

Čerstvý vzduch a příjemně teplo

Kvalitní čerstvý vzduch je pro život nepostradatelný, ať už na pracovišti nebo doma. Zabezpečit větrání v pravidelných intervalech není také jednoduché. Správně by se mělo větrat každé dvě hodiny na 3 až 5 minut (i v noci!), ideálně napříč otevřenými okny. Kdo ale doopravdy takto větrá? Běžné větrání okny způsobuje značné tepelné ztráty, a proto se v zimě větrá o mnoho méně než je potřebné. Toto chování může s sebou nést řadu problémů, např. zvyšování relativní vlhkosti, růst plísní, zvyšování škodlivých látek atd. Kromě toho jsou tepelné ztráty běžným větráním pro pasivní domy příliš vysoké. Jejich nedílnou součástí jsou větrací jednotky s rekuperací odpadního tepla, které zabezpečují vynikající kvalitu vzduchu při minimálních tepelných ztrátách. Jednotky jsou tiché a úsporné, při větrání se nevytváří průvan. Čerstvý vzduch je neustále přiváděn do obytných místností, a to přesně v potřebném množství pro vysoký komfort a hygienu. Pro správnou funkci větrání je odpadní vzduch odváděn z míst se vznikem znečištění – kuchyň, WC, aby nedocházelo ke znehodnocení vzduchu v dalších prostorech. Oproti běžnému větrání zde nevzniká průvan. Rychlosti proudění vzduchu jsou velmi malé – řádově jen několik cm/s. Výměna vzduchu tedy probíhá prakticky necitelně a samozřejmě neslyšně. Teplo, které se odvádí při větrání z domu, je však možné zpětně využít. Tepelné ztráty řízeným větráním výrazně snižuje větrací jednotka se zpětným ziskem tepla, ve které odváděný vzduch odevzdává své teplo vzduchu přiváděnému. U pasivních domů je nutné použít rekuperační výměníky s účinností minimálně 80%, ve kterých se přiváděný vzduch ohřívá na téměř pokojovou teplotu. Jde o jednoduchý princip, kde je odpadní a čerstvý vzduch oddělen teplosměnnou plochou, přes kterou se teplo předává. U jednotek s vyšší účinností (více než 90%) se využívá protiproudého principu kanálového výměníku. Nasávaný (studený) a odpadní (teplý) vzduch proudí proti sobě v sousedních kanálcích, kde si odevzdávají teplo (obr. 2) Odpadní a čerstvý vzduch je oddělen a kvalita nasávaného vzduchu není ovlivněna. Větrací jednotka může být umístěna v technické místnosti, v podhledu stropu, ve sklepech a podkrovní nebo přímo v místnostech. Rozvody pro přívod a odtah jsou pak vedeny v podlaze, v podhledu pod stropem nebo ve stěnách. Další možností jsou přiznané pevné rozvody např. kruhové, které mohou také v interiéru působit efektně. Často je systém nuceného větrání doplňován o zemní výměník, přes který je vzduch nasáván. V zimě plní funkci protimrazové ochrany, v létě vzduch naopak předchlazuje.



Obr. 1 O kvalitní vnitřní prostředí a neustálý přísun čerstvého vzduchu se stará větrací jednotka. Jediné co většinou z celého systému zůstane vidět jsou vyústky a nasávací ventily, které lze vhodně zakomponovat do interiéru.

Výhody nuceného větrání s rekuperací tepla

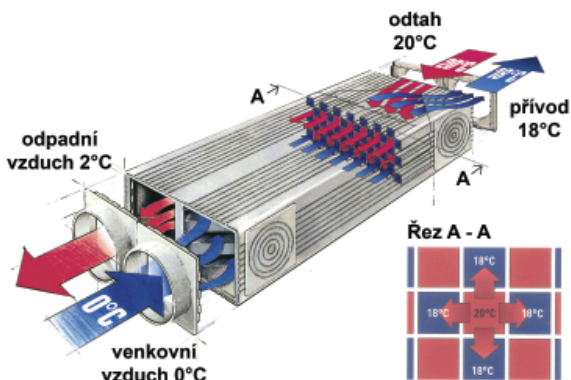
- 80% až 95% úspora energie oproti běžnému větrání během topné sezóny
- neustále čerstvý vzduch bez překračování koncentrace obsahu CO₂
- filtrovaný vzduch bez znečištění prachem a pyly – vhodné pro alergiky
- vysoký komfort – teplý vzduch bez průvanu a ochlazování konstrukcí
- bez hlukového zatížení – větrání se zavřenými okny
- kontinuální odvod vlhkosti – ochrana proti plísním
- bezobslužný provoz

Zpětný zisk tepla – rekuperace

Úspory energie

Tepelné ztráty větráním u pasivního domu bez použití nuceného větrání s rekuperací jsou příliš velké. Při intenzitě výměny vzduchu $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$ tepelné ztráty větráním činí kolem $30 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Použitím nuceného větrání s rekuperací s účinností nad 80 % se tyto ztráty sníží na hodnotu 5–8 kWh/(m²a).

Co vyjadřuje **účinnost rekuperace**, neboli **účinnost zpětného získávání tepla**? Udává jaká část tepla je využita (předána přiváděnému vzduchu) z celkového množství tepla obsaženého v odváděném vzduchu. Hodnoty se pohybují mezi 0 až 100 %, přičemž nulová účinnost je účinnost otevřeného okna, kde je teplý vzduch bez užítku odváděn a stoprocentní účinnost by byla tehdy, pokud by se přiváděný vzduch ohřál od odváděného na jeho původní teplotu. Reálně dosažitelné hodnoty účinnosti jsou 95% a za vynikající se považuje účinnost rekuperace nad 80%.



Obr. 2 Téměř dokonalou výměnu tepla mezi nasávaným čerstvým vzduchem a ohřátým odpadním vzduchem zajišťují rekuperační výměníky tepla. Bez jejich smíchání a narušení kvality vzduchu dosahují účinnosti až 95 %. Čerstvý vzduch je ohříván na teplotu blízkou pokojové a jenom zbylých pár stupňů je nutno dohřát.

Poměr výkon/příkon, neboli **výkonový faktor větracích jednotek**, udává poměr výkonu rekuperace (energetických úspor zpětnou výměnou tepla) a energie spotřebované na pohon ventilátorů. Vyšší výkonový faktor znamená větší úspory energie. Je-li výkonový faktor 10, je na každých 10 W uspořených rekuperací spotřebován chodem jednotky 1 W. Na výsledné hodnotě se významně podílí účinnost rekuperace, která je ovlivněna více faktory (viz dále). Stejně důležitá je spotřeba energie ventilátorů. Většina vysoce efektivních větracích jednotek využívá úsporných ventilátorů se stejnosměrným pohonem. Výkonový faktor takových jednotek se pohybuje v rozmezí 10–15, nejkvalitnější jednotky dosahují až hodnot 20.

Účinnost zpětného zisku tepla (ZZT), respektive celého systému, je přímo závislá na více faktorech – účinnosti samotného rekuperačního výměníku, průtoku vzduchu, možnosti využití kondenzačního tepla a stupni neprůvzdušnosti objektu. Účinnost udávaná výrobcí větracích jednotek je měřená v ideálních podmínkách a při provozu celého systému je nutno počítat s účinností o několik procent nižší, v závislosti na provedení celého systému.

Výměníky

V minulosti používané křížové deskové výměníky s účinností 50–70% jsou dnes nahrazovány protiproudými kanálovými výměníky, které dosahují účinnost až 95% (obr.). Mezi proudícími vzduchy je více styčných ploch, přes kterou je výměna tepla realizována a účinnost rekuperace klesá s narůstajícím objemem větraného vzduchu pomaleji.

Rekuperační výměníky, typy, účinnost

Schéma			
Typ výměníku	křížový	křížový protiproudý	protiproudý
Plocha výměníku [m ²]	4–10	6–14	17–60
Profil proudění (řez)			
Účinnost rekuperace [%] efektivní účinnost dle PHPP	50–70	70–85 (60–75)	85–99 (75–92)

■ křížový, ■ protiproudý

Obr. 3 Na účinnost zpětného zisku tepla má zásadní vliv druh použitého rekuperačního výměníku i jeho plocha. U pasivních domů se nejčastěji používá protiproudý výměník s účinností 85–95 %.

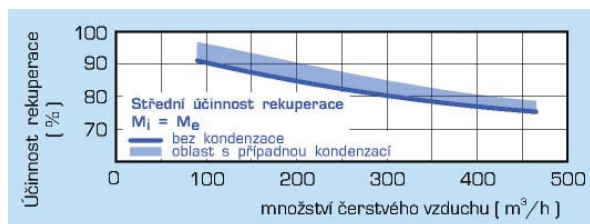
Průtok vzduchu a tlakové ztráty

Účinnost rekuperace je ve velké míře závislá od množství vzduchu procházejícího výměníkem. Pokud je průtok vzduchu větší než jaký byl dimenzován pro danou jednotku, účinnost rekuperace klesá. Ta je uvedená pro určitý objem vyměňovaného vzduchu, obvykle pro 25–60 % výkonu jednotky). Při větším výkonu než udávaném účinnost klesá, v některých případech až více než o čtvrtinu (zejména u malých výměníků). U vysoce kvalitních rekuperačních výměníků není snížení tak závažné. Obraz o průběhu účinnosti v závislosti na objemu větraného vzduchu nám udává křivka účinnosti, která by měla být součástí popisu každé jednotky. Špatně navržený větrací systém s vysokou tlakovou ztrátou zase vyžaduje provoz hnacích ventilátorů s větším příkonem na zabezpečení stejného větracího výkonu výměny vzduchu. Výsledkem je navýšení spotřeby elektřiny potřebné na provoz jednotky a zhoršuje se výsledná efektivita systému.

Na správné fungování systému větrání má zásadní vliv:

- těsnost a materiál rozvodů
- délka, průměr a trasování vedení
- správné umístění a použití distribučních elementů (výustek, odsávacích ventilů, atd.)
- výběr jednotky
- zaregulování systému na potřebné průtoky.

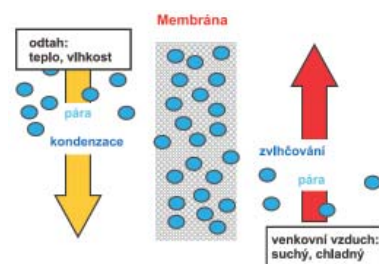
Návrh i instalaci větrání by proto měli provádět jen specialisté, kteří mají zkušenost s pasivními domy.



Obr. 4 Křivka znázorňuje snižování účinnosti při zvyšování průtoku vzduchu. Je-li objem vzduchu procházejícího výměníkem o mnoho vyšší než je projektováno, účinnost zpětného zisku tepla se může snížit až o 20 %.

Zpětný zisk vlhkosti

Některé systémy zpětného zisku tepla, například regenerační systém s rotačními prvky nebo i jiné, umožňují i zpětný zisk vlhkosti. Využitím latentního tepla obsaženého ve vlhkosti, může být celková účinnost zpětného zisku tepla i o málo vyšší než u běžných výměníků využívajících jen přenos citelného tepla. Jsou k dispozici i rekuperační výměníky, které mají teplosměnnou plochu z membrány umožňující zpětný zisk až 60 % vlhkosti. Tyto systémy mají význam zejména v místech, kde dochází k nadměrnému vysoušení vzduchu, např. vlivem malé obsazenosti v zimním období.



Obr. 5 Princip zpětného zisku vlhkosti ve výměnících používaných membránou.

Neprůvzdušnost konstrukcí

Značnou mírou se na účinnosti celého systému řízeného větrání s rekuperací tepla podílí neprůvzdušnost objektu. V případě pasivních domů je jasný předpoklad splnění stupně neprůvzdušnosti $n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$, který je nezbytný nejen kvůli tepelným ztrátám, ale i kvůli správnému fungování větrání.

Netěsnými spoji a konstrukcemi při větrání dochází k infiltraci a exfiltraci vzduchu, který neprochází rekuperačním výměníkem a vyměňuje se v podstatě „neřízeně“. Když je například účinnost celého systému 80 % při $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$, navýšením n_{50} na hodnotu $1,0 \text{ h}^{-1}$ se účinnost snižuje na 75 % a při $n_{50} = 2 \text{ h}^{-1}$ je účinnost menší než 60%! Obdobně na systém větrání působí otevírání oken, které by měli uživatelé zvážit zejména v zimním období.

Protimrazová ochrana rekuperačních výměníků

U vysoce účinných výměníků vyvstává potřeba protimrazové ochrany, protože odpadní vzduch je při velice nízkých venkovních teplotách ochlazován na teploty nižší než $0 \text{ }^\circ\text{C}$. Ohřátý odpadní vzduch nese sebou vlhkost, která ve výměníku při ochlazení kondenzuje a po zamrznutí může způsobit dočasnou nefunkčnost systému nebo i poškození výměníku. Nasávaný vzduch může být před vstupem do rekuperačního výměníku předeříván pomocí zemního výměníku tepla nebo elektrické spirály. Odpadní vzduch má pak po přechodu výměníkem teplotu, při které již nedochází k zamrznutí výměníku. Protimrazová ochrana je přímo součástí některých, zejména decentralních větracích jednotek.

Větrání a vytápění

Při účinnosti rekuperace 80 % a venkovní teplotě $-15 \text{ }^\circ\text{C}$ má vzduch po přechodu rekuperační jednotkou teplotu asi $15\text{--}17 \text{ }^\circ\text{C}$. Na pokrytí tepelných ztrát objektu, i když jsou malé, je potřeba do domu dodat potřebné teplo. V pasivních domech se využívají dvě koncepce vytápění: teplovzdušné vytápění, kde je nosičem tepla přímo vzduch, nebo vytápění klasickými zdroji tepla s jiným topným médiem (stropní, stěnové a podlahové vytápění nebo i přímotopné panely a radiátory).

Teplovzdušný systém vytápění

U pasivních domů platí pravidlo, čím méně techniky a rozvodů, tím lépe. Rozvod vzduchu lze současně využít k distribuci tepla a nahrazuje se tím klasická otopná soustava. Teplo dodávané do vzduchu slouží nejen pro samotné dohřátí vzduchu, ale hlavně na pokrytí tepelných ztrát místností. Sloučení řízeného větrání a teplovzdušného vytápění může šetřit pořizovací náklady a k vytápění pasivních domů se toto řešení často využívá. Teplovzdušné vytápění lze realizovat jen u objektů s velmi nízkou tepelnou ztrátou. Omezení vyplývá z faktu, že vzduch jako teplotonosná látka má nízkou schopnost vést teplo a současně je maximální teplota vzduchu z hygienických důvodů omezena na $50 \text{ }^\circ\text{C}$. Při vyšší teplotě již dochází k rozkladu částic prachu, což zhoršuje kvalitu vzduchu. Ohřev vzduchu zpravidla zajišťuje nízkoteplotní teplovodní výměník zapojený do systému na ohřev teplé vody, případně elektrický ohřivač. Samotný ohřivač může být umístěn centrálně pro všechny větve nebo před každou vyústkou, což zajišťuje lepší regulovatelnost teplot v místnostech. Regulování teplot uzavíráním klapek jednotlivých větví se z hygienických důvodů nedoporučuje. Zároveň se snižováním výkonu přivedeného do místnosti se totiž snižuje i množství větracího vzduchu. U teplovzdušného systému je nutné tepelně izolovat rozvody min. 30–50 mm izolace ve vytápěném prostoru, aby nedošlo k úbytku výkonu na vyústkách.

Výhodou teplovzdušného vytápění oproti sálavým zdrojům tepla je pružnost systému reagovat na změny teplot. Takový systém pak vykazuje větší úspory na vytápění, protože tepelné zisky, ať už solární nebo vnitřní, jsou tak využívány efektivněji. Naopak nevýhodou zůstává, že u teplovzdušného systému se intenzita větrání určuje primárně na tepelné ztráty, které je ohřátým vzduchem potřeba pokrýt, a ne na hygienicky potřebnou výměnu vzduchu.



Obr. 6 Nízkoteplotní teplovodní nebo elektrický ohřivač přiváděného vzduchu umožňuje efektivní spojení větrání a teplovzdušného vytápění. Odpadá zde potřeba dalších rozvodů a klasického otopného systému při stejném komfortu.

Systémy teplovzdušného vytápění lze rozdělit na:

- **teplovzdušné vytápění bez cirkulace** – přiváděný čerstvý vzduch po přechodu rekuperačním výměníkem je ohříván na teplotu do 52 °C, po vyvětrání a vytopení je odsáván a vyměňován za čerstvý. Tento systém je používán zejména v zahraničí, kde není cirkulace odpadního vzduchu povolena. V zimním období na pokrytí tepelných ztrát domu je však často nutné vyměňovat větší množství vzduchu než je hygienicky nutné, což může mít za následek vysušování vzduchu v místnostech. Proto je nutné striktně dodržet limit na topnou zátěž systému 10 W/m², což je hodnota v ČR dosažitelná jen v minimu případů. Při vyšších tepelných ztrátách je nutné kombinovat teplovzdušné vytápění s dodatečnými zdroji tepla (kamna, sálavé panely či fólie, atd.), které jdou jen po určitou krátkou část topného období. Nevýhodou je kombinace zdrojů tepla, na druhé straně je systém jednodušší a spotřeba elektriny na pohon ventilátorů je nižší než v případě cirkulace.
- **teplovzdušné vytápění s cirkulací (tzv. dvouzónové větrací jednotky)** – stejně tak jako v předchozím případě čerstvý vzduch a po přechodu rekuperačním výměníkem je ohříván a přiváděn do místnosti. Samostatnou větví je pak z obytných místností vzduch odsáván, znova dohříván a vrácen zpět. Odpadní znečištěný vzduch je v domě vyměňován za čerstvý buďto nárazově (po užití WC nebo kuchyně), nebo směšováním určitého hygienicky potřebného množství pomocí klapky v jednotce. To umožňuje systému pokrýt i vyšší tepelné ztráty pomocí cirkulace, bez narušení hygieny vnitřního prostředí a vysušování vzduchu. V letním období tento výkonnější systém zase umožňuje větší chladicí výkon díky většímu objemu větracího vzduchu. Určitou nevýhodou je složitější rozvodný systém (jedna větev navíc pro cirkulaci) a rozvody o větším průměru.

Oba zmíněné systémy teplovzdušného vytápění poskytují při správném návrhu stejný komfort za přibližně stejné vstupní náklady. Každý z nich má malé odlišnosti na které je potřeba brát ohled během návrhu, ve výsledku však dosahují stejného uživatelského komfortu.

Kombinace nuceného větrání a klasického vytápění

Při použití konceptu samotného nuceného větrání s rekuperací se distribuce tepla realizuje klasickým způsobem – radiátory, stěnovým nebo podlahovým topením. V koupelně se standardně navrhuje topný žebřík nebo podlahové topení. Výhodou je, že u pasivních domů nemusí být umístěny zdroje tepla u oken, protože povrchové teploty skla jsou vyšší a nedochází zde ke kondenzaci vlhkosti. Je ovšem nutno zabezpečit kvalitní regulaci a přiměřený výkon těchto zdrojů. V konečném výsledku je možné se dostat na podobné pořizovací náklady jako u teplovzdušného vytápění. Možností jak zjednodušit celý systém, může být použití malého otopného tělesa v místě nadedvěrní vyústky (viz obr. 7). Část tepla ohřívá vzduch a další tvoří sálavou složku. Řešení poskytuje dobrou regulovatelnost, při krátkých rozvodech a nízké pořizovací ceně.



Obr. 7 Kombinace větrání a otopného zdroje v místě vyústky poskytuje dobrou regulovatelnost a nízké vstupní náklady.

Pro objekty, kde je požadováno, aby byla regulovatelná každá místnost zvlášť, je realizace odděleného topného systému nutností. Výhodou je, že teplo produkované sálavými systémy je pro uživatele příjemnější (fyzicky jsme zvyklí na sálavou složku tepla), a někdy lze dosáhnout snížení vnitřní teploty v obytných místnostech při dosažení stejné tepelné pohody jako u teplovzdušného systému. Vytápění přímotopy (infrapanely, sálavými fóliemi, apod.) sice poskytuje vysoký uživatelský komfort a nízké vstupní náklady, což je vyváжено provozními náklady o hodně vyššími než teplovodní systémy, kde je zdroj využíván i na přípravu teplé vody. Problémem zůstává i případná výměna zdroje, jelikož chybí příprava otopné soustavy.

Při kombinaci krbu nebo kamen s nuceným větráním je nutné zabránit vzniku podtlaku, aby nedocházelo k nedokonalému spalování a nasávání spalin do objektu. Rovnotlaký nebo ideálně mírně přetlakový režim zabezpečí správné fungování spalovacího zařízení a vyloučí nebezpečí otravy unikajícími plyny. Vhodnější jsou určité kamna s externím přívodem vzduchu.

Letní chlazení

Noční větrání ve spojení s vyváženým návrhem oken a jejich stínění je nejjednodušším způsobem jak zabezpečit letní komfort. Běžné pasivní domy v našich klimatických podmínkách nepotřebují žádné doplňkové chladicí zařízení jako klimatizace a jiné. Systém nuceného větrání spolehlivě funguje i v době, kdy by přirozené větrání okny v důsledku malého pohybu vzduchu nefungovalo. Větrací jednotky obvykle obsahují letní režim, kde odpadní vzduch prochází kolem výměníku tepla přes by-pass, a neohřívá nasávaný chladný vzduch. Na předchlazení vzduchu se může současně použít zemní výměník tepla. Jeho chladicí výkon je sice omezený, ale při správné koncepci domu postačuje na udržení letních teplot v interiéru pod 26 °C.

Větší budovy mohou využít systém šetřícího „pasivního chlazení“. Chlad nebo teplo z geotermálních vrtů se předává do betonových stropů, které nejsou tepelně odděleny od vnitřního prostředí. Vzniklé velké sálavé plochy jsou schopny při velice malém teplotním rozdílu několika stupňů zabezpečit komfortní vnitřní prostředí. Na to vše je potřeba místo náročných klimatizačních jednotek pouze šetrná oběhová čerpadla.

Centrální nebo decentrální koncepce větrání?

Obecně rozlišujeme centrální a decentrální koncepci větrání, pak jejich kombinace – semicentrální koncepce. Semicentrální koncepce využívá výhod jednoho i druhého řešení a je vhodná např. pro vícepodlažní pasivní domy.

Centrální koncepce větrání

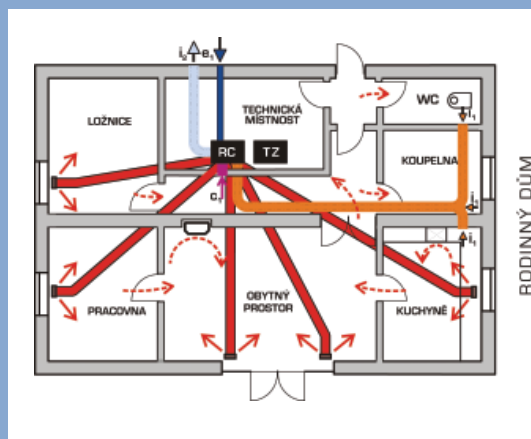
Centrální řešení obsahuje jednu větrací jednotku s rekuperací pro celý objekt (nebo ucelenou část u větších objektů). Tuto koncepci větrání využívají zejména rodinné domy, ale i jiné objekty, kde do jednotlivých místností jsou vedeny rozvody pro přívod nebo odtah vzduchu. Systém větrání je zde často doplňován o teplovzdušné vytápění, které pokrývá veškeré potřeby tepla na vytápění. Větrací jednotka by měla být umístěna s ohledem na délku a optimální umístění rozvodů. Tento systém je nejvhodnější pro novostavby, kde lze už v projektu uvažovat s vedením rozvodů vzduchu.

Decentrální koncepce větrání

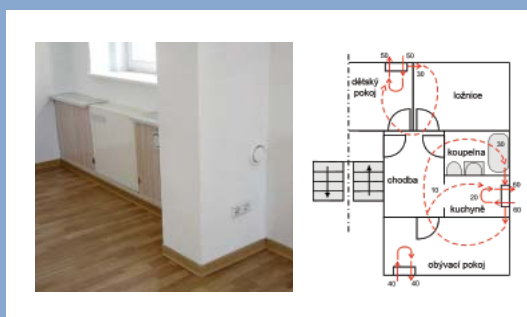
Decentrální koncepce větrání uvažuje s odvětráním jednotlivých místností (nebo bytových jednotek) samostatnými menšími větracími jednotkami. Toto řešení je použitelné hlavně u malých prostor, které mají zabezpečené vytápění jiným než teplovzdušným způsobem – např. kanceláře, rekonstruované objekty, panelové domy a podobně. Výhodou je vynikající regulovatelnost a jednoduchost vedení s minimálním počtem a délkou rozvodů. Více místností je možno odvětrat více malými jednotkami s nerovnoměrně nastaveným množstvím přívodu a odtahu vzduchu, čímž je zabezpečeno kvalitní příčné provětrání místností. Decentrální jednotky jsou menší, redukován je počet a délka rozvodů, což zjednodušuje jejich umístění v prostoru. Dimenzovány jsou povětšinou na menší objemy větraného vzduchu do 150 m³/h.

Semicentrální koncepce větrání

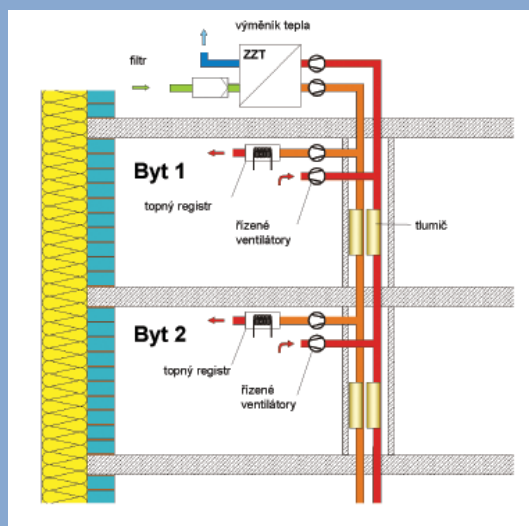
Vychází z kombinace obou výše uvedených způsobů větrání a snaží se využívat jejich výhod. Využívá se zejména u vícepodlažních objektů, např. renovace panelových domů, kde je centrální řešení kvůli délce rozvodů, složité regulovatelnosti a rozdílným větraným vzduchům prakticky nerealizovatelné. Decentrální řešení je zase příliš nákladné. Optimálním kompromisem je použití centrálního rekuperačního výměníku, který využívají všechny decentrální větrací jednotky zapojené v systému. Předehřev a rekuperace je tedy realizována centrálně. Často se využívají i centrální ventilátory pro přívod a odtah, které vyrovnávají tlakovou nerovnováhu systému. Decentrální jednotky použité pro jednotlivé části jsou pak vybaveny jen ventilátory a případným dohřevem vzduchu, jedná-li se o teplovzdušné vytápění. Výsledkem semicentrálního konceptu větrání jsou pak odůvodnitelné náklady, které mohou být nižší než při centrální nebo decentrální koncepci. Zjednodušen je odečet spotřeby tepla a elektřiny, kde každá bytová jednotka má vlastní spotřebu energie i topný registr. V neposlední řadě také údržba celého systému, výměna filtrů a případné opravy jsou výrazně snadnější.



Obr. 8 Centrální umístění jednotky je vhodné pro rodinné domy i větší objekty. Na obrázku je vedení rozvodů větrání a teplovzdušného vytápění s cirkulací, s kanály vedenými podlahou. S umístěním jednotky a rozvodů je ovšem nutno počítat již v počátečních návrzích, zejména s ohledem na přístup k jednotce a délku rozvodů.



Obr. 9 Efektivní větrání prostor lze zabezpečit i malými nástěnnými jednotkami. Zvláště výhodné pro větrání malých prostor nebo rekonstruovaných objektů. Umístění jednotky je zde řešeno jednoduchým způsobem s malými nároky na prostor a s minimálním počtem a délkou rozvodů.



Obr. 10 Pro vícepatrové objekty je optimální řešení semicentrální koncepce větrání. Pořizovací náklady jsou menší než u decentrálního řešení, využívá se totiž společný centrální předehřev a rekuperační výměník.



Plánování, provoz a údržba

Výběr jednotky a správné navržení je v podstatě nejdůležitější pro správnou funkci větrání a spokojenost uživatele, a proto by měl být ponechán na specialistech. Nepohodlí a zhoršená kvalita vzduchu není většinou způsobena chybou samotného systému, ale jeho návrhem a zaregulováním, případně nedodržením uživatelských zásad.

Norma stanovuje minimální intenzitu výměny vzduchu 0,5 h⁻¹ při větrání okny. Tato hodnota je nastavena na běžné objekty, aby se zde v zimním období udržela nízká relativní vlhkost. Snižuje se tím riziko kondenzace vodních par na ochlazovaných místech a následného vzniku plísní. U pasivních domů již toto riziko nehrozí. Naopak v zimním období se právě snažíme vzniku nadměrně suchého vzduchu zabránit. Hygienicky nezbytná základní výměna vzduchu je určena na 0,25–0,3 h⁻¹ a vychází z reálních potřeb čerstvého vzduchu pro obyvatele. Intenzita výměny vzduchu na osobu by měla být 25–30 m³/h (dle aktivity osob), což dokazují četné statistiky, výpočty a měření. Požadavky na odvětrávání zatěžovaných prostor jak jej určuje norma [3] jsou:

- kuchyně: 40–60 m³/h
- koupelny: 40–60 m³/h
- WC: 20–30 m³/h.

Zásady návrhu

Vhodný návrh rozvodů s ohledem na kvalitní odvětrání prostor, potřebné objemy větraného vzduchu, minimální délku rozvodů a možnost pravidelných kontrol rozhodujícím dílem přispívá na celkové funkčnosti systému. Následující zásady platí pro většinu systémů větrání.

- vysoká těsnost rozvodů, spoje přelepit
- rozvody přiváděného vzduchu je nutné izolovat v případě teplovzdušného vytápění min. 30–50 mm izolace, aby nedocházelo k úbytku výkonu na výústce
- chladné vedení (nasávaný čerstvý vzduch a odpadní po přechodu rekuperačním výměníkem) nutné izolovat parotěsnou izolací min. 50–80 mm kvůli kondenzaci vlhkosti na chladném potrubí
- materiál rozvodů – pevné pozinkované nebo plastové potrubí, kruhového nebo obdélníkového průřezu je vhodnější z hlediska čistitelnosti a tlakových ztrát než ohebné hadice s harmonikovým vnitřkem (tzv. flexihadice); ty umožňují větší variabilitu v prostoru, ale jsou náchylnější na poškození
- prevence udržení čistoty rozvodů pravidelně měněnými filtry
- během realizace stavby a dalších prací s větší prašností je nutné chránit potrubí proti vniknutí nečistot



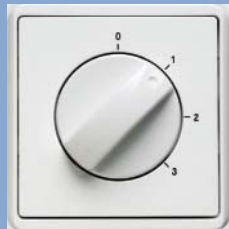
Obr. 11 Ukázka čistého provedení pomocí pevných rozvodů, které si vyžaduje i návrh trasování (vlevo). Chladné potrubí je izolováno parotěsnou izolací aby nedocházelo na jeho povrchu ke kondenzaci vlhkosti.

Použití rozvodů v stropě, stěnách nebo v podlaze? Z hlediska provětrání prostor jsou při správném návrhu tyto varianty shodné. Výhodou podstropního vedení jsou kratší rozvody, které zpravidla vedou v sníženém podhledu komunikačních prostor s použitím nadedvěrních výústek (viz obr. 12). Také lze lépe koordinovat profese během stavby, kde se rozvody instalují až po dokončení hrubých prací. Různé druhy výústek, větracích mřížek, dýz a dalších distribučních prvků jsou k dispozici pro všechny typy instalací.



Obr. 12 Rozvody v podlaze a pod stropem. Důležité nezapomenout na revizní otvor.

Snadná přístupnost k jednotce, je nezbytným předpokladem pro pravidelnou údržbu systému. Výměnu filtrů je nezbytné provádět v závislosti na prašnosti lokality 2 až 4krát ročně. Filtr nasávaného vzduchu i na odtahu vzduchu garantuje čisté rozvody i rekuperační výměník. Samotný výměník lze u většiny jednotek vyjmout a vyčistit. Nezbytným prvkem systému jsou **tlumiče hluku**. Umístěné centrálně nebo dle potřeby před jednotlivé větve zabraňují přenosu hluku z jednotky i telefonickému šíření hluku mezi místnostmi. Dodrženy by měly být hodnoty akustického tlaku v obytných místnostech < 25 dB a v technické místnosti < 35 dB. Tento požadavek je naprosto prioritní zejména u bytových domů.



Obr. 13 Možnost ovládní je více. Pro většinu uživatelů je vhodný nejjednodušší třípólový ovladač

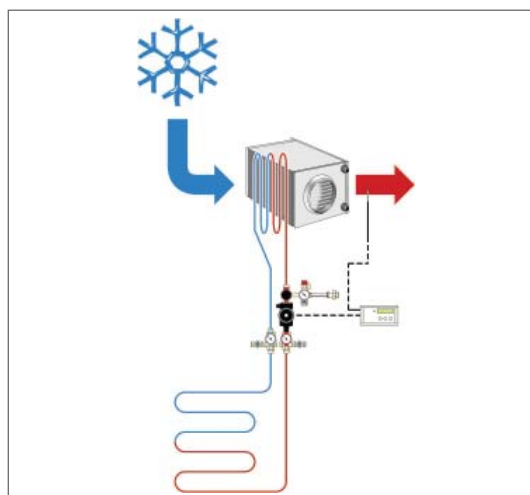
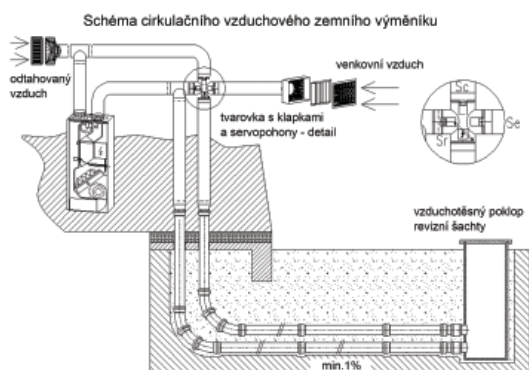
Odvětrání kuchyní by mělo být realizováno cirkulační digestoří s umyvateľným filtrem z tahokovu na zachycení tuků a místem pro odtah odpadního vzduchu.

Nevhodné je umístit fasádní nasávání nízko nad zemí, ideálně ve výšce asi 3 m a na severní fasádě, kde v letním období nedochází k tak výraznému ohřívání vzduchu. Výfuk musí být od nasávání vzdálen min. 1,5 m, kvůli riziku znečištění nasávaného vzduchu.

Přehřev a předchlazení zemním výměníkem

Zemní výměník tepla (ZVT) kromě funkce protimrazové ochrany rekuperačního výměníku v zimě, zabezpečuje v létě účinné předchlazení nasávaného vzduchu. Rozlišují se dva druhy zemních výměníků dle druhu teplotonosného média – **vzduchový** nebo **kapalinový (tzv. solankový)**. Princip je stejný u obou. Využíváno je teplo Země, které má v hloubce asi 1,5–2 m přibližně konstantní teplotu v zimě 4–8 °C a v létě 10–14 °C. Teplotonosné médium, které prochází potrubím zakopaným v zemi, se na přiměřené délce ohřívá nebo ochlazuje. V zimě je možné pomocí ZVT přehřát nasávaný vzduch na teplotu 0–5 °C, v létě zas předchladit na teplotu 16–22 °C.

Vzduchový ZVT se navrhuje v délce min. 20 m dle množství větracího vzduchu. Provedení může být **přímé** nebo **cirkulační** („dvoutrubkové“ vedení – poloviční délka výkopu). Předdimenzování délky nemá zásadní vliv na výkon ZVT a je prakticky zbytečné. Určující je minimální délka potřebná pro protimrazovou ochranu. Větraný vzduch prochází přímo potrubím, z čeho plynou výhody stejně jako rizika. Není potřeba oběhového čerpadla, čímž dochází k úsporám energie oproti solankovému ZVT. Ovšem kvalitní nezávadný vzduch je nejdůležitější a zde je vzduchový ZVT rizikovější. Je naprosto nezbytné aby potrubí, přes které je vzduch nasáván bylo hygienicky nezávadné. Základní požadavek je, aby potrubí bylo po celou dobu životnosti výměníku dokonale těsné proti průniku vlhkosti a plynů z půdy. V případě netěsnosti může pronikat do potrubí například radon a být přímo nasáván do objektu. Kvalita provedení se nesmí podceňovat a vhodnější je používat přímo materiály na tento účel určeny – potrubí PP (vyrábí se i s vnitřní antibakteriální vrstvou) nebo kanalizační potrubí KG PP s hrdlovými spoji. Běžné PVC kanalizační potrubí negarantuje v případě sedání podloží dostatečnou těsnost. Nasávací šachta musí obsahovat filtrování – prachový filtr hrubý (tahokov, plastová síťka) a jemný (min. třída F7 nebo G4 – potřeba měnit 2x za rok). Zaprášené potrubí, kde se v letním období tvoří kondenzát, vytváří ideální prostředí pro množení bakterií. Je nutné pokládat potrubí v min. spádu 1–2% a v nejnižším místě instalovat odvod kondenzátu, nejlépe přímo do kanalizace. Potrubí ZVT musí být snadno čistitelné a tedy se zlomy max. 45°, perioda čištění jednou ročně. Systém obsahuje venkovní nasávací šachtu (průměr min 800 mm, kvůli možnosti revizí), potrubí, tvarovku s klapkami a servopohonem.



Obr. 14 Schéma a zapojení kapalinového zemního výměníku tepla.



Solankový ZVT se navrhuje v délce 0,5 násobku objemu nasávaného vzduchu, z materiálu PE HD DN 32–40, který je odolný vůči bodovému zatížení. Rozvody nevyžadují revize ani zvláštní pozornost při ukládání. Provozní náklady navyšuje chod čerpadla a nutnost výměny nemrznoucí kapaliny po několika letech provozu. Náklady šetří kvalitní regulace, která dle teploty nasávaného vzduchu, spíná nebo vypíná oběhové čerpadlo a tudíž je roční spotřeba takového systému jen kolem 50 kW. Systém obsahuje navíc proti vzduchovému ZVT výměník tepla voda-vzduch, potrubí, nemrznoucí kapalinu, oběhové čerpadlo, topnářské napojení a expanzní nádobu.

Doporučení pro pokládku ZVT:

- hloubka 1,5–2 m dle charakteru zeminy
- obsyp zeminou, ve které nesmí být písek, štěrk a další izolanty, doporučená zemina – vlhká, jílovitá půda
- vzdálenost sousedních potrubí vzduchový ZVT – 700 mm, solankový 500 mm

Obr. 15 Schéma vzduchového ZVT. Využívá zemské teplo v hloubce 1,5–2 m. Vzduchovým ZVT prochází přímo nasávaný vzduch u solankového probíhá okruhem nemrznoucí kapalina poháněna malým čerpadlem a nasávaný vzduch se ohřívá přechodem přes výměník tepla.

Závěr

Kvalitně navržený a realizovaný systém větrání má zásadní vliv na kvalitu vnitřního prostředí v pasivním domě a současně na pohodlí uživatelů. a měl by splňovat následující doporučení:

Návrh

- správný výběr jednotky pro daný prostor a užívání objektu, její správné dimenzování, co nejlepší výkonový faktor, malá hlučnost
- krátké rozvody, jejich odhlučnění, možnost revizí, izolace min. 30 mm při teplovzdušném vytápění
- protimrazová ochrana výměníků
- kvalitní a jednoduchá regulace – lépe méně režimů a srozumitelné pro uživatele

Realizace

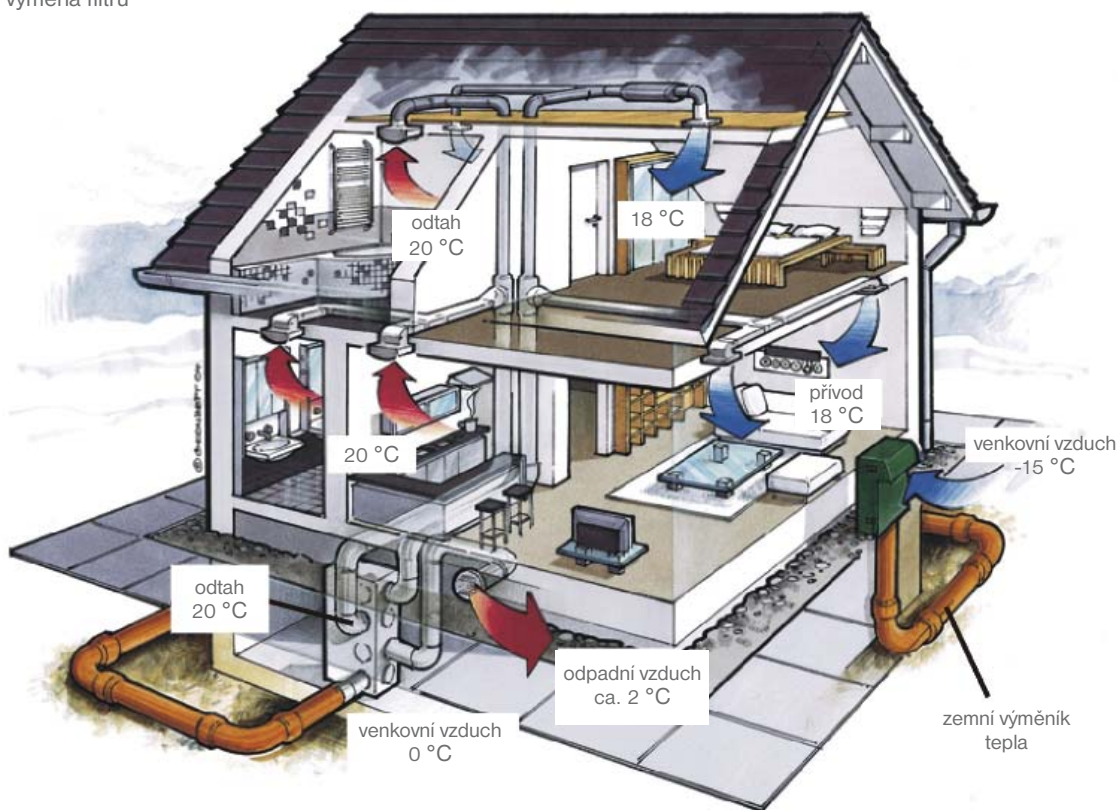
- dokonalá těsnost systému i samotné jednotky
- ochrana rozvodů proti prašnosti během stavby
- komunikace mezi profesemi (kvůli dostupnosti k rozvodům, časové následnosti a ochraně vedení)
- zaregulování systému

Provoz

- obeznámení uživatelů se systémem a dodržování uživatelských zásad pro správný chod systému
- pravidelná údržba v doporučených intervalech – revize, čištění, výměna filtrů

Doporučená a použitá literatura

- [1] FEIST, W.: Lüftung im Passivhaus, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 4, Passivhaus Institut, Darmstadt, 1998
- [2] PAUL, E.: Rekonstrukce s větráním – umístění jednotky a nové varianty větrání v domech a bytech, Sborník z konference Pasivní domy 2007, Brno 2007
- [3] DIN 1946-6, Raumlüftungstechnik - Teil 6: Lüftung von Wohnungen; Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung
- [4] www.atrea.cz
- [5] www.paul-rekuperace.cz
- [6] www.drexel-weiss.cz
- [7] www.rehau.cz
- [8] www.sole-ewt.de



Obr. 16 Ukázka větracího systému v rodinném domě

Vydalo:

Centrum pasivního domu
Údolní 33, 602 00 Brno

Autor textů: Juraj Hazucha

Fotografie: Paul Wärmerückgewinnung, Atrea,
Jan Bárta, Solární systémy, Netec Energietechnik,
Vladimír Štefek, Passivhaus Institut

© 2010 Centrum pasivního domu

www.pasivnidomy.cz