

# topenářství<sup>®</sup> instalace

[www.topin.cz](http://www.topin.cz)

**časopis pro vytápění, instalace, vzduchotechniku a ekologii**

# 4

**2005**  
červenec

27 Kč

▼ INFO 001

# Současné problémy mikroklimatu obytných budov a systémy nuceného větrání s využitím odpadního tepla

Petr Morávek

Přetiskujeme podstatnou část článku, který byl původně publikován v časopise *Topenářství* č. 100 v roce 1987, v němž autor shrnul požadavky na mikroklima bytových prostorů a zdůvodnil nutnost nuceného větrání bytů vzhledem k radikálnímu omezení přirozené výměny vzduchu infiltrací utěšňováním oken a venkovních dveří. Čtenář si může porovnat dřívější a současné požadavky. Nucené větrání umožňuje využití tepla odváděného vzduchu k předehřátí přiváděného čerstvého vzduchu a šetření energie. Vzhledem k tehdejší nedostupnosti výměníků tepla pro vzduchotechniku od renomovaných zahraničních výrobců, ale i s ohledem na nedostatkové barevné kovy, si museli naši technici před více než 20 lety, jako v mnoha jiných případech v tehdejší době, pomoci vlastním důvtipem a využití materiálů, které zde byly k dispozici. V článku je popsáno řešení tuzemského deskového výměníku tepla z plastické hmoty Krasten, který pak byl vyráběn pro bytové i průmyslové použití a z něhož byly dalším vývojem odvozeny výměníky používané v současnosti.



Recenzent: Jaromír Mastný

## 1. Problematika současného stavu mikroklimatu

Současné trendy snižování spotřeb energií se u našich bytových staveb dosud realizují výhradně zvýšením tepelných odporů obvodových plných konstrukcí, s cílem dosáhnout nejen limitu roční spotřeby tepelné energie pro průměrný byt ve výši 9,3 MWh, ale i zvýšení vnitřních povrchových teplot, pro zvýšení pohody mikroklimatu v otopném období.

Tím však nutně dochází ke zvýšení podílu ztrát současnými typy oken a hlavně pak podílu tepelných ztrát gravitační a náporovou infiltrací spárovou průvzdušností a nekvalitním osazením oken. Tyto ztráty pro běžná netěsněná okna se podílí běžně 30 %, v extrémních podmínkách až 55 % na celkových tepelných ztrátách bytových staveb.

U vyšších objektů se navíc uplatňuje účinek stacionárního rozvrstvení teplot vzduchu po výšce výtahových a schodišťových šachet, čímž dochází k trvalému vnitřnímu proudění odpadního vzduchu v budově ze spodních podlaží do horních, a dochází k přenosu choroboplodných zárodků ovlivňujících prokazatelně zvýšenou nemocnost obyvatel vyšších podlaží (průzkum SRN).

V extrémních případech byly změřeny hodnoty výměn vzduchu v prostoru bytů za hodinu až  $n = 2,2 \text{ h}^{-1}$ , což znamená, že průměrné byty jsou trvale větrány venkovním vzduchem bez ohledu na skutečné provozní využití a režim obsazení v množství 200 až  $300 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , což při

extrémních venkovních teplotách představuje tepelnou ztrátu 2,5 až  $3,8 \text{ kW} \cdot \text{by} \cdot \text{t}$ . Přitom v důsledku vnitřních proudových zkratů vzduchu nad tělesy ústředního vytápění, většinou s hluboce předsaženými vnitřními záclonami, je nejúčinněji provětráván v podstatě nevyužitelný prostor bytu v těsné blízkosti oken.

Z těchto důvodů jsou v zahraničí i naši praxi radikálně omezovány ztráty infiltrací instalací zcela těsných oken, nebo vkládáním těsnicích profilů na bázi hliníkových pásků, polyuretanu nebo pryže. Většina těchto řešení je tak účinná, že dochází až k opačnému extrému, kdy výměna vzduchu v bytech klesá pod hygienicky nutná minima, tj. pod hodnoty  $n = 0,3$  až  $0,5 \text{ h}^{-1}$ . V době intenzivního využití bytů, tj. večer a v noci, dochází v otopném období k vážným problémům, kdy současně instalované větrací odsávací systémy nemohou zajistit dostatečně odsávání výparů z jídel, koupání atd., a dochází k nepříjemnému zvýšení oděrů a vlhkosti v celém prostoru. Trvalé větrání otevřením oken je z provozních i energetických důvodů v tomto období naprosto nevhodné.

Současně však dochází k diskomfortu v bytech i v letním období, kdy okenní konstrukce nemohou ani při plném otevření zajistit dostatečné větrání při extrémní izolaci, neboť osluněný povrch fasád je intenzivně omýván spojitou vrstvou horkého vzduchu těsně se přimykající k povrchu, která při otevření oken pouze dále zvyšuje tepelnou zátěž interiéru.

## 2. Odérové mikroklima obytných budov

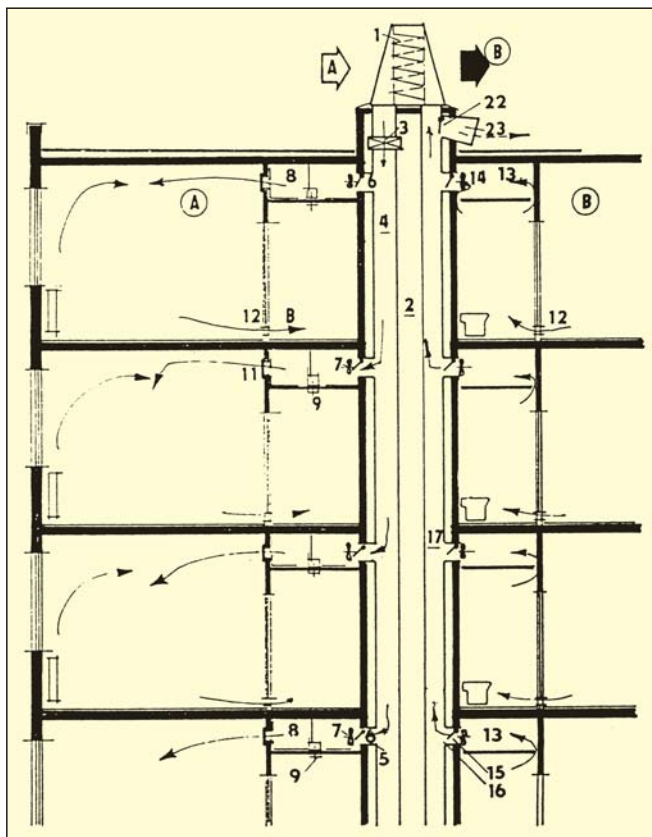
Podle literatury (prof. Jokl: „Odérové mikroklima“ – Bulletin 8/80) lze charakterizovat odéry jako organické látky produkované činností člověka a povrchem jeho těla (tzv. antropotoxiny) nebo uvolňované z povrchů některých stavebních materiálů, které jsou subjektivně pocíťovány jako nepříjemné pachy, způsobující ztrátu soustředění, chuti a pocit nevolnosti. Obecně se jedná např. o produkty z vaření, kouření, výpary formaldehydů, styrenu atd. Práhové koncentrace těchto látek v ovzduší jsou velmi nízké a snížení jejich účinků je problematické, neboť v bytech nelze jejich výskyt odstranit.

Nejreálnějším způsobem snížení koncentrací těchto oděrů v bytové výstavbě se stále jeví dostatečná výměna vzduchu. Všechny ostatní způsoby, jako deodorizace nebo filtrace pomocí absorbentů z aktivního uhlí s dostatečnou retenční hodnotou, jsou technicky i ekonomicky dosud nepoužitelné.

Z řady zahraničních laboratorních experimentů vyplývá nutná výměna vzduchu pro odstranění oděrů v závislosti na daném vzdušném prostoru připadajícím na osobu v hodnotách 10 až  $60 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{os}$ . Např. podle hygienických předpisů je pro dodržení koncentrace  $\text{CO}_2$  v hodnotě 0,1 % nutná výměna  $40 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{os}$ . Je zřejmé, že tato kritéria, dnes energeticky nereálná, budou rozhodující při zajištění nejvyšší kvality vzdušného mikroklimatu v budovách. Z hlediska čistě fyziologického je totiž nutné zajistit podstatně nižší výměny, např. minimální dávka čerstvého vzduchu je pouze  $1,1 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{os}$ ; pro dodržení přípustné koncentrace  $\text{CO}_2$  v hodnotě 18 % (tj.  $236 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ) je nutná výměna pouze  $1,2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{os}$ ; a pro dosažení NPK pro  $\text{CO}_2$  v hodnotě 0,5 % (tj.  $9 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ), je nutný přívod čerstvého vzduchu  $8,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{os}$ . Podle našich norem jsou předepsány hodnoty výměn vzduchu pro kuchyně  $100 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , koupelnu  $75 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , WC  $25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , které pro přiměřený byt představují intenzitu větrání asi  $n = 1 \text{ h}^{-1}$ . V praxi jsou však instalované centrální odsávací systémy často vyřazeny z funkce, jejich účinnost (např. digestoří sporáků) je nedostatečná a dochází k odérovému diskomfortu.

## 3. Vlhkostní mikroklima

Při zvyšování těsnosti oken bytů dochází současně i k problémům při zvýšení relativní vlhkosti vzduchu nad přípustné hodnoty z důvodů nedostatečného výkonu a doby provozu nuceného odsávání kuchyní a koupelen, dále při nízké účinnosti odsávání digestoří sporáků, při pravidelném sušení prádla v bytě a nadměrném zalévání rostlin.



Obr. 1 Schéma bytového větrání s rekuperací tepla

**Legenda k obrázkům:**

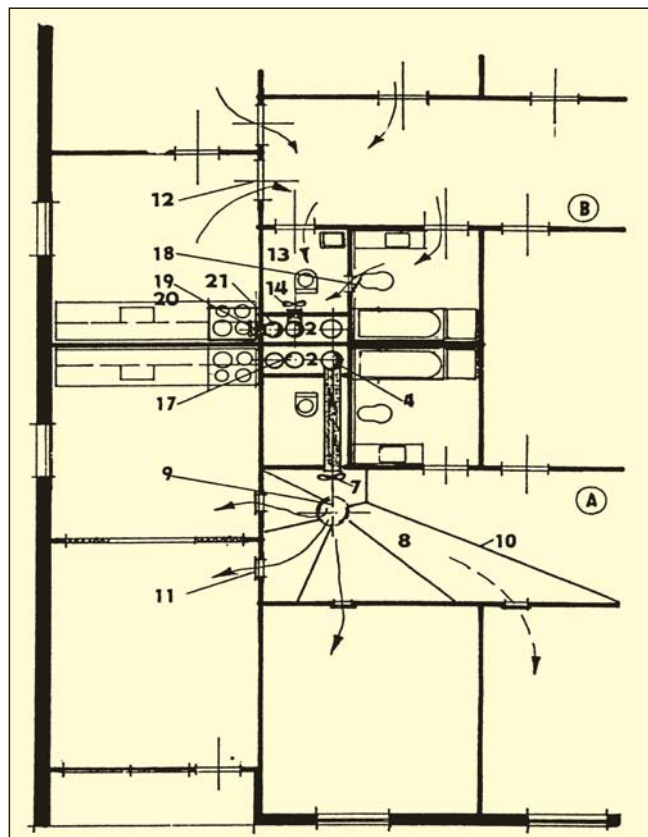
- 1 – nástřešní rekuperační jednotka z desek plastických hmot hPS
- 2 – centrální instalační šachta (případně s požárními uzávěry)
- 3 – dohříváč vzduchu
- 4 – centrální přívodní potrubí (čerstvého předehřátého vzduchu)
- 5 – odbočky na přívodním potrubí
- 6 – podtlakové uzavírací klapky přívodu vzduchu (případně požární)
- 7 – přírodní ventilátory
- 8 – prostor snížených podhledů předsíní (vzduchotěsný, s tepelnou a akustickou izolací)
- 9 – otočné rozdělovací a uzavírací klapky
- 10 – přepážky pro rozvod vzduchu (v prostoru podhledu 8)
- 11 – vyústky přiváděného vzduchu (pod stropem obytných místností)

Vážným problémem je i nízká intenzita větrání v ložnicích, kde nelze zajistit pro tři osoby ani minimální výměnu 25 až 30 m<sup>3</sup> · h<sup>-1</sup>. Celkově pak při produkci 100 g vodní páry/h v místnosti se dosahuje během noci i zcela nepřijatelných hodnot relativních vlhkostí vyšších než 85 %. Obdobně při produkci 50 l CO<sub>2</sub>/h stoupá koncentrace až nad 0,7 % CO<sub>2</sub> (při venkovní průměrné hodnotě 0,05 %). V těchto bytech pak dochází následně k vážným hygienickým závadám hlavně při vlhnutí koutů a fabionů místností a plošných tepelných mostů obvodových konstrukcí s nižší povrchovou teplotou (účinkem nižšího součinitele přestupu tepla při omezeném proudění vzduchu a při nízkém tepelném odporu), kdy dochází ke vzniku plísní a k pocitu zatuchlosti celého bytu. V konkrétním případě byly měřeny tepelně-vlhkostní parametry několika desítek bytů v čtyřpodlažních domech klasické zděné výstavby. V bytech s průměrnou teplotou vzduchu 22 až 23 °C, kde byla

relativní vlhkost vyšší než 60 %, docházelo zcela pravidelně k výskytu plísní na stěnách, naopak u shodných bytů s relativní vlhkostí nižší než 45 % nebyla plíseň identifikována vůbec (v konkrétním případě byly obvodové stěny provedeny ze silikátových tvárníc s výraznými tepelnými mosty ve spárách z cementové malty, vnější omítky provedeny s vysokým difúzním odporem).

**4. Radioaktivní mikroklima budov**

Podle nových dozimetrických měření v bytech představuje pro obyvatele možné nebezpečí karcinogenní radioaktivní plyn radon (izotop <sup>222</sup>Rn), difundující do ovzduší prakticky ze všech anorganických stavebních materiálů obsahujících určitá množství rozpadajících se radioaktivních izotopů uranu nebo thoria. Účinky přímým zářením jsou zcela nepatrné, ale biologicky závažný je inhalační účinek radonu <sup>222</sup>Rn a jeho radioaktivních produktů váza-



Obr. 2 Půdorys bytového větrání s rekuperací tepla

- 12 – ventilační mřížky vespod dveří místností pro odvod vzduchu
- 13 – částečně uzavřený prostor snížených podhledů WC s obvodovými štěrbinami (s akustickou izolací)
- 14 – odtahový ventilátor odpadního vzduchu
- 15 – přetlaková klapka odtahu vzduchu (příp. požární)
- 16 – odbočky na odtahovém potrubí
- 17 – centrální odtahové potrubí (WC + koupelna + byt)
- 18 – regulovatelná vyústka pod stropem koupelny do prostoru 13
- 19 – ventilátory odsavačů par s filtrem
- 20 – přetlakové klapky odsavačů par
- 21 – centrální odtahové potrubí (kuchyňské odsavače)
- 22 – přepínací klapka (letního obtoku na hlavici 23)
- 23 – samotahová hlavice

ných na aerosoly ve vzduchu při vdechování.

Podle švédských norem je nutno pro dodržení přípustných koncentrací radonu a zamezení jeho následných biologických účinků zajistit absolutně minimální výměnu vzduchu 0,35 l · s<sup>-1</sup> · m<sup>-2</sup>, (tj. pro průměrný byt n = 0,5 h<sup>-1</sup>). Toto množství čerstvého vzduchu zajišťuje dodržení maximální 30 % přípustné dávky záření podle předpisů (30 mrad/rok). Při snížení výměny vzduchu pod hodnotu n = 0,1 h<sup>-1</sup> je pak organismus vystaven více než dvojnásobku dávek přírodního záření.

**5. Závěr**

Při shrnutí problematiky lze konstatovat, že současné principy větrání bytových staveb nemohou zajistit řízenou výměnu vzduchu v závislosti na skutečném provozním režimu a využití bytů ve vztahu k hygienicky požadovaným parametrům a při dnešních nekompro-

misních požadavcích na snížení spotřeb tepelné energie pro zajištění optimálního mikroklimatu v otopném období.

## 6. Nucené větrání budov a systémy využití odpadního tepla

V řadě států, hlavně severovýchodních, proto byly pro bytové stavby hromadně zavedeny vysoce efektivní systémy nuceného větrání jednotlivých bytů se zpětným získáváním tepla z odváděného vzduchu pro předehřátí přiváděného čerstvého vzduchu.

Systémy tepelných výměníků typu vzduch – vzduch jsou obecně známé a používané v průmyslových a občanských stavbách již řadu let. Podle toho, zda dochází pouze k přenosu citelného tepla nebo i vlhkosti se charakterizují výměníky jako rekuperační (deskové, hydraulické se samotížným nebo nuceným oběhem) nebo regenerační (rotační, přepínací).

Pro bytové stavby se dnes používají převážně systémy deskových výměníků na bázi hliníku, případně s ochrannými povlaky. Jejich použitím, podle údajů známých firem (Econovent Munters AB, Kanthal, Dantherm aj.), lze při větrání bytů dosáhnout úspor až 2 MWh/byt ročně, při průměrné termické účinnosti až 60 %.

V podmínkách ČSSR nebyl dosud hromadně vyráběn vhodný systém těchto výměníků, zaručující požadované technicko-ekonomické parametry a naprostou hygienickou nezávadnost.

## 7. Rekuperační deskové výměníky z plastických hmot

V o.p. Liaz Jablonec n. N. byl v roce 1983 vyvinut rekuperační systém vhodně použitelný i pro bytové stavby. Výměník je sestaven z vakuově tvářených tenkostěnných desek z plastické hmoty na bázi hPS Krasten, v tloušťce 0,3 až 0,5 mm. Vakuově žebrování desek vy-

tváří kanálky s proměnnou křivostí se vzájemně inverzním průběhem zakřivení v sousedících vrstvách.

Po obvodu desek zajišťuje žebrování s nátěrem dokonale utěsnění sousedících vrstev proti vzájemnému zkratu přiváděného a odváděného vzduchu.

Výměníky dosahují vynikajících technicko-ekonomických parametrů vůči většině současných zahraničních výrobků, navíc představují dosud nejprogressivnější koncepci při náhradě deficitních barevných kovů za plasty.

Tyto výměníky se dnes instalují do nástřešních větracích jednotek s rekuperační tepla NVJR 500 pro průmyslové haly (výkon  $2 \times 7100 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , v kompletním provedení včetně ventilátorů, hmotnost 380 kg, účinnost  $\eta = 64 \%$ ). Zároveň bude zavedena sériová výroba kompletizovaných univerzálních rekuperačních jednotek z plastů pro průmyslovou, občanskou i zemědělskou výstavbu, s výkony 4500 až  $80000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ .

Současně se vyrábí i podstropní rekuperační jednotky s výkony  $2 \times 7000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  celoplastové konstrukce s přepínacími klapkami pro průmyslové provozy a jednotky pro větrání místností, občanské vybavenosti (restaurací apod.) s výkony  $650 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , v celoplastovém provedení.

## 8. Dosažitelný efekt systému

Podle orientačních propočtů přináší komplexní uplatnění systému pro průměrný byt a průměrnou dobu využití snížení spotřeby tepla až 1,8 MWh/byt. Zároveň se dosáhne dalšího efektu při negativním rozvrstvení teplot vzduchu po výšce místností při orientaci přírodních výustek pod stropem, a při využití veškerého odpadního tepla z vaření, ochlazení TUV, elektrických zdrojů a metabolismu obyvatel.

Pro obyvatele přináší řešení zásadně zkvalitnění mikroklimatu bytů s možností individuální regulace a řízení intenzity větrání v určených místnostech s mož-

ností filtrace přiváděného vzduchu.

Pro letní období zajistí nucené větrání dostatečné množství větracího vzduchu s možností adiabatického chlazení při přepojení nástřešního výměníku klapkou na obtok.

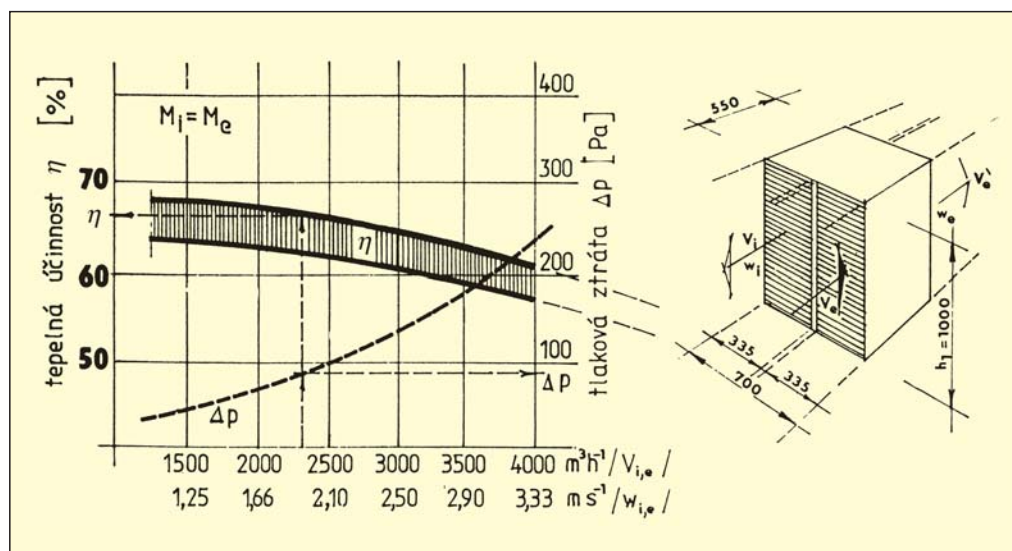
Ze společenského hlediska přímo motivuje řešení přístup obyvatel k hospodaření s dosud stále neměřitelnou energií pro vytápění, neboť intenzitu a způsob nuceného větrání, a tím také tepelné ztráty, ovlivňuje spotřebitel sám, přičemž individuálně také hradí náklady za elektrickou energii pohonu vlastních ventilátorů.

□ Ing. Petr Morávek, CSc.,  
dříve LIAZ, o.p., projekce SIZ, dnes ředitel  
firmy ATREA s.r.o., Jablonec nad Nisou

## Komentář autora k článku po 18 letech:

Od roku 1987 se změnilo mnohé. Ceny energií se v ČR zvýšily patnáctinásobně, normové tepelné-technické parametry staveb dvojnásobně, těsnost oken víc jak desetinásobně a problémy s mikroklimatem u většiny staveb získávají stále větší vážnost. Je však pravdou, že i u nás se již staví velmi kvalitní rodinné domy s dokonale řízeným větráním, v naprosté většině s rekuperační tepla. Ve vyspělých státech Evropy jasně převládá trend energeticky úsporné nízkoenergetické výstavby se spotřebou energie pro vytápění nižší než  $35 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ , kde řízené větrání s rekuperační je standardem.

I v bytových stavbách dochází k výraznému posunu – supertěsná okna nutně vyžadují instalaci nuceného větrání a systém ventilace s centrální rekuperační analogický se schématem v článku z roku 1987 se dnes začíná objevovat v experimentálních projektech nových a modernizovaných obytných domů v Evropě.



Obr. 3  
Charakteristika tepelné účinnosti  $\eta$  a tlakových ztrát  $\Delta p$  deskového rekuperačního z plastických hmot hPS (Krasten) jednotkového výškového modulu  $h_1 = 1000 \text{ mm}$