

Větrací jednotky s tepelným čerpadlem, část 1. – Energetická náročnost

Větrací jednotky s tepelným čerpadlem, část 1. – Energetická náročnost

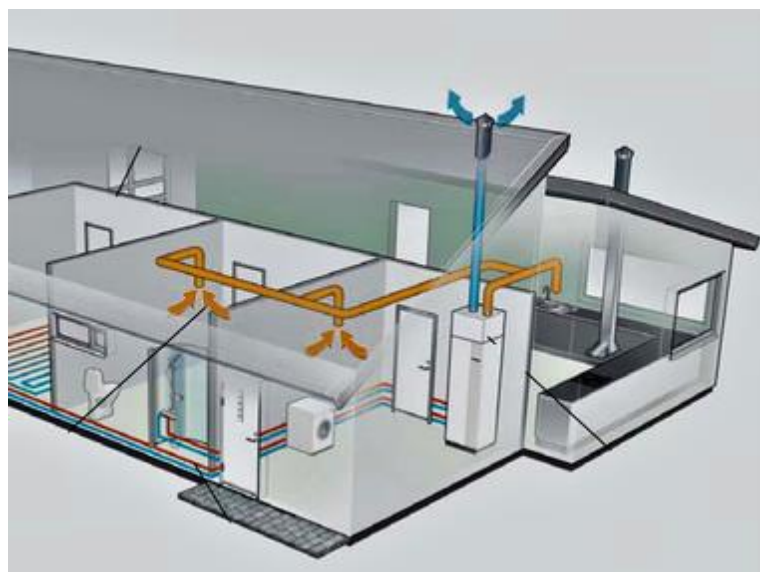
4.5.2020

Ing. Martin Kny, Ph.D., Ing. Jan Vitouš, ČVUT v Praze, Univerzitní centrum energeticky efektivních budov

RECENZOVANÝ

Autoři popisují legislativní požadavky na větrání a jejich možná technická řešení, zejména se zaměřením na ventilační tepelná čerpadla. Matematickým modelem rodinného domu je provedeno vyhodnocení podle energetické náročnosti. Ve 2. dílu následuje ekonomické hodnocení variant.

Téma



Obr. Příklad jednoho z více možných řešení větrání s tepelným čerpadlem (NIBE F750)

Článek se věnuje možnostem využití energie z odpadního vzduchu při větrání bytových staveb. Článek je rozdělen na dvě části. Část první se věnuje legislativním požadavkům na větrání a jejich možnému technickému řešení. Pomocí matematického modelu objektu rodinného domu je provedeno vyhodnocení několika variant technického řešení větrání s ohledem na jeho energetickou náročnost. Část druhá se zaměřuje na ekonomické hodnocení jednotlivých variant.

Úvod

Na větrání bytových staveb jsou v současné době kladeny na první pohled protichůdné požadavky. Z pohledu spotřeby tepla na vytápění je větrání omezováno (výměna oken za nová těsnější, systémové neřešení konceptu větrání). Řízení větrání (otevírání oken) je často nadále ponecháno na uživatelích bytů. V důsledku tak mohou dosahovat skutečné intenzity větrání velmi malých hodnot (pod 0,1). Tento stav má

negativní vliv nejen na stavební konstrukce, ale i na kvalitu vnitřního prostředí. Na straně druhé stojí legislativní požadavky a zdravý rozum, které říkají, že dostatečné větrání je nutné. Příspěvek představuje možnosti, jak protichůdné požadavky splnit, a přitom zajistit dostatečné větrání při nízké spotřebě tepla.

Požadavky na větrání

Základní požadavky na větrání bytových staveb řeší vyhláška č. 268/2009 Sb. [1]. Požadavky jsou závazné a platí pro všechny nově realizované objekty. Podrobněji jsou řešeny požadavky na větrání normou ČSN EN 15665/Z1 [2]. Předpisy stanovují hodnoty doporučené (intenzita větrání $n = 0,5$, případně dodávané množství čerstvého vzduchu na osobu za hodinu $50 \text{ m}^3/\text{h}$) a hodnoty minimální ($n = 0,3$, případně $25 \text{ m}^3/\text{h}$). V době nepřítomnosti osob v objektu je možné intenzitu větrání n snížit na $0,1$. Dále se předpokládá, že větrání je zajištěno jiným způsobem než manuálním otevíráním oken [3].

Základní způsoby využití odpadního tepla

V bytových stavbách je možné v současnosti použít následujících způsobů větrání využívajících ve větší či menší míře tepla z odpadního vzduchu:

1) Bez využití odpadního tepla

Větrání objektu je podtlakové s centrálním odvodem. Přívod vzduchu do místností zajišťují přívodní prvky pro čerstvý vzduch osazené v obvodové stěně jednotlivých místností. Požadavky legislativy jsou naplněny, objekt je dostatečně větrán. Investiční náklady jsou nízké, spotřeba tepla vysoká.

2) Osazení výměníku zpětného získávání tepla

Pro osazení výměníku zpětného získávání tepla je nutné zajistit společné trasování proudu přiváděného čerstvého vzduchu a odváděného odpadního vzduchu. Proudění vzduchu si vzájemně předají teplo přes teplosměnnou plochu výměníku. Toto řešení vede na použití tradičního rovnotlakého systému s centrální vzduchotechnickou jednotkou, případně může být využito lokálních větracích jednotek instalovaných v obvodové stěně. Náklady jsou oproti podtlakovému větrání vyšší, vzhledem k osazením ZZT (běžná účinnost nad 80 %) však spotřeba tepla významně klesá.

3) Osazení tepelného čerpadla na straně odpadního vzduchu

Toto řešení nahrazuje výměník ZZT za tepelné čerpadlo (dále TČ). Může být použito TČ systému vzduch–vzduch, které ohřívá přiváděný vzduch do objektu. Případně může být použito TČ vzduch–voda. Toto řešení nevyžaduje svedení přiváděného a odpadního vzduchu do jednoho místa a může tak být použito i při jednoduchém systému podtlakového větrání. Získané teplo může být dále využito při vytápění objektu, nebo přípravě TV. Vzhledem k lepším pracovním podmínkám (teplejší odváděný vzduch) oproti TČ pracujícím s venkovním vzduchem dosahují takto pracující TČ obvykle vyšších sezonních topných faktorů.

4) Osazení výměníku ZZT a TČ

Řešení je kombinací předchozích variant. Odpadní vzduch nejdříve předá část tepelné energie ve výměníku ZZT vzduchu přiváděnému a další část je předána v TČ. Opět je vyžadováno svedení proudů vzduchu do jednoho místa. Oproti variantě popsané v bodu 3 pracuje TČ s nižší teplotou vzduchu (část energie již předána ve výměníku ZZT). Celkové množství využitého tepla z odpadního vzduchu je však z představených variant nejvyšší.

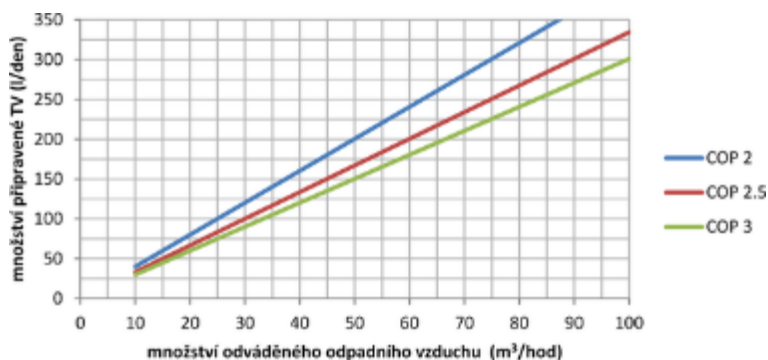
Větrací jednotky s TČ dostupné na trhu

Na trhu jsou běžně dostupné jednotky s výkonem TČ od cca $0,5 \text{ kW}$ (pro množství odváděného vzduchu od cca $100 \text{ m}^3/\text{h}$) až po několik desítek kW. Pro rodinné domy najdou uplatnění zejména jednotky s výkonem TČ cca 1 až $1,5 \text{ kW}$ (200 až $300 \text{ m}^3/\text{h}$). Jednotky obsahují TČ vzduch–vzduch nebo vzduch–voda, případně

doplněné o výměník ZZT. Větrací jednotky dostupné na trhu jsou vybaveny kompresorovými TČ. Pro větrací jednotky je však možné využít i TČ postavené na bázi Peltierových článků.

Využitelný výkon větrací jednotky s TČ

Volba výkonu větrací jednotky s TČ závisí na objemovém průtoku vzduchu. Výkon jednotky s TČ, která je určena pro přípravu TV v závislosti na topném faktoru COP a objemovém průtoku vzduchu je na Obr. 1. Z obrázku je patrné, že při doporučeném průtoku vzduchu na osobu ($50 \text{ m}^3/\text{h}$) je možné s jednotkou s topným faktorem $COP = 3$ (A20/W55) za den připravit 150 l TV o teplotě $55 \text{ }^\circ\text{C}$, případně pro minimální požadovaný průtok vzduchu ($25 \text{ m}^3/\text{h}$) cca 75 l TV. Jedná se tak většinou o hodnoty vyšší, než je běžná denní spotřeba TV.



Obr. 1 Množství připravené TV ($\Delta 45 \text{ K}$) v závislosti na průtoku vzduchu a COP TČ

Toto platí pro jednodušší větrací jednotky s TČ, u kterých dochází k ochlazení odváděného vzduchu na výparníku o 13 K . Na trhu jsou dostupné i pokročilejší jednotky (řízené otáčky kompresoru, systém odmrazování výparníku), které jsou schopny při nominálním výkonu dosáhnout ochlazení odváděného vzduchu až o 20 K . Výkon těchto jednotek tak může být až o 50% vyšší.

Teplu, které není využito pro přípravu TV, je v otopné sezóně možné dále využít pro vytápění objektu. Na Obr. 1 uvedené množství tepla odpovídá celodennímu provozu jednotky. V reálném provozu je nutno počítat s tím, že větrací systém bytové stavby může být v průběhu dne určitý čas v režimu útlumu (bez přítomnosti osob) s povolenou intenzitou větrání n pouze $0,1$. Při takto malém průtoku není TČ v provozu. Využitelná energie je tak při přerušovaném provozu nižší.

Modelová energetická bilance pro rodinný dům

Energetická bilance byla zpracována pro rodinný dům s variantním řešením větracího systému. Pro systém větrání byly použity 4 varianty popsané v předchozím textu.

Jednalo se o následující systémy větrání:

- podtlakové větrání **PV** s centrálním odvodem vzduchu (bez využití odpadního tepla),
- rovnotlaké větrání s jednotkou osazenou výměníkem **ZZT**,
- podtlakové větrání s centrálním odvodem a jednotkou s **TČ** (vzduch–voda)
- rovnotlaké větrání s jednotkou osazenou výměníkem **ZZT** a **TČ** (vzduch–voda)

Celoroční energetická bilance byla zpracována v programu TRNSYS [3] pro dvě množství větracího vzduchu na osobu, $50 \text{ m}^3/\text{h}$ a $25 \text{ m}^3/\text{h}$ (hodnoty v závorkách). V modelu byly použity následující okrajové podmínky:

- tepelně-technické parametry obálky budovy dle ČSN 73 0540 (doporučené hodnoty) [4],
- vytápěná plocha 150 m^2 , 2 NP, sedlová střecha, počet osob 4,
- nepřítomnost osob v objektu – režim útlumu větrání ($n = 0,1$), 8:00 až 14:00,
- denní spotřeba TV $45 \text{ l}/\text{osoba}$, (celoročně teplota SV je $10 \text{ }^\circ\text{C}$, teplota TV je $55 \text{ }^\circ\text{C}$),

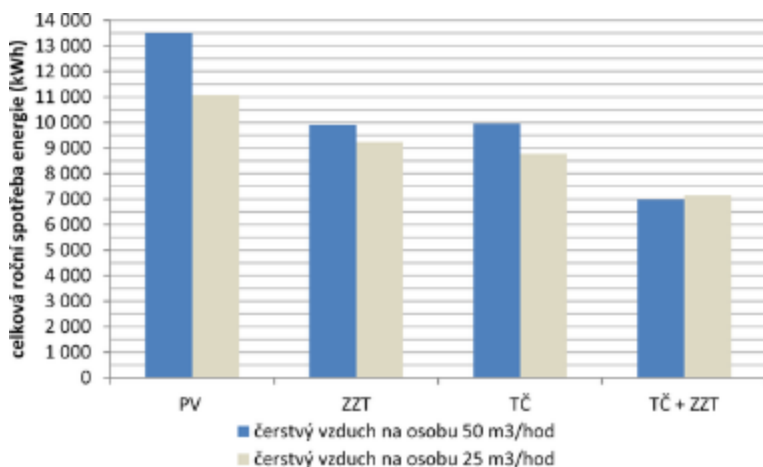
- průměrná účinnost výměníku ZZT je 77 %, obtok výměníku nad 22 °C v interiéru a nad 13 °C v exteriéru, měrný příkon ventilátorů SPF 1000 W/(m³/s), [5],
- pro podtlakové větrání uvažován měrný příkon ventilátorů SPF 750 W/(m³/s),
- tepelné čerpadlo vzduch–voda, COP 2,7 (A20/W55), přednostní příprava TV, přebytky využity pro vytápění, ochlazení vzduchu na výparníku při nominálním průtoku 13 K, příkon regulace a oběhových čerpadel TČ 12 W (8 W pro snížený průtok vzduchu 25 m³/h),
- klimatická data pro Prahu-Ruzyni, výpočtový krok simulace 5 min.
V modelu byla provedena následující zjednodušení:
- systém vytápění nebyl podrobně modelován – pouze bilance okamžité potřeby tepla a dostupného tepla z TČ,
- konstantní výstupní teplota pro přípravu TV a vytápění (55 °C).

Výsledky modelu

Vybrané výsledky jsou zobrazeny na následujících obrázcích a tabulkách. Na Obr. 2 jsou uvedeny celkové spotřeby energií pro jednotlivé řešené varianty.

Nejvyšší spotřeby dosahuje systém bez využití odpadního tepla (13,5 MWh) a množstvím čerstvého vzduchu na osobu 50 m³/h (viz Obr. 2 a Tab. 1). Naopak nejnižší spotřeby vykazuje varianta využívající výměníku ZZT a TČ (7,0 MWh). Spotřeby pro varianty využívající ZZT nebo TČ jsou velmi podobné (9,9 MWh a 10,0 MWh).

Vliv množství čerstvého vzduchu na osobu je největší u systému bez využití odpadního tepla. Díky snížení z 50 m³/h na 25 m³/h zde došlo k poklesu celkové spotřebované energie o cca 18 %. Naopak u systému vybaveného ZZT a TČ jsou spotřeby obdobné.



Obr. 2 Celková spotřeba energie objektu pro různé varianty provedení

Tab. 1 Roční energetická bilance objektu pro jednotlivé hodnocené varianty a dva průtoky čerstvého vzduchu na osobu – 50 m³/hod a 25 m³/hod

variant a	čerstvý vzduch na osobu [m ³ /h]	potřeba tepla na vytápění [kWh]	tepelná ztráta větráním [kWh]	potřeba tepla na přípravu TV [kWh]	spotř. el. energie pro pohon vent. [kWh]	spotřeba el. energie pro pohon obj. čerp. TČ [kWh]	spotřeba el. energie pro pohon TČ [kWh]	celková spotřeba energie [kWh]
PV	50	9 898	4 685	3 436	172	0	0	13 506

Tab. 1 Roční energetická bilance objektu pro jednotlivé hodnocené varianty a dva průtoky čerstvého vzduchu na osobu – 50 m³/hod a 25 m³/hod

variant a	čerstvý vzduch na osobu [m ³ /h]	potřeba tepla na vytápění [kWh]	tepelná ztráta větráním [kWh]	potřeba tepla na přípravu TV [kWh]	spotř. el. energie pro pohon vent. [kWh]	spotřeba el. energie pro pohon obj. čerp. TČ [kWh]	spotřeba el. energie pro pohon TČ [kWh]	celková spotřeba energie [kWh]
ZZT	50	6 233	1 137	3 436	230	0	0	9 898
TČ	50	7 573	4 685	0	239	58	2 089	9 959
TČ ZZT	50	4 314	1 137	0	276	60	2 341	6 991
PV	25	7 553	2 296	3 436	83	0	0	11 072
ZZT	25	5 685	531	3 436	111	0	0	9 231
TČ	25	7 306	2 296	0	116	35	1 324	8 780
TČ ZZT	25	5 462	531	0	134	37	1 527	7 159

Z Tab. 2 je patrné, že množství nevyužití energie z TČ dosahuje u variant s průtokem vzduchu 50 m³/h 27 % a 31 %. U variant s průtokem vzduchu 25 m³/h klesá na cca 7 %. Lze očekávat, že množství nevyužití energie v reálném systému vybaveném zásobníkem tepla (v modelu nebyl uvažován) by dále mírně pokleslo (o jednotky procent).

Dále z výsledků vyplývá, že při průtoku vzduchu 25 m³/h je naprostá většina tepla spotřebována na přípravu TV. Přebytky tepla do systému vytápění jsou velmi malé.

Topný faktor TČ dosahuje pro systém bez výměníku ZZT hodnot cca 2,8. U varianty se ZZT klesá vlivem nižších teplot vzduchu v zimním období na primární straně TČ na cca 2,4. Tyto hodnoty jsou poměrně nízké. Důvodem je jednak relativně nízký topný faktor použitého TČ ($COP = 2,7$ pro A20/W55) a také vysoká výstupní teplota vody použitá v modelu pro vytápění (55 °C).

Tab. 2 Roční energetická bilance provozu TČ

varianta	čerstvý vzduch na osobu [m ³ /h]	energie z TC využitá pro vytápění [kWh]	energie z TC využitá pro TV [kWh]	energie z TC využitá celkem [kWh]	energie z TC nevyužitá [kWh]	nevyužitá energie z TC [%]	topný faktor TČ COP [-]
TČ	50	2 325	3 436	5 761	2 123	26,9	2,76
TČ ZZT	50	1 919	3 436	5 354	2 530	32,1	2,31
TČ	25	248	3 436	3 683	259	6,6	2,78
TČ ZZT	25	223	3 436	3 658	284	7,2	2,39

Závěr první části

V modelu rodinného domu přineslo použití TČ na odpadním vzduchu snížení spotřeby objektu o cca 26 %, tedy o obdobnou hodnotu jako při použití výměníku ZZT. Při současném použití TČ a výměníku ZZT došlo k dalšímu poklesu spotřeby o cca 22 %. Při menším množství čerstvého vzduchu na osobu (25 m³/h oproti 50 m³/h) jsou poklesy spotřeb o cca třetinu nižší.

Z výsledků je zřejmé, že TČ na odpadním vzduchu dokáže při reálných spotřebách TV (uvažováno 45 l/den) plně pokrýt potřebu tepla na přípravu TV, a to i při sníženém množství čerstvého vzduchu na osobu (25 m³/h).

Výhodou systému s TČ, která se projeví zejména u větších bytových staveb, je ta skutečnost, že oproti běžným systémům se ZZT mohou být bez velkých investičních nákladů realizovány při rekonstrukcích stávajících objektů. Při použití TČ není nutné před výměníkem ZZT souběžné vedení přiváděného a odpadního vzduchu, ale je možné použít mnohem jednoduššího systému podtlakového větrání. Nevýhodou je naopak jejich často vyšší cena a konstrukční složitost, která může být předpokladem pro jejich nižší životnost.

Komentář recenzenta Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.

Autoři v příspěvku energeticky a ekonomicky porovnávají různé varianty systémů větrání v budovách pro bydlení. V první části jsou energeticky porovnávány systémy s podtlakovým větráním, nuceným větráním se zpětným získáváním tepla, tepelným čerpadlem a jejich kombinace. Autoři porovnávají řešení pro 25 a 50 m³/(h·osoba) větracího vzduchu. V druhé části příspěvku je pak uvedeno pro dané varianty ekonomické porovnání pro stanovené podmínky. Výsledky dávají přehled o vlastnostech daných systémů. Při reálném řešení je třeba ještě zohlednit např. místní podmínky, kvalitu prostředí při využití daného systému, rizika spojená s poruchami a změnami cen energií, požadavky na energetickou náročnost budov, dotační projekty.

English Synopsis

Ventilation Units with Heat Pump, part 1. Energy Performance

The authors describe legislative requirements for ventilation and their possible technical solution. The mathematical model of the family house is used to evaluate the technical solutions of ventilation according to energy intensity. It is based on the economic evaluation of variants.

Datum: 4.5.2020

Autor: Ing. Martin Kny, Ph.D., ČVUT v Praze, Univerzitní centrum energeticky efektivních budov [všechny články autora](#) Ing. Jan Vitouš, ČVUT v Praze, Univerzitní centrum energeticky efektivních budov

Recenzent: Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.

<https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/20606-vetraci-jednotky-s-tepelnym-cerpadlem-cast-1-energeticka-narocnost>