inženýrská komora 2006

ČKAIT

technologická zařízení staveb

VZDUCHOTECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ A SYSTÉMY NÍZKOENERGETICKÝCH STAVEB

Ing. Petr MORÁVEK, CSc.,
Atrea, s.r.o., Jablonec n. N.

1. ÚVOD

Současná populace vyspělých zemí stráví až 90 % svého života v uzavřených prostorách budov, podle prováděných průzkumů často však v nevyhovujících mikroklimatických podmínkách. Mezi hlavní příčiny diskomfortu patří: chybný koncepční návrh budov; nevhodná či nevyhovující technická zařízení; nefunkční provozní a řídicí systémy; chybná obsluha a v neposlední řadě i snaha investorů o úspory nákladů investičních i provozních na úkor uživatelů těchto budov. Řadou průzkumů je nezvratně prokázáno, že tyto nevhodné mikroklimatické parametry staveb významně ovlivňují zdraví i psychickou pohodu uživatelů, a proto se rozbor těchto faktorů v současnosti dostává do popředí zájmu hygieniků a investorů.

2. MIKROKLIMA BUDOV

2.1 Tepelně vlhkostní mikroklima

Patří k nejdůležitějším složkám pro zajištění vnitřního prostředí z hlediska zdraví a spokojenosti lidí, ale i ve vztahu k životnosti stavebních materiálů, budov, výrobních technologií atp. Teplota a vlhkost vzduchu se v budovách úzce vzájemně ovlivňují a podmiňují. Zatímco se zajištěním optimálních teplot v budovách většinou nebývají obtíže díky současným kvalitním regulacím pružných otopných soustav a zateplování obvodových stěn budov, často bývá problematické dosáhnout vyhovující relativní vlhkosti, neboť je zde řada hledisek vzájemně si odporujících. Hygienicky doporučované vyšší relativní vlhkosti vzduchu v rozsahu 50 až 60 %, zabraňující vysychání sliznic, totiž pravidelně vedou ke vzniku plísní (např. rodu Alternaria Aspergillus), hlavně v chladných a nevětraných rozích místností, nadpražích a ostěních s nebezpečnými zárodky patogenních spór. Důsledkem pak je zvýšená nemocnost obyvatel, časté nevolnosti, alergie, záněty průdušek aj.

V současnosti nabývá tento fenomén nebývalých rozměrů při nezodpovědném utěsňování okenních spar v celém rozsahu bez alternativní náhrady, kdy přirozená výměna vzduchu v bytech často trvale klesá až pod 0,05 (h^{-1}), a k výskytu plísní dochází pravidelně již od ustálených relativních vlhkostí nad 50 – 55 % (hlavně u nedostatečně zateplených staveb, v místech tepelných mostů atd). V minulosti, při lokálním vytápění každé místnosti a odvodu spalin do komínů, fungovala výměna vzduchu přisáváním spárami oken bez problémů a plísně byly (až na výjimky) neznámým pojmem, a lidská populace byla nesporně zdravější. Pro průměrný byt dosahuje celková produkce vodní páry 10 až 15 kg/den, kdy pouze nárazová množství vlhkosti jsou pohlcena sorpcí omítek, a postupně odvětrána s větším či menším efektem při absenci jiných větracích systémů pouze spárovou infiltrací oken. V řadě vyspělých zemí se proto předepisuje řízené větrání bytů s rekuperací tepla, s intenzitou výměny n = 0,3 až 0,5 (h^{-1}) pro dosažení optimální relativní vlhkosti rh_{opt} = 35 – 70% v závislosti na ročním období.

2.2 Mikrobiální mikroklima

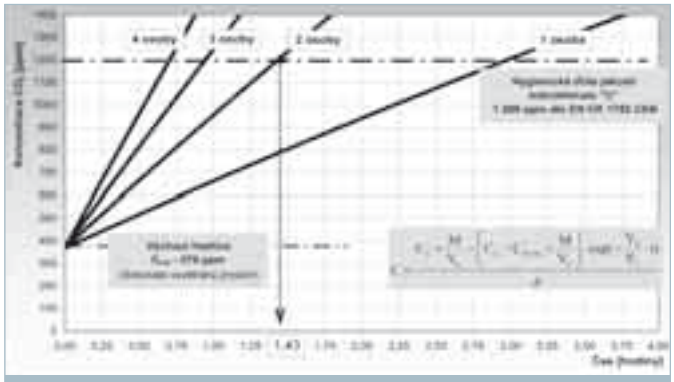
Je vytvářeno mikroorganismy bakterií, virů, plísní a spór, pylů, které se vyskytují v interiéru budov, s přímými účinky na člověka. Vážným problémem se dnes stávají alergické syndromy, způsobené spórami různých druhů, plísněmi a pylovými částicemi. Hlavními nositeli mikroorganismů jsou kapalné a pevné aerosoly. Zvlášť nebezpečné jsou pak bakterie tyčinkové – legionelly, vázané na kapalné aerosoly, způsobující až smrtelná zánětová onemocnění plic.

2.3 Ionizační mikroklima

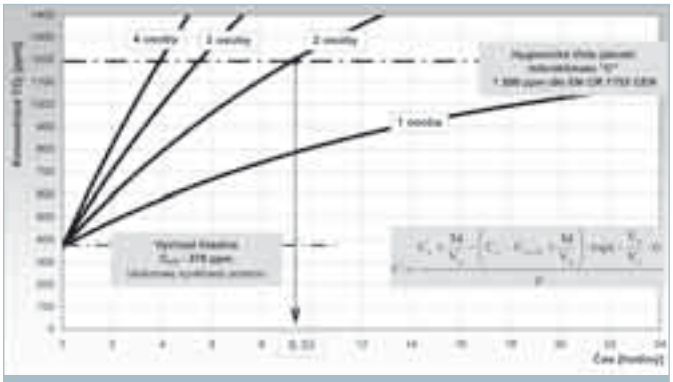
Je charakterizováno toky ionizujícího záření z přírodních radionuklidů, případně umělých zdrojů. V běžných podmínkách bytových a občanských staveb se jedná převážně o zdroje ionizujícího záření ze stavebních hmot, např. radioaktivních popílků s obsahem radia. Hlavním představitelem je: radon 222 Rn, a následně rozpadem radiové nebo thoronové řady vzniklé dceřiné produkty 218 Po (RaA), 214 Pb (RaB), 214 Bi (RaC), 214 Po (RaC) a 220 (Rn). Jako ochrana nových staveb před účinky radonu se používá plynotěsná fólie pod základovou deskou; pro stávající budovy je dosud nejúčinnější ochranou řízené větrání, výhodně s částečným přetlakem, s intenzitou výměny vzduchu 0,5 až 1,0 (h^{-1}).

2.4 Aerosolové mikroklima

Aerosoly se v ovzduší vyskytují ve formě buď pevných částic (prachů), nebo kapalných částic (mlhy). Pevné aerosoly jsou původu organického, anorganického, popř. smíšeného, s elektrickým nábojem kladným či záporným, s velikostí 0,1 až 100 mikrometrů. Domovní prach, zvláště částice pod 1 mikrometr jsou hlavní příčinou postižení astmatem. Jako přípustná hodnota v běžných budovách se uvádí koncentrace inertních pevných aerosolů 10 mg/m^3.



Obr. 1 Rychlost nárůstu koncentrací CO_2 v obývacím pokoji (60 m^3)



Obr. 2 Rychlost nárůstu koncentrací CO_2 v pasivním rodinném domě (300 m^3)

2.5 Odérové mikroklima

Obecně jsou odéry plynné složky ovzduší, vnímané jako vůně nebo zápachy, produkované člověkem nebo jeho činností. Mimo běžné odéry (kouření, příprava jídel) se v interiéru dnes vyskytují i styreny, formaldehydy, odpary z nátěrů, dříve neznámé. Ve vnitřním prostředí pak vzniká při pobytu lidí hlavně CO_2 a tělesné pachy – antropotoxiny, které jsou obecně indikátorem kvality vnitřního vzduchu. Jako kriteriální a exaktně měřitelná hodnota se všeobecně udává koncentrace 0,10 % CO_2 (tj. 1000 ppm – Pettenkoferovo kritérium).

Zásadním způsobem lze kvalitu odérového mikroklimatu v budovách ovlivnit pouze dostatečným přívodem čerstvého vzduchu, kdy jako základní a ve světě uznávaná hodnota intenzity větrání se udává 25 m^3/hod. čerstvého venkovního vzduchu na jednu osobu i pro odvedení běžných tělesných odérů. Na obr. 1 je uveden nárůst koncentrací CO_2 v uzavřené nevětrané místnosti při pobytu 1 až 4 osob (s infiltrací pouze n = 0,05 (h^{-1})), na obr. 2 totéž, ale pro rodinný dům s otevřenými místnostmi.

2.6 Toxické mikroklima

Je vytvářeno toxickými plyny s patologickým účinky. Charakteristické jsou zejména oxidy síry SO_x, oxidy dusíku NO_x, oxid uhelnatý CO, ozón O_3, smog, formaldehyd atd. V interiéru budov je zdravotně nejzávažnějším plynem CO, vznikající hlavně nedokonalým spalováním fosilních paliv při nevyhovujícím přívodu vzduchu, nebo špatném odtahu, únikem svítiplynu a kouřením. Obdobně vzniká ve špatně nebo pouze cirkulačně větraných kuchyních s neodvětranými plynovými sporáky koncentrace oxidu dusíku až 50 mikrogramů/m^3. Oxid dusičitý má přitom prokazatelně karcinogenní účinky.

2.7 Legislativa vnitřního prostředí

Je důležité si uvědomit, že v celém světě jsou normy týkající se vnitřního prostředí v bytech nezávazné. Striktní nařízení a limity, pokud nejsou zákonnými normami, jsou považovány za porušení demokratických práv osobnosti. Je však pravdou, že dodržování těchto „nezávazných" předpisů ze strany projektantů silně omezuje případné hrubé chyby při projektování systému pro zajištění vnitřního mikroklimatu budov. Podle evropské direktivy (European Directive on Construction Products), která bude základem pro směrnice o vnitřním prostředí v zemích EU, se za hlavní zdravotní rizika obecně považují:

- nadměrná vlhkost,
- toxické plyny,
- pevné částice a vlákna,
- radiace,

3. CHARAKTERISTIKA NÍZKOENERGETICKÝCH STAVEB VE VZTAHU KE SPOTŘEBĚ ENERGIÍ

Tyto stavby jsou charakterizovány výrazným zlepšením tepelných vlastností novou normou ČSN 730560-2, přibližující ČR zahraničním předpisům. Pro nízkoenergetické domy jsou dále doporučena další snížení hodnot až o 50 %; zde již jsou podstatné ostatní parametry, tj. A/V a dokonalá těsnost pro dosažení spotřeby tepla pro vytápění do 35 kWh/m^2/rok. U pasivních domů jsou dále požadovány hodnoty $U \leq 0,1$ W /m^2 K s limitem 0,3 W/m^2K (tj. 10 W/m^2 pro t_e = –12 °C) a ročním limitem do 15 kWh/m^2/rok (podle ČSN EN 832). Pro jednotlivé místnosti pak ztráty nepřesáhnou 120 – 200 W, celý běžný dům pak 1,5 kW. Je pak otázkou, čím vůbec tyto domy vytápět a hlavně chladit. Dnešní požadované parametry těsnosti domu n = 0,6 – 0,9 (h^{-1}) při Δp = 50 Pa, zjišťované tzv. Blower door testem dle ČSN EN 13829, posouvají

parametr	jednotka	stará výstavba	nízko-energetické (NERD)	energeticky pasivní (EPD) (EPD)
spotřeba tepla na vytápění a větrání *)	kWh/rok	až 25 000	až 9 800	< 2 100
měrný výpočtový příkon tepla pro vytápění a větrání	W/m^2	> 110	20 – 40	< 10
měrná spotřeba tepla – pro ÚT vytápění a VZT větrání	kWh/m^2/a	170 – 220	30 – 70	≤ 15
měrná spotřeba tepla – pro ohřev TUV	kWh/m^2/a	35	< 20	10 – 15
měrná spotřeba elektrické energie – v domácnosti (El)	kWh/m^2/a	30	< 20	10 – 15
souhrnná měrná spotřeba (ÚT+VZT+TUV+El)	kWh/m^2/a	235 – 285	70 – 110	35 – 45
souhrnná spotřeba primárních paliv PEZ	kWh/m^2/a	–	–	< 120
minimální požadovaný součinitel prostupu tepla – stěnou	W/m^2/K	–	< 0,18	< 0,12
minimální požadovaný součinitel prostupu tepla – okna	W/m^2/K	–	< 1,0	< 0,85

*) průměrný rodinný dům 140 m^2 užitné plochy

**) u domů EPD kryjí vnitřní zisky až 35 % celkové spotřeby tepla k vytápění, solární zisky až 30 % a zbytkové spotřeba je cca 35 %.

Obr. 3 Porovnání energetických parametrů nízkoenergetické výstavby

těsnost do dříve nepředstavitelných hodnot, při požadavku prakticky nulové infiltrace oken a hermetizace všech spár.

4. SOUČASNÉ PROBLÉMY MIKROKLIMATU NÍZKOENERGETICKÝCH OBYTNÝCH BUDOV V ZAHRANIČÍ

Při obecném trendu zdražování energií se samozřejmě zpřísňují i kritéria na energetickou náročnost budov, která se dominantně podílí na celkové spotřebě energií vyspělých zemí. Výrazně se zvyšující tepelné odpory konstrukcí a dokonalé utěsnění všech spár budov však přináší řadu dříve neznámých problémů. Podle zkušeností s novými úspornými domy v SRN dochází k potížím při zaregulování běžných teplovodních soustav s velmi nízkými výkony a povrchovými teplotami, a současně k masovému výskytu plísní. Realizované systémy řízeného podtlakového větrání, kde je přívod z fasád řešen okenními s podokenními štěrbinami a odtah ventilátory v sociálních zařízení, neakceptují uživatelé pro pocit průvanu a v topném období je ucpávají, čímž vyřadí z funkce i celý větrací systém hermeticky utěsněného bytu. Novější řešení v SRN tedy prosazují malé vzduchotechnické jednotky s rekuperací tepla pro odtah i přívod vzduchu, umístěné nad kuchyňskou linku. Zkušenosti z provozu jsou výrazně lepší, problémem však zůstává nedostatečné provětrání všech koutů místností při nízkém množství přiváděného vzduchu, nevyhovující obrazy proudění a také akustické přeslechy mezi obytnými místnostmi. Při velmi nízkých transmisních ztrátách těchto úsporných bytových objektů (výpočtová ztráta bytu Q_{max} = 1 – 1,3 kW) dochází k přehřívání často i v topném období při krátkodobém oslunění. V letním období se pak problémy dále zvyšují, zvlášť při přívodu vzduchu z oslunění fasád.

5. VĚTRACÍ SYSTÉMY OBYTNÝCH BUDOV

5.1 Rovnotlaké větrání

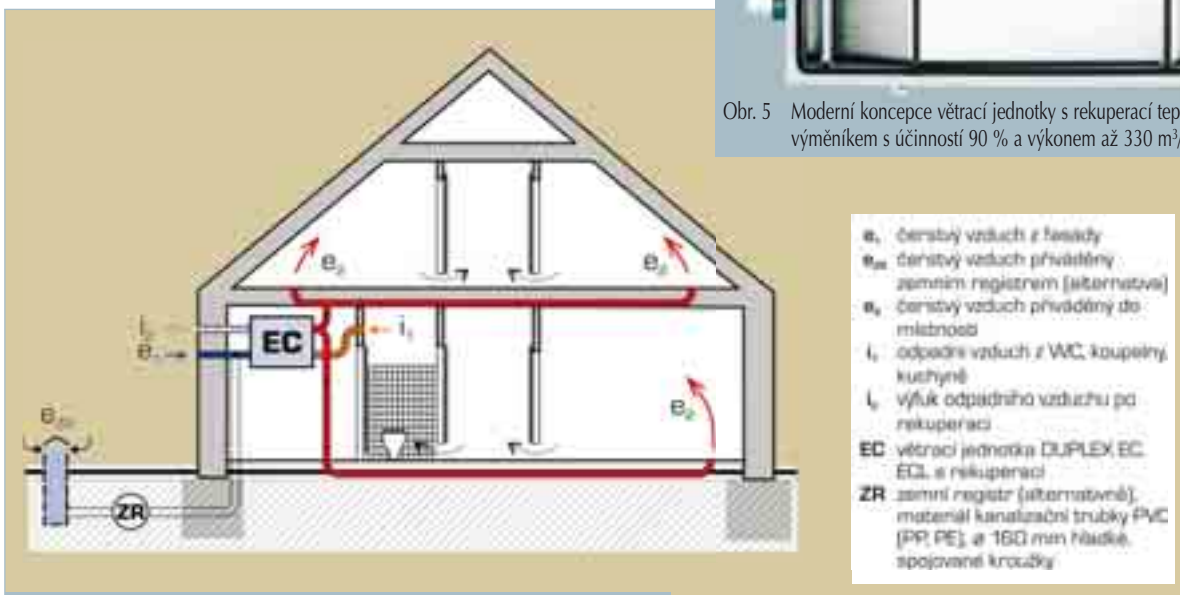
Systémy rovnotlakého větrání zajišťují nucený přívod a současně nucený odvod vzduchu z vnitřních prostor budov pomocí mechanických strojních zařízení, ventilátorů. Rovnotlaké větrání se dnes používá již univerzálně, hlavně při vyrovnané bilanci množství přiváděného a odváděného vzduchu.

Nespornými výhodami těchto komfortních systémů podle obr. 4 vůči přirozenému větrání je:

- ideální možnost zpětného získávání tepla z odváděného vzduchu pro předehřev vzduchu, přiváděného s účinností až 90 %. Tím lze často zcela vyloučit nutnost dalšího dohřevu přiváděného vzduchu, neboť se zároveň využívá i veškerých tepelných zisků v budovách z metabolismu osob, osvětlení, technologie apod.;
- dokonalá filtrace přiváděného vzduchu na speciálních tkaninových, případně i elektrostatických filtrech, zachycující mikročástice velikosti 1 až 3 mikronu s účinností 95 až 99 %;
- snadná automatická regulace výkonu podle momentálních požadavků (např. podle počtu osob v prostoru) na základě vyhodnocení údajů čidel vlhkosti, čidel odérů, nebo CO_2, nebo senzorů pohybu osob;
- možnost úplné hermetizace oken v budově, čímž se zcela vyloučí nežádoucí infiltrace prachu a výrazně sníží přenos hluku z ulic do vnitřního prostředí budov;
- zaručená funkce systému i při nepříznivých tlakových podmínkách v budově (např. při letní inverzi);
- možnost instalace výměníků pro chlazení, případně vlhčení přiváděného vzduchu.

V západní Evropě, v USA a Kanadě se pro větrání budov uplatňují tyto systémy nuceného větrání s vysoce účinnou rekuperací tepla jako zcela standardní a energeticky nejúčinnější řešení. Nízkoenergetické domy (NERD) se běžně doplňují nezávislou otopnou soustavu (tělesa ÚT, podla-

Obr. 5 Moderní koncepce větrací jednotky s rekuperací tepla s protiproudým výměníkem s účinností 90 % a výkonem až 330 m³/h



e_1 čerstvý vzduch z fasády
e_{ze} čerstvý vzduch přiváděný zemním registrem (alternativa)
e_2 čerstvý vzduch přiváděný do místnosti
i_1 odpadní vzduch z WC, koupelny, kuchyně
i_2 výfuk odpadního vzduchu po rekuperaci
EC větrací jednotka DUPLEX EC, ECL s rekuperací
ZR zemní registr (alternativně), materiál kanalizační trubky PVC (PP, PE), ø 160 mm hladké, spojované kroužky

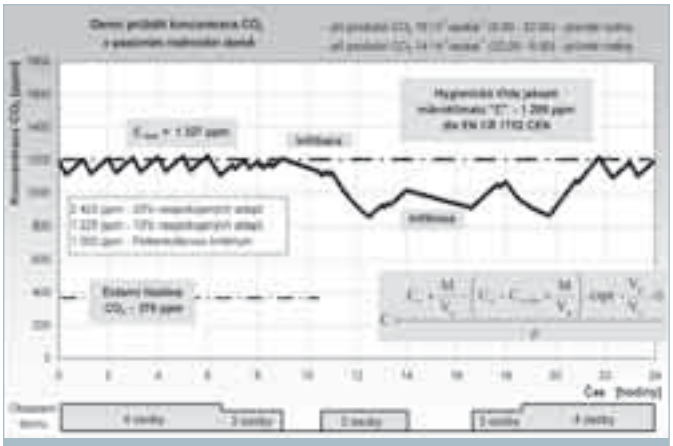
Obr. 4 Schéma rovnotlakého větracího systému s rekuperací v rodinném domě

hové vytápění, atd.). Pro pasivní domy (EPD), bez vlastní otopné soustavy, pak postačuje pouze dohřev přiváděného vzduchu potrubním ohřívačem, případně v kombinaci s krbovou vložkou nebo jiným bivalentním zdrojem, výhodně však s cirkulačním zkratovým okruhem, který zabraňuje extrémnímu snižování relativní vlhkosti v zimním období. Větrací jednotky se umísťují výhodně pod stropem WC, technické místnosti, nebo i na půdě. Potrubní rozvody čerstvého vzduchu se instalují podle druhu umístění v podlaze nebo pod stropem. Odpadní vzduch ze sociálních zařízení je odváděn kruhovým potrubím pod stropem v zákrytu, s ukončením talířovými ventily s regulací. Z obytných místností je vzduch odváděn štěrbinami pod dveřmi bez prahů do předsíně a pod dveřmi nasáván do sociálních zařízení (WC, koupelna). Odsávací digestoře nad sporáky se řeší výhradně jako cirkulační s uhlíkovými filtry pro zachycení pachů (s nastavitelným výkonem 150 až 450 m^3/h). Přívod čerstvého a výfuk odpadního vzduchu je běžně vyveden do protidešťových žaluzií ve fasádě domů, u vícepodlažních budov do centrálních stoupaček přes uzavírací a požární klapky. Přívod čerstvého vzduchu do jednotlivých obytných místností se dimenzuje na 30 až 45 m^3/h (podle předpokládaného obsazení). Odsávání ze sociálních zařízení podle DIN 1946/6 se dimenzuje na vzduchová množství: koupelny 40 až 60 m^3/h; WC 20 až 30 m^3/h; kuchyně 40 až 60 m^3/h (pouze odvod par, které nezachytí cirkulační digestoř).

5.2 Kombinované větrání

Systémy kombinovaného větrání v bytové výstavbě se používají především v kombinaci nuceného odtahu s přirozeným přívodem vzduchu spárami oken (např. odsávání sociálních zařízení, místní odsávání v kuchyních apod.).

Tyto systémy zároveň provětrávají obytné místnosti – ale pouze za předpokladu neutěsněných okenních spár, což u dnešních supertěsných oken vůbec není pravda. Tím se stávají odsávací ventilátory sociálních zařízení a kuchyňských digestoří zcela neúčinné, takže neodvětrají dostatečně ani WC, koupelny ani digestoře a nemohou ani zajistit přívod čerstvého vzduchu do obytných místností! Výrobci oken tento problém řeší instalací čtvrté polohy křídel (s mikroventilací), ale tím se zcela znehodnocuje proklamovaná „úspora tepelné energie těsnými okny“, a okna ztrácejí zároveň akustický útlum.



Obr. 7 Denní průběh koncentrací CO_2 v pasivním rodinném domě

Systémy přívodních podlahových štěrbin v okenních křídlech, parapetech, případně automaticky regulovaných podle relativní vlhkosti, vrací problém zpět k netěsným okenním spárám. Nastávají problémy diskomfortu při intenzivním přívodu chladného vzduchu přímo do pobytové zóny obytných místností a následnými stížnostmi uživatelů na studené tahy vzduchu. Zásadní nevýhodou těchto systémů je vyloučená instalace rekuperačních zařízení, zvlášť pro nízkoenergetické a pasivní objekty, kde spotřeba tepla pro větrání již převyšuje transmisní ztráty budov.

Obr. 8 Vzduchotechnická dvouzónová jednotka s protiproudým výměníkem tepla

Obr. 6 Systém teplovzdušného vytápění a větrání s rekuperací tepla a zemním registrem

5.3 Hybridní větrání

Systémy hybridního větrání, které využívají řízenou kombinaci nuceného a přirozeného větrání, jsou prozatím realizovány pouze ve vývojových projektech a pro hromadné využití v rodinných domech jsou zatím příliš nákladné.

6. INTEGROVANÉ SYSTÉMY TEPLOVZDUŠNÉHO VYTÁPĚNÍ A ŘÍZENÉHO VĚTRÁNÍ BYTOVÝCH STAVEB

Na rozdíl od klasických větracích soustav zajišťují tyto moderní systémy kompletně požadavky na vytápění, větrání, chlazení a rozvod tepelných zisků v jediném systému, se společným rozvodem. V ČR je hromadně dodáván pro energeticky úsporné rodinné a bytové domy kompletní stavebnicový systém teplovzdušného vytápění a větrání s rekuperací tepla a chlazení zemním registrem. Princip systému spočívá v dvouzónovém uspořádání okruhů vzduchotechnických rozvodů v rodinném domě (obr. 6).

- *primární* okruh zajišťuje cirkulační teplovzdušné vytápění, zároveň s řízeným podílem čerstvého vzduchu a rekuperací tepla s přívodem podlahovými mřížkami do každé obytné místnosti
- *sekundární* okruh zajišťuje zcela oddělené odvětrání sociálních zařízení a kuchyní, s rekuperací tepla
- oba okruhy vzduchotechnických rozvodů jsou zaústěny do společné vzduchotechnické jednotky

Podle zvoleného režimu na regulátoru pak zajišťuje jednotka celoročně požadavky na mikroklima domu:

č. 1/ rovnotlaké větrání s rekuperací tepla

č. 2/ teplovzdušné cirkulační vytápění a rovnotlaké větrání s rekuperací

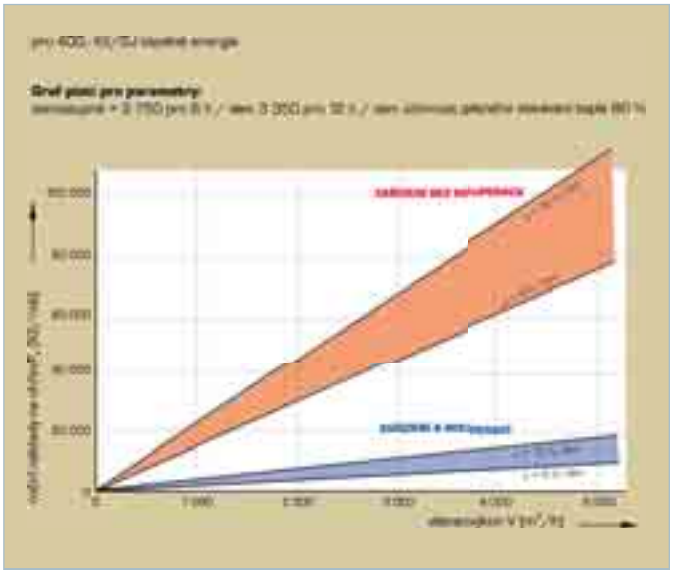
č. 3/ teplovzdušné cirkulační vytápění (bez větrání)

č. 4/ podtlakové větrání sociálních zařízení s přívodem předehřátého vzduchu

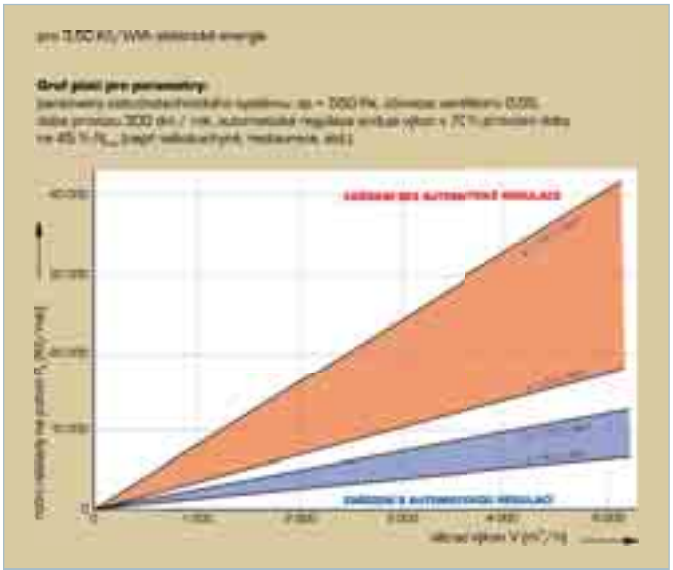
č. 5/ přetlakové letní větrání, případně chlazení s přívodem vzduchu přes zemní registr

Cirkulační a čerstvý vzduch do obytných místností se společně rozvádí z centrální rozdělovací podlahové komory jednotlivými plochými vzduchovody v podlaze. Cirkulační vzduch z jednotlivých místností se odvádí pod dveřmi bez prahů do předsíně, odkud se odsává centrální stěnovou mřížkou.

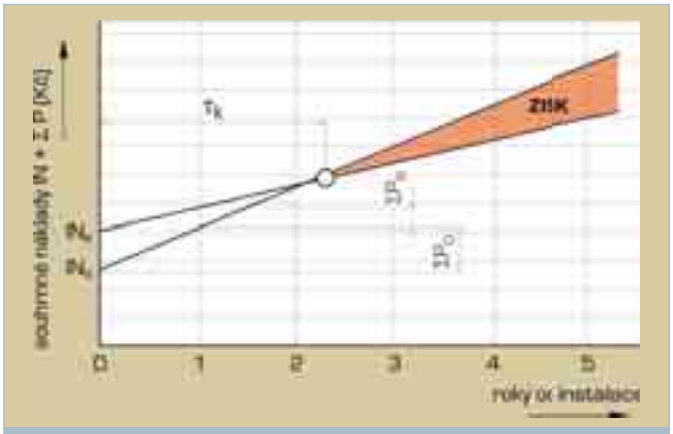
V jednotce se cirkulační a čerstvý vzduch filtruje, ohřívá na teplovodním registru a radiálním pomaloběžným ventilátorem se rozvádí přes rozdělovací komoru s tlumičem hluku zpět do obytných místností. V jednotce (viz obr. 8) se do cirkulujícího vzduchu současně přimísí v nastavitelném poměru čerstvý vzduch, který se přivádí z fasády nebo



Obr. 9 Roční náklady na ohřev přiváděného vzduchu při větrání 6 až 12 hod/den



Obr. 10 Roční náklady na elektrický pohon ventilátoru pro 6 až 12 hod/den



Obr. 11 Časový průběh souhrnných nákladů IN + ΣP (při konstantních cenách energií)

Obr. 12 Časový průběh nákladů IN + ΣP (při rostoucích cenách energií)

Obr. 13 Nová koncepce kompaktních větracích a teplovzdušných jednotek s protiproudým rekuperačním výměníkem

zemního registru přes předfiltr a předehřívá v rekuperačním výměníku s účinností až 89 %. Množství čerstvého vzduchu se řídí buď ručně nebo automaticky, podle četnosti využívání sociálního zařízení a provozu kuchyně. Odpadní vzduch ze sociálních zařízení a vodní pára z kuchyní se trvale, případně s nárazovým zvýšením, odvádí odsávacími ventily a potrubím přivádí k jednotce. V rekuperačním výměníku se předává teplo čerstvému vzduchu a po ochlazení se odpadní vzduch odvádí menším větracím ventilátorem přes fasádní žaluzie do atmosféry.

Odsávací digestoře nad sporáky se navrhují jako cirkulační s uhlíkovými filtry pro zachycení pachů, s nastavitelným výkonem 150 až 550 m^3/h.

Regulaci vzduchových výkonů a tím i teplot v jednotlivých místnostech zajišťují ručně ovládané klapky v podlahových výústkách. Při modelovém hodnocení kvality vzduchu v obytném prostoru pasivního rodinného domu v reálných provozních podmínkách standardní rodiny byly hodnoceny denní průběhy koncentrací CO_2. Jako základní provozní režim je uvažován režim č. 3, ale s nárazovým nuceným větráním podle využití sociálních zařízení, kuchyně a automatického spínání v noci. Výchozím požadavkem je nepřekročení limitní hladiny CO_2 podle EN CR 1752 pro tř. „C" v hodnotě 1200 ppm (viz obr. 7).

6.1 Charakteristika teplovzdušných systémů integrovaných s řízeným větráním

- jediný systém pro vytápění, větrání, chlazení, rekuperaci tepla a odsávání sociálních zařízení
- sloučení funkcí cirkulačního vytápění a nezávisle řízeného větrání s rekuperací tepla do jediného agregátu vzduchotechnické jednotky
- záruka hygienicky nutných trvalých výměn vzduchu v domě s možností řízeného nárazového zvýšení
- úspora až 90 % nákladů na větrání
- rychlý zátop s pružnou regulací teploty
- využití všech energetických zisků v domě z provozu domácnosti pro předehřev větracího vzduchu rekuperací
- využití solárních zisků z osluněných oken, případně teplovzdušného krbu s okamžitým přenosem tepla do ostatních neosluněných místností
- instalací zemního potrubního registru se přiváděný větrací vzduch v zimě účinně předehřívá a v létě ochlazuje
- dokonalou cirkulací se využívá objemu vzduchu v celém domě (zvlášť u minimálně obsazených nebo trvale nevyužívaných domů a bytů s částečnou neodstranitelnou infiltrací vzduchu netěsností stavebních konstrukcí)

Obr. 14 Nová koncepce kuchyňských digestoří s vestavěnou rekuperací tepla a automatickou regulací

7. EKONOMIKA PROVOZU VZDUCHOTECHNICKÝCH SYSTÉMŮ

V nízkoenergetických stavbách bývají často náklady na provoz vzduchotechnických zařízení vyšší než náklady na krytí transmisních ztrát. Důvodem jsou podstatně kvalitnější parametry obvodového pláště budov vůči běžnému standardu. Pro provozovatele těchto systémů pak jsou provozní náklady VZT jednou z nejvíce sledovaných položek, a logicky se snaží o jejich snižování. Zásadním způsobem lze tyto náklady redukovat:

- instalací zařízení na zpětné získávání tepla (případně chladu!), tj. rekuperací
- instalací automatické regulace provozu zařízení (v závislosti na požadované hodnotě CO_2, TVOC a relativní vlhkosti)
- osazením efektivnějších motorů s EC řízením
- zvýšením účinnosti větrání v prostoru
- využitím hybridních systémů

Na obr. 9 je graf ročních nákladů na ohřev přiváděného vzduchu u systému bez rekuperace a s rekuperací s účinností 80 %. Obdobně lze výrazně snížit i náklady na elektrický pohon ventilátoru osazením automatické regulace podle obr. 10 (pro kuchyně a restaurace při nesoučasnosti plného obsazení). V konkrétním příkladu je pak uvedena rekapitulace investičních a provozních nákladů pro variantu instalace systému VZT bez rekuperace a s rekuperací, s výpočtem prosté návratnosti, která je graficky znázorněna v časovém průběhu souhrnných nákladů na obr. 11, 12.

Moderní koncepce větracích jednotek s cirkulačním vytápěním, chlazením a protiproudým rekuperačním výměníkem s účinností až 80 % se vyznačují výraznou kompaktností (obr. 13), která přináší investorům až 45 % úsporu cenného prostoru v budově vůči klasickým skladebným jednotkám. Zároveň tato zařízení umožňují i univerzální polohu instalace např. pod stropem, čímž lze zcela vyloučit prostory vzduchotechnických strojoven.

Pro energeticky úsporné větrání velkokuchyňských prostorů se v ČR používají kompaktní digestoře s vestavěnou rekuperací tepla (obr. 14), s tryskovým přívodem vzduchu. Vestavěná digitální regulace automaticky reguluje množství odsávaného i přiváděného vzduchu v závislosti na vybaveném teple gastrozařízení pod digestoří. Pro dohřev vzduchu se pak využívá pouze rekuperace, čímž je možné zcela vypustit následný teplovodní dohřev vzduchu, a zařízení je vysoce energeticky rentabilní.

PŘÍKLAD VÝPOČTU:

Orientační ekonomické posouzení dvou variant vzduchotechnického systému pro větrání restaurace:

Pořizovací náklady (IN):
IN_O = 280 000,– Kč (standardní vzduchotechnický systém)
IN_R = 400 000,– Kč (systém s rekuperací tepla a automatickou regulací)

Provozní náklady (P):
P_O = 89 000,– Kč/rok (standardní vzduchotechnický systém)
z toho: P_V = 58 000,– Kč/rok - ohřev vzduchu
P_E = 14 000,– Kč/rok - pohon ventilátorů
P_U = 17 000,– Kč/rok - údržba + odpisy

P_R = 39 000,– Kč/rok (systém s rekuperací tepla a automatickou regulací podle teploty)
z toho: P_V = 6 000,– Kč/rok - ohřev vzduchu
P_E = 8 000,– Kč/rok - pohon ventilátorů
P_U = 25 000,– Kč/rok - údržba + odpisy

Financování je zajištěno z vlastních zdrojů investora, při instalaci VZT nebylo nutné zvyšovat výkon stávajících kotlů a rozvodů.

V obou variantách bylo zařízení instalováno do stávajících prostor, bez dalších stavebních nároků. Výpočet je proveden za předpokladu konstantních provozních nákladů (ΣP = konst.) ve sledovaném období.

Prostá doba návratnosti rozdílu vynaložených prostředků:

$$\tau_K = \frac{IN_R - IN_O}{\sum P_O - \sum P_R} = \frac{400000 - 280000}{89000 - 39000} = \frac{120000}{50000} = 2,4 \text{ roku}$$

Ekonomický efekt (zisk), dosažený instalací provozně úspornější varianty za prvních 5 roků provozu:

$$\sum Z = \sum P_{OR}\left(i - \tau_K\right) = 50000\left(5 - 2,4\right) = 130000,- Kč$$

Poznámka: Při reálném nárůstu cen tepelné a elektrické energie podle grafu B) bude ekonomický efekt instalace provozně úspornější varianty podstatně vyšší.

ANOTACE AUTORA

Ing. Petr Morávek, CSc., narozen 1946, je absoloventem Fakulty stavební ČVUT v Praze. Kandidátskou disertační práci na téma „Racionalizace spotřeby energií průmyslových halových objektů" obhájil na ČVUT v roce 1985. V roce 1990 založil soukromou firmu, která se následně transformovala na firmu Atrea, s.r.o., se zaměřením na vývoj, výrobu a obchodní činnost v oboru vzduchotechnických zařízení a systémů. Je členem výborů odborných skupin OS 01; OS 09 Společnosti techniky prostředí; od roku 1975 publikoval řadu článků a odborných prací v oboru vzduchotechniky.

RESUMÉ

Vzduchotechnická zařízení a systémy nízkoenergetických staveb

Článek pojednává o zásadách zajištění optimálních mikroklimatických podmínek v obytných a občanských budovách prostřednictvím nové generace vzduchotechnických zařízení. Tato zařízení a systémy zajišťují mimo základní funkce větrání standardně i rekuperaci odpadního tepla, teplovzdušné cirkulační vytápění, chlazení, filtraci vzduchu od základních požadavků až po absolutní filtraci a záchyt pachů na elektropolarizační filtr. Standardní je již automatické řízení provozu podle čidel vlhkosti, kvality vzduchu, případně koncentrace CO_2. V moderních koncepcích nízkoenergetických staveb s velmi nízkými nároky na spotřebu energií na vytápění (do 35 kWh/m^2/a) pak tato zařízení zajišťují kompletně všechny požadavky na tepelně vlhkostní parametry (topení, větrání, chlazení) mikroklimatu s maximální pružností, včetně rozvodů externích a interních tepelných zisků. V článku je obsažen i rozbor parametrů mikroklimatu současných hermeticky utěsněných budov se supertěsnými okny, škodlivin a dopadů na hygienu prostředí. Samostatně je uvedena stať o ekonomii provozu vzduchotechnických systémů.

Ing. Petr MORÁVEK, CSc.

ABSTRACT

Air-Conditioning Plants and Systems in Low-Energy Buildings

The article discusses guidelines for ensuring optimum microclimatic conditions in residential and civic buildings through a new generation of air-conditioning plants. In addition to basic ventilation, those plants and systems provide, as standard, waste heat recovery, hot-air circulation heating, cooling, and air filtration from elementary requirements up to absolute filtration and odor removal with an electropolarization filter. Automatic operation control according to humidity sensors, air quality, and possibly the concentration of CO2 has already become a standard. In modern low-energy building projects with very low heating energy consumption demands (up to 35 kWh/m2/a), such plants fully secure all requirements for the heat and humidity parameters (heating, ventilation, cooling) of microclimate with maximum flexibility, including the distribution of external and internal heat gains. The article also contains an analysis of microclimate parameters in current hermetically sealed buildings with super-sealing windows, pollutants and impacts on environmental hygiene. There is also a separate section concerning the economy of air-conditioning system operation.

Ing. Petr MORÁVEK, CSc.