unikátní, a to díky zdokonalené geometrii lopatek. Biomimetická vroubkovaná náběžná a odtoková hrana poskytuje základ pro mimořádně flexibilní a jedinečný přenos vzduchu. Koncepce oběžného kola se třemi lopatkami je ideální pro vyšší průtok vzduchu bez odporu.

Tyto ventilátory jsou vybaveny inteligentní technologií motorů ECblue orientovanou na budoucnost a již nyní splňují nejvyšší standardy budoucnosti. Motor ECblue účinně reguluje průtok vzduchu, čímž šetří elektrickou energii a redukuje emise CO₂.

Výsledkem je velmi tichý ventilátor optimalizovaný pro tepelná čerpadla.

Mimořádné výhody pro použití v tepelných čerpadlech:

- nejnižší akustika s nízkou tonalitou,
- efektivní a udržitelný přenos vzduchu,
- vysoce účinný, s minimálními nároky na proud – mimořádně úsporný,
- dokonalá kombinace pro přesný výkon – bionická koncepce lopatek s ECblue technologií motoru,
- splňuje všechny požadavky současné směrnice ErP,
- průměry 450, 500 a 630 mm,
- četné certifikace (CE, VDE, UL, CCC a jiné).

Obr. FPowlet – axiální ventilátor pro tepelná čerpadla budoucnosti



ADIABATICKÉ CHLAZENÍ A VĚTRÁNÍ VYSOCE TEPELNĚ ZATÍŽENÝCH PRŮMYSLOVÝCH HAL

Ing. Dušan Příbrský

Colt International s. r. o.

dusan.pibrsky@cz.coltgroup.com

Co to znamená chladit adiabaticky?

Adiabatická změna = *bez přidání nebo odebrání vnitřní energie*

Adiabatické chlazení = vypařovací chlazení

Při adiabatickém chlazení dochází k vypaření vody / vodní páry do relativně suchého vzduchu, přičemž je citelné teplo vzduchu vyjádřené jeho teplotou přeměněno na skupenské teplo vypařené vody.

Voda je velice speciální látkou, mino jiné s velice vysokou hodnotou skupenského tepla varu / odpařování.

A to je důvodem, proč chladit adiabaticky.

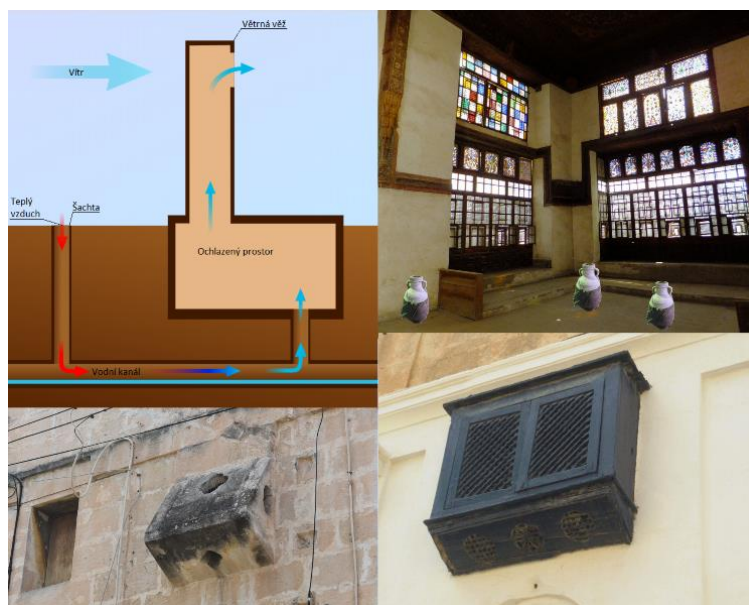
Historie adiabatického chlazení

Ve starověkém Egyptě a Persii k ochlazení vnitřních prostor používali tzv. lapače větru či větrné věže. Jedná se v podstatě o komín s jedním či více sacími otvory na návětrné straně. Otvory ve věži se doplňovaly mřížkami či sítěmi pro filtraci vzduchu. Větrná věž byla obzvláště účinná v kombinaci s podzemním vodním tunelem. Podzemní voda má nízkou teplotu a vzduch se ochlazoval prouděním kolem stěn podzemního kanálu (konvekci) a odpařením vody do vzduchu (evaporací). Ochlazený vzduch proudil dále do budovy. Vzduch do podzemního vodního tunelu mohl proudit i šachtami a větrná věž mohla v tomto případě sloužit pro odvod vzduchu.

Z období 2 500 před naším letopočtem se dochovaly fresky, na kterých jsou vidět hliněné džbány naplněné vodou. Džbán byl z porézní keramiky. Naplnili jej vodou a uložili do průvanu, aby bylo zajištěné ochlazení proudícího vzduchu. Ve starověkém světě také používali navlhčené tkaniny či rákos, které pověsili do otvoru dveří či oken, a teplý vzduch proudící těmito otvory se tak ochladil.

Od 12.století našeho letopočtu ve Středomoří a na Blízkém východě používali pro ventilaci arkýře. Arkýř byl mřížovaný a ve spodní části měl menší otvory pro přívod vzduchu a větší otvory v horní části pro jeho odtah. Velikost otvorů ovlivňuje rychlost proudění vzduchu – ve spodní části vzduch proudil pomaleji, kdežto v horní části (přibližně v úrovni hlavy) proudil rychleji. Pro zlepšení efektu chlazení se do arkýřů vkládaly nádoby s vodou.

Na Maltě používali menší obdobu arkýřů – jednalo se o dřevěné nebo kamenné konstrukce na fasádě, kterými proudil vzduch, a v kombinaci s nádobami s vodou fungovaly jako evaporační chladič. Vzhled dřevěné konstrukce na fasádě se nápadně podobal dnešním adiabatickým chladícím systémům.



Adiabatický chladič v podobě, jaké ho známe dnes, vznikl až ve dvacátém století. Od roku 1906 byly pokusy o sestavení prototypu adiabatických chladicích jednotek, do kterých použili dřevěnou vlnu jakožto prvek dobře zadržující vodu čili takzvané desorpční médium. Přes vodou nasáklou dřevěnou vlnu proudil vzduch, který byl odpařováním vody ochlazen. Rovněž obsahovaly vodní nádrž s plovákovým ventilem, čerpadlo pro cirkulaci vody do desorpčního média a radiální ventilátor. Nejkritičtější ovšem byla údržba a řízení jednotky. V minulém století byla automatizace operačních procesů sci-fi, a tak se o tehdejší adiabatické chladiče musel denně starat údržbář, který musel zařízení spustit a vypnout, vysoušet desorpční médium, naplňovat, vyprazdňovat a čistit vodní nádrž, čistit rozvody vody a v průběhu dne manuálně řídit chod chladiče. To způsobilo negativní vnímání adiabatických chladičů, neboť starat se denně o takovéto zařízení je nejen pracné, ale hlavně časově náročné. Jednotky CoolStream od firmy Colt International, s. r. o. vyžadují údržbu jen dvakrát ročně, a to na jaře před začátkem sezóny chlazení a na podzim na jejím konci. Během celého chladicího období udržují hygienu provozu automaticky – jednotka sama například vydá signál, že potřebuje vyčistit desorpční média, dokáže si sama vypustit, propláchnout a napustit vodní zásobník, rozpozná vnitřní a vnější teploty, čímž uzpůsobí chlazení nebo ventilaci potřebám vnitřního prostoru a dokáže toho mnohem víc. Ve své podstatě se jedná o šikovného robotizovaného pomocníka. Na obrázku vlevo je adiabatický chladič vyrobený podle patentu z roku 1945 a vpravo je moderní robotizovaná adiabatická jednotka CoolStream.



Robotizovaná údržba adiabatického chladiče, hygiena provozu

V průběhu věků minulých bylo běžné hojné využití pracovní síly k údržbě strojů a zařízení. Každodenní i častější údržba byla běžně dostupná i provozně akceptovatelná. Počističovač byl vždy k dispozici a mohl každý den po západu slunce navštívit adiabatický chladič, vypnout jej, vypustit vodu, skříň vyčistit a připravit na provoz v dalším dnu. Ráno opět přišel k chladiči a provedl všechny úkony nutné pro spuštění adiabatiky do provozu. V době, kdy bylo nutné i hodiny pravidelně natahovat, byl levnější personál obsluhy, než automatizace. Ale časy se mění, obsluha se v poslední době stala vzácnou, a především i nespolehlivou v porovnání s moderní automatizací. V dnešní době je rozumná už jen investice do adiabatického chladiče s plně robotizovaným udržováním hygieny provozu, což má za následek bezúdržbovost po celou sezónu. Nejlepší současné adiabatické chladiče jsou testovány v akreditovaných laboratořích z hlediska hygieny provozu.



HYGIENICKY CERTIFIKOVÁNO

podle VDI6022 a VDI3803

Adiabatický chladič systém

CoolStream S T A R +V

byl opakovaně testován autorizovanou laboratoří

Essen, 30. October 2010

SYNLAB **SYNLAB**
Analytics & Services
Germany GmbH
Hans-Joachim-Odenburger-Str. 154
45139 Essen
Tel. 0201-20187-0 Fax 0201-20187-11

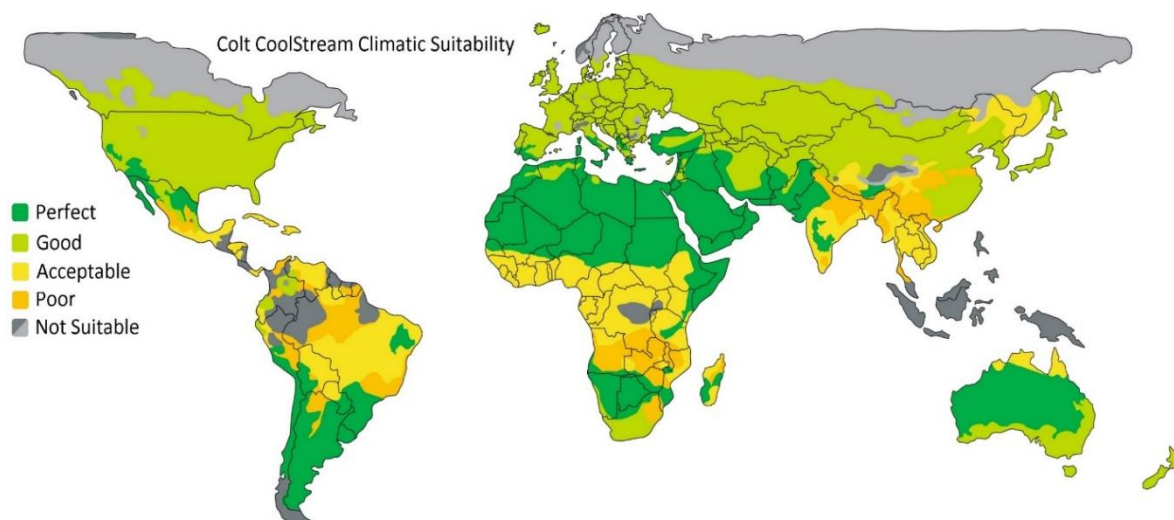


Technické provedení adiabatického chladiče odpovídající místním požadavkům

Vzduchotechnika podléhá lokálním zvyklostem, a především potřebám podnebného pásma. Není možno jen tak nakoupit zařízení navržená a vyrobená pro indický, vietnamský nebo australský trh a jednoduše je bez dalšího nainstalovat v našich podmínkách. Klasická vzduchotechnická jednotka musí být například vybavena uzavírací klapkou chránící před vnikáním chladného vzduchu do vnitřních prostor v zimním období. Je nanejvýše vhodné se před investicí ujistit, že adiabatický chladič byl navržen a vyroben pro podmínky našeho podnebného pásma. Soudobé moderní a kvalitní adiabatické chladiče jsou vybaveny standardními vzduchotechnickými komponenty potřebnými v dané oblasti.



Moderní adiabatické chladicí komory vybavené potřebnými vzduchotechnickými komponenty tvoří vzduchotechnickou a klimatizační řadu vhodnou pro provoz v různých ročních obdobích roku.



Vhodnost adiabatického chlazení pro různé podnebné oblasti

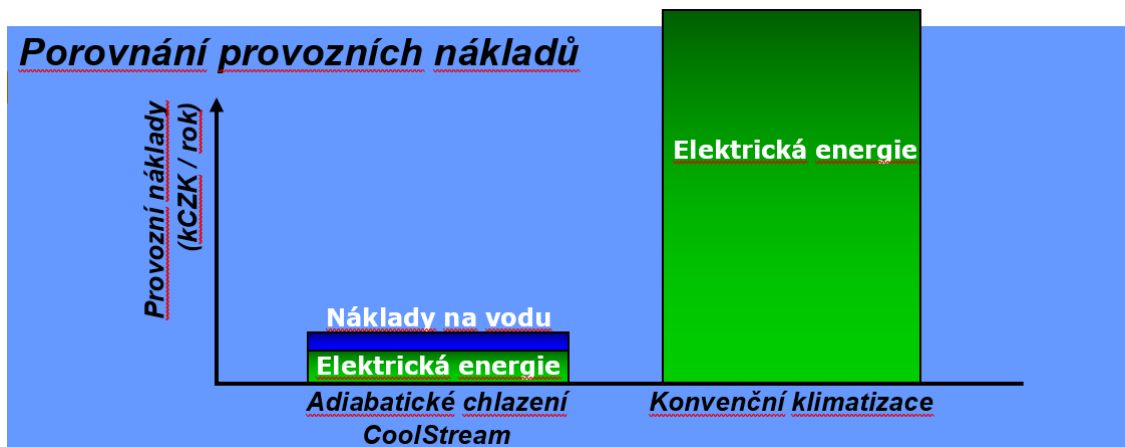
Adiabatické chlazení CoolStream je jedinečný, invenční a efektivní systém, ale jako vše má své limity. Celý proces spočívá v principu odpařování vody, a proto jsou důležitými faktory teplota a vlhkost přiváděného vzduchu, čímž se dostáváme k jádru věci limitů použití adiabatického chlazení v závislosti na lokaci, neboť všude na světě, mají teploty různé a různou vlhkost vzduchu. V místech, kde je příliš velké vlhko nebo příliš chladno se adiabaticky chladit nedá. Více poradí výše přiložený obrázek, ze kterého lze vyčíst, že například v subtropickém podnebném pásu je velmi výhodné chladit adiabatickými jednotkami. Jsou zde však časté pouště, kde je málo obyvatelstva a voda špatně dostupná. Naopak v subpolárním podnebném pásu není použití adiabatických chladičů nutné, protože teploty jsou i v létě relativně nízké. V mírném podnebném pásmu, které zabírá velkou část Eurasie a Severní Ameriky, je adiabatické chlazení CoolStream velmi vhodné, neboť obyvatel je tu velké množství, voda velmi dobře dostupná a adiabatické chlazení CoolStream zde poskytuje velmi dobrý chladicí efekt přibližně 8 až 12 °C oproti vnějším podmínkám.

Proč chladit adiabaticky?

Odpověď: je to nejekonomičtější a nejekologičtější způsob chlazení.

- Nepoužívá F(C)KW nebo jiná umělá chladiva
- Spotřeba pouze vody pro chlazení, žádná energie
- Nízké náklady na chlazení
- Nízká spotřeba energie □ velmi malé emise CO₂

Adiabatické chlazení je energeticky a provozními náklady násobně úspornější než klasická kompresorová klimatizace.



Základní hodnoty adiabatického chlazení:

Základním důvodem pro velmi nízké provozní náklady adiabatického chlazení jsou překvapivě výhodné fyzikální vlastnosti vody.

Pro ohřátí ledu o teplotě 0 °C na vodní páru o teplotě 100 °C je přibližně potřeba celkově 3 013 000 J/kg. Z toho 2 453 000 J/kg je potřeba pro odpaření vody. Skupenské teplo vody je ve srovnání běžně dostupnými materiály násobně větší. Proto je spotřeba vody relativně nízká.

Spotřeba elektrické energie je tvořena pouze spotřebou dopravního vzduchotechnického ventilátoru a je tedy také relativně nízká.

Přes nízké energetické náklady má adiabatické chlazení velmi dobrou chladicí účinnost.

Konkrétní hodnoty chlazení a spotřebu vody pro aktuální venkovní podmínky je možno zjistit v H-x diagramu (Mollierův diagram)

1. Vstupní vzduch → venku: 32 °C / 40 % r.H.
2. Stupeň navlhčení 90 %: → rozdělit vzdálenost

3. Hodnoty výstupního vzduchu: Teplota - 22,6 °C, rel. vlhkost - 91 %

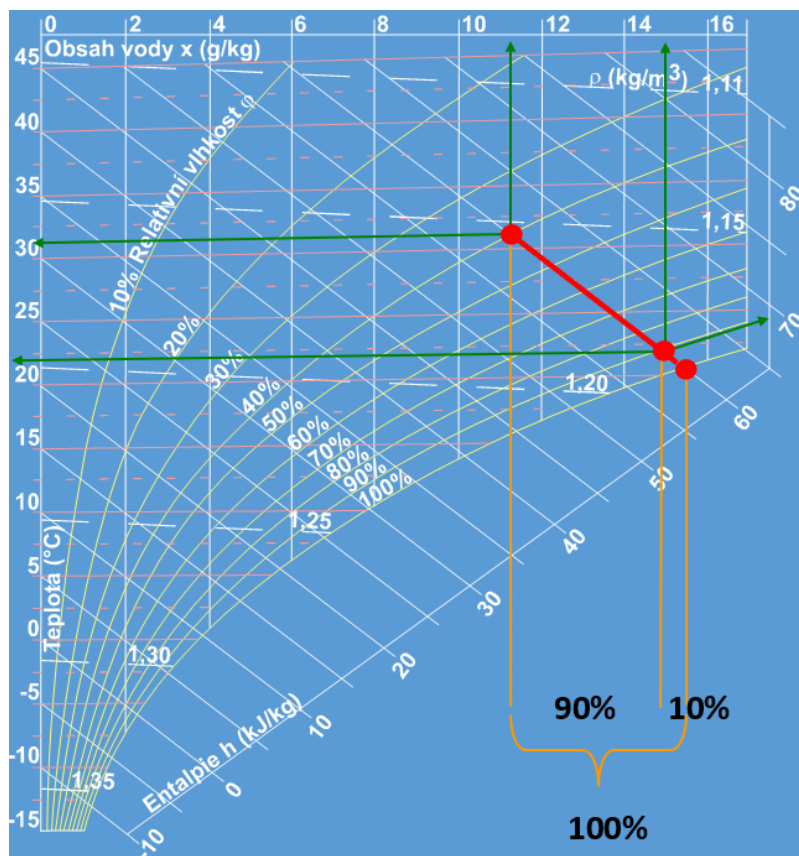
4. Výpočet spotřeby vody: $\Delta x = 14,9 - 11,1 = 3,8 \text{ g/kg}$

Měrná hustota vzduchu: $\rho_v = 1,2 \text{ kg/m}^3$

Průtok vzduchu: $V = 10\,000 \text{ m}^3/\text{h}$

5. Spotřeba vody: $V_v = 3,8 \times 1,2 \times 10\,000$

$V_v = 45 \text{ l/h}$ při průtoku vzduchu $10\,000 \text{ m}^3/\text{h}$



Obr. Mollierův diagram (H - x diagram)

Cena 1 kWh chladu při adiabatickém chlazení

Celý proces adiabatického chlazení proběhne při průchodu vzduchu desorpčním médiem o tloušťce 150 mm. Vzduch tuto vzdálenost urazí za 0,088 sekundy a za tuto dobu dojde k poklesu teploty vzduchu v horkých letních podmínkách typicky o 10 °C.

K ochlazení vzduchu dojde odpařením odpovídajícího množství vody.

Pitná vodovodní voda je v našich podmínkách relativně velice levná:

1 m³ => 100 Kč

1 liter => 0,10 Kč

1 liter => 2,5 MJ

2,5 MJ => 0,10 Kč

1 kWh => 0,144 Kč

1 kWh vychází tedy cenově na 0,144 Kč.





Specialista na větrání
a rekuperaci tepla

www.atrea.cz



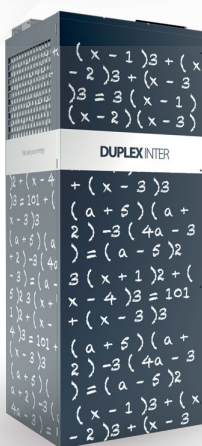
Systemy
pro RD a byty



Větrání
(velko)kuchyní



Občanské
a průmyslové stavby



Školy
a školky



Nová
regulace **aMotion**



Specialista na větrání
a rekuperaci tepla

Větrání (velko)kuchyní

Nejmodernější technologie na trhu



LED
osvětlení



účinná filtrace
pomocí UV-C



uzavřený
systém



lehce čistitelný
podhled

www.atrea.cz



Systémy
pro RD a byty



Občanské a průmyslové
stavby



Školy
a školky



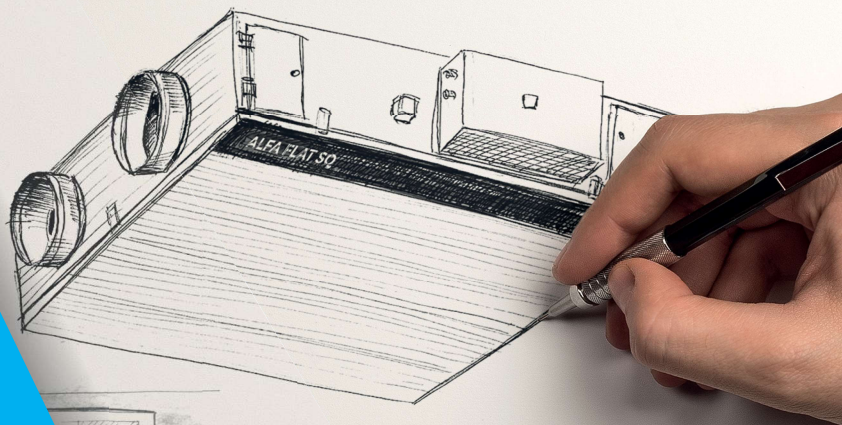
Větrání
(velko)kuchyní



Centrální systémy
větrání



PARTNER
IN VENTILATION
2VV.CZ



VYVÍJÍME TICHO

OD PRVNÍ MYŠLENKY

dBA

33

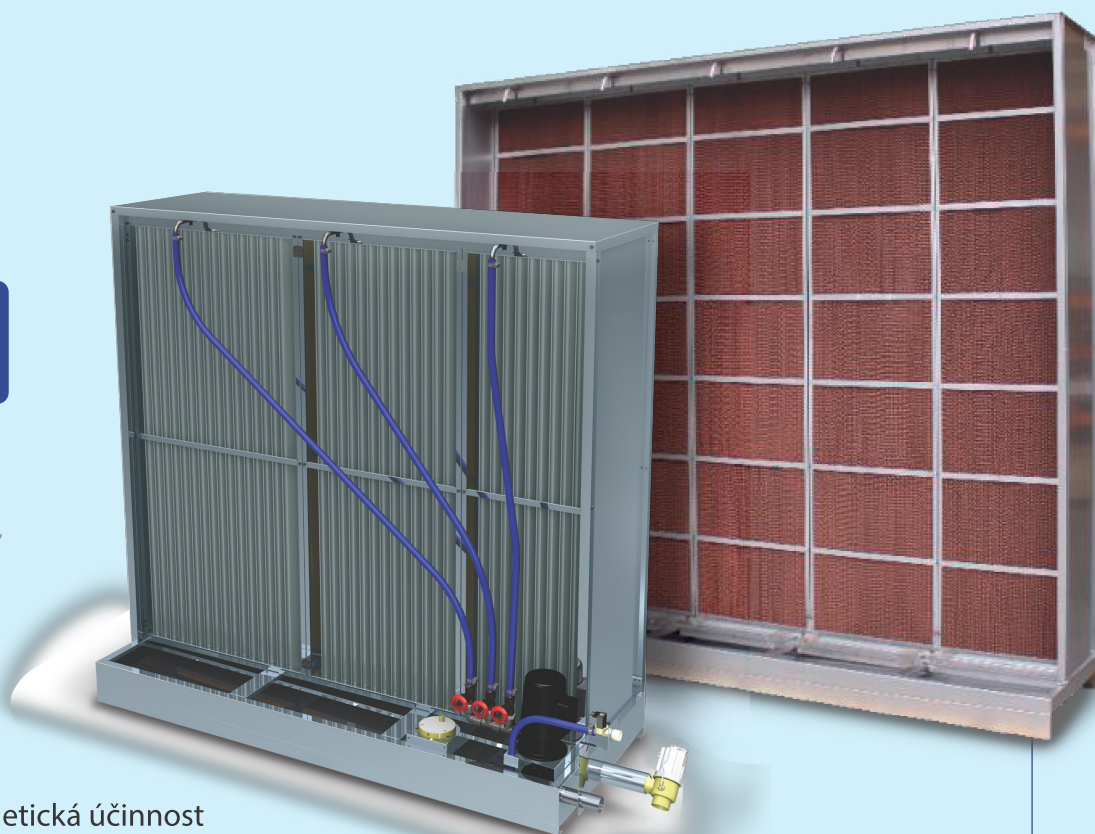


ADIABATICKÉ ZVLHČOVÁNÍ A CHLAZENÍ

EvaPack™ Series

VDI 6022 hygienická certifikace zaručuje, že EvaPack™ DW & RW série splňuje nejpřísnější hygienické požadavky na trhu

VDI 6022
certifikováno



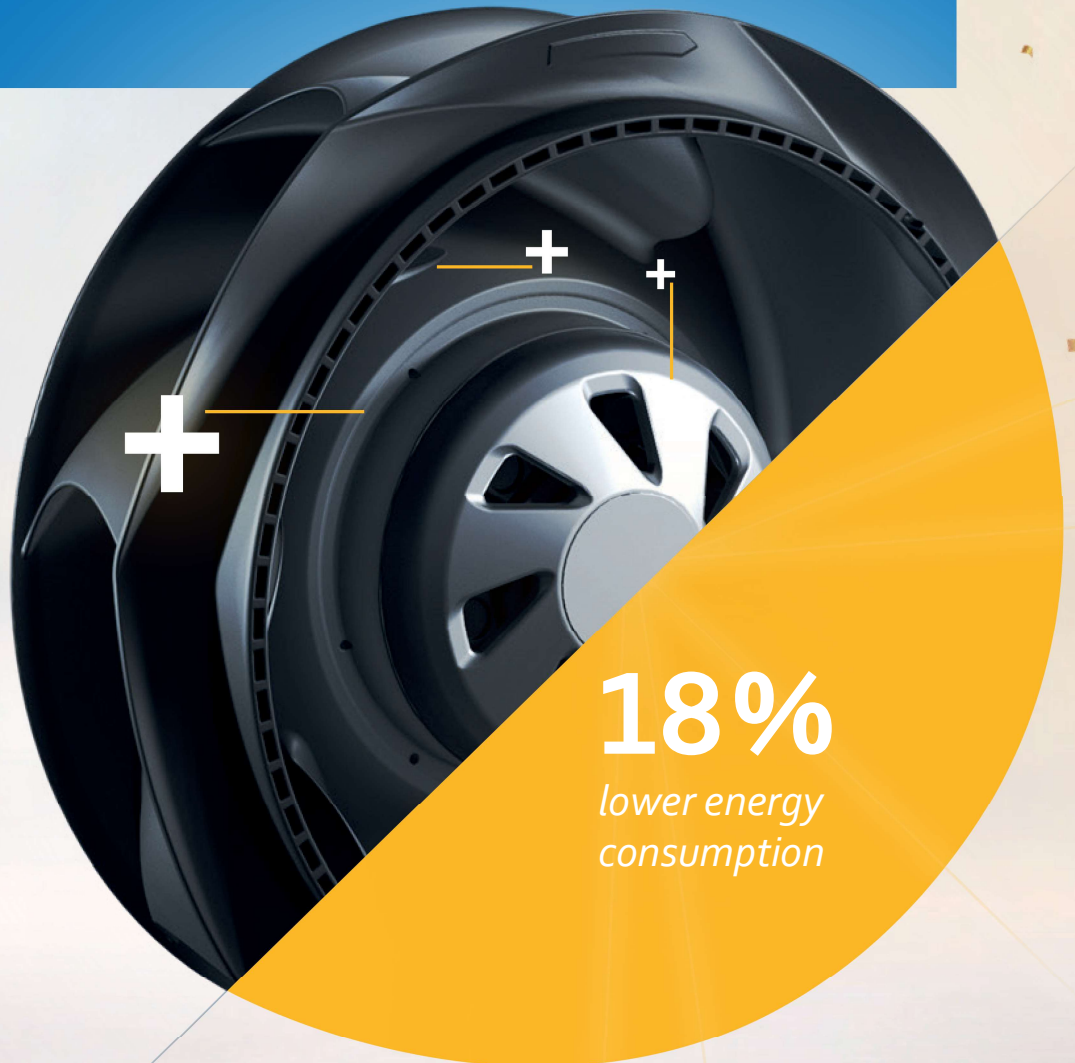
- Vysoká energetická účinnost
- Maximální využití kontaktní plochy
- Vysoká úspora energie díky malé tlakové ztrátě
- Jednoduchý přístup a servis díky přístupu ke kazetám a hydraulickým komponentům
- Třída ohnivzdornosti A1
- Možnost kombinovat se systémem tepelného čerpadla např. Lennox

ebmpapst

engineering a better life

RadiCal 2. Jednička v úsporách energie.

Díky vylepšené aerodynamice spotřebuje ventilátor RadiCal 2 velikosti 190 až o 30 W
tedy o 18% méně energie než jeho předchůdce ve stejném pracovním bodě.
Více informací o benefitech ventilátoru naleznete zde: ebmpapst.com/radical



SABIK

Adaptivní
systém

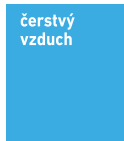
Rekuperační jednotky,
které se přizpůsobí
Vaší domácnosti!



snadná
montáž



čerstvý
vzduch



ekologicky
nezávadné



nová

zelená

úsporám

registrované
v nzu

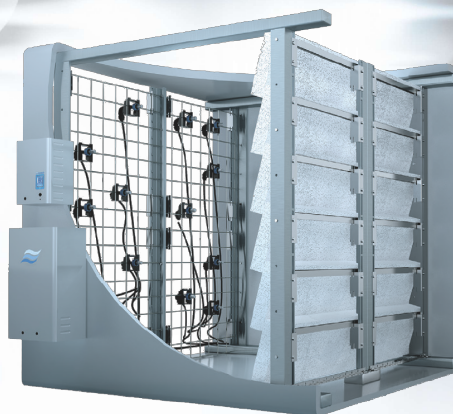
Komponenty pro klimatizační systémy nejvyšší kvality

Spolehlivé řešení vašich mimořádných nároků



- Parní zvlhčování
- Adiabatické zvlhčování a chlazení

Condair DL



Condair RS



DST  **Seibu Giken**

- Adsorpční odvlhčování na extrémní hodnoty až -70°C
- Li-ion technologie, farmacie, potravinářství

DST Flexisorb



- Chlazení datových center
- Sálavé jednotky, mezirackové jednotky InRow

EMIBYTE DXi.A



Flair, a. s. | Česko
Jihlavská 52, 140 00 Praha 4 – Michle
info@flair.cz | www.flair.cz

Flair, a.s. o.z. | Slovensko
Stará Vajnorská 37, 831 04 Bratislava
info@flair.sk | www.flair.sk



Čerstvý vzduch pro
Váš dům či byt, úspory
pro Vaši peněženku.

Lindab **Vzduchotechnika**

Jedinečný systém regulace
pro bytové větrání.



Vzduchotechnika, které můžete věřit.

REKUPERAČNÍ JEDNOTKA DF EVO

Vnitřní prostředí je pro nás důležité

Bezdrátové inteligentní multifunkční ovládání
DFEVO-CTRL



Bezdrátové 4polohové tlačítkové ovládání
DFEVO-PULS4B



Aerodynamický design



Vysoká těsnost



Energeticky úsporné motory



Tepelný výměník s vysokou účinností



Bezdrátové inteligentní čidlo vlhkosti
DFEVO-HR



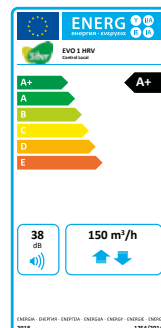
Bezdrátové inteligentní čidlo CO₂
DFEVO-CO2



Konstantní průtok vzduchu



Certifikace



Ethernet



Modem



Cloud



- **Vzduchový výkon 150 a 200 m³/h**
- **Vysoká těsnost** – Hrdla jednotky jsou vybavena dvojitým těsněním pro maximální těsnost spojení jednotky s potrubím
- **Nízká spotřeba** – Vysoce účinné EC motory s nízkým SFP
- **Nižší tlaková ztráta, efektivní proudění vzduchu** – Díky aerodynamickému designu vnitřního korpusu jednotky
- **Tepelný výměník s vysokou účinností** – Diagonální rekuperační výměník s účinností až 95 %, jednotky s Entalpickým výměníkem pro prostory s nízkou relativní vlhkostí
- **Plně horizontální instalace** – Díky konstrukci není nutné jednotku pro odvod kondenzátu naklánět
- **Ultra kompaktní a minimalistický design** – výška pouze 21 cm
- **Inteligentní a automatický by-pass**
- **Otočný odvod kondenzátu**
- **Oboustranná (levé/pravé provedení)**
- **Vertikální/horizontální instalace** – Jedna jednotka, dvě možnosti instalace jak na stěnu, tak na strop
- **Jednotka DF EVO je vybavena integrovanou wifi** a připravena pro bezdrátovou komunikaci s ovladačem nebo čidly kvality vzduchu

MULTIVAC
AIRVANCE GROUP

www.multivac.cz | info@multivac.cz



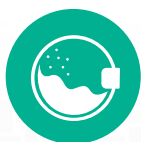
Proč tkaninová potrubí a vyústky?



Precizní distribuce
vzduchu



Rychlá montáž
a demontáž



Dokonale
čistitelné



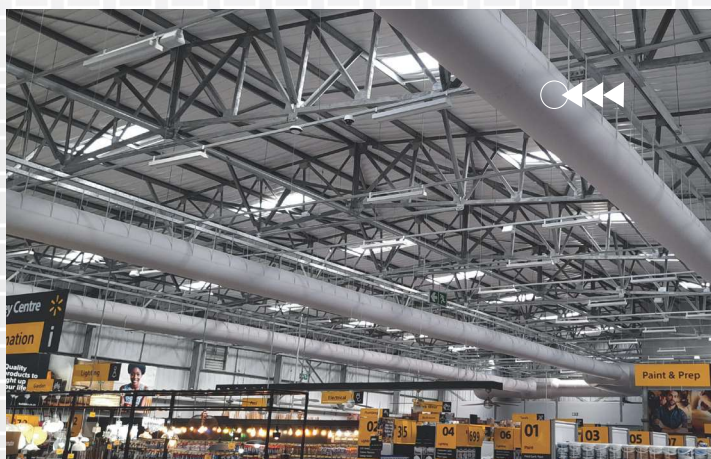
Úspora
nákladů



Nízká
hmotnost



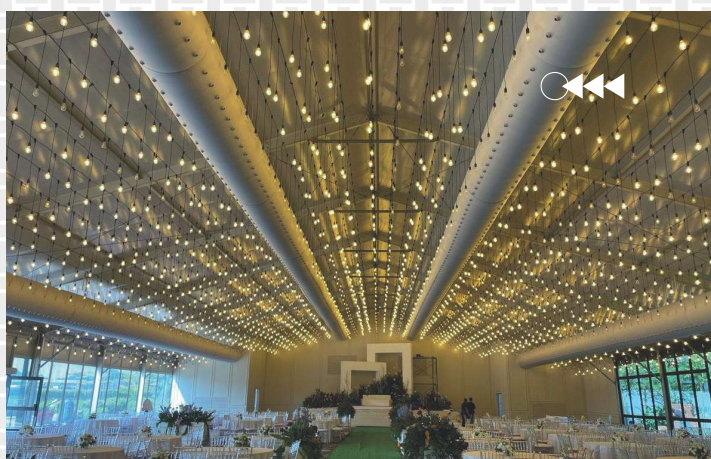
Neomezený výběr
barev a vzorů



HOBBY CENTRUM



ZASEDACÍ MÍSTNOST



SVATEBNÍ SÍŇ



VÝROBNÍ HALA

PŘÍHODA s.r.o. to jsou:
Zkušenosti, technická podpora, inovativnost, rychlost,
nejlepší poměr cena/kvalita

IDEÁLNÍ KOMBINACE.

KOMBINOVANÉ ČIDLO NLII

Kompatibilní s 99 % větracích jednotek na trhu.
Výstupy 0 – 10 V / sloučený výstup CO₂ + VOC.



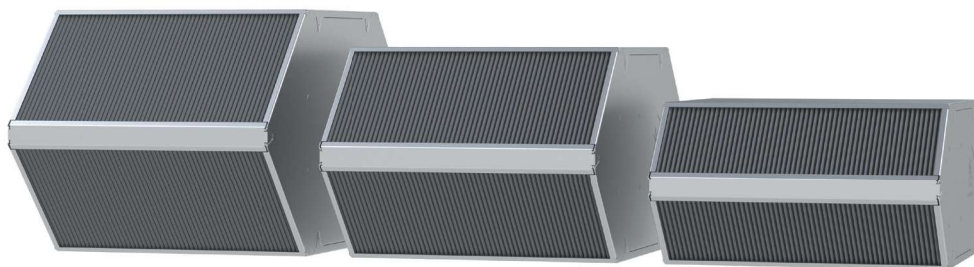
ČIDLO CO₂ + VOC

Protronix s.r.o.
Pardubická 177
537 01 Chrudim

Čidlo dostupné
i ve variantách
VOC + RH, CO₂ + RH

Zjistěte více na
www.cidla.cz





Entalpický Game Changer

Řada **RFK+ / RFC+** je **plně entalpická alternativa** protiproudých hliníkových výměníků REK+, která díky inovativní technologii nabízí kromě **až 90% teplotní účinnosti** také **velmi vysokou vlhkostní účinnost**.

Díky stejným rozměrům je navíc snadné zaměnit hliníkový a plastový výměník bez dalších nutných úprav v rekuperační jednotce.

Tato řada nabízí **vynikající poměr mezi cenou a kvalitou**.

Více informací se dozvíte na:

recutech.com/technology/enthalpy-counter-flow-exchanger/



**Načtěte QR kód a zjistěte,
jak výměník funguje?**



Navštivte naše
webové stránky!

REKUPERAČNÍ JEDNOTKY DO BYTU NEBO PRŮMYSLU? VENTIAIR UMÍ VŠE!

Sestavné a speciální jednotky

- ▶ Základním výrobním programem jsou sestavné jednotky rámové konstrukce
- ▶ Variabilita konstrukce a obrovský rozsah možného výkonu – vyrobíme zařízení podle jakýchkoliv požadavků
- ▶ Dodáváme i speciální jednotky v bazénovém provedení, chemicky odolné, s tepelnými čerpadly či v nevýbušném provedení
- ▶ Téměř neomezené možnosti rozšíření výrobní řady (i zařízení mimo rozsah standardní velikosti)

Kompaktní jednotky

- ▶ Jednotky s minimálními prostorovými nároky
- ▶ Volitelně s integrovanou pokročilou regulací s vysokou konektivitou a přístupem přes internet
- ▶ Několik různých typů napojení a umístění jednotek
- ▶ Rozsahy průtoků jednotek od 200 do 9 500 m³/h



- ▶ Speciální tiché školní jednotky pro přímou instalaci do tříd – parapetní i podstropní provedení



Ozvěte se nám!

office@ventiair.com
+420 737 805 399



Made in Germany

**EFFICIENCY
MEETS
SUSTAINABILITY**

THE GREEN COOLING

VÝROBNÍKY CHLADNÉ VODY A TEPELNÁ ČERPADLA



R290
NATURAL
REFRIGERANT

TEPELNÁ ČERPADLA

chlazená vzduchem a
vodou do 2.000 kW

KOMPAKTCHILLER

modulární systém pro
vnitřní instalaci

VÝROBNÍKY CHLADNÉ VODY

chlazené vzduchem a vodou
do 2.000 kW

AL-KO Air Technology patří Trane Technologies

Společnost Trane ČR má ve svém produktovém portfoliu nově všechny výrobky AL-KO Air Technology, divizi společnosti AL-KO SE se sídlem v Jettingen-Scheppach, Německo, s účinností od 1. listopadu 2022.

AL-KO Air Technology navrhuje, vyrábí, prodává a servisuje celou řadu udržitelných vzduchotechnických jednotek a odsávacích systémů pro širokou škálu aplikací na různých trzích, jako je farmacie, zdravotnictví, průmyslové procesy, maloobchod, rekreační a komerční budovy. AL-KO Air přinese doplňková, vysoce výkonná řešení vzduchotechniky, odsávání a ventilace do komplexního portfolia produktů a služeb Trane® Commercial HVAC v Evropě a Asii. Všechny sestavy s certifikací Eurovent, RLT, TÜV ISO 9001:2015, splňující nařízení o ochraně klimatu o chemikáliích, AEO, VDI 6022 / DIN 1946, s třídou energetické účinnosti AHU A+, případně splňující ATEX požadavky. Jednotky s vysokou účinností, nízkou hlučností a minimálními provozními náklady. Společně s našimi novými kolegy z AL-KO Air Technology budeme i nadále pomáhat našim zákazníkům dosahovat jejich cílů v oblasti vysoce výkonného vytápění, chlazení a ventilace, kvality vnitřního vzduchu a dekarbonizace našich měst. Trane Technologies je perfektním domovem pro AL-KO Air Technology. Sdílíme závazek k udržitelným inovacím, provozní dokonalosti, špičkovým zákaznickým službám a povznášející kultuře. Společnost Trane Technologies bude i nadále využívat respektovanou značku AL-KO u zákazníků.





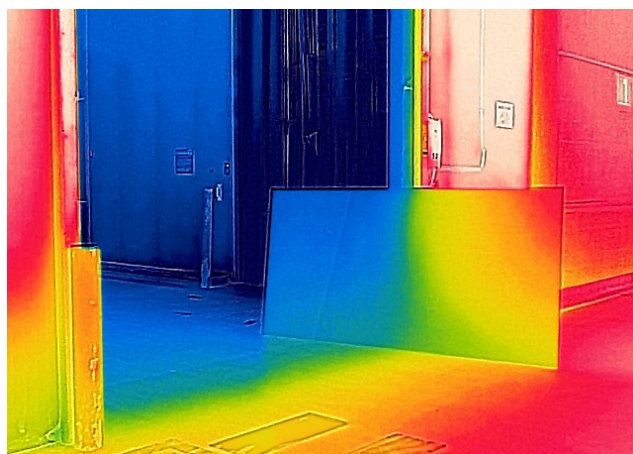
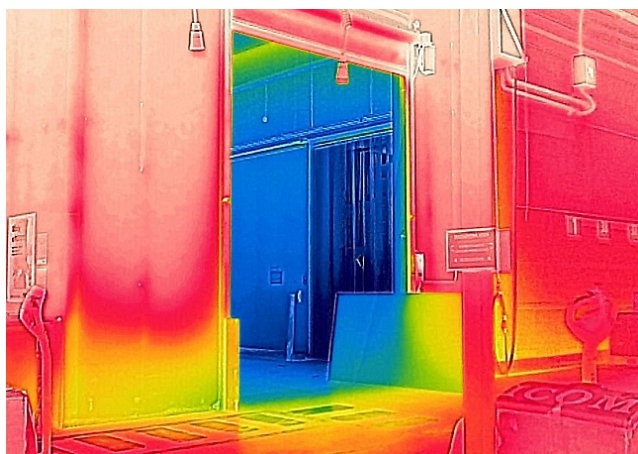
SNÍMKY Z TERMOKAMERY

Věděli jste, že úzký proud vzduchu dokáže od sebe oddělit dva prostory s různou teplotou a zabránit tak tepelným ztrátám s účinností 65%?

Neviditelné vzduchové dveře AIRSTOP®

Pro svou činnost využívají malé množství vzduchu dodávané do prostoru velkou rychlostí proudění. Je možné je plynule nastavit už od rychlosti proudění vzduchu 0,1 m/s. To je i jeden z důvodů, proč dokáží oddělit potřebný prostor v celé jeho délce.

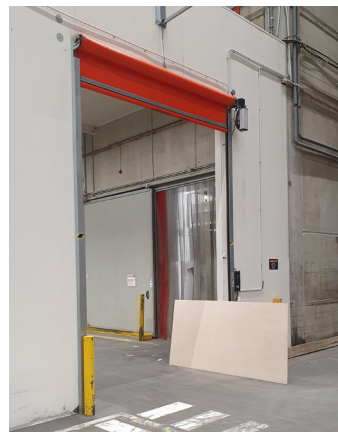
Je to stejné jako od sebe oddělit dva prostory s různou teplotou pouhým řezem nože.



Při výše uvedené reálné instalaci se pomocí neviditelných vzduchových dveří AIRSTOP® od sebe oddělí dva prostory, a to v chlazeném skladu s teplotou +4°C, od běžných skladovacích prostor s teplotou +18°C.

Použitá horizontální jednotka **AS45K**, ve vratech o rozměrech 4,5 x 3,0 m (v x š), uzavře prostor v celé jeho délce.

Je možné je použít k oddělení dvou teplot v rozsahu od -30°C až do +40°C.



www.youtube.com/c/SFILTRACE

Navštivte náš YouTube kanál a podívejte se na naše video z termokamery. Najdete na něm vysvětlení jak **je možné a zároveň i velice účinné oddělit od sebe dva prostory s různou teplotou pomocí úzkého proudu vzduchu.**



SFiltrace s.r.o.

+420603275083, info@sfiltrace.cz, www.sfiltrace.cz

Zengrova 607, 280 02 Kolín IV, Česká republika

IČ: 07015950, DIČ: CZ07015950, Společnost vedená u Městského soudu v Praze, spisová značka C 292812

SPECIALISTA NA VZDUCHOTECHNIKU





Pro zdravé a komfortní klima v místnosti



Prostorové jednotky Belimo

Nové pokojové jednotky (čidla a pokojové ovládací jednotky) jsou dokonalým doplňkem k systému stávajícího sortimentu. Rozšířením sortimentu výrobků pro viditelné části místnosti nabízí společnost Belimo architektům estetický a nadčasový design. Instalatéři oceňují rychlou instalaci a systémoví integrátoři snadné uvedení do provozu pomocí chytrého telefonu. Koncoví zákazníci si užívají nejen příjemné a zdravé klima v místnosti, ale také intuitivní ovládání.

- Estetický, nadčasový design
- Pokojové ovládací jednotky s dotykovým displejem ePaper
- Rychlá instalace díky pružinovým svorkovnicím a nacvakávacímu krytu
- Parametrizace a diagnostika aktivních zařízení prostřednictvím Belimo Assistant App



reddot winner 2022



Discover the advantages
www.belimo.com

Společnost pro techniku prostředí děkuje za spolupráci a podporu při přípravě

25. KONFERENCE KLIMATIZACE A VĚTRÁNÍ 2023

mediálními partnerům konference:

časopis Vytápění, větrání, instalace

internetový portál www.tzb-info.cz

časopis Topenářství instalace



Název publikace	25. konference Klimatizace a větrání 2023
Autor	kolektiv
Vydal	Společnost pro techniku prostředí, Novotného lávka 5, Praha 1 (ČSVTS)
Rok vydání	2023, 1. vydání, vazba brožovaná
ISBN	ISBN 978-80-02-03030-0
