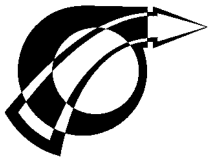
Společnost pro techniku prostředí
Odborná sekce Klimatizace a větrání



21. KONFERENCE KLIMATIZACE A VĚTRÁNÍ 2014

VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE NEJEN V NOVÉ VÝSTAVBĚ, ALE I PŘI REVITALIZACI BUDOV

21. a 22. května 2014

Praha - Vinohrady

sborník přednášek

Společnost pro techniku prostředí děkuje za spolupráci a podporu při přípravě

21. KONFERENCE KLIMATIZACE A VĚTRÁNÍ 2014

mediálním partnerům konference:

časopis Vytápění, větrání, instalace

internetový portál www.tzb-info.cz

časopis Topenářství instalace

21. konference Klimatizace a větrání 2014

Sborník 21. konference Klimatizace a větrání
Praha, 21. – 22. května 2014
Vydavatel: Společnost pro techniku prostředí, Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1 (ČSVTS)
Odborný garant: Miloš Lain
Editor: Vladimír Zmrhal, Jan Schwarzer, Miloš Lain
© Společnost pro techniku prostředí 2014
OS 01 Klimatizace a větrání

ISBN 978-80-02-02520-7

ÚVODNÍ SLOVO

V roce 2014 připravila odborná sekce OS 01 Klimatizace a větrání Společnosti pro techniku prostředí svojí již dvacátou první konferenci. Mottem této konference je: "Větrání a klimatizace nejen v nové výstavbě, ale i při revitalizaci budov", ale prezentované příspěvky, jak už je zvykem, pokrývají celou oblast větrání a klimatizace spolu se spřízněnými obory. Čtyřicet příspěvků, které naleznete ve sborníku, bude prezentováno v rámci pěti tematických bloků dvoudenní konference.

Věřím, že témata prezentovaná na této konferenci budou přínosem nejen pro jednotlivé účastníky a jejich odborný růst, ale i pro samotnou problematiku větrání a klimatizace.

Na závěr úvodního slova bych chtěl poděkovat celému organizačnímu výboru konference za práci na přípravě konference. Dále děkuji všem autorům, kteří reagovali na výzvu a připravili své příspěvky. Můj dík patří též sponzorům a inzerentům, kteří přispívají ke zdárnému průběhu konference nejen finančně, ale i odbornými příspěvky a informacemi.

V neposlední řadě děkuji Vám, účastníkům této konference, za to, že svou účastí dáváte naší konferenci význam největšího setkání odborníků a zájemců o obor Klimatizace a větrání v České republice.

Ing. Miloš Lain, Ph.D.

odborný garant konference

Organizační výbor konference

Ing. Radka Čapková

Ing. Jiří Frýba

Ing. Marcel Kadlec

Ing. Miloš Lain, Ph.D.

Ing. Petr Mádr

Ing. Zuzana Mathauserová

Ing. Jan Matějka

Ing. Jan Měrka

Ing. Jiří Petlach

Ing. Jan Schwarzer, Ph.D.

Ing. Stanislav Toman

doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.

OBSAH

Angelis Walter, Hofmann Georg 11
Vliv ventilátorové komory na vzduchový výkon a akustiku volně oběžných kol

Bambous Jaroslav 19
Praktické využívání zařízení techniky prostředí

Begeni Marek, Zmrhal Vladimír 23
Možnosti využití absorpčního chlazení pro klimatizaci budovy

Čapková Radka, Čunát Jaroslav 31
Ventilátory pro větrání dopravních staveb - tunelů a metra

Drkal František 39
Nedostatky návrhů a realizací vzduchotechnických zařízení

Dufek Jaroslav 45
Výrobky pro vzduchotechniku a odvody kouře a tepla a deklarace jejich vlastností ovlivňujících požární bezpečnost stavby

Förster Vladimír 53
Čisté prostory pro farmacii a zdravotnictví

Frýba Jiří 59
Uvádění vzduchotechnických zařízení do provozu po skončené montáži

Hlavačka Vladimír 65
Vzduchotechnické jednotky s integrovaným kompresorovým okruhem

Hurtíková Daniela, Petráš Dušan 69
Hodnotenie vnútorného prostredia v administratívnej budove

Jaroš Michal, Kolbábek Antonín, Musil Zdeněk 77
Vliv zemních výměníků tepla na kvalitu přiváděného vzduchu a zkušenosti uživatelů s jejich provozem

Kašpar Antonín 83
Univerzitní kampus - návrh a provoz

Klazar Jaromír 87
Main Point Karlín nejen vzduchotechnikou k LEED Platinum

Kovářová Zuzana 93
Tvorba vnútorného prostredia v objektech průmyselného charakteru

Lain Miloš 99
Zimní provoz klimatizačních zařízení

Lain Miloš, Tuharský Róbert 105
Spotřeba elektrické energie klimatizačních zařízení

Lajčíková Ariana 111
Škodliviny ve vnitřním prostředí - radon v ovzduší domů a bytů

Machalec Miroslav, Kulczycki Luděk 115
Chlazení reprezentačních prostor radnice v Olomouci

Mareš Luděk **123**
Hluk stabilních hasicích zařízení výpočetních center s ohledem na spolehlivost funkce výpočetní techniky

Matějíček Karel **129**
Praktické zkušenosti s využitím indukčních vyústí k distribuci vzduchu

Mathauserová Zuzana **135**
Hygienické požadavky na kvalitu vnitřního prostředí budov

Němčík Miroslav **143**
Systémy akumulace chladu

Nový Richard **147**
Distribuce vzduchu v akusticky náročných místnostech

Petlach Jiří **157**
Úskalí při projektování větrání kuchyní

Pokorný Jiří **165**
Výkon státní správy HZS ČR se zaměřením na požární větrání

Pospíšil Martin **171**
Tlakové ztráty v perforovaných vzduchovodech

Příhoda Zdeněk, Bureš Michal, Prešnajder Pavel **177**
Jak dosáhnout v průřezu 18m2 rovnoměrného rozložení rychlostí proudění vzduchu 0,1-0,2 m/s?

Šmíd Roman **183**
Snižování nákladů na provoz vzduchotechniky a odvlhčování bazénových prostor

Šourek Radim **187**
Přehled zavádění Směrnice Evropského Parlamentu a Rady Evropské Unie pro určení požadavků na energetickou efektivnost resp. tzv. Ecodesing výrobků GEA Heat Exchangers a.s. spojených se spotřebou energie ve vzduchotechnice a klimatizaci

Šubrt Roman, Charvátová Pavlína **195**
Větrání budov v minulosti a současnosti

Toman Stanislav **203**
Projektování zařízení pro odvod kouře a tepla

Zmrhal Vladimír **211**
Návrh chladiče venkovního vzduchu

Žák Michal, Zahradníček Pavel, Skalák Petr **217**
Co víme o tepelném ostrovu Prahy?

Žemlička Jan **223**
Solar decathlon 2013 – AIR House

Firemní články:

Čechová Yveta, Fišer Ondřej **229**
Odstranění virů, bakterií, aerosolů a ostatních mikročástic ze vzduchu

Hvížďala Jiří **237**
Tepelná čerpadla vzduch/voda od Mitsubishi Electric

Müller Jens, Strehle Michael **245**
„Systém usměrňování proudění“ zaručuje nízkou hlučnost

Soukup Karel **249**
Rekuperační jednotky TOPVEX - nová generace

Zhukov Artem **253**
Nástroje a možnosti hodnocení energetické efektivnosti HVAC TECHNOLOGIE - případová analýza fancoilů a chladicích trámů

Žemlička Petr **257**
Opláštění vzduchotechnický jednotek

VLIV VENTILÁTOROVÉ KOMORY NA VZDUCHOVÝ VÝKON A AKUSTIKU VOLNĚ OBĚŽNÝCH KOL

Walter Angelis, Georg Hofmann

Ziehl-Abegg SE
walter.angelis@ziehl-abegg.de, georg.hofmann@ziehl-abegg.de

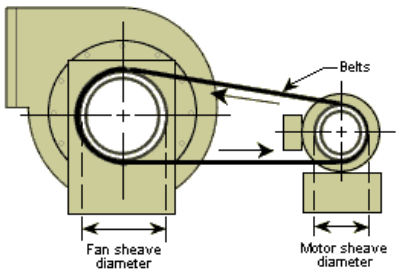
ANOTACE

Společnost Ziehl-Abegg provedla celou řadu různých experimentálních zkoušek, jejichž cílem bylo zkoumání vlivu klimatizačních jednotek na vzduchový výkon a akustické vlastnosti volně uložených oběžných kol s dozadu zahnutými lopatkami. Klimatizační jednotky a VZT zařízení (Air Handling Unit) se používají pro klimatizaci obytných domů, konferenčních center, kanceláří, průmyslových objektů apod. Vývoj trhu za posledních 10 let ukázal, že ventilátory se spirální skříní byly ve VZT zařízeních ve většině aplikací nahrazeny radiálními oběžnými koly s volným uložením (zkráceně VOK). Evropská legislativa určuje trend směrem k účinnějším a tišším ventilátorům. Za účelem možnosti posuzování vlivu stěn klimatizačních jednotek na vzduchový výkon a akustiku VOK již ve fázi návrhu jednotek provedla společnost Ziehl - Abegg na speciálním zkušebním zařízení rozsáhlá měření. S pomocí tohoto zkušebního zařízení bylo možné simulovat chování VOK v různých podmínkách zástavby. Výsledky těchto simulací slouží asociaci kvality GZ 652 (dříve sdružení výrobců RLT zařízení) ke kontrole kvality výroby VZT zařízení [1]. První měření vzduchových výkonů a akustická měření v zástavbě simulující klimatizační jednotku byla provedena ve spolupráci s universitou v Heilbronnu. Tato měření byla později ověřena měřeními v moderních kombinovaných měřících komorách (vzduchový výkon/akustika) v nové zkušební laboratoři společnosti Ziehl-Abegg. Výsledky těchto testů byly použity pro odvození algoritmů, které byly implementovány do návrhových programů ZAselect-ZRV a FANselect. Tyto návrhové programy masívně využívají výrobci klimatizačních jednotek. Správnost algoritmů pro výpočet vlivů stěn klimatizační jednotky v programu FANselect byla potvrzena četnými měřeními v klimatizačních jednotkách celé řady uživatelů ventilátorů Ziehl-Abegg.

ÚVOD

Pro klimatizaci budov, konferenčních center, skladů nebo pro klimatizaci výrobních hal se VOK prosadila cca před deseti lety. Typický modul VOK s motorem určený pro zástavbu do ventilátorové komory je zobrazen na obr. 1. Charakteristické pro tyto ventilátory je to, že volná oběžná kola pro efektivní výkon nepotřebují spirální skříň. Na obr. 2 vpravo je zobrazen typický ventilátor ve spirální skříni s řemenovým převodem.

Obr. 1 *Ventilátor s volně oběžným kolem typu C s přímým pohonem určený pro zástavbu*

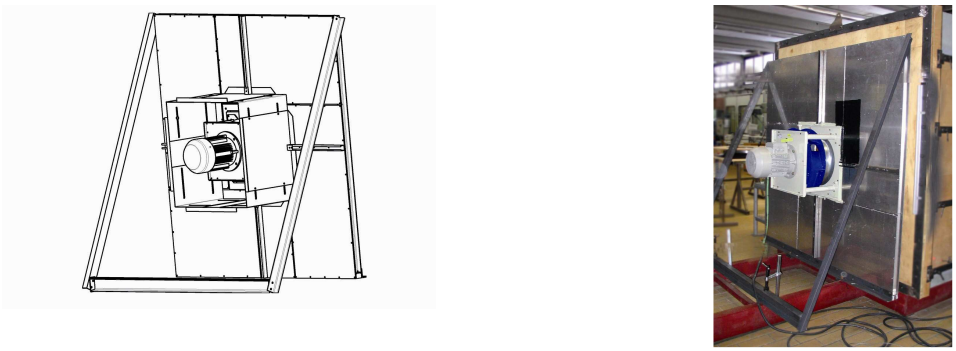


Obr. 2 *Schématický nákres ventilátoru ve spirální skříni s řemenovým převodem*

Volně uložená oběžná kola jsou namontována přímo na hřídeli motoru, proto nevznikají žádné ztráty na převodu přes řemenový pohon. Ztráty řemenového převodu podle praktických zkušeností činí až 15 %. V aplikacích, ve kterých se dbá na hygienu, má použití VOK s přímým pohonem kol tu výhodu, že může být na straně výstupu z ventilátorů vynechán druhý filtrační stupeň (podle VDI 6022-4.3.14). Nároky na údržbu VOK jsou nižší, protože odpadá údržba řemenového převodu. Dobrý přístup k VOK umožňuje snadné čištění. Závěrem lze konstatovat, že ventilátory s VOK v současné době v klimatizačních jednotkách už nahradily ventilátory se spirální skříní, typická aplikace je na obr. 3.

Obr. 3 *Ventilátor s VOK zabudovaný v klimatizační jednotce*

Vstupní sací hrdlo a motor s oběžným kolem tvoří sestavu, která je namontována na jednom rámu. Ventilátorová jednotka je zabudována do ventilátorové komory přes pružná připojení. Modul je posazena na gumových nebo pružinových tlumičích a pro připojení na straně sání se používají pružné manžety. Tyto prvky minimalizují přenos vibrací.

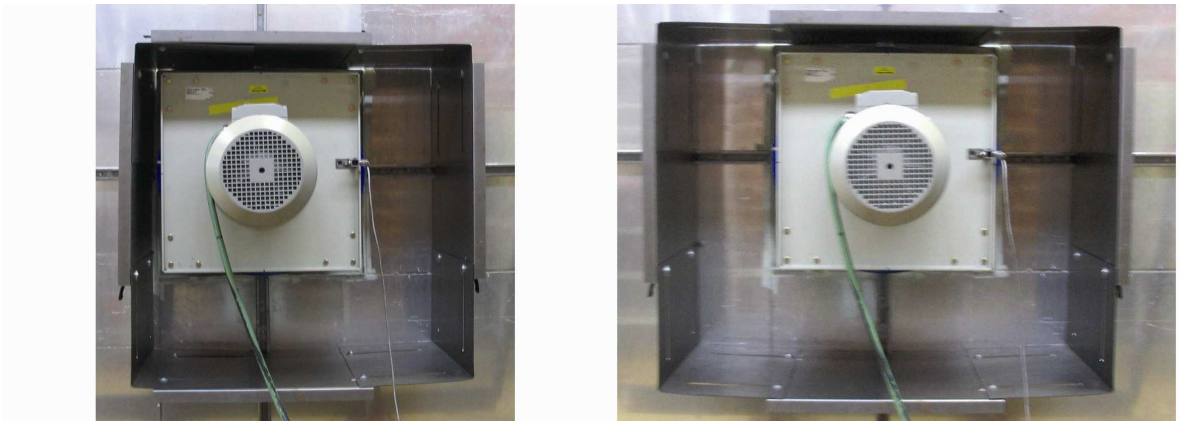


Obr. 4 *Zkušební zařízení pro simulaci vlivu vzdálenosti stěn na vzduchový výkon VOK*

Zkoušky ukázaly, že rozměry vzduchotechnických jednotek významně ovlivňují parametry (vzduchový výkon a účinnost), ale mají také významný vliv na hlukové spektrum ventilátoru (viz literatura [2], [3] a [4]). Pro použití VOK ve VZT jednotkách existuje několik doporučení na dodržení vzdáleností kola od stěn komory. Asociace kvality GZ 652 (dříve sdružení výrobců RLT zařízení) doporučuje například minimální vzdálenost *A* mezi vnějším průměrem *D* volně běžného kola a stěnami vzduchotechnické jednotky v rozsahu (0,3 až 0,4)*D* [1]. Tato doporučení, pokud jde o vzdálenosti od stěn, popisuje ve své RLT-směrnici 01 [5]. Protože se v praxi způsoby zástaveb liší, proto bylo v Ziehl-Abegg navrženo a vyrobeno speciální zkušební zařízení s posuvnými bočními stěnami (obr. 4).

Toto zkušební zařízení umožňuje nastavení vzdálenosti stěn vůči VOK, nastavení vzdáleností je velmi variabilní a umožňuje stanovit doporučené vzdálenosti na základě experimentálních měření. Obr. 5 ukazuje čtyři různé zástavby, které byly zkoumány.

Obr. 5 *a) symetrické umístění* *b) nesymetrické umístění (uprostřed)*



Obr. 5 *c) nesymetrické umístění (vlevo nahoře)* *d) nesymetrické umístění (nahoře)*

Na základě charakteristik a měření relativních úrovní akustického tlaku jsme stanovili činitele vzduchového výkonu, které byly implementovány do výběrového programu ventilátorů společnosti Ziehl - Abegg. Pomocí zjištěných faktorů vlivu vzdáleností stěn na vzduchový výkon je možné vliv zástavby zohlednit již ve fázi konstrukce jednotek.

POPIS MĚŘENÍ

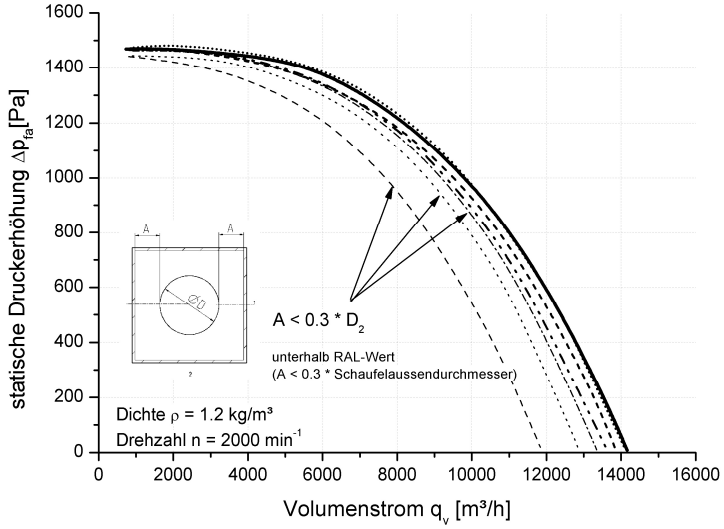
Aby bylo možné simulovat různé instalace, bylo zkušební zařízení navrženo s pohyblivými stěnami. Obr. 4 vlevo znázorňuje testovací zařízení schematicky, fotografie vpravo znázorňuje toto zařízení namontované na straně sání měřící komory, tak jak bylo použito na universitě v Heilbronnu. Čtyři v praxi nejčastější způsoby instalací jsou znázorněné na obr. 5 a) až d). Souměrným nebo nesouměrným posunováním čtyř stěn bylo možné flexibilně simulovat tyto čtyři různé možnosti vestavby ventilátorů do vzduchotechnické jednotky.

Zkoušky, které předcházely při různých otáčkách ventilátoru, ukázaly, že relativní změna výkonové křivky při různých vzdálenostech od stěn je nezávislá na otáčkách. Proto na měřící trati university v Heilbronnu byla všechna měření provedena při konstantních otáčkách 2000 ot/min. Hladina akustického tlaku byla měřena ve vzdálenosti 1 m vždy ve třech reprezentativních pracovních bodech a byla zjišťována relativní změna hladiny akustického tlaku v závislosti na poloze bočních stěn. Vzdálenosti bočních stěn byly stanoveny podle

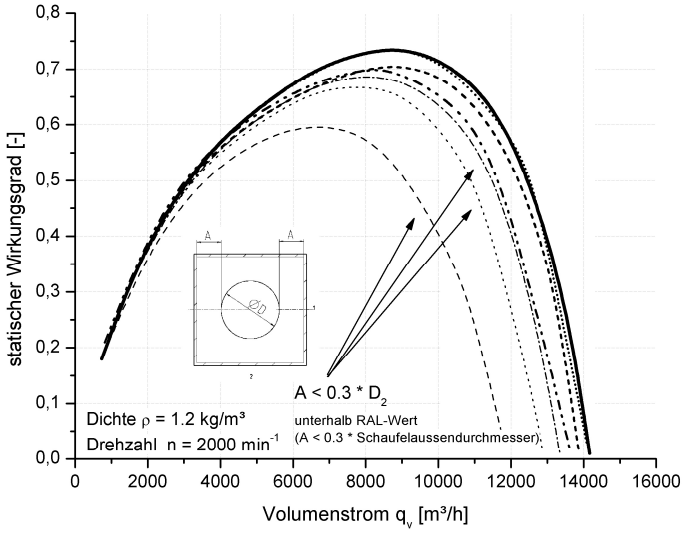
různých doporučení s ohledem na komerční standardy, které jsou obvyklé pro vzduchotechnické jednotky v Německu.

VÝSLEDKY

Měření ukázala, že při dodržení doporučené minimální vzdálenosti *A* v rozsahu (0,3 až 0,35).*D* (kde *D* je vnější průměr oběžného kola) je vliv vzduchotechnické jednotky na výkonové charakteristiky ventilátoru ve všech čtyřech různých montážních situacích téměř totožný. Při nedodržení minimálních vzdáleností *A* pak působí tyto čtyři různé zástavby na parametry ventilátoru rozdílně. V případě nedodržení minimálních vzdáleností se vždy zhorší tonální hluk, a to výrazným způsobem. Vzhledem k evropským směrnicím pro instalace, které doporučují způsoby vestaveb pro ventilátory v Evropě, jsme omezili tyto studie na obvyklé rozměry jednotek. Obr. 6 ukazuje naměřené křivky ventilátoru při změně rozměrů jednotky pro reprezentativní montážní polohu podle obr. 4 a).



Obr. 6 *Vliv rozměrů jednotky na výkonové křivky VOK*



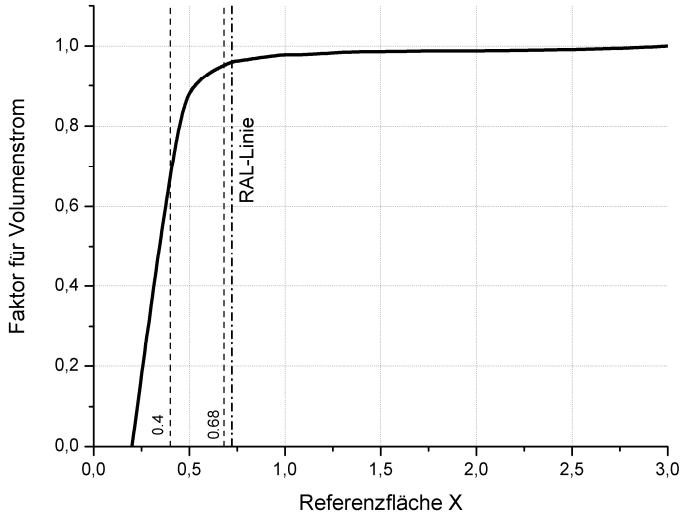
Obr. 7 *Vliv rozměrů jednotky na statickou účinnost VOK*

Přerušované křivky v tomto grafu ukazují, že při nedodržení minimálních vzdáleností *A* prudce rostou ztráty. Například se stěnou ve vzdálenosti *A* = 0,1.*D* je vzduchový výkon VOK

o 10 % nižší než jsou jeho deklarované parametry. K tomu se v důsledku interakce mezi oběžným kolem a bočními stěnami výrazně zvýší tonální hluk (hluk s tónovými složkami). To vede k výraznému zhoršení akustického chování celého zařízení a může se stát, že budou nutná nákladná opatření na ochranu proti hluku. Průběh naměřených křivek ukazuje, že nedodržení minimální vzdálenosti A od stěn má za důsledek snížení vzduchového výkonu ventilátoru, přičemž statický tlak zůstává prakticky beze změny. Obr. 7 ukazuje vliv rozměrů zařízení na účinnost ventilátoru.

Jak se dalo očekávat, účinnost ventilátoru klesá se zkrácením vzdálenosti stěn jednotky od VOK.

Měření určila, jakým způsobem jsou ovlivňovány objemové průtoky vzdáleností VOK od stěn jednotky. Z těchto měření odvodil Ziehl-Abegg koeficient pro průtoková množství vzduchu, viz obr. 8.



Obr. 8 *Koeficient K průtokového množství v závislosti na referenční ploše X*

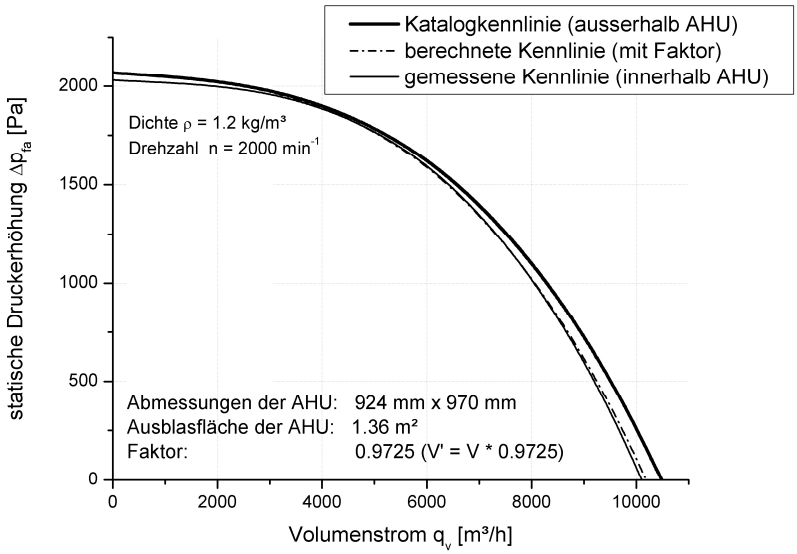
Tento graf určuje koeficient *K* objemového množství vzduchu v závislosti na referenční ploše *X*, která je definována takto

X = (šířka komory . výška komory) / $(4.D^2)$

kde *D* je průměr oběžného kola.

Z měření byly odvozeny algoritmy, pomocí kterých mohou konstruktéři klimatizačních zařízení již ve fázi konstrukce předvídat vlivy rozměrů vzduchotechnické jednotky na výkon a akustické vlastnosti ventilátorů. Tyto algoritmy firma Ziehl-Abegg implementovala do návrhového programu FANselect, který je volně dostupný na www.ziehl-abegg.cz.

Obr. 9 ukazuje pro ověření algoritmu znehodnocení charakteristiky, které slouží jako srovnání mezi měřením a výpočtem. Jako výchozí zdroj pro výpočet byla použita katalogová křivka (souvislá křivka tučně), která byla naměřena na standardní měřící trati s volným výtlakem bez vlivu vestavby do jednotky. Naměření křivka (souvislá křivka) se téměř shoduje s vypočítanou křivkou pomocí koeficientu *K* (přerušovaná křivka).



Obr. 9 *Srovnání křivek ventilátoru v jednotce (výpočet vs. měření)*

Měření vlivů stěn na vzduchový výkon a akustiku byla opakována v kombinovaných tratích nové laboratoře firmy Ziehl - Abegg v Künzelsau. Kombinované měřící tratě měří současně vzduchové výkony a hlukové parametry. Tato nová měření potvrdila původní měření na universitě v Heilbronnu a dávají jistotu konstruktérům při návrhu nových řešení vzduchotechnických jednotek.

Další krokem ve vývoji VOK je nové kolo Cpro. Toto kolo je určeno především pro použití ve vzduchotechnických jednotkách a představuje další generaci „plug fans“. Kolo Cpro bylo vyvinuto s ohledem na co nejvyšší výkon, vysokou účinnost a dobrou akustiku. Tím, že Cpro má tvarované lopatky ve 3D je toto kolo tišší a šetří zákazníkům časově a finančně náročná akustická izolační opatření. Zvýšená účinnost oběžného kola Cpro uživatelům umožňuje dosáhnout až 15 % úspory elektrické energie. Díky speciálnímu kompozitnímu materiálu ZAmid dosahuje Cpro vyšší vzduchové výkony než obdobné výrobky. Oběžné kolo Cpro je vyrobeno z jednoho kusu a nemá tedy žádné sváry nebo jiná spojení, která jsou kritická při posuzování pevnosti kola. Proto jeho max. obvodové rychlosti jsou srovnatelné s ocelovými koly a v tomto parametru se mu nevyrovná žádné jiné kolo z kompozitního materiálu. Náhradou oceli je u Cpro snížena hmotnost o více než 50 % ve srovnání s ocelovým kolem. Snížená hmotnost kola Cpro zásadním způsobem šetří ložiska motoru, což zajišťuje delší životnost systému. Kromě toho snižuje náklady za dopravu a usnadňuje manipulaci. Stávající ocelová kola lze vyměnit a bez jakýchkoliv omezení lze místo nich použít Cpro. Rozsah pracovních teplot je od -20 ° C do +80 ° C. Oběžné kolo je odolné proti korozi a stálobarevné díky stabilizovanému kompozitnímu materiálu. Technologie Cpro ZAmid znamená úspory energie a snížení emisí CO_2 od okamžiku výroby kola až do konce jeho životnosti. Dalším plusem je výborná kompatibilita s ochrannou životního prostředí. Na konci životního cyklu VOK Cpro je možné materiál recyklovat. Kolo se rozdrtí, na 100 % se může využít pro stejný nebo jiný výrobek a nevznikne žádný odpad.

ZÁVĚR

Chování vestavných ventilátorů s VOK ve vzduchotechnických jednotkách byla studována a experimentálně měřena společností Ziehl-Abegg. Vzdálenost pevných stěny ve směru výtlaku ventilátoru mají na vzduchový výkon a akustiku podobné vlivy jako změna šířky lopatek VOK. Při snižování vzdálenosti mezi stěnou a oběžným kolem se snižuje vzduchový výkon ventilátoru, podobně jako při snižování šířky lopatek radiálního oběžného kola. Porovnávací

měření v zařízeních zákazníků s hodnotami ze selekčního programu FANselect ukázala velmi dobrou shodu.

LITERATURA

[1] Gütegemeinschaft Raumlufttechnische Geräte e.V., Güte- und Prüfbestimmungen für die Herstellung von Raumlufttechnischen Geräten, Gütesicherung RAL – GZ 652, Ausgabe Januar 2003.

[2] SADI, O. Experimentelle Untersuchungen zur Bestimmung des Einflusses von handelsüblichen Klimakastengeräten auf das Verhalten von freilaufenden, rückwärtsgekrümmten Ziehl-Abegg Laufrädern, www.ziehl-abegg.com

[3] SADI, O. Einfluss von Klimakastengeräten auf das Verhalten von Laufrädern, HLH 10/2004.

[4] SADI, O. Einflussbestimmung von Klimakastengeräten auf das Verhalten von Laufrädern, Heizung Lüftung Klimatechnik, HLK 10/2006.

[5] Herstellerverband Raumlufttechnische Geräte e. V., RLT-Richtlinie 01, Allgemeine Anforderungen an Raumlufttechnische Geräte, Ausgabe Juli 2013.

PRAKTICKÉ VYUŽÍVÁNÍ ZAŘÍZENÍ TECHNIKY PROSTŘEDÍ

Jaroslav Bambous

bambous@email.cz

ÚVOD

Ne všechna zařízení techniky prostředí po své realizaci a při následném provozu splnila vše, co se od nich očekávalo. Příčiny mohou být již ve fázi projektu, úsporách na nevhodných místech, nedostatcích při realizaci, uvedení do provozu a vlastním provozování. Prakticky každé nové zařízení techniky prostředí je unikátní a je nutné počítat s tím, že všechny uvedené fáze budou vyžadovat dostatek času, pozornosti a profesionality zúčastněných jako nutných podmínek k odstranění všech nedostatků a vyladění celého systému.

DOKUMENTACE

Již ve stadiu zpracování dokumentace se zásadně rozhoduje o technických vlastnostech zařízení techniky prostředí. Přesto není dokumentaci často věnována pozornost, kterou by si zasloužila. Začíná být běžné, že střední stavby a to zejména vestavby a rekonstrukce (náklady 1 -. 10 mil. Kč) se staví na základě jen zběžné studie. Samozřejmě bez kót, výkazů výměr a bez vyřešení dopadů na jednotlivé profese (a často navíc bez stavebního povolení). Vše se řeší v průběhu výstavby, což stojí peníze (většinou dodavatele) a čas, za jehož dodržení bez ohledu na změny odpovídá opět dodavatel.

I pokud se dokumentace zpracovává, bývá na ní patrné, jak narychlo byla zpracována. Rekonstrukce a vestavby jsou často projektovány bez obhlídky stavby a bývají zapracovány do předložené a často neodpovídající dokumentace. Jenom jeden příklad: *Při vestavbě lékárny do stávající polikliniky měla být vytvořena hala vybouráním příček. Teprve při bourání se zjistilo, že projekt vycházel z neplatné dokumentace stavby a výškový rozdíl podlah byl cca 1 m.*

Při tvorbě dokumentace pro provádění stavby větších objektů se opomíjí hledání optimálního řešení návrhu. Při vlastním zpracování dokumentace pro provádění stavby není vypracována koordinace profesí nebo je zpracována zcela nedostatečně a bez řezů v kritických místech. Až v průběhu realizace se řeší, zda a za jakých opatření se podaří instalovat všechny rozvody, zejména ty nejproblematičtější jako jsou rozvody vzduchu a odpadů.

A ještě několik nenavazujících poznámek:

- Při rozpříčkování velkých prostor se přehlíží skutečnost, že do každého prostoru musí být vzduch přiveden a v odpovídajícím množství i odveden. V jedněch prostorách pak zůstává jen přívod vzduchu, vedle jen odvod. Větrání je pak zcela nefunkční a jsou problémy s přetlakem. Konkrétně v jedné bance byl vytvořen zabezpečený prostor s pancéřovanými a těsnými dveřmi. Vstup byl možný jen po vypnutí přívodního ventilátoru.

- Projektant neřeší, jakým způsobem bude prováděna údržba zařízení včetně zcela běžné výměny filtrů. Pro nedostatek prostoru nelze provádět výměnu částí zařízení a filtrů. Současně je nutno řešit i transportní cesty pro výměnu jednotek po jejich dožití. Zejména u zdrojů chladu nebo náhradního zdroje elektrického proudu není výjimkou, kdy v průběhu stavby byla tato zařízení instalována v suterénu a nad nimi byly provedeny betonové podlahy. Transportovat se musí i náhradní díly. *Kdysi jsem velmi*

těžko vysvětloval jednomu architektovi, že pokud na střeše objektu umístil sklady a klimatizační jednotky, měl by navrhnout jiný přístup než úzké točité schodiště. Transportovat elektromotor o váze cca 180 kg po točitých schodech může pak být dost problém.

- Zařízení, která jsou zapojena do kaskády je nutno hydraulicky ošetřit (nejlépe prostřednictvím zařízení pro měření a regulaci) tak, aby nedocházelo k obtoku přes sousední zařízení.

- Návrh je nutno řešit i koncepčně s ohledem na předpokládaný technický vývoj. Např. konkrétní obchodní dům nemá vůbec vytápění vzhledem k extrémně vysoké tepelné zátěži 35 W/m² od osvětlení. Otázka je, jak se bude vytápět po přechodu na úsporné zdroje světla.

- Návrhy jsou z časových (a asi i finančních) důvodů řešeny bez hledání optimálního řešení a to jak z hlediska investic, nákladů na provoz a výsledného komfortu. To se týká zejména systému měření a regulace. Udávají se možné úspory na energiích až 30 %, což považuji za výjimečné. Nicméně se jedná o velmi značné náklady. *Extrémní příklad pochází z jedné administrativní budovy, kde zcela zkolaboval systém měření a regulace a byl po celou topnou sezónu řízen ručně, mimo jiné i otevíráním oken. Objektivně po přepočtu srovnání s předchozí zimou byla spotřeba tepla více než dvojnásobná!*

- Obecně úspory na systému měření a regulace nejsou optimální. Cena systému je cca 12 % z ceny technických zařízení budov a úspory mohou být příčinou špatné funkce celého systému techniky prostředí.

- Zanedbává se řešení útlumu hluku přeslechem mezi jednotlivými prostorami a vzájemně mezi jednotlivými pracovišti. To se týká jak stavebních konstrukcí tak zejména rozvodů vzduchu. *Nepochopení problematiky projektantem nebo montéry dokazuje občasné umístění tlumičů hluku na potrubí před odtahový ventilátor.*

REALIZACE A PŘEDÁNÍ STAVBY

Termíny na realizaci výstavby jsou obecně velmi krátké. I při minimálních časových skluzech jsou velmi často zapříčiněné vyžádanými změnami v průběhu stavby. Spěch a tím i vynucené nedodržování technologických postup ovlivňují kvalitu odvedené práce. Jedním z takto vzniklých problémů jsou netěsnosti vzduchotechnického potrubí. Úbytek vzduchu v rozvodech lze obvyklými způsoby měření jen stěží přesně zjistit. I zdánlivě zanedbatelné netěsnosti rozvodů mohou zásadně ovlivnit distribuci vzduchu.

Na provedení dílčích a komplexních zkoušek bývá velmi málo času, někdy vůbec žádný. Zejména u systému měření a regulace, který se realizuje až na závěr stavby, nezbývá čas na dokončení, a proto nebývá vždy zcela funkční. Stavba se pak předává s nevyzkoušenými technologiemi a návaznostmi jednotlivých činností. To se řeší dodatečně za provozu, reklamacemi a vlastními silami obsluhy.

Zaregulování vzduchotechniky, které je pracné a časově náročné, se provádí jen symbolicky nebo dokonce vůbec. Oporu nelze očekávat ani od stavebního úřadu, kterému ke kolaudaci zcela postačí protokol a případy, kdy si někdy ověřil hygienik, zda zařízení je vůbec funkční, jsou zcela výjimečné.

PROVOZ

Představme si ideální situaci, kdy provozovatel získal plně funkční zařízení, řádně zaregulované a odzkoušené a má rovněž k dispozici dokumentaci skutečného provedení. Zhotovitel stavby mohl veškeré tyto činnosti provádět jen po krátkou dobu v určitém ročním období. Obsluha celého zařízení bude postupem času tj. změn venkovního počasí nucena provádět korekce hlavně v oblasti měření a regulace tak, aby celé zařízení pracovalo hospodárně s minimálními náklady na spotřebu energie a na opravy a údržbu. K tomu je potřeba, aby personál obsluhy znal představy projektanta o provozování jím navrženého zařízení, příslušné základní fyzikální zákonitosti a základy funkce jednotlivých použitých komponentů. Jako samozřejmost se předpokládá potřebná odborná úroveň pracovníků obsluhy a detailní znalost celého provozovaného systému. Skutečnost je však zcela jiná. Kvalifikace pracovníků obsluhy je čím dále tím horší. Běžně se setkávám s případy, kdy obsluha nemá ani elementární znalosti o funkci svěřeného zařízení, činnosti zařízení měření a regulace a to nemluvím o znalostech teoretických základů včetně diagramu h-x. Systém vzdělávání pracovníků provozující klimatizaci v objektech prakticky neexistuje. V minulých letech a to i za hlubokého socializmu odborná sekce provozovatelů klimatizačního zařízení Komitétu životního prostředí ČSVTS pořádala pravidelně kurzy na téma obsluhy zařízení techniky prostředí. Dnes je něco takového považováno za zbytečnost a bylo mi několikrát naznačeno, že na zvyšování odbornosti je nesmysl vynakládat čas a peníze. Dokonce nejsou peníze ani na absolvování nebo obnovování legislativou předepsaných zkoušek pro práce ve výškách, práce se zvýšeným požárním nebezpečím apod.

Předpokládalo se, že specializované firmy, které provozují TZB, budou mít k dispozici vysoce kvalifikované pracovníky. Opak je pravdou a situace se stále zhoršuje. Dodavatelské firmy jsou z konkurenčních důvodů nuceny přistupovat na ceny, za které není i na první pohled reálně možné požadované a potřebné práce provádět. Ty se provádějí často jen na papíře. O provádění preventivní údržby se dnes prakticky již nedá mluvit. To samozřejmě velmi negativně ovlivňuje životnost provozovaných zařízení. A to nemluvím o provádění předepsaných revizí. Jsou objekty, ve kterých není k dispozici ani jediný doklad počínaje revizemi a dokumentací skutečného provedení stavby konče. Naopak jsem se několikrát setkal s provedenou revizí požárních klapek, které nikdy nebyly namontovány.

Jedno z velmi častých úsporných opatření je minimalizace nebo úplné opomíjení výměny filtrů. Případná hlášení o zanesení filtrů jsou různými způsoby zablokována. Množství přiváděného vzduchu se zásadně omezí až natolik, že zařízení nelze pokládat vůbec za funkční. A to nemluvím o zařízeních, která se neprovozují vůbec z důvodů úspor energií nebo z důvodů neodstranění zcela banálních poruch.

Neznalosti obsluhy se obzvláště jednoznačně projevují, když je potřeba definovat reklamaci. Jen tři příklady reklamací uplatňovaných údajně kvalifikovanou obsluhou:

„Není funkční lokální chlazení pro pokladnu.“ Při příchod na místo jsme zařízení zapnuli dálkovým ovladačem zavěšeným v prostoru pokladny. Jednotka se normálně spustila, a když jsme se přítomného pracovníka ptali, v čem je problém, udiveně konstatoval: „Ono se to tady musí pustit?“. A obdobných příkladů bych našel celou řadu.

„Do haly není přiváděn žádný vzduch. Množství vzduchu za přívodní jednotkou odpovídá projektu, na anemostatech je cca 1/3 požadovaného vzduchu. Potrubí má malé dimenze a je třeba provést výměnu za větší dimenze“. Za klimatizační jednotkou bylo naměřeno vyprojektované množství vzduchu. Na můj dotaz, zda někde není potrubí rozpojené, mi bylo sděleno, že určitě ne, že potrubí má velký odpor a vzduch se ke koncovým elementům nedostane. Nepodařilo se mi přes veškeré úsilí vysvětlit dotyčnému pracovníkovi známé

firmy zabývající se Facility managementem, že ze zákona o zachování hmoty se vzduch nemůže v potrubí hromadit, ale že se někde ztrácí. Při místním šetření se samozřejmě zjistilo, že potrubí nebylo v jednom místě spojeno a po úpravě bylo vše v pořádku. Jen firma, která VZT dodávala, nebyla schopna vysvětlit, jak provedla zaregulování rozvodů.

- *„Vypadává chladící jednotka Split“* Příčinou byl zcela zanesený filtr na vnitřní jednotce a zařízení hlásilo (a zcela marně) poruchy.

ZÁVĚR

Jsem si vědom, že můj příspěvek není příliš optimistický, ale jedná se jen o holé konstatování faktů. Určitě se najdou dokonalá zařízení, ale já asi na ně nemám štěstí a budu jen rád, když budou dále přibývat.

MOŽNOSTI VYUŽITÍ ABSORPČNÍHO CHLAZENÍ PRO KLIMATIZACI BUDOVY

Marek Begeni, Vladimír Zmrhal

ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí
marek.begeni@fs.cvut.cz

ANOTACE

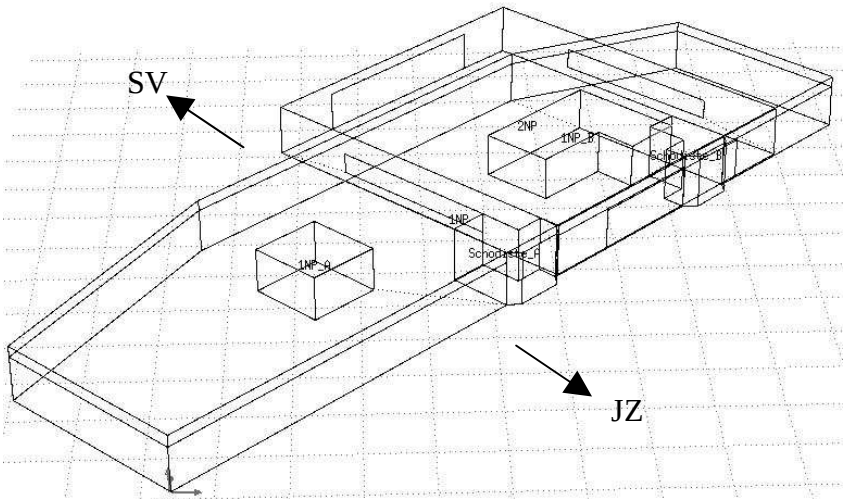
Příspěvek analyzuje možnosti uplatnění absorpčního chladicího zařízení na místo konvenčně používané kompresorové chladicí jednotky, jako zdroje chladu pro systém klimatizace budovy autosalonu v Praze. Hodnotícím kritériem je ekonomická návratnost systému s daným zdrojem chladu. Absorpční zdroje chladu byly porovnávány v pěti různých provedeních z hlediska zdroje pohonné (tepelné) energie.

ÚVOD

V dnešní době, kdy je kladen vysoký důraz na minimalizaci provozních nákladů týkajících se technického zařízení budov a je současně vyžadováno celkové snížení spotřeby energie na chlazení v souladu se směrnicí Evropského parlamentu 2010/31/EU, je zcela na místě začít uvažovat o aplikaci nekonvenčních zdrojů chladu. Příkladem takového zařízení jsou sorpční chladicí jednotky. V případě použití konkrétního zdroje pohonné energie je při použití sorpční chladicí jednotky možné předpokládat rovněž snížení emisí skleníkových plynů a zvýšení podílů obnovitelných zdrojů energie (OZE), což je rovněž součástí zmiňované směrnice. Analýza možné aplikace absorpční chladicí jednotky byla realizována na konkrétní budově v Praze – autosalon s rozsáhlou plochou střechou,

Energetický model

Uvažovaná budova je situována v Praze na Spořilově. Svým účelem plní funkci prodejního a výstavního centra (1.np) a součástí budovy jsou i kancelářské prostory v 2.np. Pro co nejpřesnější stanovení tepelné zátěže byla budova podrobena dynamické energetické simulaci v softwaru ESP-r s využitím klimatické databáze pro Prahu z roku 2010. Na obr. 1 je znázorněn model dané budovy vč. orientace ke světovým stranám. Na základě simulačního výpočtu byla stanovena maximální citelná tepelná zátěž budovy 120,5 kW (12. 7. 2010 v 10.00).



Obr. 1 *Model budovy v programu ESP-r*

Provoz budovy

Předpokládaný provoz budovy zadaný do modelu v podobě otevírací doby a vnitřní tepelné zátěže jsou uvedeny v tab. 1. Teplota vzduchu v klimatizovaných zónách byla uvažována 26 °C v době provozu budovy (zóny).

Tab. 1 *Provoz budovy včetně vnitřních tepelných zisků*

Zóna	**Plocha [m^2]**	**Otevírací doba**		**Tepelné zisky od osob** [W/m^2]	**Tepelné zisky od osvětlení** [W/m^2]	**Tepelné zisky od el. vybavení** [W/m^2]
		Po – Pá	So			
1NP	1 580	8.00 – 20.00	8.00 – 12.00	1,57	4,16	0
1NP-A	39,1	8.00 – 20.00	8.00 – 12.00	12,68	24,45	28,64
1NP-B	92,4	8.00 – 20.00	Zavřeno	12,08	19,7	23,38
2NP	775	8.00 – 17.00	Zavřeno	3,2	5,11	5,81

Koncepce systému chlazení budovy

Klimatizační systém je navržen s ohledem na zvolený zdroj chladu jako vysokoteplotní s ventilátorovými konvektory v 1.np a chladicími stropy v kancelářských prostorách 2.np. Oba zmíněné klimatizační prvky mají za úkol odvést citelnou tepelnou zátěž prostoru. Pro odvod tepelné zátěže vázaným teplem a přívod čerstvého vzduchu je navržena centrální větrací jednotka vybavena chladičem vzduchu, který je také napojen na zdroj chladu budovy. Jelikož u navržených klimatizačních prvků nesmí dojít k případné kondenzaci vodních par na teplosměnných plochách, byla provedena analýza extrémních stavů v daném roce co do hodnoty entalpie a teploty venkovního vzduchu. Tato analýza byla provedena za účelem stanovení nejnižší možné přiváděné teploty do jednotlivých chladicích prvků a správnému návrhu velikosti chladiče venkovního vzduchu ve větrací jednotce a to tak aby bylo zajištěno dostatečné odvlhčení přiváděného vzduchu do vnitřních prostor. Ze zmiňované analýzy a dalších předpokladů byl stanoven celkový požadovaný výkon zdroje chladu 138 kW. Uvedený výkon byl stanoven z tepelné zátěže objektu a je v něm započítán chladicí účinek přiváděného vzduchu (průtok vzduchu 5 300 m^3/h, t_i = 26 °C, t_p = 16 °C) a celkový výkon chladiče centrální VZT jednotky potřebný pro chlazení venkovního vzduchu.

Zdroje chladu

Potřeby energie na chlazení byla stanovena pro různé varianty provedení zdroje chladu. Referenční (vztažnou) variantu představuje konvenční zdroj chladu navržena v podobě kompresorové chladicí jednotky se vzduchem chlazeným kondenzátorem a 4 spirálovými kompresory. Jako alternativní zdroje chladu byly navrženy absorpční chladicí jednotky (ACHJ) různého typu včetně příslušných otevřených chladicích věží, jejichž instalace s ACHJ je nutností z důvodu odvodu tepla z kondenzátoru a absorbéru. Absorpční jednotky byly zapojeny v pěti variantách (A až E) podle zdroje pohonné tepelné energie. Přehled jednotlivých zdrojů chladu je uveden v tab. 2.

Varianta A

Teplovodní absorpční chladicí jednotka zapojená přes deskový výměník na systém CZT s nominálním chladicím výkon 130 kW. Pro odvod tepla je navržena otevřená chladicí věž s radiálním ventilátorem (312 kW). Obdobná chladicí věž je navržena i pro varianty B a C.

Varianta B

Totožná absorpční teplovodní chladicí jednotka jako u varianty A. Teplá voda je připravována kogenerační jednotkou, kde je určena pro chlazení motoru a generátoru. Kogenerační jednotka vyrábí elektrickou energii, která je plně spotřebována v areálu investora a využívá spalinový motor na zemní plyn.

Varianta C

Systém solárního chlazení, kdy je teplá voda pro pohon absorpční teplovodní chladicí jednotky připravována solárními kolektory. Jedná se o totožnou ACHJ jako u varianty A a B. Pole solárních kolektorů je navrženo s trubicovými kolektory o počtu 119 kusů (256 m^2). Pole solárních kolektorů je navrženo se solárním pokrytím 78 %. Tzn., že při špičkových potřebách chladu (červenec) není solárními kolektory plně pokryta potřeba ACHJ. Samotná analýza se tímto problémem detailněji nezabývá a předpokládá se, že v letních měsících nebude dodržen tepelný stav vnitřního prostředí na požadované hodnotě. Případné řešení vede na instalaci přídavné kompresorové chladicí jednotky, která pokryje potřebu chladu při maximálních tepelných zátěžích nebo se využije CZT.

Varianta D

Aplikace multienergetické absorpční jednotky (130 KW), která získává tepelnou energii z teplé vody a spálením zemního plynu. Pole solárních kolektorů je navrženo pro 30 % nominálního chladicího výkonu ACHJ, jelikož nad tento chladicí výkon jednotka využívá vlastního hořáku a spaluje zemní plyn čímž je získáno dostatečné množství tepelné energie i pro špičkové hodnoty. Kolektorové pole je navrženo ve stejném provedení jako u varianty C v počtu 33 ks. Otevřená chladicí věž je navržena o výkonu 253 kW.

Varianta E

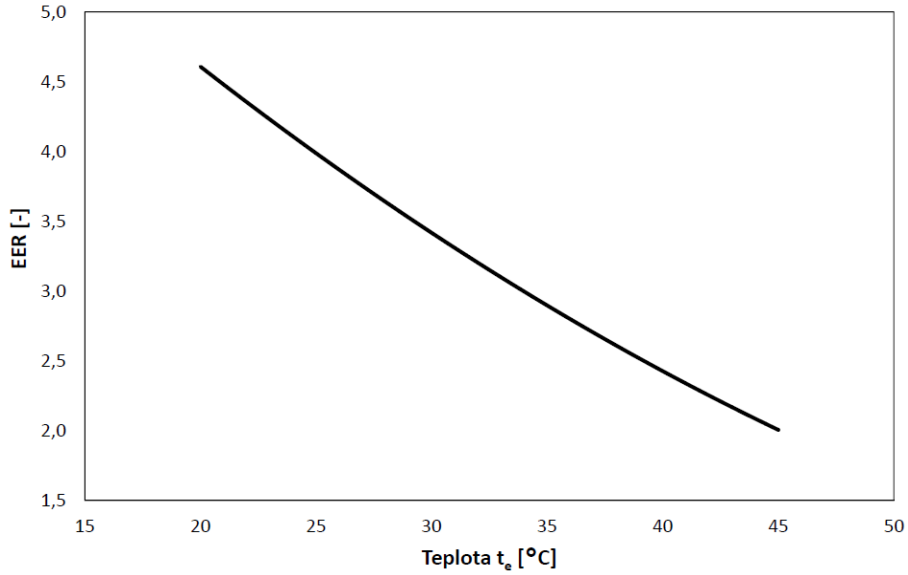
Dvoustupňová absorpční chladicí jednotka (130 kW) vybavená hořákem pro spalování zemního plynu. Pro odvod tepelné zátěže je navržena obdobná chladicí věž jako u předešlých variant (226 kW).

Tab. 2 *Přehled řešených variant zdroje chladu*

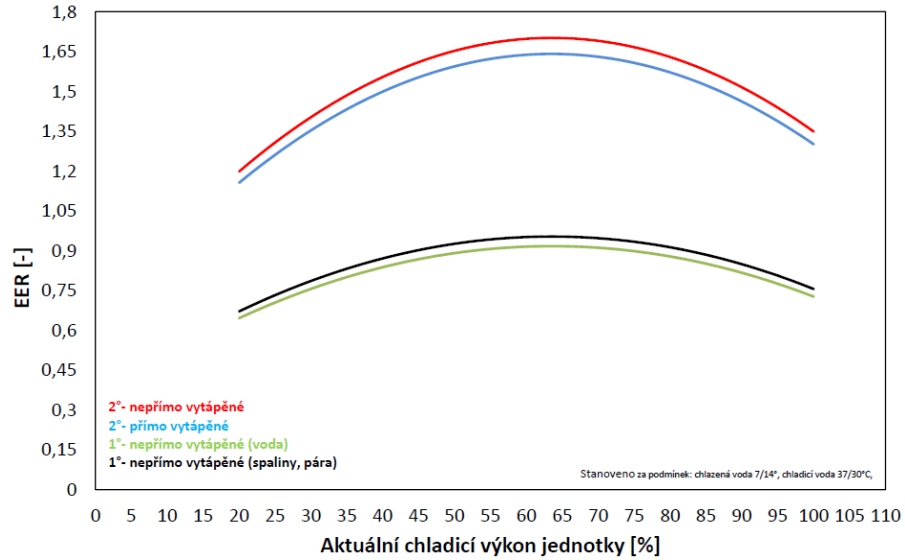
Označení varianty	Zdroj chladu	Zdroj pohonné tepelné energie
Referenční	Kompresorová jednotka LCE144CS	-
A	Absorpční 1° jednotka BDH20	Centrální zásobování teplem
B	Absorpční 1° jednotka BDH20	Teplá vody z kogenerační jednotky
C	Absorpční 1° jednotka BDH20	Teplá voda ze solárních kolektorů (solární chlazení)
D	Absorpční 2 ° jednotka BZDH30	Teplá voda ze solárních kolektorů a zemní plyn
E	Absorpční 2° jednotka BZ20	Zemní plyn

STANOVENÍ POTŘEBY ENERGIE

Potřeba pohonné energie byla stanovena na základě znalosti chladicího faktoru (*EER*) pro různé provozní stavy řešených variant zdrojů chladu. V případě kompresorové jednotky byla použita závislost *EER* na teplotě venkovního vzduchu (obr. 2), kterou udává výrobce. Na základě znalosti potřeby chladu a průběhu venkovní teploty v hodinových intervalech (výstup energetické simulace) byly s použitím uvedené závislosti vypočítány hodnoty chladicího faktoru *EER*, resp. elektrického příkonu jednotky. Součet hodinových údajů pak představuje roční potřebu elektrické energie na provoz kompresorového chlazení. Obdobný postup byl použit u variant s ACHJ s tím rozdílem, že chladicí faktor ACHJ je závislý na aktuálním chladicím výkonu (obr. 3). V tab. 3 jsou uvedeny roční potřeby energie na chlazení budovy pro jednotlivé varianty, vč. hodnoty ročního chladicího faktoru, ceny za jednotku energie a předpokládaných investičních nákladů. V investici jsou vždy započítány i náklady za nezbytné komponenty pro danou variantu řešení jako např.: chladicí věž, solární kolektory apod.



Obr. 2 *Závislost EER = f(t_e) pro referenční variantu s kompresorovým chladicím zařízením*



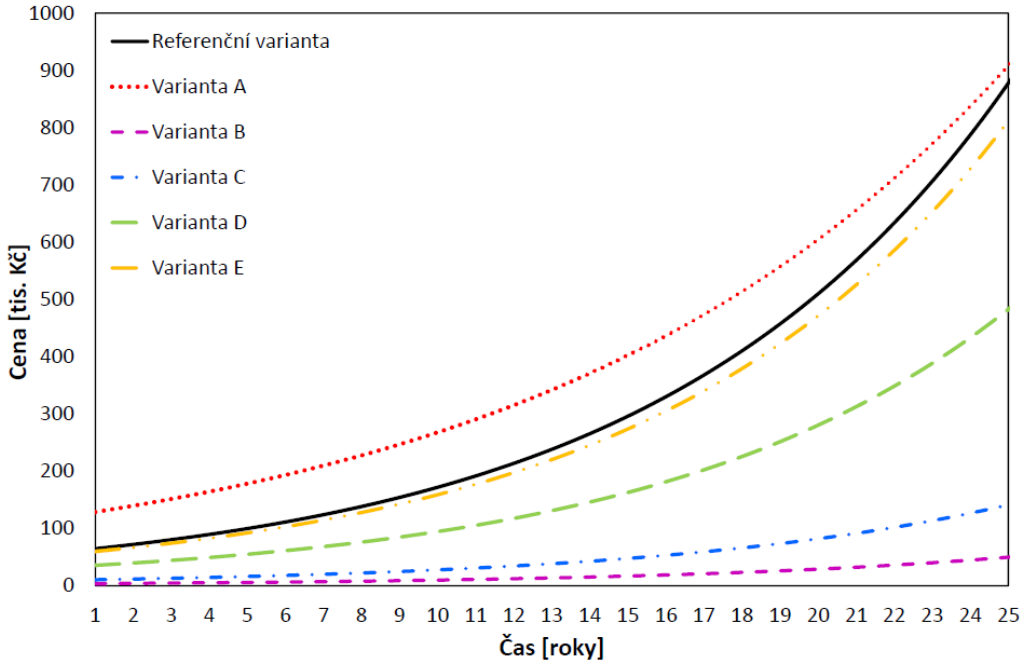
Obr. 3 *Závislost EER = f(Q) pro absorpční chladicí zařízení*

Na základě vypočítaných hodnot a uvažovaných cen za jednotku pohonné energie (tab. 3) byl sestrojen graf na obr. 4, který představuje průběh nákladů na provoz jednotlivých řešených variant s uvažováním roční inflace 3,48 % a předpokládaném růstu ceny energií 5 % u CZT.

Tab. 3 *Stanovené parametry jednotlivých variant řešení zdroje chladu*

Označení varianty	EER roční [-]	Potřeba energie	Investiční náklady [Kč]	Cena za jednotku pohonné energie
Referenční	4,11	11 974 [kWh_e/rok]	730 478	5,4 [Kč/kWh]
A	0,69	71 419 [kWh_Q/rok]	1 950 942	460,4 [Kč/GJ]
B	0,69	71 419 [kWh_Q/rok]	2 958 942	0 [Kč/kWh]
C	0,69	71 419 [kWh_Q /rok]	4 805 752	0 [Kč/kWh]
D	2,60	18 933 [kWh_Q/rok]	3 206 836	0 [Kč/kWh]
E	1,38	35 771 [kWh_Q/rok]	2 231 888	1,28 [Kč/kWh]

Poznámka: Varianta D využívá do 30 % nominálního chladicího výkonu teplo ze solárních kolektorů. Provoz varianty B je závislý pouze na spotřebě elektrické energie, jelikož dodávané teplo je odpadní. K cenám za jednotku pohonné energie jsou vždy ve výpočtu uvažovány také nutné poplatky stanovené dodavatelem.

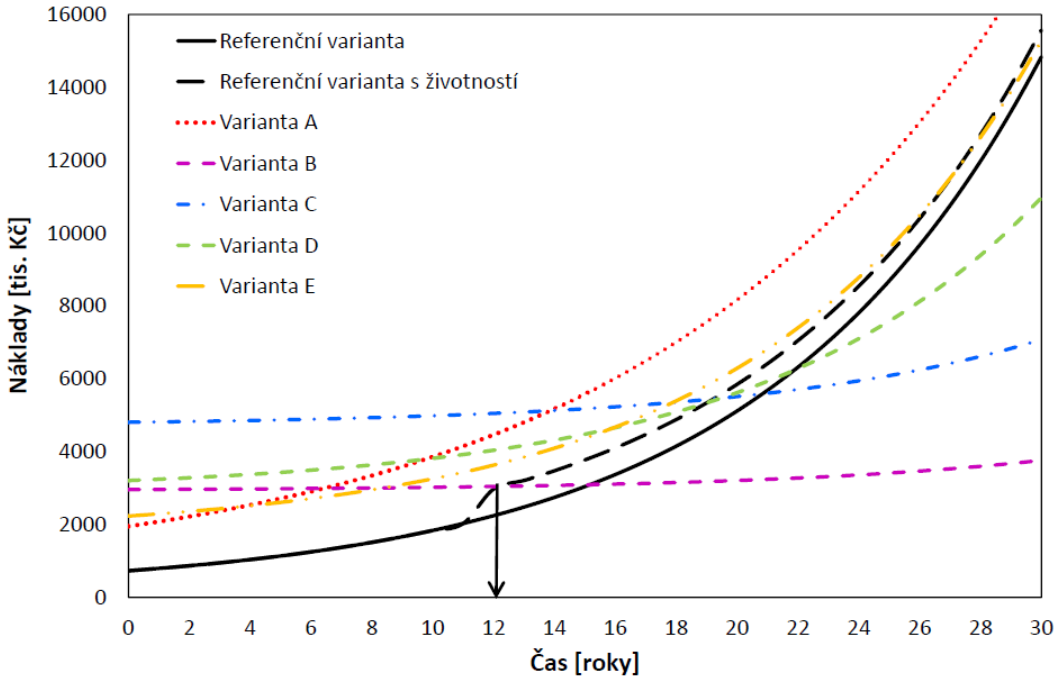


Obr. 4 *Průběh nákladů na provoz jednotlivých variant zdrojů chladu*

EKONOMICKÁ NÁVRATNOST JEDNOTLIVÝCH VARIANT

Na obr. 5 je znázorněno porovnání jednotlivých variant z pohledu ekonomické návratnosti investice. Porovnání variant absorpční chladicí jednotkou (A až E) bylo vztahováno k

referenční variantě s kompresorovým chlazením. U kompresorové jednotky byl současně analyzován i případ s uvažováním životnosti jednotky 12 let (čárkovaně).



Obr. 5 *Porovnání variant z hlediska návratnosti*

Z průběhů jednotlivých variant z obr. 4 a 5 je zřejmé, že z hlediska ekonomické návratnosti je nejvýhodnější varianta B, což je varianta zapojení ACHJ s kogenerační jednotkou. Naopak nejméně vhodnou variantou je varianta A (teplá voda z CZT), která díky provozním nákladům, které jsou u ACHJ vyšší než u kompresorové jednotky nedosahuje bodu návratnosti. Jednotlivé dosahované návratnosti jsou uvedeny v tab. 4.

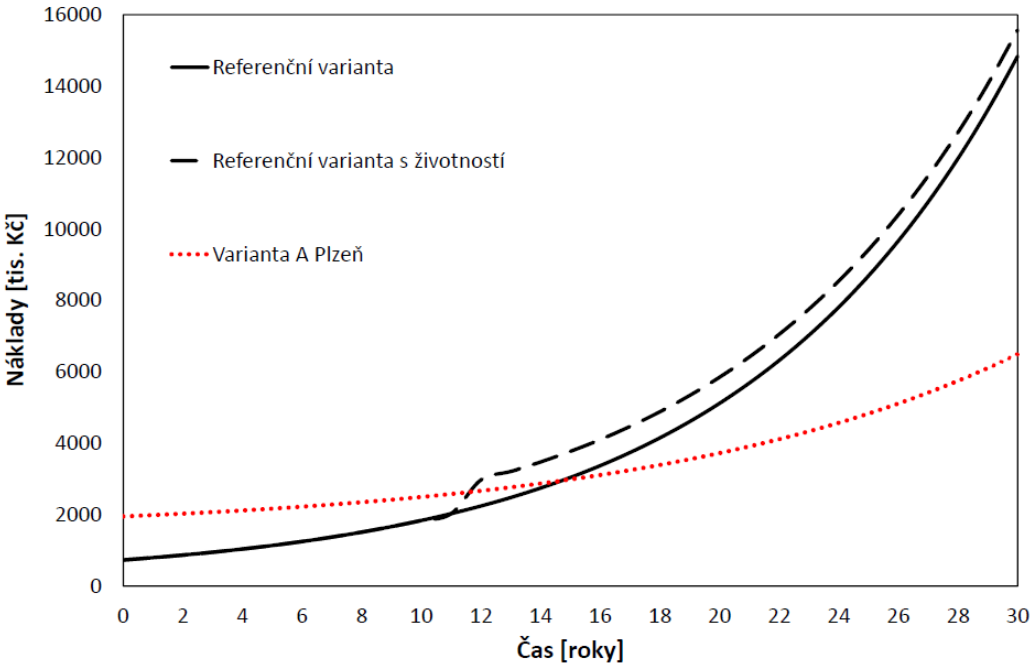
Tab. 4 *Výsledné doby návratnosti*

Označení varianty	Porovnání s kompresorovou jednotkou	Porovnání s kompresorovou jednotkou se započítanou životností 12 let
A	není	není
B	15 let	12 let
C	21 let	19 let
D	22 let	19 let
E	není ve 30 letech	26 let

Poznámka: Návratnost varianty C není zcela vypovídající, jelikož nejsou započítány investiční a provozní náklady v případě instalace přídavné kompresorové jednotky, viz popis varianta C.

Umístění systému na soustavě CZT v Plzni

Zajímavé řešení se naskýtá v případě umístění absorpční chladicí jednotky na soustavu CZT v Plzni, kde tamní teplárna poskytuje pro aplikace chlazení s absorpční chladicí jednotkou v létě dle dostupných informací přibližně 4x nižší cenu (uvažováno 102,5 Kč/GJ). V takovém to případě bude již systém dosahovat návratnosti. Průběh je znázorněn na obr. 6.



Obr. 6 *Porovnání varianty A (Plzeň) z hlediska návratnosti*

V takovém to případě je dosahováno návratnosti investice do absorpční jednotky jako zdroje chladu v období 11,5 roky se započítanou životností kompresorové jednotky 12 let. 16,5 roku je tomu v případě bez uvažování životnosti kompresorové jednotky.

ZÁVĚR

Z uvedených výsledků je zřejmé, že s výjimkou zapojení teplovodní ACHJ s kogenerační jednotkou (varianta B) není pro zadaný případ (budova autosalonu) zcela výhodné z hlediska ekonomické návratnosti nahrazovat konvenčně využívanou kompresorovou chladicí jednotku. Nicméně je nutné si uvědomit některé limitující faktory.

Absorpční chladicí jednotky jsou vhodným zdrojem chladu především v případě, že je možné zužitkovávat odpadní teplo nebo takové teplo, které je získáno za výhodných podmínek. V takovém to případě se doba návratnosti zkracuje a je možné výrazně snížit provozní náklady a současně využívat environmentálně méně náročný zdroj (elektrický příkon ACHJ představuje přibližně hodnotu rovnou 1 až 3 % chladicího výkonu).

Současně je také nutné poznamenat, že jako vzorová aplikace sloužila budova autosalonu v Praze, která vykazovala poměrně malou tepelnou zátěž a krátkou dobu provozu. Absorpční jednotky se zpravidla vyrábějí ve větších výkonových modelech. Doba návratnosti takovéto investice se samozřejmě významně zkracuje s delší dobou provozu. Zkoumaná budova byla uvažována v provozu pouze 54 hodin v týdnu. Mimo dobu provozu budovy není nutné provozovat systém chlazení.

Další a velmi podstatným faktorem je samozřejmě cena za pohonnou energii, která pokud nebude reflektovat nebo zvýhodňovat tyto typy zdrojů chladu, nebude pro investory zajímavé volit alternativní řešení oproti konvenčním. Typickým příkladem je uvedená varianta A, kde je ACHJ zapojena na systém CZT Pražské Teplárenské a.s., která pro tento typ aplikací nabízela cenu 460,4 Kč/GJ. V takovém to případě, jak již bylo zmíněno dříve, nebude nikdy dosaženo bodu návratnosti. Nicméně neznamená to, že není možné absorpční jednotky provozovat na systémech CZT. Příkladem je celá řada aplikací v Plzni viz uvedený příklad.

Rozhodnutí, zda jako zdroj chladu použít absorpční jednotku bude vždy záviset na konkrétní aplikaci. Pokud budou splněny veškeré klíčové parametry, jako je cena za jednotku zdrojové energie (odpadní teplo apod.), potřeba chladu, chladicí výkon, doba provozu (nejlépe kontinuální), je vysoce pravděpodobné, že provozovatel takového zdroje chladu dosáhne značných provozních úspor a kromě toho může přispívat ke zlepšení životního prostředí. V případě solárních kolektorů lze uvažovat teplou vodu jako zdroj získaný téměř zdarma, nicméně u takové varianty vstupuje do ekonomického hodnocení poměrně značná investice do pole solárních kolektorů, která jí významně prodlužuje dobu návratnosti. V souvislosti s podporou obnovitelných zdrojů energie vede tato úvaha k myšlence vytvoření dotačních programů pro systémy solárního chlazení.

U varianty B (zapojení ACHJ s kogenerační jednotkou) se naskýtá možnost vzájemného porovnání zapojení kompresorové jednotky s kogenerační jednotkou, která by vyráběla elektrickou energii pro pohon kompresorové jednotky. Tato varianta nebyla v analýzách zohledněna.

LITERATURA

[1] BEGENI, M. Využití absorpčního chlazení pro klimatizaci budovy. v Praze, 2013. Diplomová práce. FS ČVUT v Praze.
[2] Broad. Podklady výrobce dostupné z www.broad.cz
[3] Galletti. Podklady výrobce dostupné z www.galletti.cz
[4] Sokra s.r.o. Podklady dovozce dostupné z www.sokra.cz

SEZNAM OZNAČENÍ

EER	chladicí faktor [-]
Q	výkon [kW]
t	teplota [°C]

Indexy

e	elektrická energie
i	vnitřní
p	přívodní
z,cit	citelná zátěž
vzt	větrací vzduch
Q	tepelná energie

Zkratky

ACHJ	absorpční chladicí jednotka
CZT	centrální zásobování teplem
OZE	obnovitelné zdroje energie
VZT	vzduchotechnika

VENTILÁTORY PRO VĚTRÁNÍ DOPRAVNÍCH STAVEB - TUNELŮ A METRA

Radka Čapková, Jaroslav Čunát

ZVVZ MACHINERY, a.s.
radka.capkova@zvvz.cz, jaroslav.cunat@zvvz.cz

ANOTACE
Článek pojednává o větrání dopravních staveb. Konkrétně je zaměřen na projekt pražského Tunelu Blanka a větrání pražského metra od její historie po současnou výstavbu prodloužení trasy Metra V. A (Dejvická – Motol).

ÚVOD
Výstavba silničních tunelů je v současné době možná pouz za předpokladů přísného dodržování všech legislativních předpisů. Ty jsou různé v jednotlivých státech světa, přičemž jejich sjednocení není zatím ani v evropských zemích. Příslušné předpisy a normy se v posledních letech velmi zpřísnily následkem mnoha havárií ve významných evropských tunelech.

Jeden z prvních požárů v silničním tunelu byl již v roce 1949 v New Yorku. Při tomto požáru sice nezahynuly žádné osoby, ale došlo k vážným zraněním 66 osob, které se nadýchaly kouře. O třicet let později v roce 1979 došlo k požáru v tunelu Nihonzaka-Shitzouka v Japonsku, který měl tragické následky - zemřelo 7 osob. V Afghánistánu vznikl požár v tunelu Salang v roce 1982 při průjezdu sovětské vojenské kolony, zde zahynulo cca 400 vojáků. Z nedávné historie měly katastrofické následky některé požáry v evropských státech. V tunelu St. Gotthard hořelo v roce 1997, kde byly zraněny pouze 2 osoby. V roce 1999 v tunelu Mont Blanc zemřelo 39 osob. Další tragickou událostí byl požár v tunelu Tauern, tady přišlo o život 12 osob. V tunelu St. Gotthard se opakoval požár po čtyřech letech v roce 2001, v tomto roce bohužel se smrtelnými následky pro 11 osob. V norském tunelu Seljestad byl požár v roce 2000 pouze se 6 zraněnými. V italském tunelu Prapontin došlo k požáru v roce 2001, též pouze se zraněním 11 osob. Ve stejném roce další požár v rakouském tunelu Gleinalm, kde zemřelo 5 osob. O rok později v roce 2002 v rakouském tunelu Roppener došlo k požáru autobusu, na štěstí bez smrtelných následků. Ve francouzském v tunelu Frejus v roce 2005 zahynuly dvě osoby. Požár postihl i švýcarský tunel Via Mala, kde zemřelo 9 osob [6].

Tento tragický výčet událostí vedl k vytváření nových, zpřísňujících pravidel. V současnosti vyžaduje technologie větrání vysoké nároky na vybavení tunelů z hlediska bezpečnosti, jedním z hlavních požadavků je teplotní odolnost. Pro větrání tunelů se používají axiální ventilátory, které musí být certifikovány pro vysoké teploty.

Mezi dodavatele větrání tunelů patří i společnost ZVVZ MACHINERY, a.s., která pro výstavbu tunelů a metra vyrábí typy axiálních ventilátorů APWR a APH pro podélné a příčné větrání. Nezbytnou podmínkou je certifikace akreditovanou požární zkušebnou, v České republice splňuje tento požadavek společnost Pavus, a.s. Teplotní odolnost požadována podle normy ČSN EN 12 101-3 je 400 °C po dobu 120 minut. Uvedená zařízení plní svou funkci jak při běžném provozu, tak při mimořádných událostech a požáru [1]. Provozní režim zařízení je zajištěn nadřazeným řídicím systémem s optimalizovanými algoritmy.

VĚTRÁNÍ TUNELU BLANKA

Tato stavba budovaná v rámci severozápadní části Městského okruhu by se po dokončení měla stát největším podzemním dílem tohoto druhu v republice. Celková délka tunelu je více než 6,3 km. Součástí stavby je i řada strojoven vzduchotechniky, výdechových objektů a vzduchotechnických kanálů, které zajišťují přívod čerstvého vzduchu, odvod zplodin a případně i požární větrání tunelu. Přispívají tak velkou měrou ke komfortu a hlavně bezpečnosti cestujících. Blanka bude využívat ventilátory pro podélné i příčné větrání. Podélné větrání zajistí 88 ks plně reverzních ventilátorů typu APWR zavěšených u stropu. Jedná se zejména o typ APWR 1250 s průměrem oběžného kola 1250 mm (81 ks). V místech s nižší celkovou výškou bylo nutné kvůli průjezdnému profilu zvolit menší ventilátory s vyšším výkonem motoru (3 ks APWR 1000) popř. větší počet ještě menších ventilátorů (4ks APWR 630). Příčné větrání zajišťují v šesti strojovnách a výdechových objektech ventilátory typu APH (celkem 30 ks). Ty jsou dodávány ve velikostech 2500, 2800 a 3150 mm (vnitřní průměr v místě oběžného kola). Rozdělit je můžeme na přívodní (bez teplotní odolnosti – obstarávají přívod čistého vzduchu do tunelu) a odvodní (teplotní odolnost 400 °C / 120 minut – zajišťují odvod zplodin hoření a tepla při požáru). Pro přívod a odvod vzdušiny je vybudována řada vzduchotechnických kanálů, které jsou vybaveny naváděcími lopatkami pro snížení tlakových ztrát. Mezi důležité součásti těchto tras patří i tlumičové stěny sloužící k tlumení hluku spuštěných ventilátorů. Tyto tlumiče oddělují vždy ventilátor a výdech (popř. i sání) vzduchotechnických kanálů a zamezují tak překročení předepsaných hygienických limitů.

Podélné větrání

Pro podélné větrání silničních a železničních tunelů se využívají především axiální přetlakové ventilátory APWP / APWR, které byly pro tento účel přímo navrženy.
Základní technické parametry:

- objemový průtok: V = 4,2 až 52,8 $m^3.s^{-1}$
- tah: T = 106 až 2 734 N
- velikost (vnitřní průměr): D = 500 až 1 600 mm
- výkon motorů: P = 3 až 65 kW

Základní pracovní podmínky ventilátorů typové řady APWP (jednosměrný) a APWR (hlavní a reverzní směr chodu) jsou uvedeny níže. Zmiňované ventilátory jsou určeny pro provozní dopravu vzdušin, bez abrazivních příměsí, při teplotě - 20 °C až + 40 °C a relativní vlhkosti vzduchu do 95 %. Ventilátory jsou konstrukčně zpracovány tak, aby byly schopny pracovat i v režimu nouzového větrání ve zvýšených teplotách. Povrchová úprava a materiál lopatek jsou navrženy pro prostředí silničních tunelů se zvýšeným obsahem CO_2, NO_x a chloridů. Ventilátory lze vyrobit i z nerezové oceli. Ventilátory řady APWP a APWR jsou konstrukčně řešeny jako horizontální s regulací výkonu natáčením lopatek oběžného kola za klidu a jsou poháněny teplotně odolným asynchronním motorem. Další možností regulace výkonu ventilátorů je provozování s frekvenčním měničem. Oběžné kolo s lopatkami je nasazeno přímo na hřídel elektromotoru. Lopatky oběžného kola jsou vyrobeny ze speciální slitiny hliníku. Skříň ventilátoru je vyrobena z oceli jako svařenec [3].

U jednosměrného ventilátoru je ve skříni přivařena jedna řada rozváděcích lopatek, zatímco u reverzního provedení jsou součástí skříně řady dvě. Reverzace je prováděna změnou polarity elektromotoru. Elektromotory jsou dodávány v přírubovém provedení. Svorkovnice elektromotoru je umístěna na vnějším plášti skříně ventilátoru. Tlumiče hluku jsou připojeny přes příruby na obou stranách skříně. Vnitřní plášť tlumičů je vyroben z děrovaného plechu z nerezavějící oceli. Vnitřní prostor je vyplněn minerální vatou a opatřen textilií proti jejímu vypadávání. Na sání a výtlaku ventilátoru jsou hrdla, která mohou být opatřena ochrannými

mřížemi. Tlumiče hluku se vyrábí ve třech délkách - 1xD, 1.6xD a 2xD. Výběr závisí na projektovaných parametrech a požadovaném útlumu hluku. Ventilátory mohou být ukotveny ke konstrukci u stropu tunelu napevno, nebo pomocí pružného uložení. Čtyři bezpečnostní lana jsou důležitým prvkem, který zabraňuje případnému pádu ventilátoru na vozovku (jedná se o sekundární nezávislé kotvení) [3].

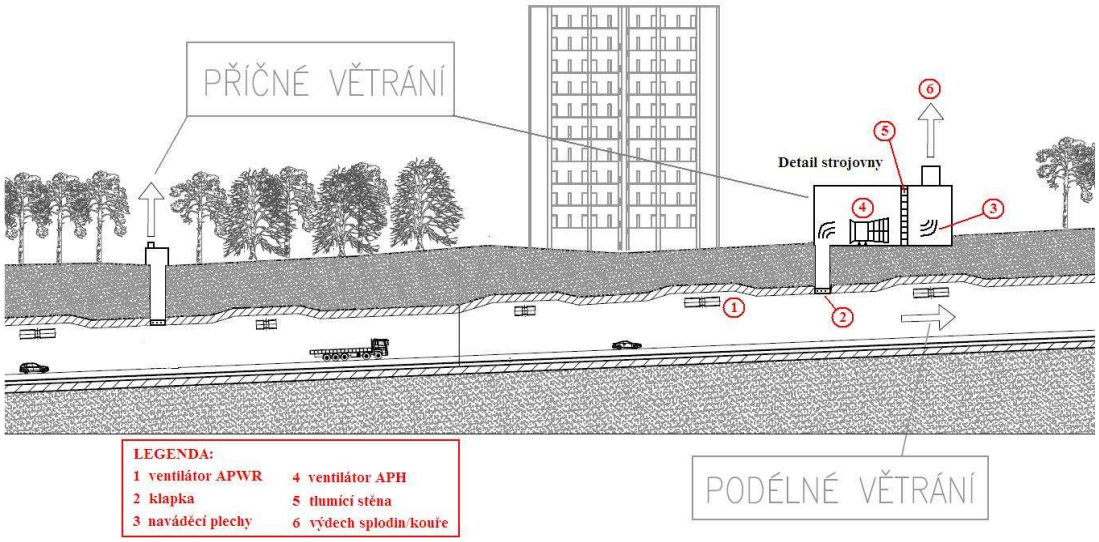
Příčné větrání

Axiální přetlakové ventilátory typové řady APH jsou určeny, kromě jiného, také pro příčné provozní větrání silničních a železničních tunelů, kde se běžná provozní teplota pohybuje od -20 °C až + 40 °C a relativní vlhkost vzdušiny do 95 %. Primárním posláním těchto zařízení je výměna požadovaného množství vzdušiny mezi tunelem a okolním prostředím a zároveň zabránění překročení limitů znečištění vzduchu v tunelu. Obvykle jsou umísťovány ve strojovnách a výdechových objektech. Z tohoto důvodu je již při návrhu nutné počítat s možností paralelního chodu několika ventilátorů a přizpůsobit tomu jejich provozní parametry [2].

Základní technické parametry:

- objemový průtok V = 6 až 680 $m^3.s^{-1}$
- celkový tlak: p = 240 až 5 000 Pa
- velikost (vnitřní průměr) D = 1 300 až 3 550 mm

Standardní ventilátory jsou navrženy pro vodorovnou osu rotace s možností regulace výkonu změnou úhlu lopatek oběžného kola za klidu ventilátoru. Pro regulaci lze využít i frekvenční měnič. Běžně jsou tyto ventilátory vyráběny z uhlíkové konstrukční oceli a opatřené příslušnou povrchovou úpravou, odpovídající požadavkům pro provoz v prostředí zatíženém výfukovými spalinami. Lze je vyrobit i z nerezové oceli. Další neodmyslitelnou úlohou těchto zařízení je odsávání zplodin hoření v případě požáru (nouzový / požární režim větrání). V takové situaci jsou ventilátory schopny pracovat po dobu minimálně 120 minut při teplotách až 400 °C. Teplotní odolnost je závislá hlavně na odolnosti materiálu lopatek oběžného kola a teplotní odolnosti elektromotoru. Ventilátory řady APH mají díky třem různým nábojovým poměrům velké pokrytí výkonového pole, a proto je možné navrhnout ventilátor podle požadavků projektanta a odpovídající místní situaci dané stavby [2].



Obr. 1 *Schematický popis příčného a podélného větrání*

VĚTRÁNÍ PRAŽSKÉHO METRA

Historie dodávek - pražské metro

Celková délka pražského metra je téměř 60 kilometrů, přesný údaj je (59,3 km) s počtem 57 stanic. Větrání těchto prostor zajišťuje celkem 192 kusů ventilátorů – z toho 164 ks pro standardní provoz větrání a 28 ks pro ochranný systém metra (OSM). Dosud byly dodávány typy ventilátorů APE a APC

- APC – tento ventilátor byl zaveden v devadesátých letech, regulace je prováděna natáčením lopatek oběžného kola za chodu a není teplotně odolný.

Tyto ventilátory jsou instalovány v pražském metru od samého začátku a jsou funkční dosud. Po záplavách 2002 byly tyto ventilátory v zaplavených strojovnách repasovány a některé prošly generálními opravami později. V provozu jsou stále.

Historicky byla otevřena první trasa dne 9. května 1974 - Kačerov-Florenc jako trasa C v délce 6,6 km s devíti stanicemi, tehdy slavnostně v rámci oslav osvobození ČSSR.

Další trasy, jejich prodlužování a dostavba některých stanic následovaly v tomto časovém sledu:

- 12. srpna 1978 – Dejvická - náměstí Míru (A); 4,7 km; sedm stanic
- 7. listopadu 1980 - Kačerov-Háje (C); 5,3 km; čtyři stanice
- 19. prosince 1980 - Náměstí Míru-Želivského (A); 2,6 km; tři stanice
- 3. listopadu 1984 - Florenc-Nádraží Holešovice (C); 2,2 km; dvě stanice
- 2. listopadu 1985 – Smíchovské nádraží-Florenc (B); 4,9 km; sedm stanic
- 11. července 1987 - Strašnická (A); 1,3 km; jedna stanice
- 26. října 1988 - Smíchovské nádraží -Nové Butovice (B); 4,9 km; tři stanice
- 4. července 1990 - Skalka (A); 1,4 km; jedna stanice
- 22. listopadu 1990 - Florenc-Českomoravská (B); 4,4 km; čtyři stanice
- 11. listopadu 1994 - Nové Butovice-Zličín (B); 5,1 km; pět stanic
- 8. listopadu 1998 - Českomoravská-Černý Most (B); 6,3 km; pět stanic
- 17. října 1999 - stanice Hloubětín (B)
- 8. června 2001 - stanice Kolbenova (B)
- 25. června 2004 – Nádraží Holešovice-Ládví (C); 3,9 km, dvě stanice
- 27. května 2006 - Depo Hostivař (A); 1,3 km, jedna stanice [4]

Poslední zprovozněná trasa byla 8. května 2008 – Ládví – Letňany (C); 4,6 km, tři stanice (Střížkov, Prosek, Letňany) [5].

Typy, velikosti a počty dosud dodaných ventilátorů (mimo OSM) jsou uvedeny v tabulce.

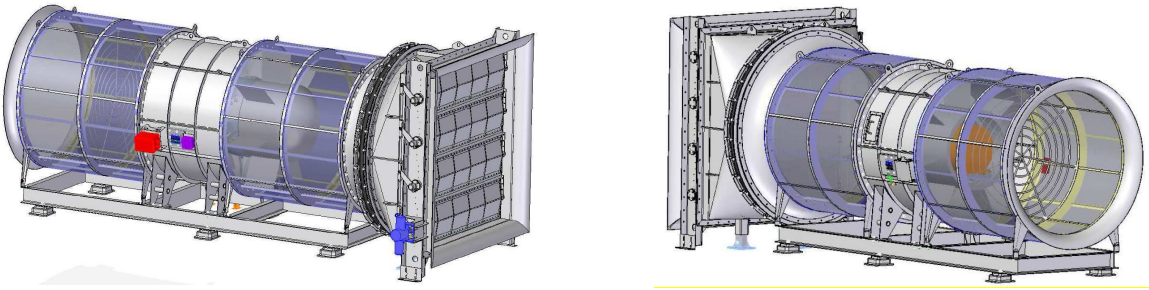
Hlavní větrání stav k 10. 05. 2008							
Trasa	VŠ	typ/počet ventilátorů					
		APE 2240	APE 1400	APE 1800	APC 1400	APC 1800	celkem
		dle PM 12 2426 z 1/10/1975	dle PM 12 2426 z 1/1/1981	dle PM 12 2426 z 1/1/1981	dle PM 12 2465 z 1/10/1991	dle PM 12 2465 z 1/10/1991	
A*	17		2	30			32
B	35		3	35	5	24	67
C	34	34	3	15	1	12	65
celkem	86	34	8	80	6	36	164

*= mimo VŠ CS - Čechovy sady (2 ks APE 1800)

Současný stav – výstavba prodloužení trasy V. A – Dejvická - Motol

Pro novou trasu jsou dodávány ventilátory APWR. Jsou plně reversní – tzn. směr proudění je možné zvolit na obě strany, v reverzním směru dosahují cca 95 % parametrů hlavního směru. Jednotlivé kusy se liší pouze velikostí motoru a natočením lopatek, tak, aby splňovaly požadavky projektu. Pro novou trasu metra V. A jsou dle projektu plánovány dodávky 11 ks ventilátorů typu APWR 1760 v sestavě - soustrojí včetně klapky, přechod, tlumiče hluku. Jsou rozděleny do 6 strojoven, čtyři strojovny jsou staniční, dvě mezistaniční.

Staniční strojovny jsou: „Bořislavka“, „Nádraží Veleslavín“, „Petřiny“ a „Nemocnice Motol“, (jejich jména se shodují se jmény nových stanic metra). Mezistaniční strojovny jsou: „Dejvická-Bořislavka“ a „Nemocnice Motol OK“. Dalšími dodávkami jsou dělící stěny k ventilátorům – plechové konstrukce. Je jich celkem 6 ks a každá je umístěna v jiné strojovně. Slouží k oddělení sání ventilátorů od výtlaku. Dále klapky z nerezového materiálu o rozměrech 3x3 m na stěnu a tlumiče hluku umístěné na sání i výtlaku ventilátorů (složené z jednotlivých buněk).



Obr. 2 *Schematický obrázek ventilátoru APWR*

Pro - příklad technické parametry APWR 1760:

Celková délka soustrojí	– cca 6,4 m
Výška v nejvyšším místě (klapka)	– cca 2,8 m
Hmotnost soustrojí	– cca 5 100 kg
Motor SIEMENS	– 55 kW / 75 kW (990 ot./min.)
Celkový přírůstek tlaku	– 700 Pa,
Objemový průtok	– 60 m3/s [3]

Obr. 3 *Fotografie vyrobeného ventilátoru pro strojovnu Motol*

ZÁVĚR

Vysoká hustota dopravy ve velkých městech přináší řadu nepříznivých jevů, jako jsou zvýšené hladiny hluku a dopravní přetížení. Jedním z možných řešení je vybudování silničních tunelů a využívání metra. Tím se odlehčí a zrychlí doprava v nejvíce vytížených částech města, což má příznivý vliv na životní prostředí i život obyvatel. Tyto stavby jsou z důvodu použití moderních technologií velmi náročné a drahé, ale i tak se stávají vyhledávaným východiskem pro přetíženou městskou a dálniční dopravu na celém světě.

Pro provoz v silničních tunelech a metru je nutné použít taková technologická zařízení, která zajistí plynulou a bezpečnou přepravu cestujících. Použité větrací technologie pro provozování dopravních staveb rovněž značně zvyšují šance na přežití pro řidiče a cestující při jakékoliv nestandardní situaci. V případě nehody či požáru pomohou umožnit rychlý a bezpečný únik z podzemí.

LITERATURA

[1] ČSN EN 12101-3. Zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla – Část 3: Technické podmínky pro ventilátory pro nucený odvod kouře a tepla. Praha: Český normalizační institut, 2003.

[2] ZVVZ MACHINERY, a.s., Milevsko. Axiální přetlakové ventilátory APH pro příčné větrání tunelů. 2013.

[3] ZVVZ MACHINERY, a.s., Milevsko. Axiální přetlakové ventilátory APW pro podélné větrání tunelů. 2013.

[4] Portál novinky.cz: Pražské metro otevřelo novou stanici Depo Hostivař [online]. 2006. Dostupný na www: http://www.novinky.cz/ekonomika/86400-prazske-metro-otevrelo-novou-stanici-depo-hostivar.html.

[5] Portál Wikipedia: Metro v Praze [online]. 2013. Dostupný na www: http://cs.wikipedia.org/wiki/Metro_v_Praze.

[6] ZÁPAŘKA, Jiří: Bezpečnost při požáru v tunelu [online]. 2009. Dostupný na www: http://www.casopisstavebnictvi.cz/bezpecnost-pri-pozaru-v-tunelu_N2345.

NEDOSTATKY NÁVRHŮ A REALIZACÍ VZDUCHOTECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ

František Drkal

ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí
Frantisek.Drkal@fs.cvut.cz

ANOTACE

Příspěvek, který vychází ze zkušeností autora při posuzování větracích a klimatizačních zařízení, upozorňuje na hlavní faktory, které při návrhu musí projektant a realizátor respektovat. Zdůrazněna je souvislost jednotlivých profesí a na příkladech jsou uvedeny některé typické nedostatky, které jsou výsledkem často navazujících chyb od návrhu až po realizaci.

OBECNÉ POŽADAVKY

Návrh každého větracího a klimatizačního zařízení vychází obecně z následujících určujících podmínek:

Vnitřní klima - požadavky na *tepelnou pohodu osob* (je to především teplota a relativní vlhkost vzduchu, operativní teplota), nebo požadavky na teplotu a vlhkost vzduchu pro *funkci technologických zařízení*. Pokud se požadavky různí, je třeba řešit specificky prostředí pro osoby a prostředí pro technologii, případně provozně zajistit, aby osoby nebyly vystaveny negativnímu působení technologického prostředí (místní úprava prostředí, omezení pracovní doby, osobní ochranné prostředky aj.). Prostředí se upravuje tak, aby garantované parametry byly dosaženy *v pobytové zóně osob*, případně v prostoru, kde je umístěna technologie.

Čistota vnitřního ovzduší - přípustné koncentrace látek (vč. jejich fyzikálních a chemických vlastností) pro pobyt osob (*hygienické požadavky* – přípustné expoziční limity), nebo (méně často) *koncentrace pro funkci technologických zařízení*. Významné jsou také požadavky na kvalitu ovzduší z hlediska *ochrany proti výbuchu* a požadavky související s *funkcí vzduchotechnických zařízení při požáru*.

Zdroje citelného tepla, vlhkosti i látek uvolňovaných do vnitřního ovzduší od osob, vnitřního vybavení i technologických zařízení. Látky uvolňované technologickým zařízením, případně i vnitřním vybavením patří, podle svých specifických vlastností, do kategorie škodlivin. V případě oxidu uhličitého produkovaného osobami, se jedná o látku, která v rozsahu koncentrací běžných ve vnitřním prostředí škodlivinou není, ale je indikátorem znehodnocení vnitřního ovzduší.

Budova - pro vzduchotechnika, jsou rozhodující její tepelně technické vlastnosti, ochrana proti negativnímu působení sluneční radiace, nebo naopak účelné využití sluneční radiace. V poslední době nabyla významu těsnost okenních spár, což změnilo podmínky přirozeného větrání, především obytných prostorů.

Venkovní klima (ovzduší, sluneční radiace) je určující podmínkou pro stanovení *tepelné zátěže budov*. Pro *dimenzování ohřívačů a chladičů* jsou potřebné maximální údaje teploty a relativní vlhkosti vzduchu, resp. hodnoty, které ze statistické analýzy dlouhodobých dat určí s jakým procentem výskytu budou tyto údaje překročeny (např. letní výpočtová teplota 32,5 °C bude v letním období překročena v 0,5 % dnů). Simulační analýzy spotřeby energie a dynamických změn funkce budovy a zařízení techniky prostředí (větrání, klimatizace,

vytápění) vyžadují celoroční venkovní klimatická data v časových intervalech (zpravidla jedné hodiny), zpracovaná statisticky z dlouhodobých naměřených hodnot.

Spolupráce profesí. Faktory, které byly uvedeny tvoří soubor vstupních dat, která se musí uplatňovat při *spolupráci, koordinaci všech profesí* podílejících se na projektu (stavební část, vzduchotechnika, vytápění, zdravotně technické instalace (voda, kanalizace, plyn), osvětlení, ochrana proti hluku, elektroinstalace, měření a regulace, požární bezpečnost stavby). Izolované zpracování jednotlivých částí dokumentace je zpravidla počátkem řetězce nedostatků, vad celého díla. Základem je *spolupráce vzduchotechnika s architektem* již při počátečním návrhu koncepce objektu – cílem integrovaného projektování je vytvořit kvalitní prostředí při minimální spotřebě energie. *Podrobná koordinace všech profesí je nutná nejen v průběhu projektování, ale i realizace stavby.*

Minimalizace potřeby energie – využití alternativních zdrojů energie, v klimatizaci zvláště alternativních zdrojů chladu. V objektech, kde to umožňují zákonné předpisy by se měl uplatňovat adaptivní tepelný komfort v letním období - růst vnitřní teploty vzduchu (operativní teploty) s nárůstem teploty venkovního vzduchu.

Zpětné získávání tepla, zvyšování účinnosti ventilátorů, uplatňování systémů „*větrání podle potřeby*"- tj. regulace výkonu větrání (průtoku venkovního vzduchu) podle koncentrace oxidu uhličitého.

Vytvoření požadovaného stavu prostředí v kontrolované zóně (pobytu osob, technologie). Účelem systému větrání/klimatizace není jeho instalace, případně zajištění přívodu/odvodu projektového množství vzduchu v daném prostoru, ale vytvoření stavu prostředí.

Návrh musí proto zahrnovat všechny *souvislosti spojené s celoročním provozem* zařízení při změnách vnitřních i venkovních určujících podmínek. *Integrální součástí systému* je i systém řízení (měření a regulace), zásobování elektřinou, teplem, chladem a protihluková opatření. Pro tyto systémy musí vzduchotechnik dodat *koncepční, funkční požadavky,* u systému řízení nejlépe i se schématem.

DOKUMENTACE

Obecně

- Garantované parametry vnitřního prostředí musí být obsahem smlouvy mezi zhotovitelem dokumentace a objednatelem. Uvede se, že zařízení bude splňovat normované hodnoty, nebo se uvedou hodnoty, které jsou smluvně ujednané mezi objednatelem a zhotovitelem (nesmí být mimo rozsah hodnot požadovaných zákonnými předpisy) – v obou případech jsou tyto hodnoty závazné.

Jsou to především vnitřní klimatické podmínky – parametry, které mají být dodrženy (s rozlišením zima - léto), nebo které nejsou upravovány (např. relativní vlhkost v létě) a to s uvedením zákonných předpisů nebo i norem. Požadavky na kvalitu filtrace vzduchu musí respektovat ČSN EN 13779.

- Technická zpráva k projektu často neobsahuje potřebné údaje, je omezena na popis součástí zařízení, chybí údaje o vypočtených hodnotách, distribuci vzduchu aj., nepopisuje celoroční funkci zařízení.

- V technických zprávách se kopírují všeobecné údaje, např. v soupisu zákonných předpisů a norem se kopírují předpisy a normy, které s projektem vůbec nesouvisí. Naopak, neuvádí se ty předpisy a normy, které jsou pro daný systém určující.

- V dokumentaci se neuvádí vstupní údaje pro návrh zařízení – výsledky výpočtu tepelné zátěže venkovní a vnitřní; u elektrických spotřebičů se neuvažuje současnost tepelné zátěže, ale pouze součet jmenovitých příkonů, což vede k předimenzování chlazení.

- Ve výkresové dokumentaci se neuvádí průtok vzduchu na vyústkách.

- Neuvádí se potřeba energie, nebo údaje umožňující potřebu energie pro provoz zařízení za rok stanovit.

- Nerozlišuje se citelná tepelná zátěž místnosti a chladicí výkon chladiče.

- Pro klimatizaci se neuvádí pracovní rozdíl teplot a teplota vzduchu přiváděného do prostoru.

- Výkon chladicího zařízení nerespektuje časovou nesoučasnost tepelné zátěže místností orientovaných na různé světové strany, tj. chladicí výkon není stanoven pro maximální současnou potřebu chladu, ale jako současná maximální potřeba chladu jednotlivých vnitřních klimatizačních jednotek. To vede k předimenzování centrálních chladicích zařízení.

Dílčí nedostatky

- Zpravidla se neuvádí funkční schéma automatické regulace, chybí ekonomické zdůvodnění použití systému zpětného získávání tepla.

- U vzduchových klimatizačních systémů pracujících za extrémních podmínek s minimem venkovního vzduchu musí být pro přechodné období zajištěna možnost přívodu 100 % venkovního vzduchu. Jinak je pak provozováno chladicí zařízení i v přechodném období.

- U centrálních chladicích zařízení musí být rozlišeno, zda provoz zařízení může být přerušen v zimním období nebo, zda jsou v objektu některé prostory, kde chlazení je nutné i v zimě (např. konferenční místnosti chlazené převážně oběhovými vnitřními jednotkami s minimálním přívodem venkovního vzduchu). Je nutné chránit vodní potrubí v zimě před zamrznutím.

- V zimním období při uplatnění systémů ZZT je nutno počítat při ranním startu zařízení, že teplota vzduchu odváděného z větraného/klimatizovaného prostoru (např. kuchyně) nebude 22 °C, ale např. 15 °C. U tepelných čerpadel vzduch/vzduch je nutno počítat při nízkých venkovních teplotách s topným faktorem, který odpovídá dané teplotě venkovního vzduchu.

- Při uplatnění tepelných čerpadel (kondenzátorů) pro ohřev venkovního vzduchu ve vzduchotechnických jednotkách dochází k přerušovanému provozu při odtávání námrazy na výparníku, to vede k nepřijatelnému kolísání teploty přiváděného vzduchu. Bez specifických opatření se proto takové řešení nedoporučuje.

- Horizontální neizotermní přívod teplého vzduchu (při teplovzdušném větrání a vytápění) je nevýhodný – přirozený vztlak ohýbá proud směrem vzhůru, mimo pásmo pobytu osob. Výhodnější je vertikální přívod.

- Není respektováno přirozené proudění, které vzniká v atriích budov – problémem je pak šíření pachů.

- V jedné místnosti je obtížné, až prakticky nemožné, oddělit vzduchovým prouděním dva prostory mezi kterými nemá docházet k přenosu příměsí (např. pachů) – uplatňuje se vliv cirkulačního proudění a difúze.

LEGISLATIVA, NORMY

- Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů, definuje limitní chladicí výkon klimatizačních zařízení od kterého se mají provádět jejich kontroly. V textu, pro účely tohoto zákona, je definován celkový chladicí výkon klimatizačního zařízení jako jmenovitý příkon pohonu zdroje chladu. Tato účelová definice odporuje fyzikálním zákonům, zákon je však závazný.

- Nařízení vlády č. 93/2012 Sb. uvádí požadavek aby, cituji „oběhový vzduch byl vyčištěn tak, aby zpětný vzduch přiváděný na pracoviště“ měl koncentraci příslušné škodliviny ≤ jak 5 % hodnoty NPK. Podle vyjádření útvaru hlavního hygienika se však uvedený limitní požadavek se vztahuje na vzduch přiváděný, tj. (podle vzduchotechnické terminologie) na směs vzduchu venkovního a oběhového (zpětného).

- Vyhláška č. 6/2003 Sb**.,** kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb. Požadavek na výslednou teplotu v halách kulturních/společenských zařízení se jeví neopodstatněný - požaduje se v teplém období výsledná teplota v halách kulturních a sportovních zařízení 24,5 ± 1,5 °C, ve stavbách pro obchod dokonce 23,0 ± 2,0 °C. Teplé a chladné období roku ve vyhlášce však není definováno.

- U norem vznikají nedostatky především nekvalifikovaným překladem zahraničních textů. Česká republika má povinnost přijmout schválené evropské normy EN v totožném znění jako originál (překlad musí být shodný s originálem), do překladu mohou být připojeny národní poznámky. Jako příklady chybných překladů lze uvést:
- V ČSN EN 14 240 je originální název normy „Chilled ceilings“ přeložen „Chladicí kryty“. Přitom jde jednoznačně o „Chlazené stropy“.
- V ČSN EN 12 792 „Značky, terminologie a grafické značky“ je pojem „operative temperature“ přeložen jako „provozní teplota“, ačkoliv se jednoznačně jedná o „operativní teplotu“ určující tepelný stav prostředí.

PŘÍKLADY

- Koroze trubkovnice chladicí věže sprchované oběhovou vodou – při doplňování čerstvé vody pouze podle množství odpařené vody narůstá obsah solí, dochází k elektrochemické korozi → havárie v administrativní budově.

- Nerespektování přirozeného vztlaku (starší) větrací šachty v bytě z počátku minulého století při řešení odvodu spalin od plynového kotle – přirozený tah rozměrné větrací šachty byl větší než tah komína pro odvod spalin od kotle (při započítání tlakových ztrát při proudění) → průnik spalin z kotle přes obytné prostory do větrací šachty, smrtelná otrava oxidem uhelnatým.

- Kondenzace vlhkosti na vnitřním povrchu obvodového pláště budovy – podle návrhu klimatizačního zařízení se venkovní přiváděný vzduch vlhčí v zimě na minimální hodnotu 35 %, v místnostech s přítomnými osobami relativní vlhkost vzduchu vzrůstá - z hlediska pobytu osob to není nedostatek (rel. vlhkost nepřekračuje max. hygienicky povolené hodnoty 70%). Návrh obvodového pláště byl však proveden pro relativní vlhkost vzduchu 35 % při zimním extrému → riziko výskytu kondenzace vlhkosti při vyšších hodnotách φ než 35 % → vada koordinace dokumentace stavební části a vzduchotechniky.

- Poddimenzování ohřevu vzduchu při použití ZZT a tepelného čerpadla vzduch/vzduch – v zimním extrému má odváděný vzduch do výměníku ZZT při ranním startu v kuchyni školní

budovy (s přerušovaným provozem) výrazně nižší teplotu než předpokládal projekt (15 °C) a tepelné čerpadlo dosahuje v extrému pouze 60 % jmenovitého výkonu.

Další poddimenzování chladicího výkonu pro chlazení vzduchu v kuchyni: chladicí výkon kompresorového zařízení byl dimenzován na citelnou tepelnou zátěž prostoru.

- Vadná distribuce chlazeného vzduchu stropem, kterým se současně odvádí teplý a vlhký vzduch. Konstrukce stropu je vychlazována přiváděným vzduchem, na odváděcích vyústkách pro teplý a vlhký vzduch kondenzují vodní páry. úkapy ze stropu (kuchyně školské budovy).

- Tepelně neizolovaný rozměrný vzduchovod pro přívod chlazeného vzduchu je veden v stropní komoře pro odvod teplého, vlhkého vzduchu → ohřev chlazeného vzduchu, ztráta chladicího výkonu až 25 %, kondenzace vodních par v komoře (kuchyně školské budovy).

- Distribuce chladného vzduchu stěnovými (obdélníkovými) vyústkami ve stropě – vertikální přívod k podlaze, v pásmu pobytu osob rychlost až 1 m/s, teplota vzduchu až o 5 K nižší než v ostatním prostoru (výška stropu 2,2 m) – kuchyně pro restauraci.

- Deformace kazetových podhledů (i závěsů) při odvodu vzduchu podhledem stropu → podtlak nadzvedává kazety i nosný rošt → podtlak vzniká vysokým hydraulickým odporem malých otvorů pro průtok odváděného vzduchu – ve dvou případech nemocničních pokojů.

- Nedotažené šroubení předepsaným momentovým klíčem na přívodu chlazené vody do ventilátorového konvektoru - nárazové porušení spojení → vyteklou vodou vznikla rozsáhlá škoda na elektronickém zařízení pro operační sál.

- Předimenzování chladicího výkonu pro klimatizaci administrativní budovy → výpočtem dle normy ČSN 730548, asi značně zjednodušeným, byl stanoven v projektu chladicí výkon pro budovu 5,4 MW. Simulační výpočet prokázal 2,8 MW, skutečný letní provoz cca 2,2 MW. Výrazný úspěch simulačního energetického výpočtu ESP-r.

Případ otravy oxidem uhelnatým

Varující je smrtelná otrava oxidem uhelnatým v rodinném domě vytápěným plynem. Jak to bývá u vážných nehod, jde o spolupůsobení nedostatků návrhu, realizace i provozu.

K smrtelné otravě došlo během noci v ložnici sousedící s koupelnou, ve které je instalován plynový kotel o výkonu 24 kW (spotřebič B). Spalovací vzduch se odebírá z prostoru, přívod venkovního vzduchu pro spalování je možný pouze spárami těsného okna a dveří mezi ložnicí a obývacím pokojem (dveře mezi koupelnou a ložnicí byly otevřeny). Minimální přívod venkovního vzduchu je příčinou vzniku nebezpečné koncentrace CO v koupelně.

Dokumentace ústředního vytápění a plynu. Technická zpráva uvádí: plynový kotel je připojen na odtah spalin a nasávání vzduchu do obvodové zdi (koaxiální trubkou) - předpoklad kotle v provedení C. Ve výkresu je však kotel zakreslen s komínem Js 140 u vnitřní zdi koupelny.

Zpráva o revizi plynového zařízení (pro kotel v provedení B) konstatuje, cituji „nebyly zjištěny žádné závady, které by bránily uvedení plynového zařízení do provozu“. Dále se uvádí, že „kotel nasává vzduch pro bezpečné spalování otvorem ve spodním okraji dveří“. V době revize plynového zařízení nebyly však mezi koupelnou a ložnicí dveře instalovány a ve stavební dokumentaci jsou specifikovány dveře mezi koupelnou a ložnicí bez „odvětrání“.

Vznik nebezpečné koncentrace oxidu uhelnatého v ložnici. Plynový kotel v průběhu dne (před kritickou nocí) byl provozován bez závad při otevřených dveřích mezi koupelnou, ložnicí a obývacím pokojem s přívodem vzduchu komínem krbu (v obývacím pokoji). Teplota venkovního vzduchu byla relativně velmi nízká (– 13,1 °C), výkon kotle v noci se blížil

maximu. Dveře mezi koupelnou a ložnicí byly v nočním období otevřeny, dveře mezi ložnicí a obývacím pokojem byly zavřeny.

Při spalování v těsném prostoru koupelny a ložnice se podstatná část kyslíku odebírá z tohoto prostoru. V prostoru vzniká podtlak a spaliny z kotle pronikají do prostoru přerušovačem tahu. V koupelně a ložnici se snižuje obsah kyslíku, vzrůstá koncentrace oxidu uhličitého, vodních par a oxidu uhelnatého. Při kritickém nedostatku kyslíku by plamen v kotli zhasl.

Výpočtová analýza určila průtok spalin pronikajících do koupelny 55,8 m^3/h, průtok spalin odváděných komínem 31,7 m^3/h. Trvalým tokem spalin do prostoru koupelny a ložnice narůstal obsah oxidu uhelnatého, což bylo experimentálně prokázáno. Koncentrace CO rostla - za 30 min.: 500 ppm, za 60 min.: 1800 ppm, za 90 min.: 3500 ppm. Podle údajů WHO při vdechování (v klidu po dobu 4 hodin) vzduchu s koncentrací CO 500 ppm dochází ke ztrátě vědomí, při koncentraci 1000 ppm k úmrtí.

Závěr. Současnost nahodilých jevů (maximální výkon kotle, minimální možnost přívodu vzduchu pro spalování pouze z koupelny a ložnice) vedla k smrtelné otravě. Kdyby však všechny profese podílející se na výstavbě (projektová příprava, realizace, kontrola, uvedení do provozu) provedly své práce bezchybně, nemohlo by k tragické události dojít. Rekapitulace hlavních vad:

- Projekt nedefinoval jednoznačně provedení kotle a způsob přívodu vzduchu pro spalování .
- Kotel v provedení B (pro nasávání spalovacího vzduchu z vnitřního prostoru) byl instalován do místnosti s těsnými okny, bez propojení s venkovním prostředím.
- Revizní technik plynového zařízení naprosto chybně povolil provoz plynového kotle v místnosti bez přívodu spalovacího vzduchu.
- Chybný byl i předpoklad revizního technika, že spalovací vzduch může být přiveden otvorem ve dveřích ze sousední místnosti (ložnice), neboť i tam byla okna v těsném provedení. Příznivě se však pro přívod vzduchu uplatňoval komín krbu (při otevřených dveřích mezi ložnicí a obývacím pokojem), který nebyl provozován.

KOMPLEXNÍ ZKOUŠKY, ZKUŠEBNÍ PROVOZ, PROVOZNÍ PŘEDPISY

- Zkoušky se provádí formálně, nebo vůbec ne; protokoly jsou záznamem o věcech, které se nestaly; kvůli termínům se skutečné zkoušení odkládá a často se nekoná; např. v univerzitní budově chybné zapojení čerpadel a ventilátorů ve dvou věžích trvalo několik let, po tu dobu musely být trvale provozovány obě věže; obráceně namontovaná oběžná kola ventilátorů z výroby byla provozována s malým průtokem vzduchu delší dobu v hotelu. Zkoušení je vždy nutné – zařízení jsou vesměs individuální.

- Nevyužívá se možností zkušebního provozu zima/léto - zařízení se uvádí do provozu pouze v jednom z obou období, mělo by být podle smlouvy testováno jak v zimě, tak v létě.

- Provozní předpisy obsahují chyby, nebo jsou neúplné, není zajištěn trvalý servis; majitel objektu nedostává od dodavatelů veškerou dokumentaci od instalovaných strojů a zařízení. Často provozní předpisy zcela chybí. Povinnost vypracovat provozní předpis má majitel, ten si může vypracování objednat (není to součástí projektu).

- Pro hodnocení energetických úspor je potřebné mít záznamy o spotřebě energie; doporučuje se instalovat elektroměry pro jednotlivá klimatizační zařízení a zvláště pro chladicí zařízení.

VÝROBKY PRO VZDUCHOTECHNIKU A ODVODY KOUŘE A TEPLA A DEKLARACE JEJICH VLASTNOSTÍ OVLIVŇUJÍCÍCH POŽÁRNÍ BEZPEČNOST STAVBY

Jaroslav Dufek

PAVUS, a.s., Oznámený subjekt 1391, Autorizovaná osoba 216
dufek@pavus.cz

ANOTACE

Výrobky pro vzduchotechniku a odvody kouře a tepla významným způsobem ovlivňují požární bezpečnost staveb. Jedná se o výrobky, které by mohly ve zvýšené míře ohrozit zdraví nebo bezpečnost osob, majetek nebo životní prostředí, popřípadě jiný veřejný zájem, tzv. "oprávněný zájem". Z tohoto důvodu je jejich uvádění na trh a jejich zabudovávání do staveb regulováno buď na národní úrovni vnitrostátními předpisy, nebo harmonizovanými evropskými předpisy. Příspěvek stručně informuje o úskalí právních předpisů, procesech zkoušení, požární klasifikaci a certifikaci těchto výrobků, na základě kterých deklarují výrobci vlastnosti svých výrobků a jejich odpovědnosti vůči projektantům a koncovým uživatelům.

ÚVOD

Budovy mají být navrhovány tak, aby sloužily svému účelu a přitom splňovaly kritéria bezpečnostní, estetická, technická i ekonomická. Mezi bezpečnostní kritéria je vždy nutné zařadit i jeden ze základních požadavků na stavby a tím je požární bezpečnost. Klimatizace a větrání slouží a ovlivňuje zejména komfort užívání stavby a také náklady na její provozování. Pokud při navrhování klimatizace a větrání však nemá tvůrce dostatečné znalosti z oboru požární bezpečnosti, může být tato neznalost v případě vzniku požáru osudová. Systémy větrání a klimatizace jsou většinou řešeny komplexně pro celou budovu. Systémy procházejí požárně dělicími konstrukcemi budovy, čímž mohou narušit jejich integritu. Působí tak částečně proti snaze projektanta požárně bezpečnostního řešení, který budovu rozděluje do menších požárních úseků, ohraničených požárně dělicími konstrukcemi. Obdobně mohou budovou „pronikat“ také systémy pro odvod kouře a tepla. Jejich účel ve stavbě je však jiný. Předpokládá se, že jsou pro případ požáru určeny, navrženy, zhotoveny, vyzkoušeny, klasifikovány a certifikovány. Musí odolat horkým zplodinám a toxickým plynům vznikajícím při požáru a odvést je mimo budovu a tím zabránit ztrátám na životech a uchránit majetek. Systém se skládá z jednotlivých prvků (výrobků) a o schopnosti celého systému vyhovět své mu účelu v podmínkách požáru rozhoduje nejslabší prvek systému.

PRÁVNÍ PŘEDPISY

Jednotlivé prvky systému pro odvod kouře a tepla i celý systém jsou výrobky, které ve smyslu zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky, by mohly ve zvýšené míře ohrozit zdraví nebo bezpečnost osob, majetek nebo životní prostředí, popřípadě jiný veřejný zájem, (dále jen "oprávněný zájem").

V tomto zákoně jsou také uvedena práva a povinnosti osob, které uvádějí na trh nebo distribuují, popřípadě uvádějí do provozu výrobky, které by mohly ve zvýšené míře ohrozit oprávněný zájem.

Kromě tohoto zákona se na požární klapky a odvody kouře a tepla vztahují právní předpisy související s požární ochranou, které jsou v gesci ministerstva vnitra. Jedná se zejména o

vyhlášku ministerstva vnitra č.246/2001 Sb., která zařazuje tyto výrobky do tzv. vyhrazených požárně bezpečnostních zařízení (dále jen PBZ), tj. zařízení, na jejichž projektování, instalaci, provoz, kontrolu, údržbu a opravy jsou kladeny zvláštní požadavky. Dalším okruhem právních předpisů, které je nutné respektovat při navrhování systémů pro odvod kouře a tepla je stavební zákon a jeho prováděcí předpisy.

Co je to výrobek, uvedení výrobku na trh, uvedení výrobku do provozu?

Podle zákona č. 22/1997 Sb. je výrobkem jakákoliv věc, která byla vyrobena, vytěžena nebo jinak získána bez ohledu na stupeň jejího zpracování a je určena k uvedení na trh jako nová nebo použitá.

Za uvedení výrobku na trh se považuje první dodání výrobku na trh v rámci obchodní činnosti, kterým se rozumí předání nebo nabídnutí k předání výrobku nebo převod vlastnického práva k výrobku za účelem distribuce, používání nebo spotřeby na trhu Evropské unie.

Uvedením výrobku do provozu se rozumí okamžik, kdy je výrobek poprvé použit uživatelem v členských státech Evropské unie k účelu, ke kterému byl zhotoven.

Kdo je výrobcem?

výrobcem osoba, která vyrábí nebo i jen navrhla výrobek, a v případech stanovených nařízením vlády též osoba, která sestavuje, balí, zpracovává nebo označuje výrobek, za který odpovídá podle tohoto zákona a který hodlá uvést na trh pod svým jménem, popřípadě ochrannou známkou; za výrobce se, stanoví-li tak pro výrobek nebo skupinu výrobků nařízení vlády, považuje také osoba, která upraví výrobek již uvedený na trh takovým způsobem, který může ovlivnit jeho soulad s příslušnými technickými požadavky.

Pokud je vyhrazené PBZ tvořeno hlavními funkčními komponenty 2 a více různých výrobců, považuje se za výrobce, ve smyslu vyhlášky 246/2001 Sb. osoba, která navrhla zařízení jako celek k zajištění požárně bezpečnostní funkce.

Kdo může projektovat systémy pro odvod kouře a tepla?

Podle vyhlášky 246/2001 Sb. se projektování vyhrazených PBZ zabezpečuje prostřednictvím způsobilé osoby, která získala oprávnění pro tuto činnost podle zvláštního právního předpisu. V případě, že je projektován konkrétní typ vyhrazeného PBZ, musí osoba, která systém projektovala, popřípadě zpracovala podrobnější dokumentaci, provedla montáž a kontrolu provozuschopnosti, odpovídat za kvalitu provedené činnosti a písemně potvrdit, že při tom splnila právní předpisy, normativní požadavky a průvodní dokumentaci výrobce konkrétního typu PBZ.

VÝROBKY PRO STAVBU

Výrobky, které mají rozhodující význam pro výslednou kvalitu stavby a představují zvýšenou míru ohrožení oprávněných zájmů, jsou stanoveny a posuzovány podle zvláštních právních předpisů. Těmito zvláštními předpisy jsou [1], [2] a [3].
Podrobný přehled jednotlivých výrobků, zkušebních, klasifikačních a výrobkových norem je uveden v [24]
Stále je zde určitý souběh evropských a národních předpisů. Vlastní zkoušení požárních klapek i vzduchotechnických potrubí s požadavkem na požární odolnost a všechny prvky odvodu kouře a tepla se provádí podle evropských zkušebních norem, stejně tak, jako následná požární klasifikace těchto výrobků. Tato klasifikace se provádí na základě výsledků zkoušek a to buď přímou aplikací výsledků zkoušek (DIAP), nebo tzv. rozšířenou aplikací výsledků zkoušek (EXAP).

Co je oblast přímé a rozšířené aplikace výsledků zkoušek a jak se určuje?

Odpověď lze nalézt v termínech a definicích evropských technických norem řešících tuto tematiku, např. [22].

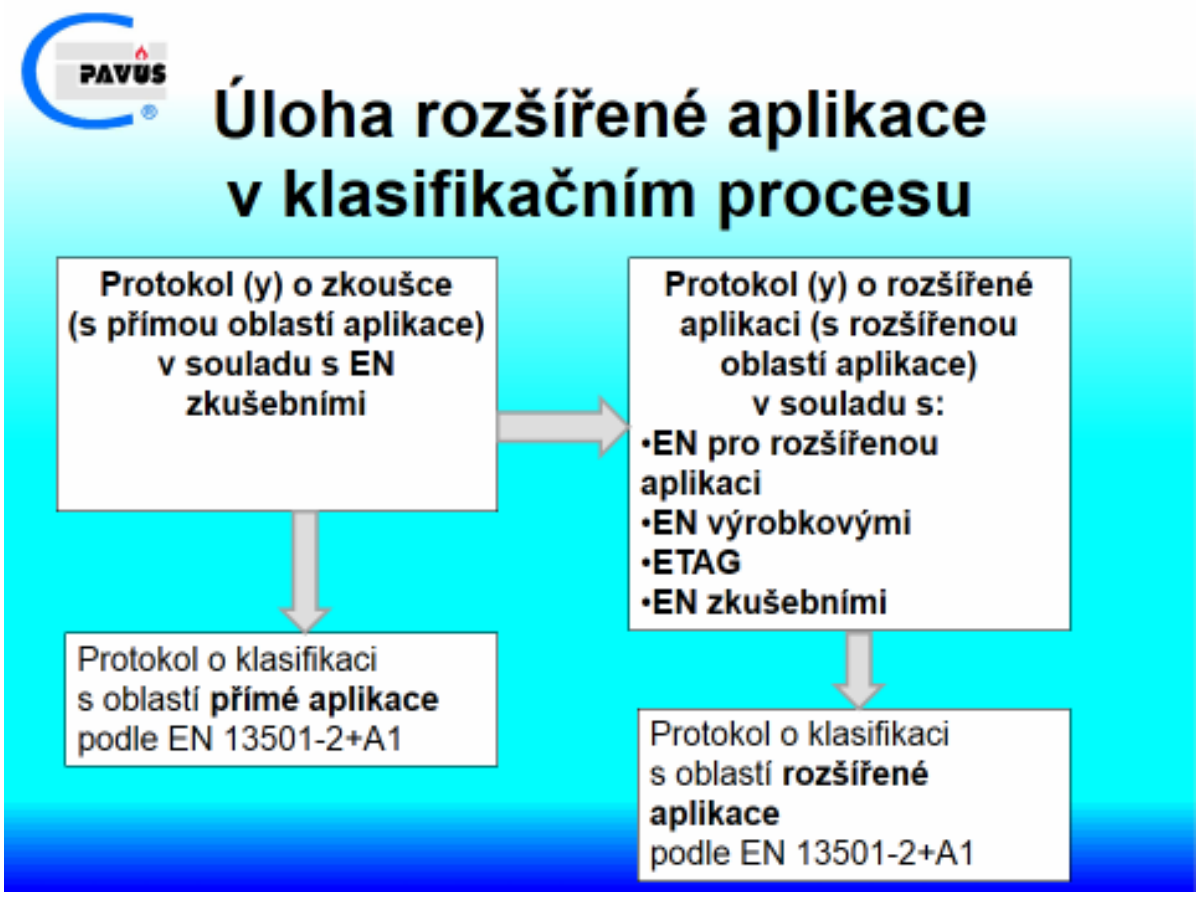
oblast přímé a rozšířené aplikace výsledků zkoušek je výsledek postupu (obsahující aplikace podle definovaných pravidel), kterým se výsledek zkoušky považuje stejně platný pro změny jedné nebo více vlastností výrobku a/nebo uvažované aplikace konečného použití

oblast rozšířené aplikace výsledků zkoušek je výsledek postupu (obsahující aplikace podle definovaných pravidel, která mohou být propojena s výpočtovými postupy), který umožňuje přisuzovat výsledek zkoušky pro změny vlastností výrobků a/nebo uvažované aplikace konečného použití na základě jednoho nebo více výsledku zkoušky podle stejné zkušební normy.

Jedná o velmi složitou a choulostivou problematiku, neboť tyto pravidla de facto rozhodují o počtu zkoušek, který výrobce se svými výrobky (skupinou výrobků) musí absolvovat, aby mohl deklarovat požární vlastnosti pro vybrané parametry výrobku, aplikace konečného použití, ale i podmínky konečného použití. Samozřejmě čím více možností chce výrobce postihnout, tím je větší rozsah zkoušek a tím více prostředků musí výrobce investovat do zkoušení, ještě před uvedením výrobku na trh. Je proto logické, že tato pravidla musí být stanovena formou jednoznačných pokynů proto, aby byla aplikována jednotně v každé akreditované zkušební laboratoři, autorizované osoby, notifikované osoby (dnes již správně oznámeného subjektu podle českého předkladu [1]).

Složitost problematiky dokresluje také to, že v uvedené oblasti výrobků existuje zatím jediná evropská norma na EXAP [14], na základě které je možné zpracovat protokol o rozšířené aplikaci v souladu s [22] a následně vydat protokol o klasifikaci podle [12]. Pro požární klapky dosud evropská norma pro EXAP schválena nebyla, a proto zatím jedinou možností požární klasifikace je na základě přímých aplikací výsledků zkoušek.

Úlohu rozšířené aplikace v klasifikačním procesu ukazuje následující schéma:



Existují výrobci, kteří si tato pravidla velmi uvědomují a nenechávají nic náhodě. Snaží se odběratelům nabídnout veškeré možné parametry svých výrobků, aplikace i podmínky konečného použití a přistupují k této problematice ve vší vážnosti a ctí požární bezpečnost. Požární bezpečnost jako vlastnost, která rozhoduje o životech lidí. Doporučuji všem projektantům i budoucím provozovatelům vzduchotechnických systémů s požadavkem na požární odolnost, i všem projektantům i budoucím provozovatelům zařízení pro odvod kouře a tepla, aby si pečlivě vybírali a vyžadovali technickou specifikaci od jednotlivých výrobců, včetně protokolů o požární klasifikaci, ve kterých by mělo být jednoznačně uvedeno, pro jaká použití a pro jaký způsob zabudování ve stavbě je daný prvek/výrobek určen.

CO NOVÉHO PŘINÁŠÍ NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) Č. 305/2011

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011, kterým se stanoví harmonizované podmínky pro uvádění stavebních výrobků na trh a kterým se zrušuje směrnice Rady 89/106/EHS vstoupilo v plnou platnost dnem 1. 7. 2013. Jedná se o právní dokument, který má tzv. přímou právní účinnost v každém členském státě EU, tedy i v České republice. Nebylo proto nutné tento předpis zavádět do českého právního systému nějakým zvláštním právním předpisem, jak tomu bylo dříve např. nařízením vlády č.190/2002 Sb.

Zjednodušeně se dá říci, že principy pro uvádění stavebních výrobků na trh podle dřívější CPD (Construct Product Directive) zůstávají zachovány i podle nové CPR (Construct Product Regulation). V mnoha detailech se však oba předpisy liší a tyto rozdíly je potřeba vnímat.

Prvním rozdílem, který je zjevný u každého výrobku v harmonizované sféře, je náhrada dříve používaného dokumentu „prohlášení o shodě“ za dokument, který se nově nazývá a má pozměněnou formu „prohlášení o vlastnostech“. U výrobků ovlivňujících požární bezpečnost

stavby je používán tzv. systém 1, který určuje, že „Prohlášení o vlastnostech základních charakteristik stavebního výrobku výrobcem se provádí na základě těchto bodů:

a) výrobce provádí:

i) řízení výroby,

ii) další zkoušky vzorků odebraných v závodě výrobcem v souladu s předepsaným plánem zkoušek;

b) oznámený subjekt pro osvědčení výrobku vydává osvědčení o stálosti vlastností výrobku na základě:

i) určení typu výrobku na základě zkoušky typu (včetně odběru vzorků), výpočtu pro typ, tabulkových hodnot nebo popisné dokumentace výrobku,

ii) počáteční inspekce výrobního závodu a řízení výroby,

iii) průběžného dozoru, posouzení a hodnocení řízení výroby.

Je zřejmé, že nahrazením CPD za CPR je dána výrobcům větší důvěra, ale i větší zodpovědnost. Jaké změny se však skrývají pod dříve vydávaným tzv. ES certifikátem shody a nyní vydávaným osvědčením o stálosti vlastností výrobku? Především výrobce deklaruje vlastnosti svého výrobku, přičemž však nemusí deklarovat ani všechny vlastnosti, které jsou uváděny v přílohách ZA harmonizovaných norem. Pokud některou z vlastností nechce nebo nemůže deklarovat, mělo by být u této vlastnosti uvedena zkratka NPD (No Performance Declared). Je možné to řešit tímto způsobem, ale otázkou pro výrobce je, zda toto nedeklarování jej neznevýhodňuje na trhu, na rozdíl od svého konkurenta, který vlastnost deklaruje.

Jaký je rozdíl mezi pojmy „charakteristika“ a „vlastnost“?

Přestože český technický jazyk považuje obvykle tato slova za synonyma, český překlad CPR používá tyto pojmy následovně: příklady „(základních) charakteristik“ jsou pevnost, odolnost, propustnost. „Vlastnost“ je potom jejich vyjádření hodnotou, třídou nebo úrovní - například „1,5 MPa“, „kategorie II“, „vyhověl“. Pro snazší pochopení lze použít jako ekvivalenty pojmu „vlastnost“ výrazy jako „hodnota vlastnosti“, „ukazatel“, „parametr“ (např. slovenský překlad CPR používá výraz „parameter“)

Za zmínku také stojí přechodná ustanovení CPR, (čl. 66)

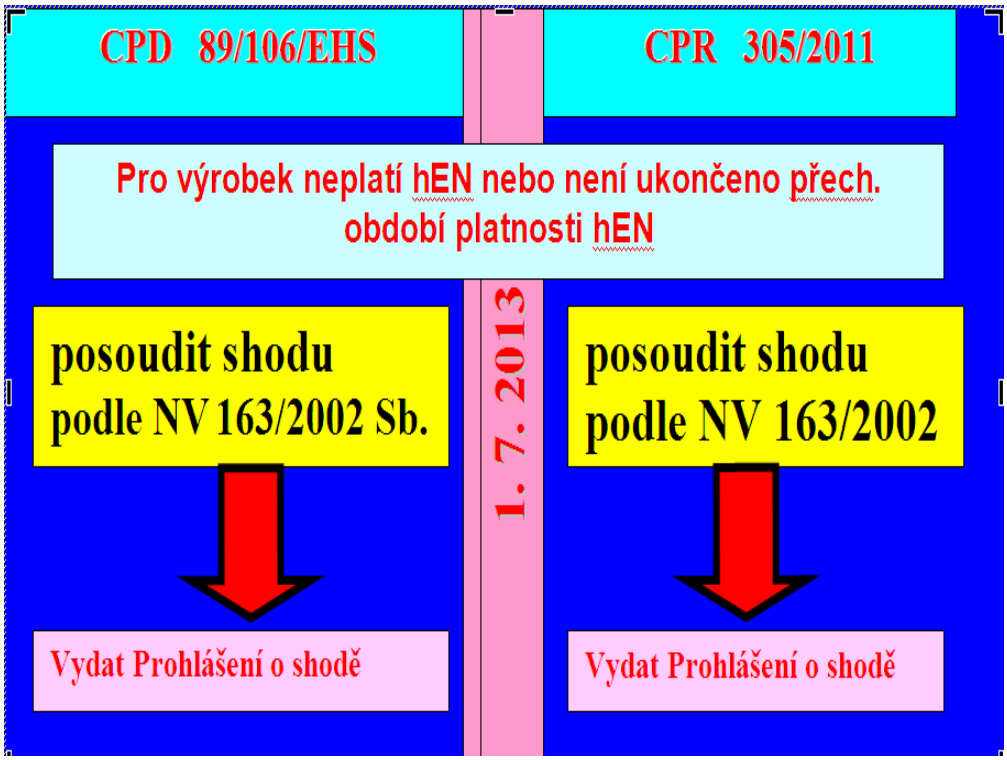
1. Stavební výrobky, které byly uvedeny na trh v souladu se směrnicí 89/106/EHS přede dnem 1. července 2013, se považují za výrobky, které jsou v souladu s tímto nařízením.

2. Výrobci mohou vypracovat prohlášení o vlastnostech na základě osvědčení o shodě nebo prohlášení o shodě, která byla v souladu se směrnicí 89/106/EHS vydána přede dnem 1. července 2013.

Následující schéma znázorňuje nejvýznamnější rozdíly mezi CPD a CPR:

POSUZOVÁNÍ A UVÁDĚNÍ VÝROBKŮ NA TRH, PRO KTERÉ DOSUD NEEXISTUJÍ HARMONIZOVANÉ EVROSPKÉ NORMY

Tyto případy zůstávají beze změny a postupuje se cestou tzv. národního posuzování. Názorně je proces znázorněn následujícím schématem:



ZÁVĚR

Požární bezpečnost budov rozhoduje o životech osob (případně i zvířat) a ztrátách na majetku.

Jakýkoliv systém, tedy i systémy HVAC nebo systémy pro odvod kouře a tepla by měly být sestavovány z prvků, které splňují technické požadavky na ně kladené, které byly ověřeny nezávislou třetí stranou, tj. oznámeným subjektem (pro značku shody CE) nebo autorizovanou osobou (pro národní certifikaci).

Vhodným dokumentem pro prostudování výrobku a jeho možná použití ve vazbě na požární vlastnosti a podmínky konečného použití ve stavbě je protokol o požární klasifikaci, vydávaný podle ČSN EN 13501-3, resp. ČSN EN 13501-4. Databázi požárně klasifikovaných výrobků je možné nalézt na webových stránkách PAVUS, a.s., viz [21].

LITERATURA

[1] NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) č. 305/2011, ze dne 9. března 2011, kterým se stanoví harmonizované podmínky pro uvádění stavebních výrobků na trh a kterým se zrušuje směrnice Rady 89/106/EHS;

[2] Zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.

[3] Nařízení vlády č. 163/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky, ve znění nařízení vlády č. 312/2005 Sb.

[4] Zákon č.183/2006 Sb., ze dne 14. března 2006 o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů.

[5] Vyhláška Ministerstva vnitra č.246/2001 Sb., o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci)

[6] Vyhláška č.23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb, ve znění vyhlášky 268/2001 Sb.

[7] ČSN EN 1366-1 Zkoušení požární odolnosti provozních instalací - Část 1: Vzduchotechnická potrubí, 12/1999.

[8] ČSN EN 1366-2 Zkoušení požární odolnosti provozních instalací - Část 2: Požární klapky, 12/1999.

[9] ČSN EN 1366-8 Zkoušení požární odolnosti provozních instalací - Část 8: Potrubí pro odvod kouře, 12/2004.

[10] ČSN EN 1366-9 Zkoušení požární odolnosti provozních instalací - Část 9: Potrubí pro odvod kouře z jednoho úseku, 10/2008.

[11] ČSN EN 1366-10 Zkoušky požární odolnosti provozních instalací - Část 10: Klapky pro odvod kouře, 09/2011.

[12] ČSN EN 13501-3+A1 Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb - Část 3: Klasifikace podle výsledků zkoušek požární odolnosti výrobků a prvků běžných provozních instalací: požárně odolná potrubí a požární klapky, 02/2010.

[13] ČSN EN 13501-4+A1 Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb - Část 4: Klasifikace podle výsledků zkoušek požární odolnosti prvků systémů pro usměrňování pohybu kouře, 02/2010.

[14] ČSN EN 15882-1 Rozšířená aplikace výsledků zkoušek požární odolnosti provozních instalací – Část 1: Požárně odolná vzduchotechnická potrubí, 05/2012.

[15] ČSN EN 12101-1 Zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla - Část 1: Technické podmínky pro kouřové zábrany, 02/2006.

[16] ČSN EN 12101-2 Zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla - Část 2: Technické podmínky pro odtahové zařízení pro přirozený odvod kouře a tepla, 04/2004.

[17] ČSN EN 12101-3 Zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla - Část 3: Technické podmínky pro ventilátory pro nucený odvod kouře a tepla, 05/2003.
[18] ČSN EN 12101-7 Zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla - Část 7: Potrubí pro odvod kouře, 10/2011.
[19] ČSN EN 12101-8 Zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla - Část 8: Klapky pro odvod kouře, 10/2011.
[20] ČSN EN 12101-10 Zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla - Část 10: Zásobování energií, 05/2006.
[21] PAVUS, a.s. *Domovská stránka*, aktualizováno 15. 3. 2014. Dostupné z: <http://www.pavus.cz>.
[22] ČSN EN 15725 Protokoly o rozšířené aplikaci výsledků zkoušek požárních vlastností stavebních výrobků a konstrukcí staveb, 12/2010.
[23] BUCHTOVÁ, J., *příspěvek na XXII. Ročníku mezinárodní konference Požární ochrana 2013, VŠB-TU Ostrava.* Posuzování a ověřování stálosti vlastností stavebních výrobků podle nařízení EP a Rady (EU) č. 305/2011 (CPR), Aktuální zkušenosti, 5. 9. 2013.
[24] DUFEK, J., *Příspěvek na 20. Konferenci Klimatizace a větrání 2012, OS 01 Klimatizace a větrání*, Požadavky na vzduchotechnické prvky a prvky pro odvod kouře a tepla při jejich uvedení na trh a zabudování do staveb v ČR, *STP 2012.*

ČISTÉ PROSTORY PRO FARMACII A ZDRAVOTNICTVÍ

Vladimír Förster

LABOX spol. s r.o.
v.förster@labox.cz

ANOTACE

Čisté prostory, tj. prostory s řízenou čistotou vzduchu, jsou fenoménem moderní doby a jejich používání se rozšiřuje na čím dál více oborů. S rozvojem užívání čistých prostor rostou i požadavky na jejich kvalitu a provedení a implementaci specifických požadavků investorů. Jednou za specifických oblastí, kde jsou čisté prostory používány, je oblast výroby léčiv a pomůcek zdravotnické techniky. V přednášce jsou uvedeny zkušenosti z realizace čistých prostorů pro tuto oblast používání a jejich uvedení do provozu.

ÚVOD

Podle jedné z možných definic je čistý prostor definovaný prostor, ve kterém je koncentrace částic ve vznosu regulována tak, aby byla splněna specifikovaná třída čistoty.

Další definice, kterou je možno použít, je tato:

Čistý prostor (tj. prostor s řízenou čistotou vzduchu) je technologický celek, který zahrnuje vzduchotechniku čistého prostoru, konstrukci čistého prostoru, systém M+R, elektro, slaboproudé rozvody a dále instalovanou technologii. Parametry čistých prostor jsou buď dány legislativními předpisy, nebo jsou stanoveny objednatelem dle jeho specifických činností.

Rozvoj technologie čistých prostorů vedl ke zpracování technických standardů, které mají zajistit, aby čisté, prostory byly správně navrhovány, montovány a užívány a aby byla zajištěna jejich pravidelná kontrola a údržba.

V roce 2000 byla do našeho systému norem převzata norma ČSN EN ISO 14644-1 „Čisté prostory a příslušné řízené prostředí-Část 1- Klasifikace čistot vzduchu“ a postupně byly doplňovány i další části. V současné době jsou k dispozici tyto další části:

ČSN EN ISO 14644-2 „Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 2: Specifikace zkoušení a sledování pro průběžné ověřování shody s ISO 14644-1“
ČSN EN ISO 14644-3 „Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 3: Zkušební metody
ČSN EN ISO 14644-4 „Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 4: Návrh, konstrukce a uvádění do provozu“
ČSN EN ISO 14644-5 „Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 5: Provozování“
ČSN EN ISO 14644-6“Čisté prostory a příslušná řízená prostředí - Část 6: Slovník
ČSN EN ISO 14644-7 „Čisté prostory a příslušné řízení prostředí - Část 7: Oddělovací zařízení (boxy s čistým vzduchem, rukávcové boxy, izolátory a zařízení pro miniprostředí)“
ČSN EN ISO 14644-8 „Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 8: Klasifikace molekulárního znečištění vzduchu“

V oblasti přípravy a výroby léčiv jsou používány specifické předpisy vycházející z EC GMP Volume 4, Annex 1:

- pro výrobu léčiv VYR 32, dodatek 1, revize 1 a VYR 36
- pro přípravu léčiv Vyhláška 84/2008 Sb.

Pro práci s lidskými tkáněmi a buňkami určenými pro použití u člověka se používá Vyhláška 422/2008 Sb. a VYR 39

Pro klasifikaci prostředí na základě neživých částic je používána ČSN EN ISO 14644-1 resp. EC GMP Volume 4, Annex 1 (VYR 32 a 36/SÚKL), které se od sebe v detailech liší- viz tabulky 1 a 2. Klasifikace prostředí v čistých prostorech, kde je hlavním kriteriem počet živých mikroorganismů, se řídí podle EC GMP Volume 4, Annex 1 (VYR 32/SÚKL)- viz tabulka 3.

Tab. 1 *Třídy čistoty čistých prostorů dle ČSN EN ISO 14644-1*

Označení tříd čistoty dle ISO	**Maximální počet částic v 1 m^3 podle velikosti v µm**					
	≥0,1	**≥0,2**	**≥0,3**	**≥0,5**	**≥1,0**	**≥5,0**
ISO Class 1	10	2				
ISO Class 2	100	24	10	4		
ISO Class 3	1000	237	102	35	8	
ISO Class 4	10 000	2370	1020	352	83	
ISO Class 5	100 000	23 700	10 200	3520	832	29
ISO Class 6	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8320	293
ISO Class 7				352 000	83 200	2930
ISO Class 8				3 520 000	832 000	29 300
ISO Class 9				35 200 000	8 320 000	293 000

Tab. 2 *Jakostní třída čistých prostor pro výrobu sterilních léčiv dle EC GMP Volume 4, Annex 1 (VYR 32 a 36/SÚKL) přípustná částicová kontaminace*

Jakostní třída	**Maximální přípustný počet částic rovný nebo větší /1.m^{-3} /**			
	Za klidu		**Za provozu**	
	částice velikosti 0,5 µm a větší	**částice velikosti 5,0 µm a větší**	**částice velikosti 0,5 µm a větší**	**částice velikosti 5,0 µm a vµtší**
A	3 520	20	3 520	20
B	3 520	29	352 000	2 900
C	352 000	2 900	3 520 000	29 000
D	3 520 000	29 000	nedefinováno	nedefinováno

Tab. 3 *Jakostní třída čistých prostor pro výrobu sterilních léčiv dle EC GMP Volume 4, Annex 1 (VYR 32/SÚKL)- přípustná mikrobiologická kontaminace*

Jakostní třída	**Maximální přípustný počet živých mikroorganismů**			
	Vzorkování vzduchu / CFU m^{-3} /	**Petriho miska (průměr 90 mm) / CFUza 4 hod/**	**Kontaktní desky (průměr 55 mm) / CFU/ desku/**	**Otisk rukavice 5 prstů / CFU/ rukavice/**
A	<1	<1	<1	<1
B	10	5	5	5
C	100	10	25	-
D	200	100	50	-

CFU-colony forming units

REALIZACE INVESTICE - TECHNICKÁ PŘÍPRAVA

Požadavky farmaceutického průmyslu na technické zabezpečení výroby se významně liší od ostatních výrobních odvětví. Jsou zde kladeny velké požadavky na zajištění kvality. Základním cílem je zamezit vzniku náhodných jevů ve výrobě a garantovat zajištění stálých výrobních podmínek. Na každý stupeň předvýrobní a výrobní operace jsou kladeny vysoké požadavky a každý důležitý krok bývá ověřen validací.

Ne jinak je tomu i v projektové fázi přípravy, kde každé chybné řešení v projektové přípravě může ovlivnit jakost výsledného produktu.

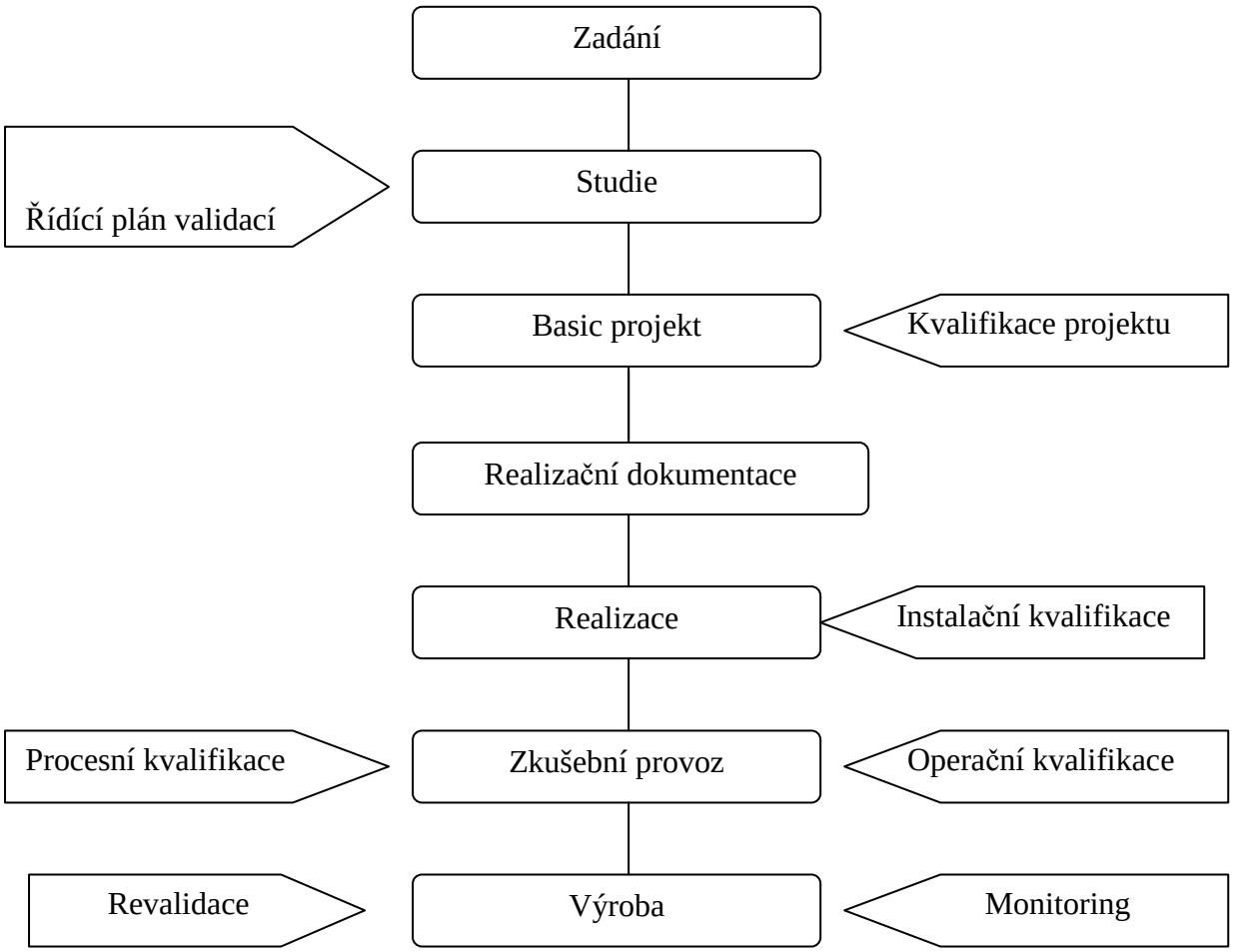
Je nutné si uvědomit, že správně fungující čistý prostor představuje komplex technických řešení, která tvoří nedílný celek. Proto je nutné navrhovat čistý prostor na základě komplexního a koncepčního přístupu.

Výrazem komplexní je míněno, že do návrhu čistého prostoru musí být zapojen především uživatel a všechny zainteresované složky firmy jako údržba, jištění jakosti, ochrana životního prostředí atd. Koncepce musí zahrnovat i možnost změny z hlediska úpravy kapacity výroby, nebo změny výrobku. Proces realizace investiční výstavby je uveden na obr. 1. Jsou zde i uvedeny jednotlivé validační aktivity v průběhu realizace záměru.

V ČSN EN ISO 14644-4 jsou uvedeny testy, které se mají provést před a při uvedení čistého prostoru do provozu. Podle obsahu a časové fáze provedení se dělí na:

a) Kvalifikaci projektu (Design qualification)- která se provádí ve fázi dokončení projektu
b) Instalační kvalifikaci (Installation qualification) která se provádí po dokončení montáže
c) Operační kvalifikace (Operational qualification), která se provádí při uvedení kompletně dokončené instalace zařízení do provozu, bez chodu instalované technologie a přítomnosti provozního personálu,
d) Procesní kvalifikace (Performance qualification) která se provádí za provozu zařízení, včetně provozu instalované technologie a přítomnosti provozního personálu

Detailní popis výše uvedených kvalifikací, včetně výčtu zkoušek a měření potřebných pro každou fázi kvalifikace je uveden ve výše uvedené normě a dalších materiálech.



Obr. 1 *Postup realizace investice*

Výše uvedený postup realizace včetně potřebných kvalifikací zaručuje kvalitní výsledek realizace. Pokud jsou některé fáze realizace, ať už z jakýchkoliv důvodů vynechány nebo nekvalitně provedeny má to obvykle za následek nepříliš kvalitní výsledek realizace. V další kapitole jsou stručně popsány nejčastější vady konečných realizací čistých prostor.

NEJČASTĚJŠÍ CHYBY PŘI NÁVRHU ČISTÝCH PROSTOR

Jednou z najzásadnějších chyb které se investor při realizaci dopustí je nevhodná volba dodavatele, jejímž důsledkem obvykle je

- Volba nevhodných materiálů konstrukce stropu (sádrokarton, kazetové minerální stropy) a příček (sádrokarton, stavební konstrukce bez potřebné povrchové úpravy).
- Špatně dimenzovaná a navržená vzduchotechnika čistého prostoru.
- Nevhodné umístění přívodů a odvodů vzduchu.
- Přívod vzduchu pro zařízení s laminárním a turbulentního proudění vzduchu z jedné klimajednotky
- Přívod vzduchu pro zařízení s laminárním a turbulentního proudění vzduchu z jedné klimajednotky.

- Špatně dimenzovaný přívod vzduchu nezohledňující počet provozního personálu a kontaminaci vznikající při chodu technologie.
- Špatně tlakově dimenzovaná klimajednotka nezohledňující nutnost kompenzace zanášení instalovaných filtrů a ztráty tlaku vyplývající z průchodu vzduchu čistým prostorem.
- špatně dimenzované filtrační systémy a nevhodné umístění HEPA filtrů
- Nevhodně použité vzduchotechnické potrubí, jak pevné (s běžnou těsností), tak pružné (s omezenou životností).
- Nevhodně zadané a aplikované parametry pro systém M+R, zejména při řízení přetlaku v čistém prostoru.
- Nekonkrétní projekt – bez uvedení parametrů čistoty místností čistého prostoru a tlakového obrazce čistého prostoru.
- Navržení nevhodných zařizovacích předmětů – nábytek, vybavení personálních a materiálových propustí, technologické zařízení nevhodné do čistých prostor apod.
- Nerespektování potřebného přístupu k zařízení při kvalifikacích (zejména OQ a PQ) a chybějící vybavení potřebné pro kvalifikace (zásuvky, odběrové sondy, a pod.)

UVÁDĚNÍ VZDUCHOTECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ DO PROVOZU PO SKONČENÉ MONTÁŽI

Jiří Frýba

Klimakonsult
jiri.fryba@volny.cz

ANOTACE
Uvádění vzduchotechnických zařízení do provozu po skončené montáži zahrnuje řadu dílčích procesů, jejichž řádné a profesionální vedení je podmínkou jak pro bezkonfliktní průběh předávacího řízení, tak i pro následné vydání kolaudačního rozhodnutí k trvalému užívání systémů. Tyto procesy se vyznačují racionální obsahovou strukturou a logickou časovou následností. Příspěvek se zabývá v praxi osvědčenou variantou jejich řízení.

Právní prostředí
Úspěšné převzetí vzduchotechnických zařízení objednatelem a jeho uvedení do provozu po skončené montáži je podmíněno splněním obsahu § 2604 zákona č.89/2012 Sb. (nový občanský zákoník – dále NOZ), který stanoví, že "dílo je provedeno, je-li dokončeno a předáno." V § 2605 v odstavci (1) je upřesněno, že "**dílo je dokončeno, je-li předvedena jeho způsobilost sloužit svému účelu. Objednatel převezme dokončené dílo s výhradami, nebo bez výhrad."**
V této souvislosti je účelné citovat i
§ 2607 (NOZ)
"(1) Má-li být dokončení díla prokázáno provedením **ujednaných zkoušek**, považuje se provedení díla za dokončené úspěšným provedením zkoušek. K účasti na nich zhotovitel objednatele včas přizve; nezúčastní-li se objednatel zkoušky a nevylučuje-li to povaha věci, nebrání to jejich provedení.
(2) Výsledek zkoušky se zachytí v zápisu; není-li objednatel přítomen, potvrdí zápis místo něho hodnověrná, odborně způsobilá a nestranná osoba, jež se zkoušek zúčastnila. Nepříčí-li se to povaze závazku, je zhotovitel povinen objednateli na jeho žádost zápis předat."
a
§ 2608(NOZ)
"(1) Je-li předmětem díla věc, řídí se předání věci obdobně ustanoveními o kupní smlouvě.
(2) Převzetím nabývá objednatel vlastnické právo k věci a přechází na něho nebezpečí škody na věci, nestalo-li se tak již dříve."
V této souvislosti je rovněž vhodné připomenout, že **obchodní zákoník č.513/1991 Sb**., kterým se řídila výše zmíněná problematika, **od 1. ledna 2014 neplatí** a to v plném rozsahu.
Uvedené dikce NOZ tedy vedou k výkladu, že **předvedení způsobilosti díla** "sloužit svému účelu" **je povinné** a pokud se dále předpokládá provedení **ujednaných** zkoušek, **vyplývá z toho i povinnost zmíněné zkoušky smluvně zajistit.**

Tento výklad by tedy mohl zamezit dosavadním rozšířeným omylům objednatelů, kteří mylně očekávali, že je automatickou povinností zhotovitele dodané zařízení komplexně zkoušet, aniž by to bylo smluvně zajištěno.

Kontrolní prohlídky prvků vzduchotechnických zařízení před funkčními zkouškami
Potrubí a styky:
Kontrola prostorové tuhosti potrubí, umístění spojů,umístění vějířovité podložky pod spoji, protipožárních klapek, tlumičů hluku, ventilátorů,samotného zavěšení roury s tlumičem

hluku a s ventilátorem, provedení požární izolace v místě přírubového spoje, zavěšení pružných hadic

Bytové větrání
Kontrola pružného namontovaní na stěnu, pružného připojení na stoupací potrubí, instalace centrální větrací jednotky s rekuperátorem, instalace větracích mřížek, elektrické přípojky a ostatní elektrické výzbroje
Ventilátory:
Kontrola umístění a přístupnosti, pružného uložení základu, nesouososti a vyvážení mechanizmů, elektrické přípojky a ostatní elektrické výzbroje, volného otáčení kola, dotažení šroubových spojů, těsnosti, pružnosti a souososti tlumicích vložek na sání a výdechu, správného uložení osy ventilátoru (například vodorovné), odvod kondenzátu ze spirální skříně, napnutí klínových řemenů, promazání ložisek, pružné uložení na izolátorech chvění
Vzduchovody:
Kontrola kotvení potrubních tras, čistoty uvnitř potrubí, dotažení šroubových spojů, připojení vodivého potrubí (zejména pružných manžet), na zemnicí síť, úplnosti a pružnosti závěsů, těsnosti a otevíratelnosti kontrolních otvorů v potrubí, dodržení umístění vyústek podle projektu, nastavitelnosti a ovladatelnosti jejich listů, utěsnění k potrubí a hrubé nastavení ovladatelnosti náběhových listů, vyvedení ovládacího drátu s aretací, uložení tlumičů hluku, provedení izolací tepelných, protihlukových a protipožárních, kotvení výfukových hlavic, přístupnosti, ovladatelnosti a těsnosti klapek, stavu, úplnosti a otevření protipožárních klapek, rozmístění zařízení ve strojovnách, upevnění strojů na základech či nosných konstrukcích, umístění výrobních štítků na strojích a jejich porovnání s projektovanými hodnotami, osazení štítků na dveřích strojoven a značení únikové cesty, funkčnosti odvodňovacích systémů (potrubí, kuchyňských zákrytů, rekuperátorů, chladicích registrů, fan-coilů apod.), dodržování projektovaných dimenzí potrubních úseků, přesnosti montáže potrubních spojů, přesnosti montáže příslušenství
Distribuční koncové prvky:
Kontrola přesnosti montáže připojení koncových prvků k distribuční síti
Koncové jednotky vysokotlaké klimatizace:
Kontrola přesnosti montáže připojení koncových jednotek k distribuční síti, správné montáže soustavy výkonové regulace koncových jednotek, elektrické přípojky a ostatní elektrické výzbroje
Klimatizační jednotky, na komplexní úpravu vzduchu **:**
Kontrola správné konfigurace sestavy jednotek, správné instalace modulových zdrojů tepla a chladu, těsnosti spojení jednotlivých dílů(komor), úplnosti sestavy, dotažení a těsnosti spojů, funkce kontrolních otvorů, pružného uložení na základu nebo nosné konstrukci, ventilátoru, filtru, výměníků tepla a chladu, praček vzduchu, připojení vzduchovodů, potrubí topného média, chladicího média a vody, připojení na elektrický rozvod a osazení prvků měření a regulace
Parní výměníky tepla (ohřívače vzduchu):
Kontrola umístění a přístupnosti výměníku, přípojek páry, spádování kondenzátu
Vodní výměníky tepla:
Kontrola umístění a přístupnosti výměníku,vypouštěcího ventilu a odvzdušňovacího ventilu, soustavy ochrany proti zamrznutí vody ve výměníkových trubkách, sifonového uzávěru kondenzátu u chladičů, správného připojení vodních potrubí, osazení armatur (uzavírací, směšovací), odstranění deformací lamel
Elektrické ohřívače vzduchu:
Kontrola umístění a přístupnosti,přípojky elektrického proudu

Chladiče vzduchu s přímým chlazením vzduchu odparem chladiva:
Kontrola umístění a přístupnosti výměníku, montáže připojení chladivového potrubí, odvodu kondenzátu vzdušné vlhkosti se sifonovým uzávěrem

Ohřívače vzduchu tepelných čerpadel ve kterých dochází ke kondenzaci chladiva kondenzací chladiva:
Kontrola umístění a přístupnosti výměníku, montáže připojení chladivového potrubí

Potrubní rozvody chladiva v parní fázi:
Kontrola tepelné izolace potrubí

Filtry:
Kontrola neporušenosti filtračního materiálu a filtračních vložek a uložení ve skříni či rámu, přístupnosti výměnných částí

- u filtrů vložkových a kapsových
  - těsnosti osazení rámů filtrů do filtrační komory
- u filtrů pásových

souososti a ustavení navíjecí a odvinovací cívky, ustavení vodicích lišt, ustavení vodicí sítě, ustavení pohonného mechanizmu, elektrické přípojky a ostatní elektrické výzbroje, montáže zařízení pro řízení odvinování filtračního pásu

- u filtrů protizápachových
  - usazení nosných desek pro uchycení adsorpčních patron
  -

Zvlhčovače vzduchu:
kontrola

- u parního zvlhčovače vzduchu
  elektrické přípojky a ostatní elektrické výzbroje, montáže zařízení pro měření a regulaci výkonu vyvíječe páry, montáže vodovodní přípojky, montáže odkalovacího potrubí, těsnosti zaústění parního potrubí do distributoru páry ve vzduchovodu
- u vodního zvlhčovače vzduchu
  čistoty vnitřního prostoru, připojení na přívod doplňovací vody, těsnosti vodního tanku, montáže distribučních trubek vody s tryskovými rozprašovači, montáže eliminačních plechů, montáže vodního filtru, nastavení plovákového doplňovacího ventilu, osazení vodního čerpadla,elektrické přípojky a ostatní elektrické výzbroje

Odvlhčovače vzduchu
kontrola

- u kondenzačního odvlhčovače vzduchu
  možnosti vypouštění a čištění, vypouštěcího a odvzdušňovacího ventilu, odvodu kondenzátu vzdušné vlhkosti se sifonovým uzávěrem
- u desikačního kotouče
  těsnosti umístění v sestavě úpravy vzduchu, instalace klapkového regulační ústrojí pro střídání regeneračního cyklu, montáže pohonu desikačního kotouče, zachování podmínky souososti a vyvážení mechanizmů, elektrické přípojky a ostatní elektrické výzbroje, montáže zařízení pro měření a regulaci výkonu odvlhčovacího zařízení

Zařízení na zpětné získávání tepla (ZZT) :

- u rekuperačního výměníku ZZT:

těsnosti připojení skříně výměníku k ostatním dílu vzduchotechnického zařízení, umístění a přístupnosti, montáže zařízení pro odmrazování teplosměnných ploch se zařízením pro měření a regulaci

- u regeneračního výměníku ZZT a vlhkosti

těsnosti připojení skříně výměníku k ostatním dílům vzduchotechnického zařízení, těsnosti přepážky mezi vzduchovými proudy, instalace stíracího zařízení rotačního výměníku, montáže pohonu rotačního výměníku, zachování podmínky souososti a vyvážení mechanizmů, elektrické přípojky a ostatní elektrické výzbroje, montáže zařízení pro měření a regulaci výkonu výměníku tepla a vlhkosti

Jednotky s výměníkem tepla pro adiabatické ochlazování vzduchu
Kontrola správné konfigurace sestavy jednotek, těsnosti spojení jednotlivých dílů(komor), těsnosti připojení křížového deskového výměníku tepla a regulační klapky s obchozem, těsnosti montáže adiabatického zvlhčovače odpadního vzduchu s čerpadlem, vodovodní přípojkou, vodním filtrem, odvodu vypouštěné vody

Aktivní sálavé otopné a chladicí plochy
Kontrola správného ustavení pozice ventilátorů pro ofukování teplosměnných ploch
Čerpadla:
Kontrola umístění a přístupnosti, pružného uložení základu, souososti a vyvážení mechanizmů, vybavení potrubí kompenzátory, elektrické přípojky a ostatní elektrické výzbroje
Úplnost dodávky podle projektu a kvalita montáže
Kontrola připojení výměníků tepla na potrubí teplonosné látky, možnost jejich odvzdušnění, vypouštění a demontáže

Pokud se týká ujednaných zkoušek, může se jednat o

1. Individuální vyzkoušení
Pod pojmem individuální vyzkoušení zařízení vzduchotechniky se rozumí dílčí, jednoduché a jednorázové přezkoušení funkce smontovaných strojů nebo zařízení prováděné většinou jako součást montáže, případně po jejím ukončení. Jde vlastně o výstupní kontrolu dílčích prací. V této fázi se zařízení nespouští ani neseřizuje.
Individuálním vyzkoušením se rozumí přezkoušení funkce smontovaných strojů a zařízení tak, že budou uvedeny do chodu naprázdno popř. i zatížené. Obecně má individuální zkoušení účelně osvědčit úplnost a kvalitu smontovaného zařízení. Zhotovitel doporučuje účast pracovníků obsluhy případně techniků objednatele (odběratele) již v průběhu provádění individuálního vyzkoušení.

2. Komplexní vyzkoušení (KV)
Hlavním cílem komplexních zkoušek zařízení vzduchotechniky je jeho uvedení do současného chodu v co možno největším rozsahu, čímž zhotovitel (dodavatel) prokazuje objednateli, že dílo je kvalitní, splňuje požadované funkce a je schopno trvalého provozu v plně automatickém režimu. Zároveň lze tak konstatovat, že předmět smlouvy o dílo je splněn. Tím se ověřuje vzájemná interakce zařízení při jejich současném provozu, což je důležité zejména u zařízení techniky prostředí, a dále se ověřuje dostatečnost energetických vstupů pro provoz komplexu zařízení.

Dokumentace komplexních zkoušek obsahuje:

- potřebný rozsah výkresové a jiné dokumentace, podle níž provede zhotovitel přípravu KV;
- termín (podmínky) začátku přípravy komplexního vyzkoušení;
- organizační, technické podmínky a předpisy pro KV;
- požadavky na media, paliva a energie;
- požadavky na provozní pracovníky při KV;
- rozsah a dobu působení stavebníka (technického dozoru) při přípravě KV
- způsob úhrady zvýšených nákladů zhotovitele;
- průkaz úspěšného ukončení přípravy na KV;
- termín /podmínky/ vlastního KV;
- dobu provádění KV;
- soupis prací a zkoušek v rámci KV
- parametry, kterých musí být dosaženo při KV;
- dokumentace automatizovaných systémů řízení a popis průkazu jejich funkce;
- vedení technických záznamů o průběhu a výsledcích komplexního vyzkoušení;
- podmínky a odpovědnost za dodržení zásad bezpečnosti práce a ochrany zdraví;
- způsob dalšího řešení při neúspěšném výsledku komplexního vyzkoušení.

V rámci komplexního vyzkoušení se v rozsahu smluvních závazků se kontroly zaměřují zvláště na následující problematiku:

- postupné uvedení všech vzduchotechnických zařízení do chodu na dohodnutou dobu v běžných provozních podmínkách;
- teplota ložisek a zatížení elektromotorů, rotujících částí strojů a klidný chod ventilátorů;
- funkce a stav výměníků tepla, filtrů, praček vzduchu, regulačních klapek a dalších elementů klimatizačních jednotek;
- vibrace přenášené do točivých strojů na stavební konstrukce a na vzduchotechnické potrubí;
- funkčnosti a vazby regulačních okruhů měření a regulace výměníků ohřevu a chlazení vzduchu;
- zaregulování a proměření výkonových parametrů všech koncových prvků

3. zkušební provoz - (§124 stavebního zákona č. 183/2006 Sb. ve znění zákona č.350/2012 Sb.)

„Zkušebním provozem se ověřuje funkčnost vlastnosti provedené stavby podle projektové dokumentace. Zkušební provoz stavební úřad povolí na odůvodněnou žádost stavebníka nebo nařídí na základě požadavku dotčeného orgánu nebo v jiném odůvodněném případě. V rozhodnutí uvede zejména dobu trvání zkušebního provozu stavby, a je-li to nutné, stanoví pro něj podmínky, popřípadě podmínky pro plynulý přechod zkušebního provozu do užívání stavby. Vyhodnocení výsledků zkušebního provozu stavebník připojí k žádosti o vydání kolaudačního souhlasu. Zkušební provoz lze povolit jen na základě souhlasného závazného stanoviska, popřípadě rozhodnutí dotčeného orgánu. Stavební úřad může též v případě nutnosti pro provedení zkušebního provozu uloženého podle § 115 odst. 2 ("u stavby obsahující technologické zařízení, u něhož je třeba ověřit způsobilost k bezpečnému užívání, dodržení podmínek stavebního povolení nebo integrovaného povolení podle zvláštního předpisu, stavební úřad může uložit ve stavebním povolení provedení zkušebního provozu. V takovém případě předem projedná se stavebníkem dobu trvání zkušebního provozu.") stanovit novým rozhodnutím další podmínky. Za doby trvání zkušebního provozu lze bez předchozího řízení vydat nové rozhodnutí o prodloužení doby trvání zkušebního provozu."

Účastníkem řízení, týkajícího se zkušebního provozu je stavebník a vlastník stavby. Pokud nebylo provedení zkušebního provozu uloženo stavebním povolením, může stavební úřad na podkladě požadavku dotčeného orgánu nebo žádosti stavebníka anebo v jiném odůvodněném případě stanovit rozhodnutím, které je prvním úkonem v řízení, že kolaudační souhlas lze vydat jen po provedení zkušebního provozu. V rozhodnutí uvede zejména dobu trvání zkušebního provozu (stavby), a je-li to nutné, stanoví pro něj podmínky, popřípadě podmínky pro plynulý přechod zkušebního provozu do užívání stavby. Vyhodnocení výsledků zkušebního provozu stavebník připojí k žádosti o vydání kolaudačního souhlasu.“

Příklady struktury administrativních pomůcek používaných pro řízení procesů přípravy smontovaných zařízení k jejich vyzkoušení a předání:

Schéma formuláře plánu kontrolních a zkušebních prací

1	**Příprava pro montáž** v dalších řádcích detailní popis prací	**ČSN, předpis**	**Způsob**	**Výstup, dokumenty, výsledek**	**Provádí / Odpovědnost**
2	**Příprava pro montáž** v dalších řádcích detailní popis prací				
3	**Skutečné provedení** v dalších řádcích detailní popis prací				

Schéma formuláře protokolu o plnění plánu kontrolních a zkušebních prací

	Předmět kontroly	**Plánováno dne**	**Provedeno dne**	**podpis**	**poznámka**
1	v dalších řádcích detailní popis prací				

VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY S INTEGROVANÝM KOMPRESOROVÝM OKRUHEM

Vladimír Hlavačka

OK-Puls, s.r.o.
vladimir.hlavacka@ok-puls.cz

ANOTACE

V současné době vznikající požadavky na projektování klimatizačních zařízení do staré zástavby v centu měst často naráží při použití standardních řešení na problémy s nedostatkem prostoru, přívodu tepla a elektrické energie, nadměrnou hlučností a celkově obtížnou proveditelností. Nový trend navrhování a projektování sestavných klimatizačních a vzduchotechnických zařízení s využitím integrovaných kompresorů a tepelných čerpadel, s vysokou účinností ZZT řadu těchto problémů dokáže účinně řešit.

ÚVOD

Tento článek si klade za cíl seznámit odbornou veřejnost s možností integrace kompresorových chladících okruhů do vzduchotechnických jednotek, popsat jednotlivé způsoby využití těchto zařízení a upozornit na specifika, která je potřeba zohlednit, při jejich návrhu a realizaci.

Vzduchotechnické jednotky s integrovaným kompresorovým okruhem lze v základu rozdělit do dvou odlišných skupin:

- jednotky typizované výrobcem, vyráběné sériově (rooftop, přesná klimatizace, atd.)
- jednotky sestavné, vyráběné na míru dle potřeb klimatizovaných prostorů

Tento článek pojednává o druhé z výše zmíněných skupin (sestavných jednotkách) a pokusí se přiblížit některé možnosti koncepce a použití těchto vzduchotechnických jednotek.

SESTAVNÉ VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY

Sestavné vzduchotechnické jednotky jsou zařízení, vyráběné dle konkrétních požadavků zákazníka, resp. dle způsobu použití a potřeb větrání a klimatizace jeho prostorů, s ohledem na možnost umístění těchto zařízení do strojovny vzduchotechniky a s ohledem na vstupní zdroje energie. Integrace kompresorového okruhu chlazení (tepelného čerpadla) rozšiřuje běžné možnosti použití vzduchotechnických jednotek do další dimenze a umožňuje technická řešení, která by s odděleným zdrojem chladu byla jen obtížně řešitelná.

Sestavné vzduchotechnické jednotky s integrovaným kompresorovým okruhem nacházejí uplatnění tam, kde není možná instalace chladícího zařízení vně budovy z důvodu prostorových nebo hlukových omezení (např. při rekonstrukci stávajících objektů v centru měst), nebo z architektonických důvodů i u novostaveb. Dále tato zařízení nacházejí uplatnění tam, kde koncepce vzduchotechnického systému umožňuje přímé využití odpadního tepla z chladícího procesu, nebo když přítomnost chladícího okruhu ve vzduchotechnické jednotce je možné využít i v režimu tepelného čerpadla pro ohřev vzduchu v zimním období.

Výhodou těchto zařízení je jejich kompaktní provedení, odpadá nutnost vedení potrubních tras chladícího média uvnitř budovy, jakož i tepelné ztráty v tomto potrubí. Integrován bývá i systém automatického řízení, odladěný výrobcem přímo pro konkrétní sestavu. Typické aplikace těchto zařízení jsou:

- vzduchotechnické jednotky s rekuperací a integrovaným chlazením s odvodem kondenzačního tepla do proudu odpadního vzduchu, případně s využitím reverzního chodu v režimu tepelného čerpadla
- vzduchotechnické jednotky odvlhčovací, využívající kondenzačního tepla zpětně k ohřátí odvlhčeného přívodního vzduchu
- vzduchem chlazené zdroje chladu nebo tepla pro vnitřní instalaci ve speciálních podmínkách

Obr.1 *Sestavná vzduchotechnická jednotka s integrovaným kompresorovým okruhem*

Vzduchotechnické jednotky s rekuperací a integrovaným chlazením s odvodem kondenzačního tepla do proudu odpadního vzduchu

Tento typ vzduchotechnických jednotek využívá proudu odpadního vzduchu k odvodu kondenzačního tepla od kompresoru. Tím odpadá nutnost umístění kondenzátoru ve venkovním prostředí, kde by pro něj bylo nutné vytvořit prostor pro instalaci a jeho ventilátory by byly zdrojem nežádoucího hluku. Při této koncepci vzduchotechnické jednotky se přímo nabízí využití instalovaného kompresoru i v zimním období v režimu tepelného čerpadla, které je schopno při použití odpadního vzduchu fungovat mnohem efektivněji, než by tomu bylo v případě tepelného čerpadla pracujícího s venkovním vzduchem.

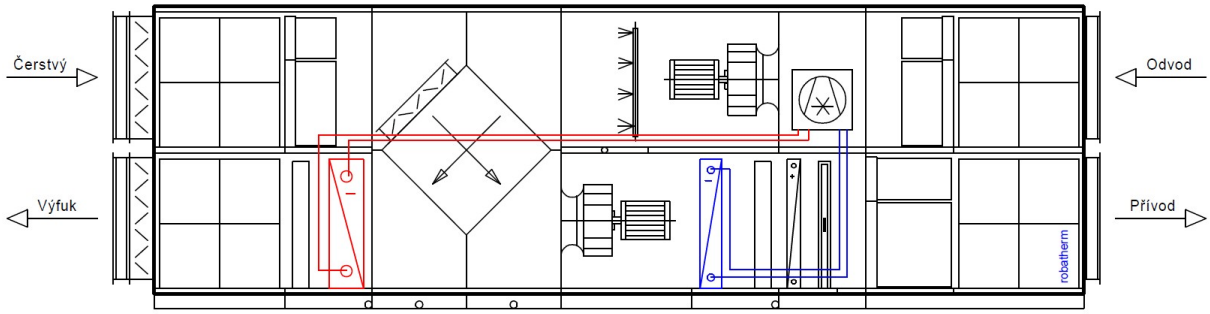
Tento koncept jednotek je proto hojně využíván nejen při rekonstrukcích stávajících budov v centru měst, kde by použití venkovního zdroje chladu bylo obtížně proveditelné, ale i v ostatních případech, kde použití tepelného čerpadla přináší úsporu provozních nákladů na vytápění. Kromě řady předností má tento koncept vzduchotechnických jednotek také určitá úskalí, na která je potřeba při jejich návrhu pamatovat.

Při návrhu chladícího výkonu zařízení je potřeba brát ohled na množství kondenzačního tepla produkovaného kompresory, které je nutné proudem odvodního vzduchu odvést. U rovnotlakých systémů je za běžných provozních podmínek možné docílit ochlazení přívodního vzduchu na teplotu cca 20 °C. Je proto vhodné instalovat účinná opatření pro eliminaci tepelných zisků z oslunění nebo tepelné zisky z větraného prostoru odvést jiným způsobem.

V případě požadavku na vyšší chladící výkon vzduchotechnické jednotky (přívodní teplota nižší než cca 20 °C) je možno vzduchotechnickou jednotku vybavit systémem nepřímého adiabatického chlazení, které na jedné straně sníží potřebný výkon kompresorového chlazení a zároveň zvýší potenciál pro odvod kondenzačního tepla na straně druhé. Jinou možností řešení je použití zkratových klapek a navýšení množství vzduchu potřebného pro ochlazení kondenzátoru přimícháním vzduchu venkovního.

Dalším úskalím může být namrzání výměníku tepla při provozu v režimu tepelného čerpadla. Odtávání výměníku tepla bývá řešeno krátkodobým reverzním chodem kompresoru, což ale v praxi znamená, že přívodní vzduch není kompresorem ohříván, jak by bylo potřeba (ale je naopak chlazen) a poklesu teploty přívodního vzduchu do větraného prostoru je potřeba zamezit přivedením tepla z jiného zdroje, nejčastěji z konvenčního systému vytápění.

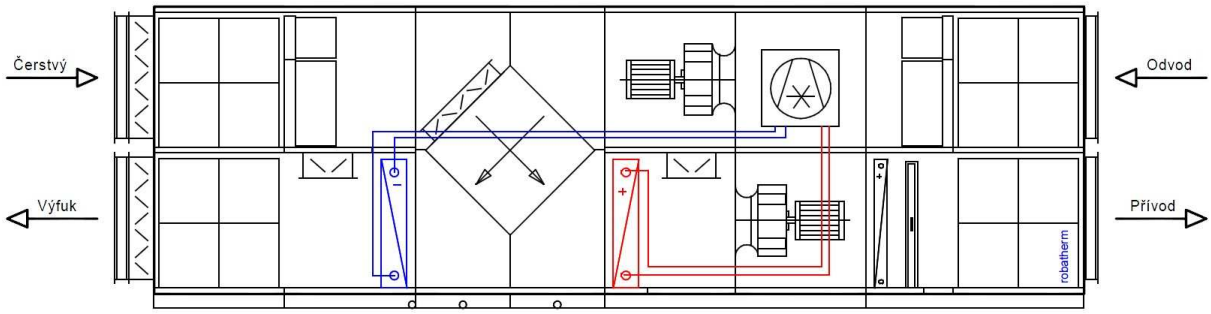
Zvláštní pozornost je potom potřeba věnovat systémům s proměnným množstvím čerstvého a cirkulačního vzduchu.



Obr.2 *Vzduchotechnická jednotka s ZZT s integrovaným chlazením a tepelným čerpadlem*

Vzduchotechnické jednotky odvlhčovací

Typickým zástupcem této kategorie jsou vzduchotechnické jednotky pro větrání a odvlhčování prostorů bazénů. Integrovaný kompresorový okruh těchto jednotek slouží k odvlhčení cirkulačního vzduchu z prostoru bazénu, vzniklé kondenzační teplo se potom zpětně využívá k ohřevu přívodního vzduchu, úhradě tepelných ztrát objektu nebo k ohřevu bazénové vody.



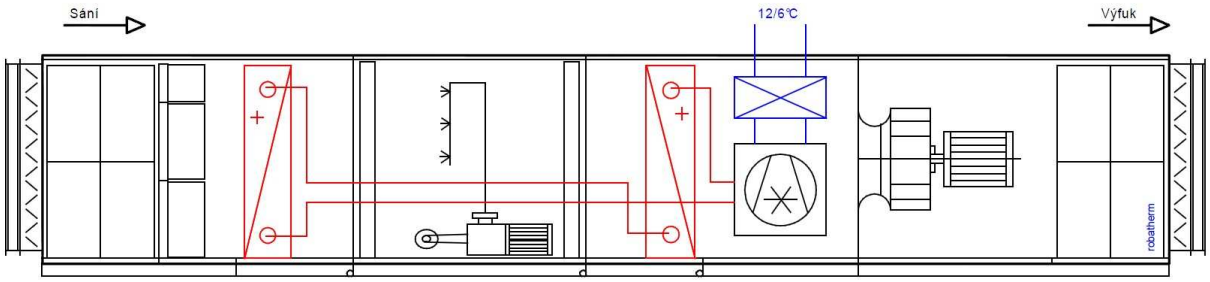
Obr.3 *Bazénová větrací a odvlhčovací jednotka*

Vzduchotechnické jednotky s integrovaným kompresorovým okruhem je ale možné použít i v jiných aplikacích, kde je potřeba udržet nízkou hodnotu vlhkosti ve větraném prostoru, např. v různých výrobních prostorech. Při použití běžného zdroje chladu (voda 6/12 °C) je možné docílit vlhkosti v prostoru na úrovni absolutní vlhkosti cca. 9,0 g/kg (tzn. např. 22 °C 55 %r.v.), to je ale pro některé provozy hodnota vlhkosti příliš vysoká. V takovém případě je možné místo budování samostatného zdroje chladu pro odvlhčování použít vzduchotechnickou jednotku s integrovaným kompresorovým

okruhem, která je schopna přívodní vzduch odvlhčit až na úroveň absolutní vlhkosti cca. 6,5 g/kg (tzn. např. 22 °C 40 %r.v.) a kondenzační teplo použít pro zpětné dohřátí přívodního vzduchu po odvlhčení.

Vzduchem chlazené zdroje chladu pro vnitřní instalaci

Nejčastějším způsobem výroby chladu je použití venkovních vzduchem chlazených kompaktních chladících strojů, nebo vnitřních vodou chlazených strojů s odvodem kondenzačního tepla do venkovních suchých chladičů nebo chladících věží. Všechny tyto způsoby výroby chladu ale mají svoji část pro odvod kondenzačního tepla umístěnou ve venkovním prostředí, kde je pro ni potřeba vyhradit prostor a je potřeba vyřešit problémy spojené s hlučností těchto zařízení. V některých případech je ale z prostorových nebo architektonických důvodů vhodnější umístit celou chladící technologii do strojovny v budově a zde nacházejí svoje uplatnění sestavné vzduchotechnické jednotky s integrovaným kompresorovým okruhem, pracující jako vzduchem chlazené zdroje chladu (výrobníky studené vody). Vzduch potřebný k odvedení kondenzačního tepla je do budovy nasáván a z ní vyfukován vzduchotechnickým potrubím vybaveným tlumiči hluku, které se postarají o útlum na požadovanou úroveň. Pro zmenšení rozměrů nasávacích a výfukových kanálů jsou tyto jednotky vybaveny systémem adiabatického chlazení, které umožní snížení množství vzduchu v letním extrému až o 2/3 oproti množství vzduchu, které by bylo potřeba při suchém chlazení. Samozřejmostí je u těchto zařízení plynulá regulace kondenzačního tlaku změnou otáček ventilátorů a elektronicky řízené vstřikování chladiva. Vzhledem k tomu, že se jedná o sestavné jednotky, je možné je maximálně přizpůsobit prostoru strojovny, případně vybavit doplňkovými technologiemi rekuperace tepla, předehřevu TV, atd.



Obr.4 *Vzduchem chlazený zdroj chladu*

ZÁVĚR

Sestavné vzduchotechnické jednotky jsou zařízení vyráběná na míru potřebám zákazníka. Mají-li tyto jednotky integrovaný kompresorový okruh, je i kompresorový okruh vyráběný na míru. S tím souvisí také takřka nutnost, aby tyto jednotky byly výrobcem vybaveny vlastní elektrovýbavou a systémem řízení. Tato skutečnost klade zvýšené nároky na technickou vyspělost výrobce, který se rázem stává z výrobce vzduchotechnických jednotek také konstruktérem chladících zařízení a tvůrcem systému MaR pro tato zařízení. Neméně důležitá je také pečlivá projekční příprava. I sebelepší zařízení může způsobit problémy, bude-li provozováno za podmínek jiných, než s jakými bylo při jeho návrhu uvažováno. U jednotek s integrovaným kompresorovým okruhem toto pravidlo platí dvojnásob.

HODNOTENIE VNÚTORNÉHO PROSTREDIA V ADMINISTRATÍVNEJ BUDOVE

Daniela Hurtíková, Dušan Petráš

Stavebná fakulta STU, Katedra technických zariadení budov
daniela.hurtikova@stuba.sk, dusan.petras@stuba.sk

ANOTACE

Od ropnej krízy v sedemdesiatych rokoch sa výrazne zvýšil záujem venovať sa fyzike budov, vnútornému prostrediu a energetickej účinnosti budov. Kvalita vonkajšieho vzduchu v mestách vo vyspelých krajinách sa výrazne zlepšila v posledných desaťročiach. Počas rovnakého obdobia sa taktiež kvalita vnútorného prostredia budov znížila. Je to dôsledkom úspor energie, zníženie vetrania a zavedenie mnohých nových materiálov a zdrojov vnútorného znečistenia.

Komfortné vnútorné prostredie je nevyhnutné v produktivite, šťastí a spokojnosti užívateľov budovy. Európske normy poskytujú pokyny pre to, čo by malo byť príjemné z hľadiska vnútornej klímy. Často však existuje rozpor medzi teóriou uvedenou v týchto pokynoch, a skutočným pohodlím vnímaným užívateľmi budovy.

Normy a usmernenia pre odhad požadovanej minimálnej miery vetrania, ktoré dnes máme, nie sú zďaleka kompletné. Cieľom je, aby bolo možné vypočítať požadované vetranie priamočiaro, ako sú výpočty pre chladenie, výpočty tepelnej záťaže.

ÚVOD

Spotreba energie významne závisí od kritérií použitých pre vnútorné prostredie (teplota, vetranie, osvetlenie) a návrhu a používania budovy (vrátane systémov). Vnútorné prostredie tiež ovplyvňuje zdravie, produktivitu a pohodlie užívateľov. Nedávne výskumy ukázali, že cena zlého vnútorného prostredia pre zamestnanca, vlastníka budovy a spoločnosť ako celku, sú často významne vyššie, než cena energie pre túto budovu. Bolo tiež preukázané, že dobrá kvalita vnútorného prostredia môže zlepšiť celkový pracovný výkon a schopnosť učenia a zredukovať absenteizmus. Navyše, užívatelia cítiaci sa nepohodlne majú tendenciu uskutočňovať opatrenia na zlepšenie ich pohodlia, ktoré môžu mať energetické dôsledky. Energetická deklarácia bez deklarácie spojenej s vnútorným prostredím nedáva žiadny zmysel. Preto sú potrebné kritériá špecifikujúce návrh vnútorného prostredia, výpočet energie, výkon a využitie budovy.

Na hodnotenie vnútorného prostredia budov používame európsku normu EN 15 251 - Vstupné údaje o vnútornom prostredí budov na navrhovanie a hodnotenie energetickej hospodárnosti budov.

EURÓPSKA NORMA EN 15 251

Existujú národné a medzinárodné normy a technické požiadavky, ktoré špecifikujú kritériá na tepelnú pohodu a kvalitu vnútorného vzduchu (EN ISO 7730, CR 1752). Tieto dokumenty špecifikujú rôzne typy a kategórie kritérií, ktoré môžu mať významný vplyv na potrebu energie. Čo sa týka tepelného prostredia, sú tu uvedené kritériá pre vykurovacie obdobie (chlad/zima) a chladiace obdobie (teplo/leto). Tieto kritériá však slúžia na návrh budov, vykurovacích, chladiacich a vetracích systémov. Tieto nesmú byť používané priamo pre výpočet energie a ročné hodnotenie vnútorného prostredia. Nové výsledky ukázali, že

očakávania užívateľov v prirodzene vetraných budovách sa môžu líšiť od tých v budovách s úpravou vzduchu. Týmito otázkami sa vyššie spomenuté normy do detailov nezaoberajú.

Súčasná norma špecifikuje, ako môžu byť zavedené a používané návrhové kritériá pre dimenzovanie systémov. Definuje, ako zaviesť a definovať hlavné parametre, ktoré majú byť použité ako vstup pre výpočet energie pre budovu a dlhodobé hodnotenie vnútorného prostredia. Nakoniec, táto norma identifikuje parametre, ktoré majú byť použité pre monitorovanie a zobrazenie vnútorného prostredia, tak, ako je odporúčané v Smernici o energetickej hospodárnosti budov.

Rôzne kategórie kritérií môžu byť použité v závislosti od typu budovy, typu užívateľov, klimatického typu a národných rozdielov. Norma špecifikuje niekoľko rôznych kategórií vnútorného prostredia, ktoré môžu byť zvolené pre priestor s úpravou vzduchu. Tieto rôzne kategórie môžu byť tiež použité, aby nám poskytli celkové, ročné hodnotenie vnútorného prostredia, prostredníctvom hodnotenia percenta času v každej kategórii [1].

Súčasná norma poskytuje vstupy pre ďalšie normy a zároveň využíva výstupy z ďalších noriem. Odporúčané vstupné hodnoty sú dané pre každú z rôznych kategórií. Krátky popis kategórií je uvedený v tabuľke 1.

Tab. 1 Popis použiteľnosti jednotlivých kategórií [1]

Kategória	**Vysvetlenie**
I	Vysoká úroveň očakávania, odporúča sa pre priestory okupované veľmi citlivými a krehkými osobami so špeciálnymi požiadavkami ako hendikepovaní, chorí, veľmi mladé deti a staršie osoby
II	Normálna úroveň očakávania, mala by byť používaná pre nové a renovované budovy
III	Akceptovateľná, mierna úroveň očakávania, môže byť použitá pre existujúce budovy
IV	Hodnoty mimo požadovaných kritérií pre vyššie uvedené kategórie. Táto kategória by mala byť akceptovaná len počas obmedzenej časti roka

Pozn.: V ďalších normách ako EN 13779 a EN ISO 7730 sú kategórie tiež použité, ale môžu byť rozdielne pomenované (A, B, C alebo 1, 2, 3 atď.)

VNÚTORNÉ PROSTREDIE BUDOV

Vnútorné prostredie budov je časť životného prostredia, kde na človeka bezprostredne pôsobí vlastná konštrukcia budovy, jej technické vybavenie vrátane zariadení techniky prostredia a celý súbor faktorov vnútorného prostredia vzájomne previazaných a ovplyvňujúcich sa. Človek trávi väčšinu svojho života v uzatvorených priestoroch – mestský človek 80 až 90 % času – a má právo, aby kvalita vnútorného prostredia neopvplyvňovala jeho zdravotný stav, ale nepôsobila ani pocit nepohody. Napriek tomu, že existuje dostatok technických možností zaistiť v budovách optimálne parametre vnútorného prostredia, vyskytuje sa množstvo budov (v literatúre sa uvádza 10 až 30 %), kde ľudia pri dlhodobom pobyte trpia množstvom drobných ochorení a nešpecifických príznakov a tieto príznaky úplne nezmiznú ani po opustení budovy.

HODNOTENIE VNÚTORNÉHO PROSTREDIA A DLHODOBÉ INDIKÁTORY

Keďže zaťaženia budov sa menia v závislosti od miesta a času, navrhnutý systém nemusí byť schopný spĺňať návrh zamýšľaný pre každú izbu počas všetkých hodín. Je potrebné hodnotiť podmienky v budove dlhodobo, s ohľadom na vnútorné prostredie. Toto hodnotenie je

potrebné pre zobrazenie klimatických faktorov (vnútorného prostredia) v energetickom certifikáte. V tejto časti sú predstavené indikátory pre takéto hodnotenie a ich použitie [1].

Indikátory podľa použitých kritérií návrhu

Určenie kategórie vnútorného prostredia budovy je založené na kategóriách nasledujúcich faktorov vnútorného prostredia:

- tepelné kritériá pre zimu: špecifikované návrhové hodnoty pre vnútornú teplotu počas vykurovania;
- tepelné kritériá pre leto: špecifikované návrhové hodnoty pre vnútornú teplotu počas chladenia;
- kvalita vzduchu a kritériá vetrania;
- kritériá na vlhkosť;
- kritériá na osvetlenie;
- akustické kritériá.

Vypočítané indikátory vnútorného prostredia

Simulácia budovy je cenovo efektívny spôsob ako analyzovať kvalitu prostredia budov. Nižšie sú uvedené štyri metódy pre hodnotenie tepelného prostredia.

Jednoduchý indikátor

Na hodnotenie kvality prostredia celej budovy musia byť simulované reprezentatívne miestnosti alebo priestory. Budova spĺňa kritériá určitej kategórie, ak miestnosti reprezentujúce 95 % objemu budovy spĺňajú kritériá zvolenej kategórie.

Hodinové kritérium

Kvalita prostredia budov alebo miestností s rôznymi mechanickými alebo elektrickými systémami môžu byť hodnotené výpočtom počtu hodín alebo % času, kedy sú kritériá spĺňané alebo nie.

Hodnotenie podľa percenta mimo rozsahu:
Vypočíta sa počet alebo % hodín pobytu (tých, počas ktorých sú v budove ľudia), počas ktorých je PMV alebo operatívna teplota mimo určeného rozsahu.

Stupňohodinové kritérium

S ohľadom na tepelné prostredie, stupňohodiny mimo hornej alebo dolnej hranice môžu byť použité ako indikátor kvality prostredia budovy pre teplé alebo chladné prostredie.

Hodnotenia podľa stupňohodinového kritéria:
Čas, počas ktorého súčasná operatívna teplota prekračuje určený rozsah počas hodín s pobytom ľudí, je vážiacim faktorom, ktorý je funkciou závisiacou od toho, o koľko stupňov bola teplota prekročená.

1. Vážiaci faktor, wf, je rovný 0 pre

$\Theta_{o,limit,lower} \leq \Theta_o \leq \Theta_{o,limit,upper}$,

kde $\Theta_{o,limit}$ je spodná alebo horná hranica daného rozsahu pre určitú kategóriu pohody (napr. 23,0 °C $\leq \Theta_o \leq$26,0 °C zodpovedá -0,5 < *PMV* < 0,5 ako je uvedené v prílohe A [1].

2. Vážiaci faktor, wf, sa vypočíta ako

$wf = \Theta_o - \Theta_{o,limit}$,

keď Θ_o ‹ $\Theta_{o,limit,lower}$ alebo $\Theta_{o,limit,upper} < \Theta_o$.

3. Pre charakteristickú časť roka je produkt vážiaceho faktora a času zosumarizovaný. Sumár produktu má jednotku hodiny.

Teplé obdobie:
$\sum wf$. čas pre $\Theta_o > \Theta_{o,limit,upper}$
Chladné obdobie:
$\sum wf$. čas pre $\Theta_o < \Theta_{o,limit,lower}$

Celkové kritérium na tepelnú pohodu (kritérium váženej PMV)

Hodnotenie podľa kritéria váženého *PPD*:
Čas, počas ktorého súčasná *PMV* presahuje hranice pohody, je vážený faktorom, ktorý je funkciou *PPD*. Vychádzajúc z distribúcie *PMV* na ročnom základe a vzťahu medzi *PMV* a *PPD*, môžeme vypočítať nasledovné:

1. Vážiaci faktor, wf, je rovný 0 pre

$PMV_{limit,lower} \leq PMV < PMV_{limit,upper}$

kde PMV_{limit} je určené rozsahom pre určitú kategóriu pohody podľa prílohy A [1].

2. Vážiaci faktor, wf, je vypočítaný ako

$$wf = \frac{PPD_{actualPMV}}{PPD_{PMV\,limit}},$$

keď $PMV < PMV_{limit,lower}$ alebo $PMV_{limit,upper} < PMV$,
v ktorom $PPD_{actualPMV} = PPD$ zodpovedajúce súčasnému *PMV*, $PPD_{PMVlimit} = PPD$ zodpovedajúce PMV_{limit}.

3. Produkt vážiaceho faktora a času je zosumarizovaný pre charakteristickú pracovnú dobu počas roka. Sumár produktu má jednotku hodiny.

Teplé obdobie:
$\sum wf$. čas pre $PMV > PMV_{limit,upper}$
Chladné obdobie:
$\sum wf$. čas pre $PMV < PMV_{limit,lower}$

Tab. 2 Príklady vážiacich faktorov založené na rozdiele teplôt alebo PPD pre mechanicky vykurované alebo chladené budovy pri predpokladoch uvedených v texte [1]

Teplota (°C)		***PPD* (%)**	**Vážiace faktory**	
			***wf* (°C)**	***wf* (*PPD*)**
Chladno	20	47	3	4,7
	21	31	2	3,1
	22	19	1	1,9
Neutrálne	23	10	0	0
	24	‹10	0	0
	25	‹10	0	0
	26	10	0	0
Teplo	27	19	1	1,9
	28	31	2	3,1
	29	47	3	4,7

Tabuľka 2 ilustruje koncept metód používajúcich vážiaci faktor. Vážiace faktory sú založené na teplotnom rozdiely wf (°C) a *PPD*; wf (*PPD*) je uvedený pre rozsah teplôt 23-26 °C, zodpovedajúci sedavej práci (1,2 met) a ľahkému letnému oblečeniu (0,5 clo). Pre teploty nad alebo pod týmto intervalom bude počet hodín vynásobený týmito faktormi. Je očividné, že použitie PPD vážiaceho faktora vyústi do vyššieho počtu hodín. Hodnoty môžu byť použité pre posúdenie dlhodobých podmienok pohody [1].

Merané indikátory

Mali by byť pripustené odchýlky od vybraných kritérií. Niektoré národné kritériá vyjadrujú „akceptovateľné odchýlky“ ako akceptovateľný počet hodín mimo kritéria, založený na ročnom hodnotení (100 až 150 hodín). Toto môže byť tiež uvedené ako vážené hodiny, kde je braná do úvahy aj úroveň odchýlky.

Rôzne parametre vnútorného prostredia budovy spĺňajú kritériá špecifickej kategórie keď:
Parameter v miestnostiach reprezentujúci 95% užívaného priestoru nie je viac než napríklad 3% (alebo 5%) doby pobytu za deň, za týždeň, za mesiac a za rok mimo hraníc špecifikovanej kategórie. Tabuľka 3 ukazuje čas, ktorý zodpovedá 3% (5%) odchýlke, založenej na pracovných hodinách a celkových hodinách [1].

Tab. 3 Príklady dĺžky odchýliek zodpovedajúcich 3 a 5% času [1]

3% / 5% dennej doby	**Denne Minúty**	**Týždenne Hodiny**	**Mesačne Hodiny**	**Ročne Hodiny**
Pracovné hodiny	15/24	1/2	5/9	61/108
Hodiny celkovo	43/72	5/9	22/36	259/432

Týmto sú povolené krátke časové odchýlky, napríklad keď je otvorené okno a na krátky čas je zvýšená rýchlosť vzduchu a hluk. Ako príklad je dovolené na úrovni 5% mať teplotu nad kritériom 108 hodín počas roka, ale nie viac než 24 minút počas pracovného dňa a 2 hodiny počas týždňa.

Tepelné prostredie

Merania by mali byť uskutočnené v reprezentatívnych miestnostiach v rôznych zónach, s rôznymi záťažami počas reprezentatívnych operačných časov. Hodnotenie kategórie vnútorného prostredia je založené na časovej a priestorovej distribúcii teploty miestnosti. Miesta merania a meracie prístroje musia spĺňať EN ISO 7726 (EN12599).

Kvalita vnútorného vzduchu a vetranie

Kvalita vnútorného vzduchu a vetranie sú hodnotené reprezentatívnymi vzorkami odobratými z rôznych jednotiek na úpravu vzduchu a zón budovy.

Metóda na meranie miery vetrania

Vetranie budov môže byť hodnotené meraním prietokov vzduchu v potrubiach alebo meraním pomocou stopovacieho plynu.

Metóda na meranie kvality vzduchu

Kvalita vzduchu budovy môže byť hodnotená v budovách, kde ľudia sú hlavným zdrojom znečistenia meraním priemernej koncentrácie CO_2 v budove, keď je budova plne obsadená. Toto môže byť uskutočnené buď reprezentatívnymi vzorkami vzduchu v miestnosti, alebo meraním koncentrácie v odvádzanom vzduchu.

Osvetlenie

Kvalita osvetlenia budovy je hodnotená meraním osvetlenosti. V špecifických prípadoch môže byť hodnotených viac kvalitatívnych aspektov. Malo by sa postupovať podľa článku 6 EN 12464-1. V špecifických prípadoch môže byť hodnotených viac kvalitatívnych aspektov.

Hluk

Hluk je hodnotený reprezentatívnymi vzorkami z rôznych systémov na úpravu vzduchu, zón, okien a orientácií. Obvykle kritériá pre hluk neovplyvnia energetickú hospodárnosť budovy. V prirodzene vetraných budovách sa však môže vyskytnúť situácia, že požadované množstvo vonkajšieho vzduchu nemôže byť prostredníctvom otvorených okien privedené do miestnosti, pretože hluk zvonka by narušil kritériá. Taktiež aj v prípade mechanického vetrania a chladenia, zabezpečenie požadovaného množstva vzduchu by vyústilo do neprijateľných hladín hluku z ventilátorov.

Ak primerané vetranie závisí na otvorení okien, mala by byť na hodnotenie hluku použitá ekvivalentná hladina tlaku zvuku (vrátane období, keď sú okná otvorené a miestnosť je vystavená vonkajšiemu hluku).

Subjektívne hodnotenia

Pre celkové hodnotenie vnútorného prostredia môže byť použitá priama subjektívna reakcia užívateľov. Pre všeobecnú akceptovateľnosť vnútorného prostredia, tepelného pocitu a pociťovanej kvality vzduchu, by mali byť použité denné, týždenné, mesačné hodnotenia pomocou dotazníkov.

KLASIFIKÁCIA A CERTIFIKÁCIA VNÚTORNÉHO PROSTREDIA

Informácia o vnútornom prostredí budovy by mala byť zahrnutá v energetickom certifikáte budovy (EPBD, článok 7). Pre tento certifikát je klasifikácia vnútorného prostredia potrebná. Pre účel certifikácie môže byť nutné integrovať komplexné vnútorné prostredie do jednoduchého celkového indikátora kvality vnútorného prostredia budovy.

Kvôli mnohým parametrom a nedostatočnej znalosti kombinovaného vplyvu parametrov vnútorného prostredia sa odporúča urobiť celkovú klasifikáciu založenú len na tepelnom prostredí a kvalite vnútorného vzduchu [1].

Hodnotenie vnútorného prostredia zahŕňa (1) tepelné kritériá pre zimu, (2) tepelné kritériá pre leto (3) kvalitu vzduchu a kritériá pre vetranie, (4) kritériá pre osvetlenie, (5) kritériá pre hluk. Klasifikácia vnútorného prostredia môže byť založená na zobrazení návrhových kritérií pre každý parameter, výpočte alebo meraní podstatných parametrov ako teplota miestnosti, dávky vzduchu, vlhkosť a koncentrácie CO_2, počas určitého času (týždeň, mesiac, rok). Základy pre hodotenie musia byť špecifikované v klasifikácii a certifikácii. Nasledujú príklady hodnotenia vnútorného prostredia.

Vnútorné prostredie budovy môže byť klasifikované na základe [1]:

a) Kritériá použité na výpočet energie (nové budovy)
b) Celoročných počítačových simulácií vnútorného prostredia a energetickej efektívnosti (nové a existujúce budovy)
c) Dlhodobé merania vybraných parametrov pre vnútorné prostredie (existujúce budovy)
d) Subjektívne odpovede od užívateľov (existujúce budovy)

Použité kritéria návrhu

Klasifikácia sa vykonáva zobrazením tabuľky s kritériami použitými pre výpočty energie, tak, ako je to uvedené v tabuľke 4 [1].

Tab. 4 Klasifikácia založená na kritériách pre výpočet energie [1]

Kritérium vnútorného prostredia	**Kategória budovy**	**Kritérium návrhu**
Tepelné podmienky v zime	II	20 – 24 °C
Tepelné podmienky v lete	III	22 – 27 °C
Ukazovateľ kvality vzduchu, CO_2	II	500 ppm nad vonkajšou konc.
Dávka vzduchu	II	1 l/(s.m^2)
Osvetlenie		Em >500 lx; UGR<19; 80<Ra
Akustické prostredie		Vnútorný hluk < 35 dB(A) Vonkajší hluk < 55 dB(A)

Celoročné počítačové simulácie vnútorného prostredia a energetickej efektívnosti
Prostredníctvom dynamických počítačových simulácií je možné pre reprezentatívne budovy vypočítať teploty priestorov, dávky vzduchu a/alebo koncentrácie CO_2. Potom je vypočítané, ako sú teploty rozmiestnené medzi 4 kategóriami. Toto sa vykoná ako plocha podlahy vážená priemerom pre 95% priestorov budov. Príklad je uvedený v tabuľke 5.

Tab. 5 Príklad klasifikácie tepelného prostredia a kvality vnútorného vzduchu/vetrania. Distribúcia v rôznych kategóriách je vážená plochou podlahy rôznych priestorov v budove. [1]

Kvalita vnútorného prostredia v % času v štyroch kategóriách kvality prostredia				
Percentá	5	7	68	20
Tepelný stav prostredia	IV	III	II	I
Percentá	7	7	76	10
Kvalita vzduchu	IV	III	II	I

Dlhodobé merania vybraných parametrov pre vnútorné prostredie
Parametre vnútorného prostredia ako teplota, dávka vzduchu a/alebo koncentrácia CO_2 sú merané v reprezentatívnych časoch počas roka (zima-jar-leto-jeseň). Údaje sú analyzované rovnakým spôsobom ako v predchádzajúcej časti pre vypočítané hodnoty a sú prezentované rovnakým spôsobom (tab. 5).

Subjektívne odpovede užívateľov
Pre každý z reprezentatívnych priestorov v budovách sa vypočíta percento ľudí, voliacich prostredie ako prijateľné (tepelné prostredie a kvalita vzduchu). Vypočíta sa vážený priemer podľa počtu ľudí v rôznych priestoroch, ktorý sa použije pre klasifikáciu. Viac detailov môže byť zobrazených rozdelením volieb na 7-bodovej stupnici tepelného pocitu a zobrazením percenta ľudí, ktorí chcú vyššiu, nezmenenú alebo nižšiu teplotu v miestnosti.

Príklad takýchto výsledkov je uvedený v tabuľke 6.

Tab. 6 Príklady použitia subjektívnej reakcie ako klasifikácie vnútorného prostredia

Klasifikácia založená na odpovediach užívateľov	**Percento**						
Ľudia považujúci tepelné prostredie za prijateľné	85						
Ľudia považujúci kvalitu vzduchu za prijateľnú	80						
Distribúcia volieb pociťovaného tepelného prostredia	-3	-2	-1	0	1	2	3
	0	5	10	53	20	10	2
Distribúcia volieb uprednostňovanej teploty	Chladnejšie		Nezmenené		Teplejšie		
	20		75		5		

Odporúčania pre celkové hodnotenie vnútorného prostredia a certifikáciu

Pre celkové hodnotenie sa odporúča, aby štítok bol vyhotovený pre tepelné podmienky a podmienky vnútornej kvality vzduchu zvlášť. Toto môže byť uvedené ako percento času, v ktorom je vnútorné prostredie (teploty, dávky vzduchu alebo koncentrácie CO_2) v jednotlivých kategóriách (I, II, III, IV).

ZÁVER

Kvalita vnútorné prostredie budov nie je konštantná. Je ovplyvnená zmenami v prevádzke budovy, aktivitou užívateľov a vnútornou klímou. Vnútorné prostredie budov môže byť kontrolované kombináciou kontroly zdroja a vetrania. Kvalite vnútorného prostredia v budovách treba venovať náležitú pozornosť. Pri tvorbe budov je potrebná dobrá vzájomná spolupráca a komplexný interdisciplinárny prístup odborníkov mnohých vedných oblastí.

LITERATÚRA

[1] EN 15251 Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings-adressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics.
[2] ANSI/ASHREA Standard 62-2001, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality
[3] EN 14449 Guideline for Ventilation Requirements in Buildings
[4] ISO EN 7730 Moderate Thermal Environments
[5] CR 1752 Ventilation for Buildings – Design Criteria for The Indoor Environment
[6] Kolektiv autorů, Vnitřní prostředí budov. Brno: EXPO DATA, 2001

Ďakujeme: Vega 1/0832/14.

VLIV ZEMNÍCH VÝMĚNÍKŮ TEPLA NA KVALITU PŘIVÁDĚNÉHO VZDUCHU A ZKUŠENOSTI UŽIVATELŮ S JEJICH PROVOZEM

Michal Jaroš, Antonín Kolbábek, Zdeněk Musil

Energetický ústav, odbor termomechaniky a techniky prostředí
Fakulta strojního inženýrství VUT v Brně
jaros@fme.vutbr.cz, antonin.kolbabek@spoluzaci.cz

ANOTACE

Příspěvek uvádí výsledky první etapy výzkumu mikrobiologického znečištění zemních výměníků tepla (ZVT), která byla realizována na podzim 2012 na 14 ZVT provozovaných v jihomoravském regionu. Mikrobiologické vzorky odebrané metodou stěru z vnitřního povrchu výstupního potrubí ze ZVT byly kultivovány a zjištěný počet vytvořených kolonií plísní, vztažený na 1 cm^2 stěru, byl posouzen z hlediska vlivu materiálu a délky provozu výměníku. Na základě poznatků z první etapy byla v průběhu r. 2013 realizována druhá, rozsáhlejší studie (celkem 35 ZVT), jejíž výsledky se v současné době zpracovávají. Souběžně byly zjišťovány zkušenosti uživatelů s provozem ZVT; jejich souhrn je příspěvku rovněž uveden.

ÚVOD

Zemní výměníky tepla (ZVT) již asi není nutno šířeji představovat. Uveďme pouze, že jejich hlavní ideou bylo využití tepla zemského polomasivu pro zimní předehřev větracího vzduchu. Obvykle jsou provedeny jako *vzduchové*, tzn. větrací vzduch je ohříván přímo při průchodu potrubím uloženým v zemi. Alternativou jsou tzv. *solankové (kapalinové)* ZVT, kdy je vzduch ohříván prostřednictvím tepelného výměníku v teplonosném okruhu s nemrznoucí směsí, který odebírá teplo z půdy (analogie zemních kolektorů pro tepelná čerpadla).

Zatímco v západní Evropě se první ZVT objevily již v 70. letech minulého století jako reakce na ropnou krizi a následné zdražení paliv a energií, u nás se rozšířily teprve v posledních deseti letech, zejména jako doplněk teplovzdušných vytápěcích systémů. Jejich počet nicméně rychle narůstá a v současné době lze již dohledat desítky ZVT po celém území republiky. Vedle jejich původního poslání se stále více využívají i pro letní chlazení větracího vzduchu. Pro tento účel je nejvhodnější tzv. *cirkulační provedení* ZVT, při němž výměníkem prochází a je zde ochlazován vnitřní vzduch [1].

Autoři se problematikou zemních výměníků tepla zabývají již řadu let; na tomto fóru dosud prezentovali energeticko-ekonomické posouzení ZVT ve spojení s rekuperační jednotkou [2] a provedení experimentálního vzduchového ZVT s možností cirkulačního provozu, který byl vybudován na jejich pracovišti [3]. Předkládaný příspěvek se zabývá hygienickými aspekty provozu ZVT a praktickými zkušenostmi uživatelů s jejich provozem.

HYGIENICKÉ ASPEKTY PROVOZU ZVT

Vzduchový zemní výměník tepla (VZVT) je obvykle proveden jako prosté plastové potrubí, uložené přímo v zemině (v hloubce 1,5–2 m), jímž prochází nasávaný vzduch. Vstupní konec je opatřen nasávací šachtou, z výstupního konce je vzduch veden zpravidla do rekuperační jednotky. Nasávací šachta bývá opatřena síťkou pro zamezení přístupu hmyzu a drobných živočichů; součástí rekuperační jednotky je jeden či více filtrů různé kvality pro odstranění prachu a drobných částic, případně aerosolů.

Zimní provoz ZVT nepřináší žádná významná hygienická rizika; vzduch je ve výměníku ohříván a jeho relativní vlhkost tedy klesá, takže není důvod ke kondenzaci vlhkosti, která

bývá obvykle spojována se vznikem nežádoucích jevů (růst plísní, hub a bakterií). Naproti tomu během letního provozu (je-li využíván pro ochlazení přiváděného vzduchu) je nutno s kondenzací vzdušné vlhkosti počítat [1, 4]. Naskýtá se tedy otázka, zda tato situace neposkytuje živnou půdu pro růst choroboplodných zárodků, které jsou v okolním prostředí vždy ve větší či menší míře přítomny, a neovlivňuje tak kvalitu přiváděného vzduchu.

Tato problematika nebyla v ČR – vzhledem k dosavadnímu nepříliš rozšířenému využívání ZVT – dosud řešena. Jediná dílčí studie byla realizována ve spolupráci Fakulty stavební ČVUT Praha s firmou ATREA, vzhledem k malému rozsahu vzorků (dva vzduchové ZVT) však její výsledky nebyly publikovány [5].

Ani v zahraniční literatuře není toto téma příliš frekventované – dohledána byla pouze jedna rozsáhlejší studie z r. 1997 ([6], [7], podrobně [8]), v níž byl porovnáván mikrobiologický obsah vzduchu na výstupu ze zemního potrubí a na výstupu ze vzduchotechnického řetězce s obsahem mikroorganismů v nasávaném (venkovním) vzduchu u 12 vzduchotechnických systémů využívajících ZVT. Výsledkem studie bylo zjištění, že koncentrace spor a bakterií se průchodem vzduchu ZVT zpravidla – až na výjimky – snižuje (byly ovšem pozorovány velké rozdíly, zejména mezi ventilačními systémy velkých budov a rodinných domů). Koncentrace těchto substancí na výstupu ze vzduchotechniky (za filtry) však byla bez výjimky nižší, než u nasávaného vzduchu. To lze pravděpodobně přičíst záchytu nečistot (při filtraci i na stěnách ZVT), v důsledku čehož mikroorganismy postrádají účinný nosič (aerosol), který by umožnil jejich pronikání dále [9, 10].

V další publikaci [11] je diskutována kvalita vzduchu (včetně obsahu plísní) v interiéru čtyř pasivních domů se vzduchovým ZVT v německém Norimberku. Délka monitoringu činila cca 2 roky; detailnější informace, včetně metodiky odběru, bohužel nejsou uvedeny. I zde se však potvrdilo snížení počtu mikroorganismů vůči stavu v exteriéru. Uvedeno je i srovnání s běžným domem, větraným pouze okny – opět s výsledkem, že větrací zařízení negativně neovlivňuje kvalitu přiváděného vzduchu.

Poslední dohledaná práce, pojednávající o uvedené problematice, zmiňuje vzduchový ZVT pro „energeticky nulovou“ budovu na Tribhuvan University v nepálském Kathmandu [12] – jedná se však o výrazně odlišné prostředí oproti střední Evropě. Sledovány byly koncentrace bakterií a plísní ve třech místech (vstup a výstup do/ze ZVT, v místnosti) a opět i zde se díky filtraci vzduchu koncentrace znečištění postupně snižovala. Podrobnější informace k metodice odběrů nejsou v práci též uvedeny.

Možného vlivu ZVT na kvalitu přiváděného vzduchu jsou si vědomi i výrobci – reakcí na toto riziko je nabídka speciálního potrubí Awadukt Thermo fy REHAU [13, 14] s povrchovou antimikrobiální úpravou (zabudovanými ionty stříbra). Otázkou zůstává účinnost této ochrany, stejně jako vliv údržby (resp. případné neúdržby) ZVT i celého vzduchotechnického řetězce. Většina publikovaných prací totiž předpokládá – a doporučuje – pravidelné čištění a údržbu vzduchotechniky, včetně potrubí ZVT (2× ročně výměna filtrů + čištění potrubí ZVT).

VÝZKUM MIKROBIOLOGICKÉHO ZNEČIŠTĚNÍ ZVT

Vzhledem k tomu, že nevhodné mikrobiální mikroklima (zejména tzv. bioaerosoly – bakterie, viry, plísně a jejich spory v pevné či kapalné formě) je považováno za jednu z příčin tzv. syndromu nemocných budov (*SBS – Sick Building Syndrome*) [9], bylo snahou autorů blíže prozkoumat tuto v České republice dosud neřešenou problematiku, jejíž význam je nesporný – větrací systém má přispívat ke zlepšení vnitřního prostředí, nikoliv být případnou příčinou jeho zhoršení.

První výzkumné práce byly zahájeny v r. 2012 za finanční podpory projektu Fakulty strojního inženýrství VUT v Brně FSI-J-12-24 *„Zemní výměník tepla jako zdroj možného mikrobiologického znečištění vnitřního prostředí budovy“*. Projekt byl zaměřen pouze na vzduchové ZVT a jeho prvotním cílem bylo zjistit případný vliv materiálu potrubí na pravděpodobnost mikrobiologického znečištění (zejména z hlediska rozdílů mezi výměníky s antimikrobiálním potrubím REHAU Awadukt Thermo a jinými typy potrubí).

S ohledem na tento cíl byla po konzultaci s MUDr. Klánovou ze Státního zdravotního ústavu v Praze zvolena *metoda stěru vzorků* vatovou tyčinkou z vymezené plochy (cca 5 cm^2) vnitřního povrchu potrubí na vstupu do vzduchotechnické jednotky a jejich následné kultivace. V průběhu října až prosince 2012 byly realizovány odběry vzorků ze 14 zemních výměníků v Brně a okolí, vesměs v rodinných domech. Na každém výměníku byly odebrány vždy dva vzorky (mimo dalších, např. z vodou zatopeného potrubí). Kultivaci vzorků a jejich následné vyhodnocení provedla RNDr. Jandová z mikrobiologické laboratoře IFCOR-99 v Brně.

Výsledky této etapy výzkumu byly publikovány v článku [15]. Vyhodnoceny byly pouze směsné populace plísní; znečištění bakteriemi nebylo stanoveno. Výsledný počet vytvořených kolonií plísní, vztažený na 1 cm^2 stěru (průměrná hodnota ze dvou odběrů), je uveden v tab. 1.

Tab. 1 *Výsledky pilotní studie mikrobiologického znečištění vybraných ZVT*

č.	Místo	Termín realizace	Materiál potrubí	Třída filtrace	Poslední čištění	Míra znečištění [CFU/cm^2]*)
1	Brno	11/2011	KG PVC	A – G3	Jaro 2012	60-170**)
2	Zlín	2002	KG PVC	A – G4	nikdy	250
3	Zlín	2005	KG PVC	N	nikdy	180-225**)
4	Břeclav	08/2010	PE Hekatherm	A – G4	nikdy	9175
5	Brno	06/2011	KG PVC	A – G4	nikdy	45
6	Brno	02/2009	KG PVC	N	nikdy	4090
7	Křtiny	09/2010	KG PVC	N	nikdy	300
8	Popice	01/2009	KG PVC	A – G4	nikdy	1800
9	Židlochovice	11/2007	PP Awadukt Thermo	A – G4	nikdy	20
10	Židlochovice	11/2007	PP Awadukt Thermo	A – F7	nikdy	20
11	Židlochovice	11/2007	PP Awadukt Thermo	A – G4	nikdy	360
12	Židlochovice	11/2007	PP Awadukt Thermo	A – G4	nikdy	160
13	Židlochovice	10/2006	PP Awadukt Thermo	A – G4	nikdy	900
14	Břeclav	11/2010	PE Hekatherm	A – G4	nikdy	1175

**) CFU – Colony Forming Unit **) více odběrů*

Již v průběhu této fáze výzkumu začínalo být autorům zřejmé, že zvolená metoda posouzení mikrobiologického znečištění ZVT není nejvhodnější. Jednak zvolený vzorek nemusí být reprezentativní, jednak z hlediska uživatelů není podstatný stav samotného ZVT, nýbrž kvalita vzduchu přiváděného do budovy, tzn. až po filtraci. Metoda rovněž nereflektuje míru znečištění vzduchu nasávaného do výměníku.

Proto byla navržena a ve spolupráci s mikrobiologickou laboratoří IFCOR-99 v průběhu r. 2013 realizována nová metoda odběru a vyhodnocení mikrobiologických vzorků znečištění vzduchových zemních výměníků tepla (VZVT). Jedná se o *sedimentační (gravimetrickou) metodu* odběru, při níž se Petriho misky s živným agarem vkládají přímo do proudu vzduchu na výstupu přívodního potrubí z VZVT (ve vzduchotechnické jednotce). Odběr se provádí po dobu min. 60 min a výsledné hodnoty jsou normalizovány na naměřený průtok vzduchu. Jako referenční pak slouží vzorky odebrané ve venkovním prostředí (poblíž vstupu vzduchu do VZVT); dále je rovněž vyhodnocen a porovnán vzorek z nejvíce exponované místnosti domu

(zpravidla z obývacího nebo dětského pokoje). Metoda se svou podstatou blíží metodě aktivního nasávání vzduchu pomocí tzv. aeroskopu, kterou vyžaduje vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 6/2003 Sb. [16].

Odběry a vyhodnocení vzorků probíhaly vícekolově, v období červen až říjen 2013. Celkově se podařilo realizovat odběry na 35 vzduchových ZVT v regionu jižní a střední Moravy a Českomoravské vysočiny (kraje Jihomoravský, Olomoucký, Zlínský, Vysočina a Pardubický); 6 oslovených majitelů nemělo o spolupráci zájem. Mezi zkoumanými ZVT jsou i dvě relativně velké instalace (ekologické vzdělávací centrum Sluňákov v Horce nad Moravou a Moravská zemská knihovna v Brně); v ostatních případech se jedná vesměs o instalace v rodinných domech. Pro porovnání byl proveden i odběr ve třech domech bez instalovaného ZVT (ve stejné lokalitě jako vyhodnocované rodinné domy s výměníky), takže bude možno alespoň rámcově posoudit vliv tohoto zařízení na kvalitu vzduchu v objektu. V dalších dvou případech se podařilo realizovat odběr před a po čištění ZVT, takže bude možno posoudit jeho vliv na kvalitu přiváděného vzduchu. Celkové vyhodnocení všech odběrů probíhá v mikrobiologické laboratoři IFCOR-99 a bude dokončeno v nejbližší době.

ZKUŠENOSTI S PROVOZEM ZVT

Souběžně s prováděním odběrů byl s majiteli objektů vyplněn jednoduchý dotazník, s cílem zmapovat jejich objektivní i subjektivní zkušenosti s provozem ZVT. Výsledky tohoto průzkumu (který zahrnuje i údaje zjištěné v první etapě a uvedené v tab. 1, resp. podrobněji v [15]), lze shrnout následovně:

- **Druh**: z celkového počtu 35 ZVT je pouze jeden cirkulační (experimentální výměník FSI VUT s možností obou režimů); všechny ostatní ZVT jsou klasického (přímého) provedení.
- **Umístění**: ZVT jsou vybudovány jak ve velkých městech (Brno, Zlín, Olomouc – zde ovšem zpravidla v okrajových částech města), tak i v menších městech a na vesnicích (v počtu 9 – 9 –11; část údajů neuvedena).
- **Rok realizace**: většina výměníků byla realizována v posledních 5–10 letech (do 2003: 4 ZVT; 2004–2008: 16 ZVT; 2009–2013: 8 ZVT); nejstarší zkoumaný výměník byl zprovozněn v r. 2000.
- **Důvod realizace**: ZVT byly zpravidla realizovány jako součást projektu, příp. na doporučení projektanta (15); poměrně významná část uživatelů se nicméně pro jejich použití rozhodla na základě vlastního uvážení (10).
- **Cena** jejich realizace většinou není známa (byly součástí celého projektu); odhady uvedené v ostatních případech se pohybují v rozmezí 15 000,– až 75.000,– Kč.
- Jako **materiál** je nejčastěji používán typ KG PVC (16), dále REHAU Awadukt Thermo (8) a polypropylen KG PP (6); ve dvou případech polyetylén Hekatherm EWT-R.
- **Provozní režim** je zpravidla kontinuální. Řada uživatelů dokonce uvádí, že ventilátor ZVT, resp. rekuperační jednotky nechávají běžet celoročně (na stupeň 1–2), s občasným přepnutím na vyšší stupeň (při větší zátěži – návštěva apod.).
- **Údržba vzduchotechniky**: filtry jsou měněny nejčastěji 1–2x do roka (zpravidla před a po zimním období); autoři se však setkali i s případy, kdy filtry nebyly měněny (ani čištěny) po celou dobu provozu (5 let).
- **Údržba ZVT**: většina uživatelů samotný zemní výměník nečistí vůbec nebo jen velmi zřídka (viz též tab. 1). Autoři se setkali pouze s jedním případem, kdy bylo uvedeno jeho pravidelné čištění 2x ročně. V několika případech je uváděno čištění ZVT tlakovou vodou nebo párou (WAP), jednou dokonce i proplach dezinfekčním roztokem.

- **Provozní problémy**: poměrně častou provozní komplikací je zaplavení výměníku vodou (někdy je ovšem těžké je rozeznat od přirozené tvorby kondenzátu). Uváděno je nicméně 9 případů ZVT, u nichž bylo pozorováno zaplavení, ať už povrchovou, nebo spodní vodou (přívalové deště, vysoká hladina spodní vody apod.). V některých případech se tyto problémy vyskytly opakovaně (např. v blízkosti vodních toků), jindy byly pozorovány jen jednorázově. V některých případech se nepodařilo zdroj zavodnění vůbec zjistit; po vyčerpání vody se problémy nicméně již neopakovaly.
- **Hodnocení uživatelů**: v celém souboru odpovědí se objevilo pouze jedno negativní hodnocení se závěrem, že uživatel by výměník již podruhé nestavěl (v tomto případě ovšem měla na hodnocení pravděpodobně vliv také skutečnost, že majitel objektu budoval ZVT dodatečně, s celkovými náklady cca 60.000,– Kč).

Naprostá *většina uživatelů však hodnotí využití ZVT kladně*. Při tom je nejčastěji zmiňován jejich letní provoz, který dokáže v budovách s nízkou letní tepelnou zátěží vytvořit příjemné klima i bez využití dodatečné klimatizace (je ovšem pravda, že toto – s ohledem na omezený chladicí výkon ZVT, který činí cca 1–3 kW [4, 17] – v případě vyšší zátěže, příp. větší budovy již nepostačuje; autoři se nicméně setkali pouze se dvěma takovými případy).

DISKUSE VÝSLEDKŮ

Výsledky pilotní studie mikrobiologického znečištění zemních výměníků tepla nepotvrdily výraznější rozdíly mezi potrubím Awadukt Thermo s antimikrobiální povrchovou úpravou a ostatními, běžnými druhy potrubí (PVC a PE). Pomineme-li špičkové hodnoty, je obvyklá úroveň znečištění v obou nejběžnějších typech potrubí přibližně stejná. Je ovšem pravda, že v potrubí Awadukt Thermo nebyl – na rozdíl od ostatních dvou typů – nalezen žádný vzorek, který by vykazoval výrazně vyšší úroveň znečištění (a to např. i přes zaplavení ZVT spodní vodou). Tyto závěry jsou ovšem zcela předběžné; rozhodující budou výsledky hlavní studie, porovnávající úroveň znečištění vzduchu na výstupu z výměníku.

Co se týče hodnocení provozu ZVT samotnými uživateli, nejvíce je ceněn jejich přínos pro letní chlazení budovy. To ovšem vyplývá do jisté míry z faktu, že zimní funkce ZVT (např. protimrazová ochrana rekuperační jednotky), stejně jako případný energetický přínos, jsou těžko postižitelné. Velká část uživatelů nicméně ponechává ZVT v provozu celoročně; rovněž přepínání mezi nasáváním vzduchu přes ZVT a přímo z fasády se většinou nevyužívá.

Průzkum však rovněž odhalil nedostatečnou údržbu ZVT, resp. mnohdy i celého vzduchotechnického řetězce. Je pravda, že čištění samotného ZVT je poměrně obtížné (i „klasický“ způsob čištění kartáčem nebo houbou taženou lankem není zcela jednoduchý – v jednom případě při něm např. došlo k prořízнutí potrubí s nutností následné výměny, se všemi nepříjemnostmi s tím spojenými). Na druhou stranu byly zaznamenány případy, kdy v rekuperační jednotce nebyly měněny filtry za celou 5letou dobu provozu. Pilotní průzkum nicméně neprokázal, že by znečištění ZVT narůstalo s dobou provozu.

ZÁVĚR

S rostoucím počtem provozovaných ZVT – jichž je jen na jižní a střední Moravě podařilo dohledat přes 40 – se otázka jejich vlivu na kvalitu vnitřního prostředí stává stále více důležitou, a je i předmětem mnoha dotazů na různých diskusních fórech. Rozsáhlejší studie, která by mapovala situaci v České republice, dosud nebyla provedena.

Autoři proto věří, že jejich výzkum pomůže zaplnit tuto mezeru. Podstatné budou výsledky druhé etapy výzkumu, která se zabývá porovnáním kvality vzduchu na výstupu ze ZVT a ve větraných místnostech oproti venkovnímu prostředí. Odebrané vzorky se momentálně zpracovávají a vyhodnocují. O získaných výsledcích budeme samozřejmě dále informovat.

LITERATURA

[1] KOPECKÝ, P. Zemní výměník tepla – vyhodnocení měřených dat a tepelně–vlhkostní simulace. In: *Pasivní domy 2007*. Brno: Centrum pasivního domu, 2007, s. 296–302.

[2] JAROŠ, M., KOLBÁBEK, A. Vliv zemního výměníku tepla na provoz rekuperační jednotky teplovzdušného vytápění. In: *19. konference Klimatizace a větrání 2010*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2010, s. 55–62.

[3] KOLBÁBEK, A., JAROŠ, M. Nový experimentální zemní výměník tepla FSI VUT. In: *20. konference Klimatizace a větrání 2012*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2012, s. 93–98.

[4] JAROŠ, M., KOLBÁBEK, A. Energetický a ekonomický přínos zemního výměníku tepla v teplovzdušném vytápěcím systému s rekuperací. *Vytápění, větrání, instalace*, 19 (5): 222–228, 2010.

[5] KOPECKÝ, P. *Osobní sdělení* [e-mail]. [7. 11. 2011].

[6] FLÜCKIGER, B. et al. Hygienic Aspects of Ground-coupled Air Systems. *Indoor Air*, 8: 197–202, 1998.

[7] FLÜCKIGER, B., MONN, C. Microbial investigations and allergen measurements in ground-coupled earth-to-air heat exchangers. In: *Indoor Air 99*. Vol. 5. Garston (UK): BRE, 1999.

[8] FLÜCKIGER, B., WANNER, H.-U., LÜTHY, P. *Mikrobielle Untersuchungen von Luft-ansaug-Erdregistern*. Zürich: ETH, 1997.

[9] JOKL, M. *Zdravé obytné a pracovní prostředí*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2002.

[10] MÖRITZ, M. et al. Capability of air filters to retain airborne bacteria and molds in heating, ventilating and air-conditioning (HVAC) systems. *Int. J. Hyg. Environ. Health*, 203 (5-6): 401–409, 2001.

[11] MÜNZENBERG, U., THUMULLA, J. *Kvalita vzduchu v místnostech pasivních domů.* Český předklad [online]. [cit. 2012-08-20]. Dostupné z: <http://www.enviros.cz/udrzitelna_vystavba/nizkoenergeticka_a_nizkonakladova_vystavba/studentska_soutez/2007/Bernd-Woters/CZ-Mz.pdf >.

[12] RABINDRA, N. B., SHAILENDRA, K. M., PAWAN, B. Use of earth air tunnel HVAC system in minimizing indoor air pollution. In: *Proc. of Better Air Quality 2004*. Dostupné též z: < http://dc408.4shared.com/doc/QNYyQO05/preview.html>.

[13] REHAU. *Energeticky úsporné systémy a technologie*. Reklamní prospekt. Praha: 2010.

[14] LONICERA. *AWADUKT Thermo – zemní výměník* [online]. [cit. 2014-03-31]. Dostupné z: < http://www.potrubizplastu.cz/awadukt_thermo/>.

[15] KOLBÁBEK, A., JAROŠ, M., MUSIL, Z. Mikrobiologické riziko zemních vzduchových výměníků tepla – pilotní studie. In: *Zdravé domy 2013*. Brno: VUT v Brně, s. 87–96, 2013.

[16] *Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 6/2003 Sb. ze dne 16. prosince 2002, kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb.*
Dostupné též z: < http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2003-6>.

[17] JINDRÁK, M. Vnitřní prostředí EPD – zkušenosti z čtyřletého provozu. In: *Pasivní domy 2008*. Brno: Centrum pasivního domu, 2008, s. 379–384.

Autoři děkují projektu FSI-S-14-2355 „Systémy a komponenty pro tvorbu vnitřního prostředí a dopad na zdraví člověka“ za podporu při zpracování a prezentaci tohoto příspěvku.

Zvláštní poděkování náleží RNDr. Kateřině Klánové, CSc. ze Státního zdravotního ústavu v Praze a RNDr. Boženě Jandové, CSc. z Mikrobiologické laboratoře IFCOR-99 v Brně za odborné konzultace při řešení dané problematiky, jakož i všem majitelům zemních výměníků tepla za laskavé svolení s odběry vzorků a vyplnění dotazníků o realizovaných ZVT.

UNIVERZITNÍ KAMPUS - NÁVRH A PROVOZ

Antonín Kašpar

SUBTECH, s.r.o.
kaspar@subtech.cz

ANOTACE

Článek se zabývá návrhem a zkušenostmi z provozu nového Univerzitního kampusu Masarykovy univerzity v Brně, který se budoval několik let. Jedná se o soubor asi 40 objektů, pro různé potřeby Masarykovy univerzity, především však pro potřeby přírodovědecké a lékařské fakulty.

ÚVOD

Univerzitní kampus Bohunice byl slavnostně otevřen v září 2010. Tato významná událost v životě Masarykovy univerzity dovršila šestileté období výstavby největšího stavebního projektu v oblasti vysokého školství ve střední Evropě.

Na ploše 42 hektarů postupně vyrostlo moderní vzdělávací a výzkumně-vývojové centrum pro pět tisíc studentů a přibližně tisíc zaměstnanců. Celkové náklady na výstavbu činí více než 5 miliard Kč.

VÝSTAVBA

Univerzitní kampus Bohunice s konečnými 42 200 m2 plochy pro výuku a výzkum (z toho 39 200 m2 plochy získané novou výstavbou a 3 000 m2 plochy rekonstruované), je novou moderní vzdělávací a výzkumně-vývojovou základnou MU. Poskytuje zázemí neklinickým oborům Lékařské fakulty, chemickým a biologickým oborům Přírodovědecké fakulty a Fakultě sportovních studií. Kapacita areálu nového kampusu je navržena pro cca 5 000 studentů a přibližně 1 000 vysokoškolských pedagogů, vědecko-výzkumných pracovníků a ostatních zaměstnanců.

Výuku i biomedicínský výzkum podporuje sousedství a propojení kampusu s Fakultní nemocnicí Brno, jednou z největších fakultních nemocnic v České republice, a Inkubátorem biomedicínských technologií (INBIT) postaveným v areálu UKB Jihomoravským krajem.

Na dalších přibližně 16 ha rozvojového území v bezprostředním okolí areálu nového univerzitního kampusu byla vybudována podpůrná infrastruktura - obchodní a stravovací centrum Campus Square. Je vybudováno i menší ubytovací zařízení pro studenty a zaměstnance MU.

Program rozvoje materiálně technické základny MU byl zahájen v roce 2002 realizací rozsáhlého programu obnovy, rekonstrukcí a modernizace historických budov MU a projektovou přípravou výstavby areálu nového univerzitního kampusu MU v Bohunicích. Samotná výstavba UKB byla zahájena v roce 2004 a ukončena v roce 2010. Areál v Bohunicích se dále rozrůstá s podporou finančních zdrojů z Evropské unie. V roce 2012 pokračoval výstavbou pavilonů a objektů pro tři vědecko-výzkumná centra:

- CEITEC (Středoevropský technologický institut)
- CESEB (Centrum experimentální, systematické a ekologické biologie)
- CETOCOEN (Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí)

PROJEKT

Samotná příprava výstavby a projekt byla svěřena do rukou generálního projektanta fy. APLUS Brno, a.s. Firma SUBTECH s.r.o., tehdy ještě LUFT PROJEKT, s.r.o. byla do projektu vtažena někdy na začátku roku 2005. I přesto, že byla výstavba rozdělena na několik etap, museli jsme pro fázi realizačního projektu oslovit i další projekční skupiny z Brna aby nám s projektem pomohli. V roce 2007, kdy se připravoval nevětší počet objektů pracovalo na projektu deset projektantů vzduchotechniky.

Obr. 1 *Přehled celého areálu kampusu. Šedě označené pavilony A25 až A36 jsou v současné době dostavovány.*

Na začátku projektování jsme stáli, před hlavními koncepčními úkoly v oblasti VZT, chlazení a vytápění. Bylo nutno stanovit jaké zdroje použijme a zda půjdeme cestou centrální přípravy nebo lokální.

Investor mněl na začátku představu poměrně jednoduchého vybavení s minimem provozních nákladů. Takže větrat a chladit se měly například jen laboratoře. Ostatní prostory včetně pracoven a zasedacích místností jsou větrány okny. Jak se však kampus rozvíjel a v pavilonech přibývaly systémy pro výzkum a vývoj, přidávaly se i požadavky na technologie. Výsledkem je tedy letos dokončený pavilon A35 – CEITEC se špičkovou technologií a s ambicemi aby zde pracovalo několik kandidátů na Nobelovu cenu.

U VZT jednotek jsme se rozhodli jít cestou několika VZT jednotek a zařízení pro každý pavilon zvlášť. Bohužel se vzhledem k prostorovým nárokům nepodařilo rozdělit centrální VZT po patrech, ale je použito jedno centrální zařízení pro pavilon. Toto zařízení je pak doplněno několika drobnými zařízeními většinou pro atypické laboratoře. Výjimku tvoří několikapatrová knihovna, která je rozdělena po sekcích. Jako zajímavé téma se ukázalo i rozhodnutí zda nasávat z anglických dvorků , nebo ze střech.

Zdroj tepla byl u této velikosti zakázky tak trochu politický problém a nakonec bylo rozhodnuto použít městský horkovod. Každý pavilon je tak vybaven vlastní předávací stanicí.

Rozhodnutí o centrálním zdroji chladu, bylo nakonec zjednodušeno tím, že jsme nebyli schopni odhadnout náplně jednotlivých objektů a jejich potřeby chladu. Přistoupili jsme nakonec k řešení pomocí lokálních zdrojů chladu v kompaktním provedení pro každý objekt. Zdroje byly navrženy pouze pro sezónní provoz. Teprve u dalších objektů se začínaly

objevovat požadavky na celoroční chlazení. Z počátku, jsem používali pouze výjimečně systémy SPLIT. Později, kdy se nároky začali zvedat jsme přistoupili k systémům s celoročním chlazením. Zajímavá byla situace, kdy uživatelé z dokončených pavilonů zjistili že nově budované pavilony mají lepší systémy a chtěli je také. Důsledkem pak bylo dodatečné doplňování systému celoročního chlazení např. systémem VRF.

ZKUŠENOSTI Z PROVOZU

Zkušenosti se zprovozňováním areálu, se dají těžko vysvětlovat to se musí zažít. Přesto je pár oblastí, které údržba univerzitního areálu musí řešit.

Zvlhčování

Na většině objektů s výjimkou první etapy ILBIT, jsou použity lokální parní zvlhčovače. Vzhledem k vysoké tvrdosti Brněnské vody, se jeví jako nejspolehlivější technologie odporových zvlhčovačů v kombinaci s chemickou úpravnou vody. Jako nejhorší pak elektrodová technologie s magnetickou úpravnou. Bohužel často používané lokální přesné klimatizace používají, právě tuto technologii.

VZT jednotky

Vzhledem k charakteru státních zakázek, není reálné udržet jednotkou značku/výrobce napříč všemi etapami. A ačkoliv byli použiti různí výrobci, byt i velmi rozdílných kvalit nejsou s nimi v současné době žádné velké problémy. Zdá se, že kvalita jednotlivých zařízení se projeví až během let.

Provozní nastavení VZT jednotek, zejména časové programy byli skoro všechny změněny a z důvodů provozních úspor, jsou vypínána zařízení jejíž provoz není nezbytně vyžadován. Některé pavilony jsou dokonce přes noc provozovány, aby prostory vyvětrali a přes den jsou pouštěny jen na pokusy, jinak jsou vypnuty.

Požární klapky, požární řešení

Většina požárních klapek v areálu je vybavena servopohonem a to zejména z provozních důvodů. Při projektování jsme se obávali častých falešných poplachů, nebo poruch. Údržby, by pak vzhledem k rozlehlosti areálu nemohla včas zasáhnout a „natáhnout“ všechny klapky v pavilonu s poplachem.

Tato obava, se naštěstí nenaplnila a falešné poplachy se v celém areálu dějí jen výjimečně cca. 2x do roka.

Chlazení

Jak se vyvíjeli požadavky uživatelů, došli jsme společně s údržbou k názoru, že je pro ně nejvýhodnější použití vodních zdrojů chladu s celoročním provozem. Na posledních pavilonech jsou tak použity zdroje se suchými chladiči a systémem free coolingu. Tato varianta je pro uživatele variabilní a umožnuje provozně úsporné zimní chlazení. Bohužel vzhledem k neustálému vývoji vědeckých výzkumů, se dá dopředu potřebný výkon zimního chlazení jen těžko odhadnout.

Digestoře

Systémů ovládání digestoří, od jednoduchých až po systémy typu „labcontrol“ je v areálu mnoho. Všechny jsou bez problému v provozu.

Servis

Servis sice nepatří mezi běžné starosti projektantů, ale v tomto případě tvoří důležitou součást areálu. Bohužel servisní služby nebyly vzhledem k systému státních zakázek součásti dodávky, ale byly soutěženy samostatně. Tato skutečnost vedla, ke sporům kdy realizační

firma č.1 drží pětiletou záruku za dílo a realizační firma č.2 má smlouvu na dvouletý servis. Rozhodnout potom zda je to běžný servis, nebo zda už je to reklamace není jednoduché.

ZÁVĚR

Po devítiletém postupném vývoji jednotlivých části areálu, je čas na bilancování. A já si nejsem jist, zda jsme se vydali na začátku správnou cestou a zda jsme to, či ono nemohli udělat lépe a elegantněji. Myslím, že je to tak dobře, protože projektant by mněl pořád přemýšlet jak stavby zlepšovat.

LITERATURA

[1] MUNI, *Domovská stránka univerzity*, Tiskové informace, 2012. Dostupné z: < http://www.muni.cz/general/events/p233330 >.

MAIN POINT KARLÍN
NEJEN VZDUCHOTECHNIKOU K LEED PLATINUM

Jaromír Klazar

VENTAC s.r.o., klazar@ventac.cz

ANOTACE
Příspěvek podává informaci o základních souvislostech a orientaci při návrhu Technických Zařízení Budov pro dosažení certifikace LEED Platinum.

CERTIFIKAČNÍ METODIKY HODNOCENÍ BUDOV
- LEED
- BREAM
- SB TOOLCZ

Základní cíle certifikací budov:
- Technické hledisko: optimální návrh z hlediska polohy budovy, využití lokality, dostupnosti, spotřeby a hospodaření s energiemi
- Marketingové hledisko: výhodnější pozice při pronájmu, resp. prodeji budovy

CERTIFIKAČNÍ METODIKA LEED
U.S. Green Building Council
LEED - Leadership in Energy & Environmental Design
Normy ASHRAE
Maximální hodnocení: 110 kreditů

- Platinum: 80 kreditů a více
- Gold: 60 až 79 kreditů
- Silver: 50 až 59 kreditů
- Certified: 40 až 49

Fáze certifikace:

- při návrhu – projektu
- v průběhu výstavby

Za celé TZB lze při návrhu v maximálním počtu získat **52 kreditů**, a to v částech:

- Water Efficiency – do 10 kreditů
- Energy and Atmosphere – do 37 kreditů
- Indoor Environmental Quality – do 12 (5) kreditů

PROJEKT ADMINISTRATIVNÍ BUDOVY MAIN POINT KARLÍN
- Zahájení projekční přípravy v roce 2005 stupněm DÚR
- Jeden zpracovatel návrhu kompletního TZB
- Následovaly stupně DSP a DPS
- Certifikace LEED a korekce návrhu řešení TZB probíhala po dokončení DPS za účasti investora a konzultanta – Albanese Organization, Inc., NY, USA

- Získaní Certifikátu LEED Platinum – v roce 2012

TZB V SOUVISLOSTECH
Architektonicko – stavební řešení
Motto: „Skleníky jsou pro pěstování zeleniny“

Obr. 1 *Architektonické řešení obvodového pláště*

Zařízení pro vytápění

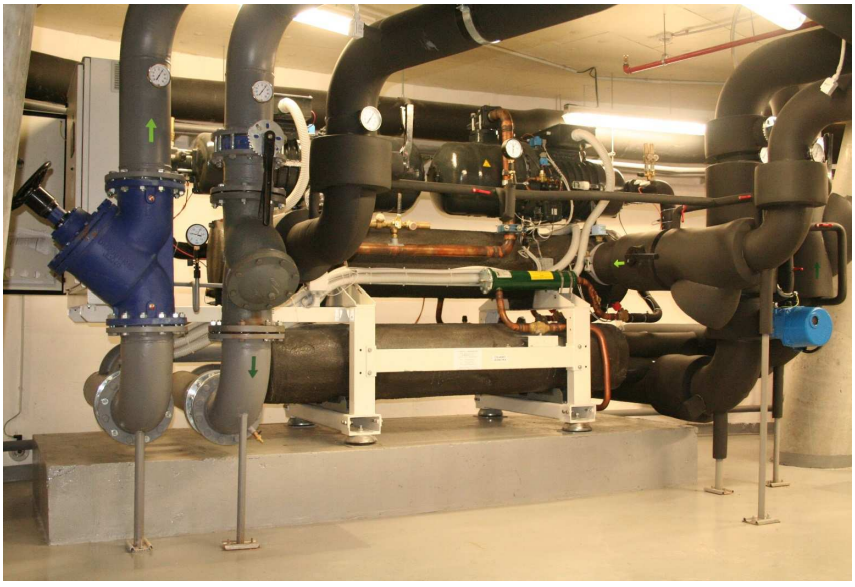
- Plynová kotelna s kotli o účinnosti η = 97 %
- Otopné okruhy pro:
  Podlahové konvektory – 75/65 °C
  Podlahové vytápění – 50/45 °C
  Vzduchotechniku a dveřní clony – 75/40 °C
- Oběhová čerpadla s konstantními i proměnlivými otáčkami

Obr. 2 *Strojovna vytápění – kotlová část*

Obr. 3 *Strojovna vytápění – rozdělovač*

Zařízení pro ochlazování

- Kapalinou chlazené výrobníky chladící vody s účinností *EER* = 4,9
- Kondenzátory chlazené vodou z proplachovacího kanálu Vltavy
- Kondenzátory chlazené suchými chladiči – záloha systému
- Chladící okruhy pro:
  Indukční jednotky v kanálovém provedení (cca 1300 ks) – 16/20°C
  Jednotky fan coil – 7/13°C
  Chladiče vzduchotechnických jednotek – 7/13°C
- Chlazení z proplachovacího kanálu – free – cooling
- Oběhová čerpadla s konstantními i proměnlivými otáčkami



Obr. 4 *Výrobník chladící vody*

Obr. 5 *Suché chladiče*

Zařízení vzduchotechniky

- Parametry vnitřního prostředí
  Teplota - Zima / Léto – t_i = 21/26 °C
  Relativní vlhkost – Zima – *RH* = 35 %
- Vzduchotechnické jednotky:
  Tepelná účinnost rekuperace η = 70 %
  Vlhkostní účinnost rekuperace η = 53 %
  Dvoustupňová filtrace u zařízení s trvalým pobytem osob M5 + F7
  SFPv – 1,82 až 2,6 kW.s/m^3
  Ventilátory s FM
- Množství přiváděného vzduchu do míst s trvalým pobytem osob:
  Projektovaná dávka 50 m^3/h, osoba => cca 300 % požadavku dle LEED
  Vychází i projektovaná dávka 25 m^3/h, osoba
- Řízení vzduchového výkonu dle koncentrace CO_2
  Zasedací místnosti
  Shromažďovací prostory
  Prostory, kde se uvažovalos hustším obsazením než cca 3,7 osoby/m^2
- Kontrola množství přiváděného čerstvého vzduchu

Obr. 6 *Strojovna vzduchotechniky*

Obr. 7 *Distribuce vzduchu*

Zařízení pro měření a regulaci

- Kompletní řízení technologií TZB (VZT, VYT,CHL, ZTI)
- Měření spotřeby tepla/chladu u jednotlivých zdrojů
- Kontrola průtoku čerstvého vzduchu

- Regulace intenzity větrání dle koncentrace CO2 – ve shromažďovacích prostorech a zasedacích místnostech

Zařízení Zdravotně - technických instalací

- Akumulace dešťových vod pro zalévání
  Filtrace přiváděné vody
  UV lampa
- Instalace úsporných zařizovacích předmětů

Zařízení silnoproudu

- Měření spotřeby elektrické energie jednotlivých výrobníků chladící vody
- Měření spotřeby elektrické energie motorů ventilátorů vzduchotechnických zařízení
- Měření spotřeby elektrické energie u světelných okruhů
- Instalace úsporného osvětlení s řízenou intenzitou a spínaním dle přítomnosti osob
- Instalace zařízení pro dobíjení vozidel s elektrickým pohonem

ZÁVĚR

- Zvolení cíle – úrovně certifikace
- Konstruktivní spolupráce od Návrhu stavby na úrovni Investor + generální projektant + profesní projektanti
- Kontinuální spolupráce s LEED konzultantem
- Komplexní návrh TZB ve všech profesích
- Řídit se „smysluplným počínáním“ a „selským rozumem“.

LITERATURA

[1] VENTAC s.r.o. ve spolupráci se subdodavateli, Administrativní budova Main Point Karlín, Dokumentace pro provedení stavby v profesích TZB

TVORBA VNÚTORNÉHO PROSTREDIA V OBJEKTOCH PRIEMYSELNÉHO CHARAKTERU

Zuzana Kovářová

STU v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra technických zariadení budov
Radlinského 11, 813 68 Bratislava, Slovensko
zuzana.kovarova@stuba.sk

ANOTACE

Základnou funkciou vzduchotechniky je zabezpečiť požadovaný stav privádzaného vzduchu do interiéru a dlhodobo tento stav udržať nezávisle od pôsobenia negatívnych faktorov exteriéru (napr. teplota a vlhkosť vonkajšieho vzduchu, oslnenie, rýchlosť vetra, a pod.), so zreteľom na druh stavebnej konštrukcie a na typ prevádzky v danom objekte.

Vzhľadom na variabilitu výrobných procesov v priemyselných objektoch s chladným typom prevádzky (tvorba technologického tepla < 32 W/m^3 vnútorného objemu vetraného priestoru) sa zväčšuje počet týchto objektov s rôznou prevádzkou, pričom každý druh prevádzky má iné požiadavky na vnútornú mikroklímu. Mnohé prevádzky sa však nezameriavajú na vytvorenie pohody pre človeka v jeho pracovnej oblasti, ale bohužiaľ len na požiadavky na vnútorné prostredie, ktoré si vyžaduje inštalovaná technológia.

Na samotnú úpravu vzduchu často vplýva viacero faktorov súčasne, ako napr. tepelno-vlhkostné požiadavky, tak kvalita vzduchu po chemickej stránke, nakoľko v priemyselných prevádzkach vznikajú nebezpečné látky pre zdravie človeka. O ostatných činiteľoch , ktoré sa zúčastňujú na vytváraní optimálnej vnútornej mikroklímy sa už uvažuje málo. Prostredie pôsobí na človeka nielen prostredníctvom teploty vzduchu, ale aj pohybom vzduchu, sálania okolitých plôch, predmetov a stavebných konštrukcií, vlhkosti a znečistenia vzduchu. Tieto vplyvy sa môžu prejavovať v rozličných kombináciách.

Preto je dôležité, aby projektant vzduchotechniky bral do úvahy všetky stavy interiérového prostredia (teplotný, vlhkostný, hlukový, aerodynamický, mikrobiálny, svetelný i elektromagnetický).

CHARAKTERISTIKA CHLADNEJ PREVÁDZKY

Za chladnú prevádzku považujeme halový objekt, v ktorom je inštalovaná technológia s vývinom tepla ≤ 32 W/m^3 vnútorného priestoru. Hlavnými predstaviteľmi sú strojárne, brusiarne, montážne haly (obr. 1), valcovne a sklady, teda priestory, v ktorých treba

Obr. 1 *Príklady chladných typov priemyselných prevádzok*

zabezpečiť odvod škodlivín (tepelná záťaž z technológie a z vonkajšieho prostredia) vetraním, t.j. výmeny nekvalitného vzduchu za kvalitný (vonkajší, obehový) vzduch; a to celoročne.

Ďalšou požiadavkou je potreba vykurovania v zimnom a v prechodných ročných obdobiach. Pretože technologické zariadenia v chladných prevádzkach zvyčajne nemajú nároky na vlhkosť vzduchu, táto požiadavka sa vo vetracích sústavách nerieši.

VOĽBA VZDUCHOTECHNICKÉHO SYSTÉMU

a) Aký bude systém vetrania - prirodzený alebo nútený?

Prirodzené vetranie sa navrhuje len výnimočne. Dôvody sú najmä tepelné (nedostatočné vnútorné zdroje tepla na ohriatie privádzaného vzduchu), dispozičné (znehodnotenie pracovnej oblasti človeka chladným privádzaným vzduchom) a hygienické (legislatíva umožňuje prirodzené vetranie iba v priestoroch, kde nie je nutný prívod filtrovaného vzduchu a v zime ohrievaného vzduchu).

Nútené vetranie sa aplikuje najčastejšie. Do mnohých prevádzok nie je možné privádzať (či už z hygienických alebo z technologických dôvodov) neupravený vonkajší vzduch, t.j. nefiltrovaný od prachu a bez ohrevu v zimnom období ... v tomto prípade hovoríme o celkovom vetraní. Ak sa v prevádzke vyskytujú miestne zdroje škodlivín (prach, pary, plyny), musíme inštalovať priamo nad zdroj škodlivín miestne odsávanie aj s filtráciou vzduchu.

b) Stanovenie objemového prietoku privádzaného vzduchu (hygienické minimum)

Ako už bolo uvedené, vzduchotechnika má zabezpečiť nielen vetranie, ale aj zaistiť požadované podmienky v príslušných priestoroch. Obe tieto úlohy môžu mať rôzne požiadavky na prívod vonkajšieho (čerstvého) vzduchu. Je potrebné pamätať na to, že jeho neúmerné množstvo má v zime za následok vysokú spotrebu tepla na jeho ohrev. Tieto nároky sa neskôr negatívne prejavia aj v prevádzkových nákladoch.

Pokiaľ sú v priestoroch zdroje škodlivín, je prívod vonkajšieho vzduchu daný ich najvyššími prípustnými koncentráciami. Tento prípad však nastáva v chladných prevádzkach len zriedka. Častejšie je potreba vetrania vyvolaná prítomnosťou ľudí. Po stránke produkcie oxidu uhličitého CO2 človekom je vyhovujúci prívod 20 m^3/h vonkajšieho vzduchu na osobu. Dnes sa táto hodnota považuje za nízku. Minimálna dimenzovaná hodnota býva 30 m^3/h na osobu a aj viac. Niektoré zahraničné normy pripúšťajú, v dobe minimálnych vonkajších teplôt, zníženie tejto hodnoty na 8 m^3/h na osobu (VDI, ASHRAE).

Ako minimálny podiel vonkajšieho vzduchu býva požadovaný 10 % podiel vonkajšieho vzduchu z celkového objemového prietoku privádzaného vzduchu do priestoru. Toto stanovisko však nie je správne. V mnohých objektoch je z rôznych dôvodov požadovaná vysoká výmena vzduchu a požadovaný podiel 10 % vedie k energetickému plytvaniu (typickým príkladom, i keď nie z oblasti priemyslu, je vetranie výpočtových stredísk, kde by pri tejto požiadavke pripadalo na jedného človeka niekoľko sto m^3/h).

V niektorých prípadoch, hlavne ak nie je možné vopred stanoviť počet ľudí v objekte, sa množstvo vonkajšieho vzduchu stanovuje z hodinovej výmeny vzduchu vztiahnutej na objem vetraného priestoru. Toto množstvo je možné i značne zvýšiť v prípadoch, kedy to dovoľujú energetické podmienky (prechodné ročné obdobia, kedy nie je treba chladiť ani vykurovať, keď je pre vykurovanie možné využívať odpadové teplo, alebo pri použití zariadenia pre spätné získavanie tepla).

Celkové množstvo privádzaného vzduchu do priestorov je dané súčtom objemového prietoku vonkajšieho vzduchu (hygienické minimum) a vzduchu obehového (cirkulačného). Obehový vzduch sa využíva z dvoch dôvodov:

- aby sa obmedzil pracovný rozdiel teplôt (t.j. rozdiel teploty vzduchu v miestnosti a vzduchu privádzaného), hlavne v lete. Tento rozdiel by mal byť v letnom období v bežných prípadoch 6 až 8 K, v zime max. 30 K (optimum do 20 K),
- aby sa pri premenlivom alebo malom množstve vonkajšieho vzduchu dodržali predpokladané obrazy prúdenia vzduchu za účelom dosiahnutia dokonalého prevetrania celého priestoru.

Podiel obehového vzduchu je účelné obmedziť na najmenšiu možnú hodnotu. Obehový vzduch zhoršuje kvalitu privádzaného vzduchu, zvyšuje náklady na vzduchotechnické zariadenie, je náročný na priestory pre vzduchovody, zhoršuje hlukové pomery a v neposlednom rade zvyšuje príkon ventilátorov [1].

c) Pri návrhu vetrania rieši projektant i ďalšie čiastkové úlohy:
dispozičné a tepelno-technické riešenie halového objektu; či bude vetracia sústava slúžiť len k vetraniu, alebo bude kryť z časti alebo celkom tepelné straty objektu, tzn. či ide len o vetranie alebo o kombináciu vetrania s teplovzdušným vykurovaním; ako bude riešený ohrev privádzaného vzduchu - zdroj tepla kotolňa alebo diaľkový rozvod tepla (sústavy CZT); systém spätného získavania tepla; ako bude vyhotovená distribučná sieť, druh distribučných prvkov či ako ovplyvní neizotermičnosť privádzaného vzduchu rozloženie teploty vnútorného vzduchu vo vetranom priestore [2].

SYSTÉMY VZDUCHOTECHNIKY V PRIEMYSLE

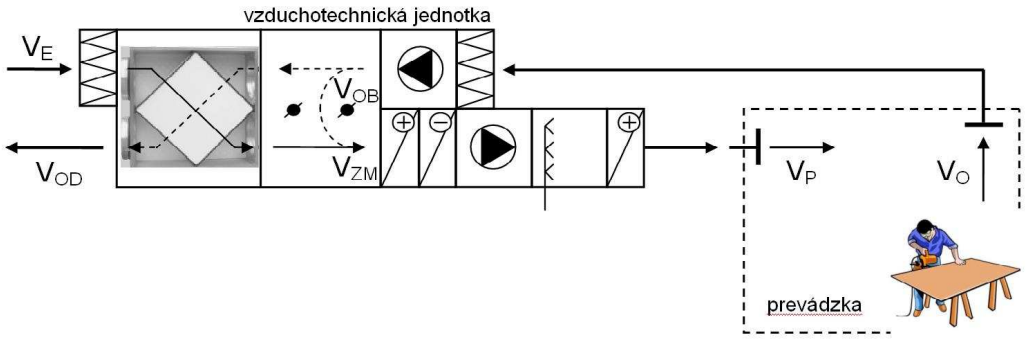
V priemyselných prevádzkach sa iba málo stretávame s celkovou úpravou vzduchu (vrátane ohrevu, chladenia, vlhčenia a odvlhčovania), okrem prípadov, keď si tieto úpravy vzduchu vyžaduje priamo technológia. Je to spôsobené pomerne ekonomicky náročnou prevádzkou. V prevádzkach, kde sa najčastejšie stretávame s teplom ako jedinou škodlivinou, vzduchotechnické zariadenie musí zabezpečiť jednak riadenú výmenu vzduchu (vetranie), a jednak upravuje teplotu (v dôsledku čoho i vlhkosť) privádzaného vzduchu do riešeného priestoru. Väčšinou sa aplikujú nízkotlakové vzduchotechnické zariadenia. Podľa dispozičného usporiadania sa môžu rozdeliť na centrálne, decentralizované (miestne) a kombinované, ktoré sa pre vetranie či klimatizáciu priemyselných halových objektov využívajú najčastejšie. Centrálne sa upraví len hygienické minimum vonkajšieho vzduchu a jednotkové zariadenie cirkulačne doupravuje teplotu vzduchu priamo v priestore podľa požiadavky užívateľa (ohrevom alebo chladením).

Systém s centrálnou úpravou vzduchu

Vzduchotechnická jednotka s komorami zaradenými podľa potreby na kvalitu vzduchu, ako sú ohrievač, chladič, prípadne zvlhčovač, je umiestnená buď v strojovni vzduchotechniky, alebo na streche objektu, ak to strešná stavebná konštrukcia umožňuje.

V prípade, že je vzduchotechnická jednotka umiestnená v strojovni, môže byť vyhotovená podľa objemu upravovaného vzduchu v klasickom vyhotovení s umiestnením na podlahe (obr. 2) alebo v podstropnom vyhotovení.

Ak centrálna úprava je jedinou úpravou vzduchu pre celý halový objekt, je upravované pomerne veľké množstvo vzduchu. Ak je navyše vzduchotechnikou pokrývaná nielen tepelná strata vetraním ale aj celkové tepelné straty, je veľmi výhodné zaradiť do zostavy takejto jednotky aj systém spätného získavania tepla.

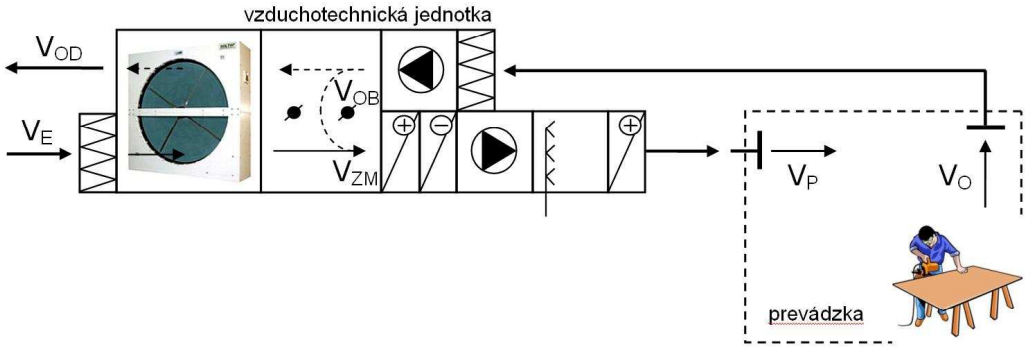


Obr. 2 *Vzduchotechnický systém s centrálnou úpravou vzduchu s využitím SZT prostredníctvom rekuperácie a zmiešavacej komory*

Spätné získavanie tepla (SZT) je možné realizovať v:

a) *zmiešavacej komore* - je to systém s najvyššou účinnosťou získavania tepla z odvádzaného vzduchu s tým, že do priestoru sa vracia istá časť obehového vzduchu. Pri väčšine prevádzok toto nie je problém, pokiaľ je zabezpečená minimálna hygienická dávka vzduchu na osobu a v priestore nedochádza k vývinu pre zdravie škodlivých látok.

b) *komore SZT regeneráciou* - s podobne vysokou účinnosťou pracuje aj rotačný výmenník tepla. Pri rotačnom výmenníku už nedochádza k cirkulácii odvádzaného vzduchu, resp. iba v zanedbateľnej miere. Dochádza však k výmene hmoty v podobe vlhkosti (obr. 3).

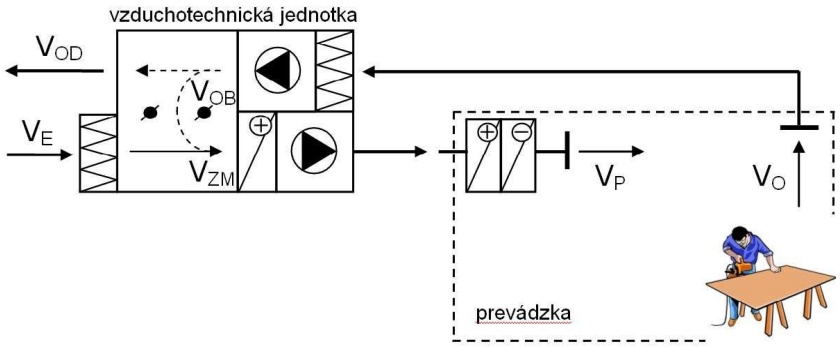


Obr. 3 *Vzduchotechnický systém s centrálnou úpravou vzduchu s využitím SZT prostredníctvom regenerácie*

c) *komore SZT rekuperáciou* – z hygienického hľadiska je najprijateľnejší rekuperačný doskový výmenník tepla, pri ktorom sa energia odovzdáva cez plochy, ktoré hermeticky oddeľujú prívod vonkajšieho a odvod odvádzaného vzduchu. Síce pracujú s nižšími účinnosťami, ale napriek tomu sú veľmi výhodné z hľadiska ekonomiky prevádzky.

Systém s decentrálnou úpravou vzduchu

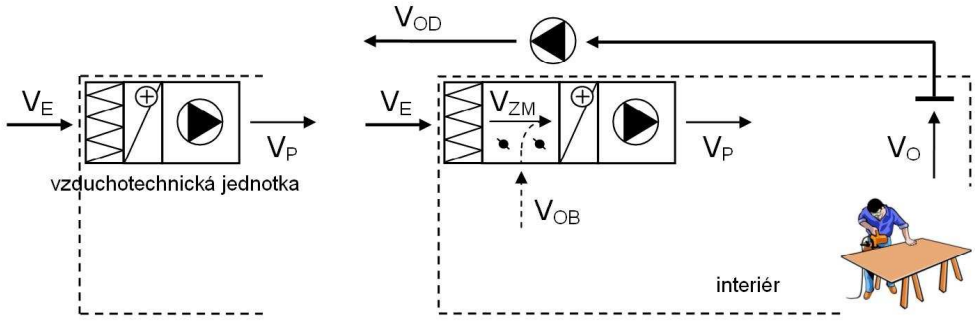
Decentrálne systémy vzduchotechniky sa používajú najmä v halových objektoch, ktoré majú rôzne prevádzky s rozdielnymi požiadavkami na vnútornú mikroklímu.



Obr. 4 *Vzduchotechnický systém s decentrálnou úpravou vzduchu*

Decentrálny systém je možné riešiť dvomi spôsobmi:

- prívod vzduchu je zabezpečený jednou VZT jednotkou, ale úprava vzduchu je pre daný priestor realizovaná až v mieste určenia (obr. 4),
- každý priestor je zabezpečený samostatnou VZT jednotkou, ktorá zabezpečuje aj prívod čerstvého vzduchu. Tieto jednotkové zariadenia sú schopné zabezpečiť prívod čerstvého vzduchu, pokryť tepelné straty a navyše môžu mať v sebe zabudovaný aj niektorý zo systémov SZT (obr. 5).



Obr. 5 *Vzduchotechnický systém s decentrálnou úpravou vzduchu jednotkovými zariadeniami*

Kombinovaný systém

Kombinácia spočíva v nasávaní a úprave hygienického minima vonkajšieho vzduchu centrálnou vzduchotechnickou jednotkou. Tento vzduch sa ohrieva, prípadne chladí iba tak, aby boli pokryté zisky/straty spôsobené vetraním. Zbytok tepelných ziskov/strát je pokrývaný jednotkovými cirkulačnými zaradeniami. Pri použití tohto systému je na SZT aplikovaná buď zmiešavacia komora, alebo v prípade, že nechceme znížiť množstvo vonkajšieho vzduchu, je vhodné zaradiť rekuperačný doskový výmenník tepla.

ZÁVER

Keďže vetranie aktívne pôsobí na tvorbu vnútorného prostredia a má dôsledky na ekonomiku výstavby a prevádzku budov, je voľba vhodného vetracieho systému veľmi dôležitým krokom pri návrhu objektu. K výberu vhodného systému by sa malo prikročiť iba po dôkladnej analýze vnútorných podmienok a prevádzkových požiadaviek. Treba si uvedomiť, že nútené vetranie s úpravou vzduchu, a najmä klimatizácia (ak je typom prevádzky vyžadovaná), je spojená s nárokmi na spotrebu energie. Pre správny chod vzduchotechnického systému, ten musí byť v konečnom dôsledku doplnený o ďalšie prvky vzduchotechniky, ako sú vzduchové clony a miestne odsávače škodlivín.

Projektant musí zohľadniť všetky tieto aspekty, požiadavky a potreby, ako aj požiadavky a potreby ľudí nachádzajúcich sa v daných priestoroch. Musí vhodne vybrať vetrací či klimatizačný systém vyhovujúci spomenutým okolnostiam, aby bola zabezpečená kvalitná interiérová pohoda prostredia, ako aj účinnosť a efektívnosť vzduchotechnického zariadenia.

LITERATÚRA

[1] ZMRHAL, V., LAIN, M.: *Vetranie a klimatizácia malých priemyselných prevádzok II.* ČVUT Praha, Strojárska fakulta, Praha 2007

[2] KOTRBATÝ, M., HOJER, O., KOVÁŘOVÁ, Z.: *Hospodaření teplem v průmyslu. "Nejlevnější energie je energie ušetřená."* ČSTZ, Praha 2009

Tento príspevok vznikol v rámci projektu VEGA č. 1/0511/11.

ZIMNÍ PROVOZ KLIMATIZAČNÍCH ZAŘÍZENÍ

Miloš Lain

ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí
ČVUT v Praze, UCEEB
milos.lain@fs.cvut.cz

ANOTACE

Článek se zabývá především zimním provozem klimatizace. V článku jsou prezentovány tepelné bilance provozu klimatizačního zařízení v zimě, identifikovány problémy s vnitřním prostředím a vazby na spotřeby energie. V závěru článku je otevřena diskuze nad možnými řešeními tohoto problému.

ÚVOD

Klimatizační systémy zajišťují požadované parametry prostředí po celou dobu roku. Již tradičně se při jejich návrhu a dimenzování vychází ze zimního a letního extrému. Pro letní provoz většinou platí, že klimatizační systém pracuje v podmínkách podobných s navrhovanými. Pro zimní provoz v moderních budovách je však situace často odlišná. Díky vysokým vnitřním ziskům a malým tepleným ztrátám klimatizační systém značnou část dne pracuje v radikálně odlišném provozu oproti tomu, na co byl dimenzován.

LETNÍ PROVOZ

Dimenzování klimatizace pro letní provoz se vyhází z letního extrému s maximem tepelných zisků. Letní extrém je z pohledu provozních předpokladů vcelku jasný, maximální vnější zisky při jasné obloze a maximální vnitřní zisky. Vnější tepelné zisky se většinou počítají dle ČSN 730548, a vnitřní vychází z údajů o instalovaném osvětlení, počtu osob a výpočetní technice (případně dalších technologiích). Takto stanovené zisky jsou poměrně přesné, jediné co tato již poměrně stará norma zahrnuje značně zjednodušeně je akumulace tepla v konstrukcích. Trochu složitější je rozhodnutí o parametrech venkovního vzduchu uvažovaného pro letní extrém. Tato hodnota by měla být vždy schválena investorem, protože není zatím v legislativě určena. Obvyklá je uvažovaná teplota vzduchu 32 °C a entalpie 56 kJ/kg (dle 1), nebo 58 či 60 kJ/kg více odpovídající teplotám v poslední době. I když třeba v roce 2013 byly letní extrémy 80 kJ/kg. Co je však nejdůležitější, v letním povozu pracuje klimatizační systém v podmínkách podobných navrhovaným. Systém větrá a chladí. Regulační systém pak zajistí přiměřenost chladicího výkonu a provozu zdroje chladu. Pro letní podmínky lze obecně říci, že návrh a dimenzování odpovídá skutečnému provozu.

ZIMNÍ PROVOZ

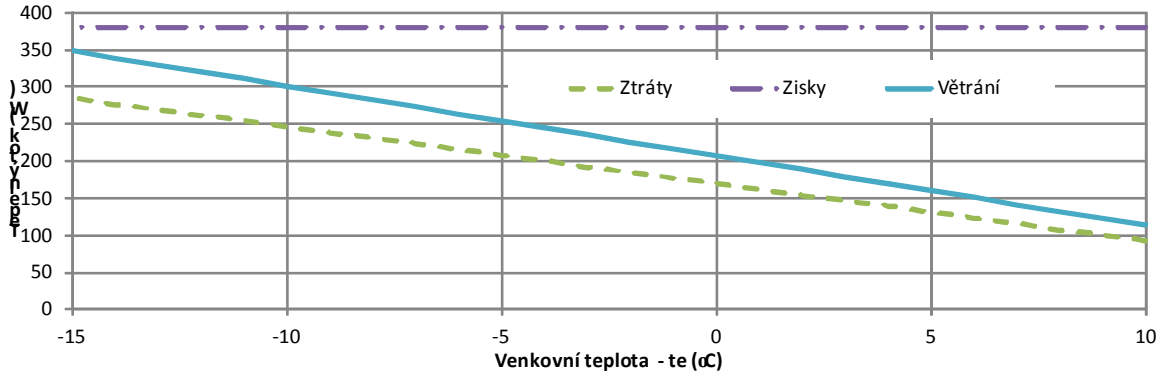
Pro zimní podmínky je většinou klimatizační systém dimenzován a navrhován na zimní extrém. Ten odpovídá maximálním tepelným ztrátám a nejnižším teplotám venkovního vzduchu. Maximální teplené ztráty se většinou počítají pro výpočtovou teplotu venkovního vzduchu (-12 °C, -15 °C, -18 °C) i ta by měly být schválena, či zadána investorem a požadovanou teplotu uvnitř (často 22 °C). Maximální potřeba energie pro vytápění nastává v případě minimálních tepelných zisků, proto nejsou teplené zisky často zahrnuty do návrhu zimního provozu. Parametry čerstvého vzduchu pro návrh a dimenzování odpovídají zimnímu extrému a na rozdíl od léta je rozhodující pouze teplota vzduchu.

Situace s maximálními tepelnými ztrátami bez tepelných zisků a s plným větráním, ale při reálné provozu správně regulovaného systému nenastává. V pracovní době mohou být značné tepelné ztráty a je v provozu větrání, ale zároveň nastávají vnitřní tepelné zisky způsobené provozem. Mimo pracovní dobu jsou tepelné zisky většinou téměř nulové, na druhé straně je v budově často udržována nižší teplota vzduchu a velmi omezené větrání.

ENERGETICKÁ BILANCE TYPICKÉ KANCELÁŘE

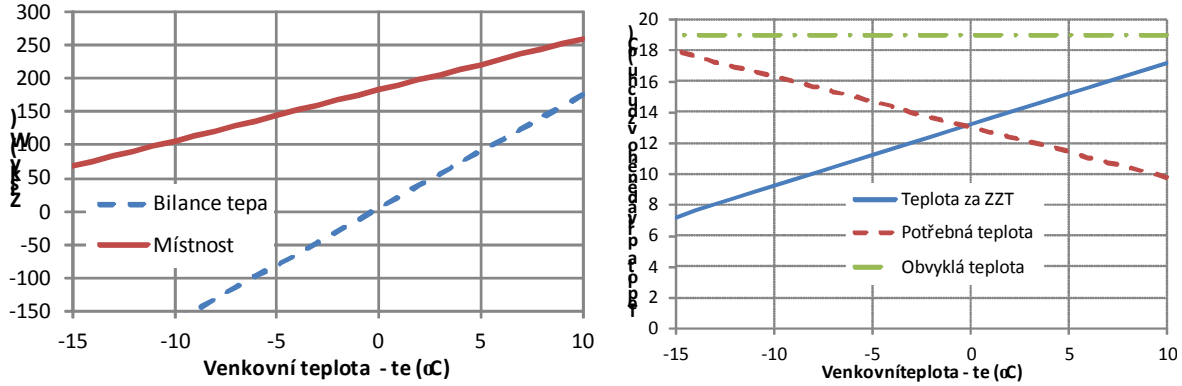
Pro posouzení zimního provozu klimatizačního systému byla zvolena typická kancelář s délkou fasády 3,2 m, hloubkou 5 m a výškou 3 m. Při půdorysné ploše 16 m^2 ji užívají 2 osoby s osobními počítači a vnitřní tepelné zisky jsou 380 W. Okna představují 50% fasády, součinitel prostupu tepla oken je uvažován 1,3 W/m^2K a stěn 0,3 W/m^2K.

Pro větrání kanceláře je zvolen průtok vzduchu 35 m^3/h pro jednu osobu tj. 70 m^3/h venkovního vzduchu na kancelář. Je uvažováno s použitím zpětného získávání tepla s účinností 60 %. Vnitřní teplota je 22 °C a rozsah venkovních teplot odpovídá zimnímu provozu -15 až 10 °C.



Obr. 1 *Tepelná bilance referenční místnosti.*

Z prezentované tepelné bilance na obr. 1 je patrné, že tepelné zisky jsou v referenční místnosti vyšší nežli ztráty prostupem i větráním za všech posuzovaných podmínek. Výsledky bilance jsou znázorněny v grafu na obr. 2.



Obr. 2 *Výsledná bilance referenční místnosti (vlevo) a teploty přiváděného vzduchu (vpravo).*

V grafu je patrný výsledek energetické bilance zahrnující všechny výše zmíněné toky, celková energetická bilance je pro venkovní teploty vyšší než 0 ºC kladná, tepelné zisky jsou vyšší než tepelné ztráty a systém by bylo možné provozovat bez vytápění. Problémem by byla však nízká teplota přiváděného vzduchu. Teplota vzduchu za zpětným získáváním tepla (referenční

účinnost 60 %) je znázorněna na druhém grafu na obrázku 2 a pohybuje se mezi 7 a 17 ºC a roste s rostoucí teplotou venkovního vzduchu. Přiváděný vzduch o takto nízké teplotě je při zajištění tepelné pohody osob a minimálního rizika průvanu velmi obtížné v místnosti distribuovat. Obrácený trend má teplota vzduchu potřebná pro dodržení požadované teploty v místnosti ta s rostoucí teplotou klesá. Průsečík těchto přímek je opět při teplotě těsně pod 0 ºC, kdy jsou tepelné zisky a ztráty pro tento případ shodné (teplota bilance). Pro klimatizaci kanceláří je obvyklé přivádět v zimních měsících venkovní vzduch o teplotě shodné, či mírně nižší nežli vnitřní teplota. Byl zvolen poměrně častý teplotní rozdíl 3 K, teplota přiváděného vzduchu je potom 19 ºC. Této teplotě přiváděného čerstvého vzduchu potom odpovídá tepelná bilance místnosti prezentovaná v levém grafu na obrázku 2. Jak je patrné zůstává bilance po celou zimu kladná a zisky jsou vyšší než ztráty.

Pro navržený typický případ jsou tedy tepelné zisky v zimě vždy vyšší než ztráty prostupem. Systém potřebuje teplo pouze pro ohřev větracího vzduchu a to pouze pro teploty pod bilanční teplotou 0 ºC. Při teplotách nad 0 ºC by bylo třeba pro dodržení vnitřní teploty 22 ºC chladit, nebo snížit účinnost ZZT. Budeme-li uvažovat typický rok, denní dobu, pondělí až pátek, nastávají teploty nad 0 °C 78 % otopné sezony (říjen až duben) tj. pouze 400 hodin jsou teploty nižší než 0 °C.
Jestliže však systém neumožňuje distribuci chladného vzduchu a přiváděný vzduch se předehřívá, potřebují kanceláře chlazení po celou zimu.

Vliv průtoku vzduchu a účinnosti ZZT

Pro posouzení vlivu průtoku vzduchu na účinnosti zpětného získávání tepla jsou zvoleny tři varianty průtoku venkovního vzduchu 25, 35 a 50 m^3/h. Je uvažován provoz bez zpětného získávání tepla a se ZZT s účinností 60 a 80 %. Ostatní parametry zůstávají stejné.

Výsledky bilance jsou znázorněny v následující tabulce 1. Výsledkem bilance je rozdíl mezi vnitřní a venkovní teplotou (označen Dt), pro který jsou tepelné zisky a ztráty systému vyrovnané. Při vnitřní teplotě 22 °C tomu odpovídá bilanční teplota venkovního vzduchu uvedená v následujícím sloupci. Jak je z tabulky patrné je tato teplota silně závislá na účinnosti ZZT a mírně se mění i s průtokem vzduchu. Celkově se pohybuje mezi -12,4 °C pro systém s účinností ZZT 80% a s průtokem vzduchu 25 m^3/h na osobu, až po +12,8 °C pro systém bez ZZT a s průtokem vzduchu 50 m^3/h na osobu.

Tab. 1 *Vliv průtoku vzduchu a účinnosti ZZT.*

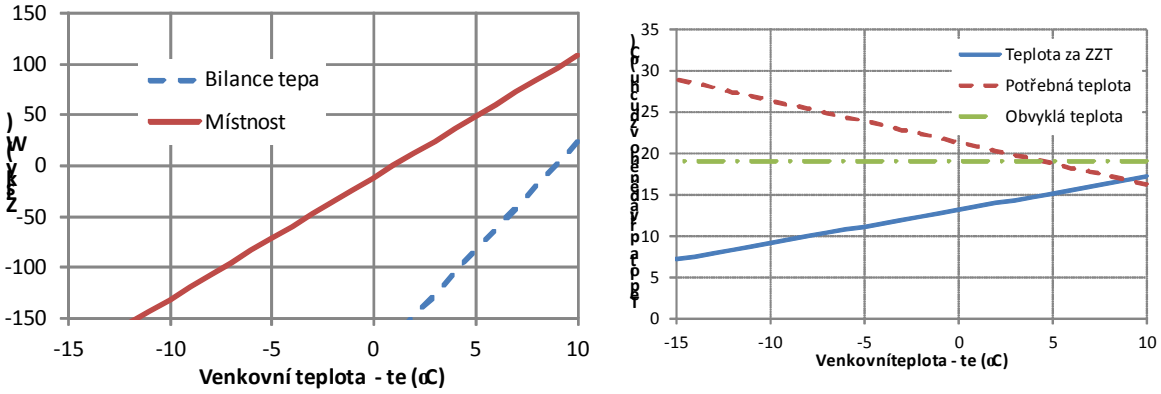
Ve	ZZT	Dt	te pro ti	te při tp
m3/h os		K	22	19
25	0%	15,5	6,5	-25,3
25	60%	26,4	-4,4	-25,3
25	80%	34,4	-12,4	-25,3
35	0%	12,2	9,8	-24,4
35	60%	22,2	-0,2	-24,4
35	80%	30,7	-8,7	-24,4
50	0%	9,2	12,8	-23,1
50	60%	18,0	4,0	-23,1
50	80%	26,4	-4,4	-23,1

Je-li uvažována bilance místnosti s konstantní teplotou přiváděného vzduchu 19 °C, nastalo by vyrovnání tepelných ztrát a zisků až při velmi nízkých teplotách, které u nás nenastávají. Vliv průtoku vzduchu je malý a místnost vyžaduje chlazení po celou zimu.

DALŠÍ VARIANTY TEPELNÉ BILANCE

Pro posouzení vlivu zvolených vstupních parametrů byla tepelná bilance provedena i pro varianty s vyššími a nižšími zisky blížící se extrému.

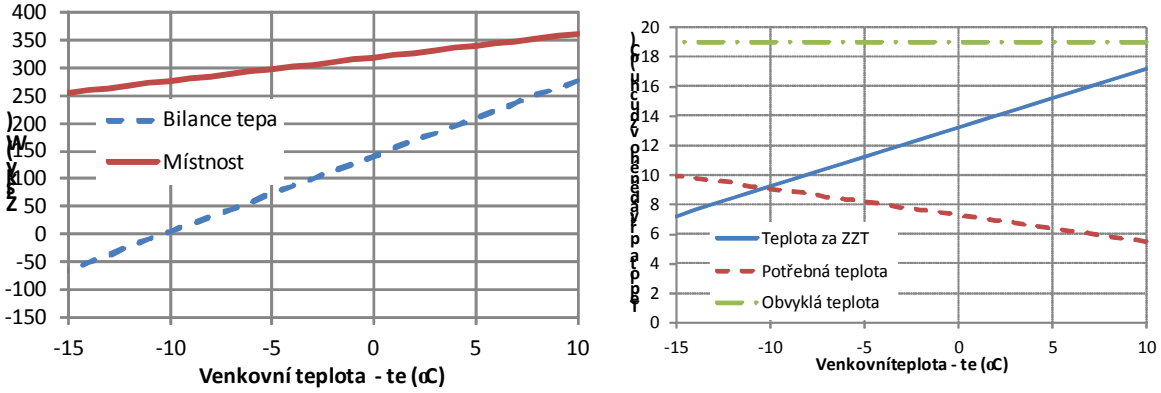
V první variantě s **maximálními ztrátami a minimálními zisky** je uvažována větší kancelář (fasáda 4 m) o ploše 20 m^2. V kanceláři pracují dvě osoby s notebooky (vnitřní zisky 280 W) a součinitel prostupu tepla oken je 1,7 W/m^2K ostatní parametry jsou shodné s předchozím případem.



Obr. 3 *Výsledná bilance místnosti s nízkými zisky (vlevo) a teploty přiváděného vzduchu pro tuto místnost (vpravo).*

Jak je patrné z grafů na obrázku 3, v tomto případě je celková bilance systému většinu zimy záporná, bilanční teplota je cca 3 ºC. V případě, že je teplota přiváděného vzduchu 19 ºC potřebuje kancelář vytápět při teplotách pod 1 ºC. Zimní provoz se v této variantě blíží tomu, co bylo uvažováno při návrhu a dimenzování klimatizačního systému.

V další variantě s **minimálními ztrátami a zvýšenými zisky** je uvažována menší kancelář (fasáda 3 m) o ploše 15 m^2. V kanceláři pracují dvě osoby s počítači a periferiemi (vnitřní zisky 440 W). Plocha oken je pouze 30 % fasády, součinitel prostupu tepla oken je 1,1 W/m^2K a stěn 0,2 W/m^2K ostatní parametry jsou shodné s typickým případem.



Obr. 4 *Výsledná bilance místnosti s nižšími ztrátami a vyššími nízkými zisky (vlevo) a teploty přiváděného vzduchu pro tuto místnost (vpravo).*

V tomto případě je naopak jak celková bilance systému, tak bilance místnosti s konstantní teplotou přiváděného vzduchu, většinu zimy záporná. Bilanční teplota pro systém je -10 ºC. V případě, že je teplota přiváděného vzduchu 19 ºC, potřebuje kancelář chladit celou zimu. Zimní provoz je podobný typickému případu jen s teplotním posunem.

SKUTEČNÝ PROVOZ

Jak vyplývá z předchozích bilancí, ve většině moderních kancelářských budov jsou po většinu zimy tepelné zisky větší než teplené ztráty. Vytápění je v provozu pouze krátkou dobu v ranních hodinách, kdy nejsou kanceláře ještě v plném provozu a je třeba zvýšit teplotu po nočním útlumu. Potom během dne vytápění již není třeba a teploty v kancelářích postupně rostou. Čerstvý přiváděný vzduch je ohříván na teplotu blízkou teplotě v prostoru. Tento režim je typický pro kanceláře s ventilátorovými konvektory (fan-coil) u fasády a nezávislým přívodem čerstvého vzduchu pro osoby do prostoru.

Často nastávají následující problémy:

Lidé jsou nespokojení a stěžují si na **průvan způsobený chladným proudem vzduchu padajícím podél oken a venkovních fasád**. Tento problém nastává často u plně, či značně prosklených fasád. Otopná tělesa, či konvektory pod oky sice jsou osazená, ale vzhledem k tomu, že prostor vytápět nepotřebuje, jsou mimo provoz.

Lidé jsou nespokojení a stěžují si na **chlad od oken**. Pocit chladu a nespokojenosti může být způsoben **radiační asymetrií**. Podobně jako v předešlém případě vytápění je mimo provoz a chladná stěna s okny má nižší teplotu než vnitřní prostředí a to způsobuje pocit diskomfortu.

Lidé jsou nespokojení a stěžují si na **průvan způsobený přiváděným čerstvým vzduchem**. Distribuci čerstvého vzduchu je často v projektu věnována malá péče, neboť se jedná o poměrně malé průtoky a předpokládá se izotermický přívod. Ve skutečném provozu, je při přetápění kanceláří, vhodné přivádět chladnější větrací vzduch. Tím však často vzniká proudění způsobující lokální pocity průvanu.

Lidé si stěžují na **nízkou relativní vlhkost vzduchu**. I v případě, když je vlhčení správně navrženo, rostou často díky vnitřním ziskům odpolední teploty v kancelářích obvykle na 25 °C někdy i 28 °C. Dodržení relativní vlhkosti při takto vysokých teplotách potřebuje výrazně vyšší výkon zvlhčování. Takový výkon zvlhčovače často není ani k dispozici, či takový režim regulace ani nepředpokládá. Další snižování relativní vlhkosti v prostoru může způsobovat přirozené větrání a netěsnost budovy. Měření relativní vlhkosti je poměrně jednoduché a poučení uživatelé si mohou stěžovat, když není dodržena zákonem daná minimální relativní vlhkost vzduchu 30%.

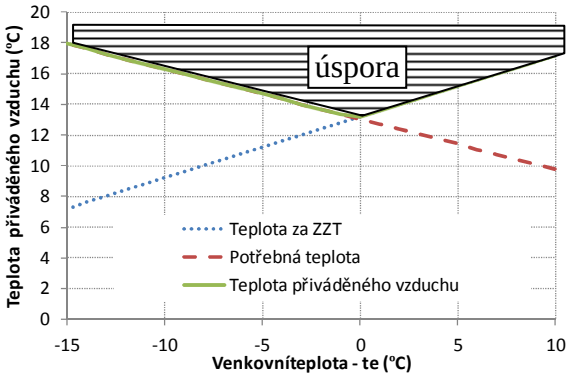
ŘEŠENÍ

Řešení výše zmiňovaných problémů je v provozu poměrně obtížné. Z pohledu spotřeby energie by bylo nejvhodnější minimalizovat potřebu vytápění a ohřevu větracího vzduchu. Na druhé straně z pohledu tepelné pohody by bylo vhodnější zajistit vytápění a isotermický přívod vzduchu.

Chceme li minimalizovat spotřebu energie na vytápění a ohřev vzduchu je vhodné přivádět v době, kdy jsou vnitřní zisky vysoké, co nejnižší teploty venkovního vzduchu. Pro výše řešenou typickou kancelář by se pak pro teploty nad 0 °C přiváděl vzduch bez ohřevu přímo po ZZT. Pro teploty pod 0 °C by se vzduch dohříval na teplotu potřebnou pro dodržení požadované vnitřní teploty. Tímto opatřením by se snížila spotřeba energie na ohřev vzduchu v zimě pro typickou kancelář o 145 kWh/rok tj. o 85 %. Během zimy by se pak teplota přiváděného čerstvého vzduchu pohybovala mezi 13 °C a 18 °C (viz obr. 5). Vzduch takto nízké teploty je velmi obtížné distribuovat v prostoru. Pro distribuci chladného vzduchu se potom musí používat anemostaty, či jiné vyústky konstruované pro přívod chladného vzduchu s vysokým rozdílem teplot. Nebo je třeba smísit čerstvý vzduch se vzduchem cirkulačním a tím snížit rozdíl teplot, ale i v tomto případě je třeba vhodné distribuce chladného vzduchu.

Proti přehřívání prostoru a pro snížení spotřeby energie je vhodné, když je budova těžká, bez podhledů a koberců. Taková budova má vysokou teplenou kapacitu stěn, podlah a stropů. A teplota v ní při vysokých tepelných ziscích roste pozvolna. Kromě toho se naakumulované teplo v odpoledních hodinách využije během noci, kdy je budova bez zisků.

Tepelný diskomfort od chladných stěn a oken lze omezit, buď změnou uspořádání pracovních míst, nebo mírným vytápěním. Bohužel vytápění ještě zhorší tepelnou bilanci místnosti. Také běžná regulace ventilátorových konvektorů, či otopných těles s takovýmto režimem mírné temperance nepočítá.



Obr. 5 *Teplota přiváděného vzduchu pro minimální spotřebu energie.*

ZÁVĚR

Tento článek si neklade za cíl kompletní vyřešení problematiky zimního provozu a projektování klimatizačních systémů. Měl spíše upozornit na problém a disproporci mezi projektovaným provozem a provozem skutečným a na problémy s tepelnou pohodou v zimních měsících, které má řada klimatizovaných budov postavených v posledních letech.

Věřím, že právě konference klimatizace a větrání je odborné fórum projektantů, provozovatelů klimatizačních systémů, které umožní diskuze k této problematice a hledání vhodného řešení.

LITERATURA

[1] CHYSKÝ, J. *Vlhký vzduch.* SNTL, Praha 1977
[2] LAIN, M. *Nízkoenergetické chlazení budov.* Disertační práce ČVUT v Praze, Praha 2007

SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENRGIE KLIMATIZAČNÍCH ZAŘÍZENÍ

Miloš Lain[1,2)], Róbert Tuharský[1)]

ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí[1)]
ČVUT v Praze, UCEEB [2)]
milos.lain@fs.cvut.cz

ANOTACE

Článek se zabývá spotřebou elektrické energie klimatizačních systémů. Důraz je kladen především na zdroje chladu. V první části článku je výtah ze dvou mezinárodních projektů zabývajících se touto tématikou. V druhé části jsou prezentovány výstupy z monitorování budov v České Republice.

ÚVOD

Spotřeba elektrické energie klimatizačních zařízení představuje významnou složku celkové spotřeby u většiny moderních klimatizovaných budov. Významná je především spotřeba zdroje chladu, ale ani spotřeby ventilátorů a čerpadel nebývají, obzvláště u starších zařízení zanedbatelné.

Podle výzkumného centra EC Joint Research Centre systémy vytápění, větrání a klimatizace spotřebovaly v roce 2007 v 27 členských státech EU přibližně 313 TWh elektrické energie, což bylo 11 % celkové spotřeby elektřiny v Evropě v daném roce z toho 0,75 % klimatizační jednotky, 3,34 % ventilátory pro větrání. 1,81 % čerpadla a 5,23 vytápění a ohřev teplé vody.

V České republice však není spotřeba energie pro chlazení a klimatizaci dlouhodobě řešena. Chybí jakékoli seriózní měřené údaje o spotřebách, či měrných spotřebách pro chlazení budov. Absence těchto základních podkladů se projevila i v nedostatcích české energetické legislativy v této oblasti. Přitom jsou však v řadě objektů tyto spotřeby sledovány pro další rozúčtování provozních nákladů. V zahraničí je situace mírně lepší a existuje několik projektů a studií zabývajících se spotřebou elektrické energie budov. Z nich nejvýznamnější je asi právě probíhající projekt iSERV.

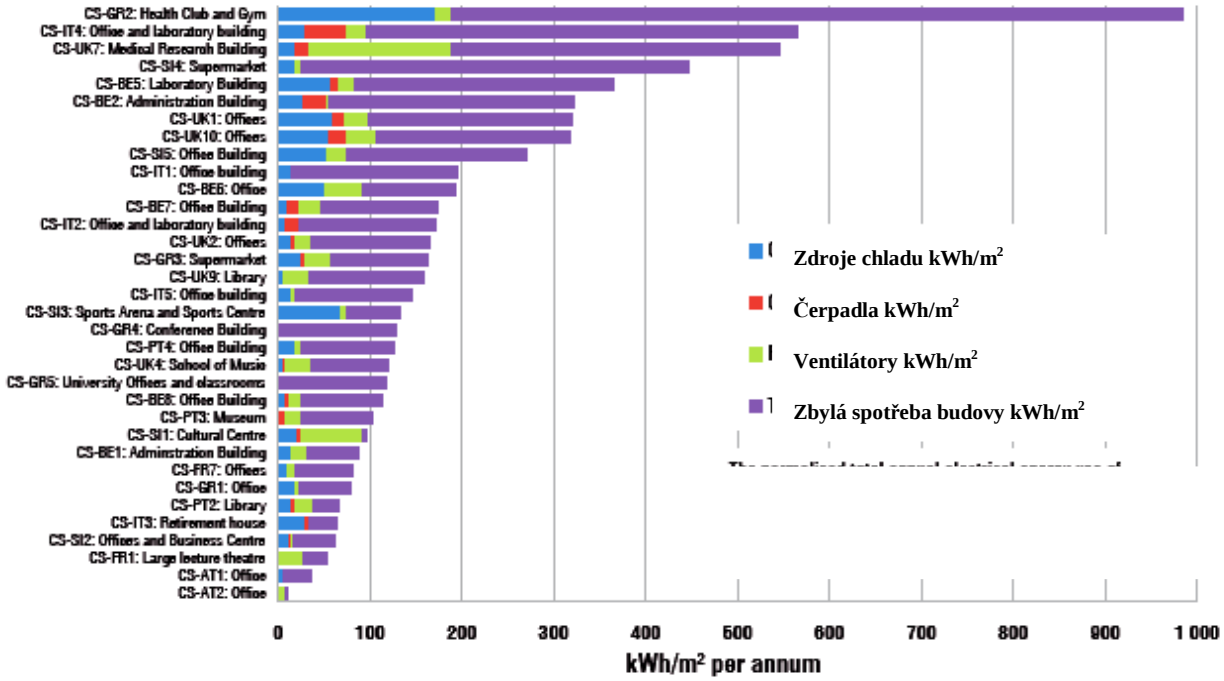
PROJEKT HARMONAC

Projekt HARMONAC, který skončil v roce 2010 se zabýval podrobným monitorováním spotřeb energie jednotlivých prvků klimatizačního zařízení. Obr. 1 ukazuje možný rozsah spotřeb elektrické energie chladicích zařízení přepočtený na m^2. Ukazuje se, že podíl spotřeby elektrické energie na celkové spotřebě budovy je velmi různý podle typu a stáří budovy. U některých budov tvořila hlavní složku spotřeby elektrické energie klimatizačního zařízení spotřeba zdroje chladu, u jiných to byla spotřeba ventilátorů (podle typu klimatizačního zařízení v budově). V rámci řešení projektu nebylo však možné získat spotřeby u všech zařízení. Závěrem studie také je, že spotřeba energie klimatizačních zařízení v současných budovách je s velkou pravděpodobností často podhodnocovaná.

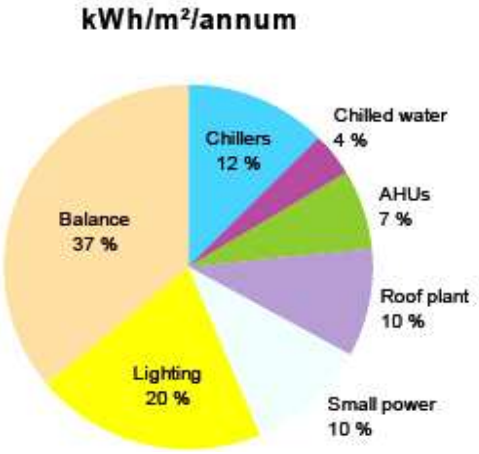
Komplex One Wood Street v Londýně

Problém chybějících měření určitých částí zařízení ilustruje i obr. 2, který ukazuje roční spotřebu elektrické energie v administrativním komplexu One Wood Street v Londýně dokončeného v roce 2008 a splňujícího tehdejší britské předpisy. Z grafu je patrné, že přes pečlivě plánované měření se nepodařilo specifikovat přibližně třetinu elektrické energie, kterou budova spotřebovává. Autoři věří, že alespoň část této energie je spotřebovávána

v klimatizačních zařízeních budovy. Tedy přestože bylo zjištěno, že klimatizační zařízení spotřebovávají přibližně třetinu elektrické energie v budově, jejich skutečná spotřeba se může blížit výrazně vyšší.

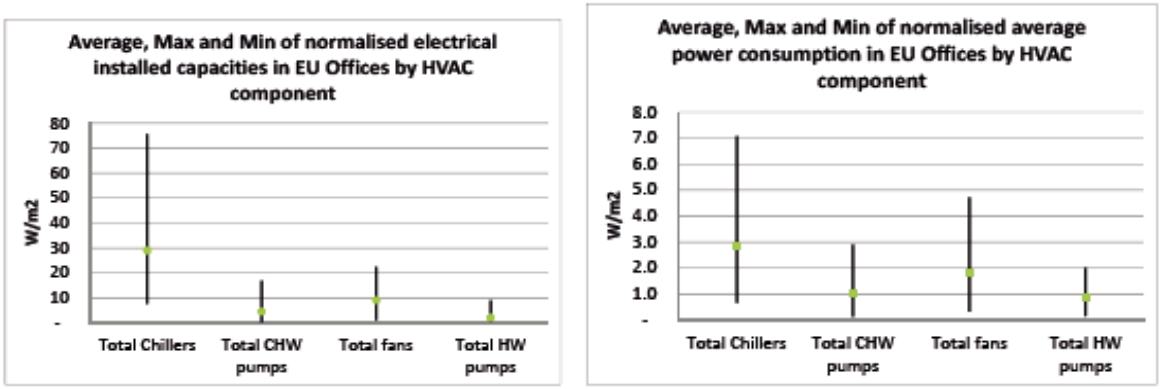


Obr. 1 *Celková roční spotřeba el. energie ve 33 budovách v projektu HARMONAC [1]*



Obr. 2 *Roční spotřeba elektrické energie kanceláří One Wood Street building v Londýně; hnědá část „Balance" ukazuje nedefinovanou spotřebu el. energie v budově [1]*

Z grafu na obrázku 3 je patrné, že existuje závislost mezi instalovaným výkonem jednotlivých prvků klimatizačních zařízení a jejich průměrnou roční měřenou spotřebou el. energie. Vyhodnocení projektu HARMONAC ukázalo, že spotřeba elektrické energie zařízení vytápění větrání a klimatizace v kancelářské budově může být od 18 kWh/m^{2}a do 106 kWh/m^{2}a, průměrně pak 55 kWh/m^{2}a.



Obr. 3 *Průměrný, maximální, minimální instalovaný příkon (vlevo) a měřený příkon (vpravo) chladičů, čerpadel a vzduchotechnických jednotek v kancelářích v EU [1]*

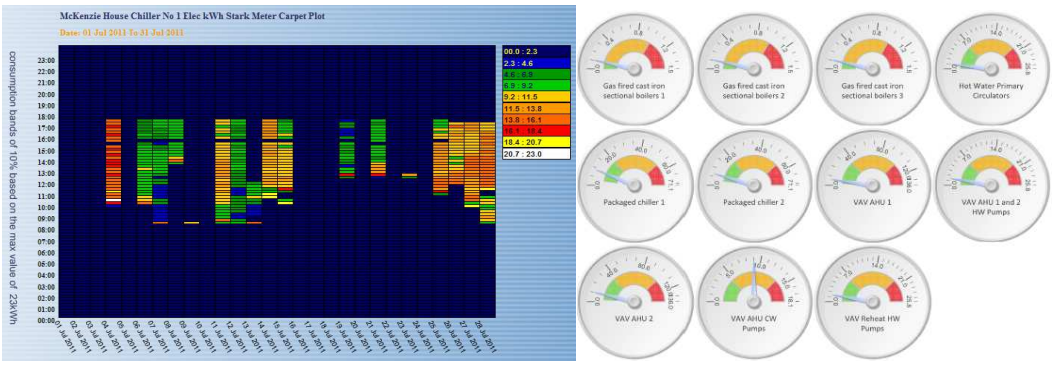
PROJEKT ISERV

Projekt iSERV navázal na projekt HARMONAC, ale větší důraz je kladen na množství zapojených budov a zařízení než na detailní proměření jednotlivých dílčích spotřeb energií. Tento projekt je určitým vzorem i pro kontroly klimatizačních zařízení dle stávající legislativy EU. Protože se zabývá jak popisem klimatizačních zařízení ta jejich monitorováním. Základem pro zapojení do projektu iSERV je popis jednotlivých částí klimatizačního zařízení a monitorování spotřeb energie (především zdroje chladu) a vnitřního prostředí.

Pro snadný a přesný sběr dat pro vyhodnocení spotřeby el. energie v zařízeních byl v rámci projektu iSERV připraven formulář v programu Excel, pro popis jednotlivých prvků klimatizačního zařízení. Součástí formuláře je i popis budovy a rozvrh jejího využití. Tuto tabulku lze považovat i za jeden z klíčových výstupů projektu, tabulka je volně dostupná a přeložená do řady jazyků. Tato tabulka může být vzorem pro evidence a monitorování klimatizačních zařízení v rámci jejich kontrol. V rámci evropské směrnice o snížení energetické náročnosti je doporučeno monitorování spotřeb energie a provozu klimatizačních zařízení a právě metodika projektu iSERV by se mohla stát standardem.

V rámci projektu bylo zpracováno a vyhodnoceno více než 1600 klimatizačních zařízení v 257 budovách z 16 zemí EU. Výstupy projektu jsou: metody stanovení opatření pro úspory energie na základě dat, ověření kvality vnitřního prostředí, nové metody posuzování a vyhodnocení dat o spotřebě energie. Nepřesnosti měření a vyhodnocení jsou způsobeny jak vlastními měřidly, tak nejasnostmi u stanovení podlahové plochy a využití prostor, roli hrají o průběžné změny zařízení a nastavení během provozu.

Pro vyhodnocení dat je klíčová kombinace popisu a měření prvků klimatizačního zařízení s popisem a monitorováním provozu budovy. Právě správné nastavení časových programů přináší značné úspory ve spotřebě el. energie. Dále je důležité jak sledování spotřeb energie za delší období tak okamžitých příkonů jednotlivých prvků (sběr dat s krokem max. 15 minut). Pro vyhodnocení a vizualizaci dat jsou v projektu použity různé nástroje.



Obr. 4 *Ukázky zpracování dat o příkonu a spotřebách klimatizačních systémů [3].*

V této době je iSERV jediný otevřený projekt takovéhoto rozsahu v Evropě. Nejedná se o firemní aktivitu a je nezávislý na výrobcích klimatizačních zařízení. Monitorování v rámci iSERV umožňuje vlastníkům a provozovatelům lépe porozumět činnosti klimatizačního zařízení a ověřit provoz jednotlivých zařízení. Díky tomu je pak možné upravit budovu, zařízení, či provoz tak, aby se snížila spotřeba energie, případně dosáhlo standardu budovy s téměř nulovou spotřebu energie (nZEB). Projekt je provázán z EPBD aktivitami evropské unie a složí i k ověřování zavedených opatření. Vše nasvědčuje tomu, že tanto násroj pomůže výrazně snížit spotřeby energie budov a tyto výsledky budou díky němu pro vlastníky monitorovaných budov jednoznačně dokumentovány. Výstupy projektu mohou být využity jak pro přípravu celoevropských i národních opatření, tak pro ověření dopadu již zavedených opatření.

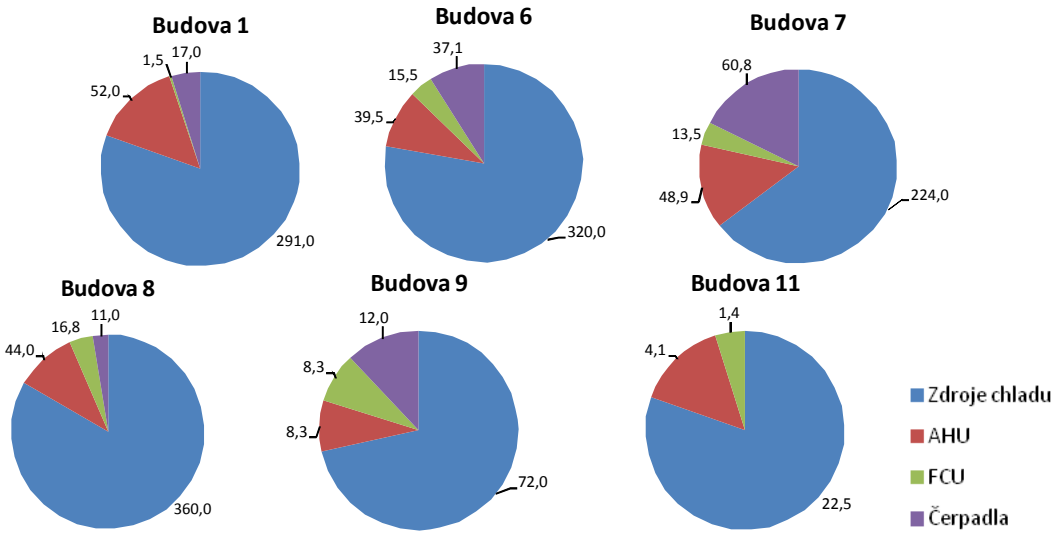
MONITOROVÁNÍ SPOTŘEB BUDOV NA CHLAZENÍ V ČR

Na ČVUT v Praze probíhá od roku 2010 projekt, v rámci kterého je monitorována potřeba elektrické energie zdrojů chladu budov. Do projektu je zapojeno již 15 budov a řada dalších bude přidána. V tomto článku jsou prezentovány dlouhodobé výsledky z 9 vybraných budov s detailním sledováním spotřeb.

Tab. 1 *Přehled vybraných budov*

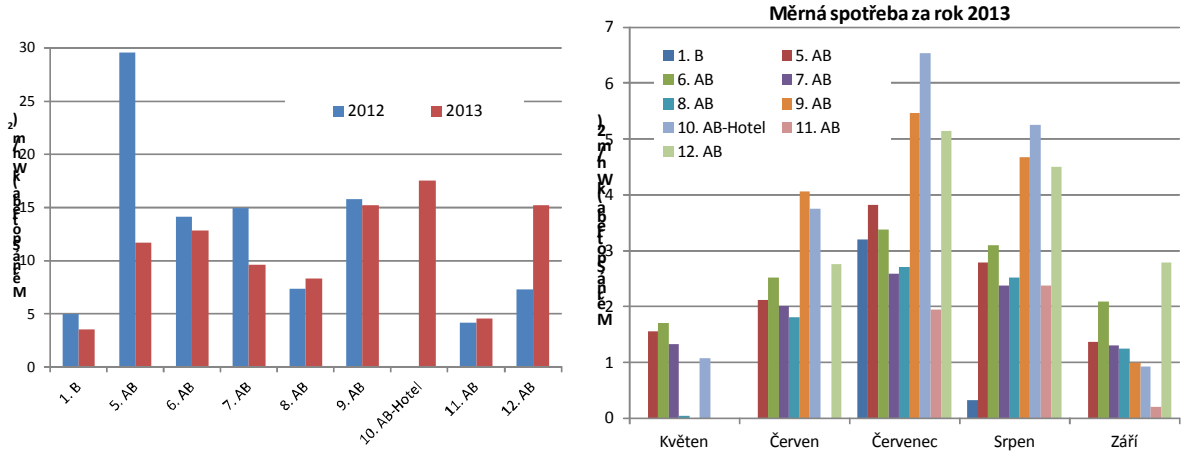
Budova	**Typ**	**Celková podlahová plocha**	**Klimatizační systém**	**Měrná roční spotřeba zdroje chladu (kWh/m^2)**	
(-)	(-)	(m^2)	(-)	2012	2013
1. B	Knihovna	14 933	VZT jednotky, FCU, Stropní chlazení	5,0	3,5
5. AB	Administrativní, Restaurace	5 950	VZT jednotky, FCU jednotky	29,6	11,7
6. AB	Administrativní	7 700	VZT jednotky, FCU jednotky	14,1	12,8
7. AB	Administrativní	4 900	VZT jednotky, FCU jednotky	15,0	9,6
8. AB	Administrativní, Restaurace	9 800	VZT jednotky, FCU jednotky	7,3	8,3
9. AB	Administrativní	3 472	VZT jednotky, FCU jednotky	15,8	15,2
10. AB	Administrativní, Hotel	3 400	VZT jednotky, FCU jednotky		17,5
11. AB	Administrativní	600	Chladivový systém	4,2	4,5
12. AB	Administrativní	11 600	VZT jednotky, FCU jednotky	7,3	15,2

Pro prvotní posouzení je důležitým ukazatelem podíl elektrických příkonů jednotlivých částí klimatizace budovy viz obrázek 5. Je patrné, že zdroje chladu mají největší podíl na instalovaném elektrickém příkonu jednotlivých částí klimatizačního systému.



***Obr. 5** Příkon (kW) jednotlivých částí klimatizačního systému vybraných budov.*

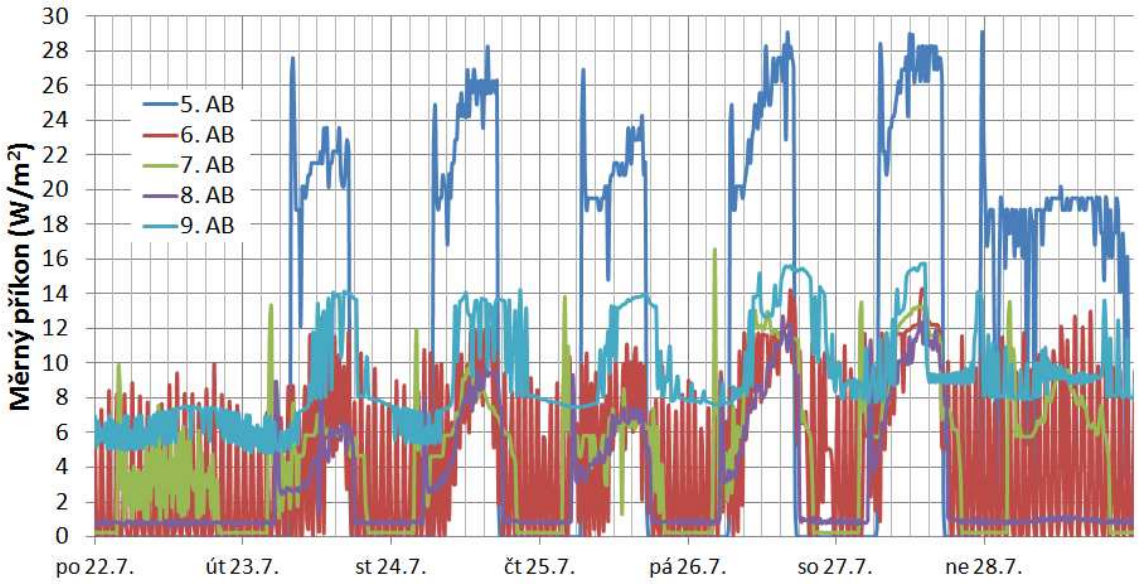
Pro porovnání budov, zařízení, či jednotlivých roků jsou užitečné celkové měrné spotřeby elektrické energie zdrojů chladu, prezentované na obrázku 6. Ať již roční, či po jednotlivých měsících. Tyto hodnoty jsou též důležité pro energetické hodnocení budov, pro stanovení referenčních hodnot a pro ověření počítačových simulací. Jak je patrné z průběhů v levém grafu, pro spotřebu energie zdroje chladu je rozhodující provoz budovy a vliv klimatických dat na roční spotřebu je méně výrazný.



***Obr. 6** Měrná spotřeba el. energie zdrojů chladu za rok (vlevo) a po měsících (vpravo)*

Pro detailní posouzení provozu klimatizačního zařízení je třeba pracovat s detailními průběhy spotřeb el. energie. Data s intervalem 1 až 15 minut (případně 1 hodina) umožňují identifikovat například provoz zařízení, který je v rozporu s provozem budovy (noční tlum, víkendy apod.). Sběr, archivace i zpracování takto podrobných dat je ale mnohem náročnější než pouhé měsíční odečety. Při běžném provozu zatím není o takto detailní informace zájem, ale jak ukazuje i projekt iSERV, jedině podrobná data umožňují najít výrazné provozní úspory, či chyby. Dále leze takováto data použít pro kalibrace a ověření detailních

počítačových simulací budov a zařízení větrání a klimatizace. Pro práci s detailními daty je třeba použít i vhodné časové měřítko. V grafu na obrázku 7 jsou prezentován průběhy příkonů vybraných budov v referenčním týdnu. Z grafu je patrný denní a noční povoz výrazný u budov 5, 7 a 8 oproti minimálnímu nočnímu útlumu v budově 9. Budova 6 má zase výrazné cyklické spínání zdroje chladu.



Obr. 7 *Porovnání průběhu měrného elektrického příkonu zdroje chladu vybraných budov -rok 2012*

ZÁVĚR

Detailní monitorování spotřeb el. energie jednotlivých částí klimatizačního zařízení je důležitým nástrojem jak pro legislativní změny, tak pro lokální optimalizace provozu jednotlivých budov. Měrné roční, či měsíční spotřeby jsou důležité pro porovnání budov a měření a rozsáhlý sběr dat umožní stanovení přesnějších kritérií pro posouzení energetické efektivita klimatizačních zařízení a jejich součástí. V mezinárodním měřítku dosahovala měrná roční spotřeba zdroje chladu až 180 kWh/m^2 ale obvyklé byly hodnoty do 50 kWh/m^2, v ČR se roční spotřeba pohybovala od 3,5 do 30 kWh/m^2.

Především v české Republice a ostatních východoevropských zemích je stále k dispozici málo měřených hodnot, většina budov nemá osazeno měření spotřeb energií a sběr dat. Byť v souvislosti se snahou o snížení energetické náročnosti a energetickými certifikačními systémy se situace mírně zlepšuje.

LITERATURA

[1] ŠŤÁVOVÁ, P., *Rešerše měrných spotřeb energie na chlazení budov v ostatních zemích.* Závěrečná zpráva Spotřeba energie budov na chlazení v ČR, ČVUT v Praze, 2011.

[2] KNIGHT, I., Power Demands of Heating, Ventilating and Air Conditioning components in EU Buildings, in the REHVA European HVAC journal (03/2014).

[3] KNIGHT, I., The iSERV Project: *Outcomes and Outputs, iSERV Final Workshop,* London, April 10th, 2014

ŠKODLIVINY VE VNITŘNÍM PROSTŘEDÍ - RADON V OVZDUŠÍ DOMŮ A BYTŮ

Ariana Lajčíková

Státní zdravotní ústav
alajcik@szu.cz

ANOTACE

Člověk tráví většinu života v uzavřeném prostředí domů a bytů. Zatímco venku se škodliviny vzdušnou masou ředí, ve vnitřním prostředí se mohou koncentrovat. Toto nebezpečí stoupá po instalaci těsných oken a zateplení fasády. Jednou z významných, život ohrožujících škodlivin je radon v ovzduší. Tento plyn, který se do objektů dostává převážně z podloží, je významnou příčinou rakoviny plic. Česká republika je zemí s nejvyšší průměrnou koncentrací radonu v bytech na světě. Průměrná objemová aktivita radonu je u nás 120 Bq/m^3, vyšší má 30 % obyvatelstva (!), opakovaně byly naměřeny i několikatisícové hodnoty. Ročně u nás umírá 5600 osob na zhoubné plicní onemocnění, 16 % z nich, tj. asi 900, je zapříčiněno radonem v ovzduší, resp. produkty jeho rozpadu za vzniku ionizujícího záření. V současnosti probíhá na základě Usnesení vlády ČR již třetí dekáda Radonového programu, ve kterém zastupuji Ministerstvo zdravotnictví. V informativním sdělení upozorňuji na toto významné riziko a nutnost ochrany zdraví. Dostatečné větrání každého objektu je nezbytnou podmínkou.

ÚVOD

Péče o zdraví lidí, kteří dnes tráví život převážně v budovách, vede k odmítání a odstraňování rizik všeho druhu ve vnitřním prostředí. Bojíme se toxického působení oxidu uhličitého a dalších chemických látek v ovzduší. Bojíme se zvýšené vlhkosti, při které rostou na površích plísně. Bojíme se nejrůznějších pevných i plynných polutantů, které můžeme vdechnout. Bojíme se mikrobiologické kontaminace ovzduší. Všechny tyto látky mohou negativně ovlivňovat zdraví, dlouhodobá expozice zvyšuje únavu a dráždí sliznice očí, horních i dolních dýchacích cest, způsobuje různá zánětlivá onemocnění, oslabuje imunitu. Některé polutanty mohou působit závažněji a způsobovat zhoubné bujení exponovaných tkání. Stálý strach z „něčeho“ způsobuje, že se náš život stává permanentním stresem. Pokud naše obavy vedou k eliminaci známých rizik, vedou vlastně ke zvýšení komfortu prostředí.

RADON V OVZDUŠÍ

Kontaminanty vnitřního prostředí byly mnohokrát popsány. Některé odstraňujeme, protože nás obtěžují svým působením. Jsou ale rizika, která necítíme, nevidíme a jejich závažnost si neuvědomujeme, nebo uvědomit si je podvědomě odmítáme. Přesto jsou velmi závažná. Takovým život ohrožujícím nebezpečím je radon v ovzduší. **Česká republika je územím s nejvyšší průměrnou koncentrací radonu v bytech na světě.** Průměrná objemová aktivita radonu u nás je 120 Bq/m^3. **Žádná jiná země se s námi nemůže srovnávat**. Zatímco největší obavy veřejnosti vyvolávají zejména jaderná zařízení a úložiště radioaktivních odpadů, jejich běžný provoz ve skutečnosti přispívá k celkovému ozáření minimálně. Největší podíl na celkovém průměrném ozáření má vdechování radonu a jeho rozpadových produktů v budovách. Individuální dávky se samozřejmě liší, zejména v případě lékařského ozáření. Týká se to však i ozáření v budovách, kde se koncentrace radonu pohybují nejčastěji od 60 do 10 000 Bq/m^3. Asi ve 2 % bytů (je to asi 76 000 bytů) je koncentrace radonu vyšší než 400 Bq/m^3 a v 0,2 % bytů (asi 7 000) je vyšší než 1000 Bq/m^3. Jsou ale domy i s vyššími hodnotami.

CO O RADONU VÍME

První znalosti o radonu máme krátce přes sto let. Roku 1896 objevil H. Becquerel radioaktivitu. V roce 1898 M. Curie Sklodowska zkoumala radioaktivitu uranu a objevila radium. Za tyto objevy každý z nich získal Nobelovu cenu. V roce 1900 objevil F. E. Dorn „radiovou emanaci", tzv. niton, až od roku 1931 nazývaný radon. Počátkem století bylo provedeno první měření v důlním ovzduší, ale soustavné měření radonu v dolech se datuje až od roku 1950. V roce 1952 nezávisle na sobě W. F. Bale v USA a F. Běhounek u nás označili radon v ovzduší, resp. jeho rozpadové produkty, za příčinu karcinomu plic u horníků. Tato hypotéza byla prokázána epidemiologickými studiemi. Pokračoval výzkum, na jehož základě potvrdila nebezpečí radonu Světová zdravotnická organizace, která radon v r. 1988 zařadila mezi prokázané lidské karcinogeny. Výzkum se však orientoval stále na práci horníků v dolech. Tehdy se ještě nevědělo, že radon proniká i do domů. První měření radonu v domech byla provedena v osmdesátých letech minulého století ve Švédsku, avšak výsledkům byl dlouho přisuzován jen lokální význam. Proměření bytové zástavby v Jáchymově i jinde koncem minulého století posléze ukázalo, že se radon vyskytuje všude.

Prostředí	**Koncentrace v Bq/m^3**	**Pozn.**
Venkovní ovzduší	10 - 20	Extrémy možné v případě inverze
Průměrná hodnota v bytech ČR	120	Nejvyšší na světě
Směrná hodnota pro novostavby	200	Zvážit ozdravná opatření
Směrná hodnota pro stávající stavby	400	Zvážit ozdravná opatření
Návrh EU pro stavby bez ohledu na stáří objektu	300	Návrh do nové směrnice EU (diskutován)
Mezní hodnota pro užívání	4000	Objekt by lidé neměli užívat
Maximální hodnota zjištěná v ČR	35 000	Průměr ročního měření
Půdní vzduch	5000 – 1 500 000	Radon v pórech hornin a zemin

Tab. 1 *Přehled směrných hodnot a koncentrací v různých prostředích (Radon bulletin 2012)*

RADONOVÝ PROGRAM

Snahou odborníků na problematiku záření, organizovaných pod MZČR, byl koncem osmdesátých let schválen vládou tzv. Radonový program, cílený na vyhledávání rizika radonu na území státu, i mimo důlní díla. Výsledkem byly speciální mapy, dnes každému volně dostupné na internetu (www.geology.cz), zobrazující rizika půdního radonu [1]. Ukázalo se, že jsou lokality, kde je radon přítomen ve značných koncentracích. Byla vydána radonová vyhláška č. 76/1991 Sb. (dříve než v EU!) a atomový zákon č. 18/1997 Sb. Práce přibývalo, proto schválila vláda v roce 1999 druhou dekádu Radonového programu. V té době se hlavním gestorem radonové problematiky stal nově vzniklý Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB) se zázemím ve Státním ústavu radiační ochrany (SÚRO). Jedním z cílů druhé dekády Radonového programu bylo vyhledávat budovy s nejvyššími koncentracemi radonu v ovzduší. Dalším cílem bylo nalezení postupů, vedoucích ke snížení ozáření lidí v budovách. Za těmito stručnými slovy se skrývá velká práce mnoha odborníků, zejména mnoho měření. Výzkum provázelo informování veřejnosti, které se stalo hlavní náplní třetí dekády Radonového programu, kterou vyhlásila vláda svým Usnesením v květnu 2009 [2]. Je

řízen Akčním plánem, který stanoví jeho priority a úkoly. Dnes tedy třetí dekáda Radonového programu pokračuje a já tím, že na problematiku ozáření radonem v budovách upozorňuji, plním úkol, uložený ministerstvu zdravotnictví ČR, které se na podnět Světové zdravotnické organizace k radonovému programu opět připojilo.

ZATEPLOVÁNÍ A RADON

V současnosti je aktuální zateplování domů a bytů. Pohnutky jsou ekonomické, ale i ekologické. Podstata zateplování staveb spočívá v omezení prostupu tepla obálkou budovy, stěnami, okny, dveřmi a střechou. Trendem budoucnosti jsou nízkoenergetické a pasivní domy. Větrání infiltrací je zde potlačeno pod mez únosnou k odstranění již zmíněné vodní páry, oxidu uhličitého a dalších škodlivin, např. formaldehydu, ale i radonu. **Omezení přirozeného větrání utěsněním stavby může mít na koncentraci radonu ve vnitřním prostředí obrovský vliv. Jeho koncentrace narůstá u zateplených budov o více než 60 %!** Z výsledků, získaných pracovníky SÚRO vyplývá, že jen při výměně starých netěsných oken za nová dochází v průměru k tří – až šestinásobnému snížení výměny vzduchu v objektu, což v praxi znamená 3 x až 6 x vyšší koncentraci radonu ve vnitřním ovzduší. Před zateplením staveb a instalací těsných oken je proto třeba se informovat na radonovou situaci v daném místě a příp. provést informační krátkodobé měření (detektor zapůjčí zájemci zdarma SÚRO). Z funkčního hlediska je jediným systémem, který může zaručit potřebnou výměnu vzduchu a přívod vzduchu čerstvého v zateplené stavbě jen nucené větrání. Nastavení plastových oken do polohy přivětrávání zajistí cca 1/3 potřeby čerstvého vzduchu. Zkušenosti z praxe ukazují, že v některých případech nestačí ponechat vyřešení vysoké koncentrace radonu pouze na vzduchotechnickém systému. Přísun radonu do domu může být tak velký, že by se potřebné nucené větrání stalo nerentabilním. Je třeba přikročit k realizaci protiradonových opatření. Jejich základem je odvětrání podloží stavby. Potřebné technické postupy jsou známy, lze je dnes realizovat i se státní dotací [3].

ZÁVĚR

Snížení energetické náročnosti budov je jistě smysluplným krokem k úspoře energií. Vždy však musí být zohledněny hygienické požadavky na kvalitu vnitřního prostředí budov a to jak ve fázi projektové dokumentace nového objektu, tak při samotné realizaci v novém či stávajícím objektu. Zateplení budovy nesmí ohrozit zdraví a život uživatelů objektu. Zateplení bez vyřešeného větrání by takovým ohrožením mohlo být. Platí, že nejúčinnějším protiradonovým opatřením je odvětrání podloží pod domem. Principy ochranných opatření a další užitečné informace najde zájemce na adrese www.radonovyprogram.cz. Pomůckou je také ČSN 73 0601 Ochrana staveb proti pronikání radonu. Legislativní oporu dává vyhláška č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně, v platném znění, vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby v platném znění a zákon č.18/1997 Sb. (atomový zákon) v platném znění.

LITERATURA

[1] LAJČÍKOVÁ, A. Radonový program v roce 2012 pokračuje. VVI, 21, 2012, č. 4, s. 178 – 179.

[2] LAJČÍKOVÁ, A. Radonový program v České republice pokračuje. Hygiena, 58, 2013, s. 130 – 133.

[3] Informace o Radonovém programu na www.radonovyprogram.cz

CHLAZENÍ REPREZENTAČNÍCH PROSTOR RADNICE V OLOMOUCI

Miroslav Machalec, Luděk Kulczycki

STAVOPROJEKT OLOMOUC a.s.
m.machalec@stavoprojekt.cz

ANOTACE

Ve své přednášce bych rád seznámil kolegy s netradičním řešením rozvodů vzduchu a distribuce chlazeného vzduchu v obřadní síni historicky přísně chráněné budově radnice v Olomouci. Je to také návod na postup a spolupráci s Národním památkovým úřadem (NPÚ) a jeho pracovníky, která se v tomto případě oboustranně zdařila.

ÚVOD

Na konci roku 2003 jsem dostal za úkol vyřešit chlazení v obřadní síni a přilehlých prostorách jako je šatna a přípravna před obřadní síní a místnost ceremoniáře viz půdorys řešeného prostoru.

Po vyhodnocení situace a seznámení se s předcházejícími návrhy, některých kolegů, jsem hledal řešení, které bude vhodnější a nedotkne se přísně chráněných stěn a stropů obřadní síně..

Podmíněně bylo od NPÚ povoleno dílčí využití podlah z parket, které byly v té době rozeschlé a vrzaly a využití hlubokých parapetů s poškozenými zákryty viz fotodokumentace.

Po ověření této koncepce byla za rok řešena i velká jednací síň u primátora a chlazení všech reprezentačních kanceláří.(primátora a náměstků primátora včetně jejich sekretariátů).

STAVEBNĚ HISTORICKÝ PRŮZKUM

Pro výpočet tepelných ztrát a zisků bylo potřeba získat podkladový materiál se znalostí materiálů stěn a stropů. Okna byla dvojitá dřevěná netěsná.

Byl proto proveden stavebně-historický průzkum, který vyhodnotil v místech požadovaných k zásahu „cennost“ této památky a definoval materiál, z kterého je radnice postavena.

Analýza tepelných ztrát a zisků

Po tomto průzkumu byl proveden kontrolní výpočet tepelných ztrát podle staré ČSN 060210 pro masivní a těžké stavby. Část topné sezóny byly měřeny teploty v místnostech pro ověření tohoto výpočtu.

Bylo zjištěno, že otopná plocha s počtem radiátorů je značně předimenzována, (v hlubokých parapetech byly dvě baterie litinových radiátorů za sebou, které měly osazeny staré dvojregulační kohouty a některé vzhledem k různým zásahům do otopné soustavy netopily. Bylo provedeno jejich zaregulování s osazením nových termostatických ventilů s odloučenými čidly.

Prostor v parapetech se tak uvolnil a bylo ho možné využít k osazení chladících konvektorů.

STANOVENÍ MNOŽSTVÍ VZDUCHU

Bylo použito jednoduché řešení podle počtu sedících osob – počet křesel a korigované „co nám dovolí rozvody“ vzduchu do obřadní síně navržené přes stávající vyfrézované komíny. Tyto komíny po provedeném kominickém průzkumu zasahovaly až do obřadní síně a vedly

ve stěnách s nástěnnými malby, které tak nebyly zasaženy. To byl zásadní úspěch celého řešení.

Sedm použitelných komínů x 200 m3/hod. = 1 400 m3/hod,což hygienická dávka pro 60 až 70 osob a cca 10 m3/hod pro špičkový provoz s cca 150 osobami po dobu akce max. jednu hodinu.

UMÍSTĚNÍ STROJOVNY VZDUCHU

Při hledání vhodného místa, padlo jediné využitelné místo půda a po náročném jednání s požárním specialistou byla strojovna s filtrací el.ohřevem a chlazením vzduchu umístěna v požárně odolném kontejneru v půdě. Sání vzduchu je ze severní strany a bylo vzhledem k podmínce památkářů umístěno do spodní části dveří vedoucí na balkon, který není používán. Balustráda balkónu splnila požadavek NPÚ,že z náměstí nesmí pozorovatel vidět žádnou mřížku.

DISTRIBUCE VZDUCHU V MÍSTNOSTI.

Komíny byly vyfrézovány na DN 180 mm pro umístění přívodního potrubí (hadice) DN 160 mm do prostoru obřadní síně.

Přívod vzduchu do obřadní síně byla zvolen štěrbinami v podlaze viz foto, které jsou založeny pod podlahou a maskovány koberci.

Odvod vzduchu bylo možné řešit únikem vzduchu do chodeb, které se tak předchlazují a přes stávající netěsná okna tzv. vyplavování prostoru.

CHLAZENÍ PROSTORU – ELIMINACE TEPELNÝCH ZISKU

Do parapetů obřadní síně byly umístěny nekapotované konvektory před topné radiátory o chladícím výkonu 3 x 7,1 KW, aby jejich černá barva splývala s pozadím a kovářským kováním čel obložených parapetů. Tyto parapety byly kompletně stolařsky opraveny nebo byly provedeny repliky původních parapetů a obkladů. V přípravně byly osazeny dva kapotované konvektory v bílé barvě a nástěnná jednotka v místnosti ceremoniáře.

MĚŘENÍ A REGULACE

Vzduchotechnická jednotka je řízena podle druhu akce a počtu osob pracovníkem radnice pěti stupňovým regulátorem. Před akcí a v přestávce např.mezi svatbami může být použito až maximálního výkonu jednotky 3 750 m3/hod,což je ale doprovázeno hlukem,proto je používán jen pro potlačení špiček.

Vnitřní teplota je řízena nástěnným termostatem a nastavenou teplotou.

Vhodně je využívána akumulace prostoru díky těžké stavbě.

Společně s rozvody chladiva a kondenzátu byla provedena i nová kabeláž pro ozvučení obřadní síně jednací síně u primátora a další slaboproudé rozvody EPS, EZS, CCTV.

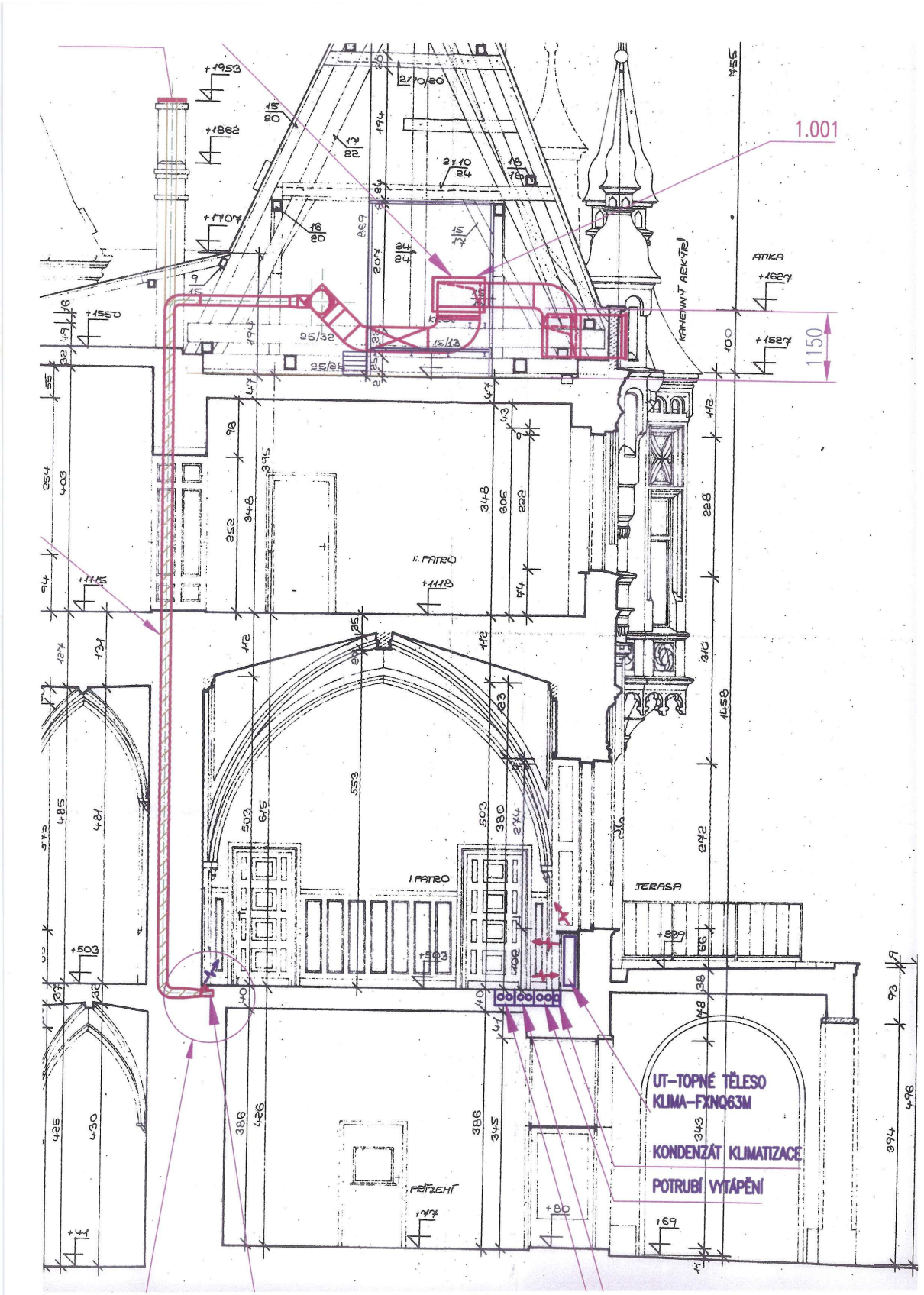
ZÁVĚR

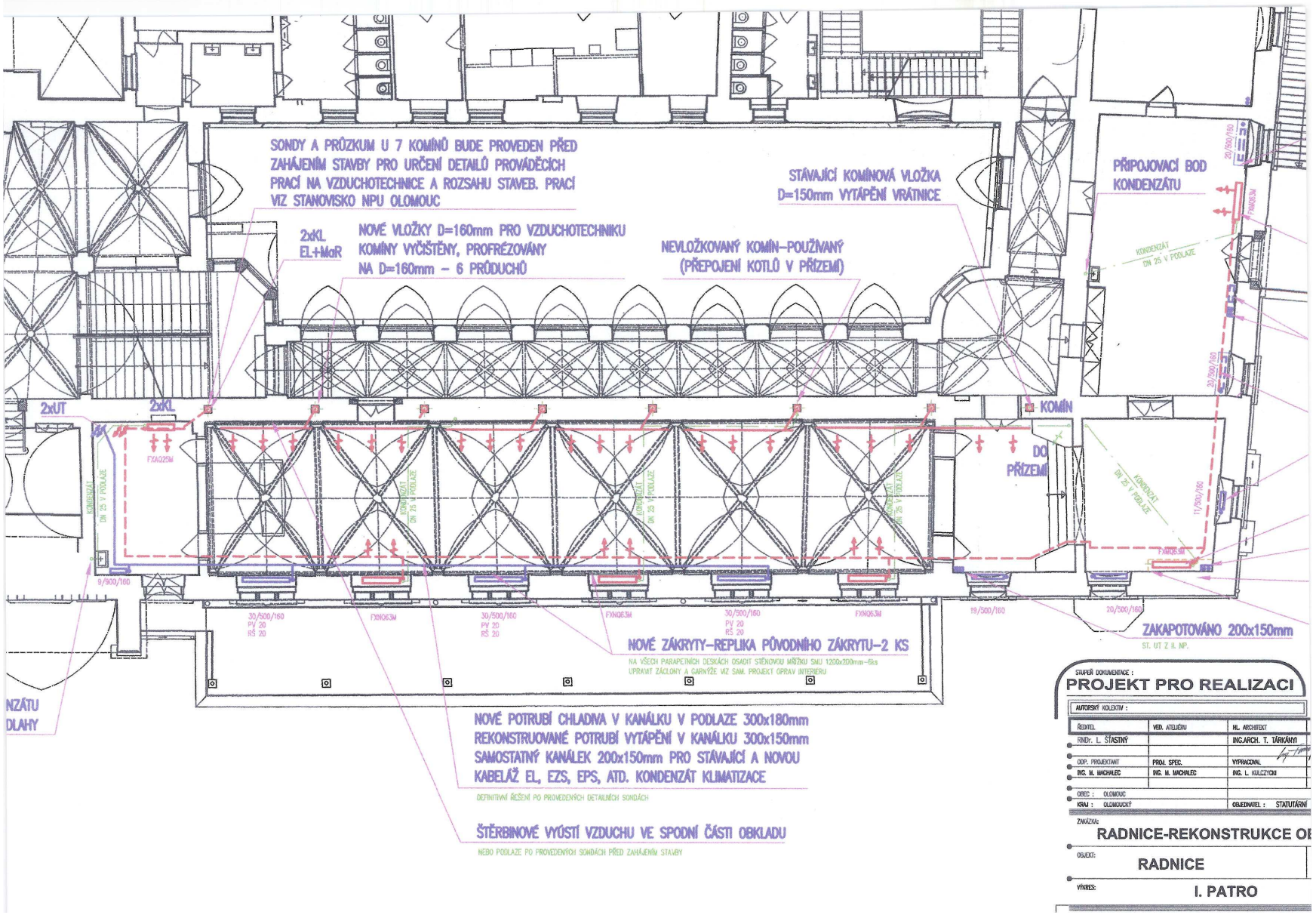
Popsané řešení je v provozu od roku 2004 a podle ověřování zkušeností s provozem před napsáním tohoto příspěvku je provoz celého systému chlazení bezproblémový a je ze strany vedení radnice hodnocen jako zdařilý.

Bližší a detailní seznámení podám při osobní presentaci na konferenci s doplňujícím komentářem a promítnutou fotodokumentací z provádění stavby a současného stavu.

LITERATURA

Prováděcí projekt : Radnice – Rekonstrukce obřadní síně – klimatizace z r. 2004 a 2009.


1.001
1150
UT–TOPNÉ TĚLESO
KLIMA–FXNQ63M
KONDENZÁT KLIMATIZACE
POTRUBÍ VYTÁPĚNÍ
I. PATRO
II. PATRO
TERASA
PŘÍZEMÍ
ATTIKA
KAMENNÝ ARKÝŘ


SONDY A PRŮZKUM U 7 KOMÍNŮ BUDE PROVEDEN PŘED ZAHÁJENÍM STAVBY PRO URČENÍ DETAILŮ PROVÁDĚCÍCH PRACÍ NA VZDUCHOTECHNICE A ROZSAHU STAVEB. PRACÍ VIZ STANOVISKO NPU OLOMOUC
STÁVAJÍCÍ KOMÍNOVÁ VLOŽKA D=150mm VYTÁPĚNÍ VRÁTNICE
PŘIPOJOVACÍ BOD KONDENZÁTU
2xKL EL+MaR
NOVÉ VLOŽKY D=160mm PRO VZDUCHOTECHNIKU KOMÍNY VYČIŠTĚNY, PROFRÉZOVÁNY NA D=160mm – 6 PRŮDUCHŮ
NEVLOŽKOVANÝ KOMÍN–POUŽÍVANÝ (PŘEPOJENÍ KOTLŮ V PŘÍZEMÍ)
2xUT
2xKL
KOMÍN
DO PŘÍZEMÍ
NOVÉ ZÁKRYTY–REPLIKA PŮVODNÍHO ZÁKRYTU–2 KS
ZAKAPOTOVÁNO 200x150mm
NOVÉ POTRUBÍ CHLADIVA V KANÁLKU V PODLAZE 300x180mm
REKONSTRUOVANÉ POTRUBÍ VYTÁPĚNÍ V KANÁLKU 300x150mm
SAMOSTATNÝ KANÁLEK 200x150mm PRO STÁVAJÍCÍ A NOVOU KABELÁŽ EL, EZS, EPS, ATD. KONDENZÁT KLIMATIZACE
ŠTĚRBINOVÉ VÝUSTÍ VZDUCHU VE SPODNÍ ČÁSTI OBKLADU
STUPEŇ DOKUMENTACE :
PROJEKT PRO REALIZACI
AUTORSKÝ KOLEKTIV :
ŘEDITEL
RNDr. L. ŠŤASTNÝ
VED. ATELIÉRU
HL. ARCHITEKT
ING.ARCH. T. TÁRKÁNYI
ODP. PROJEKTANT
ING. M. MACHÁLEC
PROJ. SPEC.
ING. M. MACHÁLEC
VYPRACOVAL
ING. L. KULCZYCKI
OBEC : OLOMOUC
KRAJ : OLOMOUCKÝ
OBJEDNATEL : STATUTÁRNÍ
ZAKÁZKA:
RADNICE-REKONSTRUKCE OB
OBJEKT:
RADNICE
VÝKRES:
I. PATRO

HLUK STABILNÍCH HASICÍCH ZAŘÍZENÍ VÝPOČETNÍCH CENTER S OHLEDEM NA SPOLEHLIVOST FUNKCE VÝPOČETNÍ TECHNIKY

Luděk Mareš

ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí
ludek.mares@fs.cvut.cz

ANOTACE

Při zkouškách stabilních hasicích zařízení na principu inertního plynu se projevuje vliv hluku na funkci výpočetní techniky. V příspěvku jsou uvedeny výsledky hlukových měření prováděných při zkouškách hasicího zařízení.

ÚVOD

Velká výpočetní centra se vybavují stabilními hasicími zařízeními (SHZ) inertním plynem Během zkoušek SHZ (ani při případném „ostrém“ hašení) není možné servery a disková pole vypínat, přitom se ukazuje nepříznivý vliv hašení na funkci (spolehlivost) výpočetní techniky, zejména diskových polí.

Z teoreticky možných vlivů lze vyloučit napěťové špičky nebo propady v elektrickém napájení vlivem startu záložních zdrojů (při zkouškách SHZ je napájení výpočetní techniky normální). Další možný vliv – změna tlaku při výronu hasicího plynu do prostoru počítačového sálu je nevýznamný. Dle literatury [3] byly provedeny zkoušky, při mnohem větších změnách tlaku, než k jakým ve skutečnosti dochází, a k poruchám funkce disků nedocházelo. Jiným možným vlivem je ochlazení disků vzduchem, jehož teplota poklesla vlivem expandujícího hasicího plynu. Tento vliv je nepravděpodobný vzhledem k malému ochlazení vzduchu v místech, která nejsou bezprostředně u hasicích trysek, a dále vzhledem k velké tepelné kapacitě kovových konstrukčních částí disku ve vztahu k malé tepelné kapacitě vzduchu.

Jediným významným vlivem, který ovlivňuje funkci disků je tedy silný hluk, jednak od výstražné sirény, která se v případě poplachu před zahájením vlastního hašení rozezní, a jednak aerodynamický hluk, který vydávají trysky při průchodu hasicího plynu. Vlivem hluku dochází ke zpomalování operací *zápis/čtení*, při vyšších hodnotách hluku pak k zaparkování hlaviček disku a v krajních případech i k haváriím disků.

V průběhu dvou zkoušek SHZ byla provedena hluková měření popsaná v příspěvku.

MĚŘENÍ Č.1

Situace při měření

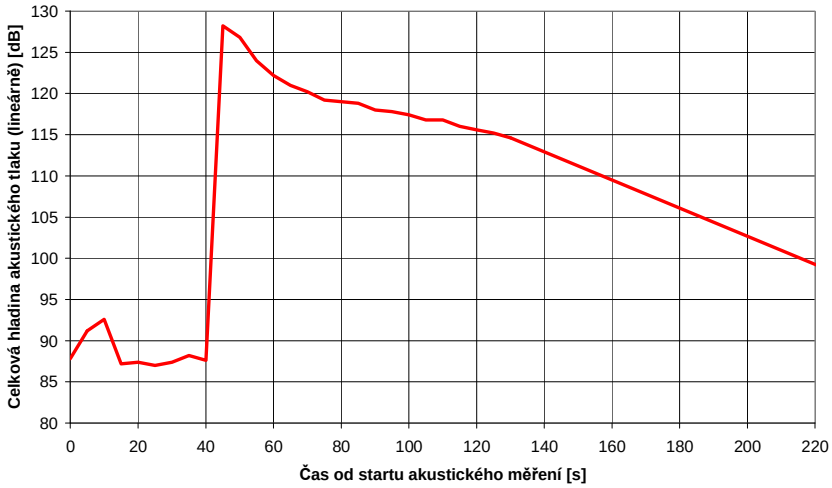
Měření proběhlo v sále s výpočetní technikou instalovanou ve skříních (RACKy), které tvoří řady, mezi něž je přiváděn chladicí vzduch z podpodlahového prostoru. Trysky pro přívod hasicího plynu jsou rovnoměrně rozmístěny v sále, a to jednak pod stropem a jednak pod podlahou. Sirény výstražného zařízení jsou elektronického typu.

Metodika

Byla měřena spektra hladin akustického tlaku a hodnoty integrální přes celé spektrum zvukovým analyzátorem Brüel & Kjaer 2260. Měření probíhalo v pětisekundových krocích. Mikrofon zvukoměru byl upevněn ve stativu, umístěn byl v uličce před RACKem v místě nejbližším trysce SHZ.

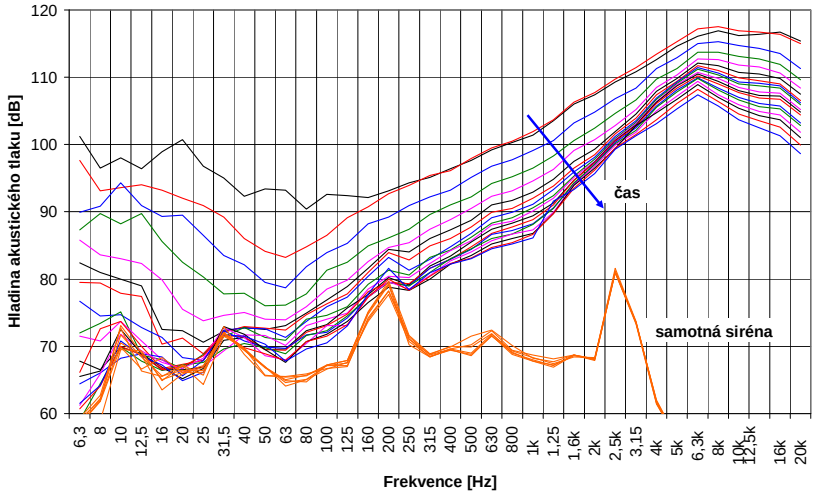
Výsledky měření hluku

V grafu na Obr. 1 je časový průběh celkové hladiny akustického tlaku (lineárně přes celé měřené spektrum) zachycující signál sirény, nástup a průběh hašení. Maximální hodnota je 128,2 dB.



Obr. 1 *Časový průběh hluku během hašení (měření č.1).*

V grafu na Obr. 2 jsou frekvenční spektra zvuku při vlastním hašení. Jsou zobrazeny křivky z 18ti po sobě jdoucích záznamů (měření) o trvání 5 sekund. Protože i v průběhu hašení byla spuštěna siréna, jsou zobrazená spektra výsledkem superpozice hluku pozadí, hluku hasicích trysek a zvuku sirény. V grafu dále zobrazeno frekvenční spektrum zvuku vydávaného sirénou (vč. pozadí) – jsou zobrazeny křivky z 6ti po sobě jdoucích záznamů hlukoměru.



Obr. 2 *Akustická spektra v průběhu hašení a samotné sirény (měření č.1).*

Důsledky na výpočetní techniku

Při hluku sirén nedošlo k žádnému narušení či omezení funkce disků.

U disků v sedmi serverech došlo k okamžitému snížení (zastavení) operací při spuštění SHZ, ale posléze došlo k rychlé stabilizaci jejich funkce.

Závažné důsledky mělo hašení na diskové pole, kdy bezprostředně po začátku vypouštění hasicího plynu došlo k havárii čtyř disků z deseti.

MĚŘENÍ Č.2

Situace při měření

Projekční řešení výpočetního sálu jako v případě měření č. 1, pouze jedna ulička mezi RACKy byla „zastřešena“ (překryta makrolonovými deskami v úrovni horní hrany RACKů) a uzavřena na vstupu dveřmi. Toto zastřešení bude cílově instalováno ve všech uličkách mezi RACKy s přívodem chladicího vzduchu. Dále zde byl volně, mimo projekční uspořádání, dočasně na dobu zkoušky SHZ, instalován navíc jeden RACK se záměrem, aby na něm pracovníci centra mohli specielně sledovat a analyzovat jeho chování během hašení. Byl umístěn bezprostředně poblíž hasicí trysky, stranou řad ostatních RACKů.

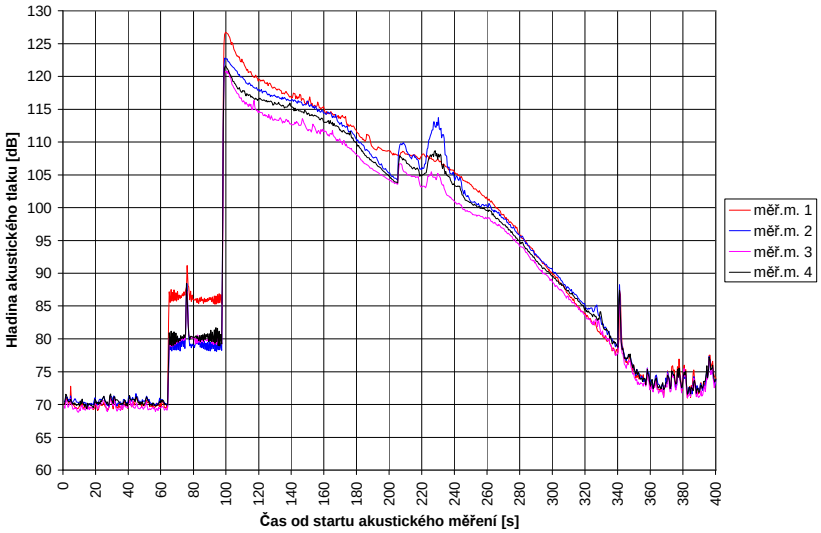
Metodika a uspořádání měřicích míst

Byla měřena spektra hladin akustického tlaku vícekanálovým zvukovým analyzátorem PULSE typ 3560-B se SW pro FFT a CPB analýzu Typ 7700. Měření bylo provedeno ve frekvenčním rozsahu třetinooktáv 4 Hz až 20 kHz a probíhalo v půlsekundových intervalech. Údajem analyzátoru je ekvivalentní hladina akustického tlaku za celou dobu jednoho intervalu, tedy půl sekundy. Hodnoty integrální, tj. celkové hladiny akustického tlaku přes celé spektrum, byly získány výpočtem ze spekter. Mikrofony byly upevněny do stativů a do umístěny do určených měřicích míst.

Měřicí místo 1 bylo zvoleno u výše zmíněného dočasně instalovaného RACKu a situováno v jeho horní části směrem k trysce SHZ, co nejblíže plášti RACKu. Další měřicí místa byla zvolena v zatím jediné zastřešené uličce, aby se podmínky měření co nejvíce přibližovaly konečnému uspořádání výpočetnímu sálu. Druhé měřicí místo bylo situováno v horní části RACKu v místě co nejbližším trysce SHZ . Třetí měřicí místo bylo zvoleno zcela na konci (resp. začátku) uličky, tedy co nejdále od trysky, aby bylo možné lépe podchytit rozdíly hlukového zatížení mezi místy poblíž trysek a místy od trysek vzdálenými. Poslední měřicí místo bylo zvoleno přímo v RACKu neosazeném technikou, v místě čelní strany (budoucího) serveru.

Výsledky měření hluku

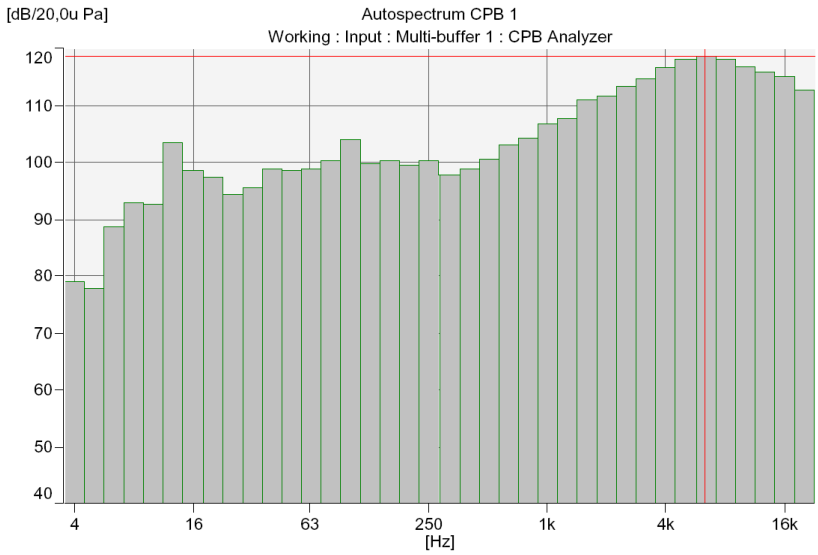
V grafu na Obr. 3 je časový průběh celkové hladiny akustického tlaku (lineárně přes celé měřené spektrum) zachycující *hluk pozadí – signál sirény – nástup hašení – průběh hašení* pro jednotlivá měřicí místa.



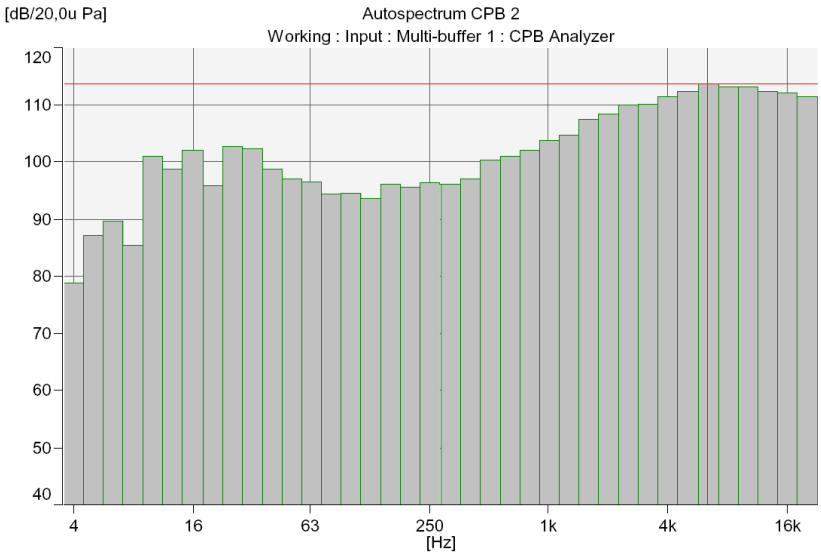
Obr. 3 *Časový průběh hluku během hašení v jednotlivých měřicích místech (měření č.2).*

Maxima hodnot hladin akustického tlaku – při nástupu hašení jsou pro měřicí místo 1 126,7 dB, pro měřicí místo 2 122,8 dB, pro měř. místo 3 120,9 dB a měř. místo 4 121,6 dB. Vyšší hodnota pro měřicí místo 1 odpovídá (záměrnému) umístění „zkušebního“ RACKu bezprostředně u trysky SHZ. Zároveň tento RACK byl poblíže jedné ze sirén, mnohem blíže než ostatní, stabilně rozmístěné RACKy, což se projevilo hodnotou hladiny akustického tlaku vyšší o cca 5 dB než v ostatních měřicích místech. Hodnota hluku pozadí, způsobeného (výpočetní) technologií a provozem vzduchotechniky byla ve všech měřicích místech na úrovni cca 70 dB.

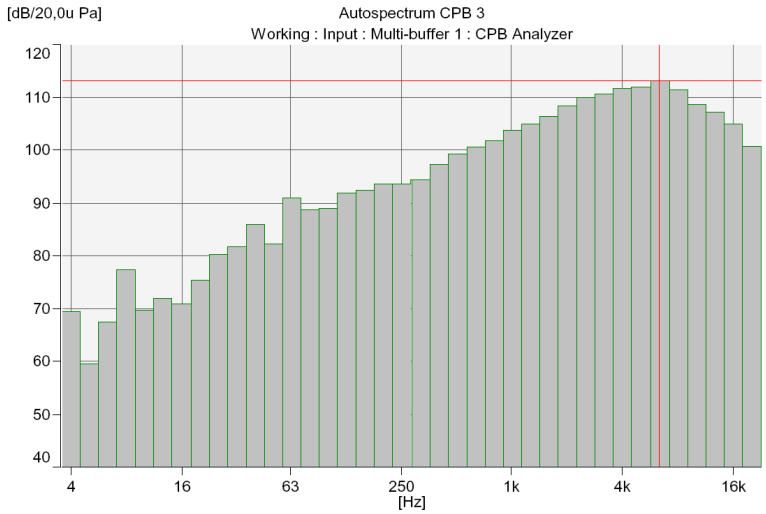
Akustická spektra naměřená v jednotlivých měřicích místech



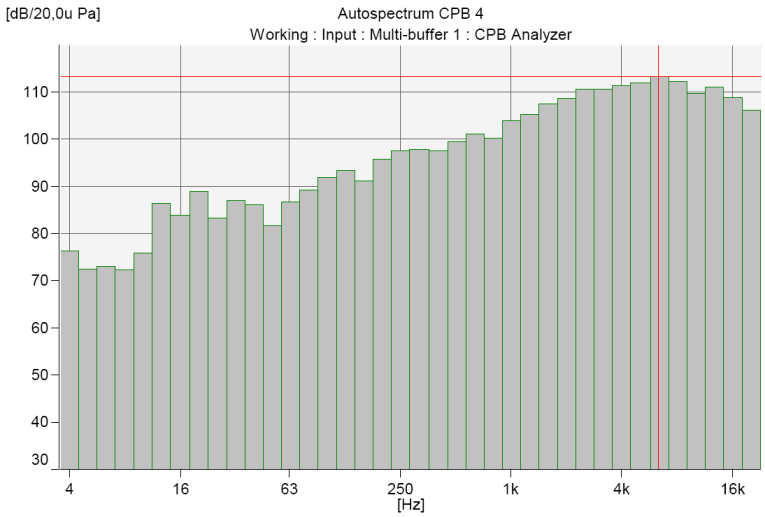
Obr. 4 *Spektrum hladiny akustického tlaku v okamžiku spuštění SHZ pro měř. místo 1 (měření č.2)*



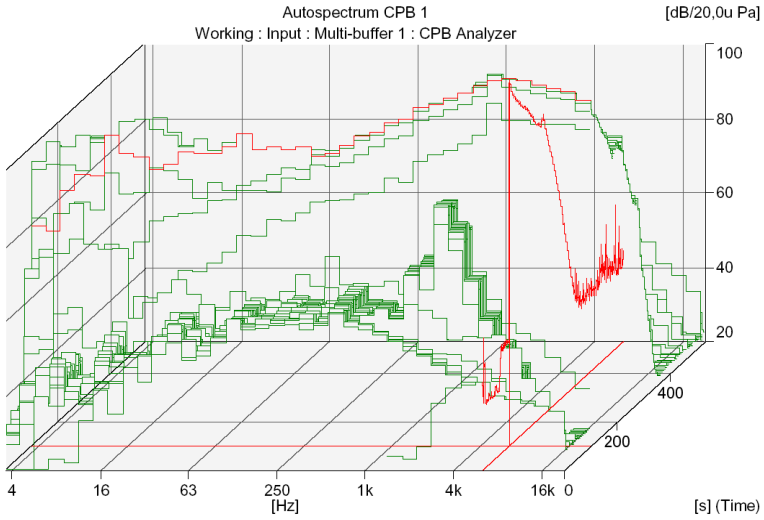
Obr. 5 *Spektrum hladiny akustického tlaku v okamžiku spuštění SHZ pro měř. místo 2 (měření č.2)*



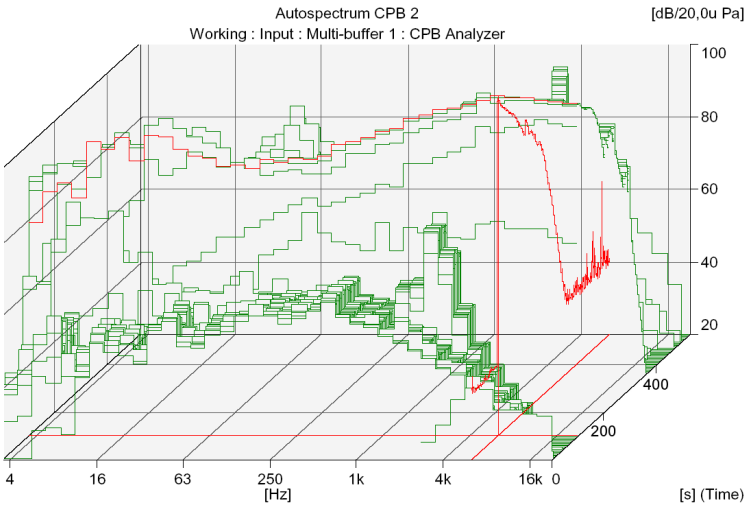
Obr. 6 *Spektrum hladiny ak. tlaku v okamžiku spuštění SHZ pro měř. místo 3 (měření č.2)*



Obr. 7 *Spektrum hladiny ak. tlaku v okamžiku spuštění SHZ pro měř. místo 4 (měření č.2)*



Obr. 8 *3D graf hladiny akustického tlaku s časovým řezem okamžiku spuštění SHZ a spektrálním řezem 6,3 kHz pro měř. místo 1 (měření č.2)*



Obr. 9 *3D graf hladiny akustického tlaku s časovým řezem okamžiku spuštění SHZ a spektrálním řezem 6,3 kHz pro měř. místo 2 (měření č.2)*

Zobrazená spektra jsou pro maximální hodnoty hluku – tzn. v okamžiku spuštění SHZ. Maxima jsou v třetinooktávě 6,3 kHz, což souhlasí s výsledky měření č.1. 3D grafy dávají přehled o časové proměně spekter. SW analyzátoru umožňuje zvýraznit (červeně) jeden časový a jeden spektrální řez, časový řez je volen v pro okamžik spuštění SHZ a spektrální řez pro maximální hodnoty akustického tlaku, tj. pro třetinootávu 6,3 kHz.

Důsledky na výpočetní techniku

Operátoři serverů sledovali funkci šesti disků, z metrik byly vybrány dvě: počet zápisů na disk/sek a počet čtení z disku/sek. Zátěž byla prováděna IOmeterem, nastavení: 1 Worker pro každý disk; 5 outstanding I/Os; Access Specification: 4k - 50% Read - 0% random.

Při hluku sirén nedošlo ani při měření č. 2 k žádnému narušení či omezení funkce disků. Sledované disky akustické zatížení při spuštění SHZ vydržely, žádný z nich nebyl zničen. Na začátku vypouštění hasicího plynu došlo k výraznému zpomalení až zastavení diskových operací, po cca 10 s se vrátila činnost do normálu (stavu před zkouškou SHZ). Vzhledem k tomu, že hluk vyvozovaný tryskami za tento krátký čas poklesl jen málo, lze se domnívat, že disky reagují zpomalením funkce spíše na gradient nárůstu hluku než na jeho absolutní výši. To bude platit pouze v případě, že hluk nepřekročí určitou hranici, po níž dojde k havárii.

ZÁVĚR

V příspěvku jsou uvedeny výsledky akustických měření při zkouškách SHZ výpočetního centra. Celková hladina akustického tlaku (lineárně) špičkově přesahuje 128 dB. Tyto hodnoty již způsobují havárii některých disků, u jiných disků dojde pouze ke zpomalení, snížení počtu provedených operací s následným rychlým zotavením.

LITERATURA

[1] GREEN, K., NELSON, D., NITIN, P., NICKERSON, M. *Hard drive performance degradation due to high level noise in data centers*. *In:* Inter-noise 2011, Osaka, Japan, September 2011.

[2] HIGLEYMAN, W. H. *Fire Suppressant's Impact on Hard Disks*, February 2011. *Dostupné z*: <http://www.availabilitydigest.com >.

[3] *Potential problems with computer hard disks whwn fire extinguishing systems are released.* Firemní materiály („White paper“) Siemens Swittzerland Ltd, 2010. *Dostupné z*: <http://www.siemens.com/sinorix>.

PRAKTICKÉ ZKUŠENOSTI S VYUŽITÍM INDUKČNÍCH VYÚSTÍ K DISTRIBUCI VZDUCHU

Karel Matějíček

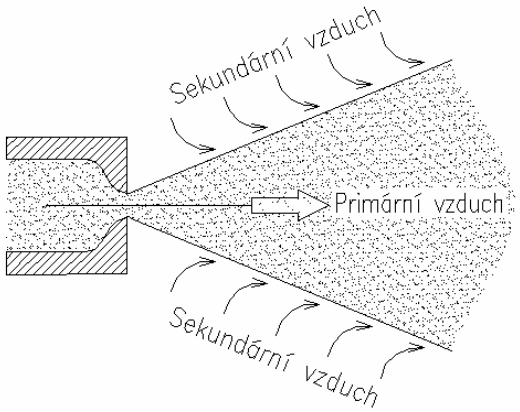
Inženýrská činnost
karel@ingmatejicek.cz

ANOTACE

Přednáška pojednává o praktických zkušenostech s využitím indukčních vyústí k distribuci vzduchu v místnostech. V první části jsou popsány zkušenosti s instalací indukčních jednotek v podokenních parapetech a vlivu umístění nasávacího místa sekundárního (indukovaného) vzduchu v čele parapetu na kvalitu vzduchu v prostoru. Ve druhé části jsou popsány atypické instalace polí sestavených z trysek/dýz v podhledech a zástěnách, s možností realizace kvantitativní regulace množství přívodního vzduchu dle teploty a obsahu CO_2 v prostoru. Tyto instalace jsou vhodné pro „bezprůvanový“ odvod větších tepelných zátěží rozptýlených v prostoru, které nelze místně odsávat a jsou trvale obsluhovány.

ÚVOD

Vytéká-li z otvoru proud vzduchu (tekutina) do klidného okolí, nasává jeho rozvířený povrch vzduch z okolí, do něhož vtéká. Toto přisávání okolního (sekundárního) vzduchu do přívodního (primárního) vzduchu se nazývá indukce, viz obr. 1.

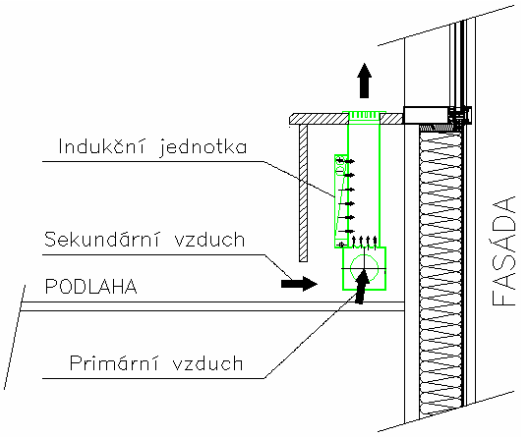


Obr. 1 *Indukce - přisávání okolního (sekundárního) vzduchu do přívodního (primárního)*

Této vlastnosti se hojně využívá u koncových distribučních elementů ve vzduchotechnice. Z poměru sekundárního k primárnímu vzduchu se určuje tzv. indukční poměr „i“, který bývá např. u indukčních jednotek (IJ) v rozmezí 2 až 6. Jeho hodnota záleží hlavně na rozdílu tlaků, který určuje výdechovou rychlost, velikostí a tvarem otvorů, umístěním otvorů (u pevné stěny, ve volném prostoru, apod.). Toto vše je obecně známo a příslušné výrobky (např. IJ, dýza/tryska, ...), u kterých je tento indukční poměr využíván, byly na základě návodů a doporučení výrobců nesčíslněkrát instalovány. Přesto i zde je možné navrhnout, odzkoušet a zrealizovat využití stávajících výrobků atypickým způsobem s velmi pozitivním vlivem na kvalitu mikroklima prostředí. Zde uvedené příklady byly v budovách realizovány a ověřeny cca desetiletým provozem.

PARAPETNÍ INDUKČNÍ JEDNOTKY (IJ)

V šedesátých letech minulého století bylo při volbě vysokotlaké klimatizace (VTK) nainstalováno do nově stavěného výškového objektu o 11 patrech cca 400 indukčních jednotek. Byly to převážně jednotky s jedním výměníkem a byly osazeny šesticestnou armaturou pro přepínání a řízení přívodu tepla a chladu z čtyřtrubkového rozvodu teplonosného média. Čtyřtrubkový rozvod (dvě trubky chlad a dvě trubky teplo) byl zapojen v každém patře jako souproudý rozvod (Tichelmann). Šesticestná armatura přepínala přívod tepla nebo chladu do jednotky nebo zpět do rozvodu. Vlivem opotřebení docházelo u těchto armatur k míšení topné a chladicí vody. Pohon šesticestné armatury byl pneumatický. Instalace vlastní jednotky v parapetu byla klasická – nasávání sekundárního vzduchu u podlahy, výfuk pod okny(vizobrázek 2.)

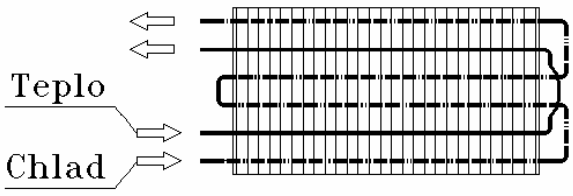


Obr. 2 *Instalace parapetní indukční jednotky - klasická*

V roce 2001 bylo rozhodnuto provést v tomto objektu kompletní rekonstrukci indukčních jednotek za plného provozu. Měly být zachovány pouze páteřní rozvody tepla a chladu a hlavní vzduchotechnické rozvody, které byly pouze vyčištěny profouknutím vzduchem prudkým otevíráním a uzavíráním protipožárních klapek. Indukční jednotky a systém měření a regulace byly kompletně nahrazeny novými. Při této příležitosti se podařilo zrealizovat vylepšení, které podstatným způsobem zjednodušilo a zefektivnilo provoz celého systému VTK a podstatně zlepšilo mikroklima v místnostech.

Cílem těchto úprav bylo:

- Tlakově oddělit rozvody tepla a chladu. Nainstalované indukční jednotky mají jeden výměník a v něm jsou dvě samostatné trubkovnice. Jedna pro připojení na rozvod chladicí vody a druhá na rozvod otopné vody. Oba systémy jsou tak tlakově odděleny. Viz obr. 3

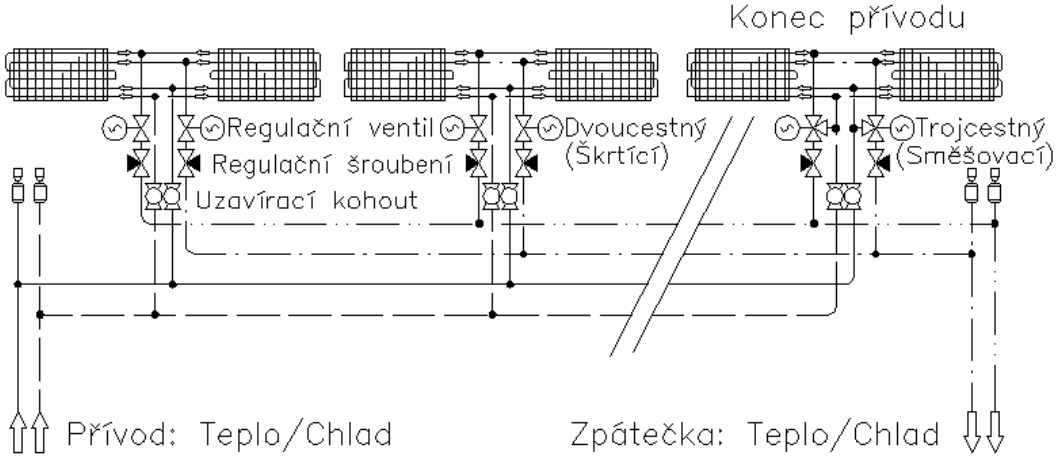


Obr. 3 *Jeden výměník s dvěma samostatnými trubkovnicemi*

- Omezit zavzdušňování jednotek. Přívod otopné a chladicí vody do výměníku je realizován do spodní části výměníku, odvod v horní části výměníku. Hlavní odvzdušňovací místa jsou na koncích hlavních stoupaček. I když jsou rozvody topné a

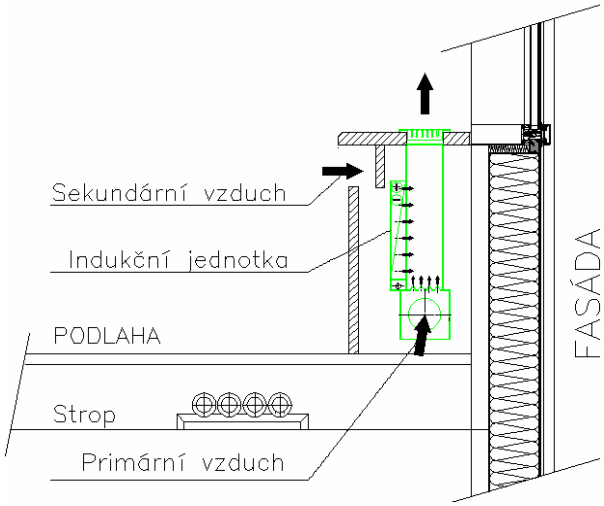
chladicí vody umístěny v podlaze pod úrovní výměníků, voda z okruhu je přiváděna do spodní části výměníku, čímž před sebou vytlačuje veškerý vzduch do výstupu výměníku a postupně do hlavního rozvodu až do stoupačky (zpátečky). Po propláchnutí a naplnění rozvodů vodou došlo k samovolnému odvzdušnění celého systému přes hlavní stoupačky a za celou dobu provozu se nestalo ani jednou, že by se některá jednotka zavzdušnila.

- Minimalizovat průtok okruhem. Mimo připojení poslední jednotky přívodní větve, jsou všechny ostatní jednotky připojeny na rozvod v jednom podlaží dvoucestnými regulačními ventily a to vždy jedním na rozvodech topné vody a jedním na rozvodech chladicí vody. Každá poslední jednotka na podlaží přívodu souproudého rozvodu tepla a chladu je osazena trojcestným regulačním ventilem. Během provozu tak dojde k zaplnění všech hlavních rozvodů médiem o požadované teplotě a čerpadla po většinu roku mohou pracovat jen s minimálním příkonem. Viz obr. 4



Obr. 4 *Rozvod v jednom podlaží*

- Zlepšit mikroklima přemístěním nasávání sekundárního vzduchu k parapetní desce. Oproti typovému zapojení doporučovaným výrobcem nebylo nasávání sekundárního vzduchu umístěno u podlahy, ale až těsně pod parapetem. Tento způsob provedení zákrytu vlastní jednotky má zásadní vliv na pocit diskomfortu lidí v místnostech. Když byly v provozu původní jednotky a došlo k poruše čehokoliv v prostoru pod parapetem a bylo nutno si lehnout na zem s hlavou těsně u podlahy, byli jsme překvapeni (ne)kvalitou vzduchu těsně u podlahy. Pachy, které byly cítit těsně u podlahy, nebyly cítit v cca 0,5 metrů nad podlahou. Proto se provozovatelé rozhodli zjistit, zda je možné nenasávat vzduch u podlahy. V literatuře takovou možnost nenašli. Proto provozovatelé provedli následující experiment: Před zadáním projektu poptali dodavatele indukčních jednotek a od každého z nich si jednu jednotku zapůjčili. Tyto jednotky postupně nainstalovali do jednoho volného prostoru, připojili na rozvody a provedli měření výkonů, hluku a zjišťovali obrazy proudění vzduchu kouřovou zkouškou. Zjistili, že na výkon jednotky nemá způsob přivedení sekundárního vzduchu vliv. Bylo rozhodnuto všechny jednotky zabudovat s přívodem sekundárního vzduchu pod parapetem. Při provozu jednotek s nasáváním u podlahy mělo ke klimatizaci výhrady cca 3 až 5 osob na patře, při provozu jednotek s nasáváním pod parapetem mají ke klimatizaci výhrady cca 1 až 2 lidé z celého objektu. Popisovaná instalace viz obr. 5.

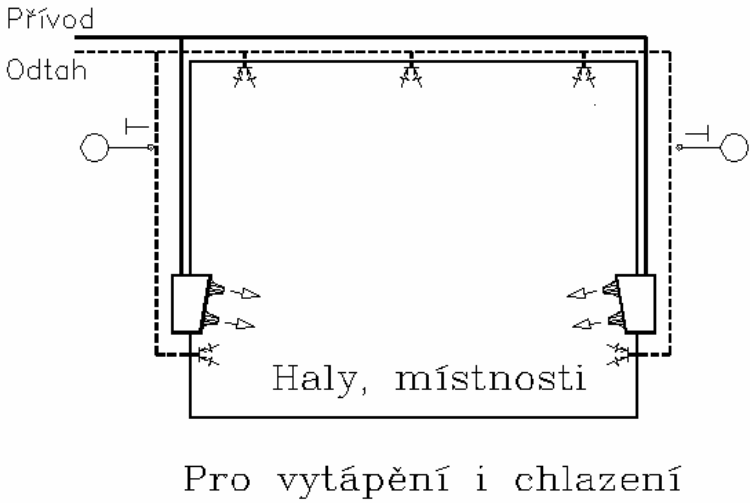


Obr. 5 *Instalace parapetní indukční jednotky – atypická*

- Pomocí elektronické regulace získat přehled a možnost dálkového ovládání. Pneumatická regulace byla nahrazena regulací elektronickou s řídícími podcentrálami na patrech. V každé místnosti je osazeno čidlo teploty a stavítko pro volbu žádané teploty. To vše je propojeno do centrálního řídicího systému na velín, kde jsou všechny hodnoty zobrazovány s možností zadávání parametrů obsluhou velínu. Je také možné zadat i střední hodnoty žádané teploty (zadává se jiná na zimu a jiná na léto) a velikost pásma pro přestavování teploty na místě (např. ±2K). Tím je možné eliminovat „nevhodnou“ manipulaci s dálkovou volbou (zadá se např. ±0,5K).

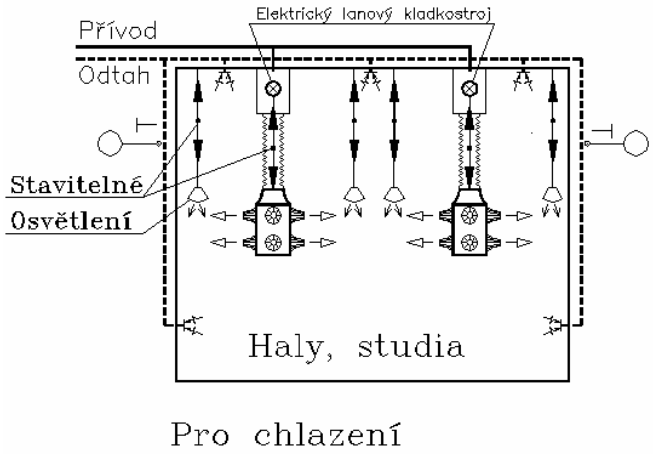
DÝZA / TRYSKA – ATYPICKÉ POUŽITÍ

Jedním z koncových elementů, u kterých dochází k značné indukci vzduchu z prostoru do proudu přiváděného vzduchu, jsou speciální dýzy pro přívod vzduchu, eventuálně tryskové pole vytvořené z těchto dýz. Existují také dýzy, které jsou uloženy v kulovém pouzdře. Tyto dýzy je možné libovolně natáčet a tím zajistit jiný sklon dýz v létě, kdy se chladí a v zimě, kdy je potřeba vzduchem vytápět. V provozu byly používány i dýzy v akusticky náročném prostoru, s výdechovou rychlostí vzduchu 6 až 7 m/s, s teplotou přívodního vzduchu 12 °C, do prostoru s teplotou 26 °C, hladinou akustického tlaku ve vzdálenosti 0.5 m od tryskového pole pod 20 dB(A). Jedná-li se o větší prostory, je problém celý prostor řádně provětrat a určit místo pro čidlo teploty, dle kterého se řídí teplota přívodního vzduchu. Z tohoto důvodu se odtahové vyústky nedávají např. jen na strop, ale i na stěnu do zóny pobytu. U stropu se odtahuje cca 2/3 až 3/4 množství vzduchu, v zóně pobytu zbývající 1/3 (1/4) celkového odtahovaného vzduchu. Teplota odtahovaného vzduchu slouží jako řídící pro systém M+R. Typická instalace dýz viz obr. 6.



Obr. 6 *Instalace dýz – typická*

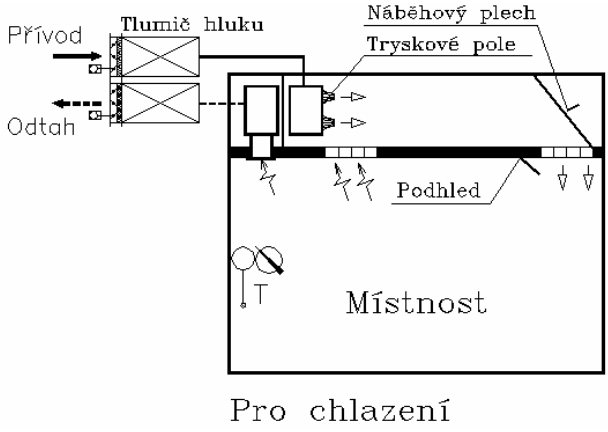
Pokud nejsou zdroje tepla trvale v konstantní výšce (např. scénické osvětlení), je nutno měnit i výšku přívodních vyústí s dýzami. Vyústka – pole dýz, se zavěsí na lano elektrického lanového kladkostroje a propojí se k odtahovému potrubí vzduchovodem ve formě skládací harmoniky. Když provoz přestaví výšku zdrojů tepla, vyústka – pole dýz se přestaví dálkovým ovládáním tak, aby také bylo pod zdroji tepla. Viz obr. 7



Obr. 7 *Instalace pole dýz se stavitelnou výškou*

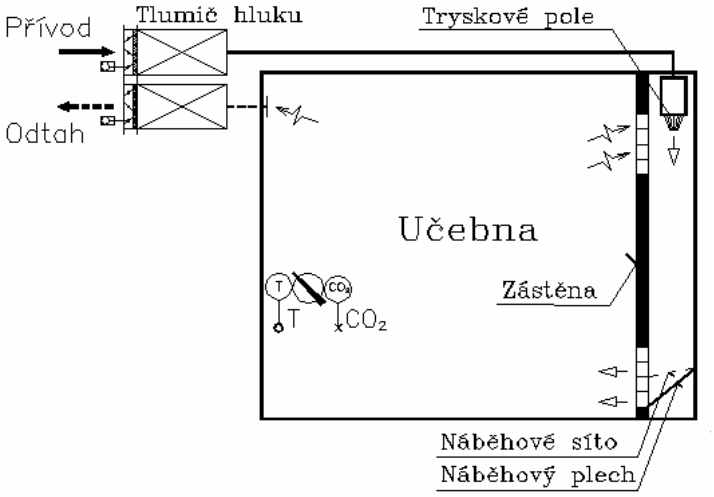
Je-li potřeba „bezprůvanový“ přívod vzduchu k odvodu větších tepelných zátěží rozptýlených v prostoru, které nejdou místně odsávat a jsou trvale obsluhovány, je možné využit podhled nebo zástěnu jako směšovací komoru pro indukci, do které je umístěno tryskové pole. Získáme tak v podstatě dvojnásobnou délku prostoru na indukci vzduchu (přimíchání vnitřního vzduchu k proudu přiváděného vzduchu dýzou dochází v komoře) a do vlastního klimatizovaného prostoru vstupuje vzduch o malém teplotním rozdílu vůči teplotě prostoru a malou rychlostí. Navíc dochází k dokonalému „propláchnutí“ celého prostoru. U této instalace dýz zajistí vlastní uzavřený prostor podhledu nebo zástěny s nasávacími a výdechovými mřížkami takový stav, že nezávisle na množství přiváděného vzduchu tryskovým polem bude obraz proudění trvale konstantní. Jen množství vzduchu v tomto proudu bude proměnlivé. Toto umožní regulovat množství přiváděného a odtahovaného vzduchu v závislosti na vnitřní teplotě dle velikosti tepelné zátěže. Pro ukázku jsou uvedeny dva příklady nainstalovaných systémů. Na obr. 8 jsou zobrazeny klimatizované prostory s

funkcí chlazení. Vytápění tohoto prostoru zajišťuje jiný systém (např. VTK nebo ÚT, s vazbou na toto chlazení. Dokud zařízení vytápí, chlazení je uzavřeno).



Obr. 8 *Instalace dýz s tryskovým polem v podhledu*

Není-li v místnosti podhled, je možné směšovací komoru vytvořit ze zástěny. Jako příklad na obr. 9 je uvedena místnost učebny. Množství vzduchu je regulováno dle obsahu CO_2 v prostoru.



Obr. 9 *Instalace dýz s tryskovým polem v zástěně pro učebnu.*

ZÁVĚR

Způsob distribuce vzduchu v prostoru je velmi důležitý. Rozhoduje o kvalitě mikroklimatu v prostoru, s dopadem na energetickou náročnost celého zařízení. Někdy stačí jen malá úprava systémového prvku (např. posunutí nasávacího otvoru pro indukci u IJ) nebo zapojení rozvodů (škrcení namísto přepouštění), jindy zase využití do té doby nevyužívaného prostoru pro vzduchotechnické zařízení (prostor podhledu v místnosti) a zvýší se spokojenost s klimatizací jako celku a ušetří značné prostředky na energie, kdy například je požadováno menší množství vody/vzduchu, které můžeme regulovat dle zátěží apod.

HYGIENICKÉ POŽADAVKY NA KVALITU VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ BUDOV

Zuzana Mathauserová

Státní zdravotní ústav
zmat@szu.cz

ANOTACE

V příspěvku jsou shrnuty požadavky definující kvalitu vnitřního prostředí budov – hygienické požadavky v právně závazných předpisech i doporučení norem.

ÚVOD

Kvalita vnitřního prostředí budov je popsána souhrnem fyzikálních, chemických a biologických ukazatelů a měla by být zaručena dodržením stanovených limitů na jednotlivé faktory. Musí být vyloučeno zdravotní riziko pro člověka, nebo vymezeno alespoň „přijatelné riziko“ tam, kde působení škodlivin je bezprahové a žádné „bezpečné limity“ stanovit nelze.
Opatření, které dodržení těchto limitů zajistí, je dostatečné větrání – vznikající „škodliviny“ jsou z prostředí odvedeny, nebo alespoň je jejich koncentrace snížena na přípustnou hodnotu nepoškozující zdraví člověka.
Přestože větrání je opatření energeticky značně náročné a v současném trendu šetření energií se hledají všechny možné cesty úspor, je nutné zdůraznit, že hygienické a provozní požadavky (tedy i větrání) musí být vždy nadřazeny požadavkům energetickým.

PLATNÉ PŘEDPISY

Obecně vychází právně závazné hygienické požadavky na jednotlivé faktory prostředí a větrání ze zákonů:

- **zákon č. 350/2012 Sb.**, o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) v platném znění.
- **zákona č. 258/2000 Sb.**, o ochraně veřejného zdraví, v platném znění.
- **zákon č. 262/2006 Sb.**, zákoník práce v platném znění.
- **zákon č. 309/2006 Sb.**, o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.

Některé jednotlivé požadavky vyplývají i z „atomového zákona“, „chemického zákona“, „zákona o odpadech“, „zákona o léčivech“, … „ zákona na ochranu zvířat proti týrání“ a řady dalších.

Podrobněji jsou „hygienické požadavky“ rozpracovány v prováděcích předpisech k těmto zákonům. K dispozici máme jednotlivá nařízení vlády a vyhlášky, nahrazující původní „hygienické předpisy“. V oblastech, které nejsou těmito předpisy pokryté, pomohou požadavky norem, které mohou být právně zezávazněny odkazem na normové hodnoty v příslušném nařízení vlády nebo vyhlášce, jinak jsou pouze doporučením vycházejícím z dosažené úrovně poznání řešené problematiky.

Prováděcí právní předpisy k uvedeným zákonům

- **Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.**, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, n**ařízení vlády č. 68/2010 Sb.**, kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb.,

nařízení vlády č. 93/2012 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., (prováděcí předpisy k zákonu č. 262/2006 Sb. a 309/2006 Sb.).

- **Nařízení vlády č. 272/2011 Sb.**, o ochraně před nepříznivými účinky hluku a vibrací (prováděcí předpis k zákonu č. 258/2000 Sb., zákonu č. 262/2006 Sb. a 309/2006 Sb.).
- **Nařízení vlády č. 1/2008 Sb.,** o ochraně zdraví před neionizujícím zářením, **nařízení vlády č. 106/2010 Sb.**, kterým se mění nařízení vlády č. 1/2008 Sb., (prováděcí předpisy k zákonu č. 258/2000 Sb., zákonu č. 262/2006 Sb. a 309/2006 Sb.).
- **Vyhláška Ministerstva pro místní rozvoj č. 268/2009 Sb.**, o technických požadavcích na stavby, **vyhláška Ministerstva pro místní rozvoj č. 20/2012 Sb.,** kterou se mění vyhláška č. 268/2009 Sb., (prováděcí předpisy ke stavebnímu zákonu č. 183/2006 Sb. v platném znění).
- **Vyhláška hlavního města Prahy č. 26/1999** o obecných technických požadavcích na výstavbu v hlavním městě Praze - v současné době v novelizaci.
- **Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 207/2004 Sb.,** o ochraně, chovu a využití pokusných zvířat, **vyhláška Ministerstva zemědělství č. 39/2009 Sb.**, kterou se mění vyhláška č. 207/2004 Sb., (prováděcí předpisy k zákonu č. 77/2004 Sb. a č. 312/2008 Sb.).
- **Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307/2002 Sb.,** o radiační ochraně, v**yhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 499/2005 Sb.,** kterou se mění vyhláška č. 307/2002 Sb., (prováděcí předpisy k zákonu č. 18/1998 Sb. a zákonu č. 13/2002 Sb. v platném znění).
- **Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 410/2005 Sb**., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých**, vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 343/2009 Sb**., kterou se mění vyhláška č. 410/2005 Sb., (prováděcí předpisy k zákonu č. 258/2000 Sb.)**.**
- **Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 137/2004 Sb.**, o hygienických požadavcích na stravovací služby a o zásadách osobní a provozní hygieny při činnostech epidemiologicky závažných, v**yhláška Ministerstva zdravotnictví č. 602/2006 Sb.**, kterou se mění vyhláška č. 137/2004 Sb., (prováděcí předpisy k zákonu č. 258/2000 Sb.).
- **Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 238/2011 Sb.**, kterou se stanoví hygienické požadavky na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch, (prováděcí předpis k zákonu č. 258/2000 Sb.).
- **Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 6/2003 Sb**., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb, (prováděcí předpis k zákonu č. 258/2000 Sb.).
- **Vyhláška Ministerstva zdravotnictví a Ministerstva zemědělství č. 84/2008 Sb.**, o správné lékárenské praxi, bližších podmínkách zacházení s léčivy v lékárnách, zdravotnických zařízeních a u dalších provozovatelů a zařízení vydávajících léčivé přípravky, (prováděcí předpis k zákonu č. 378/2007 Sb., zákon o léčivech).

Je vidět, že různých předpisů je velké množství – a to je vyjmenovaná pouze část těch nejčastěji používaných a citovaných. Ne vždy jsou v nich uvedeny hygienické požadavky na všechny faktory vnitřního prostředí, vč. větrání, někdy se i požadavky liší.

Tab. 1 *Platné právně závazné předpisy stanovující limity pro jednotlivé faktory vnitřního prostředí pro jednotlivé typy prostředí*

Typ prostředí	**Předpis**	**Existující požadavky pro:**
pracovní	NV č. 361/2007 Sb., ve znění NV č. 93/2012 Sb.	MKL, chemické látky a prašnost, osvětlení, větrání
stravovací	vyhláška č. 137/2004 Sb. ve znění č. 602/2006 Sb.	**žádné limity neexistují**
školské	vyhláška č. 410/2005 Sb. ve znění č. 343/2009 Sb.	MKL, osvětlení, větrání
pobytové	vyhláška č. 6/2003 Sb.	MKL, chemické látky a prašnost, výskyt mikroorganismů, výskyt roztočů
bazény, sauny	vyhláška č. 238/2011 Sb.	MKL, osvětlení, větrání, mikrobiální kontaminaci vody
vnitřní prostředí staveb	vyhláška č. 20/2012 Sb.	větrání, koncentrace CO_2

Pozn.: NV = nařízení vlády, MKL = mikroklima (teploty, relativní vlhkost, rychlost proudění vzduchu)

PRACOVNÍ PROSTŘEDÍ

Tepelně vlhkostní podmínky

Předpisy pro pracovní prostředí jsou asi nejpodrobněji rozpracované vzhledem k jednotlivým faktorům prostředí. V poslední novelizaci vlády č. 361/2007 Sb., která je uvedena pod číslem 93/2012 Sb. (předchozí novelizace měla číslo 68/2010 Sb.) došlo k výrazným změnám. Opakovaně byla upravena část řešící teplenou zátěž zaměstnanců, došlo ke změně limitů i sledovaných teplotních veličin, zavedena byla i veličina nová – stereoteplota. Základní teplotní veličinou tepelného stavu prostředí je stále výsledná teplota kulového teploměru $\mathbf{t_g}$, nebo vypočítaná teplota operativní $\mathbf{t_o}$.

Tab. 2 *Celoročně přípustné teploty na pracovišti podle nařízení vlády č. 93/2012 Sb., v závislosti na náročnosti vykonávané činnosti, tj. na energetickém výdeji zaměstnanců popsaném třídou práce*

Třída práce	**Energetický výdej M [W.m^{-2}]**	**$t_{o\ min}$ nebo $t_{g\ min}$ [°C]**	**$t_{o\ max}$ nebo $t_{g\ max}$ [°C]**	**Rychlost proudění v_a [m.s^{-1}]**	**Relativní Vlhkost Rh [%]**
I	≤ 80	20	27	0,01 až 0,2	30 až 70
IIa	81 až 105	18	26		
IIb	106 až 130	14	32	0,05 až 0,3	
IIIa	131 až 160	10	30		
IIIb	161 až 200	10	26	0,1 až 0,5	
IVa	201 až 250	10	24		
IVb	251 až 300	10	20		
V	301 a více	10	20		

Dodržení přípustných teplot podle této tabulky se nevyžaduje za mimořádně teplého dne, kterým se rozumí den, kdy nejvyšší teplota venkovního vzduchu dosáhla hodnoty vyšší než 30 °C, překročení uvedených teplot je řešeno v dalších tabulkách jako dlouhodobě a krátkodobě únosná doba práce za daných vyšších teplotních podmínek.
Zcela samostatně jsou zde dále řešena klimatizovaná pracoviště, kde je klimatizace použita nikoli z důvodů technologických požadavků na prostředí, ale k zajištění optimální pohody prostředí. Pracoviště jsou ještě rozdělena do tří kategorií (A, B, C), podle požadované kvality prostředí a náročnosti vykonávané činnosti:
Kategorie A platí pro klimatizovaná pracoviště s požadovanou vysokou kvalitou prostředí, na nichž je vykonávaná práce náročná na pozornost a soustředění.
Kategorie B platí pro klimatizovaná pracoviště s požadovanou střední kvalitou prostředí při práci vyžadující průběžnou pozornost a soustředění.
Kategorie C platí pro ostatní klimatizovaná pracoviště – podrobně tab. 3.

***Tab. 3** Přípustné hodnoty nastavení mikroklimatických podmínek pro klimatizované pracoviště třídy I a IIa*

Třída práce	**Energetický výdej M [W.m^{-2}]**	**Kategorie**	**Klimatizovaná pracoviště**				**Rychlost proudění v_a [m.s^{-1}]**	**Relativní vlhkost Rh [%]**
			Nastavení vytápění		**Nastavení chlazení**			
			Tepelný odpor oděvu 1,0 clo		**Tepelný odpor oděvu 0,5 clo**			
			t_{omin} (t_{gmin}) [°C]	**t_{omin} (t_{gmin}) [°C]**	**t_{omin} (t_{gmin}) [°C]**	**t_{omin} (t_{gmin}) [°C]**		
I	≤ 80	A	22	±1,0	24,5	±1,0	0,05 až 0,2	30 až 70
		B		±1,5		±1,5 -1,0		
		C		+2,5 -2,0		+2,5 -2,0		
IIa	81-105	A	20	±1,0	23	±1,0		
		B		±1,5		±1,5 +1,0		
		C		+2,5 -2,0		+2,5 -2,0		

P**ozn**: Tabulka je uvedena ve stejném znění jako v NV, **nejedná se však o teploty minimální**, ale o stanovený optimální rozsah teplot

Obdobným způsobem jsou v NV č. 93/2012 Sb. stanoveny i limity pro působení rozdílné horizontální tepelné zátěže na úrovni hlavy zaměstnance – působení teplých a chladných povrchů. Dále jsou uvedeny i limitní rozdíly výsledných teplot mezi hlavou a kotníky při dané teplotě v úrovni hlavy zaměstnance.

Větrání

Množství vyměňovaného vzduchu se určuje s ohledem na vykonávanou práci a její fyzickou náročnost. Minimální množství venkovního vzduchu přiváděného na pracoviště musí být:

- 25 m^3.h^{-1} na zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do tříd práce I nebo IIa na pracovišti bez přítomnosti chemických látek, prachů nebo jiných zdrojů znečištění,
- 50 m^3.h^{-1} na zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do tříd práce I nebo IIa na pracovišti s přítomností chemických látek, prachů nebo jiných zdrojů znečištění,

- 70 $m^3.h^{-1}$ na zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do tříd práce IIb až IIIa,
- 90 $m^3.h^{-1}$ na zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do tříd práce IVa až V.

Pokud se na pracovišti vyskytuje další zátěž teplem nebo pachy, zvyšuje se dávka vzduchu o 10 $m^3.h^{-1}$. Je-li na pracoviště přístup veřejnosti (např. supermarkety apod.), zvyšuje se množství přiváděného venkovního vzduchu úměrně předpokládané zátěži 0,2 až 0,3 osoby/m^2 nezastavěné podlahové plochy.

ŠKOLSKÁ ZAŘÍZENÍ

Požadavky na jednotlivé faktory vnitřního prostředí jsou řešeny vyhláškou č. 410/2005 Sb. ve znění vyhlášky č. 343/2009 Sb.

Jsou zde uvedeny požadavky na mikroklimatické podmínky a větrání, chemické látky a prašnost se řeší podle vyhlášky č. 6/2003 Sb. pro pobytové prostory. Bohužel chybí limit pro koncentrace CO_2, jehož nárůst v utěsněných a nedostatečně větraných školských budovách je v současnosti vysoký a má za následek nadměrnou únavu, nesoustředěnost i drobné zdravotní obtíže žáků i učitelů.

Uváděné dávky vzduchu jsou ve vyhlášce označeny jako „intenzita větrání čerstvým vzduchem“ – viz tab. 4. Osvětlení je opět řešeno odkazem na normové hodnoty.

Tab. 4 *Intenzita větrání čerstvým vzduchem v zařízení a provozovnách pro výchovu a vzdělávání*

Typ prostoru	**Výměna vzduchu [$m^3.h^{-1}$]**
Učebny	20 až 30 na 1 žáka
Tělocvičny	20 až 90 na 1 žáka *
Šatny	20 na 1 žáka
Umývárny	30 na 1 umyvadlo
Sprchy	150 200 na 1 sprchu
Záchody	50 na 1 kabinu 25 na 1 pisoár

* s ohledem na využití tělocvičny

Tab. 5 *Celoročně přípustné parametry mikroklimatických podmínek*

Typ prostoru	**Výsledná teplota**			**Rychlost proudění v_a [$m.s^{-1}$]**	**Relativní vlhkost Rh [%]**
	$t_{g\ min}$ [°C]	**$t_{g\ opt}$ [°C]**	**$t_{g\ max}$ [°C]**		
Učebny	20	22 ± 2	28	0,1 až 0,2	30 až 65
Tělocvičny	18	20 ± 2	28	0,1 až 0,2	30 až 65
Umývárny	20	22 ± 2	28	-	-
Sprchy	24	-	-	0,1 až 0,2	30 až 65
Záchody	18	-	-	0,1 až 0,2	30 až 65
Chodby	18	-	-	0,1 až 0,2	30 až 65

POBYTOVÉ PROSTORY

Platí vyhláška č. 6/2003 Sb. - vůbec neřeší větrání, jen mikroklimatické podmínky, ale dost zmatečně – nerozlišuje např. u sportovních hal jejich využití – požaduje stejné teploty pro zimní stadiony i tenisové haly apod. Je zde uvedeno i několik limitů pro chemické látky a prach (chybí však základní limit pro CO_2).

Tab. 6 *Celoročně přípustné teploty v pobytových prostorách podle vyhlášky č. 6/2003 Sb. při rychlosti proudění vzduchu 0,13 až 0,25 m.s^{-1} a relativní vlhkosti 30 až 65 %*

typ pobytové místnosti	**výsledná teplota t_g [°C] období roku**	
	teplé	**chladné**
ubytovací zařízení	24,0 ± 2,0	22,0 ± 2,0
zasedací místnost staveb pro shromažďování většího počtu osob	24,5 ± 1,5	22,0 ± 2,0
haly kulturních a sportovních zařízení	24,5 ± 1,5	22,0 ± 2,0
učebny	24,5 ± 1,5	22,0 ± 2,0
ústavy sociální péče	24,0 ± 2,0	22,0 ± 2,0
zdravotnická zařízení	24,0 ± 2,0	22,0 ± 2,0
výstaviště	24,5 ± 2,5	22,0 ± 3,0
stavby pro obchod	23,0 ± 2,0	19,0 ± 3,0

POBYTOVÉ PROSTORY, BYTY A BYTOVÉ DOMY

Pobytové prostory tentokrát ve stavební vyhlášce, tj. ve vyhlášce č. 20/2012 Sb. Tato novelizace předchozí vyhlášky č. 268/2009 Sb. jednoznačně stanovuje požadavky na větrání, rozlišuje pobytové místnosti a obytné místnosti.

Pobytové místnosti

Jsou definované jako prostory, které svou polohou, velikostí a stavebním uspořádáním splňují požadavky, aby se v nich zdržovaly osoby. Je požadováno, aby v době pobytu osob bylo množství vyměňovaného venkovního vzduchu 25 m^3/h na osobu, nebo minimální výměna vzduchu 0,5 h^{-1}. Jako ukazatel kvality vnitřního prostředí slouží oxid uhličitý CO_2, jehož koncentrace ve vnitřním vzduchu nesmí překročit hodnotu 1500 ppm (což je požadavek značně změkčený, původní limit byl 1000 ppm).

Obytné místnosti

Musí mít zajištěno dostatečné větrání venkovním vzduchem a vytápění v souladu s normovými hodnotami. Podrobné požadavky na větrání bytů a bytových domů včetně doporučených systémů větrání, celé koncepce větrání bytů a vzorových výpočtů uvádí **ČSN EN 15665/Z1** Větrání budov - Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov.

***Tab. 7** Požadavky na větrání obytných budov podle národní přílohy Z1 k ČSN EN 15665*

Požadavek	**Trvalé větrání (průtok venkovního vzduchu)**		**Nárazové větrání (průtok odsávaného vzduchu)**		
	Intenzita větrání [h^{-1}]	**Dávka venkovního vzduchu na osobu** [$m^3/(h \cdot os)$]	**Kuchyně** [m^3/h]	**Koupelny** [m^3/h]	**WC** [m^3/h]
Minimální hodnota	0,3	15	100	50	25
Doporučená hodnota	0,5	25	150	90	50

V době, kdy obytné budovy nejsou dlouhodobě využívány, je možné snížit intenzitu větrání až na 0,1 h^{-1}. Norma upozorňuje na skutečnost, že větrání infiltrací spárami oken nelze pro budovy s těsnými okny použít, řeší i malou účinnost rotačních větracích hlavic a větrání prostorů s plynovými spotřebiči typu A a B – odkazem na požadavky TPG 70401 Odběrná plynová zařízení a spotřebiče na plynná paliva v budovách. Tento odkaz je velmi důležitý, protože v současně době stále přibývá otrav oxidem uhelnatým, které jsou vyvolány právě nedostatečným větráním prostor s plynovými spotřebiči. Při nuceném větrání bytů s plynovými spotřebiči musí chod vzduchotechniky vždy respektovat provoz plynových spotřebičů.

Existuje další řada našich a převzatých norem, které se zabývají požadavky na kvalitu vnitřního prostředí budov, např.:

ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky
ČSN EN 15251 Vstupní parametry vnitřního prostředí pro návrh a posouzení energetické náročnosti budov s ohledem na kvalitu vnitřního vzduchu, tepelného prostředí, osvětlení a akustiky
ČSN EN 13779 Větrání nebytových budov – Základní požadavky na větrací a klimatizační systémy
ČSN EN 15242 Větrání budov - Výpočtové metody pro stanovení průtoku vzduchu v budovách včetně infiltrace.
ČSN EN 12599 Větrání budov - Zkušební postupy a měřicí metody pro přejímky instalovaných větracích a klimatizačních systémů

Výčet norem by byl samozřejmě širší, kdo je potřebuje, tak je zná a pracuje s nimi. Jsou to pouze doporučení, která je ale možno do určité míry zezávaznit.

ZÁVĚR

Právně závazných požadavků týkajících se kvality vnitřního prostředí budov máme hodně, práce s nimi není vždy jednoduchá. Základem ale vždy musí být dostatečné větrání – při respektování nutných energetických nároků na větrání.

SYSTÉMY AKUMULACE CHLADU

Miroslav Němčík

nemcik@ciat.cz

ÚVOD

V dnešní době kdy ceny energií neustále stoupají je při stavbě a provozu budov nebo průmyslových provozů dáván větší důraz na ekologii a ekonomiku provozu tak se začíná používat i v našich zeměpisných šířkách netradiční řešení, jako je například akumulace chladu. Akumulace chladu má své nesporné výhody a při správném návrhu a provozu tohoto systému ušetří investorovi nemalé finanční prostředky.

PRINCIP AKUMULACE CHLADU

Soustavu vždy tvoří výrobník chladu, akumulátor chladu, řídící armatury, oddělovací výměník a regulace která řídí chod všech armatur a zajišťuje efektivní využívání elektrické energie. Ve chvíli kdy není potřeba chladit, výrobník chladu vyrábí energii do zásoby a ukládá ji do akumulátoru chladu. Jakmile je potřeba použít chladící energii, tak ji z akumulátoru čerpáme do systému chlazení.

Základní režimy provozu:

- Nabíjení – výrobník chladu vyrábí chlad do zásoby
- Vybíjení – z akumulátoru chladu odebíráme uchovanou chladící energii.

POUŽITÍ AKUMULACE CHLADU

V zásadě se akumulace chladu dá použít kdekoliv, kde je přerušovaná potřeba chladu. Například: 1 hodinu potřebujeme chladící výkon 1000 kW a pak 3 hodiny nepotřebujeme chladit. Díky akumulaci můžeme použít výrobník chladu o chladícím výkonu jen 350 kW.

Tato technologie je použitelná v průmyslových procesech, administrativních budovách, nemocnicích (i jako záložní zdroj chladu pro operační sály), koncertní sály, kina, divadla nebo jiná místa kde je přerušovaná potřeba chlazení.

VÝHODY AKUMULACE CHLADU

Akumulace chladu se využívá kvůli mnoha výhodám:

- slouží k přesunu výroby chladu z časů kdy je drahá elektřina do časů, kdy je levnější.
- při akumulaci je lepší využití výrobníku chladu, který při standardním zapojení pracuje na 100% výkon jen cca 1,6% z chladící sezóny
- pro zmenšení velikosti výrobníku chladu o 30 až 70%
- snížení rezervovaného příkonu na výrobu chladu o 30 až 70%
- narovnání křivky spotřeby elektrické energie v čase
- snížení počtu startů výrobníků chladu
- snížení startovacího proudu
- zmenšení trafostanice
- jako záložní zdroj chladu pro případ výpadku elektrické energie například pro operační sály nemocnic.

NEVÝHODY AKUMULACE CHLADU

Jako každá technologie má i akumulace chladu nějaké nevýhody

- je náročnější na prostor (je nutné vybudovat akumulační zásobník)
- je dražší na instalaci (navýšení je cca 5-15%)

DRUHY AKUMULACE CHLADU

V zásadě je možné akumulovat chlad do kapaliny bez změny skupenství, nebo do kapalin využívající změnu skupenství.

AKUMULACE CHLADU DO KAPALIN BEZ ZMĚNY SKUPENSTVÍ

Chlad se uchovává v nádrži s chladnou kapalinou (vodou, glykolem nebo jinou kapalinou), která ale nemění své skupenství.

Výhody

- všechny výhody spojené s akumulací chladu
- mezi výrobníkem chladu a distribučním systémem nemusí být žádný oddělovací výměník
- energii je možné čerpat okamžitě (tzn. pokud potřebujeme okamžitý výkon jen po velmi krátkou dobu, pak je tato varianta nejlepší)

Nevýhody

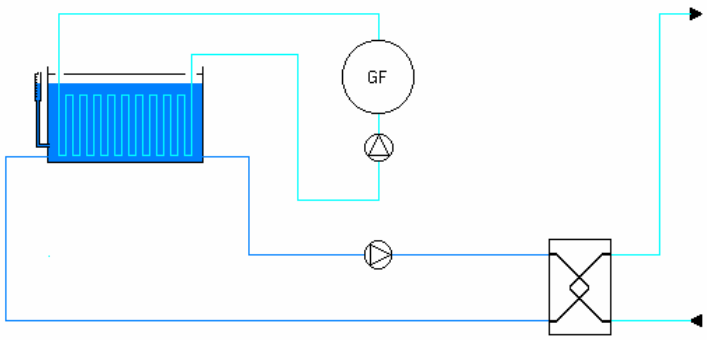
- obrovské objemy kapalin, které se musí uchovávat (cca 10X větší objem než při akumulaci do kapalin se změnou skupenství)
- uložená energie se neuvolňuje ve stálé teplotě (objem kapaliny se neustále ohřívá)

Akumulace chladu do kapalin se změnou skupenství

Chlad se uchovává v nádrži se zmrzlou kapalinou (kapalina změnila své skupenství z kapalného na pevné). Velkou výhodou je malý objem nádrže (asi 10 až 15% objemu, proti akumulaci do kapaliny bez změny skupenství). Mezi výhody patří i to že se energie uvolňuje při stálé teplotě.

Akumulace chladu do ledu - externí rozmrazování

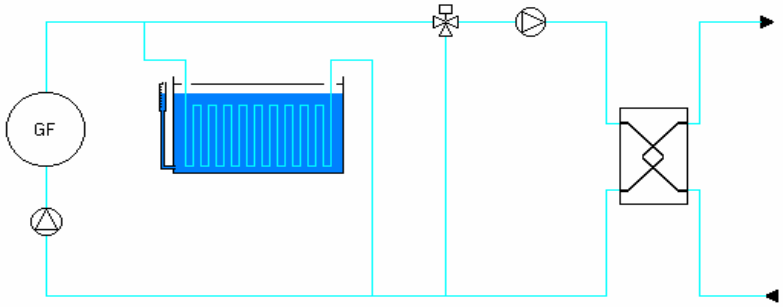
Výrobník chladu je naplněn nemrznoucí směsí, která proudí ve svazku trubek, které chladí kapalinu která změní své skupenství. Svazek trubek i kapalina jsou umístěny v izolované nádobě. Při režimu nabíjení nemrznoucí směs ochlazuje kapalinu v nádobě, která začne měnit své skupenství. Při režimu vybíjení je kapalina která nezmrzla , ale má nízkou teplotu čerpána do systému chlazení odkud se po ohřátí vrací do nádoby, kde rozpouští led a ochlazuje se. Mezi nádobou a systémem chlazení může nebo nemusí být použit oddělovací výměník tepla, který zabraňuje riziku případného nasání ledové tříště do systému a také riziku zavzdušnění systému.



Výhody
všechny výhody spojené s akumulací chladu

Nevýhody
- velké riziko poškození svazku trubek v nádobě (trubky jsou obaleny ledem a hrozí jejich deformace. Při proniknutí vody do okruhu s výrobníkem chladu hrozí riziko zamrznutí výparníku a tím pádem zničení výrobníku chladu a znehodnocení všech náplní v systému)
- oběhové čerpadlo na vodní části musí být odolné proti případnému nasátí ledové tříště
- okruh se musí neustále odvzdušňovat , protože voda která mrzne se musí neustále provzdušňovat
- výrobník chladu musí vyrábět velmi nízkou teplotu kapaliny (cca -10°C)
- výrobník chladu pracuje pouze v režimu nabíjení (při vyšších venkovních teplotách je velmi špatná účinnost výroby chladu)
- při nabíjení brání přenosu energie do vody led, který se nabaluje na svazek trubek
- v případě poruchy svazku trubek je nutné vypustit celou zásobu vody

Akumulace chladu do ledu - interní rozmrazování
Výrobník chladu je naplněn nemrznoucí směsí , která proudí ve svazku trubek, které ochlazují kapalinu která mění své skupenství. Svazek trubek i kapalina jsou umístěny v izolované nádobě. Při režimu nabíjení nemrznoucí směs ochlazuje kapalinu v nádobě, která začne měnit své skupenství. Při režimu vybíjení voda (led) předává energii zpátky do nemrznoucí směsi ve svazku trubek a ta poté přes deskový výměník předává chladící energii do systému chlazení. Při režimu vybíjení je možné provozovat i výrobník chladu na jiný teplotní spád a díky tomu snížit objem akumulace chladu.

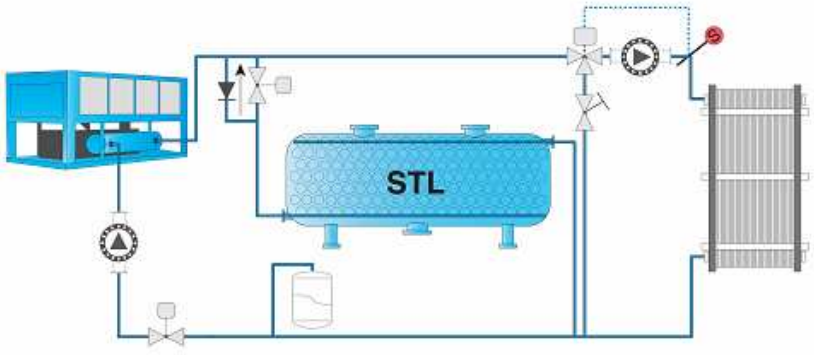


Výhody
- všechny výhody spojené s akumulací
- možnost provozování výrobníku chladu ve více provozních režimech

Nevýhody
- velké riziko poškození potrubí ve výměníku (při proniknutí vody do okruhu s výrobníkem chladu hrozí riziko zamrznutí výparníku a tím pádem zničení výrobníku chladu a znehodnocení všech náplní v systému)
- výrobník chladu musí vyrábět velmi nízkou teplotu kapaliny(cca -10°C)
- při nabíjení brání přenosu energie do vody led, který se nabaluje na potrubí
- v případě poruchy svazku trubek je nutné vypustit celou zásobu vody
- velmi pomalé rozmrazování

Akumulace chladu do kapalin se změnou skupenství v uzavřených obalech

Výrobník chladu je naplněn nemrznoucí směsí volně proudící v akumulátoru chladu kolem plastových kuliček (průměr 98 mm) v nichž je speciální směs, která se při režimu nabíjení mění své skupenství. V režimu vybíjení nemrznoucí směs opět proudí kolem kuliček a odebírá z nich chladící energii, kterou dále předává přes deskový výměník do systému. Při režimu vybíjení je možné provozovat i výrobník chladu na jiný teplotní spád a díky tomu snížit objem akumulátoru chladu.



Výhody

- všechny výhody spojené s akumulací chladu
- ještě menší objem než objem klasických akumulací chladu
- při prasknutí 1 ks kuličky nehrozí riziko zamrznutí výrobníku chladu
- možnost použít více menších nádrží
- nádrže mohou být vertikální, horizontální, vnitřní vnější, betonové, ocelové, plastové, válcové, hranaté
- nabíjecí teplota cca -5°C
- výrobník chladu pracuje s více teplotními režimy
- velmi rychlé vybíjení

Nevýhody

- vyšší cena za instalaci než klasická akumulace s interním nebo externím rozmrazováním.

POROVNÁNÍ VARIANT

Každý druh akumulace má své nesporné výhody i nevýhody.

Pokud potřebujete krátkodobě (do 30 minut) velký výkon, tak je nejlepší akumulace do kapaliny bez změny skupenství. Při delší potřebě chlazení než 1 hodina je již lepší použít akumulaci chladu se změnou skupenství. Z akumulací chladu má nejvíce výhod akumulace chladu do kapalin v uzavřených obalech.

ZÁVĚR

Tradiční systém chlazení (výrobník chladu má stejný výkon jako je maximální uvažovaná potřeba chladu) je investičně levnější, prostorově méně náročnější, technicky jednodušší, než systémy akumulace chladu, ale z hlediska provozních nákladů je lepší systém akumulace chladu. Návratnost investice se pohybuje do 7 let v závislosti na cenách energií a různých poplatků za připojení, za připravenou stálou kapacitu.

DISTRIBUCE VZDUCHU V AKUSTICKY NÁROČNÝCH MÍSTNOSTECH

Richard Nový

ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí
richard.novy@fs.cvut.cz,

ÚVOD

Při návrhu klimatizačních zařízení bývá většinou základním parametrem, který má klimatizace dodržet, předepsaný soubor mikroklimatických veličin, jako je teplota vzduchu, operativní teplota, relativní vlhkost vzduchu, rychlost proudění vzduchu apod. Velice často se zapomíná na akustickou pohodu prostředí, která bývá v řadě případů hlavním limitujícím parametrem při projektování vzduchotechnických zařízení. Technická veřejnost si obvykle pamatuje jako limitující hladinu akustického tlaku A, která je pro chráněný vnitřní prostor staveb stanovena Nařízením vlády č. 272/2011 Sb. „o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací“ na minimální úrovni L_{Amax} = 30 dB. Při existenci čistých tónů ve spektru hluku se hygienický limit snižuje ještě o 5 dB. Uvedené hlukové limity jsou pro řadu techniků velice přísné a těžko splnitelné. Bohužel existují případy, kdy se akustická náročnost nestanovuje shora uvedeným Nařízením vlády č. 272/2011, ale přísnější normou ČSN 73 0526 Akustiky – Projektování v oboru prostorové akustiky – Studia a místnosti pro snímání, zpracování a kontrolu zvuku kde je na hluk vzduchotechniky pohlíženo mnohem přísněji. V kapitole 4 Technické požadavky, odstavec 4.1 Ochrana proti hluku, jsou uvedeny požadavky na hluk pozadí. Z odstavce 4.1.1 cituji:

„*Před rozhodnutím o výstavbě zvukového studia či místnosti pro zpracování zvuku je potřeba posoudit zvolené místo z hlediska potřebné ochrany před hlukem. Přitom je třeba respektovat, že požadavky na ochranu místnosti pro snímání zvuku před okolním hlukem jsou mimořádně vysoké v celém slyšitelném kmitočtovém pásmu. Hluk od zdrojů funkčně nesouvisejících s provozem studia či režie včetně hluku větrání, vytápění, osvětlení atd. tvoří ve studiu či režii hluk pozadí.*

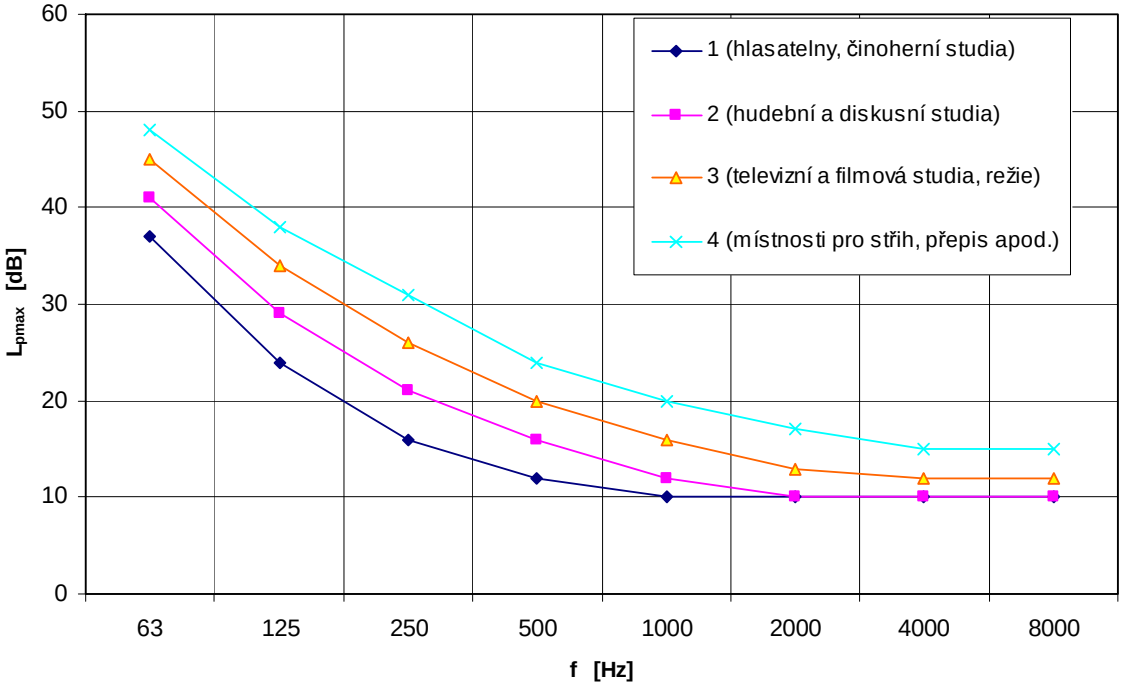
Nejvyšší přípustné maximální hladiny akustického tlaku pozadí L_{pmax} [dB] *ve studiích, místnostech určených pro záznam zvuku a v režiích (místnostech pro poslech a zpracování zvuku) jsou závislé na způsobu využití místností.*

Nejvyšší přípustné hladiny akustického tlaku v oktávových kmitočtových pásmech jsou rozděleny do 4 skupin, které jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1 *Rozdělení studií a režií do skupin podle nejvyšší přípustné maximální hladiny akustického tlaku pozadí* L_{pAmax} *[dB] podle ČSN 73 0526*

Střední kmitočet v okt. Pásmu [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1 (hlasatelny, činoherní studia)	37	24	16	12	10	10	10	10
2 (hudební a diskusní studia)	41	29	21	16	12	10	10	10
3 (televizní a filmová studia, režie)	45	34	26	20	16	13	12	12
4 (místnosti pro střih, přepis apod.)	48	38	31	24	20	17	15	15

Z uvedených spekter hladiny akustického tlaku je zřejmé, že dodržení uvedených hlukových limitů je velice obtížné a vyžaduje při projektování VZT účast odborníka na hluk vzduchotechnických zařízení.



Obr. 1 *Rozdělení studií a režií do skupin podle nejvyšší přípustné maximální hladiny akustického tlaku pozadí podle ČSN 73 0526*

DISTRIBUCE VZDUCHU

Hluk vzduchotechnického zařízení uvnitř větraného chráněného prostoru se skládá z dílčích signálů. Hlavním zdrojem bývají ventilátory (přiváděcí a odváděcí) a jednotlivé elementy potrubních sítí ve smyslu generace aerodynamického hluku. Vhodným návrhem rozměrů potrubí a tlumičů hluku do potrubí je technicky možné tyto nežádoucí zdroje hluku přiměřeně potlačit. Tlumiče hluku však není možné aplikovat na koncové elementy zajišťující požadovanou distribuci vzduchu. Návrh vyústek vychází z požadavku zaplavení pásma pobytu osob čerstvým upraveným vzduchem. S tím souvisí nejenom vzdálenost vyústek od pásma pobytu osob ale také pracovní rozdíl teplot mezi teplotou vzduchu v pásmu pobytu osob a teplotou přiváděného vzduchu.

Koncové elementy se navrhují a vyrábějí v řadě velikostí a tvarů. Základním případem přívodu vzduchu je výtok vzduchu otvorem do volného prostoru. Pro přesné určení tohoto distribučního elementu se obvykle hovoří o přívodu vzduchu dýzou nebo tryskou u které je zaručena určitá minimální intenzita turbulence ve výtokovém otvoru. Grafické vyjádření tzv. „zatopeného proudu vzduchu“ je obecně známé, jak je prezentováno na obr. 2. Předpokládá se v tomto případě izotermický proud.

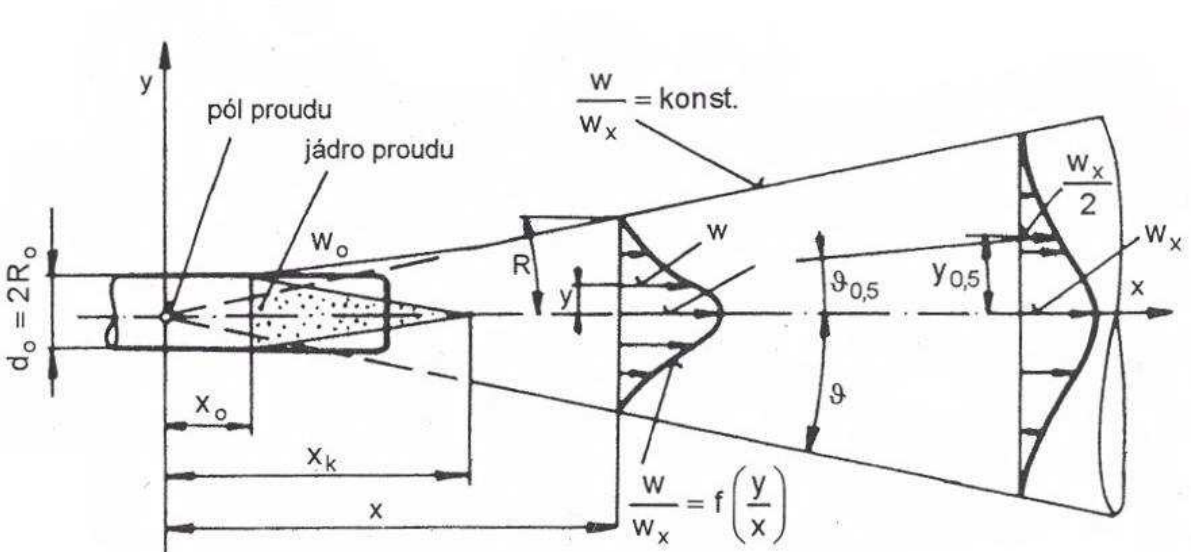
Jak ukazuje schéma na obr. 2, volný proud s konečným počátečním průřezem S_0 se ve větší vzdálenosti (hlavní oblast volného proudu) prakticky shoduje s teoretickým případem výtoku vzduchu z bodového zdroje.

Veličinami důležitými pro návrh vyústek jsou osová rychlost w_x a objemový průtok V_0.

Nejbližší oblast se nazývá jádrem proudu, která sahá cca do poměrné vzdálenosti $x_k/d_0 = 4$ až 5. V prostoru jádra proudu se udržuje původní výtoková rychlost w_0 .

Podle [2] (H. Schlichtinga) je možno vyjádřit rychlostní profil v hlavní části proudu vztahem

$$\frac{w}{w_x} = \left[1 - \left(\frac{y}{R}\right)^{1,5}\right]^2 \tag{1}$$



Obr. 2 *Schéma kruhového volného proudu [1]*

Poloměr *R* souvisí s úhlem rozšiřování proudu vzduchu, který činí $\vartheta \cong 12,4^\circ$.

Střední rychlost podle průřezu w_s možno vyjádřit vztahem

$$w_s.S = \int_S w.dS \tag{2}$$

Provedením naznačené integrace je možno získat tzv. součinitel rychlostního pole *k*

$$k = \frac{w_s}{w_x} \tag{3}$$

který má pro kruhový proud hodnotu $k = 0{,}258$.

Z rovnice kontinuity lze odvodit tzv. konstantu vyústky K_s, která pro výtok vzduchu tryskou s kontrakcí činí maximálně $K_S \cong 7$. Její hodnota souvisí s poměrnou rychlostí w_x/w_0 vztahem

$$\frac{w_x}{w_0} = K_S \frac{\sqrt{S_0}}{x} \tag{4}$$

Projektant při návrhu distribuce požaduje v určitém místě větraného prostoru, který je ve vzdálenosti *x* [m] předepsanou rychlost proudění vzduchu w_x [m/s]. Často se v tomto smyslu hovoří o dosahu proudu.

Větraná místnost má architektem stanovený půdorys a celkový objem. Zda se použije jedna přiváděcí vyústka nebo celý soubor přiváděcích koncových elementů souvisí s celkovým požadovaným přívodem vzduchu *V* [m^3/s] a právě dosahem proudu. Pokud označíme počet přiváděcích vyústek *z* [-], tak musí pro přívod vzduchu jednou vyústkou platit rovnice

$$V_0 = \frac{V}{z} = w_0 S_0 \tag{5}$$

Po dosazení do vztahu (4) se získá pro stanovení potřebného průřezu přiváděcí vyústky kvadratická rovnice. Po nezbytné úpravě rovnice je k dispozici výpočtový vztah

$$S_0 = \left(\frac{K_S.V}{z.w_x.x} \right)^2 \qquad (6)$$

Ze vztahu je zřejmé, že určení potřebného průřezu vyústky je závislé nejenom na parametru vyústky K_S, ale zejména na požadované rychlosti proudění v kontrolním místě w_x [m/s] vzdáleném od vyústky x [m].

Nyní je třeba dát do souvislosti aerodynamické charakteristiky s problematikou hluku.

3. AERODYNAMICKÝ HLUK

Generace aerodynamického hluku při výtoku vzduchu tryskou byla podrobně sledována v souvislosti s konstrukcí leteckých motorů. Tento případ možno přirovnat k teoretickému zdroji 2 řádu, tzv. quadrupólu u něhož celkový akustický výkonu W [W] odpovídá funkční závislosti

$$W \approx \rho_0 w_0^n c^5 D_0^2 \qquad (7)$$

kde je ρ_0 [kg/m^3] hustota vzduchu,

c [m/s] rychlost šíření zvuku,

D_0 [m] průměr trysky,

n [-] exponent, závislý na hodnotě Ma čísla. Pro poměry proudění vzduchu ve vzduchotechnice tomu odpovídá přibližně exponent n = 6.

Při hodnocení hluku je velmi důležité znát kmitočtové složení zvuku.

Z řady publikovaných informací [1], [3] i vlastních experimentů na FS ČVUT v Praze byla získána obecná závislost relativní hladiny akustického výkonu trysky v 1/3 oktávových pásmech na hodnotě Strouhalova čísla

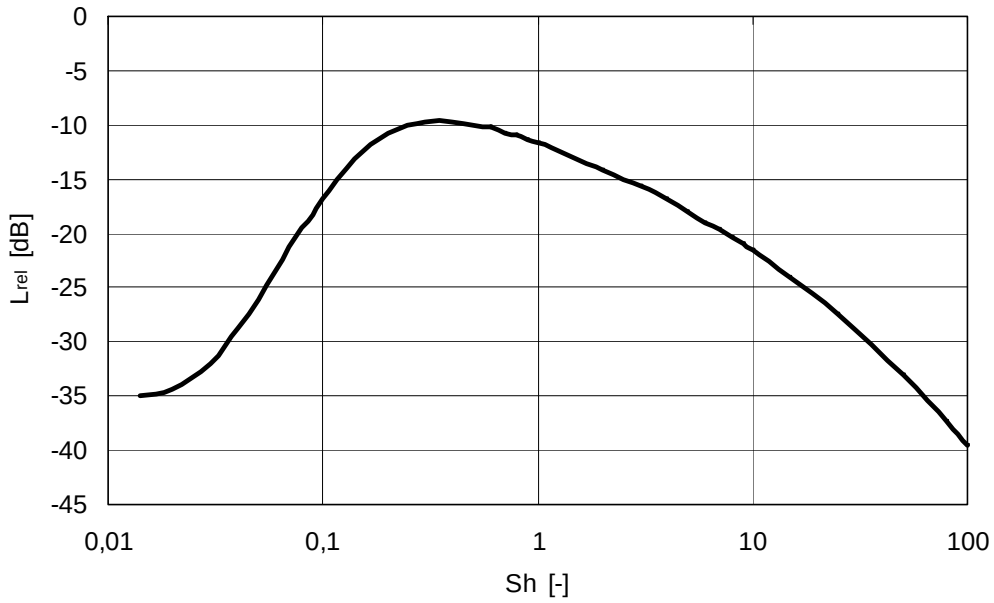
$$Sh = \frac{f.D_0}{w_0} \qquad (8)$$

Závislost je vyjádřena graficky na diagramu v obr. 3. Při parametrech, se kterými musí počítat konstruktéři proudových a raketových motorů, bude Strouhalovo číslo dosahovat relativně nízkých hodnot. Při použití trysek při distribuci vzduchu v oblasti vzduchotechniky

se bude jednat o vyšší hodnoty Sh. Například pro trysku o průměru výtokového otvoru D_0 = 0,15 m a výtokové rychlosti w_0 = 7 m/s bude Sh číslo dosahovat v rozsahu pásma slyšitelnosti hodnoty 1,5 až 170. Tzn., že se spektrální složení generovaného hluku bude nacházet na pravé části křivky v diagramu na obr. 3.

Hladina akustického výkonu $L_{W1/3}$ [dB] v 1/3 oktávovém pásmu se určí ze známé celkové hladiny akustického výkonu L_W [dB] podle vztahu

$$L_{W1/3} = L_W + L_{rel} \qquad (9)$$



Obr. 3 *Relativní spektrum hladiny akustického výkonu trysky v 1/3 oktávových pásmech*

V technické firemní literatuře se často uvádí hluk koncových elementů hladinou akustického výkonu A L_{WA} [dB] v závislosti na rozměru vyústky a rychlosti proudění vzduchu. Z publikovaných údajů v technické literatuře o hlučnosti trysek lze odvodit výpočtový vztah

$$L_{WA} = 56,76.\log(w_0) + 0,95.\log(S_0) - 7,676 \qquad (10)$$

Podle Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. „o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací“ se hygienické limity hluku určují hladinou akustického tlaku A L_A [dB], takže uvedený výpočtový vztah (10) je možno použít pro praktické výpočty.

Aby bylo možné dát do přímého vztahu hlučnost a parametry související s dosahem proudu vzduchu, tak je třeba dát do vzájemné závislosti vztahy (5), (6) a (10). Po vzájemném dosazení lze hladïnu akustického výkonu A trysky vyjádřit vztahem

$$L_{WA} = -37,76.\log\left(\frac{V}{z}\right) - 94,5.\log\left(\frac{K_S}{w_x.x}\right) - 7,676 \qquad (11)$$

POHLTIVOST PROSTORU

Do problému ochrany před nadměrným hlukem vstupuje akustičnost daného větraného prostoru. Obecně platí pro šíření hluku v uzavřeném prostoru vztah

$$L_p = L_W + 10.\log\left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4(1-\alpha_m)}{S\alpha_m}\right) \qquad (12)$$

kde je L_p [dB] hladina akustického tlaku v kontrolním místě,
L_W [dB] hladina akustického výkonu zdroje hluku,
Q [-] směrový činitel,
r [m] vzdálenost od zdroje (od vyústky),
S [m^2] plocha stěn ohraničující větranou místnost,
α_m [-] střední činitel pohltivosti stěn.

Vztah (12) je možno zjednodušit pro případ, že pro zlomky ve vztahu platí nerovnost

$$\frac{Q}{4\pi r^2} \ll \frac{4(1-\alpha_m)}{S\alpha_m} \tag{13}$$

Tehdy se jedná o případ, kdy posluchač je v tzv. poli odražených vln. Hladina akustického tlaku v poli odražených vln se již nemění se vzdáleností posluchače od zdroje a je závislá čistě na akustických vlastnostech místnosti.

Střední činitel pohltivosti stěn prostoru je veličina proměnlivá s kmitočtem. Obecně platí, že činitel pohltivosti dosahuje nižších hodnot v nižších kmitočtových pásmech. Naopak ve vyšších kmitočtech dosahuje maximálních hodnot.

Vztah (12) lze aplikovat i pro výpočet hladiny akustického tlaku A L_{pA} [dB], pokud lze kvalifikovaně odhadnout, nebo výpočtem stanovit střední činitel pohltivosti α_m.

Za předpokladu, že je hlučnost limitována hladinou akustického tlaku A L_{pA} [dB] stačí z rovnice (11) určit pro další zadané parametry, jako je přívod vzduchu V [m^3/s], rychlost proudění w_x [m/s] v kontrolním místě vzdáleném o hodnotu x [m] a konstantu K_s zvolené vyústky jejich počet z [-].

Pro náročné prostory, o kterých je zmínka v úvodu článku, jsou hlukové limity dány limitními hladinami v oktávových pásmech. Při přesném dodržení normy bude třeba výpočty opakovat pro jednotlivá oktávová pásma.

Tvar limitních křivek v diagramu na obr. 1 poněkud připomíná kmitočtový průběh útlumové křivky filtru A, což nabízí provedení zjednodušeného výpočtu v hladinách akustického tlaku. Limitní spektra hladin akustického tlaku v tab. 1 lze přirovnat k hladinám akustického tlaku A, které jsou uvedeny v tab.2.

Pro takto stanovenou limitní hodnotu hladiny akustického tlaku A je možno kvalifikovaně provést první odhad optimálního řešení a to mezi problémy aerodynamickými a akustickými.

Tab. 2 *Limitní hladiny akustického tlaku A odpovídající jednotlivým skupinám*

Hladina akustického tlaku A [dB]	L_{Amax}
1 (hlasatelny, činoherní studia)	18,7
2 (hudební a diskusní studia)	21,3
3 (televizní a filmová studia, režie)	25,3
4 (místnosti pro střih, přepis apod.)	29,2

Je možno přistoupit k řešení rovnice, kde na levé straně je limitní hladina akustického výkonu A a na pravé straně hladina akustického výkonu generovaná jednou tryskou

$$L_{Amax} - 10.\log\left(\frac{4(1-\alpha_m)}{S\alpha_m}\right) - 10.\log(z) = -37,76.\log\left(\frac{V}{z}\right) - 94,5.\log\left(\frac{K_S}{w_x.x}\right) - 7,676 \tag{14}$$

Pro ilustraci návrhu větracích přiváděcích otvorů při dodržení extrémně nízkých hlukových limitů bude uvedeno několik typických případů řešení. Pro jednoduchost budou uvažovány izotermní případy přívodu vzduchu a bude zanedbáno případné vzájemné působení dvou sousedních zatopených proudů vzduchu, což přichází do úvahy, když je jejich vzdálenost relativně malá.

Příklad 1

Nahrávací rozhlasové studio má stavební rozměry 30 x 20 x 7 m.

Střední činitel pohltivosti stěn studia $\alpha_m = 0{,}25$ [-]

Útlum zvuku v poli odražených vln, tedy hodnota $10.\log\left(\frac{4(1-\alpha_m)}{S\alpha_m}\right)$ = -22 dB

Otázkou je jak se bude zvyšovat hlučnost uvnitř studia, pokud se bude měnit intenzita výměny vzduchu

Vyústky budou umístěny do stěny o šířce 20 m.

Ve vzdálenosti x = 20 m od vyústek má být rychlost proudění vzduchu v ose proudu w_x = 0,2 m/s

Pro přívod vzduchu se předpokládá použití trysek.

Konstantu trysky možno maximálně uvažovat $K_s = 7$

Je třeba stanovit velikost a počet trysek.

Hluk v prostoru studia nemá překročit limitní hodnoty pro skupinu 2 podle údajů v tab. 1. Uvedenému spektru přibližně odpovídá hladina akustického tlaku A L_{Amax} = 18,7 dB.

Řešení:

Nejprve se určí velikost a počet trysek podle vztahu (6). Následně se provede kontrola hlučnosti. Ve své podstatě je třeba řešit rovnici (14). Aby nebyla v poli odražených vln překročena maximálně přípustná hladina akustického tlaku A L_{Amax} = 18,7 dB, musí být splněny hodnoty uvedené v tab. 3.

Tab. 3 *Hodnoty určujících parametrů, za kterých bude ve větraném prostoru splněna podmínka nízké hlučnosti (přívod podél delší strany)*

z [-]	10	17	24	30	35	49
I [1/h]	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,5
V [m^3/h]	840	1680	2520	3360	4200	6300
L_{WA} [dB]	30,8	28,4	27,0	26,0	25,2	23,8
D_0 [mm]	47	54	59	62	65	71
w_0 [m/s]	13,8	11,9	11,0	10,3	9,9	9,1

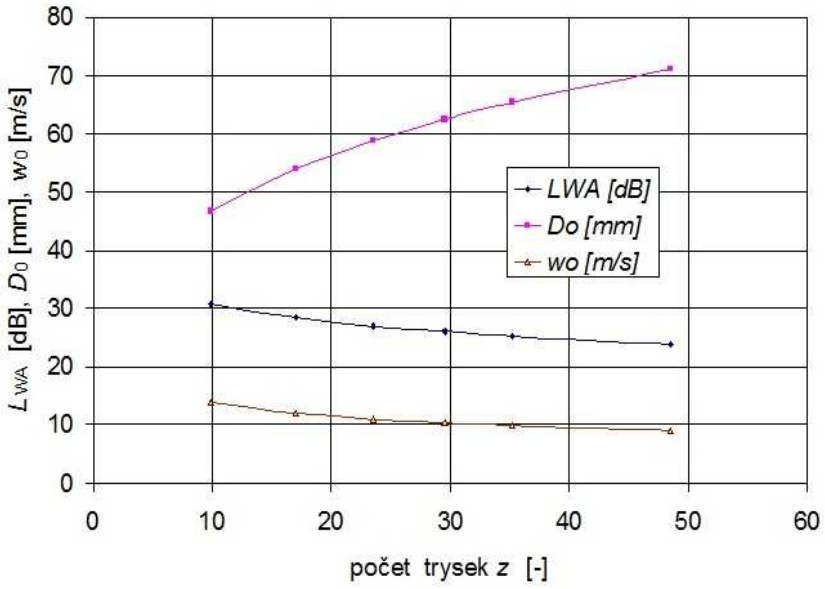
Přehled o výsledcích řešení možno získat z diagramu na obr. 4.

Příklad 2

Zadané veličiny jsou totožné s předcházejícím příkladem 1. Pouze přívod vzduchu bude tryskami umístěnými ve stropu. Kontrolní místo bude ve výšce 1,5 m nad podlahou, tzn.,

x = 5,5 m

Postup řešení je totožný s předcházejícím příkladem. Výsledky jsou shrnuty do tab. 4.

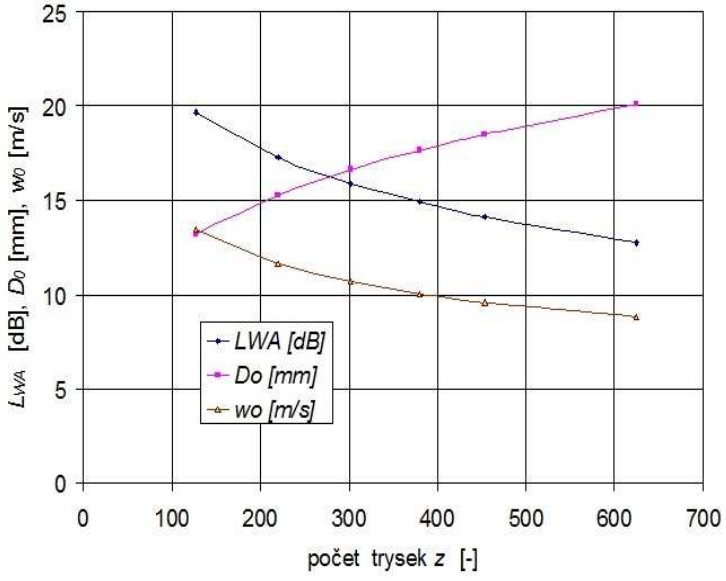


Obr. 4 *Hladina akustického výkonu soustavy trysek a dalších parametrů trysek (příklad 1)*

Tab. 4 *Hodnoty různých parametrů, za kterých bude ve větraném prostoru splněna podmínka nízké hlučnosti (přívod stropem).*

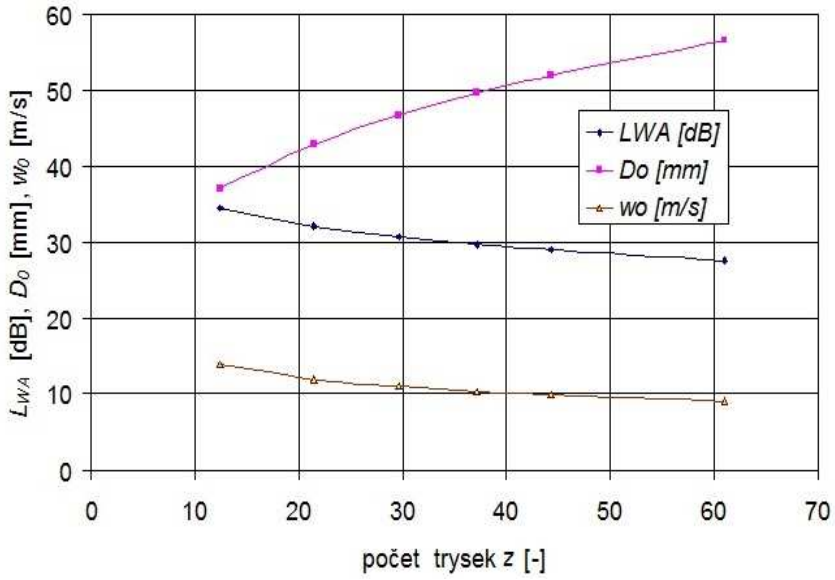
z [-]	127	220	303	380	453	625
I [1/h]	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,5
V [m^3/h]	840	1680	2520	3360	4200	6300
L_{WA} [dB]	19,7	17,3	15,9	14,9	14,1	12,7
D_0 [mm]	13	15	17	18	18	20
w_0 [m/s]	13,4	11,6	10,7	10,1	9,6	8,8

Hodnoty z tab. 4 jsou graficky vyjádřeny na diagramu v obr. 5.

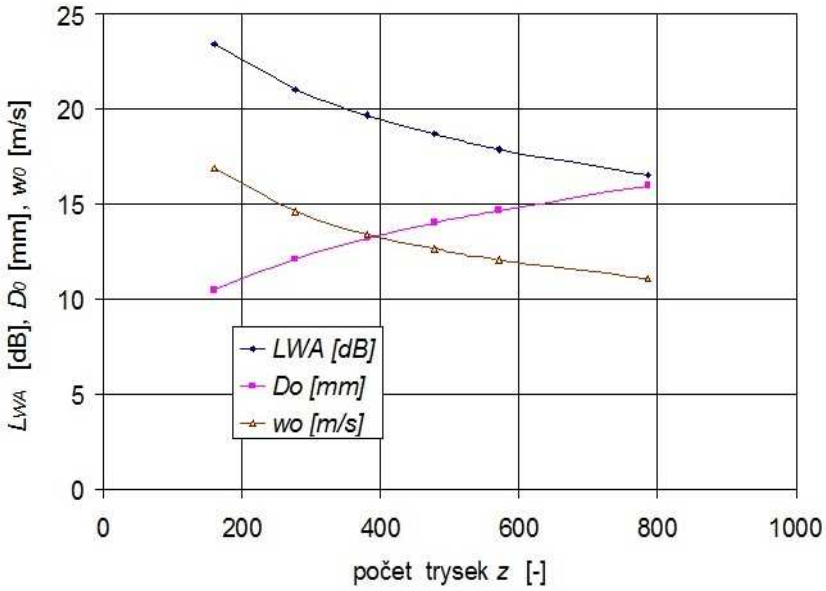


Obr. 5 *Hladina akustického výkonu soustavy trysek a dalších parametrů trysek (příklad 2)*

Řešení rovnice (14) může být samozřejmě provedeno za jiných okrajových podmínek. Jednou z nich je vlastní pohltivost prostoru. S tou však není možno libovolně nakládat, protože je doba dozvuku studia předepisována požadavky pracovníků zodpovědných za kvalitu záznamu zvuku. Pokud by se zvýšila pohltivost prostoru na dvojnásobek (α_m = 0,5), tak by se v uvedených příkladech změnily parametry trysek na hodnoty uvedené v diagramech na obr.6 a obr.7.



Obr. 6 *Hladina akustického výkonu soustavy trysek a dalších parametrů trysek (příklad 1, zvýšená pohltivost větraného prostoru)*



Obr. 7 *Hladina akustického výkonu soustavy trysek a dalších parametrů trysek (příklad 2, zvýšená pohltivost větraného prostoru)*

ZÁVĚR

Je logické, že řešení podle příkladu 1 a 2 s nižší pohltivostí prostoru musí vyhovovat i pro vyšší pohltivost, protože útlum hluku nemůže mít vliv na proudění vzduchu v místnosti.

Prezentované řešení na obr. 6 a obr. 7 ukazuje na možnost použití menších trysek při vyšší výtokové rychlosti.

Uvedené příklady řešení platí při použití kvalitních trysek. Pokud by se použily koncové elementy s nižší hodnotou konstanty vyústi K_s, tak se změní charakter proudění vzduchu v souladu s platností vztahů (1) až (6). Podle [1] závisí hladina akustického výkonu A v případě použití přiváděcích vyústek obecného provedení, u nichž je jejich tlaková ztráta vyšší než u trysek, mimo výtokové rychlosti také na součiniteli místní tlakové ztráty ξ [-], jak je vyjádřeno následujícím vztahem

$$L_{WA} = 60.\log(w_0) + 31{,}8.\log(\xi) + 10.\log(S_0) \qquad (15)$$

Pro kvalitní trysku platí ξ = 1. Vyústky s různými okrasnými mřížkami, regulačními klapkami apod. dosahují podstatně vyšších hodnot tlakových ztrát, z čehož plyne i vyšší hlučnost. Závěrem možno konstatovat, že pro akusticky náročné prostory, se kterými uvažuje norma ČSN 73 0526, je bezpodmínečně nutné na prvním místě navrhovat koncové elementy z hlediska nízké hlučnosti a ostatní parametry tomu podřídit.

LITERATURA

[1] Nový R.: Hluk a chvění, Vydavatelství ČVUT v Praze, ISBN 80-01-01306-5, 2005,
[2] Nový R. a kol.: Technika prostředí , vydavatelství ČVUT v Praze, 2000,
[3] Brockmeyer H. : Akustik für den Lüftungs- und Klimaingenieur, Verlag C.F.Müller, Karlsruhe, 1971

ÚSKALÍ PŘI PROJEKTOVÁNÍ VĚTRÁNÍ KUCHYNÍ

Jiří Petlach

Petlach TB s.r.o.
jiri.petlach@petlach.cz

SOUČASNÁ PRAXE PŘI PROJEKTOVÁNÍ VZDUCHOTEHCNIKY

Obecná definice projektování hovoří o tom, že to je činnost souvisící a podporující invenci architekta v kombinaci s technickými omezeními fyzikálních zákonů, dostupné technické základny a realizovatelnosti projektového návrhu v podmínkách dané stavby.

Zároveň by projektový návrh měl respektovat představy investora, jak z hlediska dosažných parametrů, jeho finančních možností, tak požadavků na následný provoz.

Z hlediska současné projektové praxe problémem je to, že současné projektování se předchozí definici podobá jen málo.

Projektování v části technika prostředí se bohužel z 80 % „smrskává na namačkávání“ zařízení a rozvodů médií do stavby, která je většinou prostorově poddimenzována, a provádění odhadů investičních nákladů, protože investor má většinou hluboko do kapsy. Tlak na cenu jakýchkoli prací v investiční výstavbě, a tím i ceny projektových prací, klesly v současné době, vlivem doznívající finanční a investiční krize, na samé existenční dno. V návaznosti na snahu o minimalizaci investičních nákladů se snižují konstrukční výšky objektů. Při požadavku nesnižovat světlé výšky se pro budoucí uživatele snižují a zmenšují technické prostory, i prostory pro vedení instalací, až na samou hranu funkčnosti objektu.

Projektant je na jedné straně tlačen nízkým honorářem, na druhé straně větším objemem prací, vzniklých požadavkem na umísťování projektovaných systémů do poddimenzovaných prostorů.

Proto si projektant při své práci zákonitě pomáhá, jak může, aby vyšel s honorářem i s časem, který má na projekt k dispozici.

Určitou výhodou pro zpracování projektové dokumentace je rychlá dostupnost „technických“ podkladů od jednotlivých výrobců. Problémem je však to, že v současné době je na trhu mnoho výrobců různých zařízení, a proto není v silách projektantů se všemi se důkladně seznámit a podchytit jejich výhody, ale i nedostatky. Projektant je většinou odkázaný na podklady výrobce či prodejce, ale ti nemají zájem na předání pravdivých informací o nedostatcích a rizicích při používání jejich produktů. A projektant většinou z neznalosti či slepé důvěře k určité značce tato rizika neregistruje, a poté je při provozu zařízení nemilosrdně konfrontován s realitou nefungujícího výrobku či systému.

Projektant také v některých případech podceňuje riziko provozu, tj. při jakých podmínkách má dané zařízení či systém pracovat, ani v projektu nedefinuje podmínky, za kterých je navržený systém ještě funkční. Nastává tak určitá kumulace chyb či nedotažených myšlenek, které si každý účastník procesu návrhu, dodávky a následného provozu vysvětluje po svém a systém se tak stává nefunkčním.

PROJEKTOVÁNÍ VĚTRÁNÍ KUCHYNÍ

Jako typický příklad určitého zmechanizovaného projektování, které se opírá o špatné předpoklady doplněné výpočtem na intenzitu větrání určitým výrobcem, bych chtěl uvést

konkrétní příklad větrání kuchyní. Sice trochu extrémní, ale jednoznačně definující, v čem se dělá při návrhu větrání varných bloků kuchyní největší chyba.

Pro návrh větrání kuchyní se obecně používají manuály uživatelů, kteří si přímo v zadání stanoví způsob odsávání škodlivin při teplé přípravě pokrmů a množství odsávaného vzduchu (velké restaurační a hotelové řetězce) nebo stanoví množství odsávaného vzduchu výpočtem dle typu a výkonu spotřebičů, které při přípravě produkují škodliviny.

Většinou se návrh provádí dle normy VDI 2052, která dle typu a energetického výkonu stanoví produkci tepla a par, a následně pak i při určité hodnotě předpokládané současnosti provozu jednotlivých spotřebičů (dle typu a určité kuchyně) stanoví celkové minimální množství odsávaného vzduchu z celého prostoru kuchyně, aniž by byla výrazně v jejím prostoru zvýšena teplota a vlhkost.

Dokument VDI však neurčuje způsob zachycení a odvodu škodlivin.

Poznámka:

Obecně lze větrání kuchyní řešit následovně:

a) celoprostorovým větráním (pouze pro kuchyně, kde se jako škodlivina nevyskytují tukové aerosoly). Většinou se používalo v 50. a 60. letech pro velkokuchyně.
b) odsáváním přes kuchyňské odsávací digestoře.
c) pomocí odsávacích (klimatických) stropů.

Tento článek se bude týkat odsávání kuchyní pomocí odsávacích kuchyňských digestoří.

Návrh podle VDI 2052 předpokládá, že odvod zplodin od teplé přípravy jídel bude probíhat smísením zplodin vaření s okolním vzduchem a výsledná směs vzduchu nepřesáhne výpočtem dané hodnoty. Za tohoto předpokladu lze uvažovat i určitou současnost chodu při využívání kuchyňských spotřebičů pro teplou přípravu pokrmů. Ovšem pouze pokud existuje i určitý akumulační prostor, do kterého se zplodiny v různých místech či částech kuchyně s varnými bloky „shromažďují“, a potom jsou odtud odváděny.

Většinou se při návrhu kuchyní předpokládá, že v prostoru kuchyně vzniká teplo a vodní pára, přičemž ostatní zplodiny přípravy jídel, zvláště minutkového charakteru, se zanedbávají. Jedná se především o aerosoly a dýmy s obsahem tukových částic či dýmy z přepalovaných bílkovin (příprava masa na grilu apod.).

Proto při návrhu profesionálních kuchyní s minutkovou přípravou pokrmů není možno, při dimenzování množství a způsobu odvodu škodlivin, vycházet jen z prostého výpočtu na základě jasně nedefinovaných předpokladů provozu kuchyně.

ZKUŠENOSTI Z PROVOZU HLAVNÍ KUCHYNĚ V RESORTU VELAA NA ATOLU FUSHIVELAVARU NA MALEDIVÁCH

Obecné vstupní požadavky

Oproti kuchyním, které jsou běžně navrhovány v České republice či v Evropě, se atol Fushivelavaru na Maledivách nachází v tropickém pásmu. Jak někteří literární klasici uvádějí ve svých dílech, džungle nebo poušť nic neodpouštějí. V tomto případě se v reálném provozu kuchyně v tomto prostředí ukázaly v plné šíři nedostatky a slabá místa návrhů a realizace větrání kuchyní, které se jinak běžně provádějí v České republice.

Základní vstupní předpoklady v tomto konkrétním projektu jsou:

a) Resort se nachází v tropickém pásmu a téměř u hladiny moře (nadmořská výška kuchyně je 2 m n.m.)
Výpočtové parametry venkovního vzduchu

- teplé období
  - teplota 33 °C
  - relativní vlhkost 80 %

- chladné období
  - teplota 18 °C
  - realitní vlhkost 100 %

b) Konkrétní kuchyně je navržena pro 150 osob, které jsou na ostrově jako rekreanti (nikoli jako personál). V této hlavní kuchyni se připravují veškerá hlavní jídla (snídaně, obědy, večeře). Kvalita jídel odpovídá standardu šesti hvězdičkové restaurace (šéfkuchařem je osoba s michelinskou hvězdou s bohatou zkušeností ze špičkových hotelů zvláště ve Francii).

Projektový návrh větrání kuchyně a varného bloku v hlavní kuchyni

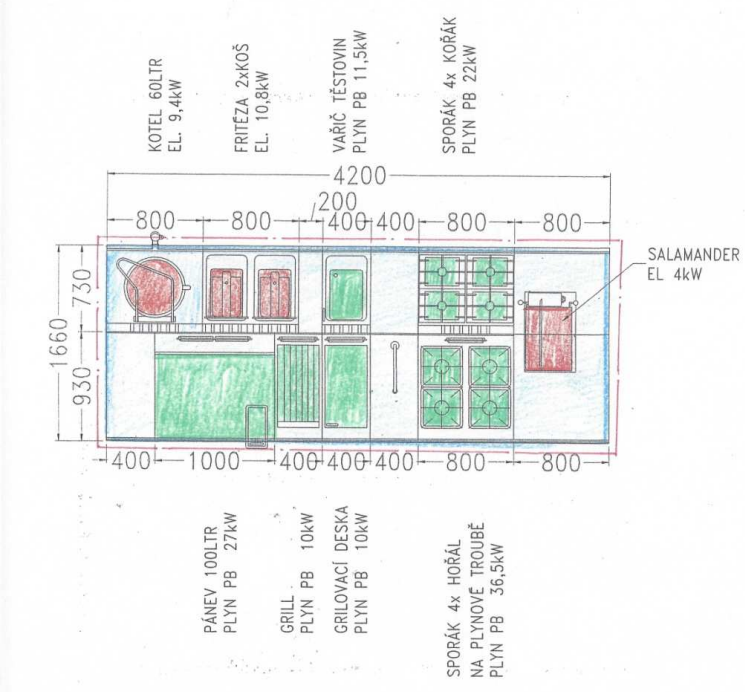
Účelem větrání kuchyně je odvést škodliviny od teplé přípravy jídel. Varný blok s rozmístěním jednotlivých kuchyňských spotřebičů je uveden na obr. 1. Větrání kuchyně bylo navrženo tak, že odvod vzduchu se škodlivinami byl řešen odsávacím zákrytem navrženým na základě volně přístupného firemního výpočtu dle VDI, s předpokladem současnosti využívání jednotlivých spotřebičů s koeficientem $k = 0,5$, což je běžný koeficient pro komerční kuchyně.

Přívod vzduchu byl navržen přisáváním vzduchu stropními mřížkami přes krov bez teplotní úpravy přímo z venkovního prostředí. Ze současného pohledu na provoz kuchyně se jako hrubá chyba jeví předpoklad současnosti provozu jednotlivých spotřebičů pod odsávacím zákrytem v hodnotě $k = 0,5$.

V praxi se ukazuje, že současnost $k = 0,5$, kterou VDI připouští je příliš nízká, protože minutková kuchyně má, zcela odlišný charakter než běžná kuchyně. Odlišnost spočívá především:

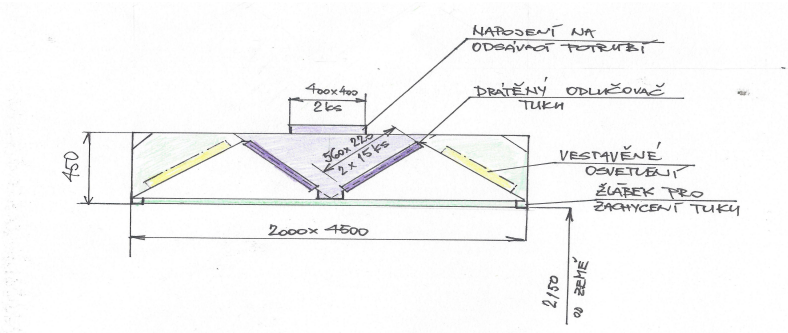
- v návaznosti na přípravu jídel dle okamžité obsazenosti restaurace
- v rychlosti přípravy jídel, kdy je nutno připravit jídlo do 20 minut od objednávky hosta. Tento požadavek vyžaduje, aby veškeré spotřebiče pro teplou přípravu jídel byly v pohotovostním režimu, tzn., že spotřebiče jsou zapnuty (např. ve fritéze je ohřán olej na provozní teplotu, grily mají provozní teplotu apod.).

Na základě této zkušenosti by měl být koeficient současnosti provozu pro výpočet odsávacího výkonu $\boldsymbol{k > 0,8}$.



Obr. 1 *Rozmístění spotřebičů varného bloku pod digestoří*

Odsávání bylo navrženo odsávacím zákrytem se spodní hranou odsávacího zákrytu 215 mm od podlahy. Příčný řez digestoře je uveden na obr. č. 2.



Obr. 2 *Příčný řez digestoři*

Projektový návrh vycházel z firemního programu dle VDI 2052. Z následující tabulky instalovaných spotřebičů, která uvádí stejné hodnoty příkonů a typy spotřebičů, jako na obr. č. 1, lze stanovit předpokládanou celkovou produkci citelného tepla a vlhkosti. Liší se pouze v umístění 4 kW elektrického salamandru, který je však používán velmi nárazově**.**

Za předpokladu komerční kuchyně se současností provozu jednotlivých kuchyňských spotřebičů ***k* = 0,5** byl vypočtený průtok vzduchu podle programu dle směrnice VDI 2052

V_o = 5935 m^3h^{-1}

Tato hodnota průtoku vzduchu přes digestoř byla použita při projektovém návrhu s tím, že odsávací ventilátory měly výkonovou rezervu cca 40-50 %. Přes použití dispoziční rezervy výkonu ventilátoru, si uživatel kuchyně neustále stěžoval, že digestoř je neúčinná a z digestoře unikají dýmy a páry z přípravy jídel, zvláště z místa grilů a fritéz (ale i sporáků).

***Tab. 1** Instalované spotřebiče*

Pozice, název	Počet [ks]	Příkon celkem [kW]	Citelné teplo [W]	Vlhkost [g/h]
Fritéza - elektrická	1	10,80	972	11124
Smažící, grilovací a rožnící plotýnka – plynová	1	3,80	1330	2234
Smažící , grilovací a rožnící plotýnka – plynová	1	11,50	4025	6762
Smažící, grilovací a rožnící plotýnka – plynová	1	14,00	4900	832
Sporák – plynový	1	37,00	9250	5439
Tlakový kotel	1	15,50	620	233
Výklopná pánev – plynová	1	5,00	2250	3150
Celkem		**97,60**	**23 347**	**29 774**

Analýza odsávání digestoře

Navržená digestoř měla rozměry 4500x2000 mm, viz obr. 1, s přesahem digestoře nad varným blokem 150 mm na každou stranu. Z těchto 150 mm však 50 mm zabírá žlábek pro odvod kondenzátu a tuku. Odsávání zajišťují drátěné odlučovače tuku o rozměru 560x220 mm, které jsou v počtu 30 ks umístěny ve vnitřním zkosení vestavby digestoře. Odlučovače tuku jsou rovnoměrné rozmístěny po celé délce odsávací komory digestoře.

Akumulační prostor digestoře pro okamžitý záchyt škodlivin lze stanovit na cca V=2 m^3. Z obr. č. 1 a stanoveného průtoku odvodu vzduchu z digestoře, vyplývají následující skutečnosti:

- aktivní kuchyňská plocha tj. čistá plocha se spotřebiči pod digestoří je 4,35 m^2
- čistá odsávací plocha digestoře (po odečtení žlábku pro odvod kondenzátu) je S = 8,36 m^2
- střední odsávací rychlost na odsávací ploše zákrytu bez tepelné zátěže varného bloku (spotřebiče mimo provoz) dle projektu

$$w_s = \frac{V_o\left[m^3 s^{-1}\right]}{S\left[m^2\right]} = \frac{5935}{3600.8{,}36} = 0{,}197 \text{ [m.s}^{-1}\text{]}$$

- měrný průtok vzduchu vztažený na 1 m^2 čisté odsávací plochy zákrytu

$$V_1 = \frac{V_o\left[m^3 s^{-1}\right]}{S\left[m^2\right]} = \frac{5935}{8{,}36} = 710 \text{ [m}^3\text{.h}^{-1}\text{/m}^2\text{]}$$

- intenzita výměny vzduchu, vztažená na akumulační objem zákrytu

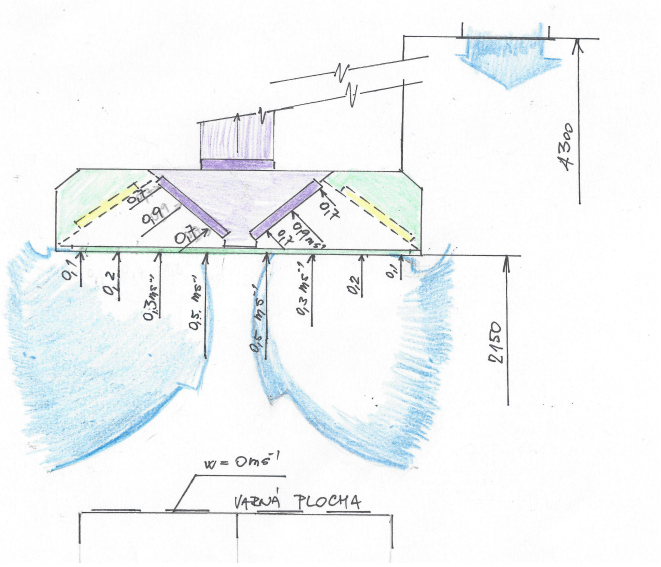
$$I = \frac{V_o}{O_z} = \frac{5935}{2} = 2968 \ [h^{-1}]$$

Uvedené výpočty vycházejí z projektového návrhu bez započítání použité výkonové rezervy.

Pro zjištění, zda jsou stížnosti uživatele oprávněné, bylo nutno provést hlubší analýzu problému a pokud možno tuto analýzu podložit i měřením na místě.

Pro odvětrávání zplodin vaření digestoří, tj. pro odvod tepla, par či pachů, které vznikají na varné ploše, je nutno si uvědomit, že na účinnosti odvodu výše uvedených škodlivin působí dva faktory

- vertikální vzestupný proud vzduchu se škodlivinami, jehož rychlost je dána teplotou na desce grilu či na hladině vařící se vody. Rychlost vertikálního proudu se pohybuje v místě vzniku od 0,1 do 0,6 ms^{-1}. Čím je větší počáteční rychlost stoupavého proudu a větší vzdálenost od vzniku škodlivin, tím je i větší přisávání okolního vzduchu po okrajích stoupavého proudu vzduchu z okolí vlivem indukce.
- odsávání vzduchu má obecně charakter propadu tj. rychlost a účinnost odsávání od místa vlastního odsávání klesá se 3tí mocninou s příslušným koeficientem, který zohledňuje omezení proudění odsávaného proudu vzduchu s ohledem na konstrukci a vnitřní vestavbu digestoře. Z tohoto vyplývá, že rychlost odváděného vzduchu, v případě použité digestoře, je velmi nerovnoměrná a výrazně klesá od vnitřního prostoru digestoře k jejímu vnějšímu okraji. Byla použita digestoř, kde jsou odlučovače tuku umístěny na vnitřních stranách odsávací komory zákrytu. Na vnějších skosených stranách zákrytu je instalováno osvětlení.



Obr. 3 *Změřené rychlosti proudění vzduchu při průtoku digestoří* V_{omax} *=10.600 m*^{3}*h*$^{-1}$ *(plynový sporák mimo provoz)*

Na obr. 3 jsou uvedeny přibližné rychlosti proudění vzduchu na odsávací rovině digestoře v místě plynového sporáku při maximálním průtoku vzduchu digestoři (plynový sporák mimo provoz).

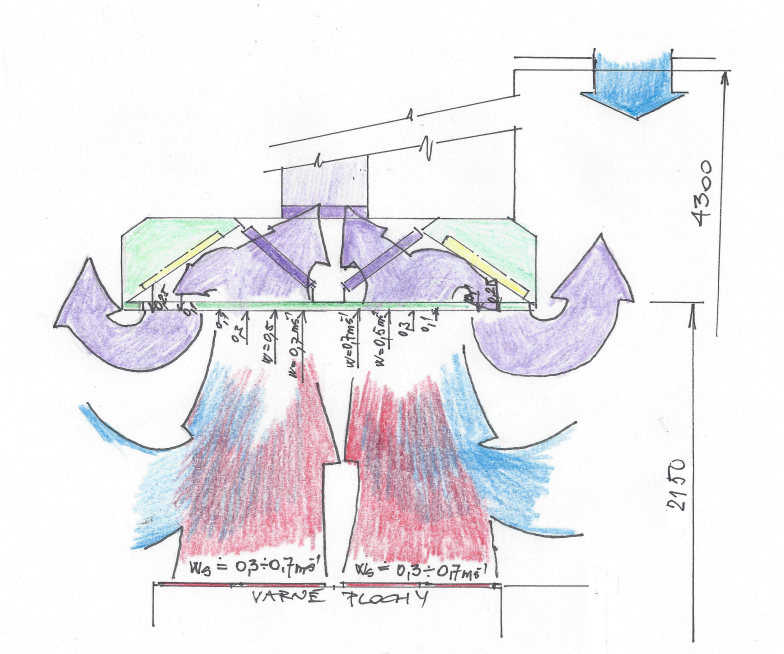
Poznámka:

Proud zplodin z teplé přípravy jídla většinou obsahuje vodní páru. Vzhledem k tomu, že si vzestupný proud vzduchu od varných ploch přisává okolní vzduch, v našich tj. středomořských podmínkách o relativní vlhkosti okolního vzduchu cca 40 %, se opticky pára většinou ztrácí ještě dříve, než dosáhne spodní roviny zákrytu. Výjimkou je pouze velké množství páry naráz uvolněné např. z tlakového kotle nebo konvektomatu.

Ve sledovaném případu tropického přímořského pásma je situace jiná, protože okolní vzduch má podstatně vyšší relativní vlhkost. Pokud už viditelná pára v prostoru vznikne, dlouho trvá, než vizuálně zmizí. Proto je na první pohled zřejmá nedostatečná funkce odsávacího zákrytu. Je podstatně lépe vidět než v našich podmínkách.

Při analýze rychlosti proudění vzduchu však vyplývá pro použitý druh digestoře následující:

Pokud není vertikální vzestupný proud vzduchu se škodlivinami zachycen příslušným odlučovačem tuku, tj. v celém příčném řezu digestoře v celé odsávací ploše, při funkci varné plochy, potom nelze zabránit úniku škodlivin mimo digestoř. Na obr. č. 4 jsou uvedeny rychlosti proudění vzduchu v odsávací rovině zákrytu při používání varných ploch. Oproti obrázku č. 3, na kterém jsou uvedeny rychlosti proudění vzduchu bez používání varných ploch, je vidět, že rychlost a směr proudění vzduchu na hraně zákrytu se změnily, a to velmi výrazně. Na vnější straně zákrytu se směr proudění vzduchu otočil a zplodiny vaření unikají mimo zákryt.



Obr. 4 *Naměřené rychlosti proudění vzduchu při průtoku digestoří* V_{omax} *=10 600* m^3h^{-1} *(varné plochy v provozu)*

Je to především způsobeno:

a) Malou akumulační schopností odsávací digestoře

b) Nevhodnou vnitřní vestavbou digestoře, kdy proud teplého vzduchu od varné plochy není směrován do vedlejších prostor v digestoři s odsáváním. Pokud by proud vzduchu od varných ploch byl nasměrován do vedlejších prostor a po odsávání by se použily nevyužité lapače tuku nad odkládacími plochami, mohl by se únik škodlivin z digestoře omezit.

c) Malým odsávacím výkonem digestoře v místě využívané varné plochy (konkrétně v místě nad plynovým grilem, fritézou či plynovým sporákem), který byl navržen danou konstrukci digestoře cca na 4 krát menší intenzitu odsávání než by bylo vhodné.

ZÁVĚRY

Z uvedeného rozboru lze vyvodit následující závěry:

a) Při navrhování odsávání kuchyní nelze jen mechanicky přebírat výpočet dle „nedefinované“ metodiky, aniž by byly vzaty v úvahu veškeré vlivy působící na návrh digestoře a množství odsávaného vzduchu. Při návrhu je nutno provést vlastní analýzu a nepřebírat slepě jen materiály výrobců digestoří či odsávacích stropů, kteří v některých případech pro líbivost a ekonomičnost vlastního produktu pouze sníží koeficient současnosti bez další analýzy možných dopadů na funkci.

b) Pokud nemá digestoř akumulační schopnosti, je nutno, aby množství odsávaných škodlivin bylo při profesionálních či minutkových kuchyní navrženo na koeficient současnosti 1. Zároveň je nutné, aby odsávací odlučovače tuku byly umístěné přímo nad danými varnými plochami, nikoli nad odkládacími plochami vedle varných ploch. Určité řešení pro zlepšení funkce digestoře (zrovnoměrnění proudění na odsávací ploše digestoře a zabránění úniku škodlivin z vaření mimo digestoř) představuje použití tzv. systému INDUCT AIR nebo použití vzduchového zámku.

c) Pokud není možno zajistit pro minutkové profesionální kuchyně dostatečné množství vzduchu, je nutné pro správnou funkci použít akumulační digestoře, které zajistí svou konstrukční vestavbou „zbrzdění“ vertikálních neizotermních proudů vzduchu z varných ploch a jejich usměrnění do vedlejších odsávacích odlučovačů tuku. V tomto případě by akumulační digestoř měla mít minimální funkční výšku 800 mm bez jakýchkoli vnitřních vestaveb, které by její akumulační prostor zmenšovaly.

d) Návrh digestoře (odsávacího stropu) by měl provádět technolog kuchyně, protože ten nejlépe ví, na jaký provoz je kuchyně navržena a jaké teploty odsávané vzdušiny lze očekávat. Profesní projektant – vzduchotechnik – by pouze tyto odsávací prvky napojoval v určeném místě s potřebným vzduchovým výkonem a dispozičním tlakem.

Pokud se předchozí body nebudou respektovat, není možno garantovat správnou funkci větrání horkých provozů kuchyně.

VÝKON STÁTNÍ SPRÁVY HZS ČR SE ZAMĚŘENÍM NA POŽÁRNÍ VĚTRÁNÍ

Jiří Pokorný

Hasičský záchranný sbor Moravskoslezského kraje
jiri.pokorny@hzsmsk.cz

ANOTACE

Příspěvek popisuje postavení HZS ČR a hasičských záchranných sborů krajů při výkonu státního požárního dozoru ve vztahu k řešené problematice, tj. k požárnímu větrání. Obsahem příspěvku je klasifikace požárního větrání v kontextu vyhrazených požárně bezpečnostních zařízení, na které jsou kladeny specifické požadavky z hlediska projektování, montáže a provozování. Pozornost je zaměřena především na navrhování požárního větrání a jeho uvádění do provozu a to s vazbou na požadavky stávajících právních a technických předpisů, případně požadavky metodik.

ÚVOD

Požárně bezpečnostní zařízení, zejm. vyhrazená požárně bezpečnostní, jsou předmětem intenzivního zájmu orgánů státní správy na úseku požární ochrany. Jedním z požárně bezpečnostních zařízení je rovněž požární větrání, na které bude v tomto příspěvku zaměřená pozornost.

POSTAVENÍ HASIČSKÉHO ZÁCHRANNÉHO SBORU ČESKÉ REPUBLIKY PŘI VÝKONU STÁTNÍHO POŽÁRNÍHO DOZORU

Správními úřady na úseku požární ochrany jsou *Ministerstvo vnitra a hasičský záchranný sbor kraje*. Ministerstvo vnitra a hasičské záchranné sbory krajů *vykonávají státní požární dozor* a *jsou dotčeným orgánem státní správy* na úseku požární ochrany. Úkoly Ministerstva vnitra v tomto směru plní generální ředitelství hasičského záchranného sboru. [1]

Rozsah státního požárního dozoru je vymezen § 31 zákona č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů (dále také jen „zákon o požární ochraně“). *Státní požární dozor se*, v souvislosti s popisovanou problematikou, *vykonává:*

- posuzováním určených výrobků,
- posuzováním podkladů k územnímu souhlasu a dokumentace pro vydání územního rozhodnutí, posuzováním projektové dokumentace stavby, která vyžaduje ohlášení nebo stavební povolení, s výjimkou staveb uvedených v § 31 odst. 3 zákona o požární ochraně, posuzováním dokumentace staveb k povolení změny stavby před jejím dokončením, posuzováním dokumentace ke změně v užívání stavby,
- ověřováním, zda byly dodrženy podmínky požární bezpečnosti staveb vyplývající z posouzených podkladů a dokumentace, včetně podmínek vyplývajících z vydaných stanovisek,
- kontrolou dodržování povinností stanovených předpisy o požární ochraně. [1]

V rámci výkonu státního požárního dozoru jsou *posuzovány výrobky*, které nejsou výrobky stanovenými podle zvláštních právních předpisů (viz zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů), *z hlediska jejich požární bezpečnosti* a *funkčnost systémů vyhrazených požárně bezpečnostních zařízení* [1]. V praxi je tohoto ustanovení v současné době využíváno zcela ojediněle, a to zejm. v případech, kdy se jedná o schvalování zařízení dálkového přenosu,

obslužného pole požární ochrany nebo klíčového trezoru. Vyhrazená požárně bezpečnostní zařízení jsou v převážné většině výrobky „stanovenými“ a k jejich posuzování v rámci výkonu státního požárního dozoru nedochází.

Při posuzování dokumentace staveb jsou orgánem vykonávajícím státní požární dozor vydávána *závazná stanoviska* pro rozhodnutí a pro jiné úkony stavebního úřadu nebo úkony autorizovaného inspektora nebo *stanoviska*, která nejsou samostatným rozhodnutím ve správním řízení a jejichž obsah je závazný pro politiku územního rozvoje a pro opatření obecné povahy podle stavebního zákona. V případech, kdy je potřeba řešit požadavky na ochranu více veřejných zájmů, které dotčený orgán hájí, je vydáváno *koordinované stanovisko* nebo *koordinované závazné stanovisko*. Stanovisko může být *souhlasné*, *souhlasné s podmínkami* nebo *nesouhlasné*. Podkladem pro vydání závazného stanoviska nebo stanoviska je *požárně bezpečnostní řešení*. [2], [3]

Následně je ověřováno, zda byly dodrženy podmínky požární bezpečnosti staveb stanovené dokumentací a vydanými stanovisky.

V rámci kontrolní činnosti je ověřována také *provozuschopnost požárně bezpečnostních zařízení*.

POŽÁRNÍ VĚTRÁNÍ JAKO POŽÁRNĚ BEZPEČNOSTNÍ ZAŘÍZENÍ

Požární větrání lze členit z mnoha hledisek, přičemž za základní rozdělení je možné považovat rozdělení na *zařízení pro odvod kouře a tepla* (dále také „ZOKT“) a *zařízení pro větrání chráněných únikových cest* (dále také „CHÚC). Podrobnosti jsou znázorněny na obr. 1.

Obr. 1 *Základní členění požárního větrání s vyznačením kategorie požárně bezpečnostních zařízení [4]*

Požární větrání je ve smyslu předpisů požární ochrany *požárně bezpečnostním zařízením* (dále také „PBZ“). Požárně bezpečnostní zařízení jsou systémy, technická zařízení a výrobky pro stavby, podmiňující požární bezpečnost stavby nebo jiného zařízení. [5]

Z hlediska požárně bezpečnostních zařízení je požární větrání klasifikováno jako zařízení pro *usměrňování pohybu kouře při požáru*, kde se zařazuje zařízení pro odvod kouře a tepla, zařízení přetlakové ventilace, kouřová klapka včetně ovládacího mechanismu, kouřotěsné dveře a zařízení přirozeného odvětrání kouře.

Zvláštní kategorií požárně bezpečnostních zařízení jsou *vyhrazená požárně bezpečnostní zařízení* (dále také „VPBZ“), na které jsou stanoveny zvláštní požadavky (viz obr. 2). [5]

Obr. 2 *Zvláštní požadavky stanovené na vyhrazená požárně bezpečnostní zařízení*

Zařízení pro odvod kouře a tepla patří do kategorie vyhrazených požárně bezpečnostních zařízení, zařízení pro větrání chráněných únikových cest jsou hodnocena jako požárně bezpečnostní zařízení (přetlakové větrací systémy CHÚC považovány za nejstabilnější formu větrání [6], [7]).

NAVRHOVÁNÍ POŽÁRNÍHO VĚTRÁNÍ

Požární větrání je zpravidla součástí rozsáhlejších staveb a je obsahem:

- dokumentace pro vydání rozhodnutí o umístění stavby,
- projektové dokumentace pro vydání stavebního povolení,
- dokumentace pro provádění stavby,
- dokumentace skutečného provedení stavby. [8]

Výskyt návrhu požárního větrání v jiných druzích dokumentace je výjimečný.

Oprávnění k projektování

Dokumentace požárního větrání je zpracovávána autorizovanými osobami v oborech *požární bezpečnost staveb, pozemní stavby, technika prostředí staveb a technologická zařízení staveb* [9].

Požadavky na obsah dokumentace

Obsah dokumentace požárního větrání závisí na stupni řízení, pro který je zpracovávána a je vymezena lit. [5], [8] a [10].

Při zpracování *dokumentace pro vydání rozhodnutí o umístění stavby* je v rámci požárně bezpečnostního řešení stanoven předpokládaný rozsah vybavení stavby vyhrazenými požárně bezpečnostními zařízeními, tedy také zařízením pro odvod kouře a tepla. Obsahem koncepčních požadavků jsou rovněž požadavky na větrání chráněných únikových cest. Požadavky na větrání chráněných únikových cest jsou rovněž rozvedeny v rámci zásad řešení technických zařízení.

Při zpracování *dokumentace pro vydání stavebního povolení* je v rámci požárně bezpečnostního řešení stanoven požadavek na posouzení požadavků na zabezpečení stavby požárně bezpečnostními zařízeními (ZOKT i větrání CHÚC). Požadavky na požární větrání

CHÚC jsou řešeny rovněž v kapitole Technika prostředí staveb. Požadavky na ZOKT jsou dále řešeny v kapitole Dokumentace technických a technologických zařízení.

Požární větrání je v rámci tohoto stupně dokumentace definováno projektovými parametry. Jde o kvalitativní parametry (např. požární ventilátory $F_{400}/120$, potrubí $EI_{multi}60$ (v_e - h_o) S 500) a kvantitativní parametry (např. 15 000 $m^3.h^{-1}$, celkový tlak ventilátoru 620 Pa). Současně jsou zpravidla stanoveny další parametry, kterých má být zařízením dosaženo (např. přetlak 50 Pa). V dokumentaci nejsou uváděny konkrétní typy ani výrobci jednotlivých komponentů, podstatné jsou parametrické a výkonové údaje, kterých má být dosaženo. [4]

Při zpracování *dokumentace pro provádění stavby* dochází v rámci požárně bezpečnostního řešení k doplnění dokumentace předchozího stupně a zapracování změn (ZOKT i větrání CHÚC). Požadavky na požární větrání CHÚC jsou řešeny v kapitole Technika prostředí staveb. Požadavky na ZOKT jsou řešeny v kapitole Dokumentace technických a technologických zařízení.

V rámci tohoto stupně dokumentace se detailně rozpracovávají a upřesňují části, které byly řešeny v předchozím stupni dokumentace a jsou nezbytné pro realizaci díla (např. podrobná specifikace prvků a zařízení včetně uvedení konkrétních výrobků, jejich parametrů a množství).

Při zpracování *dokumentace skutečného provedení stavby* jsou dokumentovány změny.

Rozsah zpracování dokumentace požárního větrání v jednotlivých stupních dokumentace je znázorněn v tab. 1.

Tab. 1 *Rozsah zpracování dokumentace požárního větrání v jednotlivých stupních dokumentace*

Stupeň dokumentace	Obsah dokumentace
Dokumentace pro územní rozhodnutí	Předpokládaný rozsah VPBZ Zásady řešení větrání CHÚC
Dokumentace pro stavební povolení	Požadavky na PBZ
Dokumentace pro provádění stavby	Zpřesnění a změny požadavků na PBZ
Dokumentace skutečného provedení stavby	Změny PBZ

MONTÁŽ POŽÁRNÍHO VĚTRÁNÍ

Při montáži požárně bezpečnostního zařízení musí být dodrženy podmínky vyplývající z ověřené projektové dokumentace, popřípadě dokumentace pro provádění stavby a postupy stanovené v průvodní dokumentaci výrobce. Osoba, která provedla montáž požárně bezpečnostního zařízení, potvrzuje splnění uvedených požadavků písemně (doklad o montáži). [5]

Z hlediska požární ochrany nejsou v praxi požadavky na montáž větrání CHÚC výrobci těchto zařízení stanovovány. Opačně, u ZOKT jsou požadavky na oprávnění k montáži vždy stanoveny v jejich průvodní dokumentaci a montovat je mohou pouze oprávněné subjekty.

UVÁDĚNÍ POŽÁRNÍHO VĚTRÁNÍ DO PROVOZU

Při uvádění staveb do provozu, dochází v rámci výkonu státního požárního dozoru k ověřování, zda byly dodrženy podmínky požární bezpečnosti staveb vyplývající z

posouzených podkladů a dokumentace, včetně podmínek vyplývajících z vydaných stanovisek. Ověřování podmínek požárního větrání z pohledu orgánu vykonávajícího státní požární dozor spočívá v praxi *zejména v ověření realizace zařízení v navrhovaném rozsahu* (prostor, podlaží, objekt) a *příslušné dokladové části*, která zařízení doprovází. Jedná se o *doklady prokazující požadované vlastnosti výrobků* (zejm. ZOKT), *oprávnění k montáži zařízení a prohlášení o splnění podmínek při montáži* (ZOKT a větrání CHÚC) *a provedení funkčních zkoušek* (ZOKT a větrání CHÚC).

Před uvedením požárně bezpečnostních zařízení do provozu zabezpečuje osoba, která provedla montáž, provedení *funkčních zkoušek*. Při funkčních zkouškách se ověřuje, zda instalované zařízení odpovídá projekčním a technickým požadavkům na jeho požárně bezpečnostní funkci. [5]

Podmínky znalostí, praktických dovedností, popřípadě technického vybavení osob provádějících funkční zkoušku, popř. kontrolu provozuschopnosti požárního odvětrání, mohou být stanoveny v průvodní dokumentaci výrobců zařízení. V případě, že průvodní dokumentace podmínky znalostí nestanoví, potom se za osobu vhodnou k provádění funkční zkoušky a kontroly provozuschopnosti považuje osoba s přiměřenými znalostmi dané problematiky a dostatečným technickým vybavením. [4]

Funkčnost požárního odvětrání se kromě obvyklých postupů, kterými je např. ověření chodu zařízení, nebo koordinace požárně bezpečnostních zařízení, *doporučuje ověřit měřením fyzikálních veličin* návrhových parametrů. Měření je zpravidla vhodné doplnit *netoxickou kouřovou zkouškou* pro sledování obrazu proudění vzduchu *prováděnou za účasti místně příslušného hasičského záchranného sboru kraje*. Jedná se zejména o požárně rizikové prostory z hlediska evakuace osob a z hlediska podmínek zásahových jednotek. *Měření fyzikálních veličin a netoxická kouřová zkouška jsou prováděny primárně před uvedením požárního odvětrání do provozu, avšak pokud je to účelné, také při jeho provozu (např. po realizaci stavebních úprav, které mohou mít vliv na funkci požárního odvětrání).* Postup je principálně shodný pro nevýrobní [11] i výrobní objekty [12].

Podmínky pro ověřování provozuschopnosti požárního odvětrání je účelné v závislosti na druhu a složitosti stavby stanovit v požárně bezpečnostním řešení jeho zpracovatelem, případně podmínkou hasičského záchranného sboru, jako dotčeného orgánu, uvedenou v závazném stanovisku k projektové dokumentaci.

V praxi má ověření funkčnosti požárního větrání „řadu podob“. V některých případech je ověření funkčnosti prováděno za účasti orgánu státního požárního dozoru, v jiných se jedná o samostatnou činnost subjektu, který provedl montáž. Rovněž rozsah ověřovaných údajů a důslednost prováděných funkčních zkoušek se značně liší.

PROVOZOVÁNÍ POŽÁRNÍHO VĚTRÁNÍ

Po uvedení stavby do užívání musí být prováděny kontroly provozuschopnosti, údržba a opravy. *Kontroly provozuschopnosti* požárně bezpečnostních zařízení se provádí v rozsahu stanoveném právními předpisy, normativními požadavky a průvodní dokumentací výrobce nejméně jednou za rok, pokud nejsou stanoveny výrobcem, ověřenou projektovou dokumentací, dokumentaci pro provádění stavby nebo posouzením požárního nebezpečí lhůty kratší. [5]

ZÁVĚR

Pro zajištění bezpečnosti osob je význam požárního větrání ve stavebních objektech neoddiskutovatelný. Na základě druhu požárního větrání, přesněji jeho klasifikace jako

„obyčejného“ nebo „vyhrazeného“ požárně bezpečnostního zařízení, jsou stanoveny požadavky na jeho projektování, instalaci, provoz, kontrolu, údržbu a opravy. Na vyhrazená požárně bezpečnostní zařízení jsou požadavky přísnější.

Významu požárního větrání odpovídá rovněž pozornost orgánů státní správy na úseku požární ochrany, která se projevuje zpravidla důsledným prověřováním splnění stanovených podmínek.

LITERATURA

[1] Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů.

[2] KUČERA, P., PAVLÍK, T., POKORNÝ, J., KAISER, R.: *Požární inženýrství při plnění úkolů HZS ČR*. Praha: MV - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2012, 66 s., ISBN 978-80-86466-25-5.

[3] Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů.

[4] Ministerstvo vnitra – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky. *Metodický postup pro ověřování funkčnosti požárního odvětrání* [online]. Praha, 2010 [cit. 2014-02-08]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/metodicky-postup-pro-overovani-funkcnosti-pozarniho-odvetrani.aspx>.

[5] Vyhláška č. 246/2001 Sb., o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci).

[6] MONOŠI, M., POKORNÝ, J. *Přetlakové větrání chráněných únikových cest*. In Sborník přednášek Krízový manažment civilných udalostí a katastrof. Žilina: 112 Rescue Fórum, Ministestvo vnútra Slovenskej republiky, Ministerstvo zdravotníctva Slovenskej republiky, 2012. s. 11 - 19, ISBN: 978-80-971047-1-9.

[7] POKORNÝ, J., TOMAN, S.: *Požární větrání - Větrání chráněných únikových a zásahových cest*. EDICE SPBI SPEKTRUM 75. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2011, 111 s., ISBN 978-80-7385-104-0.

[8] Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb, ve znění vyhlášky č. 62/2013 Sb.

[9] Zákona č. 360/1992 Sb., o výkonu povolání autorizovaných architektů a o výkonu povolání autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě, ve znění pozdějších předpisů.

[10] Vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb, ve znění vyhlášky č. 268/2011 Sb.

[11] ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.

[12] ČSN 73 0804 Požární bezpečnost staveb – Výrobní objekty. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory projektu Ministerstva vnitra ČR č. VG 20122014074 – “Specifické posouzení vysoce rizikových podmínek požární bezpečnosti s využitím postupů požárního inženýrství“.

TLAKOVÉ ZTRÁTY V PERFOROVANÝCH VZDUCHOVODECH

Martin Pospíšil

ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí
martinposp@seznam.cz

ANOTACE

Článek přináší přehled o vnitřní aerodynamice v perforovaných vzduchovodech se zaměřením na tlakové ztráty a rovnoměrnou distribuci vzduchu z těchto vzduchovodů. Jsou v něm uvedeny faktory, které ovlivňují tyto ztráty a tím i rovnoměrnost výtoku vzduchu. Vysvětluje předpoklady a problémy ohledně stanovení tlakových ztrát v těchto vzduchovodech. Tyto předpoklady a problémy jsou dál porovnány s výsledky některých dílčích experimentů, simulace CFD a dříve publikovaných výsledků.

ÚVOD

V současnosti se pro distribuci vzduchu začínají více používat kromě běžných distribučních prvků např. vyústek i perforované vzduchovody. Jedná se o vzduchovody s otvory, jejichž vzájemná vzdálenost je menší než několik průměrů vzduchovodu, tak, aby mezi nimi nedošlo k vyrovnání rychlostních profilů. Tyto vzduchovody („vyústky“) jsou zároveň potrubím i distribučním či sběrným prvkem. Vzduch je z (do) těchto vyústek přiváděn perforací materiálu, přirozenou prodyšností u textilií a případně kombinací obojího.

Článek se zaměřuje jen na dnes nejčastěji používané případy, tzn. perforované vzduchovody pro přívod vzduchu s konstantním průřezem a speciálně na vzduchovody z textilií a fólií. Ostatní typy vzduchovodů jsou většinou používány pro speciální průmyslové účely.

Také od perforovaných vzduchovodů obvykle požadujeme rovnoměrné provětrání prostorů, které zajistíme rovnoměrným přívodem vzduchu ze vzduchovodů. Tento rovnoměrný přívod je ovlivněn jednak geometrií perforace (otvoru ve vzduchovodu), jednak vnitřní aerodynamikou – tlakovými ztrátami (zisky) a rychlostními poměry uvnitř vzduchovodů.

ZÁKLADNÍ INFORMACE

Výtok vzduchu ze vzduchovodů

Výtok vzduchu otvorem (perforací) ze vzduchovodů je obecně ovlivněn geometrií otvoru, statickým tlakem a rychlostí proudění ve vzduchovodu. Pro výtokovou rychlost v_o vazké nestlačitelné tekutiny z otvoru bez vlivu proudění uvnitř vzduchovodu platí známý vztah:

$$v_o = \mu . \sqrt{\frac{2.\Delta p}{\rho}} \tag{1}$$

kde μ je výtokový součinitel otvoru, Δp rozdíl tlaků před a za otvorem a ρ hustota vzduchu.

Při výtoku vzduchu ze vzduchovodu, u kterého je směr vektoru výtokové rychlosti odlišný od směru vektoru podélné rychlosti ve vzduchovodu, dochází k odklonu vektoru výtokové rychlosti od kolmice k povrchu vzduchovodu. Pro velký ostrohranný otvor v tenké stěně se předpokládá, že složky vektoru výtokové rychlosti budou tvořeny z rychlosti ve vzduchovodu (složka ve směru podél vzduchovodu) a teoretickou výtokovou rychlostí (složka kolmá ke vzduchovodu). Toto neplatí v případě, že je otvor proveden jako dostatečně dlouhý nátrubek (např. u textilních vzduchovodů s mikroperforací, kde je průměr perforací porovnatelný s tloušťkou textilie), protože tento nátrubek usměrní vytékající proud.

Rovnoměrný přívod vzduchu

Rovnoměrný přívod vzduchu do prostoru znamená, že výtok vzduchu je po celé délce vzduchovodu konstantní. V praxi se připouští malé odchylky od této hodnoty, protože tyto významně neovlivní proudění v prostoru.

Průběh tlaků ve vzduchovodech

Z Bernoulliho rovnice při proudění v perforovaných vzduchovodech vyplývá, že s poklesem průtoku podél vzduchovodu (dynamického tlaku) narůstá statický tlak, který je dále snižován tlakovými ztrátami. Pokud by v perforovaném vzduchovodu proudila ideální nestlačitelná tekutina, statický tlak by monotónně stoupal až k jeho konci.

Tyto změny statického tlaku uvnitř vzduchovodu s konstantním průřezem ale ovlivňují i rovnoměrný přívod vzduchu, viz rovnice (1). Proto je třeba tyto změny tlaku kompenzovat:

- Změnou plochy perforace, které se mění po délce vzduchovodu
- Seškrcením přebytečného stat. tlaku clonkami ve vzduchovodu - vzniknou odchylky
- Zvýšením tlakové ztráty (rozdíl tlaků) otvoru (perforace), tak aby změny statického tlaku ve vzduchovodu byly vůči nim zanedbatelné - tzv. komora stálého statického tlaku

Další možností kompenzace by byla změna geometrie otvoru (nátrubky, klapky částečně clonící perforaci,…) za účelem úpravy výtokového součinitele, která ale není obvykle technologicky výhodná, pokud neslouží pro zvýšení dosahu vystupujícího proudu (tryska).

Účinnost přeměny dynamického tlaku

Pro popis tlakových poměrů uvnitř vzduchovodů se velmi často zavádí účinnost přeměny dynamického tlaku na tlak statický η [2, 3, 4]:

$$\eta = \frac{p_{s2} - p_{s1}}{p_{d1} - p_{d2}} \tag{2}$$

definovaný jako poměr rozdílu statického tlaku p_s za a před odbočením a dynamického tlaku p_d před a za odbočením. Pro případy s nerovnoměrnými rychlostními profily může nabývat hodnot i vyšších než 1, protože ze vzduchovodu je odváděna vrstva vzduchu s menší kinetickou energií, než je kinetická energie celého proudu, která je vždy vyšší než odpovídá průměrné rychlosti podle průřezu [1, 2].

VNITŘNÍ AERODYNAMIKA

Rychlostní profily

Specifikem proudění v perforovaných vzduchovodech je skutečnost, že dochází k prakticky plynulé změně rychlostních profilů v podélném směru vzduchovodu, např. obr. 1. a 2.

Na tvar a postupnou změnu profilů má vliv i umístění a tvar otvorů (perforací). Např. pokud bude perforace jen na jedné podélné straně vzduchovodu, bude docházet k poklesu rychlosti u protější strany a tím ke snižování rovnoměrnosti profilu. Na konci vzduchovodu, kde je již nízký průtok vzduchu, může dojít u protější strany i ke zpětnému proudění. Vyšší podélná rychlost u stěny s perforací je důsledkem nátoku vzduchu do perforací. Navíc v rovině kolmé na rovinu perforací bude odlišný rychlostní profil – rychlostní profil bude prostorově nesymetrický. Pokud ale bude vzduchovod rovnoměrně perforován (prodyšný) po celém svém obvodu nebo alespoň po jeho části, bude rychlostní profil velmi vyrovnaný, resp. bude se blížit ideálnímu obdélníkovému profilu, viz obr. 2.

Z uvedeného je zřejmé, že dochází také k významnému radiálnímu proudění směrem k perforaci, které také probíhá v celé délce vzduchovodu. Hodnoty radiální rychlosti jsou

poměrně malé, řádově okolo 0,1 m/s, viz např. obr. 3. V celém objemu vzduchovodu tedy dochází k prostorovému proudění.

Tlakové ztráty

Tlakové ztráty v těchto vzduchovodech vznikají třením, změnou výše popsaných rychlostních profilů a odbočováním proudů směrem do otvorů (odbočky). Další tlakové ztráty jsou klasické oblouky a případně odbočky - větvení vzduchovodů.

Vzhledem k rychlostním poměrům (profilům) v perforovaných vzduchovodech je velmi obtížné stanovit jednotlivé složky tlakových ztrát. Pro třecí tlakové ztráty jsou hodnoty součinitele tření běžně dostupné pouze potrubí s vyvinutým rychlostním profilem a bez radiálního proudění. Pro místní ztrátu např. odbočením proudu jsou uváděné hodnoty součinitel místní tlakové ztráty pouze pro případy jednotlivého odbočení, kde do součinitele ztráty je zahrnuta i ztráta změnou (vyrovnáním) rychlostního profilu v úseku navazujícím za odbočení. Pro případy, kdy za jedním odbočením následují další, výsledky schází. U perforovaných vzduchovodů se věc komplikuje ještě tím, že otvory mohou být ve stěně umisťovány nepravidelně jak po jeho délce, tak i po obvodu. Tím se ztěžuje už popis geometrie vzduchovodu. U hustě perforovaných (prodyšných) vzduchovodů navíc přestávají být patrné jednotlivé odbočky proudu a celek vypadá jako plošné odsávání mezní vrstvy.

Tlakové ztráty třením

Ve snaze zjednodušit výpočty a vyhnout se neznámým případům se v případech krátkých vzduchovodů (poměr skutečné délky a hydraulického průměru do hodnoty zhruba 30 až 50) tlaková ztráta třením často neuvažuje, protože vůči ostatním změnám tlaku je malá. Velká část autorů uvažuje součinitel třecí tlakové ztráty konstantní po celé délce, protože změna součinitele třecí ztráty vlivem změny rychlosti je obvykle malá [1]. Se změnou součinitele třecích ztrát je nutno uvažovat až u velmi dlouhých vzduchovodů. Plynulou změnou třecích ztrát podél vzduchovodu se zabýval Hemzal [2], který odvodil vztah pro změnu součinitele s použitím Blasiova vztahu. Jinou cestu zvolili Moueddeb, Barrington a Barthakur [3], kteří na základě energetické rovnice a větě o změně hybnosti navrhli postup, při kterém není potřeba počítat třecí tlakové ztráty předem.

Tlakové ztráty místní

Vzhledem ke složitému proudění bylo publikováno jen několik málo možností, jak odděleně stanovit alespoň část místních tlakových ztrát. Pro tlakovou ztrátu změnou rychlostních profilů platí teoreticky odvozený vztah pro výpočet součinitele místní tlakové ztráty ζ [1]:

$$\zeta = \alpha_1 - \alpha_2 + 2(\beta_2 - \beta_1) \qquad (3)$$

který tento dává do souvislosti s Coriolisovým α a Boussinesqovým β součinitelem (popis rychlostního profilu) před a za narušením profilů.

Podle Hemzala [2] je nejvýznamnější místní ztrátou náhlé rozšíření proudu po odbočení v přímém směru určené Bordovou ztrátou s vlivem nerovnoměrného rychlostního profilu.

Výpočetní postupy Moueddeba, Barringtona a Barthakura [3] (zmíněný výše) a dle Haertera [4] stanovují místní ztráty (účinnosti přeměny dynamického tlaku) z rychlostí před a za odbočením a výstupní rychlosti s uvažováním nerovnoměrných rychlostních profilů.

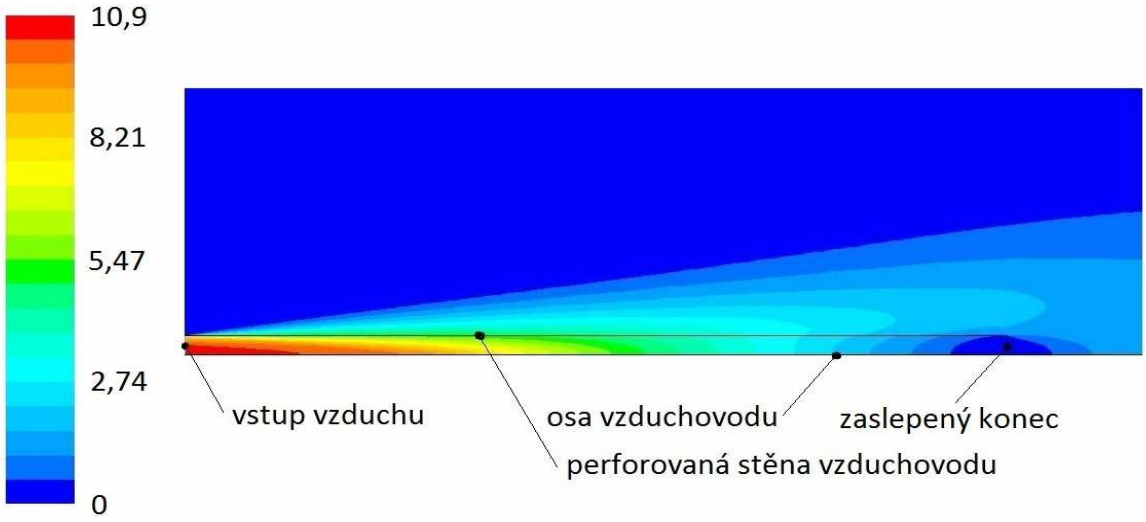
CFD SIMULACE A PUBLIKOVANÉ VÝSLEDKY

Výše popsané jevy v perforovaných vzduchovodech jsou dobře vidět na výsledcích z CFD simulace kruhového vzduchovodu s mikroperforací o průměru 100 mm a délce 2000 mm (z pohledu výpočtu krátký vzduchovod) [1]. Stěna vzduchovodu byla schematizována jako

porézní vrstva („porous jump“) s tlakovou ztrátou, která odpovídá perforované tkanině s otvory o průměru zhruba 0,4 mm a hustotou perforace 150 000 otvorů/m^2.

Na obr. 1 jsou rychlostní pole ve vzduchovodu a v jeho okolí. Viditelné je především odklánění vzduchu vystupujícího z textilie a pokles rychlosti směrem od vstupu (vlevo) k zaslepenému konci vzduchovodu (vpravo). Úhel mezi vektorem rychlosti a povrchem vyústky je asi 8°. Za zaslepeným koncem vzduchovodu je patrný i malý úplav.

Nevýhodou tohoto způsobu zadání stěny vzduchovodu („porous jump“) je to, že nedokáže simulovat změnu směru vzduchu proudícího přes tuto vrstvu, mikroperforace tkaniny se totiž chová jako krátký nátrubek. Model také nedokáže počítat tlakové ztráty třením, protože okrajová podmínka „porous jump“ se chová jako pomyslná tlaková ztráta vložená do proudu a ne jako pevná stěna. Vzhledem k malé délce vzduchovodu budou ale třecí ztráty poměrně malé. Model s reálně zadanými otvory ve stěně je totiž prakticky velmi těžko proveditelný a i výpočet by byl velmi složitý a zdlouhavý.



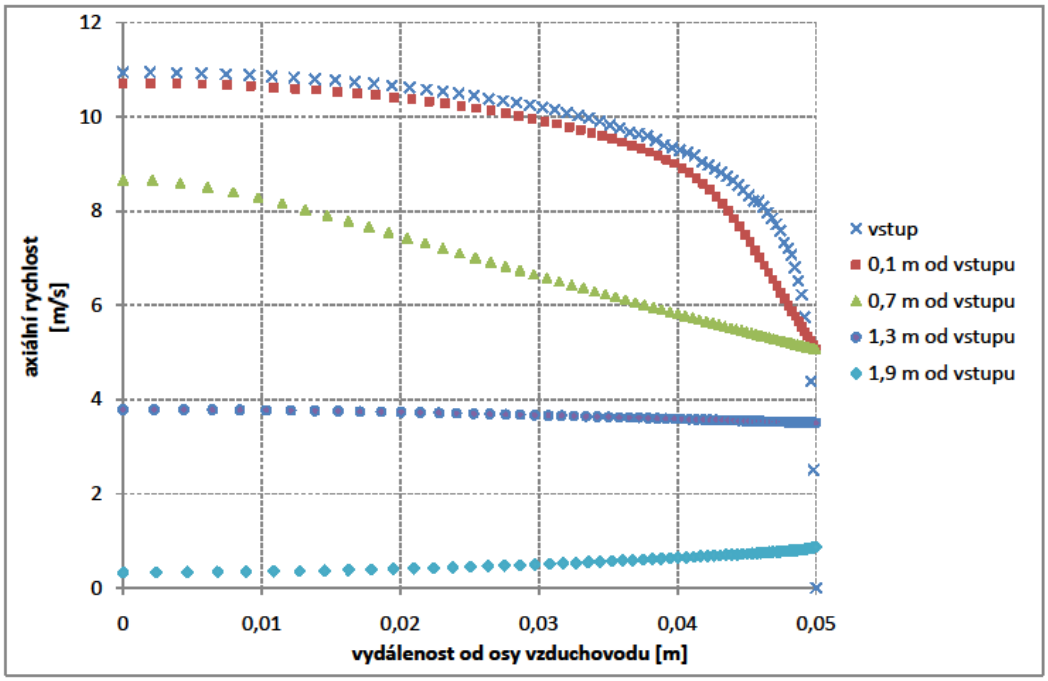
Obr. 1 *Rychlostní pole v rovnoměrně perforovaném vzduchovodu a v jeho okolí, rychlosti v m/s, řez, osově symetrické [1]*

Axiální rychlostní profily ve vzduchovodu (v jeho osově symetrické polovině) jsou na obr. 2. Jasně jsou patrné změny rychlostních profilů, které se po určité deformaci po vstupu do perforovaného vzduchovodu začínají vyrovnávat. Ve vzdálenosti větší než 0,7 m od vstupu jsou rychlostní profily už velmi vyrovnané.

Na obr. 3 jsou průběhy radiálních rychlostí (rychlosti kolmé k ose) ve vzduchovodu. Je patrný vývin radiálních rychlostí, kdy rychlost stoupá směrem od vstupu do vyústky a směrem ke stěně. Na vstupu do vyústky (přívod z neprostupného potrubí) jsou radiální rychlosti nulové, protože vzduch nemůže přes pevnou stěnu vytékat. Nejvyšší radiální rychlosti jsou dosahovány v blízkosti stěny, kde se shodují s výtokovou rychlostí ze vzduchovodu.

Na obr. 4 je průběh poměrného statického tlaku (vztažený ke statickému tlaku na konci vzduchovodu) v závislosti na poměrné vzdálenosti (vztaženo na délku vzduchovodu). Je zde uveden jak výsledek simulace, tak i experimentálně zjištěné hodnoty od několika autorů.

Průběh poměrných tlaků je uveden také v závislosti na poměrné délce $L´$- poměru délky a hydraulického průměru. Všechny vzduchovody mají podobnou hodnotu poměrné průtočné plochy perforace σ - poměru plochy perforace a průřezu vzduchovodu. Je patrné, že s rostoucí délkou vzduchovodů se mění průběh tlaků. U krátkých vzduchovodů tlak monotónně stoupá, u dlouhých do vzdálenosti zhruba 0,6 klesá a následně stoupá vlivem velkých třecích ztrát

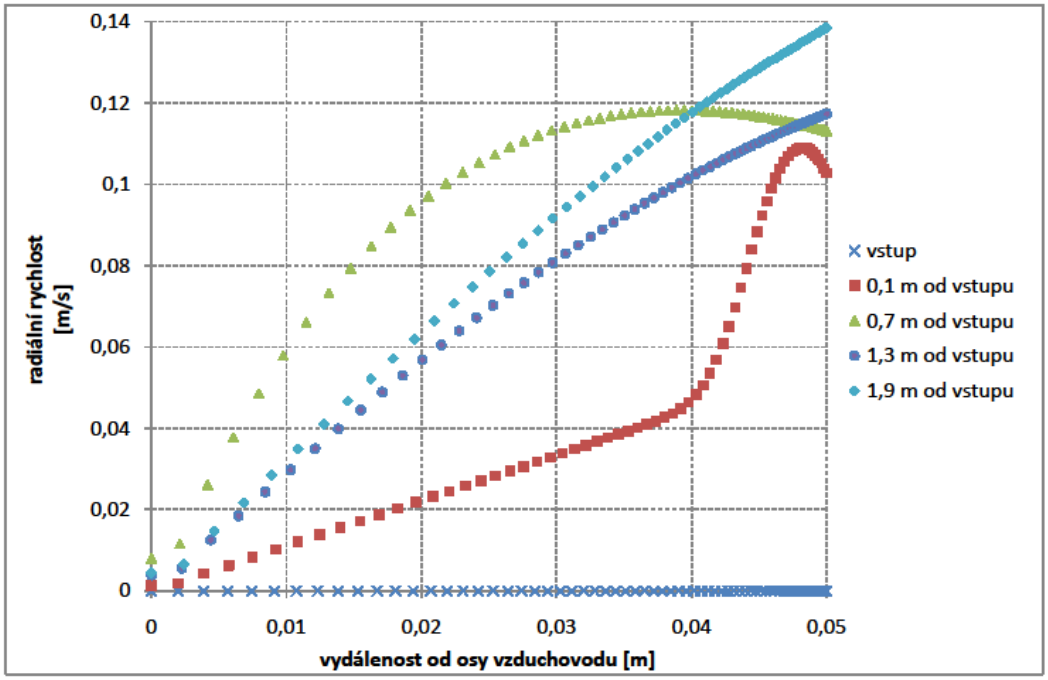


Obr. 2 *Axiální rychlostní profily v rovnoměrně perforovaném vzduchovodu [1]*

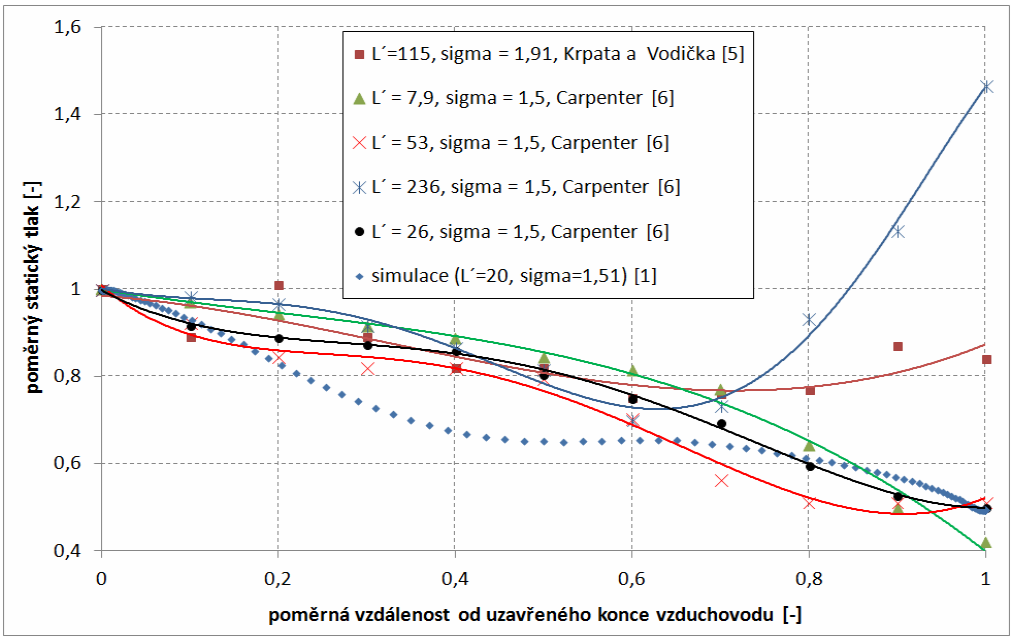
po vstupu do vzduchovodu. Z porovnání výsledků simulace a vzduchovodu s $L´ = 26$ vyplývá shoda jen na začátku a konci vzduchovodu. Způsobeno to bude zjednodušujícím zadáním perforované stěny v simulaci [1] a mírně odlišnou geometrií při měření – měřený vzduchovod [6] byl perforován velkými otvory na protilehlých stranách a byl delší.

ZÁVĚR

Příspěvek přináší základní přehled o problematice vnitřní aerodynamiky v perforovaných vzduchovodech, která má vliv i na proudění v prostoru – viz obr. 1, kde šikmo vystupující



Obr. 3 *Radiální rychlostní profily v rovnoměrně perforovaném vzduchovodu [1]*



Obr. 4 *Poměrné statické tlaky v perforovaných vzduchovodech*

proud naruší předpokládané obrazy proudění v prostoru. Dál seznamuje o komplikovanosti odděleného výpočtu jednotlivých tlakových ztráty vlivem významně se měnících rychlostních axiálních a radiálních profilů. Tlakové ztráty mají významný vliv na průběhy statických tlaků zvlášť u dlouhých vzduchovodů, kde díky nim dochází v blízkosti vstupu k poklesu statického tlaku a následně k jeho nárůstu. I přes určité odchylky počítačového modelu v porovnání s naměřeným průběhem statického tlaku, dává simulace zajímavé a použitelné výsledky. Jedná se hlavně o radiální rychlosti, které by byly v reálném experimentu velmi těžko změřitelné.

LITERATURA

[1] POSPÍŠIL, M. *Vzduchovody pro rovnoměrný rozvod vzduchu.* Studie dizertační práce, ČVUT v Praze, Fakulta strojní, 2012

[2] HEMZAL, K. *Příspěvek k návrhu vzduchovodů stálého průřezu pro rovnoměrný přívod vzduchu do klimatizovaných a větraných místností.* ACTA POLYTECHNIKA, číslo II, 1977, str. 31 až 46, ČVUT v Praze

[3] MOUEDDEB, K., El., BARINGTON, S., BARTHAKUR, S., BARTHAKUR, N. *Perforated ventilation duct: Part . A model for air flow distribution*, Journal of Agricultural Engineering Research, číslo 68, 1997, str. 21 až 27

[4] HAERTER, A., *Theoretische und experimentalle Untersuchungen über die Lüftungsanlagen von Straßentunneln*. dizertační práce, ETH Bern, 1961

[5] VODIČKA, M., KRPATA, L. *Vzduchovody s neproměnným průřezem pro rovnoměrný přívod vzduchu.* Práce studentského kroužku, ČVUT v Praze, Fakulta strojní, 1985

[6] CARPENTER, G., A. *The design of permeable ducts and their application to the ventilation of livestock buildings.* Journal of Agricultural Engineering Research, číslo 3, ročník 17, 1972, str. 219 až 230

[7] Firma Příhoda s. r. o. *Webová stránka firmy*, aktualizováno 16. 3. 2014. Dostupné z: <http://www.prihoda.com/cs/>

Článek vznikl s podporou grantů SGS 161-802540, 161-1326 a pomoci fi. Příhoda s. r. o.

JAK DOSÁHNOUT V PRŮŘEZU 18 m^2 ROVNOMĚRNÉHO ROZLOŽENÍ RYCHLOSTÍ PROUDĚNÍ VZDUCHU 0,1 až 0,2 m/s?

Zdeněk Příhoda[1], Michal Bureš[1], Pavel Prešnajder[2]

[1]PŘÍHODA s.r.o.
[2]ACARE s.r.o.
director@prihoda.com, development@prihoda.com, pavel.presnajder@acare.cz

ANOTACE
Udržení rychlosti vzduchu proudícího místností o průřezu 18 m^2 v rozmezí 0,1 – 0,2 m/s předpokládá především velmi rovnoměrný přívod nízkou rychlostí. Vzduch je přiváděn na jedné straně a odváděn na druhé. Princip našeho řešení spočívá v rozptylování i odsávání vzduchu přes stěny zhotovené ze speciálních tkanin perforovaných otvory s průměrem menším než 1 mm.

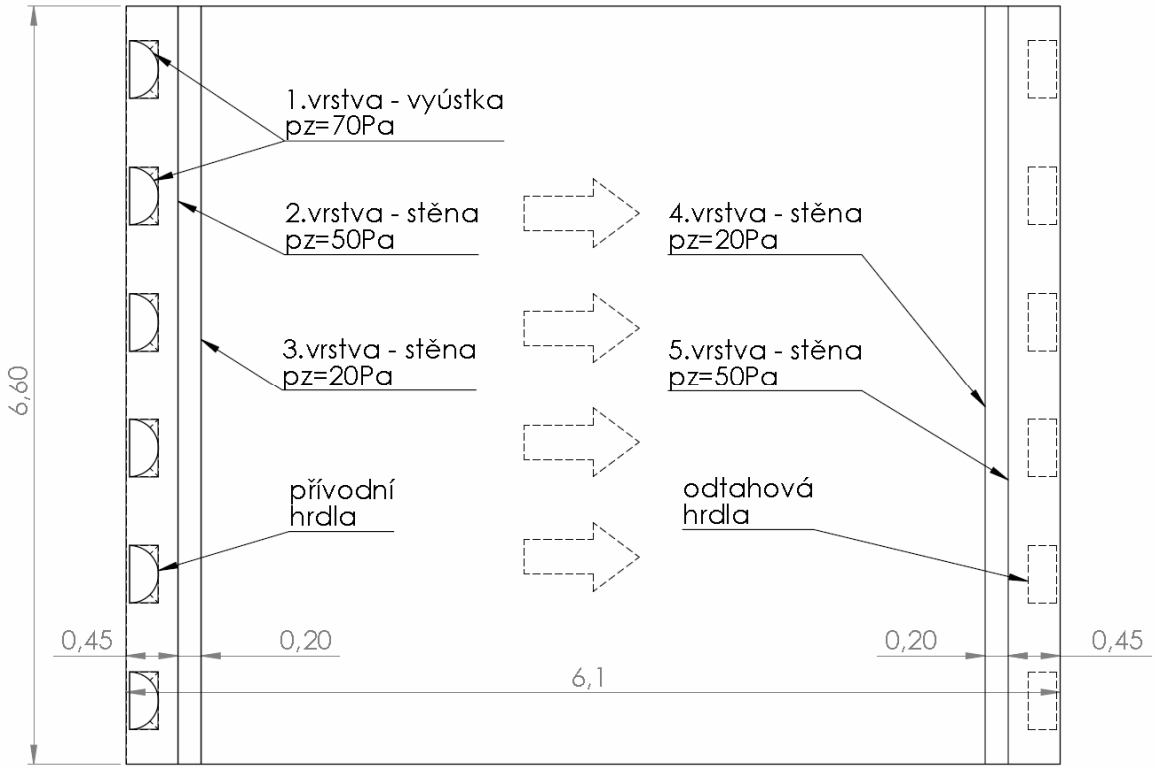
ÚVOD
Zadáním bylo dodržet požadavky EN ISO 23953-2, která definuje rovněž teploty a vlhkosti vzduchu. Článek se soustředí pouze na proudění vzduchu. V souladu s uvedenou normou požadoval investor dodržení rychlostí proudění v rozmezí 0,1 až 0,2 m/s a to v celém průřezu místnosti, prakticky v kterémkoliv bodě. Pro splnění přísného zadání jsme použili principy a zařízení, která dobře známe a bezpečně víme, jak se chovají. Vycházeli jsme pouze z našich vlastních zkušeností, nestudovali jsme do detailu žádná podobná zařízení. Zřejmě právě proto se jedná o originální koncept, odlišný od konstrukce na trhu dostupných laminárních boxů. Jiné principy by pro daný průřez místnosti byly neúměrně drahé.

PRINCIP ŘEŠENÍ
Použili jsme metodu postupného zrovnoměrnění proudu, kdy přiváděný vzduch prochází skrz 3 vrstvy tkaniny. V první vrstvě dochází k základnímu rozdělení průtoku. Tvoří ji šest svislých, na stěnu upevněných tkaninových vyústek segmentového průřezu s velkou výstupní plochou. Druhá vrstva je již stěna s mikroperforací přes celou místnost a stejně tak vrstva třetí. Druhá stěna pracuje za přetlaku 50 Pa a používá otvory 0,4 mm. Třetí vrstva stabilizuje proud při přetlaku 20 Pa, s otvory 0,6 mm vypálenými v roztečích 2 x 2 mm. Zde již dosahujeme potřebné nízké rychlosti. Obdobně je konstruovaný i odvod vzduchu. Dvě perforované stěny „izolují“ prostor od vlivu nesymetricky umístěného odvodního potrubí.

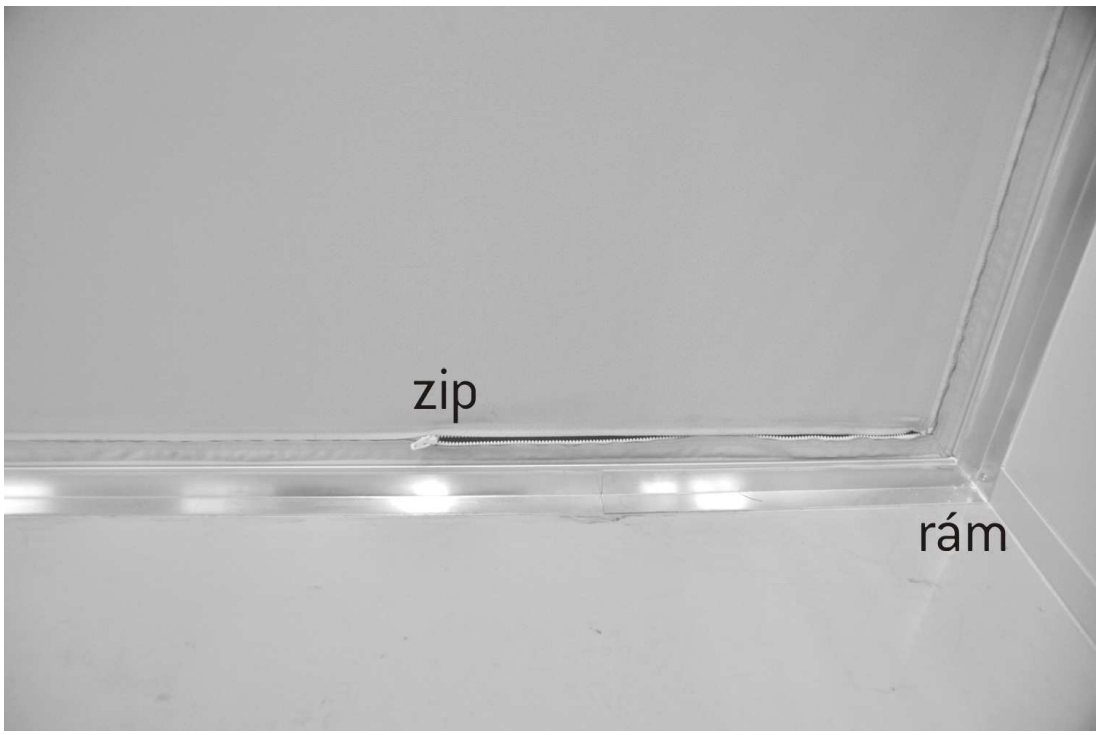
PRAKTICKÉ ZKUŠENOSTI
Při realizaci se projevilo několik slabších míst našeho návrhu, která musela být operativně odstraněna.

Průhyb stěn
Počítali jsme s tím, že se tkanina bude vlivem své přirozené pružnosti prohýbat. Obávali jsme se ale, aby přílišné vyztužení stěn nenarušilo proudění. Připravili jsme proto rámy, které umožňovaly napínání v obou směrech, vodorovně i svisle. Samotná tkanina byla po obvodě navíc vybavena napínacím zařízením používaným pro instalace textilních vyústek do hliníkových profilů. Ukázalo se, že to nestačí. I při poměrně malých přetlacích síly působící na látku o tak velké ploše způsobují její neúměrné prohnutí. V důsledku toho se deformuje prostor mezi vrstvami tkaniny a to narušuje proudění. Dodatečně jsme tedy podepřeli látkové

stěny a omezili tak prohnutí na minimum. Použité výztuhy byly malých průměrů a neovlivnily proudění.



Obr. 1 *Půdorys místnosti se schématem stěn*

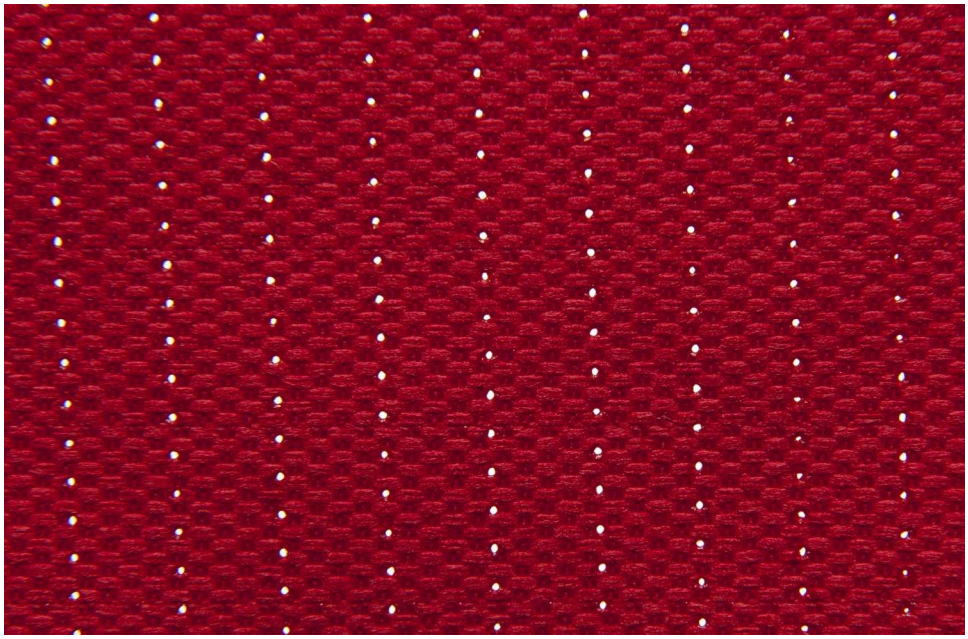


Obr. 2 *Tkanina je po obvodě vybavena zipy pro snadnější montáž i demontáž*

Nepropálené otvory

Jakkoliv se může zdát výroba plachet s otvory jednoduchá, tak i zde existuje řada úskalí. Především musí být otvory stejné velikosti a alespoň zhruba i tvaru. To je ale u tak malých průměrů velmi obtížný úkol. Tkaniny se propalují laserem a každý jednotlivý otvor se vlivem seškvaření látky vytvaruje trochu jinak. Ke správnému nastavení strojů jsme došli po sérii testů. Kromě průtoku jsme zkoušeli i směr vystupujícího vzduchu. Všechny otvory musely mít rovnoběžné osy, kolmé ke tkanině. Použili jsme 100% polyester upravený pro nulovou prodyšnost, s hmotností cca 220 g/m^2 a tloušťce 0,31 mm.

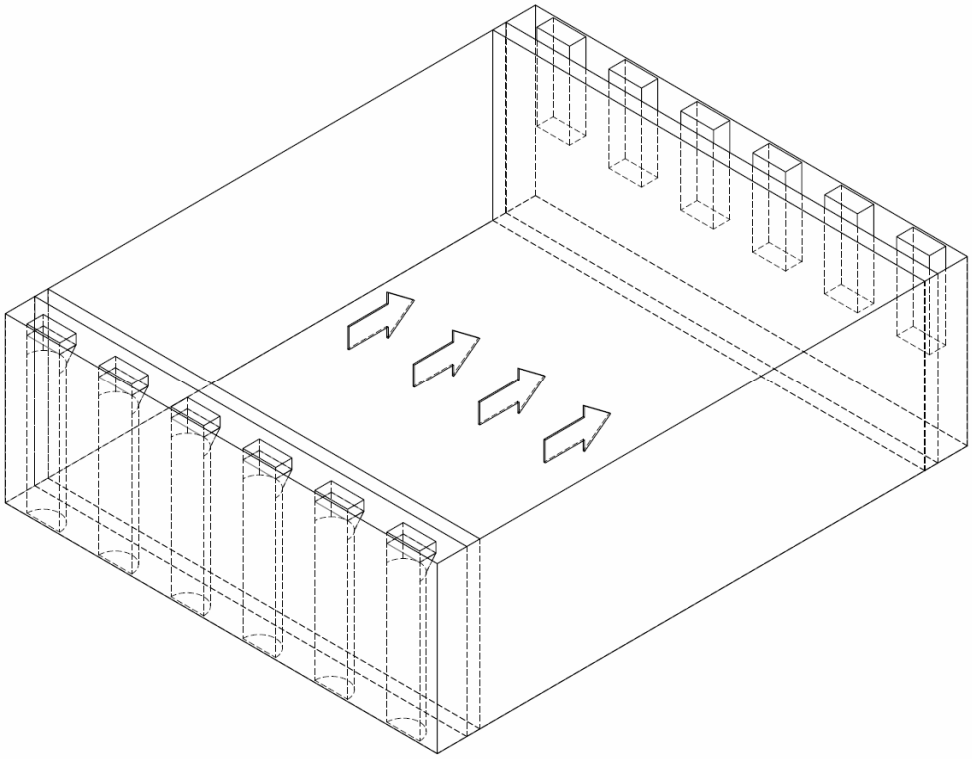
Při výrobě došlo k chybě a na plachtě se vyskytla oblast cca 100 x 100 mm, kde nebyly otvory dostatečně propáleny. Tato oblast představuje méně než jedno promile celkové plochy a u běžné zakázky by to nepředstavovalo žádný problém. U popisované aplikace byly ovšem nároky extrémní a měření zjistilo nižší rychlosti ještě 1 m za nedokonale propálenou oblastí. Improvizací na místě se podařilo otvory upravit.



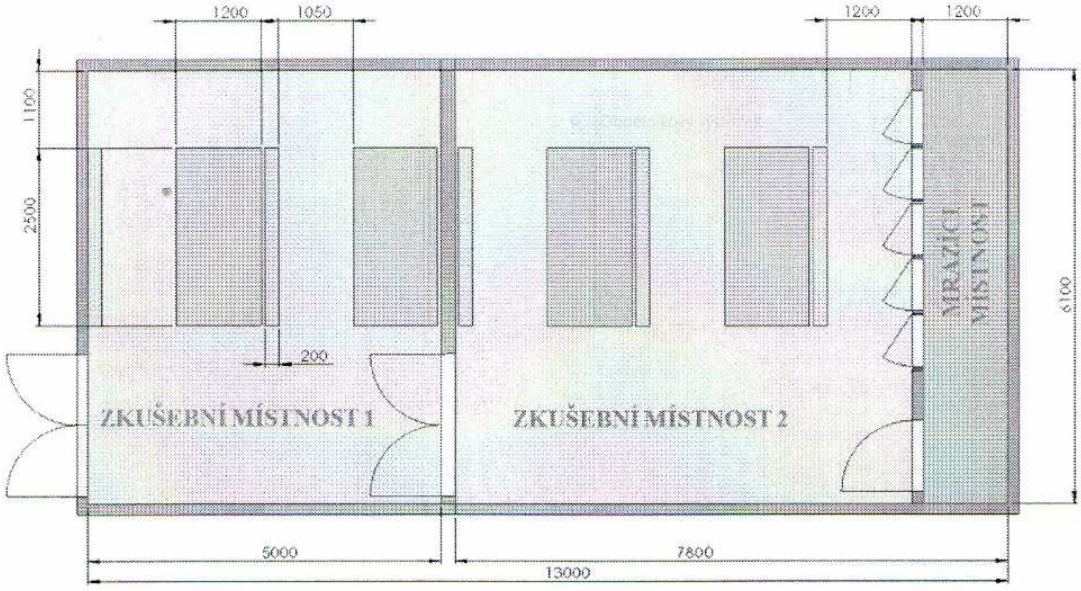
Obr. 3 *Detail mikroperforované tkaniny*

Nerovnoměrný odvod vzduchu

Původní návrh předpokládal odvod vzduchu šesti otvory ve stropě, z nichž byl každý vybaven regulační klapkou. Domnívali jsme se, že dvě mikroperforované stěny před odsávacími otvory sami o sobě zaručí rovnoměrnost. Měření nicméně ukázala nižší rychlosti u podlahy než pod stropem. Nejjednodušším řešením bylo prodloužení odsávacích nástavců. Sérií pokusů jsme došli k uspořádání (správným délkám nástavců), při kterém už byly rychlosti v požadované toleranci.



Obr. 4 *Prostorové schéma laboratoře*



Obr. 5 *Půdorys obou místností*

PRŮBĚH A VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Pro úpravu vzduchu je instalována vzduchotechnická jednotka odpovídajícího průtoku, která obsahuje ohřev, chlazení a parní zvlhčování. Pracuje prakticky pouze s oběhovým vzduchem. V objektu jsou dvě obdobné místnosti, řešené stejným principem. Budou využívány střídavě, vždy pouze jedna z nich. První má půdorys 6,1 x 6,42 m, druhá 6,1 x 5,0 m, výška je u obou 2,79 m. Série ověřovacích měření obsahovala statické měření vlhkosti a teploty a ve druhém sledu měření rychlostí proudění.

Detaily měření

- s prázdnou komorou
- na přívodní i odvodní straně 0,6 m od stěny
- v rastru bodů 0,5 x 0,5 m
- v ploše s výškou 2,8 m x šířkou 6,5 m pro místnost 2 (5 x 12 = 60 bodů)
- v ploše s výškou 2,8 m x šířkou 5,0 m pro místnost 1 (5 x 9 = 45 bodů)

Místnost bude sloužit k testování chladírenského nábytku. Je vybavena cca 250 přesnými teplotními čidly pro snímání povrchové teploty kabinetů. Průtok vzduchu se upraví podle stupně zaplnění místnosti tak, aby rychlosti byly vždy v požadovaném intervalu.

Zajímavosti z měření

Především je nutné laboratoř nejdříve stabilizovat teplotně. Stěny jsou z izolovaných panelů, ale podlaha je betonová izolovaná ze spodu. Stěny a podlaha mají tedy různé tepelné charakteristiky. Pokud nebyla podlaha dostatečně nahřátá, tak spodní čidlo ukazovalo jinou hodnotu než horní. Zjistili jsme také, že už samotné chladnutí odstavené laboratoře vyvolává měřitelné proudění. Někdy byly naměřeny nesmyslné hodnoty rychlosti vlivem vysrážení vlhkosti na čidle při přechodech mezi klimatickými třídami.

Naměřené hodnoty

Během několikadenního měření byly získány tisíce hodnot, jejichž rozsah je zcela mimo rámec tohoto textu. Podstatné je, že měření od začátku vykazovalo velmi dobrou shodu s požadavky normy. Všechny nesrovnalosti se povedlo rychle odstranit. Následující tabulky udávají hodnoty z jediné série měření v každé místnosti. U místnosti 1 proběhlo uvedené měření 13. března 2014 v době od 14.42 do 15.56 a obsahovalo 37 odečtů hodnot. Druhá tabulka udává shrnutí měření místnosti 2 z 10. března 2014, od 17.52 do 19.20, které obsahovalo 45 odečtů. Uvádíme vždy průměr a minimální a maximální hodnoty. Jsou to pouze reprezentativní vzorky, ostatní série dopadly obdobně.

Tab. 1 *Vzorek naměřených hodnot z místnosti 1*

Hodnota	Rychlost [m/s]	Teplota [°C]	Vlhkost [%]
průměr	0,14	24,7	58,9
maximum	0,17	24,9	63,7
minimum	0,12	22,5	57,8

Tab. 2 *Vzorek naměřených hodnot z místnosti 2*

Hodnota	Rychlost [m/s]	Teplota [°C]	Vlhkost [%]
průměr	0,14	23,1	58,9
maximum	0,20	24,0	66,0
minimum	0,12	22,0	52,6

ZÁVĚR

Investor pověřil validací Ing. Karla Douška, CSc., jehož měření korespondovalo s našimi výsledky. Laboratoře jsou schválené k používání, dosahované výsledky patří k vůbec nejlepším pro obdobný typ provozu. Závěrem je nutné zmínit, že lví podíl na úspěšné realizaci má Ing. Prešnajder z firmy Acare. Díky jeho neúnavné a nadšené práci se povedlo odstranit všechny dílčí problémy.

Obr. 6 *Mikroperforované tkaninové stěny*

SNIŽOVÁNÍ NÁKLADŮ NA PROVOZ VĚTRÁNÍ A ODVLHČOVÁNÍ BAZÉNOVÝCH PROSTOR

Roman Šmíd

IFMA CZ

Roman.smid1@seznam.cz

ANOTACE

Příspěvek pojednává o technickém zařízení v prostředí aquaparku. Zaměřuje se na úsporu energie při provozu technických zařízení budov, zvláště pak na zařízení vzduchotechniky a problematiku odvlhčování vzduchu. Dále se věnuje zajištění kvality vod a obecně i prostředí. Týká se i provou a ladění systému měření a regulace, provozu elektrických zařízení a specifiky údržby.

ÚVOD

Provoz technických zařízení v mokrém a agresivním prostředí aquaparku je specifický a přináší provozovateli mnoho zajímavých podnětů k řešení. Jde například o oblast úspor energie, zajištění kvality vod a prostředí, provoz a ladění systému měření a regulace, provoz elektrických zařízení z pohledu bezpečnosti proti úrazu elektrickým proudem, náročnost provádění veškeré údržby a další. Tento příspěvek naznačuje směr činností vedoucích k úsporám nákladů při provozu odvlhčovačů vzduchu a vzduchotechnických jednotek.

Obvyklé řešení problematiky aquaparku zahrnuje

- architektonické řešení a výběr stavebních technologií,
- systém zásobování a hospodaření s vodou,
- technologie úpravy a sanace bazénových vod,
- zdroje tepla a zásobování teplem,
- vzduchotechniku,
- odvlhčování vzduchu v bazénových prostorách a klimatizaci,
- rekuperaci tepla z šedé vody,
- silnoproudá elektrická zařízení,
- systém měření a regulace, software pro BMS (building management system),
- další provozní systémy- elektrickou požární signalizaci, kamerový a přístupový systém.

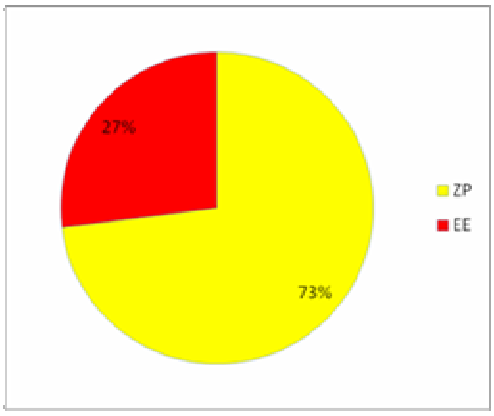
Specifika provozu aquaparku

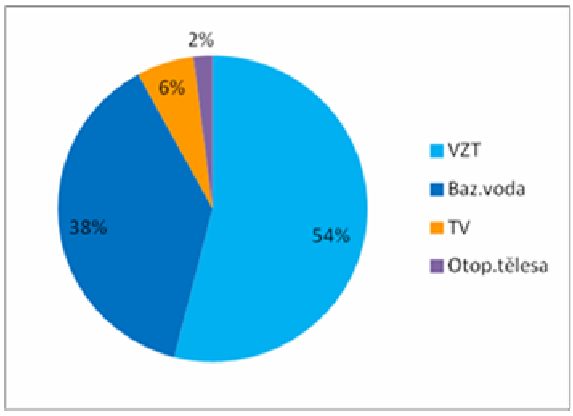
Specifickými aspekty provozu aquaparku jsou zvláště

- rozšířená legislativa týkající se například kvality vod, nebo chemických látek,
- vyšší nároky na udržení kvality prostředí (vysoká vlhkost vzduchu, chlorové a ozonové deriváty),
- vysoké nároky na znalosti obsluhy, která provozuje nejen technická zařízení budov, ale i speciální technologie,
- vyšší nároky na fyzickou odolnost personálu- jde o práce v horku, v toxickém prostředí, ve vodě,
- vysoké riziko úrazů neukázněných hostů,
- tvrdý tlak kontrolních úřadů- např. hygienické služby, hasičů, orgánů ochrany životního prostředí, státní energetické inspekce,

- celoročně vysoká spotřeba energie.

Rozdělení spotřeb energie v aquaparku





Obr. 1 ***Obr. 2***

Obr. 1 zobrazuje podíl spotřeby energie ve formě zemního plynu (žluté pole) – slouží k vytápění areálu a k pohonu kogeneračních jednotek vyrábějících elektřinu pro vlastní potřebu

Obr. 2 znázorňuje rozdělení spotřeby tepla v jednotlivých okruzích. Nejvíce tepla, cca 54% se spotřebuje pro teplovzdušné vytápění. Druhou nejvyšší spotřebu cca 38% činí ohřev bazénových vod.

Z výše uvedených informací vyplývá, že největší potenciál úspor nákladů na energii, je ve vytápění vzduchem a v ohřevu vod.

Úspoře elektřiny by měla být věnována přinejmenším stejná pozornost, nicméně není tématem tohoto příspěvku.

Jak na úspory energie

Jednou z nejdůležitějších podmínek k úspěchu je spolupráce provozního personálu. Místní facility manager- energetik bývá tím nejlepším zdrojem správných informací, pokud je ovšem pozitivně motivován k vyhledávání úspor.
Cest k úsporám nákladů na energii je pochopitelně několik. Autor příspěvku má praktické zkušenosti s níže uvedenými opatřeními, která budou dále popsána.

Jedná se o:

- Energetický audit ve spolupráci s provozními pracovníky
- Výhodný nákup energie
- Provozní úsporná opatření
- Vhodná investiční opatření

Energetický audit ve spolupráci s provozními pracovníky

Povinnost zpracovat energetický audit vychází z české legislativy. Provozovateli aquaparku audit posloužil i jako podklad pro získání investiční dotace.

Výhodný nákup energie

Provozovatel aquaparku je součástí velkého holdingu. Vzhledem k množství nakupované energie byly proto získány výhodné ceny silové elektřiny i zemního plynu.

Provozní úsporná opatření
Provozovatel se soustředí na optimální zaregulování systémů měření a regulace. Velká pozornost byla věnována provozním teplotám vody a vzduchu, vlhkosti vzduchu v bazénových prostorách a kolizím v regulačních algoritmech.
Dále byl optimalizován provoz plynových kogeneračních jednotek.

Vhodná investiční opatření
Návrh investičních opatření vychází z energetického auditu:

- optimalizace řídicího systému budovy (HW +SW) pomocí metody BIM (building information modelling).
- zefektivnění systému zpětného využití odpadního tepla ze zdrojů chladu
- optimalizace rozvodů otopné vody
- zvýšení účinnosti kogeneračních jednotek využitím větracího vzduchu

ZÁVĚR
Optimalizace provozu kogeneračních jednotek v současnosti spoří cca 10% nákladů na pořízení energie.

Nastavení systému MaR generuje roční úsporu cca 7%.

Předpokládaný efekt investičních opatření bude činit dalších cca 6 až 8% z dnešních nákladů na pořízení energie.

Každá stavba aquaparku nebo bazénového areálu je zcela unikátní a vyžaduje individuální přístup. Nicméně zkušenosti, získané v roli provozovatele, mohou být úspěšně transponovány i na další objekty.

Literatura
[1] Provozní data a zkušenosti 2008-2014 Ing. Roman Šmíd

PŘEHLED ZAVÁDĚNÍ SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY EVROPSKÉ UNIE PRO URČENÍ POŽADAVKŮ NA ENERGETICKOU EFEKTIVNOST RESP. TZV. ECODESING VÝROBKŮ GEA HEAT EXCHANGERS A.S. SPOJENÝCH SE SPOTŘEBOU ENERGIE VE VZDUCHOTECHNICE A KLIMATIZACI.

Radim Šourek

GEA Heat Exchangers a.s.
Radim.Sourek@gea.com

ANOTACE

Cílem článku je přiblížit čtenářům jak, a v jakých termínech, jsou přijímány firmou GEA Heat Exchangers a.s. (dále jen GEA) specifické požadavky na výrobky charakteru technického zařízení budov v rámci Směrnice EP o Ecodesingu, pro které již byly vydány Evropskou komisí konkrétní regulační opatření. V našem případě se jedná o tyto spotřebiče, jež jsou součástí finálních výrobku firmy GEA: elektrické motory (Nařízení EK č.640/2009), čerpadla (Nařízení EK č.641/2009), ventilátory (Nařízení EK č.327/2011), klimatizační zařízení (schváleno výborem EK 31.5.2011 a Nařízení EU č.626/2011 o štítkování). Tato přehledná informace by měla posloužit k orientaci v probíhajícím procesu zvyšování energetické účinnosti výrobků spotřebovávajících nebo ovlivňujících spotřebu el. energie, zejména pro projektanty vzduchotechniky, vytápění, klimatizace a chlazení, pro dodavatelské firmy i pro samotné investory v oboru.

ENERGETICKÁ EFEKTIVNOST

Evropská Unie čelí bezprecedentním výzvám, které vyplývají ze zvýšené závislosti na dovozu energie, z nedostatku zdrojů energie a z potřeby omezit změnu klimatu a překonat hospodářskou krizi. Energetická účinnost je důležitým prostředkem, jak těmto výzvám čelit, neboť snižuje spotřebu a dovoz primární energie. Pomáhá nákladově efektivním způsobem snižovat emise skleníkových plynů a tím zmírňovat změnu klimatu. Přechod k energeticky účinnějšímu hospodářství by měl také urychlit šíření inovativních technologických řešení a zlepšit konkurenceschopnost průmyslu v Evropské Unii, podpořit hospodářský růst a vytvářet kvalitní pracovní místa v příslušných odvětvích, které s energetickou účinností souvisejí. Předzvěstí pro zabezpečení tohoto obecného cíle byla již v roce 2005 orgány Evropské unie přijata přelomová Směrnice 2005/32/EU, která udělila exekutivnímu orgánu EU- Evropské komisi zásadní pravomoc definovat kvalitativní požadavky na ovlivňování životního prostředí u výrobků a zařízení, využívajících při svém provozu energii (Energy using Products – EuP). Z platnosti této směrnice jsou vyjmuty dopravní prostředky určené k přepravě osob nebo zboží. Požadavky na tzv. Ekodesing mohou být Komisí vydány formou nařízení (Regulation) a výrobci jsou povinni je v jistém časovém horizontu splnit, aby bylo možné uvedení daného výrobku či zařízení na společný evropský trh.

Rozsah této legislativy byl dále rozšířen v listopadu 2009, kdy byla přijata nová Směrnice o Ecodesingu č.2009/125/ES, která rozšiřuje působnost i na výrobky i nepřímo spojené se spotřebou energie (Energy related Products - ErP).

Vedle požadavků na minimální energetickou efektivnost je také postupně rozšiřován instrument energetického štítkování. Doposud jím byla označována bílá technika, větší elektrospotřebiče (el. trouby), světelné zdroje či klimatizace pro domácnosti (novelizováno s platností od r. 2013).

Smyslem tohoto článku je přiblížit, jaké jsou nebo budou nové specifické požadavky na Ekodesing z hlediska energetické efektivnosti pro ty typy výrobků firmy GEA, které mají charakter technického zařízení budov, a pro které již byly vydány Evropskou komisí prováděcí opatření.

Konkrétně se jedná o tato zařízení: Elektrické motory (Nařízení EK č. 640/2009)
Čerpadla (Nařízení EK č. 641)
Ventilátory (Nařízení EK č. 327/2011)
Klimatizační zařízení (Nařízení EK č. 206/2012).

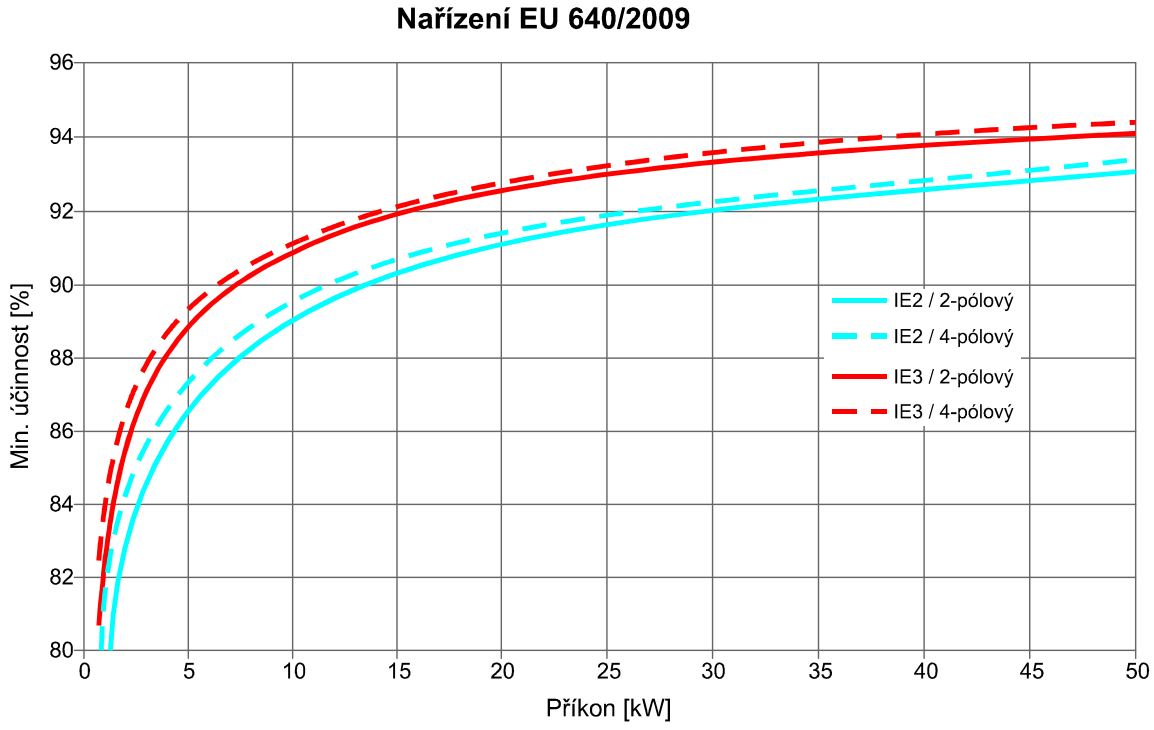
ELEKTRICKÉ MOTORY

Jsou nejvýznamnějším typem el. spotřebiče ve výrobních procesech a reprezentují cca 70% elektřiny spotřebované v průmyslu. Účinnost elektromotorů vyjadřuje poměr mezi mechanickým výkonem na hřídeli a el. příkonem na svorkách statorového vinutí. Ve snaze sjednotit rozdílné přístupy k definování účinnosti elektromotorů přijala Mezinárodní elektrotechnická komise (IEC) v r. 2008 normu IEC 60034-30:2008, která byla následně použita jako podklad pro již citované Nařízení EK č.640/2009 a v níž jsou definovány kategorie účinnosti pro asynchronní 1-otáčkové (2, 4 nebo 6 pólů) třífázové motory s kotvou nakrátko při jmen. napětí do 1000 V, 50 Hz nebo 50/60 Hz ve výkonovém rozsahu 0,75 až 375 kW takto: **IE1** (standardní), **IE2** (vysoká) a **IE3** (prémiová).

Od 16.7.2011 již platí požadavek na účinnost minimálně IE2.

Od 1.1.2015 musí splňovat pro vymezené výkony 7,5 až 375 kW alespoň buď třídě účinnosti IE3 nebo třídě IE2 a být vybaveny plynulou regulací otáček.

Od 1.1.2017 musí splňovat pro vymezené výkony 0,75 až 375 kW alespoň buď třídě účinnosti IE3 nebo třídě IE2 a být vybaveny plynulou regulací otáček.



Graf 1 *Účinnost el. motorů*

Motory s IE2 a IE3 mají optimalizované konstrukční řešení jako např. větší klec resp. vinutí motoru a kvalitnější materiály (např. měď i na kostru, kvalitnější ložiska a těsnění). Velkou úsporu přináší i použití regulace otáček pomocí frekvenčních měničů, je-li motor nasazován v aplikacích s proměnným zatížením.

Tato opatření mají však svoje omezení a proto se začínají znovuobjevovat synchronní motory, které jsou schopny splňovat super prémiovou energetickou třídu účinnosti IE4. Je toho dosaženo hlavně použitím rotoru s permanentními magnety ze vzácných kovů. Synchronní bezkartáčové motory s permanentními magnety a s elektronickou komutací (tzv. EC-motory) se dnes prosazují zejména ve výkonech do 5 kW, a v kombinaci s kvalitní (většinou již integrovanou) regulací otáček, dosahují velmi zajímavých účinností zejména při částečném zatížení. Jejich použití je na velmi významném vzestupu a se zvyšováním vyrobených kusů je očekáváno i snižování jejich pořizovací ceny. Firma GEA u některých svých výroků (např. GEA PICCO) již nyní používá EC-motory ve standardním provedení a splňuje již dnes požadavky EU pro rok 2015. U mnoha dalších výrobků (např. centrální VZT jednotky GEA CAIR, klimatizační jednotky GEA GEKO, střešní ventilátory GEA RoofJETT atd.) jsou tyto motory nabízeny jako varianty na přání zákazníka.

Naopak můžeme konstatovat, že jedním z praktických důsledků platnosti směrnic ErP je i u firmy GEA výrazné omezení výroby a použití 2 a 3 otáčkových el. motorů.

OBĚHOVÁ ČERPADLA

Za předpokladu, že oběhová čerpadla jsou provozována v obrovských počtech a mnohdy 24 hodin denně, jedná se o velmi významný potenciál pro zvyšování jejich energetické účinnosti. Pro regulaci oběhových bezucpávkových čerpadel s příkonem 1 až 2500 W bylo přijato Nařízení EK č. 641/2009. Pro ostatní čerpadla se legislativa připravuje.

Toto nařízení zavádí požadavky na energetickou efektivnost ve formě definice tzv. indexu energetické efektivnosti (dále jen EEI). Ten je poměrem roční spotřeby resp. váženého průměrného příkonu hodnoceného čerpadla v různých zátěžových režimech (25%, 50%, 75%, a 100% hydraulického zatížení, v nichž čerpadlo během pracovního fondu v roce přetrvává po určitou dobu, přesně 44%, 35%, 15% a 6% pracovní doby) odpovídajících obvyklému proměnnému zatížení čerpadla během roku ku definovanému referenčnímu příkonu při „prosté“ regulaci výkonu škrcením.

Od 1. ledna 2013 musí mít tato čerpadla, s výjimkou čerpadel speciálně navržených pro primární okruhy tepelných solárních systémů a tepelných čerpadel, hodnotu indexu EEI nejvýše 0,27.

Od 1. srpna 2015 musí mít index EEI nejvýše 0,23.

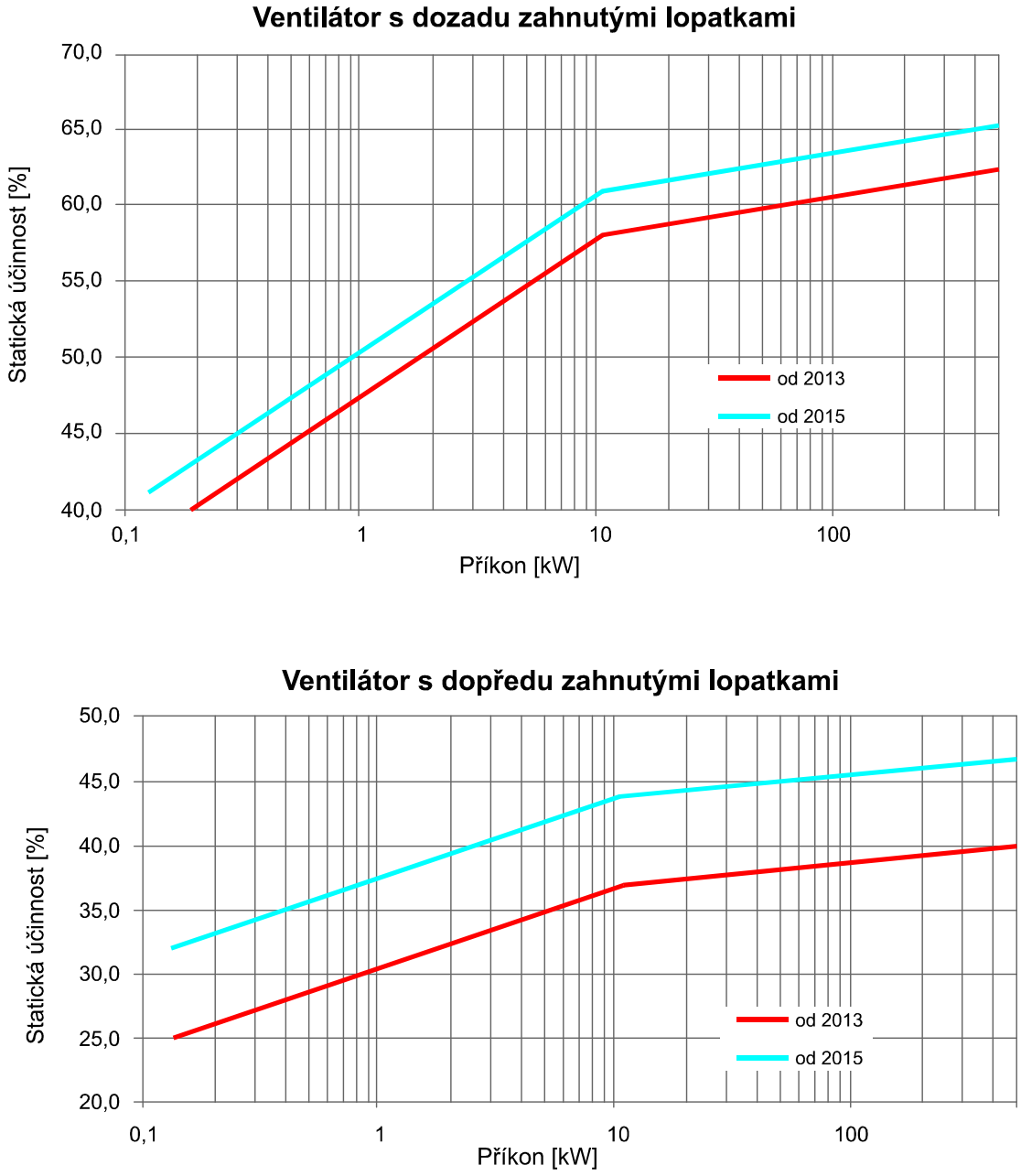
Vyšší účinnosti čerpadel lze dosáhnout kombinací mechanických zlepšení, jako je optimalizace snížením drsnosti povrchů, a zejména regulací otáček použitím bezkartáčových elektronicky komutovaných motorů s permanentními magnety nebo regulací frekvenčními měniči.

Preference plynule regulovatelných čerpadel postupně omezí dopady současné praxe při návrhu a instalaci, kdy výběru konkrétního čerpadla pro danou aplikaci bývá věnována relativně malá péče a budoucí uživatelé budovy prakticky nemohou do návrhu zasáhnout. Např. když kupují zdroj tepla, kde již je čerpadlo zabudováno. Třebaže příkon čerpadla je v poměru k ostatním spotřebičům relativně malý, jejich počtem a délkou provozu je to avšak velký potenciál pro energetické úspory jak u rodinných domů (až desítky kilowatthodin ročně), tak i v celoevropském měřítku (desítky milionů čerpadel, která musí splňovat kritéria Nařízení EK v nejbližších letech).

VENTILÁTORY

Tato skupina spotřebičů hraje v oblasti technických zařízení budov jednu z rozhodujících rolí. Požadavky na min. energetickou efektivnost při jejich provozu jsou definovány v Nařízení EK č.327/2011. Nařízení se týká ventilátorů s el. motorem o příkonu od 125 W do 500 kW v provedení axiálním, radiálním, tangenciálním nebo přetlakovým, které mohou , ale nemusí být vybaveny motorem při uvedení na trh nebo do provozu.

Minimální cílová energetická účinnost je pro každý konkrétní typ ventilátoru vypočítávána dle předepsaného vzorce, dle způsobu měření (tzv. kategorie A až D) a dle kategorie účinnosti (statická nebo celková). Do výpočtového vzorce je ještě dosazován el. příkon a tzv. třída účinnosti N. Hodnoty min. účinnosti jsou uvedeny v grafu 2.



Graf 2 *Účinnost ventilátorů*

Všichni výrobci vzduchotechnických zařízení v rámci EU byli nuceni k 1.1.2013 velmi pracně prověřovat účinnosti používaných ventilátorů. Tato činnost byla motivována mimo jiným také poměrně drastickými sankcemi pro případ nedodržení směrnice ErP ze strany Komise EU. Přičemž někteří z výrobců, včetně firmy GEA, aby předešli podobné situaci k 1.1.2015, prosadili do svých výrobků s menšími výkony instalace již velice pokročilých řešení s volnoběžnými ventilátory s integrovanými EC motory, jejichž celková účinnost již dnes splňuje náročné požadavky pro rok 2015.

Od 1. ledna 2013 platí první úroveň předepsaných účinností viz graf 2.

Od 1. ledna 2015 bude platit druhá úroveň předepsaných účinností viz graf 2.

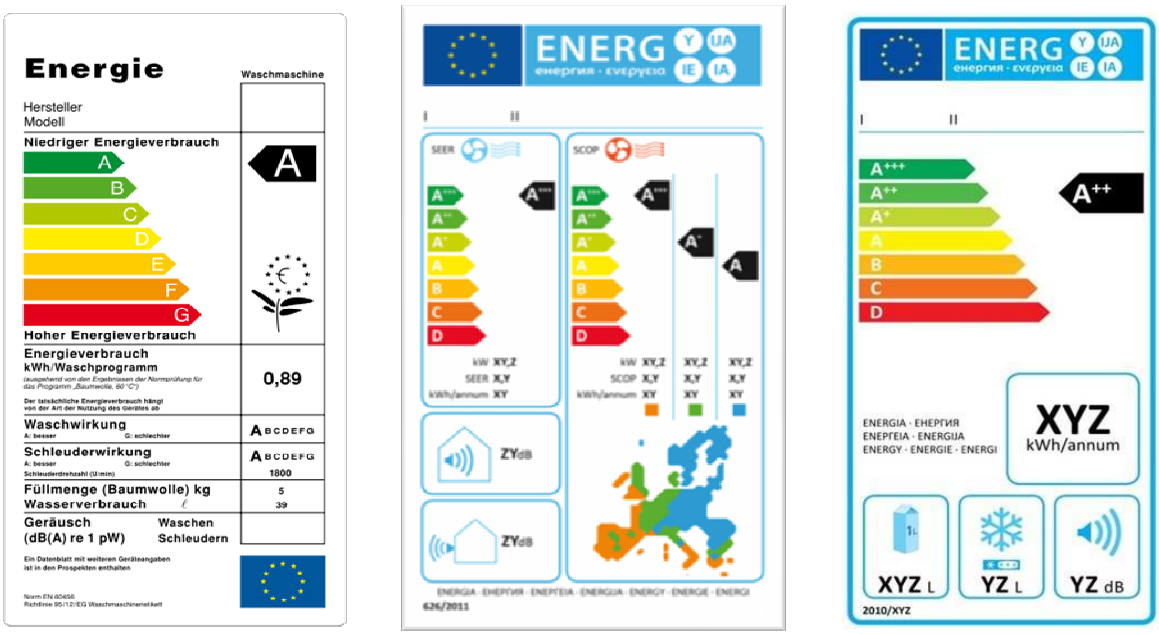
KLIMATIZAČNÍ JEDNOTKY

Nařízení EK č.206/2012 stanoví požadavky na Ekodesing pro uvádění na trh klimatizátorů vzduchu (zařízení schopné chladit či ohřívat vnitřní vzduch za pomocí chladivového okruhu poháněného kompresorem), napájených z el. sítě a se jmenovitým výkonem do 12 kW. Požadavky na Ekodesing se týkají i případů, kdy výrobek nemá funkci chlazení nebo vytápění (tzv. komfortní ventilátory) a je osazen ventilátorem o příkonu do 125 W.

V první fázi se toto nařízení omezuje na residenční aplikace klimatizačních jednotek (domácnosti a malé obchodní provozovny). Vzhledem k tomu, že chladiva jsou ošetřena v rámci nařízení EP a Rady ES č.842/2006 ze dne 17.5.2006, nejsou v tomto nařízení již žádným způsobem řešena.

Roční spotřeba el. energie výrobků v EU podléhajících tomuto nařízení byla např. za rok 2005 odhadnuta na 30 TWh. Pokud by nebyla přijata tato konkrétní opatření, předpokládá se, že v roce 2020 by dosáhla hodnoty 74 TWh.

Rovněž se předpokládá, že kombinovaný účinek požadavků na Ekodesing tohoto Nařízení EK č.206/2012 a Nařízení EK č.626/2011 týkající se aktualizace uvádění spotřeby energie na energetických štítcích klimatizátorů (obr. 1.), povede dle předpokladů k úsporám do roku 2020 ve výši 11 TWh.



Obr. 1 *Typy energetických štítků*

Od 1. ledna 2014 musí klimatizátory splňovat požadavky uvedené v tab. 1.

***Tab. 1** Požadavky na minimální energetickou účinnost (Nařízení komise č. 206/2012).*

	Klimatizátory vzduchu s výjimkou dvoutrubkových a jednotrubkových klimatizátorů vzduchu		Dvoutrubkové klimatizátory vzduchu		Jednotrubkové klimatizátory vzduchu	
	SEER	SCOP (Otopné období: průměrné)	EER	COP	EER	COP
Pokud je GWP chladiva > 150 pro < 6 kW	4,60	3,80	2,60	2,60	2,60	2,04
Pokud je GWP chladiva ≤ 150 pro < 6 kW	4,14	3,42	2,34	2,34	2,34	1,84
Pokud je GWP chladiva > 150 pro 6 – 12 kW	4,30	3,80	2,60	2,60	2,60	2,04
Pokud je GWP chladiva ≤ 150 pro 6 – 12 kW	3,87	3,42	2,34	2,34	2,34	1,84

Dvoutrubkové (přenosné) klimatizátory nasávají vzduch pro chlazení kondenzátoru z venkovního prostoru a tam ho i opět vyfukují. Jednotrubkové (přenosné) klimatizátory nasávají vzduch potřebný pro odvod kondenzačního tepla z místnosti, ale vyfukován je do venkovního prostředí. Ostatní klimatizátory jsou tzv. Split nebo MultiSplit systémy, využívající chladivo se skleníkovým efektem, tj. s tzv. potenciálem GWP do nebo nad hodnotu 150.

Koeficientem GWP (Global Warming Potential) se rozumí míra, jakou podle odhadu přispívá 1 kg použitého chladiva ke globálnímu oteplování a vyjadřuje se v ekvivalentech kg CO_2 v časovém horizontu 100 let. Zvýhodněny jsou ty jednotky, jejichž hodnota GWP je menší než 150 a tudíž mají nižší skleníkový efekt. Hranici GWP = 150 překračuje naprostá většina nyní používaných chladiv (R134a, R407c, R410a ...). Ale například u klimatizací pro automobily je již od ledna 2011 používání chladiv s GWP nad 150 zakázáno. Tento zákaz lze proto do budoucna očekávat i u klimatizačních jednotek používaných ve stavebnictví a průmyslu.

Provozní účinnost klimatizačních zařízení je rozlišována při chodu na jmenovitý výkon za normálních podmínek pro chlazení (koeficientem EER - Energy Efficiency Ratio) a pro vytápění (koeficientem COP - **C**oefficient Of Performance), a dále při proměnných výkonových režimech simulujících sezónní provoz (SEER - Season Energy Efficiency Ratio, SCOP- Season **C**oefficient Of Performance).

VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY

V současné době odborná veřejnost s napětím očekává výsledek projednávání návrhu směrnice ErP pro centrální vzduchotechnické jednotky (AHU Lot 6, Final report Task 7 Ventilation systems viz tab. 2.). Jedním z projednávaných scénářů je i varianta omezení max. střední rychlosti upravovaného vzduchu v průřezu jednotek na hodnotu 1,8 m/s v průběhu roku 2014 resp. od r. 2016 pak podle scénáře č. 2 až na hodnotu 1,6 m/s. V případě jejího schválení je zjednodušený časový plán zavádění nařízení Ecodesing EU znázorněn na obr. 2. Toto opatření by mělo mít, společně s již platnými normami (el. motory, ventilátory) a dalšími požadavky na účinnosti rekuperace a filtrace, zásadní vliv na velikost projektovaných centrálních jednotek. Zejména u rekonstrukcí starších budov, jejichž majitelé nebo investoři budou chtít získat vyšší energetické ohodnocení budovy. To bude činit nemalé problémy

s umístěním podstatně větších jednotek ve stísněných strojovnách. Nemalé investiční výdaje s tímto spojené, by byly ale do budoucna vyváženy nižší spotřebou el. a tepelné energie, kratší návratností investice a delší životností zařízení.

Podle posledních informací z března 2014 se připravuje regulační opatření zatím pouze pro větrací jednotky s max. výkonem do 250 m^3/hod a pro residenční a neresidenční aplikace s max. výkonem od 250 do 1000 m^3/hod. Přesné oficiální znění však zatím není k dispozici. Víme ale, že platnost této normy je plánována od 1.11.2016, s dalším upřesněním od 1.1.2018. Bude se zřejmě týkat pouze velmi malých zařízení.

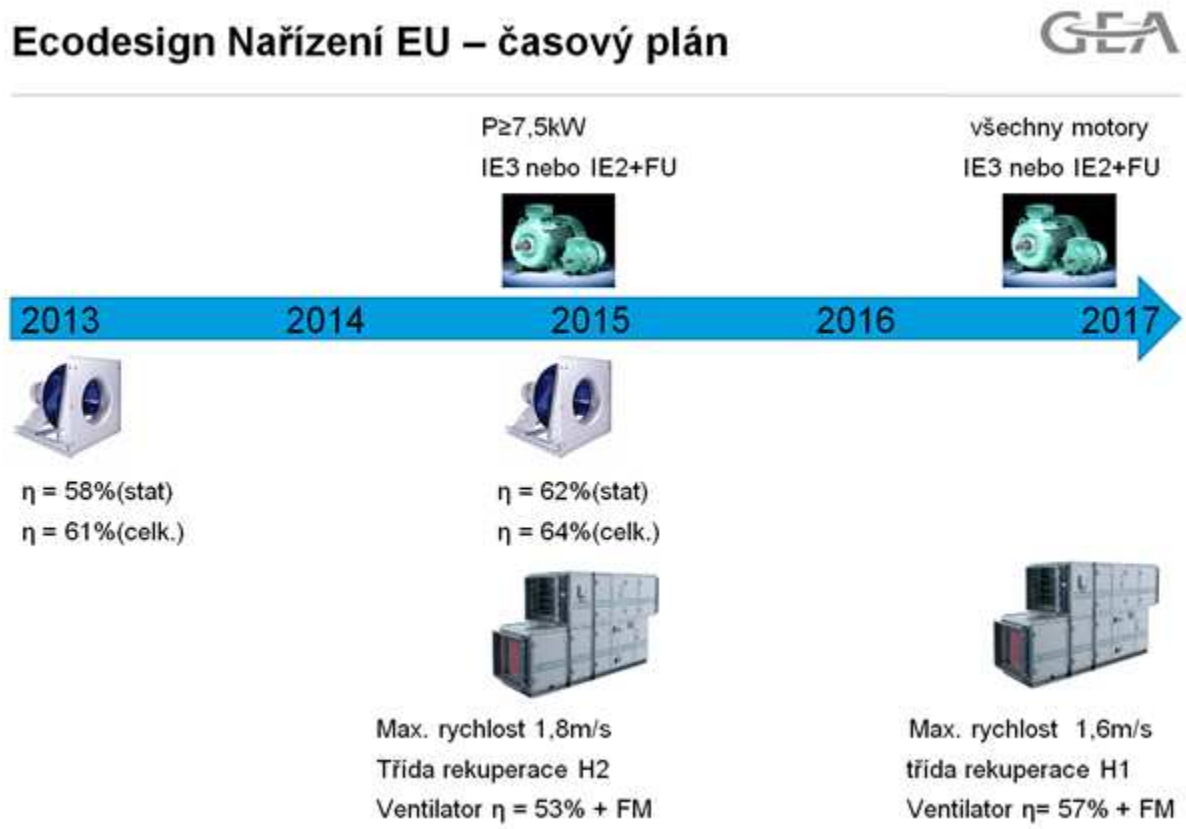
Tab. 2 *Návrh směrnice ErP pro centrální vzduchotechnické jednotky.*

	Scénář 1	**Scénář 2**	**Scénář 3**
Ventilátor			
Účinnost 2014 (%)	61	58+regulace otáček	58+regulace otáček
Účinnost 2015 (%)	64	62+regulace otáček	62+regulace otáček
Účinnost 2014 (W)		$0,9xP_{ref}$ (P2)	$0,9xP_{ref}$(P2)
Účinnost 2016 (W)		$0,85xP_{ref}$ (P1)	$0,85xP_{ref}$ (P1)
Rychlost vzduchu v jednotce			
Max. rychlost 2014 (m/s)	------	1,8	1,8
Max. rychlost 2016 (m/s)	------	1,6	1,8
Rekuperace			
Účinnost 2014 (%)	55 (H3)	64 (H2)	64 (H2)
Účinnost 2016 (%)	64 (H2)	71 (H1)	64 (H2)
Filtr			
Zatřídění podle Eurovent	A	A	A

ZÁVĚR – VÝHLED DALŠÍHO VÝVOJE

Kromě již zmiňovaných výrobků jsou regulovány také zdroje osvětlení, zdroje tepla, ohřívače vody, zásobníky teplé vody, atd. Dále jsou připravována opatření pro zhruba 40 dalších výrobků a zařízení. Tato skupina přímých spotřebičů energie bude doplněna i o produkty, které spotřebu energie nějakým způsobem ovlivňují. Je zjevné, že proces a rozsah Ecodesingu je velice široký a ovlivní zavádění mnoha výrobků na jednotný evropský trh. Kromě vlastností výrobků předpisy udávají nebo budou udávat, podle jakých postupů a metodik má být splnění předepsaných hodnot ověřováno. V některých případech postačí ověření samotnými výrobci (vydáním prohlášení o shodě), v některých případech jsou k tomu zmocněny akreditované zkušebny a laboratoře např. Eurovent apod. Tyto nezávislé laboratoře svým osvědčením zaručí jak výrobcům, tak i uživatelům, že v technických listech deklarované technické parametry odpovídají skutečnosti. Většina renomovaných výrobců vzduchotechnických zařízení se zatím dobrovolně tomuto nezávislému hodnocení podřizuje. Tato skutečnost by měla být kromě ceny i jedním z důležitých hodnotících parametrů při výběru konkrétního výrobku pro danou stavbu.

Další informace k jednotlivým produktovým skupinám pro něž jsou zpracovávány požadavky na Ekodesing, je možné nalézt na webových stránkách ECEEE.



Obr. 2 *Časový plán*

LITERATURA

[1] PŘEHLED IMPLEMENTACE SMĚRNICE O ECODESIGNU A POŽADAVKŮ NA ENERGETICKOU EFEKTIVNOST VYBRANÝCH SKUPIN VÝROBKŮ *Publikace MPO a SEVEn Energy s.r.o.*, T. Voříšek, P. Chmel, M. Staša, B. Málek, 2011

[2] PREZENTACE: Sustainable buildings and ECO-desing products, *GEA Air Treatment GmBH*, Mr.Westerdorf, 2013

[3] SMĚRNICE A NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU KOMISE A RADY: 2009/125/ES, 640/2009, EUP Lot 10 a 11, 641/2009, 327/2011 a EK č.206/2012.

[4] Organizace European Council for an Energy Efficient Economy – ECEEE. Dostupné z: <http://www.eceee.org/Eco_design/products>.

[5] Firemní podklady GEA Heat Exchangers a.s.

VĚTRÁNÍ BUDOV V MINULOSTI A SOUČASNOSTI

Roman Šubrt[1], Pavlína Charvátová[2]

sdružení Energy Consulting[1], V3TE[2]

roman@e-c.cz1, pavlina@e-c.cz2

ÚVOD

Požadavky na větrání byly zakotveny na našem území již za Rakousko-Uherska. Císařovna Marie Terezie vydala v tomto směru několik zákonů, ať již o větrání provozoven či o větrání důlních děl.

Významné je v tomto směru nařízení ministerstva kultu a vyučování z 12. III. 1888 číslo 40 zemského zákoníku českého platný až do roku 1949, kde jsou stanoveny předpisy pro stavbu škol. Zde je celý odstavec věnován „Provětrávání“. Je zde předepsáno, že po skončení vyučování musí být třídy křížem provětrány (okny a dveřmi – děje se toto v současné době?!), musí mít zajištěn dostatečný přívod vzduchu na spalování a musí zde být řešeno větrání v době, kdy se netopí. Toto je specifikováno tak, že musí být **minimálně** ve vnější zdi otvory při podlaze tak, aby s ventilačními okny v horní části mohly účinně provětrávat místnosti. Pokud není horní část oken řešena jako ventilační, tak musí být otvory i při stropu místnosti. Otvory musí být opatřeny šoupátky nebo klapkami tak, aby šly zavřít. Dále zmíněný předpis uvádí, že Zařízení týkající se provětrávání **musí** být zakresleno v plánech a musí být zřejmé. Mimochodem rok před tímto nařízením vyšlo nařízení o stavbě divadel, kde se uvádí, že pro jednoho člověka musí být přivedeno 30 m^3 vzduchu za hodinu.

Pokud tyto požadavky porovnáme s vyhláškou 20/2012 Sb., která mění vyhlášku č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby, kde se uvádí pouze, že pobytové místnosti musí mít zajištěno dostatečné větrání venkovním vzduchem a vytápění v souladu s normovými hodnotami, s možností regulace vnitřní teploty, tak je patrné, že ač jsou obvykle stávající předpisy obsáhlejší a podrobnější, než předpisy za Rakousko-Uherska, tak v oblasti větrání jsou podstatně méně obsáhlé.

HISTORIE VĚTRÁNÍ

Výpočet větrání doznává postupných změn. Původně se větrání vůbec nepočítalo, ostatně jako ve většině případů se postupovalo empiricky. Ve stavbách v 19. stol. a dříve se obvykle v létě vařilo na kamnech, večer se používal oheň pro osvětlení, v zimě se vytápělo. Pokud si uvědomíme, že pro spálení 1 kg černého uhlí je potřeba 9 m^3 vzduchu (s přebytkem vzduchu odváděného spolu se spalinami lze uvažovat 12 a více m^3 vzduchu na každý kilogram uhlí), u dřeva to pak je v závislosti na vlhkosti o cca 1/3 méně, tak je patrné, že obvykle byl v dostatečné míře přiváděn čerstvý vzduch.

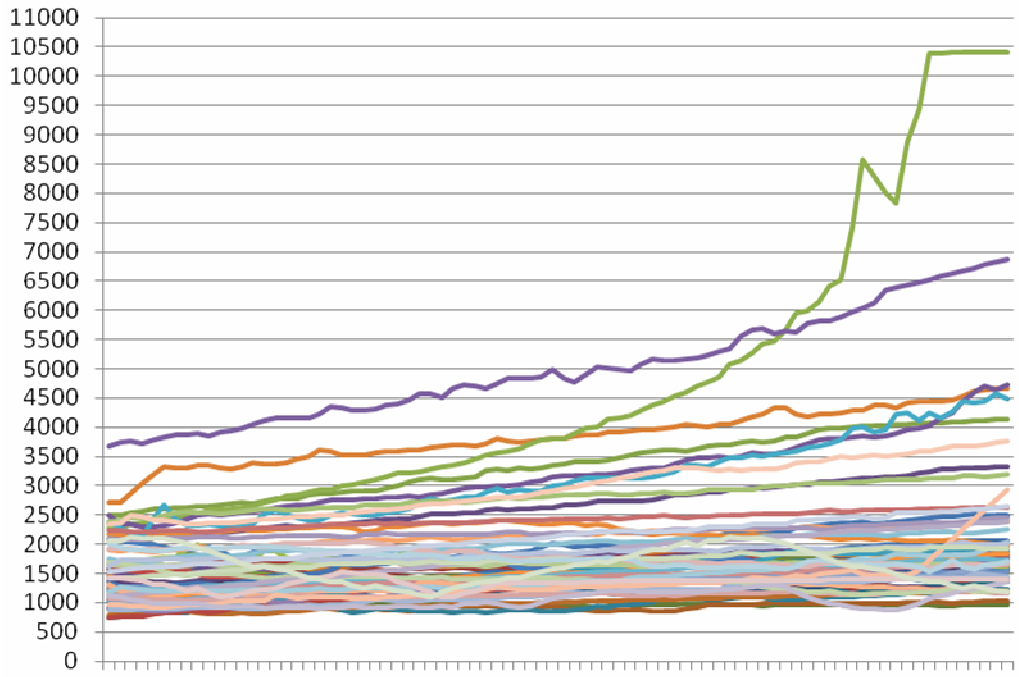
REÁLNÉ KONCENTRACE ZNEČIŠTĚNÍ VE ŠKOLÁCH

Výše uvedené teoretické poznatky o větrání je nutné konfrontovat se skutečností. Z tohoto důvodu jsme se věnovali zmapování reálných koncentrací škodlivin v interiéru. Za vzorek byly vybrány školy v Jižních Čechách. Celkem se jednalo o 17 škol, kde v každé byly měřeny koncentrace oxidu uhličitého ve 4 učebnách po dobu minimálně jedné vyučovací hodiny.

Informace z měření:

- V době měření byl maximální limit koncentrace CO_2 1000 ppm (měření bylo prováděno v roce 2011, zvýšení limitní koncentrace na 1500 ppm bylo realizováno vyhláškou 20/ 2012 Sb.
- Maximální změřená koncentrace CO_2 je 10 000 ppm – avšak pouze z toho důvodu, že použité měřidlo nemělo vyšší rozsah, podle gtrafu pravděpodobně došlo k výraznějšímu překročení této změřené koncentrace CO_2.

Výsledky všech měření jsou patrné z následujícího grafu.



Obr.1 *Průběh koncentrace CO_2 v jednotlivých učebnách v průběhu jedné vyučovací hodiny*

Popis měření

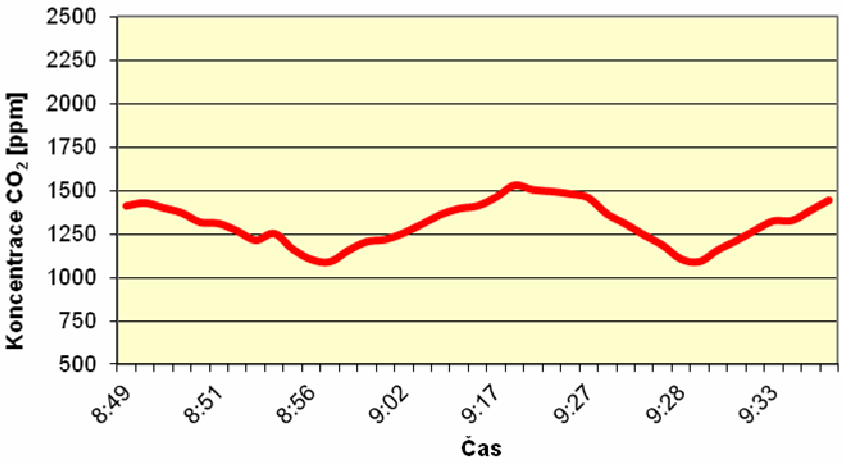
Měření bylo prováděno vždy ve 4 třídách každé vybrané školy. Ty byly vybírány náhodně tak, jak bylo možné zajistit přístup do školy, neboť po dotazu na několika základních školách, zda bychom u nich mohli měřit koncentrace CO_2 ředitelé toto nahlásili odboru školství a to vydalo oběžník, aby nám nebylo umožňováno CO_2 měřit. Následně se naše práce stala spíše pokoutní a školy byly vybírány zcela náhodně. Zároveň jsme vedení škol slíbili, že neuveřejníme konkrétní školy, kde toto bylo měřeno. I z tohoto důvodu neukazuji fotografie interiéru škol, neboť to by v mnoha případech mohlo vést k identifikaci místa měření.

Před začátkem měření byla změřena koncentrace CO_2 v exteriéru, čímž došlo k ověření, zda čidlo pracuje správně. Při měření byly zaznamenávány podstatné údaje (velikost místnosti, počet a věk žáků, druh oken, větrací zařízení….).

Měření bylo prováděno vždy po dobu minimálně jedné vyučovací hodiny v každé třídě a vždy 4 učebny v každé škole. Vše také bylo dokumentováno fotograficky.

Výsledky měření jsou velmi překvapivé, podrobně jsou uvedeny v dokumentu, který je ke stažení zde: http://www.e-c.cz/index.php?page=download

Např. škola 1 je starou školou, kde bylo větrání provedeno podle předpisů z Rakousko-Uherska. Koncentrace CO_2 v učebně č. 2 je uvedená v grafu 1. Z grafu a poznámek je patrné, že i při zavřeném okně je koncentrace CO_2 v limitu, který platí v současnosti.

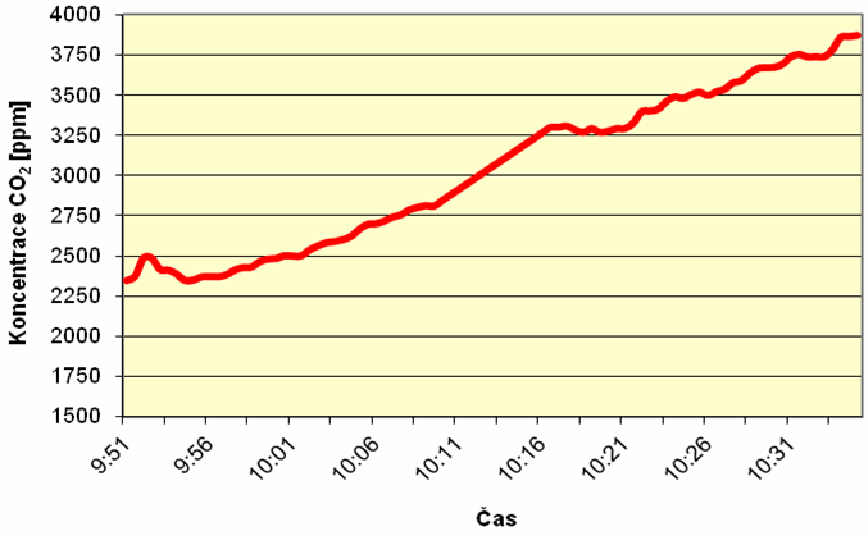


Obr.2 *Průběh koncentrace CO_2 ve třídě během vyučování*

Poznámky ke grafu 2

Vlhkost exteriéru:	50,0 %
Teplota exteriéru:	14,0 °C
CO_2 v exteriéru:	468 ppm
Počet lidí:	21
Objem vzduchu	14,7 m^3/osobu
Přibližný věk:	10 let
Typ oken:	špaletová
Počet oken:	4
Podlaží (NP):	2
Větrání:	**okno otevřené 2 minuty na začátku vyučování, ± 5 odchodů a příchodů dveřmi**
Poznámky:	starý ventilační otvor o rozměru cca 600 × 600 mm s již nepohyblivými lamelami pod stropem ve zdi

Druhou prezentovanou školou je opět straší škola, ovšem již po rekonstrukci. Větrací otvory již byly dávno zrušeny a v roce 2009 byla vyměněna okna za plastová. Jde o typický případ současných škol. Měření je v grafu 3.

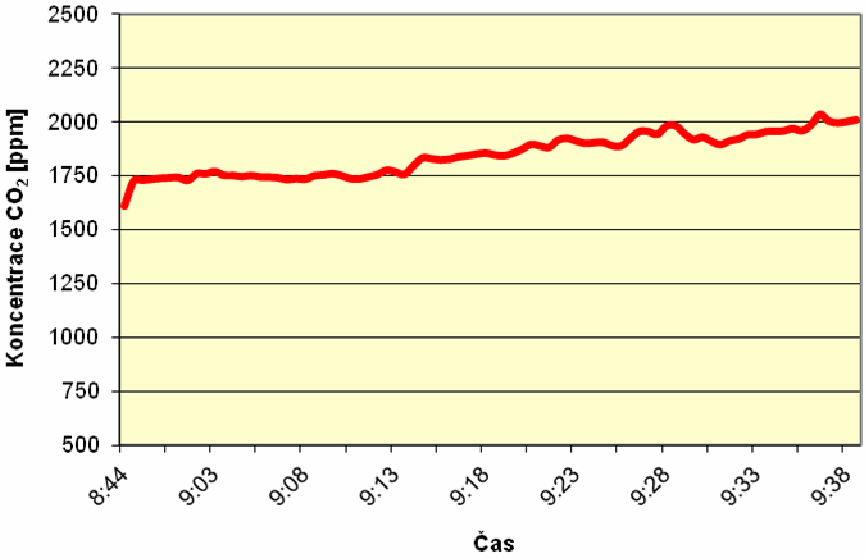


Obr. 3 *Průběh koncentrace CO_2 ve třídě během vyučování*

Poznámky ke grafu 3

Vlhkost exteriéru:	39,8 %
Teplota exteriéru:	13,7 °C
CO_2 v exteriéru:	473 ppm
Počet lidí:	30
Objem vzduchu	8 m^3/osobu
Přibližný věk:	14 let
Typ oken:	plastová okna; r. 2009
Počet oken:	4
Podlaží (NP):	3
Větrání:	**okna i dveře celou hodinu zavřené**

Další vybraný graf je zajímavý tím, že se jedná o školu se staršími, tedy dřevěnými zdvojenými okny. Jde tedy o okna, která jsou obecně považovaná za nejméně těsná. Avšak v učebně není žádná ventilace, a tak, ačkoliv se jedná teprve o druhou vyučovací hodinu, je koncentrace CO_2 již na začátku vyučovací hodiny nadlimitní a během výuky neustále stoupá. Přitom se jedná o třídu, kde je mimořádně velký objem vzduchu na každou osobu.

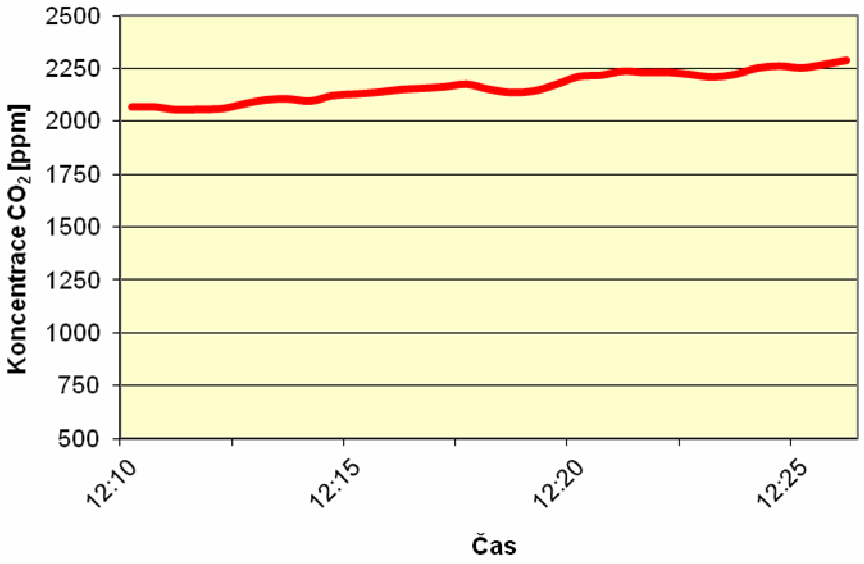


Obr. 4 *Průběh koncentrace CO_2 ve třídě během vyučování*

Poznámky ke grafu 4

Vlhkost exteriéru:	52,7 %
Teplota exteriéru:	13,4 °C
CO_2 v exteriéru:	478 ppm
Objem místnosti m3:	**370**
Počet lidí:	12
Objem vzduchu	30,8 m^3/osobu
Přibližný věk:	17-18 let
Typ oken:	dřevěná zdvojená
Počet oken:	4
Podlaží (NP):	2
Větrání:	**žádné**

Graf 5 dokumentuje, že ani otevřená okna nemusí zajišťovat dostatečné větrání.

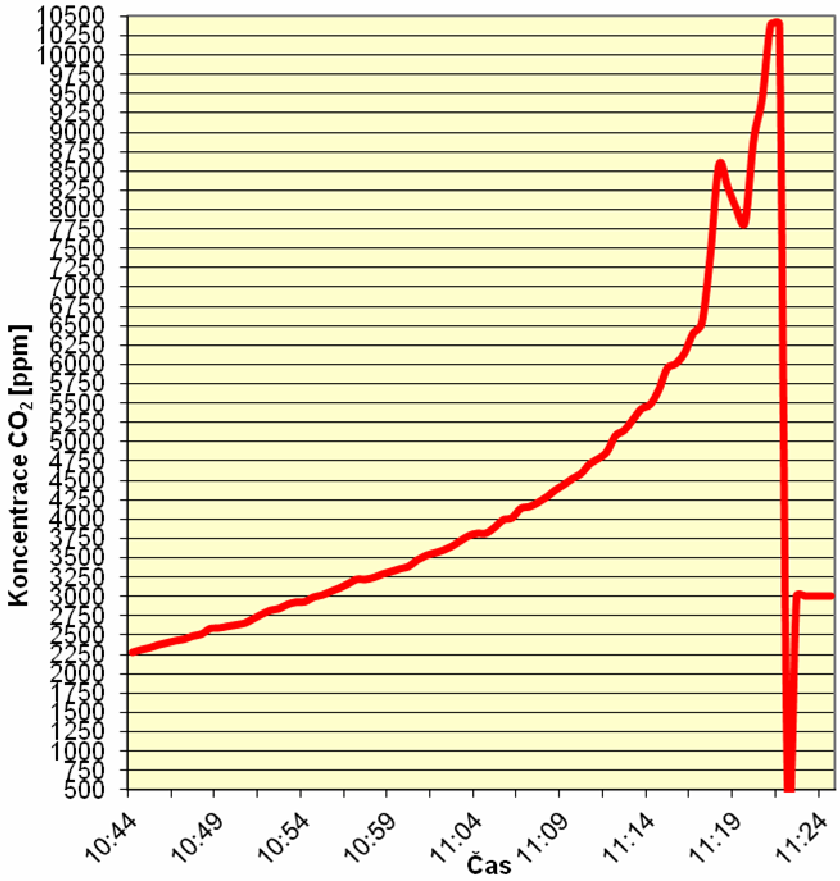


Obr.5 *Průběh koncentrace CO_2 ve třídě během vyučování*

Poznámky ke grafu 5

Vlhkost exteriéru:	58,2 %
Teplota exteriéru:	14,7 °C
CO_2 v exteriéru:	435 ppm
Objem místnosti m3:	nezjištěno
Počet lidí:	24
Přibližný věk:	15-16 let
Typ oken:	plastová
Počet oken:	3
Podlaží (NP):	3
Větrání:	**během celé hodiny otevřena ventilačka u 3 oken**

Rekordní změřené hodnoty jsou uvedeny v grafu 6. Zde stojí za okomentování 2 okamžité propady při měření. První vznikl použitím voňavky ve spreji stříknuté směrem k čidlu. Vzhledem k tomu, že v hnacím plynu spreje není CO_2 došlo k okamžitému poklesu koncentrace. Druhý pokles pak zapříčinila obsluha čidla, kdy hodnoty, které ukazoval, byly zcela neobvyklé, a proto sondu vystrčil z okna ven, aby zjistil, zda čidlo ukazuje reálné hodnoty. Závěrečná konstantní hodnota 3002 ppm pak představuje odchod na chodbu.



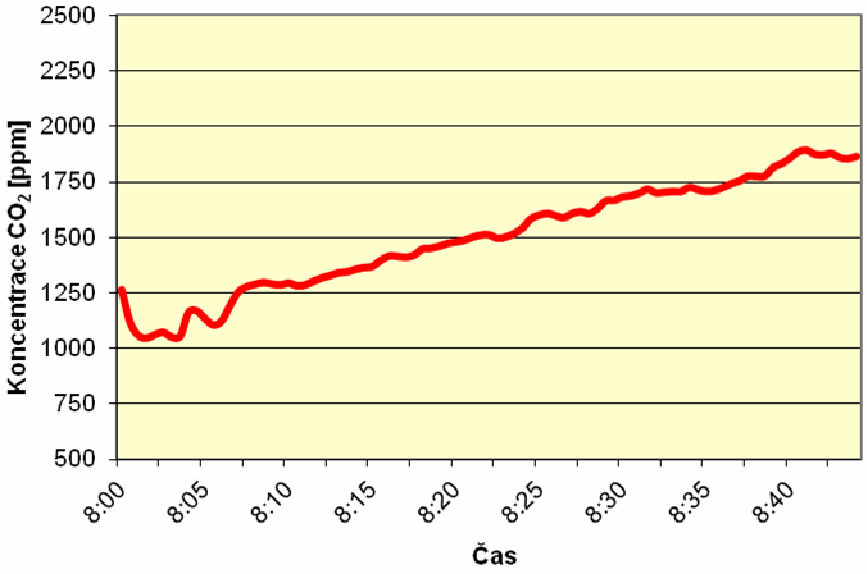
Obr.6 *Průběh koncentrace CO_2 ve třídě během vyučování*

Poznámky ke grafu 6

Teplota exteriéru:	0 °C
CO_2 v exteriéru:	402 ppm
Objem místnosti m3:	**130**
Počet lidí:	23
Objem vzduchu	5,7 m^3/osobu
Přibližný věk:	16
Typ oken:	plastová
Počet oken:	2
Podlaží (NP):	2
Větrání:	

Další prezentovaný graf č. 7 je zajímavý tím, že během vyučování bylo otevřeno 2. okno, avšak v grafu koncentrace CO_2 tato skutečnost není patrná. Vysvětlení jsou možná 2, bohužel není jasné, které je skutečné a které pouze fiktivní. První hypotéza je, že výměna vzduchu mezi interiérem a exteriérem byla minimální a tudíž ani otevření dalšího okna tuto situaci nezměnilo. Druhou hypotézou, více pravděpodobnou, je, že výměna vzduchu se děje spíše napříč učebnou, takže otevřené okno v zadní části místnosti má vliv na sondu umístěnou v zadní části, a další otevřené okno v přední části způsobuje větrání spíše přední části učebny. Z těchto spekulací vyplývá ponaučení, že při měření koncentrace CO_2 je vhodné v jedné místnosti s více lidmi používat vždy několik měřících zařízení umístěných v různých místech

této místnosti. Pokud se druhá hypotéza ukáže jako pravdivá, bude nutné s tímto faktem uvažovat i při návrzích větrání škol.



Obr.7 *Průběh koncentrace CO_2 ve třídě během vyučování*

Poznámky ke grafu 7

Teplota exteriéru:	0 °C
CO_2 v exteriéru:	426 ppm
Objem místnosti m^3:	**179**
Počet lidí:	24
Přibližný věk:	10
Objem vzduchu	7,4 m^3/osobu
Typ oken:	dřevěná zdvojená
Počet oken:	3
Podlaží (NP):	1
Větrání:	**od začátku otevřená 1 ventilačka vzadu, během hodiny otevřena další vepředu**

ZÁVĚR

Větrání a kvalita vzduchu je neustále skloňovaný problém, avšak stále, jak je patrné z uvedeného, nedoceněný. Nevhodné mikroklima je pravděpodobně příčinou mnoha problémů, které si dosud nejsme schopni uvědomit, a jde o zatím velmi málo popsaný vliv na kvalitu lidského života. Provést v tomto směru dlouhodobé testy je velmi problematické, protože v okamžiku, kdy se o větrání začne mluvit, mnoho osob změní své chování. Velmi obtížně se také prokazuje dlouhodobý vliv na populaci, který se může projevit např. menším soustředěním při vyučování a v důsledku toho pak psychickými problémy v dospělém věku. Že se stále více věnuje pozornost psychickým poruchám dospělých je jednoznačné, avšak vysledovat, nakolik na ně má vliv zrychlující se tep společnosti, nakolik to, že si je uvědomujeme a nakolik např. zhoršení mikroklimatu v dětství je téměř nemožné.

Poděkování

V příspěvku byly využity i výsledky práce shrnuté v publikaci zpracované za finanční podpory Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2011 – část A – Program EFEKT.

LITERATURA

[1] Vyhláška č. 20/2012 Sb. O technických požadavcích na stavby.

[2] Šubrt R. a kolektiv, Mikroklima ve veřejných budovách jako důvod instalace rekuperace, studie Energy Consulting, České Budějovice 2011

PROJEKTOVÁNÍ ZAŘÍZENÍ PRO ODVOD KOUŘE A TEPLA

Stanislav Toman

Projektová kancelář ÚT+VZT
sttoman@centrum.cz

ANOTACE

Příspěvek je zaměřen na základní požadavky a principy, které se vztahují k projektování zařízení pro odvod kouře a tepla v budovách. Tato zařízení se realizují ve shromažďovacích prostorách typu divadla, kina, víceúčelové haly, diskotéky, apod. dále v obchodech, pasážích, skladech, podzemních prostorách s větším počtem osob, atriích, hromadných garážích atd. O požadavku na instalaci zařízení pro odvod kouře a tepla rozhoduje projektant požární bezpečnosti staveb na základě normových vyhodnocovacích kritérií. Stanovení tohoto požadavku je základním podkladem pro projektanta, který zařízení pro odvod kouře a tepla navrhuje.

ÚVOD

Zařízení pro odvod kouře a tepla je samostatnou profesní disciplínou. Jde o velmi specifický druh větrání, který se obecně označuje jako požární větrání. V tomto zařízení se významně prolínají dvě samostatné odbornosti – vzduchotechnika (VZT) a požární bezpečnost staveb (PBS). Jejich propojením vzniká zařízení, jehož hlavním smyslem je zajistit důležité složky požární bezpečnosti stavby (ochrana osob při evakuaci, ochrana stavby, atd.) a to prostřednictvím větracích principů (s určitými specifiky). Z toho je evidentní, že projektant zařízení pro odvod kouře a tepla (dále jen ZOKT) musí ovládat jak obě odbornosti (VZT, PBS), tak musí jeho znalosti přesáhnout do dalších souvisejících profesí jako je elektrická požární signalizace (EPS), stabilní hasicí zařízení (SHZ), zařízení dálkového přenosu (ZDP) k hasičům, požární vlastnosti stavebních konstrukcí, atd.

Při navrhování zařízení ZOKT je důležité mít na paměti, že nejde o běžné větrací zařízení, ale o tzv. „vyhrazené požárně bezpečnostní zařízení“ ve smyslu právního předpisu [1]. Na tato zařízení se totiž vztahují zvláštní požadavky od projektování, přes montáž až po provoz, kontrolu, údržbu a opravy. Projektant se musí s těmito požadavky seznámit a postupovat v souladu s nimi.

Zařízení ZOKT je v současné době, v rámci projektové dokumentace staveb, začleněno mezi nevýrobní technologická zařízení [2], takže ve struktuře projektové dokumentace zaujímá jednoznačnou pozici, na rozdíl od dřívější právní úpravy, včetně předepsaného obsahu a rozsahu.

PRÁVNÍ, NORMATIVNÍ A DALŠÍ PŘEDPISY

Mezi základní právní předpisy patří stavební zákon [3], zákon o požární ochraně [4], autorizační zákon [5], vyhláška o technických požadavcích na stavby [6], vyhláška o požární prevenci [1] a vyhláška o technických podmínkách požární ochrany staveb [7].

K hlavním normativním předpisům patří zejména rozsáhlý národní kodex technických norem požární bezpečnosti staveb řady ČSN 73 08xx. Přičemž mezi nejdůležitějšími jsou normy ČSN 73 0810 [8], ČSN 73 0802 [9] a ČSN 73 0804 [10].

Další nezbytnou skupinou technických norem jsou převzaté evropské normy. Tou základní je Eurokód 1 [11]. Klíčový je soubor norem ČSN EN 12101 (část 1 až část 10) [12], což je

„balík“ harmonizovaných norem, včetně norem k funkčním doporučením, výpočetním metodám a instalačním požadavkům pro zařízení ZOKT. V neposlední řadě musí projektant pracovat se zkušebními normami [13] a klasifikačními normami [14], které jsou určeny pro komponenty zařízení pro odvod kouře a tepla.

Nesmírně cenným zdrojem nezbytných informací o funkci a navrhování systémů pro odvod kouře a tepla jsou rovněž další technické dokumenty, upravující podmínky požární ochrany staveb, jak to umožňuje i zákon o požární ochraně. Jde například o mezinárodní normy požárního inženýrství, normy NFPA, BS, DIN, odborné publikace (např. [15]), články, národní a mezinárodní konference, protokoly o zkouškách zařízení, videozáznamy z reálných zkoušek jak ve zkušebnách, tak i na stavbách, osobní zkušenosti z dodávek, přejímek a funkčního vyzkoušení zařízení ZOKT apod.

SYSTÉMY ZOKT A FUNKČNÍ PRINCIPY

Zařízení ZOKT patří mezi aktivní nástroje pro ochranu osob a budov při požáru. Je navrhováno pro počáteční fázi požáru, kdy se teploty plynů v hořícím prostoru pohybují do hodnoty 500 - 600 °C. Tedy do okamžiku, než dojde k celkovému vzplanutí (flashover), po kterém se požár rozšíří po celé ploše prostoru. Jeho smyslem je zajistit řadu funkcí:

Cíle zařízení ZOKT

Mezi hlavní cíle patří:

- minimalizovat ohrožení osob v budově před projevy požáru (zejména vůči působení kouře a tepelného účinku),
- usměrnit a bránit šíření zplodin hoření a kouře ve stavbě a zajistit jejich odvod vně budovy,
- vytvářet nad podlahou vrstvu vzduchu bez kouře, umožňující bezpečnou evakuaci osob,
- přispívat k odvodu toxických zplodin hoření,
- snížit tepelné namáhání stavebních konstrukcí,
- chránit budovu, její zařízení a vybavení před účinky tepla a snižovat tak materiální ztráty,
- oddálit, případně zabránit celkovému vzplanutí (tzv. flashover), a tím plnému rozvoji požáru,
- snížit riziko přenosu požáru na sousední objekty,
- pomáhat hasičům při jejich zásahu (snadnější lokalizace ohniska požáru, vlastní zásah, viditelnost při zásahu, odkouření prostoru).

Systémové řešení

Při návrhu se musí respektovat základní fyzikální zákon vyjádřený *rovnicí kontinuity*, neboli zákon o zachování hmoty, který říká, že hmotnostní průtok odváděných zplodin hoření se rovná hmotnostnímu průtoku přiváděného vzduchu. Tato rovnovážná zákonitost platí pro stav ustáleného proudění stlačitelné tekutiny. V případě vznikajícího kouře a tepla a jeho odvodu zařízením ZOKT však nejde o ustálené proudění, nýbrž o dynamicky se měnící podmínky. Návrh zařízení ZOKT se tím komplikuje, neboť množství generovaného kouře a jeho teplota není konstantní, ale při rozvoji požáru se postupně mění a poměrně progresivně zvyšuje. Při požáru se tak postupně snižuje hustota kouře a roste hmotnostní (i objemový) průtok odváděného kouře. U přívodního vzduchu je jeho teplota přibližně konstantní, takže i jeho hustota je stálá a objemový (i hmotnostní) průtok by tedy měl být rovněž konstantní. Jenže není, protože v systému musí zůstat zachována hmotnostní rovnováha odvodu kouře a přívodu vzduchu. Projektant proto musí řešit vzájemnou variabilitu objemových průtoků odváděného kouře a přívodního vzduchu. Aby se dal návrh zařízení ZOKT uspokojivě

vyřešit, je třeba přistoupit k správné volbě návrhových podmínek (návrhový scénář, návrhový požár) viz níže.

V běžné projektové praxi se navrhují zařízení ZOKT na principu přirozeném, nuceném, nebo kombinovaném. Zpravidla se navrhují následující dvě systémová řešení:

- přirozený odvod kouře a tepla a přirozený přívod vzduchu,
- nucený odvod kouře a tepla a přirozený přívod vzduchu.

U těchto řešení se variabilní hmotnostní rovnováha sama „přirozeně“ reguluje díky zvolenému systému. Musí však být správně navrženy přívodní a odtahové otvory (popř. ventilátory).

Pokud nelze v budově zajistit podmínky pro tyto systémové přístupy (zpravidla kvůli komplikovanému dispozičnímu řešení objektu, umístění v zástavbě, apod.), je možné navrhnout systémové řešení založené na následující kombinaci:

- přirozený odvod kouře a tepla a nucený přívod vzduchu,
- nucený odvod kouře a tepla a nucený přívod vzduchu.

V těchto případech však musí být součástí projektového návrhu velmi důkladná analýza, která prokáže, že nuceným přívodem vzduchu nedojde k rozmísení kouře v odvětrávaném prostoru, že budou zajištěny takové celkové tlakové poměry v objektu, které zajistí nešíření kouře a tepla do jiných (požárem nezasažených) částí stavby, a které vybilancují hmotnostní rovnovážný stav v rámci rozmezí návrhových výkonových parametrů například pomocí řízené regulace přívodního vzduchu.

Základní funkční principy

Zařízení ZOKT využívající *systém přirozeného odvodu kouře a tepla a přirozeného přívodu vzduchu* je založené na principu vztlaku horkých plynů, které vznikají při požáru a vytvářejí podmínky pro samočinné aerační (v tomto případě požární) větrání vycházející z komínového efektu. Rozdíl hustot odváděného kouře a přiváděného vzduchu (jakožto následek jejich rozdílných teplot) v závislosti na vzdálenosti (výšce) mezi otevřenými odváděcími a přiváděcími otvory vytváří přirozený vztlak, který zajišťuje vlastní pohyb kouře a vzduchu a větrání.

Tento systém je využitelný zejména pro jednopodlažní objekty (například haly, víceúčelové sály, apod.) nebo pro poslední (nejvyšší) nadzemní podlaží. Při návrhu se musí posoudit také vliv větru, který se projevuje jak u odváděcích zařízení, tak u přiváděcích otvorů. Pokud je tento systém použit pro požární větrání zastřešených atrií, pasáží s přilehlými prodejnami apod. musí se použít složitější výpočetní metodiky a důkladnějšího posouzení. Nejobvyklejší způsob aplikace tohoto systému jsou střešní klapky pro odvod kouře a tepla (odváděcí větrací otvory) a venkovní vchodové dveře, vrata či jiné otvory situované co nejníže nad podlahou (přiváděcí větrací otvory).

Zařízení ZOKT využívající *systém nuceného odvodu kouře a tepla a přirozeného přívodu vzduchu* je založeno na principu vytváření mírného podtlaku v prostoru zasaženém požárem. Děje se tak prostřednictvím požárních ventilátorů, které odvádějí kouř a teplo mimo budovu. Přívod vzduchu opět zajišťují otvory typu dveře, vrata či jiné otvory, situované co nejníže nad podlahou.

Tento systém je využitelný prakticky ve všech typech prostorů. Má výrazně vyšší spolehlivost a účinnost, než systém s přirozeným odvodem kouře a tepla.

Všechna zařízení ZOKT musí být uváděna do provozu automaticky prostřednictvím systému EPS. Jsou-li zařízení napájena elektrickou energií, musí být z důvodů provozní spolehlivosti, zajištěno jejich napájení ze dvou na sobě nezávislých zdrojů (primární a záložní).

Kouřové sekce

V rámci požárních úseků, kde je navrhován odvod kouře a tepla, se prostor může účelně rozčlenit do několika kouřových sekcí. Jde o základní prostorové (stavebně vymezené) jednotky, ze kterých se odvádí zplodiny hoření a zabraňuje se šíření kouře a tepla mimo kouřovou sekci, případně mimo požární úsek. Kouřové sekce jsou mezi sebou odděleny podstropními kouřovými zábranami, plnostěnnými vazníky, případně stavebními konstrukcemi příslušné požární odolnosti. Tyto oddělující stavební konstrukce umožňují vytvářet pod stropem kouřové sekce tzv. akumulační vrstvu horkých zplodin. Z akumulační vrstvy se odvádí kouř mimo budovu. Přívod vzduchu do kouřové sekce se naopak navrhuje co nejblíže nad podlahou a pokud možno z více stran. Objem akumulační vrstvy musí být takový, aby v návrhové době, pro kterou je zařízení ZOKT dimenzováno, nedošlo k ohrožení osob zplodinami hoření, tj. aby prostor nad podlahou zůstal do výšky 2,5 metru nezakouřený.

Optimální velikost kouřových sekcí a akumulačních vrstev se stanovuje podle dynamiky požáru, množství vznikajících zplodin hoření a to ve vazbě na předpokládanou dobu evakuace z tohoto prostoru. Mezní rozměry kouřových sekcí jsou uvedeny v technických normách.

POŽÁRNÍ SCÉNÁŘE A NÁVRHOVÉ POŽÁRY

Jsou to dva nástroje, které slouží ke správnému návrhu požárního větrání.

Požární scénář je v běžné projektové praxi charakterizován jako normová rychlost rozvoje požáru dohodnutá na úrovni evropské normalizace [11]. Je to kvalitativní vyjádření průběhu požáru v čase. Konkrétně jde o matematickou závislost uvolňované tepelné energie při požáru na čase, která vyjadřuje dynamiku rozvoje požáru. Dále se zjišťuje průběh teploty (případně teplotního pole), hmotnost/objem vznikajícího kouře atd. Na národní úrovni pak vychází z požárního rizika, respektive z požárního zatížení a charakteru hořlavých látek. Požární scénář ovlivňují další faktory jako je prostředí, chování osob, požárně bezpečnostní zařízení a jiné.

Návrhový požár je taková pravděpodobná varianta rozvoje a průběhu požáru v jeho počáteční fázi, při které dochází k nejzávažnějšímu ohrožení osob nebo majetku v řešeném prostoru, a na kterou je dimenzováno zařízení ZOKT. Pro návrh požárního větrání se uvažuje pouze konvekční složka uvolňovaného tepla a to v rozmezí 5 až 15 minut v závislosti na velikosti návrhového požáru. Dále se analyzují podmínky evakuace osob, nastavení rychlosti aktivace zařízení ZOKT prostřednictvím elektrické požární signalizace a případná součinnost samočinného hasicího sprinklerového zařízení. Při návrhu se také zohledňuje pravděpodobné chování kouře při požáru v závislosti na jeho teplotě a stavebním řešení odvětrávaného prostoru.

V řešeném prostoru se analyzují všechny v úvahu připadající varianty požáru a nejnepříznivější z nich se určí jako návrhový požár. Ten je pak v příslušném návrhovém čase vnímán jako *ustálený návrhový požár* a stává se základem pro návrh příslušného zařízení ZOKT v tomto prostoru.

MATEMATICKÉ VÝPOČETNÍ MODELY

V současné době se používají dva způsoby matematických výpočtů, respektive výpočetních modelů. Oba vycházejí z evropské normy [11] a aplikují se v souladu s národními technickými normami a předpisy.

První výpočetní model, nejčastěji používaný v běžné projektové praxi, je založen na zjednodušeném dvouzónovém modelu požáru. V něm jsou definovány různé zóny (horní vrstva, spodní vrstva, požár a oblak plynů nad ním, vnější prostředí, stěny), přičemž v horní vrstvě se předpokládá rovnoměrná teplota zplodin hoření. S dostatečnou přesností je tento model řešitelný například v programu typu Excel. Algoritmus výpočtu lze sestavit na základě výpočtových vztahů, uvedených v níže citovaných technických normách a dalších předpisech.

Druhý výpočetní model je zdokonalený a vychází z podrobné analýzy řešené požární situace. Zohledňuje všechny podstatné parametry (požární, mechanické, prostorové, okrajové, atd.) včetně účinků aktivních i pasivních protipožárních opatření. Jde o sofistikovanější návrhové postupy, které řeší problematiku proudění zplodin hoření a vzduchu v prostoru zasaženém požárem pomocí simulačních programů na bázi CFD (Computational Fluid Dynamics). Práce s těmito výpočetními programy je mnohonásobně složitější, nákladnější (vlastní software + výkonný počítač) a časově náročnější než je tomu u prvního výpočtového postupu. Vyžaduje vysokou odbornou praxi nejen v požární problematice, ale také v používání vlastního výpočtového nástroje. Využívá se zejména ve složitějších, komplikovaných a atypických případech, kde se dají očekávat výrazně vyšší rizika pro bezpečnost osob i stavby než je tomu u běžných budov.

Výpočetních výstupů z matematických modelů je, vzhledem k dynamickému chování požáru, celá řada. Pro vlastní dimenzování konkrétního zařízení ZOKT se vyberou tři hlavní veličiny, z nichž se stanoví jmenovité výkonové parametry zařízení a jeho požární vlastnosti. Zmíněnými veličinami jsou: objemový průtok kouře, který se bude odvádět, objemový průtok přívodního vzduchu a návrhová teplota odváděných zplodin hoření.

ODVOD KOUŘE A TEPLA

Zplodiny hoření vznikající při požáru stoupají vzhůru ke stropu, indukují (nasávají) okolní vzduch ze všech stran, čímž výrazně roste množství horké kouřové směsi, která se shromažďuje pod stropem. Kouř zde vytváří akumulační vrstvu, jež zaplňuje prostor od stropu směrem dolů, k podlaze. Pro ochranu osob se stanovuje maximální nárůst objemu kouřové vrstvy tak, že její spodní rovina musí být alespoň 2,5 m nad úrovní nejvyšší podlahy, po které se mohou pohybovat evakuované osoby (u hromadných garáží se připouští 1,9 m). K této spodní rovině kouřové vrstvy se vypočítá hmotnostní průtok kouřových plynů, které je nutné z prostoru odvést.

Odvod kouře a tepla je u systému s přirozeným odvodem zajištěn zpravidla střešními klapkami pro odvod kouře a tepla. U systému s nuceným odvodem buď přímo střešními požárními ventilátory, anebo nepřímo - potrubím pro odvod kouře a tepla umístěným co nejblíže u stropu a napojeným na požární ventilátor(y). Jednotlivá odváděcí zařízení (střešní klapky, střešní ventilátory, mřížky v odváděcím potrubí) musí být rozmístěna v kouřové akumulační vrstvě pod stropem rovnoměrně. Jejich počet musí být takový, aby zajistil rovnoměrné odvádění kouře z celého prostoru a přitom nedocházelo k nepřípustnému podsátí vzduchu vrstvou kouře (plugholing efekt) v odváděcím místě. To se ověřuje výpočtem kritického množství odváděného kouře jedním odváděcím místem. Vždy je vhodnější větší počet menších odvětrávacích míst (otvorů) než malý počet velkých otvorů.

Kouř a teplo se odvádí do venkovního prostředí, zpravidla nad střechu, v místě, kde nehrozí zpětné nasátí do budovy, v dostatečné vzdálenosti od požárně otevřených ploch (okna, dveře, světlíky, apod.), stavebních konstrukcí z hořlavých hmot a od větracích zařízení chráněných únikových cest. Dále tam, kde nemůže dojít k ohrožení okolní zástavby a osob zde se nacházejících (chodníky, apod.).

PŘÍVOD VZDUCHU

V rámci systémového řešení zařízení ZOKT musí být zajištěn dostatečný přívod čistého venkovního vzduchu do odvětrávaného prostoru, který nahrazuje množství odváděných zplodin hoření. Vstupující vzduch nesmí narušovat kouřovou vrstvu nebo strhávat kouř směrem dolů. Jeho vyústění je třeba umísťovat co nejníže u podlahy, optimálně do úrovně 1,5 metru nad podlahou. Přívodní otvory musí být automaticky otevíratelné. Mohou to být dveře, okna, vyústky, mřížky nebo jiné otvory určené pro tyto účely, pokud splní podmínku, že přívodní vzduch nerozruší akumulační vrstvu kouře (nízká vstupní rychlost proudu vzduchu, dostatečná vzdálenost od spodní roviny kouřové vrstvy, eliminace vlivu větru, apod.). Pokud se v místě přívodu vzduchu mohou pohybovat lidé (například kterékoli dveře, únikové cesty, apod.), nesmí rychlost přívodního vzduchu překročit 5 m/s. Umístění přívodů vzduchu a jejich počet by měl být navržen tak, aby se zajistilo rovnoměrné proudění chladného vzduchu celou kouřovou sekcí a zabránilo se vzniku stagnujících oblastí čistého vzduchu pod kouřovou vrstvou, kam by mohly pronikat lokální proudy kouře. Velikost přívodních otvorů musí být navržena s ohledem na jejich volnou aerodynamickou plochu danou jejich výtokovým součinitelem. Nesmí se používat kombinace přirozeného a nuceného přívodu vzduchu v jedné kouřové sekci.

KOMPONENTY ZAŘÍZENÍ ZOKT

Zařízení ZOKT jako celek musí být schopno trvalého chodu při plném výkonu po celou návrhovou dobu a odolávat tepelnému působení požáru. Z toho důvodu musí být všechny rozhodující komponenty navrženy a vyrobeny v souladu s evropskými harmonizovanými normami řady ČSN EN 12101 [12]. Jde především o požární ventilátory, klapky pro přirozený odvod kouře a tepla, kouřové zábrany, potrubí pro odvod kouře a tepla, kouřové klapky v potrubí, tlumicí vložky u ventilátorů, zařízení pro dodávku elektrické energie, tlumiče hluku, kompenzátory potrubí, mřížky, vyústky, podpěrné konstrukce, apod.

Požární vlastnosti těchto komponentů jsou zkoušeny podle příslušných zkušebních norem [13] a jsou jim oprávněnou osobou (zkušebnou) vystaveny protokoly o klasifikaci podle normy [14]. V těchto protokolech je, kromě klasifikace výrobku a dalších předepsaných náležitostí, uvedena také oblast aplikace, pro kterou je výrobek určen. Výrobky musí být označeny certifikační značkou CE.

V projektové dokumentaci [2], která sestává z Technické zprávy, Výkresové části a Seznamu strojů a zařízení a technické specifikace, se uvedou všechny potřebné požadavky na komponenty jednotlivých prvků zařízení ZOKT.

ZÁVĚR

Příspěvek se pokusil poskytnout základní informace potřebné při projektování požárního větrání, respektive zařízení pro odvod kouře a tepla, jako velmi specifické profesní stavební disciplíny. Problematika tohoto vyhrazeného požárně bezpečnostního zařízení je poměrně rozsáhlá a komplikovaná. Vyžaduje značné znalosti a zkušenosti nejen z oblasti vzduchotechniky a požární bezpečnosti staveb, ale také ze souvisejících oborů jako je elektrická požární signalizace, sprinklerová hasicí zařízení apod. Na limitované ploše článku proto nebylo možné postihnout toto téma podrobněji. Nechť jsou laskavou odbornou veřejností uvedené informace vnímány jako prvotní vhled, který by měl poskytnout primární povědomí o těchto systémech.

LITERATURA

[1] Vyhláška č. 246/2001 Sb., o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci).

[2] Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb, ve znění vyhlášky č. 62/2013 Sb.
[3] Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů.
[4] Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů.
[5] Zákon č. 360/1992 Sb., o výkonu povolání autorizovaných architektů a o výkonu povolání autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě, ve znění pozdějších předpisů.
[6] Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby ve znění vyhlášky č. 20/2012 Sb.
[7] Vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb, ve znění vyhlášky č. 268/2011 Sb.
[8] ČSN 73 0810 Požární bezpečnost staveb - Společná ustanovení, 04/2009.
[9] ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb - Nevýrobní objekty, 05/2009.
[10] ČSN 73 0804 Požární bezpečnost staveb – Výrobní objekty, 02/2010.
[11] ČSN EN1991-1-2:2004 – Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru.
[12] ČSN EN 12101 Zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla – Část 1 až Část 10.
[13] ČSN EN 1363 – Zkoušení požární odolnosti - Část 1 až Část 3, ČSN EN 1366 – Zkoušení požární odolnosti provozních instalací – Část 8, Část 9, Část 10.
[14] ČSN EN 13501- Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí – Část 1, Část 4.
[15] KUČERA, P., KAISER, R., PAVLÍK, T., POKORNÝ, J.: *Požární inženýrství Dynamika požáru*, EDICE SPBI SPEKTRUM 65. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2009, 152 s., ISBN 978-80-7385-074-6.

NÁVRH CHLADIČE VENKOVNÍHO VZDUCHU

Vladimír Zmrhal

ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí
Vladimir.Zmrhal@fs.cvut.cz

ANOTACE

Průběh změny stavu vzduchu u chladičů venkovního vzduchu v moderních větracích a klimatizačních zařízeních je poněkud odlišný než popisují teoretické závislosti. Často dochází k situaci, kdy je chladič vzduchu oproti předpokladu poddimenzovaný což má, při extrémních stavech vzduchu, za následek nedostatečné odvlhčení vzduchu. U vysokoteplotních systémů, kde nastává riziko kondenzace, to může představovat problém, kdy klimatizační systém přestává v podstatě plnit svou funkci. Článek uvádí konkrétní příklady úpravy stavu vzduchu na chladiči za různých okrajových podmínek.

ÚVOD

Teoretická změna stavu při chlazení vzduchu

Proces změny stavu vzduchu probíhá ideálně po přímce, což se vysvětluje jako směšování vzduchu, přiváděného do chladiče s nasyceným vzduchem na povrchu chladiče [2]. Zpravidla se rozlišují dva základní případy podle toho, jaká je povrchová teplota chladiče:

- bez kondenzace - $t_{ch} \geq t_{rb}$
- s kondenzací - $t_{ch} < t_{rb}$

Pro teoretický průběh se povrchová teplota chladiče u vodního chladiče stanoví jako střední teplota chladicí vody

$$t_{ch,t} = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} \ [°C] \qquad (1)$$

Pro chladič pracující se jmenovitým teplotním rozdílem 6/12 °C bude povrchová teplota $t_{ch,t}$ = (6+12)/2 = 9 °C. Při použití přímého výparníku je povrchová teplota rovna vypařovací teplotě, která bývá obvykle 4 až 5 °C.

Korekce teoretického předpokladu

U lamelových výměníků často nedochází k dokonalému odvedení vodní páry, jak předpokládá teoretický průběh a reálný proces probíhá přibližně po křivce do konečného stavu 2r (obr. 1). Určité řešení poskytuje literatura [4], kdy se povrchová teplota chladiče koriguje s ohledem na účinnost žebra $\eta_ž$

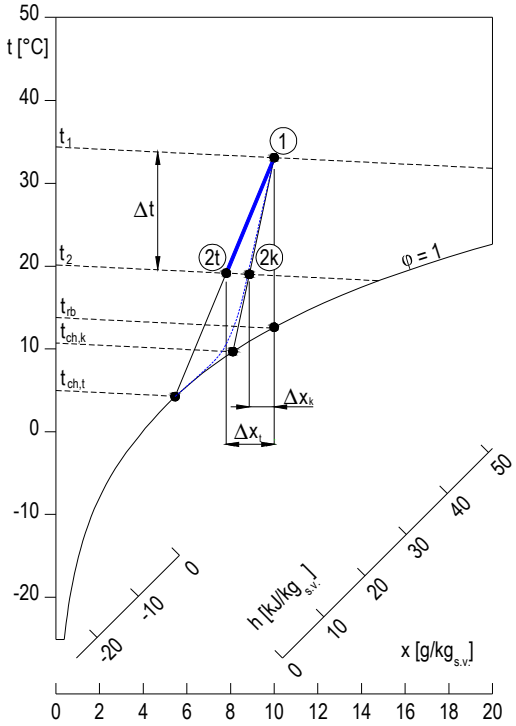
$$\eta_ž = \frac{t_e - t_{ch,k}}{t_e - t_{ch,t}} \ [-] \qquad (2)$$

Pro lamelové chladiče vzduchu v klimatizaci lze předpokládat účinnost žebra $\eta_ž \approx 0{,}85$ [4].

Příklad:

Pro vodní chladič t_{w1}/t_{w2} = 6/12 °C bude povrchová teplota chladiče po korekci

$$t_{ch,k} = t_e - \eta_ž \left(t_e - t_{ch,t}\right) = 32 - 0{,}85\left(32 - 9\right) = 12{,}5 \ [°C]$$



Obr. 1 *Průběh změny stavu vzduchu při chlazení (teoretická a korigovaná úprava)*

REÁLNÝ PRŮBĚH NA CHLADIČI VZDUCHU

Ve skutečnosti je úprava vzduchu při chlazení ovlivněna dalšími faktory, jako je rychlost proudění vzduchu a počet řad výměníku. S použitím návrhového programu [5] bylo zkoumáno chování chladiče venkovního vzduchu pro zadaný teplotní rozdíl 6/12 °C, daný stav venkovního vzduchu, proměnnou rychlost proudění výměníkem (1,1 až 6,1 m/s) a počet řad výměníku (3, 4, 6 a 8).

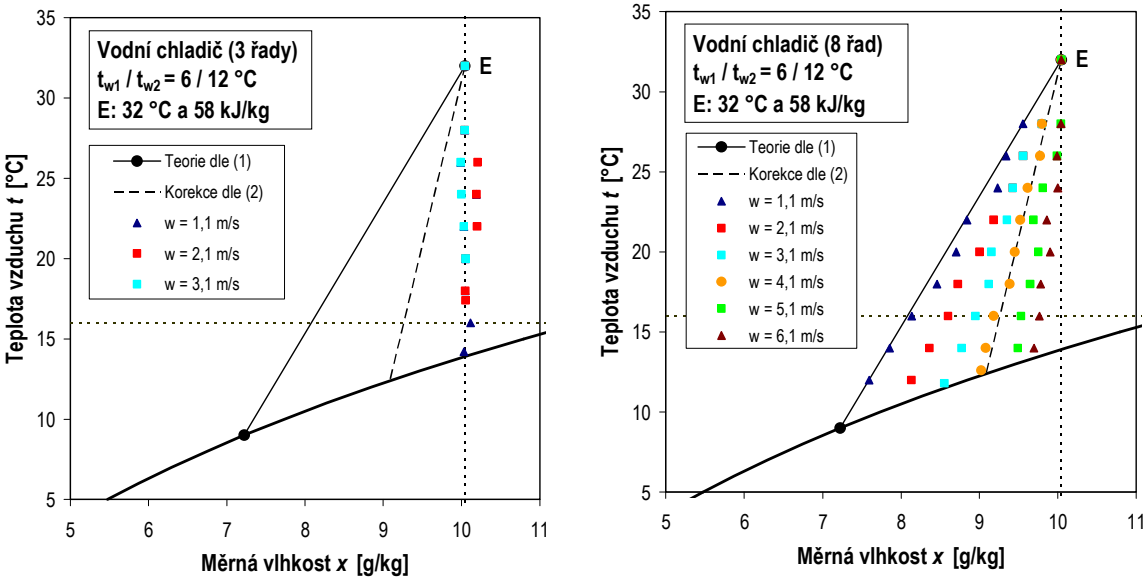
Na obr. 2 je znázorněn průběh změny stavu vzduchu při chlazení pro běžné návrhové podmínky venkovního vzduchu 32 °C a 58 kJ/kg. V obrázku jsou bodově znázorněny stavy vzduchu za vodním chladičem pro různé rychlosti proudění v průřezu výměníku. Pro porovnání jsou v obrázku znázorněny i teoretické přímkové průběhy s povrchovou teplotou chladiče stanovenou podle rovnice (1) a čárkovaně podle (2).

Tab. 1 *Doporučené rychlosti proudění v průřezu VZT jednotek podle ČSN EN 13053* [6]

Třída	Rychlost proudění [m/s]
V2	> 1,6 až 1,8
V3	> 1,8 až 2,0
V4	> 2,0 až 2,2
V5	> 2,2 až 2,5
V6	> 2,5 až 2,8
V7	> 2,8 až 3,2

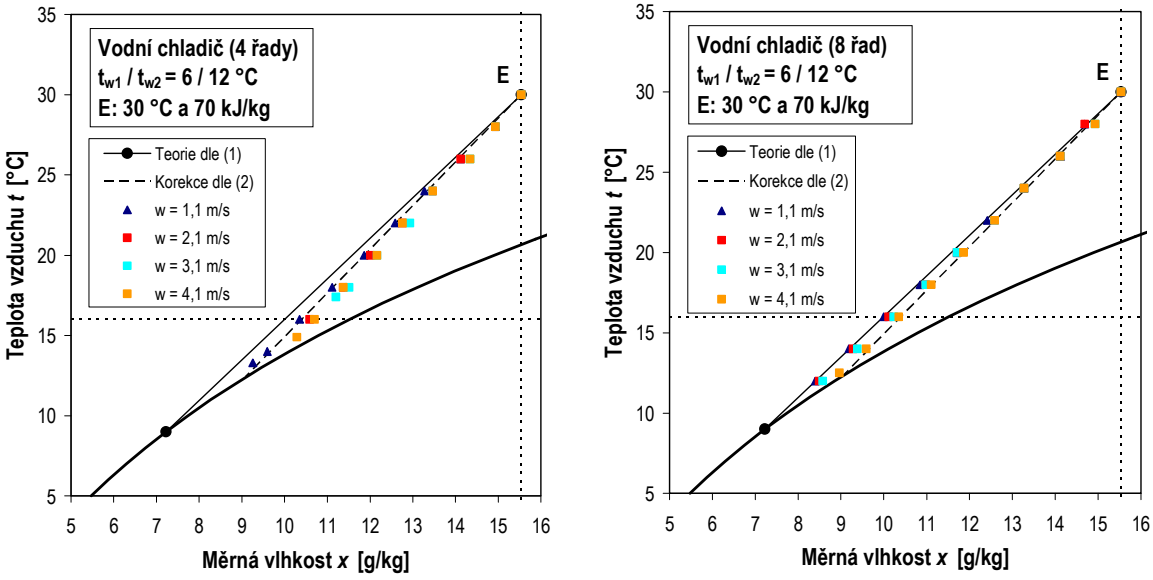
Z obr. 2a) je zřejmé, že při použití třířadého výměníku (13 vstupů, rozteč 3,2 mm) prakticky nedochází k odvlhčení vzduchu a to ani při relativně nízkých rychlostech proudění vzduchu. Je zřejmé, že doba kterou vzduch stráví ve výměníku je velmi krátká. Z výsledků obdržených výpočtovým programem jsou pro rychlosti 2,1 m/s a teploty vzduchu za výměníkem 22 až 26 °C patrné vyšší měrné vlhkost vzduchu. Otázkou zůstává, zda má vzduch tendenci se navlhčit (unášet zpět kondenzát), nebo zda je tento jev způsoben např. regresí výsledků obdržených pro jiné okrajové podmínky.

U osmiřadého výměníku (26 vstupů, rozteč 2,1 mm) je již situace poněkud odlišná viz obr. 2b). Pro nízké rychlosti proudění vzduchu výměníkem se reálná úprava vzduchu přibližuje teoretické úpravě s povrchovou teplotou chladiče podle rovnice (1). Pomineme-li skutečnost, že rychlosti proudění $w < 1,6$ m/s a $w > 3,2$ m/s se v praktických aplikacích vyskytují minimálně (viz doporučené rychlosti proudění uvedené v tab. 1), je z obr. 2b) názorně vidět, že směr změny stavu vzduchu podstatně ovlivňuje právě rychlost proudění. Čím delší dobu stráví vzduch ve výměníku (nižší rychlost proudění, větší výměníková plocha), tím větší bude odvlhčení Δx.



a) *b)*

Obr. 2 *Průběh změny stavu vzduchu na reálném chladiči pro t_e = 32 °C, h_e = 58 kJ/kg a) 3 řadý výměník, b) 8 řadý výměník*



a) *b)*

Obr. 3 *Průběh změny stavu vzduchu na reálném chladiči pro t_e = 30 °C, h_e = 70 kJ/kg a) 4 řadý výměník, b) 8 řadý výměník*

Na obr. 3 jsou výsledky obdobného šetření s tím rozdílem, že nasávaný vzduch odpovídá extrémním klimatickým hodnotám z pohledu entalpie venkovního vzduchu: 30 °C a 70 kJ/kg (Praha 2003) [8]. Z obr. 3 je zřejmé, že při uvažování vyšší měrné vlhkosti resp. entalpie venkovního vzduchu jsou rozdíly v odvlhčení vzduchu pro různé rychlosti proudění výměníku téměř minimální a reálné závislosti se u třířadého chladiče přibližují změně stavu vzduchu po korekci dle (2), u osmiřadého pak leží mezi oběma přímkami.

VÝKON CHLADIČE

Představme si situaci, kdy navrhujeme výkon chladiče pro běžné návrhové podmínky 32 °C a 58 kJ/kg, kdy teplota přiváděného vzduchu t_{pe1} = 16 °C. Výrobce zařadí do klimatizační jednotky třířadý chladič (viz obr. 2a), který prakticky neodvlhčuje (obr. 4). Výkon chladiče je dán rozdílem entalpií

$$\Delta h_1 = h_{e1} - h_{pe1} = 58 - 41 = 17 \quad \text{[kJ/kg]} \tag{3}$$

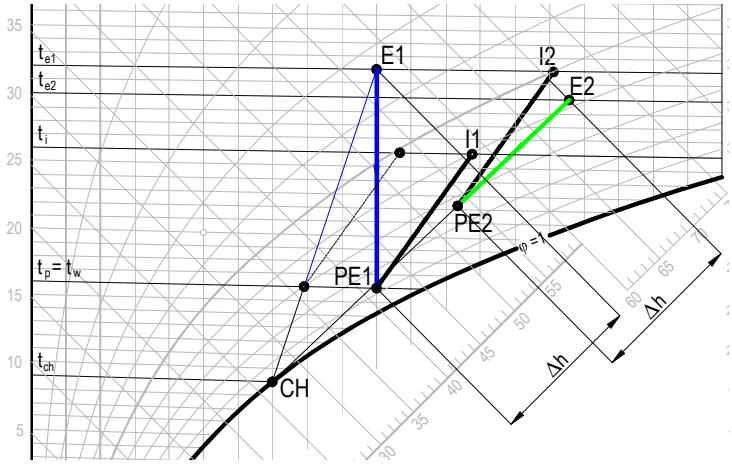
Pro případy, kdy během roku dojde k výskytu vyšší entalpie venkovního vzduchu (konkrétní hodnoty viz [8]) bude požadavek na výkon chladiče vyšší. Pro extrémní stav vzduchu 30 °C a 70 kJ/kg je potřebný výkon dán opět rozdílem entalpií

$$\Delta h_2 = h_{e2} - h_{pe2} = 70 - 41 = 29 \ \text{[kJ/kg]} \tag{4}$$

poměr výkonů 1 a 2 pak bude

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\Delta h_1}{\Delta h_2} = \frac{17}{29} = 0,58 \ \text{[-]} \tag{5}$$

tzn., že pro zadaný případ bude chladič o 42 % poddimenzovaný.



Obr. 4 *Znázornění rozdílů při chlazení venkovního vzduchu při různých venkovních podmínkách a zachování výkonu chladiče*

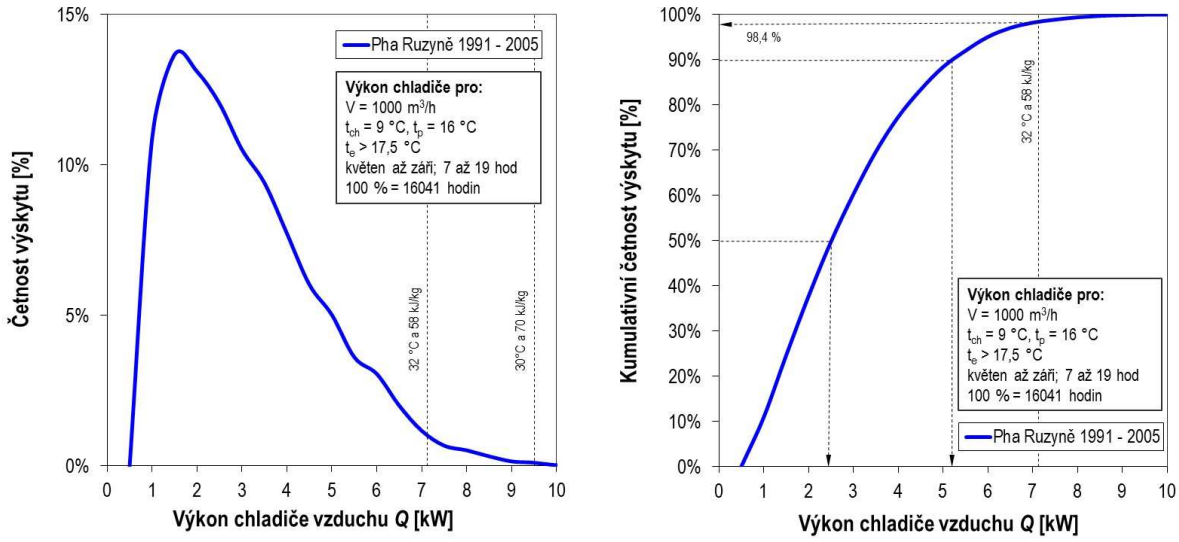
I když k překročení uvažovaných návrhových podmínek venkovního vzduchu (32 °C a 58 kJ/kg) dochází omezenou část roku [8], u některých systémů může poddimenzování chladiče venkovního vzduchu představovat provozní problém. Jedná se zejména o vysokoteplotní klimatizační systémy (indukční jednotky, chladicí trámce, chladicí stropy) kdy je venkovním vzduchem odváděna vlhkostní zátěž prostoru. Jak je patrno z obr. 4 nejen, že chladič není schopen ochladit vzduch na požadovanou teplotu přiváděného vzduchu, ale hlavním problémem je nedostatečné odvlhčení vzduchu a následné problémy s kondenzací vodní páry na výměníkových plochách umístěných v místnosti.

Využití chladiče vzduchu

Na obr. 5 je znázorněna četnost (obr 5a) a kumulativní četnost (obr. 5b) výskytu výkonu chladiče během období 1991 až 2005. Provoz chladiče se předpokládá v období od května do září, 7 až 19 hodin (vč. víkendů). Výkon chladiče byl stanoven na základě teoretické závislosti s povrchovou teplotou chladiče určenou podle rovnice (1). Teplota přiváděného

vzduchu t_p = 16 °C. Předpokládá se, že chladič je v provozu při teplotách venkovního vzduchu vyšších než 17,5 °C.

Z uvedeného vyplývá, že 90 % času pracuje chladič vzduchu s výkonem 5,1 kW, tedy cca polovičním, než jaký je za extrémních podmínek potřeba. Výkon chladiče navržený na podmínky 32 °C a 58 kJ/kg je a pouze 1,6 % času (což odpovídá 275 hodinám za 15 let) je zapotřebí výkon větší. Z hlediska výkonového využití chladiče tak větší výkon chladiče (větší počet řad) nemá na časový provoz prakticky vliv.



a) *b)*

Obr. 5 *Četnost a kumulativní četnost výskytu výkonu chladiče v průběhu 15 let*

ZÁVĚR

Z uvedeného vyplývá, že při návrhu centrální klimatizační jednotky je nutno věnovat zvýšenou pozornost výslednému stavu vzduchu za chladičem vzduchu. Zejména se to týká prostorů, které mají celoročně přísné nároky na toleranci teploty a vlhkosti vzduchu v klimatizovaném prostoru nebo při použití vysokoteplotních klimatizačních systémů, kdy může v extrémních případech a nesprávném návrhu chladiče dojít ke kondenzaci vodních par na výměníkových plochách umístěných ve vnitřních prostorách klimatizované budovy.

LITERATURA

[1] ASHRAE Handbook 2009. Fundamentals. Atlanta: ASHRAE, Inc., 2009. ISBN 978-1-933742-55-7.

[2] DRKAL, F., ZMRHAL, V. *Větrání*. Vysokoškolské skriptum. Česká technika - nakladatelství ČVUT v Praze. 2013. ISBN 978-80-01-05181-8.

[3] CHYSKÝ, J. *Vlhký vzduch*. 2.vyd. Praha: SNTL, 1977.

[4] RECKNAGEL, H., SPRENGER, E., SCHRAMEK, E. *Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik*. München: Oldenbourg Industrieverlag, 2007. ISBN 10:3-8356-3104-7.

[5] Climacal. Návrhový software společnosti Janka Engineerig. Dostupný z <http://janka.cz/navrhovy-software.html>.

[6] ČSN EN 13053+A1 (12 7005) Větrání budov – Vzduchotechnické manipulační jednotky – Hodnocení a provedení jednotek, prvků a částí

[7] ZMRHAL, V., DRKAL, F., BARTÁK, M., LAIN, M. Specifikace metody výběru parametrů venkovního vzduchu pro dimenzování výměníků tepla ve větracích a klimatizačních zařízeních. Rozborový úkol č. RU/0006/13. ČVUT v Praze. 2014.

[8] ZMRHAL, V. Riziko kondenzace u vysokoteplotních klimatizačních systémů. In Vytápění, větrání, instalace, roč. 23, č. 2, s. 76-80, 2014. ISSN 1210-1389

SEZNAM OZNAČENÍ

c	měrná tepelná kapacita	[J/(kg.K)]
h	entalpie	[kJ/kg]
Q	výkon	[kW]
t	teplota	[°C]
w	rychlost proudění	[m/s]
ρ	hustota	[kg/m^3]
η	účinnost	[-]

CO VÍME O TEPELNÉM OSTROVU PRAHY?

Michal Žák[1,2], Pavel Zahradníček[1], Petr Skalák[1]

[1]Český hydrometeorologický ústav
[2]Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy
michal.zak@chmi.cz

ANOTACE

Praha, podobně jako jiná světová velkoměsta, se vyznačuje výskytem tzv. tepleného ostrova města. Tedy částí města, která je výrazně teplejší, než její okolí. Důvodem je změna aktivního povrchu – tedy náhrada přirozeného povrchu materiály umělými jako jsou asfalt, beton, sklo aj. včetně spolupůsobení zdrojů antropogenního tepla. V rámci přednášky bude popsán pražský tepelný ostrov, jeho intenzita, vývoj během roku i očekávaný vývoj v souvislosti se změnou klimatu. Diskutována budou též možná opatření zmírňující negativní dopady tepelného ostrova na jeho obyvatele. Součástí příspěvku bude též prezentace některých výsledků získaných v rámci řešení projektu UHI financovaného programem FP7 EU v rámci „Central Europe Program".

ÚVOD

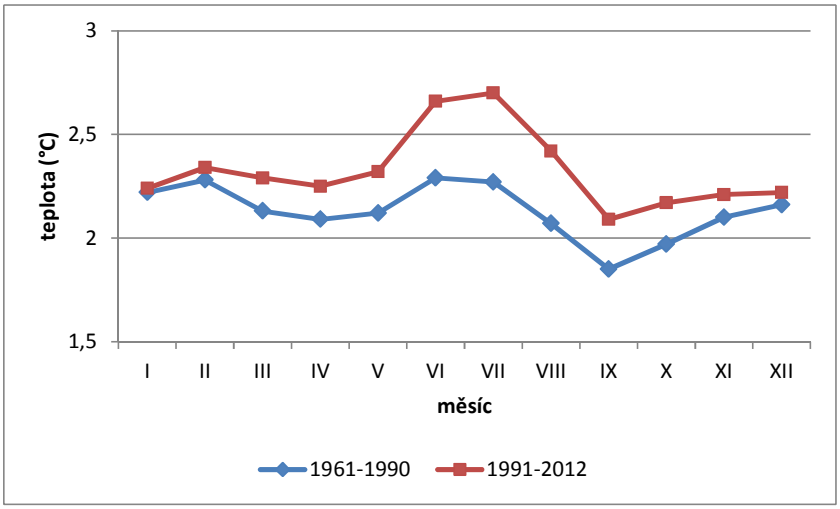
Čím dál víc lidí žije v současnosti ve městech a jejich životy proto ovlivňuje městské mikroklima. Toto mikroklima se výrazně liší v závislosti na řadě faktorů, jako je stupeň a úroveň urbanizace a její morfologie, rozmístění a hustota zástavby, rozsah dopravních sítí jakož i zelených a vodních ploch ([8]). Pozorování v mnoha městech po celém světě ukazuje, že ve městech panují výrazně vyšší teploty vzduchu než v okolních venkovských oblastech. Tento jev se nazývá městský tepelný ostrov (MTO, viz např. [13], [4], [11], [9]). Vědci se domnívají, že nárůst průměrných teplot má nepříznivý vliv na zdraví lidí žijících ve městech ([6]). Kromě toho vyšší teploty vzduchu mají přímý vliv na spotřebu energie v důsledku zvýšené používání klimatizace ([2]). Tyto faktory byly i impulsem ke spuštění výzkumného projektu zkoumajícího možnosti zmírnění a adaptace na negativní dopady jevu MTO (projektu UHI, program č. 3CE292P3 v rámci Central Europe Program). Velikost MTO je definována pomocí jeho intenzity, což je rozdíl mezi teplotou vzduchu ve městě a na venkově ([10]). Obecně platí, že intenzita tepelného ostrova je obvykle v rozmezí 1 až 3 °C, ale za určitých atmosférických a stavu povrchu může dosáhnout až 12 °C ([13]). K zvýšení teploty ve městech totiž může dojít v důsledku specifických vlastností materiálů městských ploch ([7], [1]), změně výparu nebo vlivem antropogenních emisí tepla ([12]).

TEPELNÝ OSTROV PRAHY V SOUČASNOSTI

Praha, jakožto jediné české velkoměsto, je důležitým územím, kde se dopady jevu tepelného ostrova města projevují z celého Česka nejvíce. I z tohoto důvodu je tamní tepelný ostrov studován mnohými autory (např. [3], [5]). Staniční síť a datová základna Českého hydrometeorologického ústavu v Praze a okolí umožňuje poměrně kvalitní vyhodnocení tohoto jevu. Pro centrum Prahy je k dispozici měření na stanici Klementinum, která disponuje i nejdelší nepřerušenou řadou pozorování teploty vzduchu v Česku, a dále stanice na Karlově, která – i když má poněkud specifické podmínky umístění měřících čidel – zase nabízí hodinová data různých meteorologických prvků, nejen teploty, a hodí se tedy ideálně k vyhodnocení časového chování tepelného ostrova města během dne. Ze stanic charakterizujících okolní venkovské oblasti lze použít např. Neumětely, Ondřejov, Brandýs nad Labem, případně i poněkud vzdálenější Doksany a nebo naopak i na okraji města

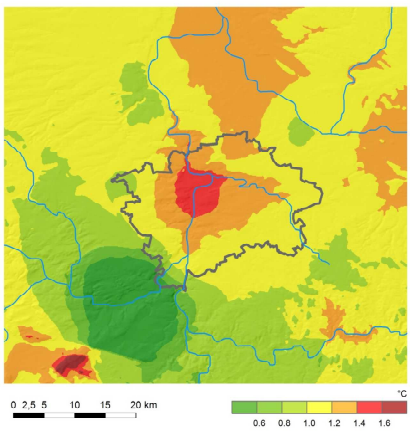
umístěnou Ruzyni (ta opět disponuje hodinovými daty). Pro zkoumání vlastností tepelného ostrova Prahy jsme použili datové časové řady teploty vzduchu za období 1961 až 2012.

Průměrná intenzita pražského tepelného ostrova činí 2,2 °C. Přitom ale pozorujeme rozdílnou velikost této intenzity během roku (viz obr 1). Nejvyšší intenzita nastává v letních měsících (červen a červenec) a to 2,4 °C, naopak nejnižší je začátkem podzimu (září) a to 1,9 °C. Důležitým rysem tepelného ostrova Prahy je jeho zesilování během času v souvislosti s rozvojem města, zahušťováním zástavby, ale i rozšiřováním zastavěné plochy a taky zvyšující se množství antropogenního tepla. Pro období 1961 až 2012 činí nárůst rozdílu mezi centrem města a okolními venkovskými oblastmi 0,07 °C / 10 let pro průměrné denní teploty. Výraznější nárůst je pozorován pro rozdíl denních minimálních teplot a to 0,15 °C / 10 let, jinými slovy, denní minima rostou v centru města rychleji než v jeho okolí. Naopak v denních maximech k nárůstu prakticky nedochází (0,02 °C / 10 let).



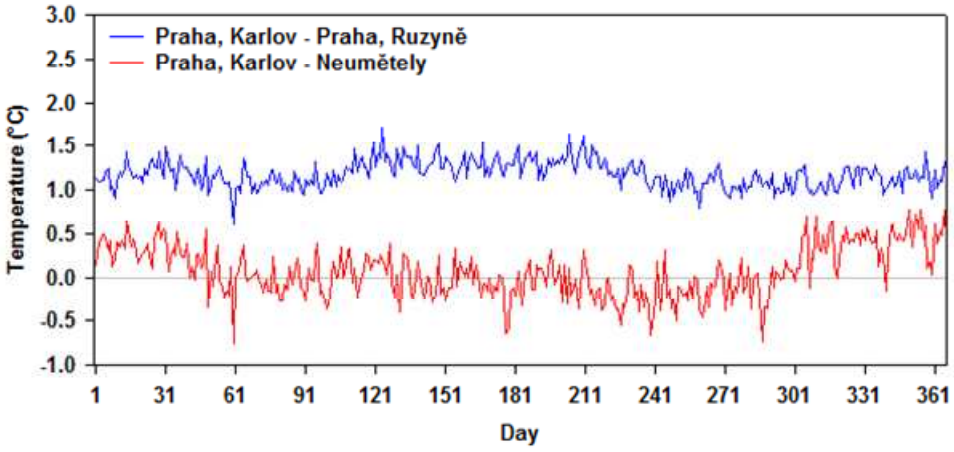
Obr. 1 *Vývoj intenzity tepelného ostrova Prahy během roku a to pro období 1961 – 1990 a 1991 – 2012.*

O tom že se nárůst tepelného ostrova projevuje zejména v denních minimech teploty vzduchu, svědčí i obr. 2, který zobrazuje rozdíl průměrných denních minim teploty vzduchu za první dekádu 21. století a dekádou o 40 let dříve. Z něj je dobře patrné, že v centrálních částech města se minima zvýšila o víc než stupeň a půl, zatímco na okrajích je toto zvýšení jen půl až jednostupňové.

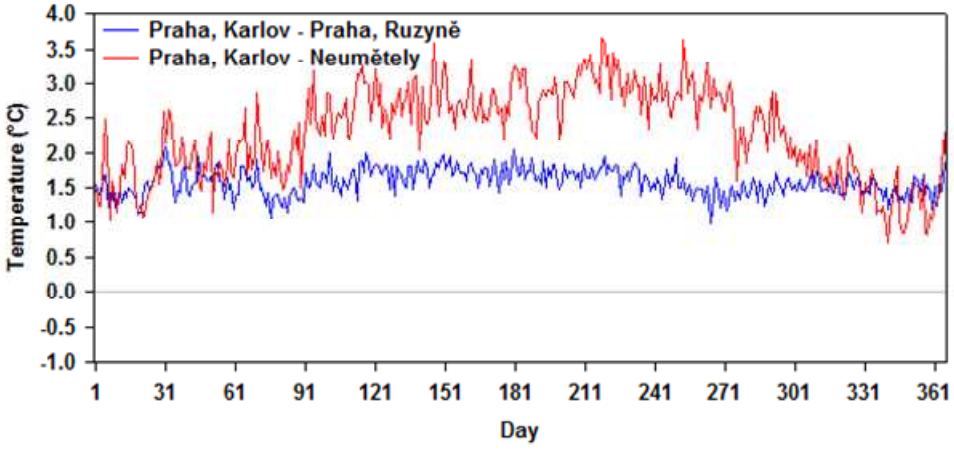


Obr. 2 *Rozdíl průměrných denních minim teploty vzduchu mezi desetiletími 2001 – 2010 a 1961 – 1970.*

Zajímavou informaci o tepelném ostrovu Prahy poskytnou i diference průměrných denních maxim a minim teploty vzduchu mezi centrem města a jeho okrajem (Karlov a Ruzyně), resp. mezi centrem města a venkovskými oblastmi (Karlov a Neumětely), viz obr. 3 a 4. Z těchto rozdílů je dobře patrné, že zatímco pro maximální teploty je rozdíl mezi centrem a okolím v létě prakticky nulový, v případě minimálních teplot činí rozdíly kolem 3 °C.

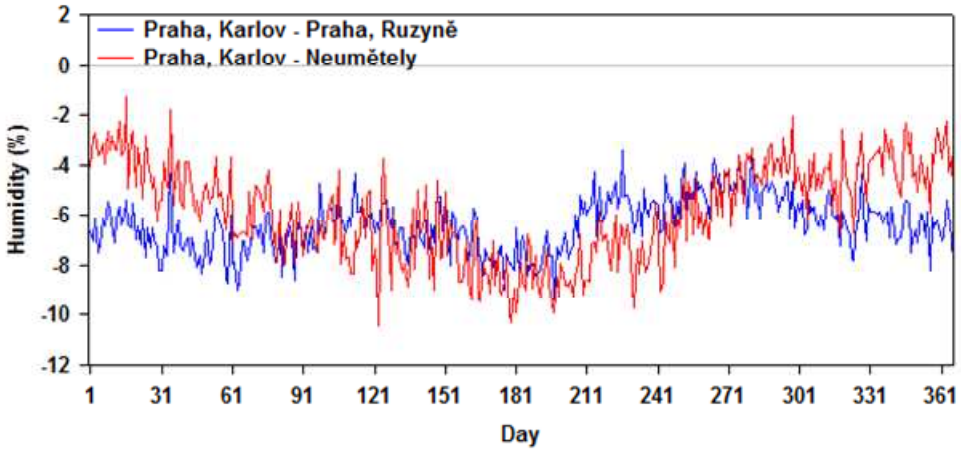


Obr. 3 *Rozdíl průměrných denních minim teploty vzduchu pro dvě dvojice stanic (pro období 1961 – 2010).*



Obr. 4 *Rozdíl průměrných denních maxim teploty vzduchu pro dvě dvojice stanic (pro období 1961 – 2010).*

Klima města se sice projevuje zejména v poli teploty vzduchu, ale významný signál je patrný i v relativní vlhkosti, což samozřejmě úzce souvisí s teplotou vzduchu, ale i jiným výparem ve městě, kde voda rychle odteče kanalizací a teplo se nespotřebovává na její výpar, ale na ohřátí budov a uličního kaňonu a následně vzduchu. Pro ilustraci je na obr. 5 znázorněna diference relativní vlhkosti pro stejné páry stanic jako na obr. 3 a 4, kde je dobře patrné zvýšení rozdílu relativní vlhkosti v létě (kolem 8 procent) ve srovnání se zimou (kolem 4 procent).

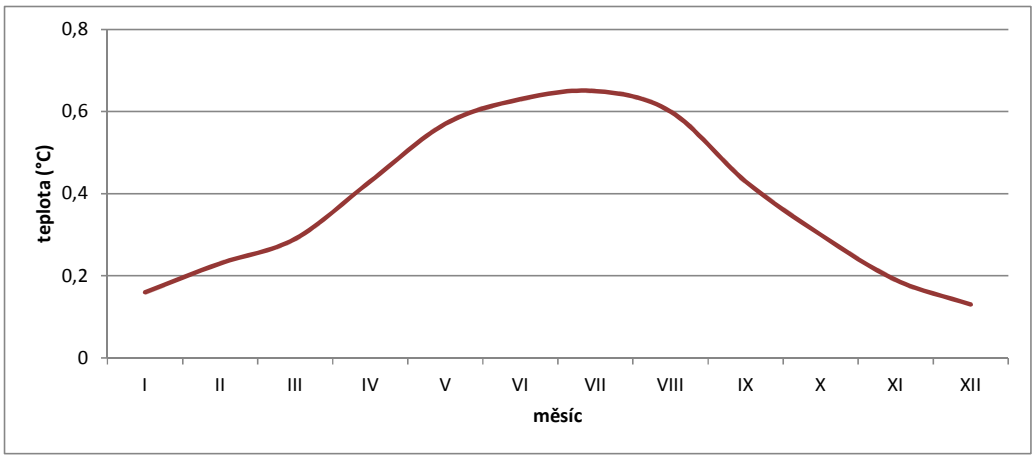


Obr. 5 *Rozdíl průměrných denních hodnot relativní vlhkosti vzduchu pro dvě dvojice stanic (pro období 1961 – 2010).*

Pražský tepelný ostrov se pochopitelně projevuje i v nárůstu počtu tzv. letních (s maximem alespoň 25 °C) a tropických (s maximem alespoň 30 °C) dní. V případě tropických dnů pozorujeme statisticky významný trend nárůstu o 2,1 dny za 10 let, v případě letních dnů je tento nárůst 4,7 dne za 10 let.

VÝVOJ PRAŽSKÉHO TEPELNÉHO OSTROVA DO BUDOUCNA

Vzhledem k pokračujícímu oteplování klimatu a zřejmě i dalšímu rozvoji zástavbou ovlivněných oblastí, lze předpokládat, že intenzita tepelného ostrova se bude dále zvyšovat. Na základě výstupů regionálního klimatického modelu ALADIN-CLIMATE/CZ provozovaného v ČHMÚ předpokládáme, že dojde ke zvýšení intenzity pražského tepelného ostrova o 0,4 až 0,5 °C do roku 2030, přičemž větší nárůst se očekává v letní polovině roku, menší naopak v zimní části (obr. 6)



Obr. 6 *Prognóza změny intenzity tepelného ostrova Prahy v jednotlivých měsících pro rok 2030.*

Pro obyvatele centrálních oblastí města je určitě nepříznivou vyhlídkou další nárůst počtu velmi teplých dnů (asi o 14 dnů letních dnů a o 4 až 5 dnů tropických dnů) pro období kolem roku 2030, navíc by mělo dojít i ke zvýšení počtu tropických nocí (o 1 až 2), naproti tomu počet ledových dní (tedy dnů s celodenním mrazem) by měl klesnout až o 15 za rok oproti současnosti.

PROJEKT UHI

Jedním z hlavních úkolů projektu UHI je návrh opatření ke zmírnění negativních projevů MTO. Pro tento účel jsou v každém městě vytipována jedna nebo více tzv. pilotních oblastí, což jsou části města, kde se očekávají výraznější urbanistické změny a/nebo přestavba. V rámci projektu jsou pak přestaveny takové scénáře urbanistických zásahů, které co nejvíc omezí negativní vliv jevu MTO. Závěry z těchto pilotních studií přispějí k úpravě evropský norem či politik pro plánování rozvoje měst.

V případě Prahy je jednou z pilotních studií rozvojová oblast bývalého nádraží Bubny (obr. 7). Pro účely zmapování místního klimatu byla zřízena automatická měřící stanici v tamní oblasti, jejíž data jsou použita pro modelování a zhodnocení dopadu různých scénářů architektonických úprav oblasti. Dopad mitigačních opatření lze odhadnout na základě vhodných výpočetních postupů a metod modelování. Lze přitom zvolit buď statistickou analýzu empirických dat, nebo numerické výpočetní modely. Korelace mezi naměřenou intenzitou MTO v různých lokalitách města a fyzikálními vlastnostmi v těchto místech lze využít k odvození odhadu empiricky založených metod. Pro numerické výpočty mohou být použity různé simulační nástroje, od regionálních klimatických modelů až po modely jednotlivých budov. Pro Prahu byl zvolen mj. výpočet odhadu dopadů mitigačních opatření pomocí numerické simulační aplikace (ENVI-MET). Výsledky budou k dispozici během května.

Obr. 7 *Vymezení pilotní oblasti Bubny (poskytnuto Útvarem rozvoje hlavního města Prahy)*

ZÁVĚR

Tepelný ostrov Prahy představuje významný klimatický fenomén, který ovlivňuje obyvatele města a to především v letní polovině roku. Projevuje se zvýšením denních minim i častějším výskytem mimořádně teplých dnů a nocí, což zvyšuje tepelnou zátěž pro jeho obyvatele. V zimě sice může způsobit úsporu kvůli nižší potřebě vytápění, v létě ale vede k větší potřebě klimatizace budov (a to ve finále zase zvyšuje teplotu v okolních ulicích vlivem produkce odpadního tepla). Vzhledem k očekávanému zesilování tohoto MTO v Praze je nutné dopady

na obyvatele intenzivně zabývat při dalším rozvoji města. Napomoci tomuto úkolu by měly též výsledky mezinárodního projektu UHI, řešeného v rámci spolupráce středoevropských měst zastoupených klimatology, městskými architekty a plánovači, ale i biometerology. Výsledky a další informace o tomto projektu nejen pro Prahu ale i další města jsou k dispozici na webových stránkách projektu: http://eu-uhi.eu/cz/.

LITERATURA

[1] AKBARI, H., POMERANTZ, M., TAHA, H. *Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas*. Solar Energy, 70(3): 295–310, 2001.

[2] AKBARI, H. *Energy Saving Potentials and Air Quality Benefits of Urban Heat Island Mitigation*. Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA., 2005.

[3] BERANOVÁ, R., HUTH, R. *Pražský tepelný ostrov za různých synoptických podmínek.* Meteorologické zprávy 56 (5): 137– 142, 2005.

[4] BLAZEJCZYK, K., BAKOWSKA, M., WIECLAW, M. *Urban heat island in large and small cities*. 6th International Conference on Urban Climate, Göteborg, Sweden, June12-16 2006: 794–797, 2006.

[5] BRÁZDIL, R., BUDÍKOVÁ, M. *An urban bias in air temperature fluctuations at the Klementinum, Prague, The Czech Republic.* Atmospheric Environment, 33: 4211– 4217, 1999.

[6] HARLAN, S L., RUDDELL, D.M. *Climate change and health in cities: impacts of heat and air pollution and potential co-benefits from mitigation and adaptation*. Current Opinion in Environmental Sustainability, 3(3): 126–134, 2011.

[7] GRIMMOND, C.S.B. CLEUGH, H., OKE, T.R. *An objective urban heat storage model and its comparison with other schemes*. Atmospheric Environment, 25B(3): 311–326, 1991.

[8] GRIMMOND, C.S.B., *Urbanization and global environmental change: local effects of urban warming.* Cities and global environmental change, 173(1): 83–88, 2007.

[9] KIESEL, K., VUCKOVIC, M., MAHDAVI, A. *The extent and implications of the urban heat island phenomenon in Central European region*, CESBP, 2nd Central Europe Symposium on Building Physics, September 9–11, Vienna, Austria, 2013.

[10] OKE, T.R. *City size and the urban heat island.* Atmospheric Environment, 7(8): 769–779, 1972.

[11] OKE, T.R. *Canyon geometry and the nocturnal urban heat island comparison of scale model and field observations.* Journal of Climatology, 1: 237–54, 1981.

[12] TAHA, H. *Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat.* Energy and buildings, 25(2): 99–103, 1997.

[13] VOOGT, J.A. *Urban Heat Island.* Encyclopedia of Global Environmental Change, 3: 660–666, 2002.

Projekt UHI je financován v rámci programu pro střední Evropu (Central Europe Program).

SOLAR DECATHLON 2013 – AIR HOUSE

Jan Žemlička

Zemlicka+Pruy GmbH

ANOTACE

Solar Decathlon (http://www.solardecathlon.gov) je mezinárodní studentská soutěž ve stavbě ekologických solárních domů pořádaná Ministerstvem energetiky Spojených států (U.S. Department of Energy – DOE) a Národní laboratoří obnovitelných energií (National renewable energy laboratory – NREL). Soutěž probíhá v USA od roku 2002, v roce 2013 proběhl už 6. ročník. Tým studentů ČVUT se zůčastnil s energeticky soběstačným domem "AIR House" a získal 1. cenu v Architektuře a Energetické bilanci, 2. místo v Technice, 3. místo v Atraktivitě pro trh, Komfortu a Teplé vodě. Celkové 3. místo potvrdilo, že integrální navrhování je správnou cestou.

Podrobný popis architektonického a konstrukčního řešení a návrhu technických zařízení byl zveřejněn na TZB-Info.

CÍL SOUTĚŽE

Cílem soutěže je podpora rozvoje udržitelné a inovativní architektury a přiblížení tohoto konceptu široké veřejnosti. Architektura a technickéá zařízení budovy jsou v soutěži hodnoceny jako celek a ne, jak tomu ve většině případů je, jako oddělené disciplíny. Tento koncept zaručuje celkovou pohodu uživatelů, vycházející především z kvalitního architektonického řešení respektujícího základní fyzikální zákony,. a technická zařízení v něm mají pouze doplňující funkci.

Soutěž demonstruje, že inteligentně řešené stavby jsou schopné zajistit příjemné vnitřní prostředí a zároveň generují dostatek tepelné a elektrické energie pro potřeby domácnosti.

TÝMY

Ze všech přihlášených týmů vstupuje do soutěže vždy 20 nejlepších. V roce 2013 bylo vybráno 16 univerzitních týmů z USA, 2 z Kanady a 2 týmy z Evropy. Každý tým měl za úkol navrhnout, postavit a provozovat energeticky soběstačný solární dům. Stavby vznikly na půdě univerzit a následně byly přepraveny a opět sestaveny v místě soutěže, v Orange County Great Park v Kalifornii.

PRAVIDLA A ZPŮSOB HODNOCENÍ

Při stavbě domů musí být přesně dodržena předem stanovená pravidla, jako například objemové parametry stavby, bezpečnost provozu atd.

Stavby studentských týmů jsou hodnoceny v deseti disciplínách, z nichž mnohé se skládají z dalších poddisciplín. Každá je oceněna maximálně 100 body. Zvítězí tým, který dosáhne nejvyššího bodového součtu z maximálně možných 1000 bodů. Vedle disciplín hodnocených porotou (pět z deseti a dvě poddisciplíny) jsou i disciplíny, kde o umístění rozhodují data z měření a dlouhodobého monitorování. Tyto disciplíny simulují běžný provoz domu.

Disciplíny hodnocené porotou: Architektura, Atraktivita pro trh (cílová skupina a prodejnost projektu), Technická zařízení, Komunikace (představení projektu veřejnosti), Cenová dostupnost (v cenách přepočtených pro americký trh)

Disciplíny hodnocené na základě měření: Vnitřní komfort (udržení předepsané teploty a vlhkosti v interiéru, udržení teploty vzduchu v rozmezí mezi 21,7°C a 24,4°C a relativní vlhkost vzduchu pod 60%.), Ohřev vody, Spotřebiče (resp. jejich energetická náročnost: udržení předepsané teploty v ledničce a mrazáku po celou dobu soutěže, praní prádla, sušení prádla, mytí nádobí), Domácí zábava (osvětlení, vyvaření/odpaření předepsaného množství vody ve stanoveném časovém úseku, příprava večeře pro vybrané členy ostatních týmů, domácí elektronika, promítání filmu pro vybrané členy ostatních týmů), Energetická bilance (bilance spotřeby a výroby elektrické energie)

VYHODNOCOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH HODNOT

Organizátoři umístili ve vnitřním prostoru dvě čidla pro měření teploty a jedno čidlo pro měření relativní vlhkosti. Čidla teploty byla umístěna i v lednici a v mrazáku.

Naměřené hodnoty byly v patnáctiminutových intervalech přenášeny bezdrátově na centrální server pořadatele. Jim odpovídající body byly kumulativně načítány po dobu meření. Maximální nárůst bodů za 15 minut činil u teploty 0,13020833 a u relativní vlhkosti 0,04340278, u mrazáku 0,01305483 a u chladničky 0,01305483.

Při nedodržení předepsaných limitních hodnot bylo bodové ohodnocení kráceno podle předem stanoveného klíče.

ČASOVÝ HARMONOGRAM SOUTĚŽE

Na přípravu projektu a postavení domu mají zúčastněné týmy na domovské univerzitě skoro dva roky, finále soutěže probíhá v USA. Šestý ročník se konal od 22.9. do 26.10.2013. Během prvních osmi a půl dne musel být dům v místě soutěže postaven, pak probíhaly osm dní soutěže a měření a během posledních šesti dnů musel být dům rozložen a naložen do kontejnerů.

Během soutěže probíhaly i prohlídky pro veřejnost.

19 SOUTĚŽNÍCH DOMŮ – 19 CEST VEDOUCÍCH K CÍLI

Z dvaceti vybraných týmů soutežilo nakonec jenom 19. Týmu Tidewater Virginia se nepodařilo zajistit dostatek financí na postavení domu.

Jednotlivé domy se lišily nejenom velikostí (plocha od 50 do 90m^2), ale i rozdílným přístupem k výběru technických zařízení pro udržení vnitřního klimatu. Pozitivním zjištěním bylo, že většina domů byla koncipována tak, aby architektonickým řešením a využítím pasivních stínících prvků byla snížena tepelná zátěž z venkovního prostředí na minimum. Většina domů byla vybavena tepelnými čerpadly vzduch-voda zajišťujícími výrobu tepla i výrobu chladu, jednotky „split“ se objevily jenom ojediněle. Všechny soutěžící domy měly možnost přirozeného i nuceného větrání, které bylo využíváno ve většině případů i k vytápění a chlazení obytných prostor. Pouze ve čtyřech případech byly k udržování vnitřního klimatu využívány sálavé plochy, z toho pouze ve dvou případech sálavé stropní panely.

Výroba elektrické energie byla u všech domů zajištěna fotovoltaickými systémy. Místní klima se odrazilo v prvenství SD 2013 - solární městečko mělo poprvé pozitivní energetickou bilanci. Všechny soutěžní domy vyprodukovaly více energie než spotřebovaly a díky tomu získaly všechny týmy 1. místo v disciplíně Energetická bilance.

Dva týmy se ve svých domech pokusily o využívání akumulace tepla a chladu pomocí PCM, ale podle mého názoru nebyla instalovaná kapacita v rovnováze s potřebou.

VÍTĚZNÝ NÁVRH RAKOUSKÉHO TÝMU

Celkové prvenství si odvezl tým Vídeňské technické univerzity domem LISI (Living Inspired by Sustainable Innovation) Studenti z Vídně navrhli dům pro malé pozemky ve městě nebo jako chatu do hor. Velkorysý centrální prostor obývacího pokoje a kuchyně je možno pomocí velkých posuvných oken propojit s venkovními terasami. Jako stínění a k uzavření obytného exteriéru je možné využít textilní fasádu z bílé maskovací sítě. Veškeré technologie jsou soustředěny v technickém jádru, podobně jako u dalších soutěžních domů. Důraz byl kladen na pasivní design a maximální využití dřeva.

Pro výrobu tepla a chladu je využito dvou tepelných čerpadel vzduch-voda. Výměna vzduchu je zajištěna buď přirozeně okny a nebo nuceně vzduchotechnickou jednotkou s rekuperačním výměníkem. Distribuce vzduchu je provedena dutinou v podlaze. V podlaze je integrováno i podlahové vytápění a chlazení. Podle mého názoru není tato kombinace pro udržování vnitřního klimatu v podmínkách Kalifornie zcela optimální. V disciplíně Vnitřní klima obsadil rakouský tým až 12. místo.

Obr.1 *Vítězný návrh LISI , zdroj www.solardecathlon.gov*

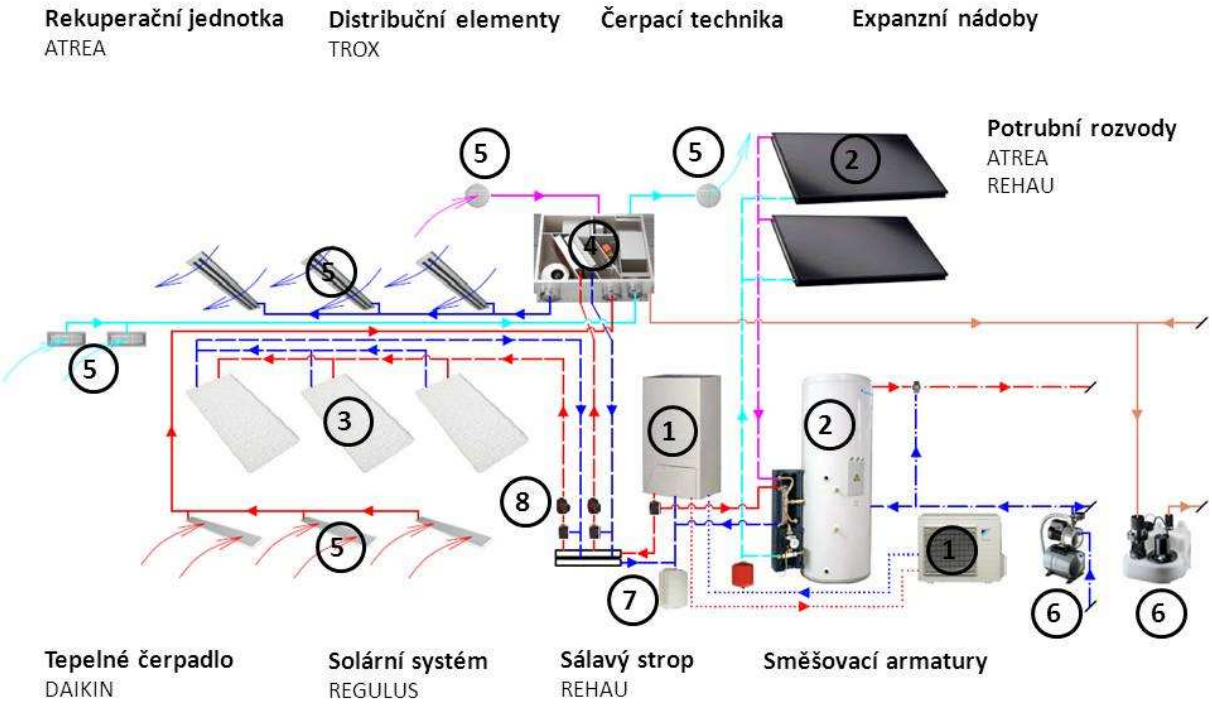
AIR HOUSE – TÝM ČVUT

Obr.2 *AIR HOUSE, zdroj www.solardecathlon.gov*

Soutěžní dům týmu ČVUT představil malý dům s velkorysým venkovním prostorem. Byl navržen jako stavebnicová dřevostavba určená pro dvoučlennou domácnost pro uživatele ve věku 50+. Je navržen jako energeticky nulový dům (v konečné bilanci produkce-spotřeba), veškerou energii pro potřeby domácnosti i pro zajištění optimálního vnitřního klimatu získává ze slunečního záření. Dům se vyznačuje nízkou spotřebou materiálu, vody a energie. Důležitá je energetická nenáročnost při výrobě a dopravě použitých materiálů a možnost jejich recyklace po dožití stavby. Koncept „domu v domě“ využívá chráněný prostor mezi vytápěnou částí a dřevěnou pergolou jako nárazníkovou zónu pro zmírnění tepelné zátěže. Spotřebu energie minimalizujeme kombinací pasivních (geometrická charakteristika, orientace ke světovým stranám, velikost a rozměry okenních otvorů, izolace) a aktivních prvků (fotovoltaické panely, sluneční kolektory, úsporné spotřebiče, inteligentní ovládání).

Pro výrobu tepla a chladu je využito tepelného čerpadla vzduch-voda (DAIKIN) integrovaného do systému se zásobníkem tepla a zásobníkem chladu. Do systému vytápění a ohřevu teplé vody jsou integrovany i termické solární panely. Distribuci tepla a chladu uvnitř domu zajišťuje sálavé stropní vytápění a chlazení v systému sádrokartonových desek se zabudovaným potrubím (REHAU). Výměna vzduchu je zajištěna buď přirozeně okny a nebo nuceně vzduchotechnickou jednotkou s rekuperačním výměníkem (ATREA). Pro nezbytné odvlhčování je ve vzduchotechnickém potrubí zabudován odvlhčovač. Bohužel se v provozu ukázalo, že ohřev vzduchu kondenzátorem odvlhčovače negativně ovlivňuje teplotu vstupního vzduchu do místnosti a tudíž byl odvlhčovač využit jen minimálně. V průběhu soutěže jsme byli nuceni několikrát rozhodnout, zda vybočit z předepsaného rozmezí teplot a nebo relativní vlhkosti. Vzhledem k tomu, že čtvrthodinové maximum získaných bodů za dodržení teploty bylo cca 3x vyšší než za dodržení relativní vlhkosti, bylo rozhodnutí jasné a obětovali jsme body za relativní vlhkost. Produkce elektrické energie byla zajištěna fotovoltaickými systémy.

Pro řízení a monitorování všech technologií domu byl navržen nadstavbový volně programovatelný řídicí systém firmy Sauter Modulo5 v čele s automatizační stanicí AS525.



Obr.3 *Schéma TZB AIR HOUSE, zdroj AIR HOUSE*

ZÁVĚR

Soutěž Solar Decathlon ukázala, jak důležitá je komunikace mezi všemi členy týmu spolupracujícími na projektu. dosažených výsledků týmu ČVUT, který získal 1. místo v Architektuře a Energetické bilanci, 2. místo v Technice, 3. místo ve Vnitřním komfortu, v Ohřevu vody a v Atraktivitě pro trh, by se mohlo zdát, že spolupráce mezi jednotlivými fakultami byla dokonalá. Bohužel, se během přípravných prací i během celé soutěže ukázalo, že vztah architekta a technických oborů je stále jako vztah psa a kočky. 7. místo v Komunikaci a ztráta 25 bodů to jenom potvrdily.

Celkové 3. místo s 945 body je v mezinárodní konkurenci bezesporu velkým úspěchem. Pouhých necelých 7 bodů za vítězným týmem, pouhé 2 body na druhé místo. O to více mrzí zbytečných 10,5 trestných bodů (nedodržení předepsaných termínů, nedodržení bezpečnosti práce, netěsná nádrž na vodu) a tím ztracené vítězství.

ODSTRANĚNÍ VIRŮ, BAKTERIÍ, AEROSOLŮ A OSTATNÍCH MIKROČÁSTIC ZE VZDUCHU

Yveta Čechová, Ondřej Fišer

KS Klima-Service, a.s.
yveta.cechova@ksklimaservice.cz; ondrej.fiser@ksklimaservice.cz

ÚVOD

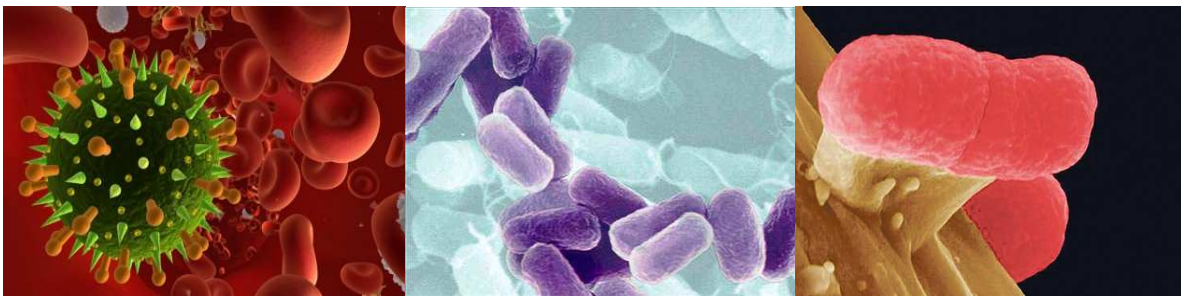
Vzduchové filtry pro atmosférickou filtraci jsou zařízení, která mají za úkol filtrovat vzduch od pevných částic – prachu, písku, textilních vláken, pylu, mlhy, výtrusů, bakterií, sazí, tabákového kouře a celé řady dalších znečišťujících elementů. Velkou skupinu těchto znečišťujících látek tvoří tzv. mikročástice. Jsou to částice o velikosti menší než 1 μm (1 mikrometr = 1 tisícina milimetru).
Centrum vývoje a výzkumu akciové společnost KS Klima-Servis se problematikou odstranění mikročástic ze vzduchu intenzivně zabývá a snaží se svými produkty této řady přispět k ochraně lidského zdraví a ovzduší.

HISTORIE FILTRACE MIKROČÁSTIC

Počátky filtrace mikročástic spadají do období druhé světové války. Tehdy Komise pro atomovou energii začala vyvíjet tzv. HEPA filtraci k odstranění radioaktivních částic při výrobě jaderných bomb. Při výrobě prvních prototypů bylo jako filtračního média použito proutí trávy. První skelná vlákna ve filtračním papíru byla použita okolo roku 1950. Trvalo dalších deset let, než byla zavedena první norma a filtry byly pojmenovány a typizovány jako HEPA filtry, tedy filtry s vysokou účinností (High Efficiency Particulate Airfilter). Později také tzv. ULPA filtry, tedy filtry s ultra nízkou penetrací - propustností (Ultra Low Penetration Air filter).
Od té doby prošla filtrace mikročástic obrovským vývojem. HEPA a ULPA filtry jsou nasazovány všude tam, kde je požadována vysoká čistota vzduchu a minimální počet částic na 1 m^3. Tyto požadavky jsou udávány tzv. třídami filtrace, které předepisují s jakou účinností, resp. penetrací filtry pracují.

Mikročástice

Mikročástice se v atmosféře nacházejí v různě velkých seskupeních a shlucích a v různých koncentracích. Zastoupeny jsou téměř všechny myslitelné tvary (obr. 1).



***Obr. 1** Různé druhy bakterií a virů velikosti mikročástic zvětšeno v průměru 10 000x*

Kromě tradičních zdrojů znečištění jako je průmysl, doprava, přírodní jevy (písečné bouře, sopečná činnost…) a vytápěcí systémy je i člověk sám, svou vlastní existencí, významným zdrojem znečišťujících látek. Jeden člověk vyprodukuje za hodinu cca 3 200 částic na 1 m^3.

Pro srovnání zrnko písku má průměr 90 µm, lidský vlas cca 50 – 70 µm a prachové nebo pylové zrnko 10 µm.
Velikost baktérie je v rozsahu 0,3 - 10 µm a velikost viru 0,005 - 0,1 µm, jsou to mikročástice, které nejvíce ohrožují lidský život.

DEDINICE HEPA ULPA FILTRŮ PRO ZÁCHYT MIKROČÁSTIC

HEPA filtry byly původně určeny pro astronauty, které je chránily před nebezpečnými mikročásticemi a stejně jako u jiných technologií se pak i HEPA filtry dostaly do běžného prostředí.
Požadavky na jednotlivé HEPA a ULPA filtry jsou dány normou ČSN EN 1822-1 - Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA) - Část 1: Klasifikace, ověřování vlastností, označování.

Tab. 1 *Rozdělení vzduchových filtrů do skupin podle normy ČSN EN 1822:2010*

EN 1822		**Celková hodnota pro MPPS částice (0.1–0.3 µm)**		**Integrální hodnota pro MPPS částice (0.1–0.3 µm)**	
Skupina filtrů	**Třída filtrace**	**Účinnost (%)**	**Průnik (%)**	**Účinnost (%)**	**Průnik (%)**
Skupina E EPA	E 10	≥ 85	≤ 15	–	–
	E 11	≥ 95	≤ 5	–	–
	E 12	≥ 99.5	≤ 0.5	–	–
Skupina H HEPA	H13	≥ 99.95	≤ 0.05	≥ 99.75	≤ 0.25
	H 14	≥ 99.995	≤ 0.005	≥ 99.975	≤ 0.025
Skupina U ULPA	U 15	≥ 99.999 5	≤ 0.000 5	≥ 99.997 5	≤ 0.002 5
	U 16	≥ 99.999 95	≤ 0.000 05	≥ 99.999 75	≤ 0.000 25
	U 17	≥ 99.999 995	≤ 0.000 005	≥ 99.999 9	≤ 0.0001

Označení HEPA filtr má takový vzduchový filtr, který odstraní minimálně 99,95% částic o velikosti 0,3 µm. To je pro představu 300 x menší částice než je průměr lidského vlasu. HEPA filtr je tak účinný, že z 10 000 částic, které vstoupí do filtru, jich pouze 5 filtrem projde.

Označení ULPA filtr má takový vzduchový filtr, který splňuje účinnost ≥ 99,999 5 (U15), ≥ 99,999 95 (U16) a ≥ 99,999 995 (U17). Současně má nejvyšší třídu náročnosti výroby, kontrolního systému a finálního nasazení.

Konstrukce HEPA a ULPA filtru

Filtrační médium vysoce účinných filtrů pro záchyt mikročástic je ze speciálního papíru z jemných skelných mikrovláken v různých stupních odloučení, resp. penetrace. Filtrační médium je vyskládáno do složence a počtem skladů a výškou skladů optimálně dimenzováno na provozní podmínky (tlakovou ztrátu, průtok vzduchu, účinnost …) (obr. 2a, 2b).

Obr. 2a *Detail filtračního složence se separátory*

Obr. 2b *Detail filtr. skladů složence*

Použitím ultra jemných skelných mikrovláken a přesným skládáním dosahují HEPA a ULPA filtry vysokého výkonu odlučování mikročástic a zaručují kontrolované proudění vzduchu - laminární proudění.
Na separátory HEPA a ULPA filtrů je použita tzv. MINIPLEAT-technika, kdy jsou separátory tvořeny tavným lepidlem upraveným následnou termickou úpravou. Ve speciálních případech je použita též technologie vkládaných hliníkových separátorů.
Provedení rámů pro HEPA a ULPA filtry je vždy specifické podle hygienických požadavků na konkrétní prostředí. Provedení rámu je buď hliník, vícevrstvé dřevo, MDF, nerezový plech nebo pozinkovaný plech.
Důležitou součástí konstrukce HEPA a ULPA filtrů je těsnění, které eliminuje průnik mikročástic okolo filtru. Těsnění je ze speciálního profilu EPDM-mechové pryže s uzavřenými póry, antibakteriální úpravou a dobrou elasticitou, pro speciální případy se používá těsnění gelové. Tvar těsnění se volí v závislosti na druhu uložení filtru v zařízení (ukládací rám, závitové tyče aj.), kde je filtr umístěn. Možnosti těsnění: ploché, půlkruhové, dvoubřité, U-profil a těsnění pro vysoké teploty.

Typy HEPA a ULPA filtrů

Pro filtraci mikročástic naše společnost nabízí typy filtrů, jejichž provedení je účinně schopno zachytávat mikročástice: HEPA filtry z řady MIKRO S (obr. 3) s účinností ≥ 99,95 (H13) a ≥ 99,995 (H14) jsou nasazovány především do nemocnic – operační sály, ve farmaceutickém průmyslu a ve všech prostorech, kde jsou kladeny vysoké nároky na čistotu prostředí. Zvláštnímu režimu kontrol a testů podléhají HEPA filtry dodávané např. do jaderných elektráren, kde jsou nasazeny ve speciálních zařízeních sloužících pro záchyt radioaktivních aerosolových mikročástic. Jedním z vysoce účinných filtrů této řady je např. Ultrafiltr CR (obr. 4) s účinností ≥ 99,95 (H13), ≥ 99,995 (H14) a ≥ 99,999 5 (U15), ≥ 99,999 95 (U16), ≥ 99,999 995 (U17) nebo Ultrafiltr N (obr. 5.) s účinností ≥ 99,95 (H13), ≥ 99,995 (H14) a ≥ 99,999 5 (U15).

Obr. 3 *Typ HEPA - filtr MIKRO S*

Obr. 4 *Typ HEPA, ULPA - Ultrafiltr CR*

Obr. 5 *Typ HEPA, ULPA – Ultrafiltr N*

HEPA A ULPA FILTRY V ČISTÝCH PROSTORECH

„Čistý prostor“ je prostor s definovanou kvalitou vnitřního prostředí vyjádřenou počtem částic pevného aerosolu o daných velikostech částic. Požadavky na jednotlivé „třídy čistoty“ jsou dány v normě ČSN EN 14644-1 Čisté prostory a příslušné řízené prostředí- Část 1: Klasifikace čistoty vzduchu.

Jedním z důležitých kritérií pro dosažení třídy čistoty v prostoru a záchyt mikročástic jsou i dobře navržené filtry s odpovídající třídou filtrace. Klasifikace čistoty vzduchu je definována tzv. třídami čistoty ISO (dle normy ČSN EN 14644-1). Třídy ISO 1 až ISO 8 uvádějí maximální počet částic v jednom metru krychlovém vzduchu, vztaženo k velikosti částic (tab. 2).

***Tab. 2** Klasifikace čistoty vzduchu*

Klasifikační číslo ISO (N)	Maximální limity koncentrace [počet částic/m^3] pro částice s velikostí rovnající se a větší než uvedené velikosti					
	0,1 µm	0,2 µm	0,3 µm	0,5 µm	1 µm	5 µm
ISO třída 1	10	2				
ISO třída 2	100	24	10	4		
ISO třída 3	1 000	237	102	35	8	
ISO třída 4	10 000	2 370	1 020	352	83	
ISO třída 5	100 000	23 700	10 200	3 520	832	29
ISO třída 6	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8 320	293
ISO třída 7				352 000	83 200	2 930
ISO třída 8				3 520 000	832 000	29 300
ISO třída 9				35 200 000	8 320 000	293 000

Čisté prostory najdeme v mnoha výrobních segmentech např. biotechnologii, genetickém inženýrství, při výrobě zdravotnických pomůcek (kardiostimulátory, umělé cévy, injekční stříkačky, implantáty), ve farmacii (sterilní výroby, ochrana některých kritických kroků), v nemocnicích (operační sály, izolace infekčních pacientů), při výrobě potravin a nápojů (výroba piva, nesterilní potraviny a nápoje) atd.

Filtrace mikročástic v čistých prostorech je zpravidla řešena filtry ve třídách filtrace H13 – H14 (HEPA) a U15 – U17 (ULPA), které se nasazují v zařízeních přívodního, cirkulujícího a odvodního vzduchu, u kterých jsou kladeny nejvyšší požadavky na čistotu vzduchu a sterilitu. Bývají součástí vzduchotechnických zařízeních např. přívodních tlakových stropů (obr. 6a, 6b), čistých nástavců (obr. 7a, 7b) nebo speciálních komor a jednotek např. filtrační modul CRM (obr.8) nebo kanálová filtrační jednotka NG (obr.9).

Příklady filtračních zařízení pro aplikaci HEPA a ULPA filtrů

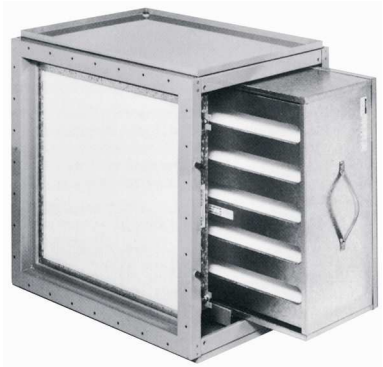
***Obr. 6a** Přívodní tlakový strop s laminarizátorem*

***Obr.6b** Výměna filtrů HEPA v přívodním tlakovém stropu*

Obr. 7a *Čisté nástavce KS*

Obr. 7b *Aplikace Čistých nástavců KS*

Obr. 8 *Filtrační modul CRM*



Obr. 9 *Kanálová filtrační jednotka NG*

MĚŘENÍ ÚČINNOSTI HEPA A ULPA FILTRŮ

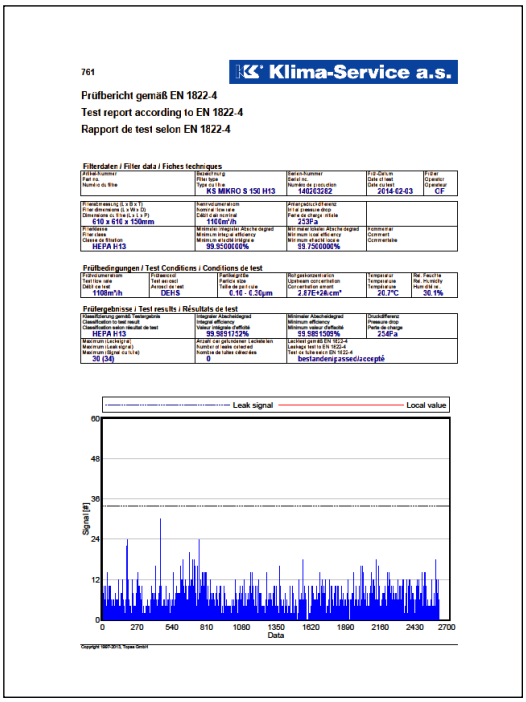
HEPA a ULPA filtr musí splňovat deklarovanou účinnost a bezdefektnost. Prokázání těchto vlastností filtru je ověřeno na skenovacím zařízení a doloženo protokolem s výsledky měření.

Popis scan testu

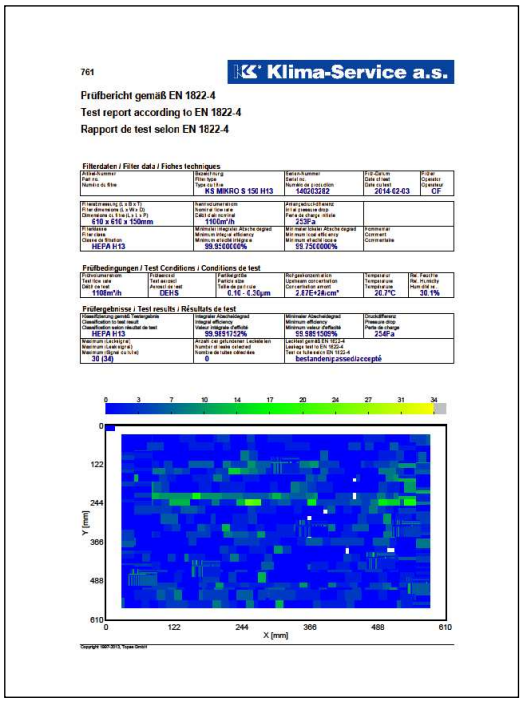
Zkoušený filtr je uchycen v držáku a prochází jím vzduch s testovacím aerosolem. Detekce netěsností a měření účinnosti filtru probíhá automaticky. Skener funguje v přetlaku. Vzduch je nasáván ventilátorem z okolí a je vyčištěn přes HEPA filtr, aby bylo zaručeno co nejpřesnější měření. Takto vyčištěný vzduch je doplněn DEHS aerosolem o požadované koncentraci. Koncentrace aerosolových částic je v proudu vzduchu změřena laserovým počítačem částic. Takto upravený vzduch prochází filtrem a celý filtr je měřen dvěma odběrovými sondami s laserovými počítači částic. Odběrové sondy se pohybují na tří-osém rameni poháněném precisními motory s přesností 0,05mm. Měření samotného filtru probíhá následovně, nejdříve se změří utěsnění filtračního složence v rámu a pak se doměří zbytek plochy filtru.

Pokud systém během měření najde místo s menší účinností, než je povolená mez podle normy ČSN EN 1822, po změření celého filtru se vrací na toto místo potenciálního úniku. Provede měření znovu s nejmenší možnou rychlostí pohybu odběrových sond a to je 5mm/s. Pokud na stejném měřeném místě systém vyhodnotí menší účinnost, proběhne poslední statické měření, kde sondy stojí přímo před potenciálním únikem a měří tuto oblast po dobu 30 sekund. Výsledkem měření je protokol dle normy ČSN EN 1822-4, kde jsou uvedeny všechny údaje

o měření tj.: výrobce filtru, průtočné množství vzduchu, tlaková ztráta filtru, koncentrace aerosolu, naměřené účinnosti, okolní podmínky měření, název filtru, třída filtrace.
Protokol o měření je zpravidla součástí každé dodávky HEPA a ULPA filtrů pro čisté prostory, jen tak je možné deklarovat parametry filtru (obr. 10a, 10b).



Obr. 10a *Typ protokolu scan testu KS*



Obr.10b *Typ protokolu scan testu KS*

ZÁVĚR

Cílem společnosti KS Klima-Service, a.s. je vlastními technologiemi vyrábět a dodávat filtry HEPA a ULPA pro čisté prostory s normovanými hodnotami, požadovanými vlastnostmi a zárukou 100% kvality.
HEPA a ULPA filtry jsou jednoznačně produkty budoucnosti a jejich nasazení bude postupně využíváno stále častěji všude tam, kde jsou kladeny nároky na komfortní čisté prostředí a zároveň tam, kde bude kladen nezbytný důraz na ekonomiku provozu.

LITERATURA

[1] Čerpáno z centra vývoje a výzkumu KS Klima-Service, a.s.
[2] ČSN EN 14644-1 Čisté prostory a příslušné řízené prostředí- Část 1: Klasifikace čistoty vzduchu
ČSN EN 1822-1 - Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA) - Část 1: Klasifikace, ověřování vlastností, označování.
[3] KS Klima-Service, a.s.

TEPELNÁ ČERPADLA VZDUCH/VODA OD MITSUBISHI ELECTRIC

Jiří Hvížďala

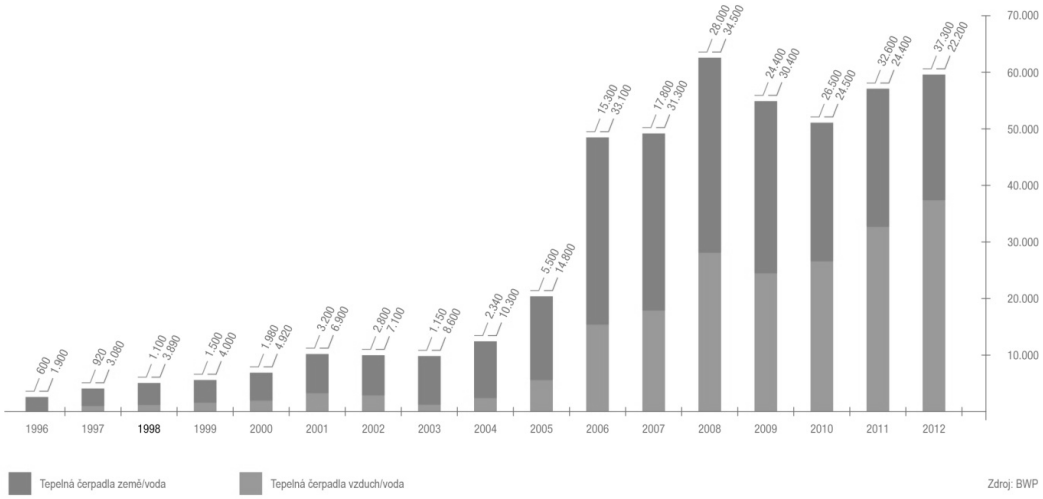
www.zubadan.cz, hvizdala@csmtrade.cz

ANOTACE

Tento krátký příspěvek slouží, jako stručné seznámení se sortimentem tepelných čerpadel typu vzduch/voda od výrobce Mitsubishi Electric pro rok 2014/2015.

ÚVOD

Dnešní doba je charakteristická snižováním nákladů na energii a omezováním negativních vlivů na životní prostředí. Domácnosti přitom spotřebují až 80 % z celkové dodávané energie na vytápění a ohřev teplé vody. Hlavním důvodem pro využívání přírodních zdrojů se stává nejen úspora energií, ale i související snižování zatížení životního prostředí.



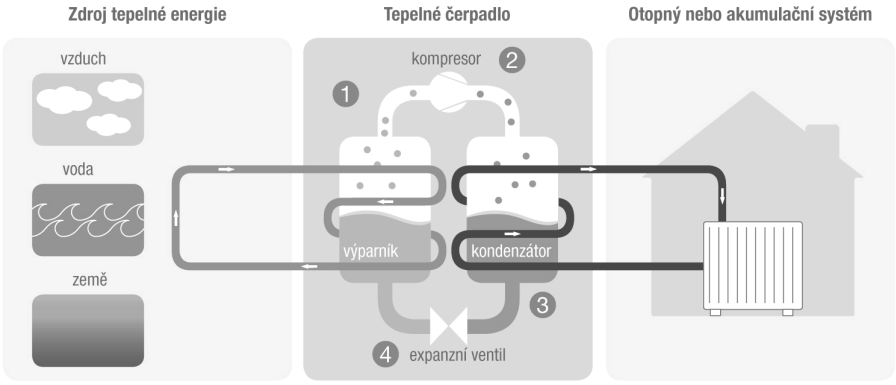
Obr. 1 *Graf vývoje prodeje tepelných čerpadel (dle BWP).*

Tepelná čerpadla typu vzduch/voda získávají na našem trhu čím dál větší význam, zvláště díky své jednoduché a flexibilní instalaci a současně vysoké energetické účinnosti. Tepelná čerpadla tohoto typu mají velmi kompaktní rozměry a lze tak snadno nahradit libovolný stávající zdroj tepla (závislé pouze na vhodnosti otopné soustavy). Tato tepelná čerpadla jsou tak vhodná nejen pro novostavby, ale i pro rekonstrukce stávajících objektů. Jako hlavní zdroj energie využívají všudypřítomný venkovní vzduch.

Výrazný vliv na rostoucí popularitu těchto energetických zařízení mají především neustále se zvyšující ceny energií. Tento trend bude bez ohledu na politické dění či změny v ekonomice nadále pokračovat. Uživatel tepelného čerpadla nemusí nakupovat až dvě třetiny energie určené na vytápění a ohřev teplé vody. Tuto energii lze jednoduše získat z okolí vytápěného objektu. Např. z 2 kW naakumulované sluneční energie (v okolním vzduchu) a 1 kW elektrické energie ze sítě, lze získat 3 kW (i více) tepelné energie - toto nazýváme energetickou účinností resp. COP.

Přednostmi tepelného čerpadla jsou tak bezesporu nízké provozní náklady, ale i bezobslužnost zařízení či ekologická šetrnost. Nejvíce oblíbeným nízkopotenciálním zdrojem tepla se stává

okolní vzduch. Jeho intenzita využití se stále zvyšuje, a to zejména díky příznivým klimatickým podmínkám a s tím související vysoké energetické účinnosti.

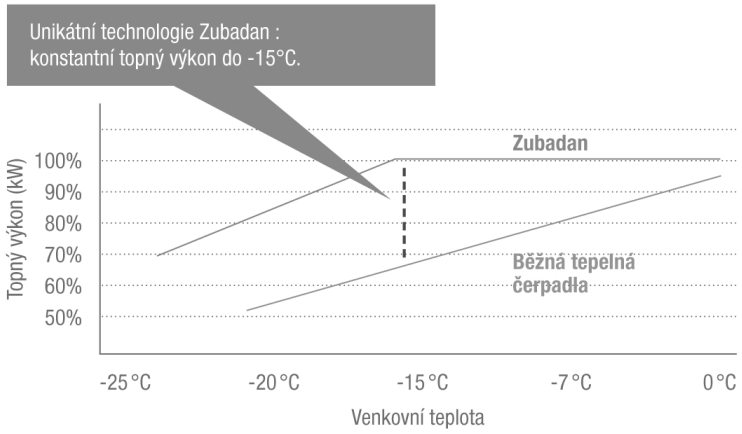


Obr. 2 *Zjednodušené schéma tepelného čerpadla.*

Více než 60 % všech instalovaných tepelných čerpadel pokrývají zařízení získávající energii na vytápění a ohřev teplé vody právě z okolního vzduchu. Tento vývoj bude pravděpodobně i nadále pokračovat a výrazně ještě posilovat v pozdějších letech. V porovnání s dosud běžnými nízkopotenciálními zdroji tepla je instalace výrazně jednodušší. Zařízení lze tak snadno využít nejen u novostaveb, ale i rekonstrukcí starších objektů. Díky velmi snadné instalaci těchto zařízení jsou dále dosaženy relativně nízké investiční náklady. S tím souvisí také ekonomická návratnost těchto zařízení, která činí přibližně 4 až 8 let (dle typu zařízení).

Technologie Zubadan od Mitsubishi Electric

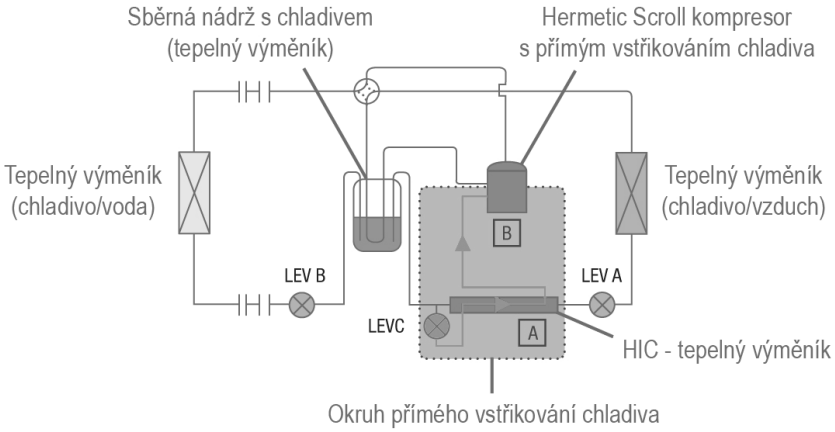
Tepelná čerpadla od výrobce Mitsubishi Electric jsou zvláště výjimečná díky své jedinečné patentované technologii s názvem Zubadan. Díky této inovované technologii jsou tato tepelná čerpadla schopna dosahovat velmi vysoké energetické účinnosti i v zimních měsících. Při velmi nízkých venkovních teplotách je možné tepelná čerpadla Zubadan Inverter stále provozovat jako monovalentní zdroj tepla, bez použití jakéhokoli elektrického dohřevu.



Obr. 3 *Porovnání výkonu tepelných čerpadel.*

Pomocí této patentované technologie přímého vstřikování chladiva pod hlavu kompresoru jsou tepelná čerpadla od Mitsubishi Electric i při nízkých venkovních teplotách až do -15°C stále schopna zachovávat svůj topný výkon na 100 %. Při extrémně nízkých venkovních teplotách dosahujících až -25°C jsou jednotky stále schopny poskytovat až 75 % svého

jmenovitého topného výkonu. Díky tomuto velmi stabilnímu výkonu a vysoké energetické účinnosti těchto zařízení je dosaženo nízkých provozních nákladů i v zimních měsících.

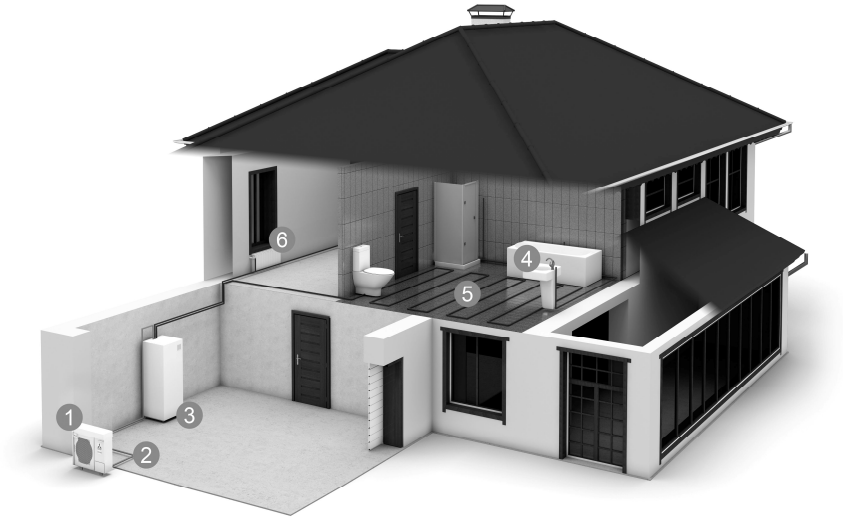


Obr. 4 *Schéma patentované technologie s názvem Zubadan.*

Patentovaná technologie Zubadan má značný vliv i na výstupní teplotu topné vody. Tepelná čerpadla vybavená touto technologií se stávají ideálním k použití nejen na vytápění, ale i na ohřev teplé vody a to zcela bez nutnosti použití jakéhokoliv elektrického dohřevu.

Provedení tepelných čerpadel vzduch/voda

Tepelná čerpadla vzduch/voda se nabízí v tzv. kompaktním, nebo splitovém provedení. U kompaktního provedení tepelných čerpadel je tepelný výměník chladivo/voda (kondenzátor) integrován přímo uvnitř venkovní jednotky. Chladivový okruh je tak pevně uzavřen ve venkovní jednotce a propojení mezi venkovní a vnitřní jednotkou je pomocí vodního vedení. Toto provedení však přináší svá úskalí z hlediska zajištění proti zamrznutí vodního vedení ve venkovním prostředí a proto je určeno zvláště pro oblasti s vyššími průměrnými teplotami (Velká Británie, Francie, Itálie, Španělsko apod.). Velkou výhodou je však rychlá a snadná montáž.



Obr. 5 *Splitové provedení tepelného čerpadla vzduch/voda (1 – splitové provedení venkovní jednotky tepelného čerpadla, 2 – propojení venkovní a vnitřní jednotky pomocí vedení chladiva, 3 – vnitřní jednotka tepelného čerpadla, 4 – rozvod teplé vody, 5 – podlahové vytápění, 6 – otopná tělesa).*

Mnohem výhodnější je tzv. splitové provedení tepelného čerpadla. Tepelný výměník chladivo/voda (kondenzátor) je integrován uvnitř vnitřní jednotky (tzv. uvnitř hydraulického modulu). U splitového provedení tepelného čerpadla je propojení mezi venkovní a vnitřní jednotkou pomocí vedení chladiva, které lze libovolně natáhnout s minimálními ztrátami, až na vzdálenost 75 m (dle typu zařízení). Venkovní jednotku tepelného čerpadla je tak možné velmi snadno umístit kdekoli v okolí vytápěného objektu. Prostřednictvím ekologického chladiva R410 A, které díky svým vlastnostem nezamrzá, není potřeba žádná ochrana proti zamrznutí.

Nabídka tepelných čerpadel od Mitsubishi Electric

Výrobce Mitsubishi Electric nabízí jednu s nejrozsáhlejších nabídek tepelných čerpadel typu vzduch/voda na trhu. Nabídka tepelných čerpadel pokrývá široký rozsah topných výkonů od 4 kW až do 400 kW při podmínkách A2/W35 (podle evropské normy DIN EN 14511). Mitsubishi Electric nabízí řadu tepelných čerpadel vzduch/voda s názvem Power Inverter – New Generation a technologicky zatím nejvyspělejší a nejprodávanější tepelná čerpadla na trhu s názvem Zubadan Inverter – New Generation.

Obr. 6 *Nejprodávanější tepelné čerpadlo vzduch/voda s názvem Zubadan Inverter.*

Nejvyšší řadou tepelných čerpadel od Mitsubishi Electric je řada City-Multi (Heat Pump Boiler). Tepelná čerpadla jsou určena speciálně pro objekty s většími tepelnými ztráty a zvýšenou potřebou teplé vody jako jsou např. bytové domy, komerční a administrativní objekty. Jednotky lze libovolně skládat do kaskád a lze tak nabídnout celkový, instalovaný, jmenovitý topný výkon až 400 kW.

Tepelná čerpadla Power Inverter – New Generation

Nová řada tepelný čerpadel vzduch/voda s názvem Power Inverter – New Generation od výrobce Mitsubishi Electric jsou určena pro bivalentní a monovalentní provoz. Rozsah topných výkonů při podmínkách A2/W35 (A – teplota venkovního vzduchu, W – teplota topné vody) je velmi široký, od 4 kW do 19 kW (podle DIN EN 14511). Tato tepelná čerpadla jsou tak ideálním řešením pro použití v pasivních, nízkoenergetických a menších rodinných domech. Nové venkovní jednotky z řady Power Inverter – New Generation s označením PUHZ-SW nyní nabízejí ještě více energeticky úsporný provoz než doposud. Podle nové směrnice ErP (Energy related Product) tato nová tepelná čerpadla dosahují energetické třídy A+/A++. Topný faktor (COP) dosahuje hodnoty až 4,8 při podmínkách A7/W35 (podle DIN EN 14511).

Obr. 7 *Venkovní jednotka tepelného čerpadla Power Inverter PUHZ-SW40VHA(4 kW).*

Efektivnějšího provozu bylo dosaženo použitím nových typů kompresorů a optimalizací výparníků. S použitím speciálního zásobníku chladiva určeného k podchlazení chladiva a dvou individuálně elektronicky řízených expanzních ventilů, pracují jednotky za každého provozního stavu vždy za optimálních podmínek. Prostřednictvím optimalizovaného, elektronicky řízeného odtávání a ekologického chladiva R410 A, je zabezpečen stálý potřebný výkon. Díky speciálně upraveným lopatkám ventilátorů se snížila maximální hladina akustického tlaku. Spolu s možností dlouhého vedení chladiva a velmi malé hmotnosti navíc je umožněno snadné umístění v okolí vytápěného objektu. Rozsah použití je velmi široký a je garantován od teploty venkovního vzduchu −20 °C do +35 °C s výstupní teplotou vody až 60 °C, bez nutnosti použití jakéhokoli elektrického dohřevu.

Tepelná čerpadla Zubadan Inverter – New Generation

Výrobce Mitsubishi Electric přichází letos opět na trh s novou řadou tepelných čerpadel vzduch/voda s názvem Zubadan Inverter - New Generation. Tato nová generace s označením PUHZ-SHW úspěšně navazuje na jedno z nejprodávanějších tepelných čerpadel vzduch/voda na našem trhu s označením PUHZ-HRP. Výjimečností této nové řady tepelných čerpadel s názvem Zubadan Inverter - New Generation je možnost tzv. monovalentního provozu a to až do venkovní teploty -15 °C. Rozsah topných výkonů při podmínkách A2/W35 (A – teplota venkovního vzduchu, W – teplota topné vody) se nabízí od 8 kW do 23 kW (podle evropské normy DIN EN 14511). Nová generace tepelných čerpadel je tak ideálním řešením nejen pro novostavby, ale i pro rekonstrukce starších zástaveb a větších objektů. Podle ErP (Energy related Product) tepelná čerpadla Zubadan Inverter - New Generation dosahují energetické třídy A+/A++. Topný faktor (COP) dosahuje hodnoty až 4,8 při podmínkách A7/W35 (podle DIN EN14 511).

S použitím speciálního zásobníku chladiva, tepelného výměníku (HIC) a tří individuálně elektronicky řízených expanzních ventilů, pracují jednotky za každého provozního stavu vždy za optimálních podmínek. Optimalizací nového výparníku má za následek vyšší energetickou účinnost právě v zimním období, kdy se venkovní teploty pohybují nejčastěji v rozmezí mezi 7 °C až -2 °C. Optimalizací přímého vstřikování chladiva a konstrukčně vylepšeného kompresoru s novým typem oleje pro dosažení co nejnižších ztrát, zajišťuje mnohem vyšší účinnost a plný komfort zvláště při velmi nízkých teplotách venkovního vzduchu. Nová tepelná čerpadla Zubadan Inverter - New Generation jsou tak nejen schopny zachovávat svůj

topný výkon i při teplotách až do -15 °C, ale dosahují i mnohem vyšší energetické účinnosti. Maximální výstupní teplota topné vody z tepelného čerpadla je 60 °C, bez nutnosti použití jakéhokoli elektrického dohřevu. Při extrémně nízkých teplotách venkovního vzduchu až -25 °C jsou jednotky stále schopny dosahovat až 75 % svého jmenovitého topného výkonu. Jednotky mají velmi nízkou hladinu akustického tlaku a díky možnosti dlouhého vedení chladiva, umožňují snadné umístění a jednoduchou montáž. Rozsah použití s touto novou technologií je garantován od teploty venkovního vzduchu -28 °C až do +35 °C, s výstupní teplotou vody až 60 °C, bez nutnosti použití jakéhokoli elektrického dohřevu.

Obr. 8 *Venkovní jednotka tepelného čerpadla Zubadan Inverter PUHZ-SHW140YHA(14 kW).*

S použitím speciálního zásobníku chladiva, tepelného výměníku (HIC) a tří individuálně elektronicky řízených expanzních ventilů, pracují jednotky za každého provozního stavu vždy za optimálních podmínek. Optimalizací nového výparníku má za následek vyšší energetickou účinnost právě v zimním období, kdy se venkovní teploty pohybují nejčastěji v rozmezí mezi 7 °C až -2 °C. Optimalizací přímého vstřikování chladiva a konstrukčně vylepšeného kompresoru s novým typem oleje pro dosažení co nejnižších ztrát, zajišťuje mnohem vyšší účinnost a plný komfort zvláště při velmi nízkých teplotách venkovního vzduchu. Nová tepelná čerpadla Zubadan Inverter - New Generation jsou tak nejen schopny zachovávat svůj topný výkon i při teplotách až do -15 °C, ale dosahují i mnohem vyšší energetické účinnosti. Maximální výstupní teplota topné vody z tepelného čerpadla je 60 °C, bez nutnosti použití jakéhokoli elektrického dohřevu. Při extrémně nízkých teplotách venkovního vzduchu až -25 °C jsou jednotky stále schopny dosahovat až 75 % svého jmenovitého topného výkonu. Jednotky mají velmi nízkou hladinu akustického tlaku a díky možnosti dlouhého vedení chladiva, umožňují snadné umístění a jednoduchou montáž. Rozsah použití s touto novou technologií je garantován od teploty venkovního vzduchu -28 °C až do +35 °C, s výstupní teplotou vody až 60 °C, bez nutnosti použití jakéhokoli elektrického dohřevu.

Tepelná čerpadla City-Multi (HPB)

Nejvyšší řadou tepelných čerpadel vzduch/voda od Mitsubishi Electric s novou technologií Zubadan je tzv. City-Multi. Z této řady vychází nová tepelná čerpadla s názvem HPB (Heat Pump Boiler), která nesou označení CAHV. Jsou určena speciálně pouze pro vytápění a ohřev teplé vody a nabízí se nyní o výkonu až 54 kW při podmínkách A2/W35 (A – teplota venkovního vzduchu, W – teplota topné vody). Tato nová tepelná čerpadla jsou pouze v tzv.

kompaktním provedení a jsou zvláště určena pro objekty s větší tepelnou ztrátou a zvýšenou potřebou teplé vody.

Obr. 9 *Venkovní jednotky tepelných čerpadel City-Multi (HPB).*

Jedná se tak o ideální náhradu stávajících zdrojů tepla pro objekty jako jsou např. bytové domy, komerční a administrativní objekty. Tepelná čerpadla z této kategorie jsou charakteristické svojí špičkovou energetickou účinností a velmi vysokou provozní spolehlivostí. Tyto jednotky lze řadit libovolně do kaskád a lze tak v jedné kaskádě dosáhnout výkonu až 432 kW. Rozsah použití s touto technologií je garantován od teploty venkovního vzduchu -25 °C až do +35 °C s výstupní teplotou vody až 65 °C, bez nutnosti použití jakéhokoli elektrického dohřevu.

ZÁVĚR

Výhodou těchto systémových řešení jsou bezesporu nízké provozní náklady na vytápění, bezobslužný celoroční provoz či ekologická šetrnost k životnímu prostředí.

LITERATURA

[1] Projekční a technické materiály od výrobce Mitsubishi Electric.

„SYSTÉM USMĚRŇOVÁNÍ PROUDĚNÍ“ ZARUČUJE NÍZKOU HLUČNOST

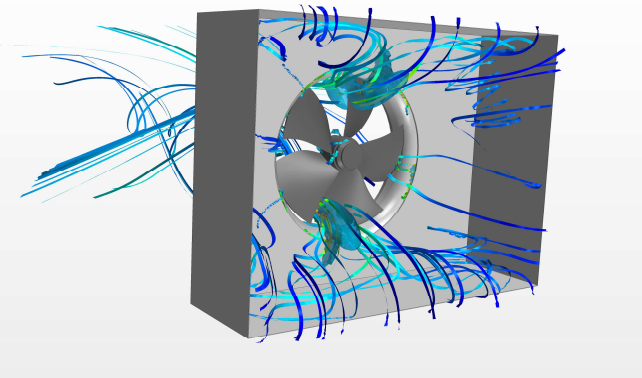
Jens Müller, Michael Strehle

Oddělení vývoje v oblasti aerodynamiky ve společnosti ebm-papst Mulfingen

VSTUPNÍ MŘÍŽKA PRO AXIÁLNÍ A RADIÁLNÍ VENTILÁTORY

Uživatelé si často všimnou, že v chladicích, klimatizačních a ventilačních zařízeních neběží instalované ventilátory tak tiše, jak se očekávalo. Tyto ventilátory během provozu jsou často zdrojem hluku, jehož hladina je značně vyšší, než uvádí produktová dokumentace. Důvod je jednoduchý: hodnoty uvedené v dokumentaci vycházejí z reprodukovatelných měření za standardních (laboratorních) podmínek bez rušivého vlivu okolního prostředí. Ventilátory v běžných aplikacích mají málokdy dostatek prostoru k vytvoření rovnoměrného (laminárního) proudění jak na vstupu, tak na výstupu a tak samotná aplikace se stává zdrojem hlučnosti. Intenzita je různá a je závislá na podmínkách instalace v příslušném zařízení. Řešením je vstupní mřížka se specifickou geometrií, která má v podstatě vyrovnávací účinek, díky němuž dochází ke značnému snížení nežádoucích turbulencí a tak k efektivnímu snížení hladiny vznikajícího hluku.

Tepelná čerpadla a klimatizační zařízení se instalují různými způsoby, mají různé rozměry a různou konstrukci. Rozdíly jsou např. v umístění otvorů pro vstup a výstup vzduchu z a do jednotky, v ploše výměníku tepla a v hustotě komponentů instalovaných v zařízení. Proudící vzduch vstupující do ventilátoru je tedy kromě způsobu instalace ovlivněn dalšími faktory jako např. výměníkem tepla. V důsledku toho je, v závislosti na aplikaci, proud vzduchu vstupující do ventilátoru velmi nerovnoměrný a obsahuje neustálené složky. Stěny pláště obdélníkových výměníků vytvářejí oblasti se zpětným prouděním a tím způsobenými vzduchovými turbulencemi (obr. 1). Toto proudění směřuje k místům s nejmenším prostorem mezi sáním ventilátoru a stěnou pláště. Zde se proudnice z obou stran spojují a způsobují masivní, lokální turbulence. Tím dochází k velkému kolísání tlaku a rychlosti na přední hraně lopatky, což může někdy vést k drastickému zvýšení hladiny hluku, a to zejména v pásmu nízkých frekvencí. Tvoří se širokopásmový a nízkopásmový hluk se zvukovými složkami, který se též označuje jako tónový hluk.



Obr. 1 *Typický vstupní profil proudění s turbulencemi v zákaznické aplikaci*

Tónový hluk je tvořen lopatkami procházejícími oblastmi s turbulencemi (označován také jako BPF – Blade Pass Frequency) a jeho harmonickými složkami. Odpovídající vzorec je

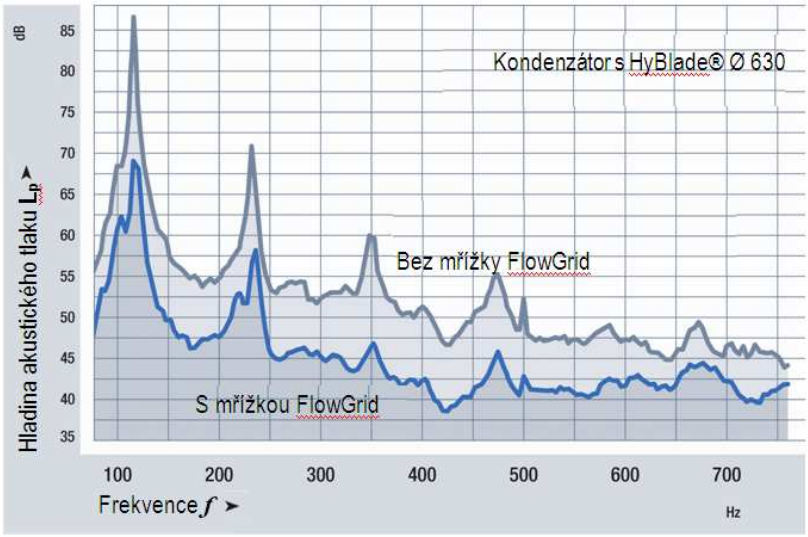
*f=n*z*k*. Frekvence hluku při průchodu lopatkami *f* se vypočítá jako součin otáček ventilátoru *n* a počtu lopatek *z*. Harmonické složky hluku při průchodu lopatkami jsou jejím násobkem a označují se *k*. Proto např. axiální ventilátor s pěti lopatkami s rychlostí 1 200 ot./min. (20 ot./s) vytváří hluk při průchodu lopatkami o frekvenci 100 Hz. Výsledkem je tedy nepříjemný „bzučivý“ zvuk.

Konec „bzučivému“ hluku

Další hluk, který vytvářejí výměníky tepla a klimatizační zařízení, je nejen nežádoucí, ale také netolerovatelný. Je tomu tak zejména v případě obytných prostředí, ačkoli eliminace tohoto hluku je velice nesnadná. Není možné kompenzovat narušení v proudění vzduchu optimalizací ventilátoru. V praxi se jako úspěšná neukázala být ani dodatečná izolace krytu, a to proto, že izolační panely jsou obvykle účinné jen při vyšších frekvencích. Specialisté na ventilátory z ebm-papst Mulfingen proto zvolili odlišný přístup: pokud se ustálí proudění vzduchu na vstupu do ventilátoru, sníží se turbulence a tím také nepříjemné nízkofrekvenční zvuky, které způsobují.

Na základě výše uvedeného vyvinuli inženýři z ebm-papst Mulfingen speciální vstupní mřížku FlowGrid s usměrňujícím účinkem na vstupu do ventilátoru (obr. 2). Tato mřížka zásadně redukuje narušené proudění vstupujícího vzduchu způsobující hluk a účinně funguje jak u axiálních, tak u radiálních ventilátorů. Například v případě kondenzátoru vybaveného axiálním ventilátorem sníží využití FlowGridu hladinu hluku o 3,9 dB(A) a tónový hluk o 16 dB. Pokud jde o nízkoprofilové klimatizační zařízení (průměr 250 mm), snižuje FlowGrid hladinu hluku o 2,5 dB(A) a tónový hluk o 9 dB. Obrázek 3 znázorňuje výsledky měření hluku na příkladu kondenzátoru. Použití vstupní vzduchové mřížky snižuje hladinu akustického tlaku a podstatně snižuje tónový hluk. Proto se značně zmenšuje potřeba použití izolace a ochrany proti hluku. Vstupní vzduchová mřížka je vyrobena ze vstřikovaného plastu a splňuje různé třídy požární ochrany až po UL94-5VA. Rychlé a snadné připevnění mřížky FlowGrid k axiálním a radiálním ventilátorům je realizováno pomocí standardních šroubů. V závislosti na konstrukci konečného zařízení je možné mřížku FlowGrid instalovat i dodatečně, např. během nadcházejících servisních prací. V případě axiálního ventilátoru o velikosti 800 mm vyžaduje vstupní vzduchová mřížka dodatečný instalační prostor 15 cm v axiálním směru, který je obvykle k dispozici u většiny aplikací.

Obr. 2 *Vstupní mřížka radikálně snižuje narušené proudění vstupujícího vzduchu způsobující hluk a účinně funguje jak u axiálních, tak u radiálních ventilátorů. Nemá prakticky žádný vliv na příkon a vzduchovou charakteristiku ventilátoru.*



Obr. 3 *Použití vstupní vzduchové mřížky výrazně snižuje hladinu akustického tlaku a podstatně oslabuje tónový hluk. Obrázek znázorňuje vlastní výsledky měření hluku na kondenzátoru.*

Další možnost akustického vylepšení

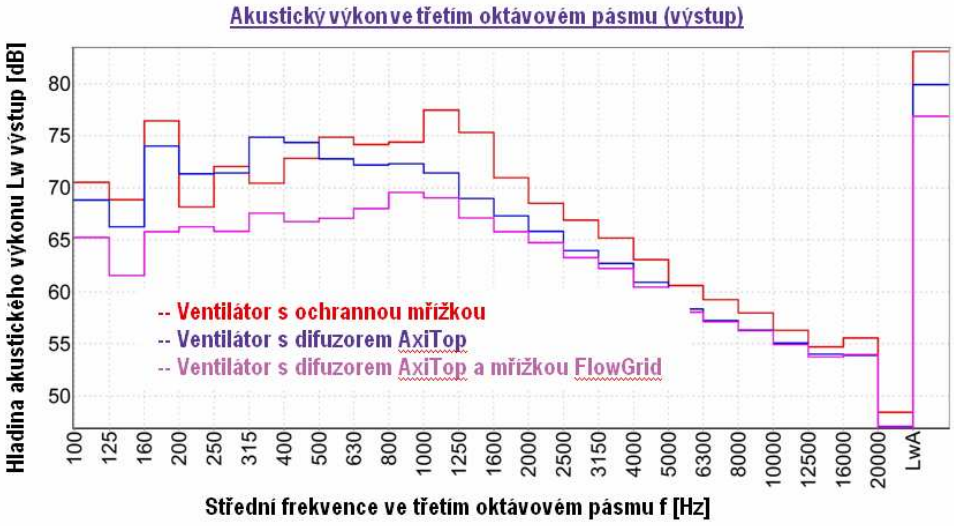
Uživatelé a výrobci jednotek s axiálními ventilátory mohou s ohledem na snížení hlučnosti využít i dalšího pasivního komponentu z dílny ebm-papst. Pokud uživatelé kombinují na ventilátoru vstupní vzduchovou mřížku popsanou výše s difuzorem AxiTop na výtlačné straně, zvýší energetickou účinnost a ještě více sníží emise hluku – a to především ve středním frekvenčním pásmu. Znamená to, že FlowGrid snižuje nízkofrekvenční pásmo, zatímco AxiTop poskytuje další snížení ve středním frekvenčním pásmu. V případě ventilátorů s výstupem do volného prostoru se výstupní ztráty často podceňují z hlediska spotřeby energie. Speciálně navržený vnitřní i vnější difuzor Axitopu tyto ztráty minimalizuje. Funguje spíše jako obrácená tryska a značně snižuje výstupní ztráty díky tomu, že zvyšuje statický tlak. Zvyšuje se účinnost a zároveň se snižuje provozní hluk.

Obr. 4 *Difuzor omezuje vznik hluku ve středním frekvenčním pásmu a lze jej kombinovat se vstupní vzduchovou mřížkou.*

Ideální provozní podmínky pro ventilátory

Akustická zlepšení jsou zajímavá především tehdy, když ventilátory pracují v prostředích, ve kterých je hluk kritickým faktorem. Ideální je, když uživatel má možnost navíc kombinovat vstupní mřížku Flowgrid s výstupním difuzorem Axitop (obr. 4, 5), např. v případě použití testovaného kondenzátoru. V tomto případě vnější vzduch prochází skrz tepelný výměník. Kondenzátor je vybaven axiálním ventilátorem o průměru 800 mm a na tlakové straně má umístěn difuzor. Hladinu hluku lze pomocí vstupní mřížky snížit o další 3 dB(A). Díky společnému použití difuzoru AxiTop a mřížky FlowGrid se hladina hluku sníží o 5,8 dB(A) a tónový hluk o 20 dB – v okolí jednotky je tato změna znát. Stejně jako vstupní mřížka, i difuzor je vyroben z lehkého a odolného plastu a snadno se montuje na většinu aplikací. Jelikož je pouze 250 mm vysoký, není obvykle nutné změnit konstrukci aplikace, a to ani v případě její modernizace.

Díky použití pasivních komponentů – difuzoru a vstupní vzduchové mřížky – specialisté z firmy ebm-papst Mulfingen opět uspěli v pokračujícím vývoji technologií pro ventilátory a ve stanovování nových standardů. Optimalizace vstupního a výstupního proudu vzduchu nabízí ideální provozní podmínky pro ventilátory a umožňuje co nejtišší a energeticky efektivní provoz.



Obr. 5 *Společné použití difuzoru AxiTop a mřížky FlowGrid vedlo u testovaného kondenzátoru ke snížení emisí hluku o 5,8 dB(A), a to především ve středním frekvenčním pásmu.*

REKUPERAČNÍ JEDNOTKY TOPVEX - NOVÁ GENERACE

Karel Soukup

Systemair a.s.
karel.soukup@systemair.cz, www.systemar.cz

ÚVOD

Kompaktní vzduchotechnické rekuperační jednotky Topvex již řadu let nacházejí v České republice uplatnění při větrání komerčních i nekomerčních objektů. Švédská společnost Systemair jako prvních otevřela cestu jednotkám kompaktního typu na český trh. Hlavní devizou kompaktních jednotek je minimum úkonů pro jejich rychlou, úspěšnou a levnou instalaci s následným uvedením do provozu.

HISTORIE

Firma Systemair disponovala již od roku 2000 sortimentem kompaktních VZT jednotek s vestavěným regulačním systémem a od roku 2003 se do něj včlenila i řada Topvex. Popularita jednotek Topvex vedla k jejich dalšímu vývoji a rychlému rozšíření původních čtyř variant na dvanáct. Výraznou inovací té doby byla integrace EC technologie jako standardu pro pohon ventilátorů. Vývoj pokračoval a v současné době Systemair disponuje již 133 variantami jednotek Topvex.

INOVATIVNÍ TECHNOLOGIE

Jednotky Topvex mají od začátku svého vývoje pět základních rysů, které jsou zároveň jejich stavebními kameny.

Obr. 1 *Topvex SR09*

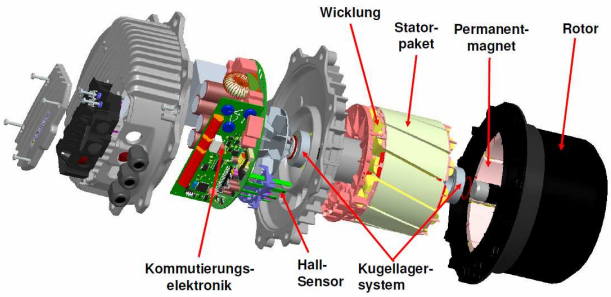
Plášť

Vzduchotechnické jednotky řady Topvex jsou vyrobeny z dvouplášťového 0,8mm silného materiálu Alu-Zinc AZ 185 s odolností třídy C4 proti korozi (EN ISO 12944.2). Dvojitý plášť je vyplněn izolací z minerální vlny tloušťky 50mm (50kg/m3 - odolnost proti ohni třídy A1 dle DIN 4102). Mechanické vlastnosti pláště jsou deklarovány dle normy EN 1886 takto: Pevnost skříně - D2; Netěsnost skříně působením negativního tlaku 400Pa - L3; Netěsnost skříně působením pozitivního tlaku 700Pa - L3; Netěsnost filtru - F9; Součinitel prostupu tepla přes plášť - T2; Faktor tepelných mostů - TB4; Akustická izolace pláště: Pásmo/útlum 125Hz/10dB, 250Hz/21dB, 500Hz/26dB, 1000Hz/27dB, 2000Hz/28dB, 4000Hz/29dB, 8000Hz/30dB. Všechny tyto vlastnosti konstrukce pláště jsou pevným základem jednotek

Topvex a také zárukou kvality. Zejména tepelně-akustické vlastnosti jsou na velmi vysoké úrovni.

Ventilátory a EC-motory

Druhým základním rysem jednotek Topvex jsou radiální ventilátory s volnými oběžnými koly a elektronicky komutovanými EC-motory. Oběžná kola jsou standardně dynamicky vyvážena ve dvou rovinách s třídou kvality Q 6,3 dle VDI 2060. EC-ventilátory byly od začátku jednoznačnou volbou z důvodu vysoké účinnosti a dramaticky nižší spotřebě elektrické energie než klasické ventilátory s asynchronními motory. Při tomto porovnání je rozdíl ve spotřebě elektrické energie až 30%. Díky této technologii jsou Topvex jednotky schopné z bez problémů dosáhnout velmi nízkých hodnot SFP faktoru na úrovni SFP 2 - SFP 3 doporučovaných normou ČSN EN 13779.



Obr. 2 *Elektronicky komutovaný elektromotor*

Rekuperační výměníky tepla a teplotní úprava vzduchu po rekuperaci

Třetím rysem jednotek Topvex je účinnost a typ rekuperačních výměníků tepla. K dispozici jsou všechny tři typy rekuperátorů tedy deskový křížový, deskový protiproudy a rotační regenerační. Pro dosažení vysoké účinnosti rekuperace jsou všechny rekuperátory navrženy na co nejnižší vnitřní rychlost proudění vzduchu v doporučované pracovní oblasti. Nízká tlaková ztráta výměníků je druhým základním parametrem těchto výměníků, což vede i k nízkým vnitřním tlakovým ztrátám jednotky. Rekuperátory tím významně přispívají k udržení faktoru SFP na minimální úrovni. Nejvíce používaným typem je rotační regenerační rekuperátor, který má tu výhodu, že částečně vrací odváděnou vlhkost a tím zvlhčuje suchý venkovní vzduch zejména v zimním období. Další výhodou rotačních regeneračních na rozdíl od deskových typů výměníků je absence nutnosti napojení odvodu kondenzátu. Rekuperátory jsou schopné dosáhnout účinností v rozsahu η_{max} = 60-92% dle typu. Hodnota účinnosti 92% patří deskovému protiproudému, hodnota 85% rotačnímu regeneračnímu a hodnota 60% deskovému křížovému rekuperátoru. Výkon všech typů rekuperátorů je regulačním systémem Corrigo plynule řízený signálem 0-10V DC.

Pro dosažení požadované teploty vzduchu po rekuperaci jsou jednotky Topvex vybaveny buď plynule řízeným elektrickým ohřívačem, dvouřadým vodním ohřívačem určeným pro vyšší teplotní spády nebo třířadým vodním ohřívače určeným pro nižší teplotní spády. Případný chladič, ať už vodní nebo přímý, je k dispozici jako příslušenství a musí být instalován do potrubní trasy.

Filtrace

Standardní třídou filtrace je kombinace filtrů F7 a M5 pro přívod a odvod. Filtrace třídy F7 zajišťuje střední stupeň účinnosti pro prachové částice 0,4 μm v rozsahu 80-90% a třída filtrace M5 v rozsahu 40-60%. Filtry jsou uloženy v pevném samosvorném kolejnicovém mechanismu s těsněním. Používány jsou filtry v souladu s normou ČSN EN 779/2012. Kvalitní filtrace vzduchu je čtvrtým základním rysem jednotek Topvex.

Systém měření a regulace Corrigo

Pátým stavebním kamenem respektive pátým základním rysem je řídicí systém Corrigo. Právě řídicí systém je hlavním inovačním prvkem nové generace jednotek Topvex. Nová verze Corrigo 3.3 přinesla zejména plnou integraci komunikačního protokolu BACnet/IP, který doplnil protokol Modbus jako standardní komunikační jazyk. Díky integraci TCP/IP protokolu je možným komunikačním nástrojem i vestavěný WEB-server a případně i CLOUDigo. CLOUDigo je možnost centralizovat vzdálenou správu libovolného počtu jednotek Topvex na jediném serveru „cloudového“ typu. V oblasti vzdálené komunikace tak zůstal příslušenstvím pouze protokol LON. Inovací prošel také ovládací panel SCP, který je nyní možné připojit až 100m kabelem. Dřívějším limitem byla vzdálenost pouze 10m. Druhou možností jak lokálně uživatelsky ovládat jednotku je dotykový panel S-ED-TOUCH.

Obr. 3 *Corrigo 3.3*

Samotná výbava softwaru regulace Corrigo byl rozšířena například v oblasti řízení teploty o další dvě možnosti kromě stávajících šesti. Regulace na konstantní teplotu přívodu, dle teploty odvodu, dle prostorové teploty, na konstantní teplotu přívodu s kompenzací dle venkovní teploty, na konstantní teplotu přívodu s přepnutím dle teploty odvodu v závislosti na venkovní teplotě, na konstantní teplotu přívodu s přepnutím dle teploty prostoru v závislosti na venkovní teplotě byla rozšířena o regulaci dle teploty odvodu s kompenzací dle venkovní teploty a regulaci dle prostorové teploty s kompenzací dle venkovní teploty. Nově přibyla i možnost řídit směšovací klapky signálem 0-10V DC.

Ostatní možnosti regulační systému zůstávají bez změn.

- Řízení otáček ventilátorů
  - na konstantní průtok vzduchu (CAV)
  - na variabilní průtok vzduchu / konstantní tlak (VAV)
  - přímo externím signálem 0-10V, na konstantní otáčky (%)
  - dle VAV řízeného přívodní ventilátoru s paralelním chodem odvodního ventilátoru dle analogového výstupu přívodu
  - dle VAV řízeného přívodní ventilátoru s paralelním chodem odvodního ventilátoru dle průtoku vzduchu přívodu
  - automatická kompenzace průtoku dle venkovní teploty
- Týdenní programovací modul
  - 5 různých časových pásem pro každý den v týdnu
  - automatický přechod ze zimního na letní čas
  - samostatné nastavení časového provozu pro dovolenou a statní svátky;
- Řízení ohřevu
  - plynulý signál 0-10V DC
  - dvoustupňová protimrazová ochrana
  - vodní ohřev
  - elektro ohřev

    - vodní ohřev v kombinaci s elektro ohřevem
- Řízení chlazení
    - plynulé 0-10V DC
    - sekvenční/binární (max. 4 okruhy)
    - vodní nebo přímé
- Vyhodnocování aktuální účinnosti rekuperace
- Funkce rekuperace chladu
- Volné noční chlazení (free cooling)
- EPS požární signalizace
- Možnost napojení požárních klapek
- Připojitelné senzory kvality vzduchu (CO2, VOC)
- Ovládání zónového ohřevu/chlazení
- Funkce recirkulace vzduchu
- Odmrazování rekuperátoru s funkcí předcházení zamrznutí
- Možnost aktivace řízení výkonu dle entalpie venkovního vzduchu a v prostoru
- Informační alarmová hlášení tříd A, B a C

CERTIFIKÁTY

Kompletní řada jednotek Topvex je držitelem certifikace EUROVENT pod číslem 12.01.001. Certifikát garantuje, ať už projektantům nebo investorům, validitu elektronicky generovaných tepelně technických parametrů jednotek Topvex. Ve své podstatě potvrzuje, že parametry generované návrhovým programem pro účely projektu jsou stejné, jako parametry jednotky následně osazené do větraného objektu. V současné době se pracuje i na získání hygienického certifikátu dle VDI 6022.

Obr. 4 *Eurovent*

ZÁVĚR

Díky rychlé instalaci, jednoduchému ovládání, minimu obsazeného prostoru a příznivému vlivu na úspory energií si jednotky Topvex vybudovali pevné místo v oblasti větrání a klimatizace.

NÁSTROJE A MOŽNOSTI HODNOCENÍ ENERGETICKÉ EFEKTIVNOSTI HVAC TECHNOLOGIE - PŘÍPADOVÁ ANALÝZA FANCOILŮ A CHLADÍCÍCH TRÁMŮ

Artem Zhukov

Remak a.s., Zuberská 2604, 756 61 Rožnov pod Radhoštěm
zhukov@remak.cz

ANOTACE

V tomto článku je uveden příklad použití energetické simulace při analýze systému chlazení pomocí fancoilů a chladicích trámů. Pro docílení adekvátního srovnání byla provedena statistická analýza vzduchotechnického trhu, aby bylo možné určit průměrnou účinnost srovnávaných komponentů. Do úvahy byla brána optimalizace strategie řízení prvků zařízení pro zlepšení jejich energetických ukazatelů.

ÚVOD

Otázka energetické analýzy se stává rok od roku stále více aktuální. Tím vzniká potřeba vyhledávat způsoby, umožňující efektivně, rychle a adekvátně vyhodnocovat různé vzduchotechnické koncepce s ohledem na jejich energetickou účinnost.

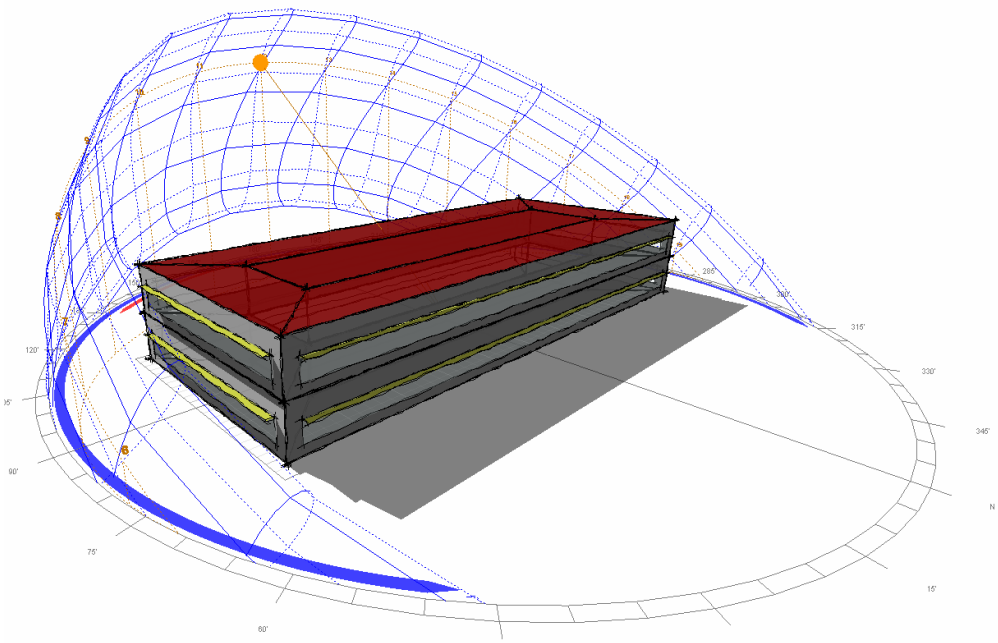
Jednou z aktuálních otázek vzduchotechnického trhu je srovnání fancoilů s EC a AC motory a aktivních chladicích trámů pro prostory kanceláří. Jako fancoil s EC motorem byl použit fancoil, jehož výrobcem je společnost REMAK a.s. s označením fCube! s jedinečným paralelním rozmístěním výměníků a SFP 0.15. Uvedený fancoil bude na trhu představen v roce 2014 (v současné době se fCube! nachází ve stadiu testování). Na tomto příkladu je možné ukázat, nakolik může být energetická analýza užitečná jak pro projektování klimatizačních sestav, tak pro vytváření nových produktů.

UVEDENÍ PARAMETRŮ JEDNOTLIVÝCH SYSTÉMŮ PRO ADEKVÁTNÍ SROVNÁNÍ

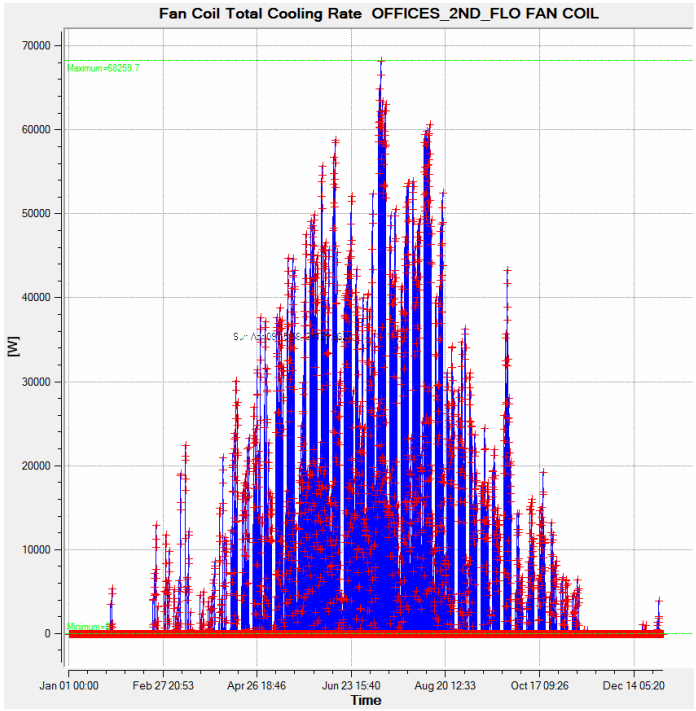
Naším cílem bylo provést univerzální srovnání systémů, což a priori velmi komplikuje zadání. Bylo nezbytné stanovit charakteristiky nějakého průměrně statistického zařízení, průměrné statistické budovy a mnoho dalších parametrů energetického modelu. Výsledek byl komplexní a zahrnuje použití statistické analýzy systémů a budov. Analýza byla provedena pomocí standardních nástrojů MS Excel. Pro určení průměrných statistických technických zařízení systémů byly použity údaje převzeté s internetových stránek Eurovent.

Bylo stanoveno, že srovnávat se mají právě fancoily a chladicí trámy. Tato otázka je úzce spojena s tím, že tyto prvky jsou pouze částí klimatizačního zařízení, a mají rozdílné energetické ukazatele při použití v různých podmínkách. Uvedené srovnání nerozebírá energetickou ekvivalentní analýzu, ale analýzu nejvíce rozšířeného způsobu použití daného typu zařízení. Např. parametry chladicího média u fancoilů jsou odlišné od chladicího média, které napájí chladicí trámy atd. Na základě toho jsme se pokusili zohlednit silné stránky obou srovnávaných zařízení. Výhodou fancoilů je například možnost jejich použití se systémem proměnného průtoku vzduchu (VAV), proto jsme analýzu rozdělili na dvě kategorie: první kategorii tvoří fancoily a chladicí trámy s doprovodným systémem zásobování čerstvým vzduchem se stálým průtokem. Druhou kategorii tvoří totéž se systémem proměnného průtoku vzduchu. Abychom dosáhli rovnosti v kategorii VAV s chladicími trámy, systém přívodu čerstvého vzduchu moduloval jeho množství prostřednictvím sekce ekonomizéru.

Byla provedena optimalizace strategie řízení prvků fCube!, což umožnilo snížit provozní náklady fancoilu 8,15×. Optimalizací prošel algoritmus řízení regulačních ventilů a ventilátoru. Uvedený algoritmus zohledňuje efektivnost výkonu 1 kW fancoilu v závislosti na rozdělení zátěže mezi stranou vzduchu a vody (krajní podmínky – konstantní průtok vzduchu, proměnný průtok vody, proměnný průtok vzduchu, konstantní průtok vody)



Obr. 1 *Vnější pohled na analyzovanou budovu*



Obr. 2 *Roční chladicí výkon fancoilu*

Výsledky modelu podléhaly validaci. Pro tento účel byly srovnávány výsledky simulace se spotřebou energie energeticky podobných reálných budov. Byla použita databáze 744 987 obchodních budov, z nichž 49 odpovídalo v termodynamickém, funkčním a mechanickém aspektu validovaným příkladům.

VÝSLEDKY

Fancoil fCube! s EC motorem spotřebuje 2× méně elektrické energie než standardní fancoil s AC motorem. V obou kategoriích systémů se zásobováním čerstvého vzduchu spotřebuje systém s fancoily fCube! o 24–29 % méně energie, než systém s fancoilem se standartním AC motorem. Ve srovnání s chladicími trámy systém s fCube! spotřebuje o 46 % více elektrické energie při stálém průtoku čerstvého vzduchu. U proměnného systému zásobování čerstvým vzduchem VAV se uvedená hodnota snižuje na 6 % a prakticky vyrovnává energetické ukazatele fCube! a chladicích trámů. Při optimalizované strategii regulace fancoilů fCube! (dále v textu jako fCube! OS) se systém stává daleko efektivnějším. Při srovnání s chladicími trámy systém s fCube! OS spotřebuje o 30 % méně elektrické energie než chladicí trámy a o 35 % méně než fCube! se standardním řídicím systémem.

Z hlediska certifikace budov v systémech LEED a BREEAM, představuje uplatnění systémů VAV s fancoily fCube! v projektech následující výhody:

BREEAM – minimálně 2–3 body v Ene 01 Energy efficiency, LEED – minimálně 3–5 bodů v LEED BD+C: New Construction | v4, Optimize energy performance.

ZÁVĚR

Každá analýza má své aplikační omezení, proto důrazně doporučujeme pro každý konkrétní případ provést energetickou analýzu různých variant. Není přece možné říci s jistotou, který ze systémů bude účinnější, protože každý objekt má svá jedinečná specifika, jakými jsou klima, poplatky, architektura, návštěvní hodiny, cena zařízení a mnohé další. Nevěřte proto reklamním heslům společností prodávajících zařízení nebo slovům „tento systém je lepší“ autorizovaných specialistů, ale prověřujte navrhovaná řešení samostatně prostřednictvím energetické hodinové analýzy. Brzy Vám s tím budeme moci pomoci.

Detailnější informace s přehledem všech výchozích dat, grafů, tabulek a souborů energetických modelů je možno nalézt zde:
https://www.youtube.com/watch?v=4ZPrhzDsmDs

LITERATURA

[1] http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/
[2] http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/energyplus_testing.cfm
[3] http://energy-models.com/what-is-energy-modeling-building-simulation
[4] http://www.energy.gov

OPLÁŠTĚNÍ VZDUCHOTECHNICKÝCH JEDNOTEK

Petr Žemlička

VTS Czech Republic s. r. o.
petr.zemlicka@vtsgroup.com

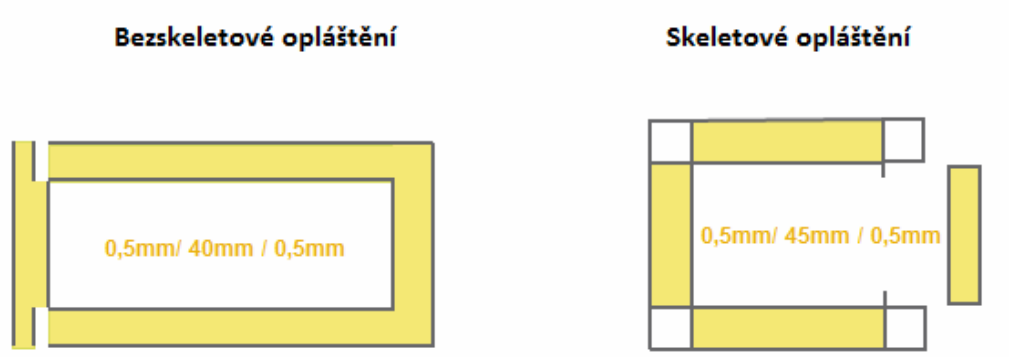
ANOTACE
Inovativní opláštění vzduchotechnických jednotek.

ÚVOD
V době, kdy účinnost zpětného získávání tepla dosahuje i 90% a vzduchotechnické jednotky jsou vybaveny vysoce účinnými elektromotory je nutné hledat energetické úspory i v takových komponentech jako je opláštění vzduchotechnické jednotky.

ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ TYPŮ OPLÁŠTĚNÍ
Typy opláštění vzduchotechnické jednotky lze dělit dle materiálu pláště a dle konstrukce pláště:

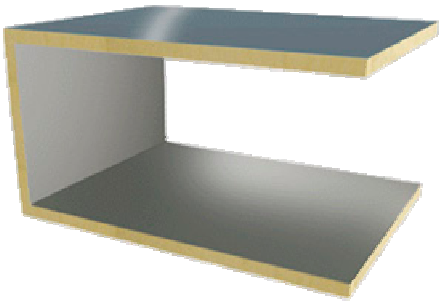
- Rozdělení podle konstrukce opláštění
  - Skeletové opláštění
  - Bezskeletové opláštění

- Rozdělení podle materiálu opláštění
  - Skelná vata
  - Polyuretanová pěna



Obr. 1 *Typy opláštění*

KONCEPCE BEZSKELETOVÉHO OPLÁŠTĚNÍ
U bezskeletové konstrukce opláštění je jednotka sestavena ze sendvičových panelů, které tvoří celistvý obal vnitřních prvků jednotky. Případné vyztužující rámy jsou instalovány uvnitř jednotky. Nespornou výhodou bezskeletového opláštění je minimalizace tepelných mostů a míst, kde může docházet k netěsnostem.

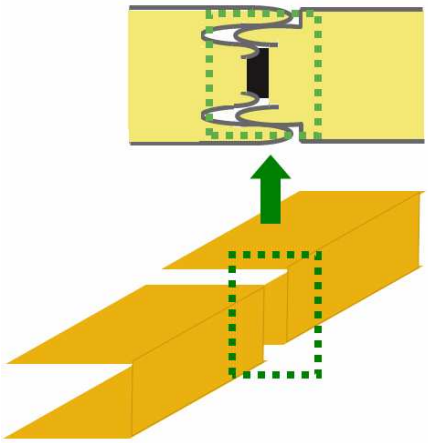


Obr. 2 *Bezskeletové opláštění*

Z důvodu manipulace s jednotlivými díly opláštění v průběhu montáže či transportu do strojovny (v případě montáže přímo na objektu) je nutné zabezpečit přiměřené rozměry jednotlivých dílů pláště. Na obrázku číslo 2 je znázorněna výroba opláštění v jednotlivých fázích. Fáze 1 – do panelu jsou vyříznuty V-drážky. Tato fáze probíhá v místě výroby sendvičových panelů. Fáze 2 a 3 – sestavení opláštění do požadovaného tvaru. Tyto dvě fáze probíhají v místě sestavení jednotky do sekcí či funkčního celku (montážní hala, strojovna VZT).

Obr. 3 *Sestavení nepřerušeného opláštění se sendvičového panelu*

Pro minimalizaci tepelných mostů a zajištění maximální těsnosti opláštění je použit labyrintový zámek pro spoj jednotlivých panelů opláštění. Celková potřebná délka opláštění je potom dána zvolenou kombinací panelů různých délek. Tento labyrintový zámek je používán i pro spojení jednotlivých sekcí jednotky dodaných z montážní haly.



Obr. 4 *Spoj jednotlivých panelů opláštění*

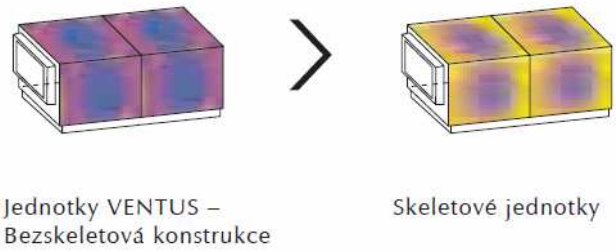
Mechanické vlastnosti opláštění VZT jednotek uvádí EN 1886. Níže uvádím příklad pro opláštění výše popsané konstrukce ze sendvičového panelu tloušťky 42mm s ocelovým plechem 0,5 mm.

Tab. 1 *Třídy opláštění jednotek*

prac. teplota: -40 ÷ +90°C	
součinitel prostupu tepla pro opláštění	
K= 0,7 W/m²K	**TŘÍDA** T2 podle EN 1886:2007
součinitel vlivu tepelných můstků:	
K_b = 0,62	**TŘÍDA** TB2 podle EN 1886:2007
mechanická odolnost opláštění:	
-2500 Pa ÷ 2500 Pa < 2mm	**TŘÍDA** D1 podle EN 1886:2007
těsnost opláštění:	
-400 Pa - 0,05 l/sm²	**TŘÍDA** L1 podle EN 1886:2007
+700 Pa - 0,11 l/sm²	**TŘÍDA** L1 podle EN 1886:2007

POROVNÁNÍ VLASTNOSTÍ OPLÁŠTĚNÍ

Obecně platí, že bezskeletové opláštění vykazuje lepší parametry než klasické skeletové opláštění.



Obr. 5 *Snímek obou typů opláštění pořízený termokamerou*

Ze snímků na obrázku číslo 4 je zřetelné, že bezskeletové opláštění má výrazně lepší tepelně technické vlastnosti než opláštění skeletové. Toho je dosaženo celkovou eliminací tepelných mostů. Nižší tepelný odpor je v místě labyrintových zámků, což je dáno konstrukcí spoje

panelu. I tak však toto místo díky důmyslnému oddělení vnitřní a vnější strany opláštění vykazuje lepší vlastnosti než spoje sekcí skeletové konstrukce.

Bezskeletové opláštění vykazuje vyšší těsnost než opláštění skeletové díky kratší délce spojů.

Dalším důležitým parametrem je stabilita opláštění. Z konstrukčních důvodů je skelná vata pro bezskeletové opláštění nevhodným materiálem, neboť toto řešení většinou není schopno dosáhnout potřebných parametrů stability. Navíc při nesprávné montáži, nebo pozdějším poškození opláštění, například při transportu, vnikající vlhkost výrazně zhoršuje jeho tepelně izolační vlastnosti.

ZÁVĚR

V dnešní době, kdy je u budov kladen vysoký důraz na energetickou náročnost, je již ve fázi projektu nutno pečlivě zvolit všechny parametry vzduchotechnické jednotky. Parametry opláštění by měly být specifikovány pomocí tříd dle EN 1886. Tímto lze zajistit snadnou porovnatelnost parametrů jednotlivých výrobků. Zároveň by vzduchotechnická jednotka měla být certifikována – například mezinárodní organizací EUROVENT - jako celek. Velmi časté je přebírání certifikátů výrobců jednotlivých komponentů.

Obecně lze říci, že u obou typů opláštění lze dosáhnout stejných tříd opláštění. Vzduchotechnická jednotka se skeletovou konstrukcí opláštění však bude mít celkově vyšší váhu. Tím tedy bude více zatěžovat konstrukci budovy.

LITERATURA

[1] Marketingové a interní školící materiály VTS Group