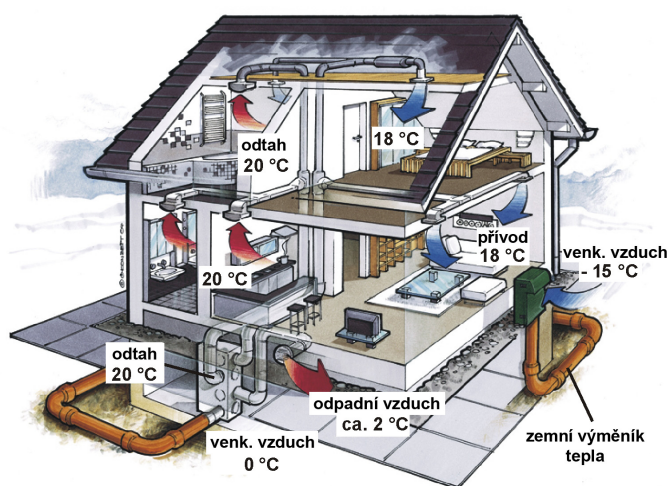


# Pasivní domy

## Větrání teplovzdušné vytápění

### Čerstvý vzduch a příjemné 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 (i v noci!) na 3 až 10 minut otevřenými okny, ideálně 2 okny a dveřmi. Kdo ale doopravdy takhle větrá? Běžné větrání okny způsobuje značné tepelné ztráty a proto se v zimě omnoho méně než je potřebné. Toto chování s sebou nese řadu problémů, např. vznik plísní, zvyšování škodlivých látek, atd. Kromě toho jsou tepelné ztráty běžným větráním příliš velké pro pasivní domy. Jejich nedílnou součástí jsou větrací jednotky s rekuperací odpadního tepla, které zabezpečují vynikající kvalitu vzduchu za minimálních tepelných ztrát. Jednotky jsou tiché a úsporné, při větrání se nevytváří průvan.



**Obr.1** Ukázka systému větrání s rekuperací tepla v rodinném domě.

### Jak větrání funguje?

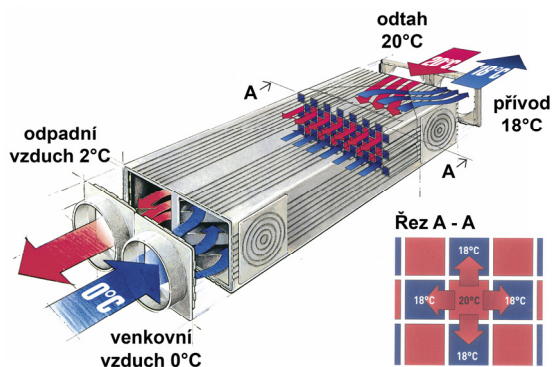
Čerstvý vzduch je neustále přiváděn do obytných místností a to přesně v potřebném množství pro vysoký komfort a hygienu.

Pro správnou funkci větrání je odpadní vzduch odváděn z míst se vznikem znečištění – kuchyň, WC, aby nedocházelo ke kontaminaci dalších prostor. Naproti běžnému větrání zde nevzniká průvan a jelikož se jedná o pomalé proudění vzduchu o rychlosti jen několik cm/s, probíhá výměna vzduchu prakticky necitelně. Tepelné ztráty řízeným větráním eliminuje rekuperační výměník, ve kterém 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 odpadní a čerstvý vzduch proudí proti sobě v sousedních kanálcích a předávají si teplo (obr. rekuperační výměník) Jelikož se mezi sebou nesmíchávají, kvalita nasávaného vzduchu není porušena. Větrací jednotka může být umístěna v technické místnosti, v podhledu stropu, ve sklepě a podkroví nebo přímo v místnostech. Rozvody pro přívod a odtaž jsou pak vedeny v podlaze, v stropě nebo ve stěnách. Další možností jsou viditelné kanály, některé lze omítat a tím je začlenit do prostoru. Velice často je systém nuceného větrání doplňován o zemní výměník, přes který je vzduch nasáván. V zimě plní funkci protimrazové ochrany, v létě naopak chlazení.

### Výhody nuceného větrání s rekuperací tepla

- 80% až 95% úspora energie oproti běžnému větrání
- neustále čerstvý vzduch bez překračování koncentrace obsahu CO<sub>2</sub>
- filtrovaný vzduch bez znečištění prachem a pyly – vhodné pro alergiky
- vysoký komfort - teplý vzduch bez průvanu a ochlazování konstrukcí
- bez hlučového zatížení – větrání se zavřenými okny

- kontinuální odvod vlhkosti – ochrana proti plísním



**Obr.2** 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.

## Úspory energie

Tepelné ztráty větráním u pasivního domu bez použití nuceného větrání s rekuperací jsou příliš velké. Při intenzitě výměny větrání  $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$  ztráty činí asi  $35 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Použitím nuceného větrání s rekuperací s účinností 80% se tyto ztráty zmenší na hodnotu asi  $8 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ .

Poměr výkon/příkon, neboli **výkonový faktor větracích jednotek** -  $\varepsilon$  udává poměr výkonu rekuperace (energetických úspor zpětnou výměnou tepla) a energie spotřebované na pohon ventilátorů. Vyšší výkonový faktor znamená větší úspory energie. Při výkonovém faktoru 10 je na každých 10W uspořených rekuperací spotřebován chodem jednotky 1W.

Na výsledné hodnotě se významně podílí účinnost rekuperace je ovlivněna více faktory (viz dále). Stejně důležitá je spotřeba energie ventilátorů. Většina vysoce efektivních větracích jednotek využívá úsporných ventilátorů se stejnoměrným pohonem. Výkonový faktor takových jednotek se pohybuje v rozmezí 10 – 15 výjimečně 20.

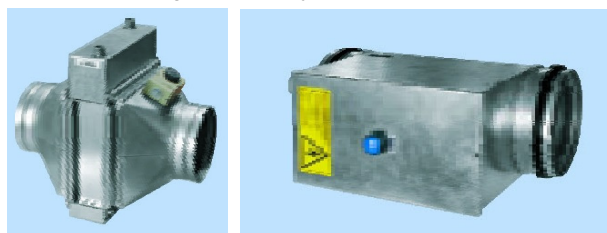
## Ohřev vzduchu

Při účinnosti rekuperace 80% a venkovní teplotě  $-15^\circ\text{C}$  má vzduch po přechodu rekuperační jednotkou teplotu asi  $15^\circ\text{C}$ . Zbýlý rozdíl od pokojové teploty je nutno dohřát. Využívají se dvě koncepce dohřevu vzduchu po přechodu rekuperační jednotkou: teplovzdušné vytápění nebo vytápění sálavými zdroji tepla (stěnové a podlahové vytápění nebo i přímotopné panely a radiátory).

## Teplovzdušný systém vytápění – ideální řešení pro pasivní domy

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. Sloučení řízeného větrání a teplovzdušného vytápění šetří pořizovací náklady a k vytápění obytných prostor se toto řešení využívá nejčastěji. Teplovzdušné vytápění lze realizovat jen u pasivních domů,

s výjimkou cirkulačního větracího systému, který je použitelný i u domů s větší tepelnou ztrátou. Omezení vyplývá z faktu, že vzduch jako médium má nízkou schopnost vést teplo a současně maximální teplota, na kterou lze vzduch ohřát je  $50^\circ\text{C}$ . Při vyšší teplotě již dochází k rozkladu částic prachu, což zhoršuje hygienickou kvalitu vzduchu. Ohřev vzduchu zpravidla zajišťuje nízkoteplotní teplovodní výměník zapojený do systému na ohřev teplé vody, nebo elektrická spirála. Samotný ohřivač může být umístěn centrálně pro všechny větve nebo před každou vyústkou (obr. výměník, mini ohřivač), což zajišťuje lepší regulovatelnost teplot v místnostech. Regulování teplot uzavíráním klapek jednotlivých větví a snižováním objemu přiváděného vzduchu se z hygienických důvodů nedoporučuje. Výhodou teplovzdušného vytápění oproti sálavým zdrojům tepla je rychlý zátop s pružnou regulací teploty.



**Obr.3** 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 ne-li vyšším komfortu.

## Sálavé zdroje tepla

Při použití konceptu samotného nuceného větrání s rekuperací se dohřev vzduchu realizuje klasickým způsobem – radiátory, stěnové 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. Je ovšem nutno zabezpečit kvalitní regulaci a přiměřený výkon těchto zdrojů. Takové řešení poskytuje možnost kvalitní regulace teplot v jednotlivých místnostech, i když za vyšší pořizovací náklady. Mnohdy i teplovzdušný systém vytápění bývá doplňován o záložní sálavý zdroj – např. malé teplovodní kamínka na dřevo nebo peletky. V koupelně se standardně navrhuje topný řebřík nebo podlahové topení.

## Účinnost rekuperace

Účinnost zpětné výměny tepla je přímo závislá od více faktorů – účinnosti samotného rekuperačního výměníku, průtoku vzduchu, možnosti využití kondenzačního tepla, tlakové ztráty systému a stupně neprůvzdušnosti. Účinnost udávaná výrobcí rekuperačních jednotek je měřená v ideálních podmínkách bez tlakových ztrát. Při provozu celého systému je nutno počítat s účinností o 10% menší.

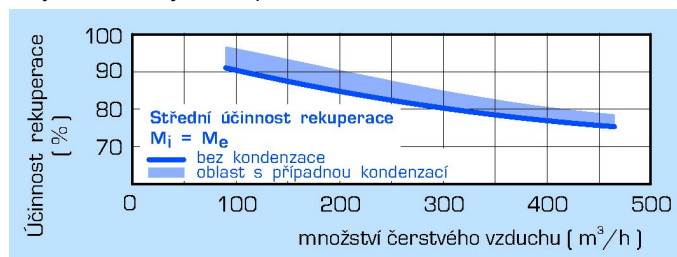
## Výměníky

V minulosti používané křížové deskové výměníky s účinností 50 – 70% jsou nahrazovány protiproudými kanálovými výměníky, které dosahují účinnosti až 95% (obr. paul). Mezi proudícími vzduchy je více styčných ploch, přes kterou je výměna tepla realizována. U vysoce účinných výměníků vystává potřeba

protimrazové ochrany, protože odpadní vzduch je při velice nízkých venkovních teplotách ochlazován na teploty nižší než 0°C. Ohřátý odpadní vzduch nese sebou vlhkost, která ve výměníku při ochlazení kondenzuje a může zamrznat. Nasávaný vzduch před vstupem do rekuperačního výměníku je potřeba předehřát pomocí zemního výměníku nebo elektrické spirály na teplotu nad bodem mrazu, a odpadní vzduch pak po ochlazení má kladnou teplotu.

### Průtok vzduchu a tlakové ztráty

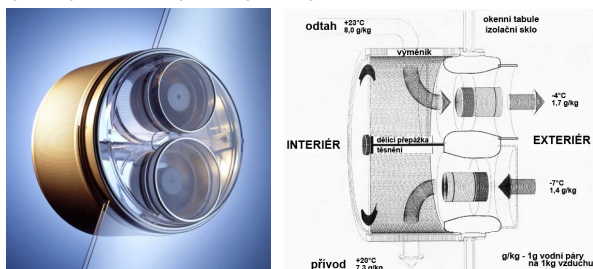
Účinnost rekuperace je ve velké míře závislá od množství vzduchu procházejícího výměníkem. Jestli je průtok vzduchu větší než li dimenzovaný pro danou jednotku, účinnost rekuperace klesá (obr. křivka účinnosti atrea). Obdobně je tak při velkých tlakových ztrátách systému, je nutno do systému přes výměník přivádět větší množství vzduchu než je projektováno. To kromě snížení účinnosti rekuperace navyšuje i spotřebu elektřiny ventilátorů. Na správné fungování systému větrání má tedy zásadní vliv těsnost systému rozvodů, délka a průměr rozvodů, správný výběr jednotky a kvalitní návrh systému větrání a rozvodů. Návrh větrání by proto měli provádět jen specialisté, kteří mají zkušenost s pasivními domy. Pravidelná výměna prachových filtrů je nutností pro správný chod systému, ucpané filtry neumožňují volné proudění vzduchu.



**Obr.4** Křivka znázorňuje snižování účinnosti při zvyšování průtoku vzduchu. Je-li objem vzduchu procházejícího výměníkem omnoho vyšší než je projektováno, účinnost zpětného zisku tepla se může snížit až o 15%.

### Využívání kondenzačního tepla

V případě vzniku kondenzátu ve výměníku se zvyšuje účinnost rekuperace. Některé druhy výměníku přímo využívají latentního tepla, které nese sebou vlhkost. Jedná se o výměníky s rekuperací vlhkosti, či už rotační nebo bez rotačních prvků (Obr – paul santos, oekolufte). Využíváním latentního tepla může být celková účinnost rekuperace až o 30% vyšší než u běžných výměníků využívajících jen přenos citelného tepla.



**Obr.5** Decentrální jednotka Ökolüfter – výměna tepla probíhá pomocí rotujících prvků s účinností až 90% se zpětným ziskem vlhkosti až 50%.

### Neprůvzdušnost konstrukcí

Značnou mírou se na účinnosti rekuperace 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. Když je například účinnost rekuperace 80% při  $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$ , navýšením  $n_{50}$  na hodnotu  $1,0 \text{ h}^{-1}$  se účinnost snižuje na 75%, 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

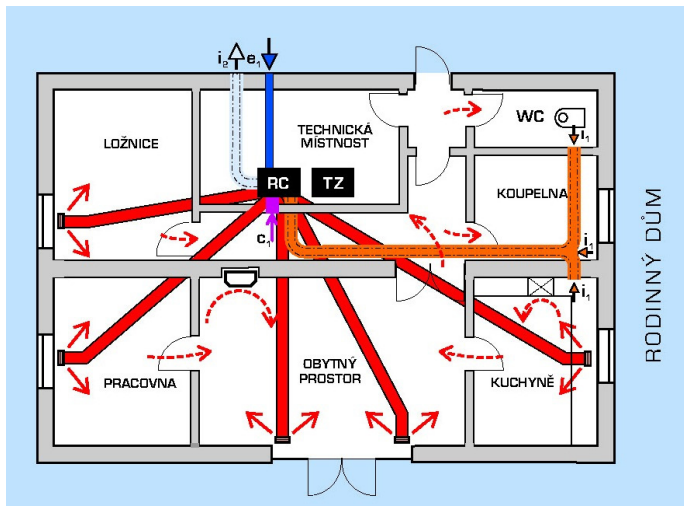
U vysoce účinných výměníků vystává potřeba protimrazové ochrany, protože odpadní vzduch je při velice nízkých venkovních teplotách ochlazován na teploty nižší než 0°C. Ohřátý odpadní vzduch nese sebou vlhkost, která ve výměníku při ochlazení kondenzuje a může zamrznat. Existuje více způsobů protimrazové ochrany. Nasávaný vzduch může být před vstupem do rekuperačního výměníku předehříván pomocí zemního výměníku nebo elektrické spirály. Odpadní vzduch má pak po přechodu výměníkem teplotu, při které již nedochází k zamrznání výměníku. Protimrazová ochrana je přímo součástí některých zejména decentrálních větracích jednotek. Další možností je chvilkový provoz v podtlakovém režimu bez přívodu vzduchu, kde ohřátý odpadní vzduch rozmrazuje výměník. Nevýhodou je, že při podtlaku se zvyšují tepelné ztráty infiltrací a toto řešení se nedoporučuje. Inovativní řešení využívá samostatní odmrazovací okruh na krátkou dobu dokud nedojde k úplnému odmrazení výměníku. Během této doby probíhá větrání v cirkulačním módu bez přechodu vzduchu výměníkem. Některé druhy větracích jednotek z konstrukčních důvodů nepotřebují protimrazovou ochranu, protože výměna tepla probíhá odlišným způsobem – pomocí rotujících prvků (oekolufte)

### Centrální nebo decentrální koncepce větrání

Obecně rozlišujeme centrální a decentrální koncepci větrání, pak jejich kombinace - semicentrální koncepci. **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). Tuto koncepci větrání využívají zejména rodinné domy a menší 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.



**Obr.6** Centrální umístění jednotky je vhodné pro rodinné domy. Spojení větrání s rekuperací tepla, teplovzdušného vytápění a systému na ohřev teplé vody je možné zde vytvořit efektivní systém splňující veškeré nároky na komfort a kvalitu vnitřního prostředí. S umístěním jednotky a rozvodů je ovšem nutno počítat již v počátečních návrzích, zejména s ohledem na přístup k jednotce a délku rozvodů.

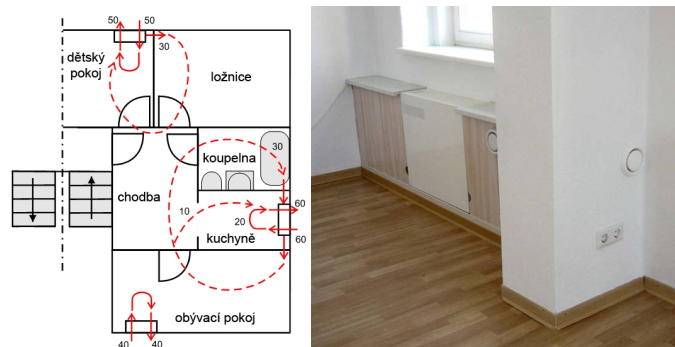
### Cirkulační teplovzdušné vytápění

Jedná se o jedinečný systém větrání, který využívá pro potřeby větrání celý objem vzduchu v objektu. Odpadní vzduch nevychází ven, ale je filtrován, ohříván a cirkuluje domem, čímž se zmenšují tepelné ztráty. Minimální hygienicky potřebné množství vzduchu se vyměňuje a smíchává s cirkulačním vzduchem. Cirkulační teplovzdušné vytápění je možné použít i při domech s větší tepelnou ztrátou (domy nízkenergetické), protože cirkulační vzduch neprochází výměníkem a je možno ohřívát a větrat větší objemy. Při větších tepelných ztrátách nad  $25 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  se zvyšuje objem větraného a ohříváného vzduchu, a tím i rychlost proudění vzduchu (snížení komfortu). Toto řešení úspěšně řeší problém snižování relativní vlhkosti vzduchu v zimním období. Vlhký vzduch cirkuluje systémem a vyměňuje se jen jeho malá část (více v listu Vnitřní mikroklima) a nedochází k nadměrnému vysušování vzduchu. Cirkulační jednotky mají více režimů umožňující temperování cirkulací, nebo nárazové větrání impulzem z WC, koupelny nebo kuchyně, a jiné. Znečištěný odpadní vzduch se s cirkulačním nikdy nesměšuje, a nedochází k jeho kontaminaci.

### Decentrální koncepce větrání

Decentrální koncepce větrání uvažuje s odvětráním jednotlivých místností 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 nebo bytů je možno odvětrat více 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 zjednodu-

šuje jejich umístění v prostoru. Dimenzovány jsou povětšinou na menší objemy větraného vzduchu do  $200 \text{ m}^3$ .



**Obr.7** Efektivní větrání prostor lze zabezpečit i decentrálními 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.

### 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, regulovatelnosti a složitosti odpočtů prakticky nerealizovatelné. Decentrální řešení je zase nákladově náročnější. Optimálním kompromisem je použití centrálního rekuperačního výměníku, který využívají všechny decentrální větrací jednotky zapojené v systému. Přehřev a rekuperace je tedy realizovaná centrálně. Volitelně je možné umístit 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. U bytových jednotek, kde je současně potřeba ohřevu teplé vody je výhodné spojení s malým tepelným čerpadlem o výkonu  $1,5 - 2,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  využívajícím odpadní vzduch a přehřev pomocí solankového zemního výměníku. Teplo je ukládáno do malého zásobníku asi 200l. Výsledkem semicentrálního konceptu větrání jsou pak odůvodnitelné náklady, které jsou nižší než při centrální nebo decentrální koncepci. Zjednodušen je také odečet, kde každá bytová jednotka má vlastní spotřebu energie i topný registr.

### Dimenzování výkonu

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

Při výběru jednotek byl problém zejména u zařízení umožňujících malé objemové proudy do  $60 \text{ m}^3/\text{h}$ . Tyto hranice nebyly dány ventilátory, nýbrž jejich ovládaním. Nyní však jsou již k dispozici a i malé byty lze vybavit decentrálními jednotkami. Norma stanovuje minimální intenzitu výměny vzduchu  $0,5 \text{ h}^{-1}$ . Tato hodnota je nastavena na běžné objekty, aby se v zimním

období udržela nízká relativní vlhkost. Snižuje se tím riziko kondenzace vodních par a následného vzniku plísní. U pasivních domů hygienicky nezbytná základní výměna vzduchu  $0,25 - 0,3 \text{ h}^{-1}$ , vychází z reálních potřeb čerstvého vzduchu pro obyvatele. Intenzita výměny vzduchu na osobu by měla být  $25 - 30 \text{ m}^3/\text{h}$  (dle aktivity osob), což dokazují četné statistiky, výpočty a měření. Požadavky na odvětrávání zatěžovaných prostor jak je určuje norma jsou:

- kuchyně:  $40 - 60 \text{ m}^3/\text{h}$
- koupelny:  $40 - 60 \text{ m}^3/\text{h}$
- WC:  $20 - 30 \text{ m}^3/\text{h}$ .

## Plánování, provoz a údržba

**Vyvážení a regulace** ventilační jednotky by měla být samozřejmou součástí zadání každého komfortního větrání. Tento bod, důležitý pro provoz zařízení, se bohužel často zanedbává, důsledkem pak je malá účinnost až po snížení komfortu. Pro výrobce a projektanty zařízení a přístrojů je to zcela jasný signál pro systémy, které tyto práce s nastavováním omezí na minimum nebo je dokonce vůbec nebudou potřebovat. Nový vývoj v oblasti automatického vyrovnání tu může ušetřit mnoho času a peněz a zvýšit provozní spolehlivost i při změnách po uvedení do provozu.

**Snadná údržba** je dalším bodem, za který v podstatě zodpovídá výrobce a autor zařízení, na který však musí myslet i projektant správným uspořádáním. Snadná přístupnost k částem relevantním pro údržbu je nezbytným předpokladem pro správnou a pravidelnou údržbu, čištění a výměnu filtrů minimálně jednou ročně.

Častým zdrojem neočekávané vyšší spotřeby v zimním období je nesprávné nastavení mezní teploty chránící **proti zamrznutí**. V rámci uvádění do provozu se musí nastavení temperovacích termostatů zkontrolovat a případně nastavit až na nejnižší teplotu povolenou výrobcem, aby se na jedné straně spolehlivě zabránilo tvorbě ledu ve výměníku tepla, ale na druhé straně se nevyvolávala zbytečně velká spotřeba energie na ochranu proti zamrznutí. Zde hraje velkou roli už změna mezní teploty o  $1 \text{ K}$ .

Co se podílí značnou mírou na kvalitě celého systému větrání jsou **rozvody**. Vzduchotěsnost rozvodů je samozřejmostí, v případě potřeby je možné spoje přelepit vzduchotěsnými páskami. Volně vedené rozvody musí být zatepleny minimálně  $25\text{mm}$  ideálně až  $50\text{mm}$  izolace. Doporučuje se používání pevných rozvodů nebo flexibilních rozvodů s hladkým vnitřkem. Ohebné hadice s harmonikovým vnitřkem by se měli používat jen ve výjimečných případech – je obtížné je čistit. Z hlediska údržby jsou nevhodnější kruhové rozvody, které lze čistit rotačním kartáčem. Během stavby je nutno udržovat rozvody zazátkovány, kvůli vysoké prašnosti prostředí. Podobně v případě stavebních prací během provozu je nutno systém odstavit a vyústky ochránit proti prašnosti.

**Odvětrání kuchyň** by mělo být realizováno samostatným cirkulačním digestořem s umyvateľným filtrem z tahokovu na zachycení tuků.

**Venkovní nasávání** musí být vhodnými prvky ochráněno proti zafoukávání deště nebo sněhu, rozvody musí zůstat suché. Nevhodné je umístit fasádní nasávání blízko nad zemí, ideálně ve výšce asi  $3\text{m}$ . Obdobně může způsobit kontaminaci nasávaného vzduchu blízkost výfuku odpadního vzduchu

Z hygienických důvodů je nezbytný jemný **filtr** (stupeň filtrace F7 nebo vyšší), jen tak lze zařízení udržet trvale čisté. Obdobný filtr na odtahu vzduchu udržuje čisté rozvody i rekuperační výměník.

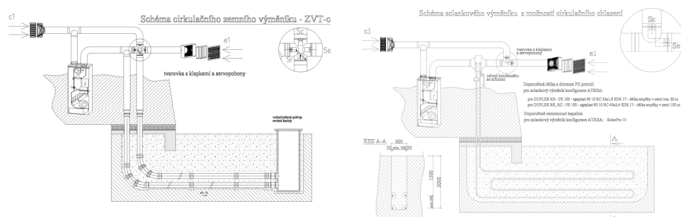
Důležitým prvkem systému jsou **tlumiče hluku**. Umístěné centrálně nebo dle potřeby před jednotlivé větve zabraňují přenosu hluku z jednotky i telefonickému šíření hluku mezi místnostmi. Dodrženy by měli být hodnoty akustického tlaku v obytných místnostech  $< 25 \text{ dB}$  a v technické místnosti  $< 35 \text{ dB}$ .

## Předehřev a předchlazení zemním výměníkem

Zemní výměník tepla (ZVT) kromě funkce protimrazové ochrany rekuperačního výměníku v létě zabezpečuje účinné předchlazení nasávaného vzduchu. Rozlišují se dva druhy zemních výměníků dle druhu teplotního média – vzduchový nebo solankový. Princip je stejný u obou, využíváno je zemské teplo které v hloubce asi  $1,5 - 2\text{m}$  má přibližně konstantní teplotu v zimě  $4 - 8^\circ\text{C}$  a v létě  $10 - 14^\circ\text{C}$ . Teplotní médium, které prochází potrubím zakopaným v zemi se na přiměřené délce ohřívá nebo ochlazuje. V zimě je možné pomocí ZVT předehřát nasávaný vzduch na teplotu  $0 - 5^\circ\text{C}$ , v létě zas předchladit na teplotu  $16 - 22^\circ\text{C}$ .

Vzduchový ZVT se navrhuje v délce min.  $20\text{m}$ , dle objemu nasávaného vzduchu. Provedení může být přímé nebo cirkulační („dvoutrubkové“ vedení –  $\frac{1}{2}$  délka výkopu). Předimenzování délky nemá zásadní vliv na výkon ZVT a je prakticky zbytečné. Určující je min 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 plynu. 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 určené - potrubí PP (vyrábí se i s vnitřní antibakteriální vrstvou) nebo kanalizační potrubí KG PP s hrdlovými spoji. Běžné PVC kanalizační potrubí obsahuje napájení, kde v případě sadání podloží může dojít k netěsnosti. 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 bez zlomů max. 45%, perioda čištění jednou ročně. Systém obsahuje venkovní nasávací šachtu (průměr min 800mm, kvůli možnosti revizí), potrubí, tvarovku s klapkami a servopohonem.



**Obr.8** Schéma vzduchového a solankového VZT. Využívají zemské teplo v hloubce 1,5 – 2m. Vzduchovým ZVT prochází přímo nasávaný vzduch u solankového probíhá okruhem nemrznoucí kapalina poháněna malým čerpadlem a nasávaný vzduch se ohřívá přechodem přes výměník tepla.

Solankový ZVT se navrhuje v délce 0,5 násobku objemu nasávaného vzduchu, z materiálu PE HD, který je odolný vůči bodovému zatížení DN 32 – 40. 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. Systém obsahuje výměník tepla, potrubí, nemrznoucí kapalinu, oběhové čerpadlo a topenářské napojení, expanzní nádoba.

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

## Závěr

Kvalitně navržen a realizován systém má zásadní vliv na kvalitu vnitřního prostředí a současně na pohodlí uživatel. Bezproblémový systém větrání by měl splňovat následující doporučení:

Návrh:

- správný výběr jednotky pro daný prostor a tepelné ztráty, její dimenzování, co nejlepší výkonový faktor
- krátké rozvody, jejich odhlučnění, možnost čištění, izolace min. 25mm
- protimrazová ochrana
- kvalitní a jednoduchá regulace – lépe míň režimů a srozumitelných 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 se ze 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, Protokollbrand 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] [www.atrea.cz](http://www.atrea.cz)
- [4] [www.paul-rekuperace.cz](http://www.paul-rekuperace.cz)
- [5] [www.drexel-weiss.at](http://www.drexel-weiss.at)
- [5] [www.rehau.cz](http://www.rehau.cz)

Vydal:

Centrum pasivního domu, Údolní 33, 602 00 Brno, [www.pasivnidomy.cz](http://www.pasivnidomy.cz)

Autoři textů: Jiří Cihlář, Juraj Hazucha,

© 2007 Centrum pasivního domu. Všechna práva vyhrazena

Publikace je určena pro poradenskou činnost a je zpracován v rámci

Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2007 – část A – PROGRAM EFEKT.