

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

FAKULTA STROJNÍ



**ZPĚTNÉ ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA
V BYTOVÝCH PROSTORECH**

6-TZSI-2019

**DANIEL
PETROVIČ**

Souhrn

Tato práce se zabývá problematikou zpětného získávání tepla v obytných prostorech. Což obnáší teorii výměníků tepla. Popis principu a rozdělení výměníků do kategorií. Legislativu spojenou se zpětným získáváním tepla, do které patří ekodesign větracích jednotek, energetická náročnost budov a na ni navazující pasivní domy a průkazy energetické náročnosti budovy, a dotační program Nová zelená úsporám. Dále se zabývá průzkumem českého trhu a tvorbou databáze s dostupnými řešeními pro centrální systémy nuceného větrání a výpočtem tepelné ztráty větráním bez jednotky a s jednotkou ZZT, a jejich následným porovnáním.

Summary

Theme of this thesis is Air to Air heat recovery in residential units. That engulfs theory of heat exchangers and dividing them into categories. Legislation tied with air to air heat recovery and its impact on said topic which includes ecodesign of ventilation units, energy performance of buildings joined with passive standart houses and energy performance certificates, and subsidy program Nová zelená úsporám. Followed by research of czech market and creating database of current ventilation units suitable for central ventilation systems in residential units. Thesis also contains calculation about heat loss due to ventilation with and without heat recovery unit and comparison between them.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: Zpětné získávání tepla v bytových prostorách vypracoval samostatně pod vedením Ing. Miloše Laina PhD, s použitím literatury, uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze

Daniel Petrovič

.....

Obsah

| | |
|--|----|
| Soupis použitého značení..... | 1 |
| 1. Úvod..... | 2 |
| 2. Zpětné získávání tepla ve větrání a klimatizaci | 2 |
| 2.1. Účinnost ZZT | 3 |
| 2.2. Výměníky ZZT ve větracích a klimatizačních zařízeních | 4 |
| 2.3. Úprava vzduchu při zpětném získávání tepla..... | 5 |
| 2.4. Deskové rekuperační výměníky ZZT..... | 6 |
| Konstrukce a účinnosti..... | 6 |
| Námraza | 8 |
| Provoz zařízení | 9 |
| Přenos vlhkosti..... | 9 |
| 2.5. Trubkové rekuperační výměníky ZZT | 9 |
| Konstrukce a účinnosti..... | 9 |
| 2.6. Rotační regenerační výměníky..... | 10 |
| Konstrukce a účinnosti..... | 10 |
| Provoz zařízení | 11 |
| 2.7. Přepínací výměníky..... | 11 |
| 2.8. Systémy s kapalinovým okruhem | 12 |
| 2.9. Tepelné trubice..... | 13 |
| 2.10. Aplikace pro rodinné domy a bytové jednotky | 13 |
| Centrální systémy | 14 |
| Lokální systémy..... | 15 |
| 3. Legislativa spojená se zpětným získáváním tepla | 15 |
| 3.1. Požadavky na ekodesign větracích jednotek..... | 15 |
| Rozdělení | 16 |
| Výpočet..... | 16 |

| | |
|---|----|
| Analýza rovnice | 18 |
| 3.2. Energetická náročnost budov | 20 |
| 3.3. Průkazy energetické náročnosti budovy..... | 21 |
| 3.4. Pasivní domy..... | 22 |
| 3.5. Program Zelená úsporám | 24 |
| 4. Průzkum trhu..... | 24 |
| 4.1. Předpoklady..... | 25 |
| 4.2. Databáze | 25 |
| 5. Srovnávací výpočet..... | 31 |
| 5.1. Předpoklady..... | 31 |
| 5.2. Tepelná ztráta bez ZZT | 31 |
| 5.3. Tepelná ztráta se ZZT | 32 |
| 6. Závěr | 34 |
| Seznam použité literatury | 36 |
| Příloha 1 – Databáze větracích jednotek..... | 38 |

Soupis použitého značení

| | |
|-----------|---------------------------------------|
| c | měrná tepelná kapacita (J/kg K) |
| h | měrná entalpie (J/kgK) výška (m) |
| n | intenzita větrání (1/h) |
| \dot{m} | hmotnostní průtok (kg/s) |
| V | objem (m ³) |
| P | příkon (W) |
| Q | teplo (J) |
| q | měrný tepelný tok (W/m ²) |
| \dot{Q} | tepelný tok (W) |
| S | průřez, plocha (m ²) |
| T | termodynamická teplota (K) |
| t | teplota (°C) |
| \dot{V} | objemový průtok (m ³ /s) |
| Φ | teplotní faktor (-) |
| Ψ | vlhkostní faktor (-) |
| η | účinnost (-) |
| ρ | hustota (kg/m ³) |

1. Úvod

V současnosti je kladen stále větší důraz na úsporu energie a s tím souvisí zpětné získávání tepla při větrání, které se nabízí jako řešení pro snížení spotřeby energie a její lepší využití. Využívá tepla odváděného vzduchu, které by se běžným větráním zmařilo a předává ho chladnému přiváděnému vzduchu. Se zpětným získáváním tepla se váže legislativa, která určuje nároky na výrobce a snaží se postupně zavádět zpětné získávání tepla při výstavbě nových objektů, či rozsáhlejších rekonstrukcích. Snahou práce je osvětlit pohled legislativy na tematiku zpětného získávání tepla. Jako další cíl práce je průzkum českého trhu a tvorba databáze s vybranými parametry se zaměřením na jednotky pro centrální větrání rodinných domů nebo bytů. V poslední řadě pak porovnání tepelné ztráty větráním pro stejný objekt bez jednotky a s jednotkou zpětného získávání tepla, která byla vybrána z vytvořené databáze.

2. Zpětné získávání tepla ve větrání a klimatizaci

Za systém zpětného získávání tepla, lze považovat zařízení, které využívá entalpii vzduchu opouštějící budovu nebo proces. Tedy zařízení, které využívá energie vzduchu odváděného z budovy. Za ZZT by se neměl brát provoz s cirkulací vzduchu např. klimatizace, a v rámci vzduchotechnických zařízení se neuvažuje ani využití tepla v jiném než vzduchotechnickém procesu. Tímto se pojem ZZT zjednoduší na zařízení, které odebírá teplo z odváděného vzduchu a předává ho vzduchu přiváděnému do budovy.

Většinou se jedná o zpětné získávání tepla citelného tepla (změna teploty), ale některá zařízení umožňují i přenos tepla vázaného (přenos vlhkosti). Takovým zařízením, které jsou schopna získávat jak citelné, tak vázané teplo se říká entalpické výměníky.

Rozdělení

Tepelné výměníky se většinou řadí do těchto kategorií:

- rekuperační
- regenerační
- výměníky s pomocnou kapalinou

Rekuperační výměníky umožňují přenos tepla bez přenosu hmoty, proudy vzduchu jsou odděleny teplosměnnou plochou. Tyto výměníky neumožňují přestup vlhkosti. Díky tomu se může na výměníku vytvořit kondenzát, který je nutno odvádět pryč. Typicky sem patří deskové a trubkové výměníky.

Regenerační výměníky pracují na základě akumulovaného tepla tedy, odváděný teplý vzduch se přivede na výměník, který v sobě akumuluje teplo a přepnutím proudu na chladný přiváděný vzduch, výměník předá teplo tomuto vzduchu. Do této kategorie lze zařadit rotační výměníky a přepínací výměníky.

Výměníky s pomocnou kapalinou využívají dalšího média jako nosiče tepla. Využívají se kapaliny s nízkou teplotou varu, protože při změně skupenství dochází k nejlepším vlastnostem pro přenos tepla a tím pádem lepší účinnosti. Dva proudy vzduchu jsou od sebe odděleny, ale jsou propojeny kapalinovým okruhem s daným médiem. Spadají sem výměníky s kapalinovým okruhem a tepelné trubice. [1]

2.1. Účinnost ZZT

Z definice ZZT v předchozím odstavci, je pro jeho účinnost rozhodující množství tepla předaného do venkovního vzduchu. Při výpočtech ZZT se většinou používá teplotní faktor Φ , který je sice závislý na provozu zařízení, nicméně umožňuje snadný výpočet teploty vzduchu za výměníkem.

$$\Phi = \frac{t_{E2} - t_{E1}}{t_{I1} - t_{E1}}, \text{ pro výpočet teploty lze upravit do tvaru } t_{E2} = t_{E1} + \Phi \cdot (t_{I1} - t_{E1}) \quad (2.1)$$

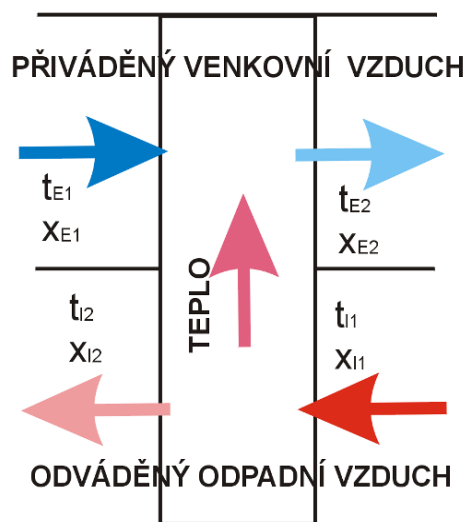
kde t_{E1} je teplota přiváděného vzduchu před výměníkem, t_{E2} – teplota přiváděného vzduchu za výměníkem a t_{I1} – teplota odváděného vzduchu před výměníkem.

Pro zařízení se zpětným získáváním vlhkosti je definován vlhkostní faktor Ψ

$$\Psi = \frac{x_{E2} - x_{E1}}{x_{I1} - x_{E1}} \quad (2.2)$$

kde x_{E1} je měrná vlhkost přiváděného vzduchu před výměníkem, x_{E2} – měrná vlhkost přiváděného vzduchu za výměníkem a x_{I1} – měrná vlhkost odváděného vzduchu před výměníkem.

Účinnost zařízení závisí na dimenzování a podmínkách provozu. Základním parametrem pro určení tepelného výkonu je teplosměnná plocha, tj. velikost výměníku vzhledem k průtoku vzduchu. Pokud se pro malý průtok použije velký výměník, roste účinnost a klesají tlakové ztráty a naopak. Snižováním průtoku klesá i rychlost proudění a tím se sníží součinitel přestupu tepla, ale ve většině případů je vliv větší teplosměnné plochy výraznější.



Obr. 2.1 Schéma zpětného získávání tepla [2]

Protože je teplotní faktor u ZTZ definován pouze pomocí teplot, ovlivňuje účinnost ZTZ i poměr průtoku přiváděného a odváděného vzduchu. Je-li množství odváděného vzduchu větší než množství vzduchu přiváděného, teplotní faktor roste.

Dalším parametrem výrazně ovlivňujícím účinnost je kondenzace vlhkosti z odváděného vzduchu. V případě že má odváděný vzduch vyšší vlhkost (tj. i entalpii), roste jeho teplota rosného bodu a tím i riziko kondenzace vodních par ze vzduchu. Při kondenzaci se předává do přiváděného vzduchu i vázané výparné teplo z odváděného vzduchu a roste i součinitel přestupu tepla na stěně výměníku. Proto má kondenzace velmi výrazný vliv na zvýšení teplotního faktoru.

Tohoto faktu občas zneužívají někteří výrobci a udávají tzv. maximální účinnost, které může výměník ZTZ dosáhnout pouze za krajně příznivých podmínek (vysoká vlhkost odváděného vzduchu, více odváděného než přiváděného vzduchu, malý průtok vzduchu výměníkem) a nikoli při běžném provozu.

2.2. Výměníky ZTZ ve větracích a klimatizačních zařízeních

Výměníky ZTZ mohou být dodávány samostatně pro montáž do potrubí, nebo jako součásti klimatizačních, či větracích jednotek.

Před výměníky ZTZ na přiváděném venkovním vzduchu i na odváděném vzduchu je třeba umístit filtry pro zamezení zanášení výměníků. K výměníkům ZTZ by měl být umožněn přístup a má se provádět jejich kontrola a případné čištění, obzvláště při provozu ve

znečištěném prostředí. Výměníky ZZT mají nezanedbatelné tlakové ztráty, které je třeba zohlednit při dimenzování ventilátorů.

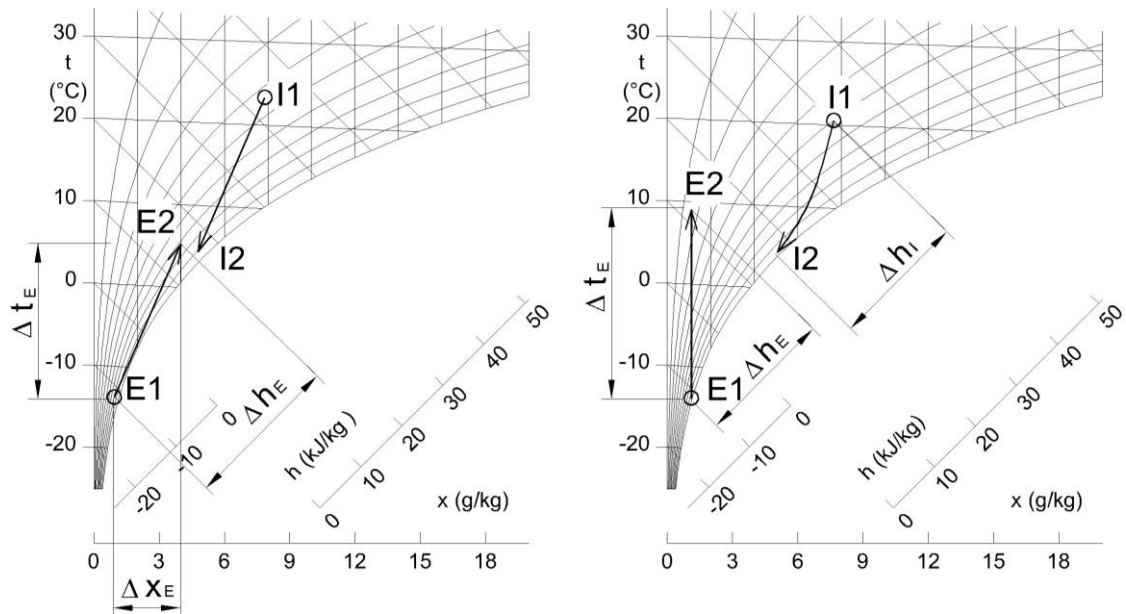
Priváděný venkovní vzduch je ve většině případů za ZZT nutné ještě dohřát ohřivačem, výjimkou mohou být malé jednotky s vysokou účinností a malým průtokem vzduchu (větrání bytů), kde se vzduch ohřeje otopnými tělesy. Přijatelné teploty priváděného vzduchu t_{E2} lze bez dohřevu dosáhnout i tam, kde má odváděný vzduch z prostoru vyšší teplotu t_{I1} , například tam, kde je ohříván odpadním teplem vznikajícím v prostoru (sporáky a jiné). Při návrhu je třeba analyzovat i situace, kdy zdroje tepla nejsou v provozu, například při ranním zahájení práce.

2.3. Úprava vzduchu při zpětném získávání tepla

Jak již bylo zmíněno v předešlé části, některá zařízení pro zpětné získávání tepla přenášejí do priváděného venkovního vzduchu pouze citelné teplo a některá mohou předávat i teplo spojené se změnou vlhkosti, tudíž teplo vázané.

Ohřev vzduchu zpětným získáváním tepla bez přenosu vlhkosti, je shodný jako pro ohřivače vzduchu. Měrná vlhkost vzduchu zůstává konstantní a roste teplota (změna z E1 do E2 dle obrázku 2.2 vpravo). Teplota, které dosáhneme (t_{E2}) je dána teplotním faktorem Φ a teplotou odváděného vzduchu t_{I1} dle rovnice 2.1. Odváděný vzduch je ve zpětném získávání tepla ochlazován. Podobně jako u běžného chladiče může být chlazení suché nebo mokré s kondenzací vodních par. Rozhodující je, zda povrchová teplota výměníku je nižší nežli teplota rosného bodu odváděného vzduchu. Na obrázku 2.2 vpravo je znázorněn proces s kondenzací vodních par v odváděném vzduchu, který je v zimních podmínkách většinou běžný.

V ZZT se zpětným získáváním vlhkosti (obr. 2.2 vlevo) je priváděný venkovní vzduch ohříván a zvlhčován, směr změny záleží na teplotním faktoru a vlhkostním faktoru, ze kterých se vypočítá teplotní rozdíl Δt_E a rozdíl vlhkostí Δx_E .



Obr. 2.2 h-x diagram úpravy vzduchu při zpětném získávání tepla: s přenosem vlhkosti (vlevo) a bez přenosu vlhkosti (vpravo) [2]

Tepelný tok předaný ZZT bez přenosu vlhkosti se vyjádří z rovnice

$$Q = V_E \cdot \rho_E \cdot c \cdot (t_{E2} - t_{E1}) = V_E \cdot \rho_E \cdot (h_{E2} - h_{E1}) = V_I \cdot \rho_I \cdot (h_{I1} - h_{I2}) \quad (2.3)$$

Při přenosu vlhkosti lze vyjádřit i vlhkoštní tok

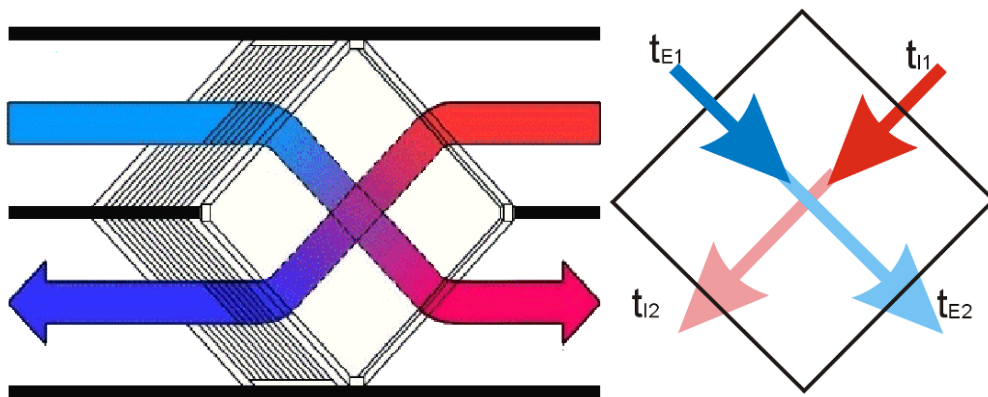
$$M_W = V_E \cdot \rho_E \cdot (x_{E2} - x_{E1}) = V_I \cdot \rho_I \cdot (x_{I1} - x_{I2}) \quad (2.4)$$

2.4. Deskové rekuperační výměníky ZZT

Deskové rekuperační výměníky jsou velmi rozšířené především v zařízeních s menším průtokem vzduchu, pro domácnosti a menší provozovny. Proud odváděného vzduchu prochází výměníkem a od proudu přiváděného venkovního vzduchu je oddělen tepelně vodivými profilovanými deskami. Tyto desky jsou teplosměnnou plochou výměníku.

Konstrukce a účinnosti

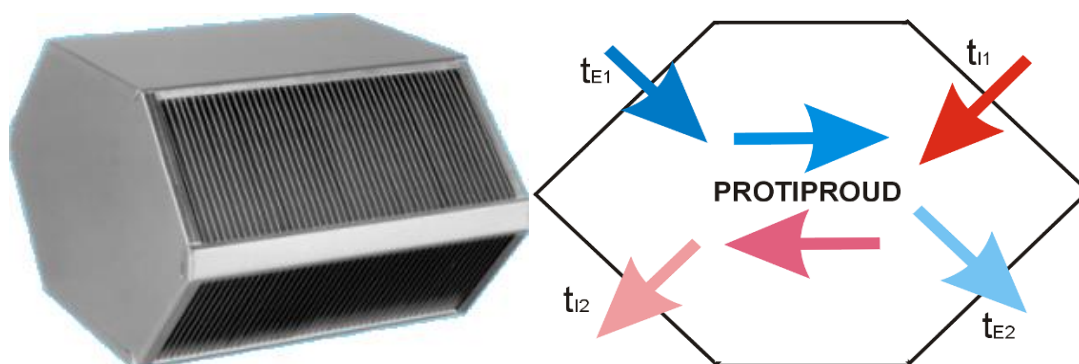
Desky mohou být z různých materiálů (nerez, ocel, hliník, plasty) a bývají slepeny nebo jinak mechanicky spojeny, sletovány nebo svařeny, výjimečně i sešroubovány. Profil desek a šířka průduchů záleží na předpokládaném znečištění vzduchu.



Obr. 2.3 Schéma deskového výměníku s křížovým proudem [2]

Teplotní faktor deskových výměníků s křížením proudů je 40 až 80 %, vyšších hodnot než 50 % se dosahuje pouze v entalpických výměnících, které využijí tepla vzniklého při kondenzaci vodních par v odváděném vzduchu.

Existují i provedení s částečně protiproudým vedením proudů vzduchu, které mají vyšší teplotní faktor, a to až 95 %.



Obr. 2.4 Schéma deskového výměníku s protiproudem [2]

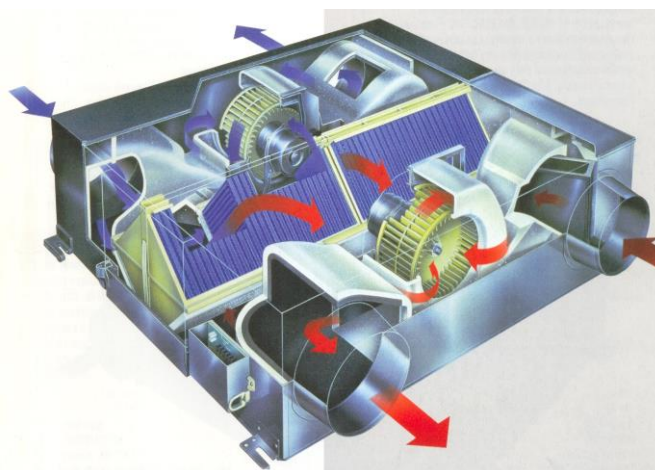
Účinnost ZZT závisí především na velikosti teplosměnné plochy, tj. na velikosti výměníku. S rostoucí plochou výměníku však stoupá i jeho cena. Je-li řazeno více výměníků za sebou, účinnost zařízení také roste, nicméně současně výrazně rostou i tlakové ztráty. Účinnost ZZT u deskových výměníků lze zvýšit i zvyšováním součinitele přestupu tepla na teplosměnných plochách výměníku, buď vyšší rychlostí proudění a, nebo úpravami (zdrsněním) povrchů. Avšak i toto řešení většinou vede k vyšším tlakovým ztrátám.

Při rozdílném statickém tlaku vzduchu přiváděného a odváděného může diferenční tlak způsobit pronikání vzduchu netěsnostmi anebo i poškození výměníku.

Deskové výměníky nemají žádné mechanické pohyblivé části a vlastní výměník není možné přímo vypnout či regulovat. Vzhledem k tomu, že po určitou část roku není většinou vhodné provozovat ZZT (například v letním období, kdy je teplota venkovního vzduchu vyšší než požadovaná teplota v interiéru) vybavují se většinou deskové výměníky obtokem s uzavírací klapkou, který zajistí průtok přiváděného vzduchu mimo výměník.

Námraza

Při provozu deskových výměníků v mírném klimatickém pásu, dochází v zimním období velmi často ke kondenzaci vlhkosti z odváděného vzduchu. Kondenzát z výměníků je třeba odvádět přes zápachovou uzávěrku do kanalizace. Při teplotách pod bodem mrazu pak dochází k namrzání vlhkosti, námraza zabraňuje průchodu vzduchu výměníkem, zhoršuje přestup tepla a v extrémním případě může vést i k poškození výměníku. Odstranění námrazy lze často řešit uzavřením přívodu venkovního vzduchu a využitím tepla odváděného vzduchu k roztání námrazy. Další možností je cirkulační režim, kdy je teplý vzduch z místnosti přiveden místo čerstvého vzduchu. Některá zařízení jsou v kritických částech vybavena el. ohřevem pro roztání námrazy. U větších zařízení s vysokým rizikem námrazy lze použít i předeřevu přiváděného vzduchu před ZZT nebo smíšení s teplejším vzduchem. Takováto opatření sice sníží účinnost ZZT, ale zabrání namrzání. Krajním řešením je odstavení výměníku a použití obtoku pro přívod vzduchu v zimních teplotních extrémech. Pak je však třeba dimenzovat výkon ohřivače pro provoz bez ZZT.



Obr. 2.5 Větrací jednotka s deskovým výměníkem ZZT s přenosem vlhkosti [3]

Provoz zařízení

V deskovém výměníku jsou proudy přiváděného a odváděného vzduchu odděleny, tj. nedochází k přenosu hmoty. Proto jsou lze tyto systémy použít v případech, kde je odváděný vzduch znečištěn pachy, choroboplodnými zárodky, vlákny, prachem, tukem či olejem, a současně nepatrný přenos znečištění do přiváděného vzduchu nevádí. V případě, že není přípustný žádný přenos škodlivin lze deskové výměníky použít pouze je-li vybaven pomocným detekčním zařízením, či je-li speciální konstrukce. Deskové výměníky se proto nehodí do objektů se silně znečištěným vzduchem. Dochází pak k usazování nečistot na výměníku a možnému ucpání.

Přenos vlhkosti

Deskové výměníky neumožňují přenos vlhkosti, a to vzhledem k tomu, že materiály desek jsou většinou pro vodní páry nepropustné. Speciálním případem deskového výměníku s přenosem vlhkosti jsou výměníky z nasákavých materiálů, dodávané některými výrobci klimatizačních jednotek. [2]

2.5. Trubkové rekuperační výměníky ZZT

Trubkové výměníky ZZT jsou svým principem podobné deskovým výměníkům, ale teplosměnnou plochou je svazek trubek, kterými protéká vzduch (většinou odváděný) a z vnější strany je svazek obtékán přiváděným venkovním vzduchem.

Konstrukce a účinnosti

Výhodou trubek je jejich vyšší pevnost, což umožňuje i použití méně běžných materiálů, jako je sklo či plasty. Dále mohou být trubkové výměníky použity pro znečištěný vzduch, neboť je jejich čištění snazší. Naproti tomu nevýhodou je menší teplosměnná plocha a z toho plynoucí nižší účinnost. Teplotní faktor trubkových výměníků dosahuje hodnot pouze 30 až 50 %.

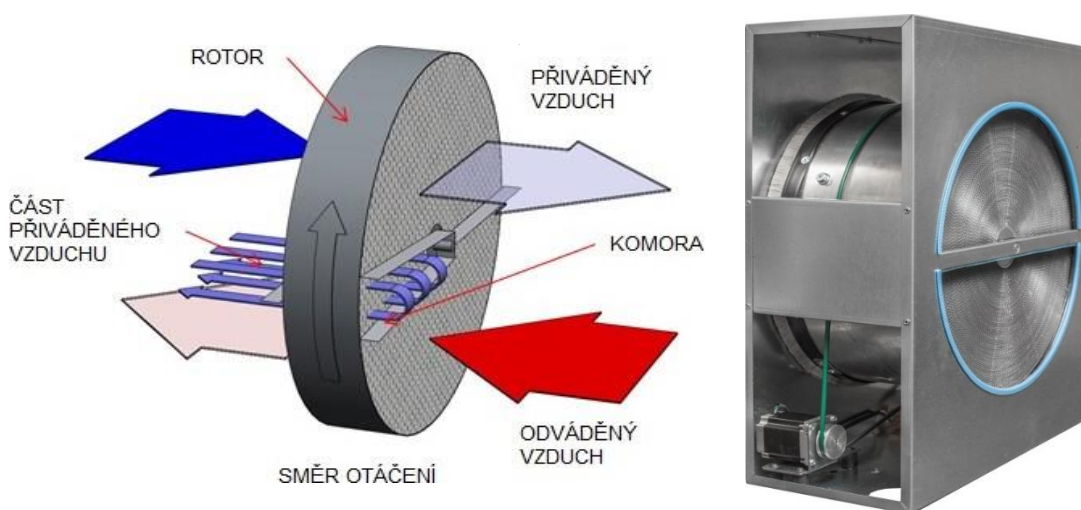
Ostatní posuzované aspekty jsou u trubkových výměníků podobné jako u výměníků deskových.

V praxi nacházejí trubkové výměníky ZZT uplatnění hlavně v technologických provozech, kde je přes ně odváděn znečištěný vzduch či spaliny.

2.6. Rotační regenerační výměníky

Regenerační výměníky s rotující akumulací hmotou nacházejí velmi široké uplatnění především u větších klimatizačních zařízení. Jejich hlavní výhodou je velmi vysoká účinnost ZZT, relativně malé rozměry a možnost přenosu nejen tepla citelného, ale i vlhkosti (tepla vázaného).

Akumulační hmota regeneračního výměníku ve tvaru válce s drobnými kanálky rotuje mezi proudem přiváděného a odváděného vzduchu.



Obr. 2.6 Schéma a fotografie rotačního regeneračního výměníku [13,14]

Konstrukce a účinnosti

Rotující teplosměnná a akumulací hmota je upevněna v rámu a poháněna el. motorem. Akumulační rotor může být z různých materiálů. Často je z je hliníkového plechu, používají se i plasty či tvrzená papírovina. Pro přenos vlhkosti se povrch teplosměnné plochy upravuje nanesením hygroskopické vrstvy.

Při průchodu z odváděného do přiváděného vzduchu prochází rotor komorou tzv. čistící zónou. Zde jsou kanálky profukovány proudem čistého venkovního vzduchu, čímž se snižuje přenos nečistot z odváděného vzduchu. Pro správnou funkci pročištění a zamezení pronikání odváděného vzduchu netěsnostmi okolo rotoru, je třeba zajistit mírný přetlak přiváděného vzduchu oproti vzduchu odváděnému.

Teplotní faktor rotačních výměníků bez hygroskopické hmoty dosahuje 60 až 80 % a vlhkostní faktor 10 až 20 %. U rotorů s hygroskopickou vrstvou vzrůstá vlhkostní faktor na 60 až 70 %.

Rotační výměníky je možné snadno regulovat změnou otáček, nebo zcela vypnout. Aby se zabránilo zanášení a nestejnomyšernému opotřebení rotoru, zajišťuje většinou regulace občasně otočení rotoru i v době, kdy je mimo provoz.

Provoz zařízení

V rotačních výměnících nejsou proudy přiváděného a odváděného vzduchu bezpečně odděleny a existuje proto vysoké riziko přenosu škodlivin. Z toho důvodu nejsou rotační výměníky vhodné pro případy, kde je odváděný vzduch znečištěn pachy, zárodky, vlákny, prachem, tukem či olejem.

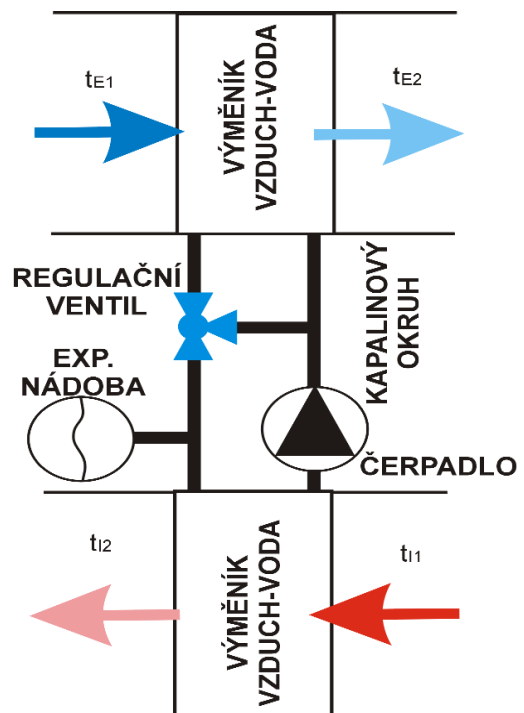
Rotační výměníky lze použít i tehdy, je-li přípustný nízký přenos škodlivin. V takovém případě je třeba doplnit pomocné detekční zařízení či využít speciální konstrukce.

2.7. Přepínací výměníky

Přepínací výměníky regenerační jsou konstruovány tak, že akumulací hmoty zůstává ve stejné poloze a přepínají se proudy vzduchu. Přepínací výměníky mají dvě komory naplněné akumulací hmotou a soustavu klapek, která přepíná přiváděný a odváděný vzduch tak, aby procházel přes tyto komory střídavě. Výměníky dosahují vysokých účinností ZZT, ale jejich konstrukce je poměrně složitá a jejich rozměry jsou větší.

Teplotní faktor přepínacích výměníků je 60 až 90 %, vlhkostní faktor může být 50 až 70 %.

U přepínacích výměníků lze těžko zabránit přenosu škodlivin mezi proudy vzduchu, a proto se nehodí do míst, kde hrozí vyšší riziko znečištění.



Obr. 2.7 Schéma ZZZ s kapalinovým okruhem [3]

2.8. Systémy s kapalinovým okruhem

Systém ZZT s kapalinovým okruhem je tvořen dvěma rekuperačními výměníky vzduch-voda, každý v příslušném proudu vzduchu. Oba výměníky jsou propojeny kapalinovým okruhem s oběhovým čerpadlem, expanzní nádobou a regulačními prvky. Vzhledem k tomu, že zařízení je určeno i pro nízké teploty vzduchu, je třeba jako oběhovou kapalinu použít nemrznoucí směs. Konstrukce výměníků musí odpovídat čistotě a charakteru vzduchu, ve kterém je umístěn. Pro silně znečištěný vzduch se mohou použít i výměníky bez žeber, či výměníky z chemicky odolných materiálů.

Obvykle se používají běžné víceřadé výměníky (dvě až čtyři řady), počet řad výměníku zásadně ovlivňuje účinnost tohoto systému. Systémy s kapalinovým okruhem mají vysokou flexibilitu. U těchto systémů není třeba společné vedení přiváděného a odváděného vzduchu. Systémy lze také snadno doplnit o další zdroj tepla nebo jej i kombinovat s dalšími vzduchotechnickými či jinými kapalinovými systémy. Tyto systémy nacházejí v poslední době stále širší uplatnění především díky své flexibilitě.

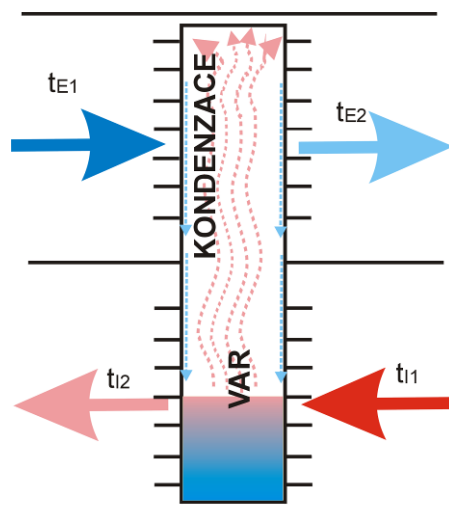
Teplotní faktor běžného systému s kapalinovým okruhem je 30 až 50 %.

Jsou-li použity speciální víceřadé (deset až dvacet řad) konstrukce výměníků s rozdělovačem a částečně protiproudým zapojením trubek, může být dosaženo teplotního faktoru 70 až 80 %. Odvod kondenzátu je řešen stejně jako u běžných chladičů.

Systémy ZZT s kapalinovým okruhem patří mezi nejbezpečnější systémy vzhledem k nulovému riziku přenosu škodlivin z odváděného vzduchu do vzduchu přiváděného. Lze je použít i pro provozy, kde nesmí dojít k přenosu ani při havárii zařízení.

2.9. Tepelné trubice

System ZTZ s přirozeným oběhem chladiva je tvořen uzavřenou trubicí, jejíž jedna polovina (spodní) je v proudu odváděného vzduchu a druhá (horní) v proudu vzduchu přiváděného. Tepelná trubice je naplněna chladivem, ve spodní části dochází k varu a odpařování chladiva. Teplo potřebné k odpaření se odebírá z proudu odváděného vzduchu. Páry chladiva stoupají vzhůru, kde kondenzují v proudu studeného venkovního vzduchu, kterému předají kondenzační teplo a znovu stékají po stěnách zpět do spodní



Obr. 2.8 Schéma tepelné trubice [3]

části. Použité chladivo a tlak v trubici musí odpovídat teplotám venkovního a odváděného vzduchu tak, aby docházelo k varu a kondenzaci. Základní vertikální konstrukce prošla dalším vývojem, a existují i kapilární tepelné trubice, které je možné umístit i vodorovně.

Tepelné trubice mají většinou vnější povrch opatřen žebry, aby se zvýšil přenos tepla ze vzduchu do tepelné trubice a naopak.

Tepelné trubice patří mezi bezpečné systémy ZTZ, kde je riziko přenosu škodlivin z odváděného vzduchu nepatrné. Lze je použít i pro případy, kdy je odváděný vzduch znečištěn a přenos znečištění není přípustný. V případě pomocného detekčního zařízení je lze na znečištěný vzduch použít i tam, kde není dovolen přenos škodlivin ani při poruše nebo defektu zařízení. [3]

2.10. Aplikace pro rodinné domy a bytové jednotky

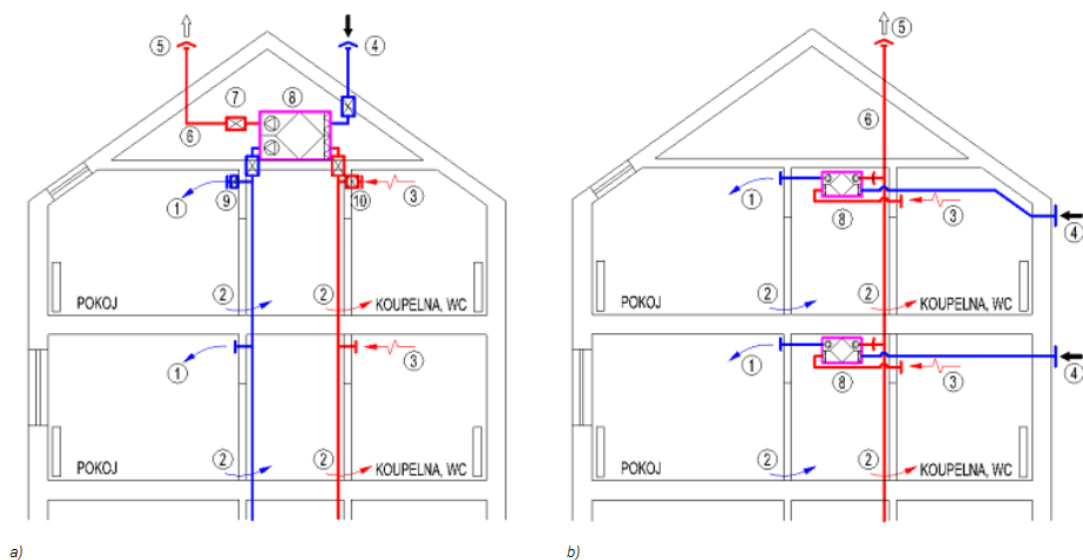
Využití výměníků ZTZ nachází uplatnění ve větrání obytných prostor. Jedná se především o systémy nuceného rovnotlakého větrání. Použije se však i tam, kde není z hygienických důvodů možné zajistit přívod vzduchu podtlakem z obvodové stěny, např. při požadavku na přívod méně znečištěného vzduchu, než je venkovní ovzduší (např. v blízkosti zdroje znečištění, nebo komunikace), nebo tehdy, je-li venkovní prostředí zatíženo nadměrným hlukem, který nelze utlumit přívodními elementy podtlakových systémů (obytný prostor přilehlý k rušné komunikaci).

Rovnotlaké větrací systémy zajišťují nucený přívod čerstvého vzduchu a současně odvod znečištěného vzduchu. Výhodou nuceného rovnotlakého systému větrání je možnost využití zpětného získávání tepla z odváděného vzduchu, čímž se výrazně snižuje spotřeba tepla na ohřev venkovního vzduchu. Pro dopravu vzduchu slouží většinou dvojice ventilátorů umístěných v kompaktní vzduchotechnické jednotce, která obsahuje zpravidla filtraci atmosférického vzduchu, výměník ZZT, případně ohřívač (např. pro teplovzdušné vytápění). Větrací zařízení slouží pro přívod a předehřev venkovního vzduchu. Tyto systémy lze realizovat jako centralizované a decentralizované.

Nevýhodou mohou být vyšší pořizovací náklady, vyšší spotřeba energie pro pohon ventilátorů, které musí hradit tlakovou ztrátu vzduchovodů a prvků větrací jednotky (především výměníku ZZT), dále pak prostorové nároky pro umístění zařízení větrání a vzduchovodů. A v neposlední řadě hluk způsobený ventilátory.

Centrální systémy

Centrální systém spočívá v tom, že na celý objekt je jedna společná jednotka (vybavená ZZT), ze které jsou do jednotlivých místností rozvedeny přívody čerstvého vzduchu a odvody na vzduch znečištěný. V případě nuceného rovnotlakého větrání je potřeba, aby zařízení automaticky vyrovnávalo tlakové rozdíly v přívodním a odvodním vzduchovodu.



Obr. 2.9 Nucené rovnotlaké větrání s přívodem a odvodem vzduchu realizované větrací jednotkou se ZZT a) centrální, b) lokální

1 přiváděný venkovní vzduch, 2 převáděný vzduch, 3 odváděný vzduch, 4 sání venkovního vzduchu, 5 odpadní vzduch, 6 potrubní síť, 7 tlumič hluku, 8 větrací jednotka se ZZT, 9 alternativní dohřev, 10 přeslechový tlumič [4]

K tomu se využívá ventilátor s proměnnými otáčkami. Při návrhu se musí volit takový výkon ventilátoru, aby pokryl jednotlivé tlakové ztráty vedení, tlumičů hluku, a především výměníku ZZT.

Nevýhodou centrálních systémů jsou vysoké nároky na prostor pro umístění samotné jednotky a rozvodů. Pro snížení hluku je možno systém doplnit o tlumič hluku, aby nedocházelo k rušení obyvatel bytových jednotek. V případě použití v bytovém domě jsou náklady na provoz hrazeny paušálně, bez ohledu na využívání.

Lokální systémy

Též možno nazývat decentrální systémy, se vyznačují samostatnou větrací jednotkou pro danou bytovou jednotku. Bývají vybaveny filtrace vzduchu, ventilátory, ZZT a případně tlumičem hluku. Regulační prvky lze namontovat i do rámců oken. Sání může být realizováno společným potrubím nebo samostatně z fasády každé jednotky (Obr. 2.9 b). Odvod vzduchu je v tomto případě uskutečněn společným potrubím, ale lze opět využít samostatné potrubí do fasády. [4]

Nucené větrání má smysl tam, kde přirozené větrání už nespĺňuje naše nároky na výměnu vzduchu, jeho čistotu a hluk z venkovního prostředí. Navíc nabízí možnost instalace ZZT a tím zlepšit využití energie.

3. Legislativa spojená se zpětným získáváním tepla

Se zpětným získáváním tepla je spojená značná legislativa. Ať už z hlediska návrhu a kontroly jednotek, různých průkazů z hlediska energetické náročnosti, tak i z hlediska uplatnění a využití a v poslední řadě také se získáním dotací, či příspěvků. Cílí především na snížení emisí a energetické náročnosti.

3.1. Požadavky na ekodesign větracích jednotek

Začátkem roku 2016 vstoupilo v platnost nařízení EU č. 1253/2014, které realizuje směrnici Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES. Zabývá se požadavky na ekodesign větracích jednotek. Týká se především výrobců, avšak výrazně ovlivňuje možnosti projektování a instalace systémů větrání a klimatizace budov. Větrací jednotky vyrobené od roku 2016 se tímto musí řídit a v souladu s nařízením být i označeny. Oproti minulosti by měly být rozměrově větší a mít účinnější zpětné získávání tepla.

Zároveň díky komplexnosti vznikají nejasnosti s interpretací jednotlivých částí. V návaznosti vydává EVIA (European Ventilation Industry Association) soubor často kladených dotazů, ve kterých se snaží vysvětlit nejasnosti. Další zodpovězené otázky lze nalézt v publikaci Společnosti pro techniku prostředí. [5]

Rozdělení

Podle uvedeného nařízení jsou z něj vyřazeny větrací jednotky¹ s jmenovitým příkonem 30 W na jeden proud vzduchu. Tato zařízení pracují většinou přerušovaně a mají doplňkovou funkci. Zároveň jsou vyřazeny jednotky speciálně určené pro nouzové stavy, nebo výjimečné situace např. tunelové ventilátory. Jednotky, které jsou vybavené výměníkem a zároveň tepelným čerpadlem se také nachází mimo působnost s výjimkou přenosu tepla pro odmrazování a ochranu před mrazem.

Větrací jednotky pro obytné budovy jsou rozdělené podle průtoku vzduchu a do této kategorie patří jednotky s maximálním průtokem 250 m³/h a jednotky kde je maximální průtok v rozmezí 250–1000 m³/h a výrobce deklaruje zamýšlené použití pouze pro větrání v obytných budovách. Těmito jednotkami se budu zabývat dále.

Nařízení specifikuje i jednotky pro jiné než obytné budovy a do této kategorie patří jednotky s maximálním průtokem v rozmezí 250–1000 m³/h a výrobce nedeklaruje zamýšlené použití pro větrání v obytných budovách.

O jednotkách s průtokem větším než 1000 m³/h už nařízení nepojednává, ale dá se říci, že pro účely větrání v obytných prostorech je takovýto průtok zbytečně velký a nemá pro tuto práci význam.

Výpočet

Nařízení zároveň udává metodiku výpočtu požadavku na specifickou spotřebu energie (SEC). SEC je důležité kritérium, které vyjadřuje specifickou spotřebu energie na větrání na m² vytápěné podlahové plochy. Dále také určuje, že od 1.1.2018 SEC vypočtená pro průměrné klimatické podmínky nesmí překročit hodnotu -20 kWh/(m².a) tj. jednotka musí ušetřit minimálně takovéto množství energie na metr čtvereční vytápěné podlahové plochy za rok.

¹ větrací jednotkou“ se rozumí elektricky poháněný spotřebič vybavený alespoň jedním oběžným kolem, jedním motorem a skříní určený k nahrazování použitého vzduchu v budově nebo v její části venkovním vzduchem

Specifická spotřeba energie SEC se vypočítá dle této rovnice:

$$SEC = t_a \cdot p_{ef} \cdot MISC \cdot CTRL^x \cdot SPI - \left[t_h \cdot \Delta T_h \cdot \eta_h^{-1} \cdot c_{air} \cdot (q_{ref} - q_{net} \cdot CTRL \cdot MISC \cdot (1 - \eta_h)) \right] + Q_{defr} \quad (5)$$

Kde

— SEC je specifická spotřeba energie na větrání na m² vytápěné podlahové plochy bytu nebo budovy [kWh/(m².a)],

— t_a je počet ročních provozních hodin [h/a],

— p_{ef} je faktor primární energie pro výrobu a distribuci elektrické energie [–],

— q_{net} je požadavek na čistou míru výměny vzduchu na m² vytápěné podlahové plochy [m³/h.m²],

— MISC je souhrnný faktor obecné typologie, který zahrnuje faktory účinnosti větrání, netěsnosti potrubí a zvláštní infiltrace [–],

— CTRL je faktor řízení větrání [–],

— x je exponent, který zohledňuje nelinearitu mezi úsporou tepelné energie, a elektrické energie v závislosti na vlastnostech motoru a pohonu [–],

— SPI je měrný příkon [kW/(m³/h)],

— t_h je celkové trvání otopného období v hodinách [h],

— ΔT_h je průměrný rozdíl vnitřní (19 °C) a venkovní teploty v otopném období minus 3 K korekce o solární a vnitřní zisky [K],

— η_h je průměrná účinnost vytápění prostor [–],

— c_{air} je měrná tepelná kapacita vzduchu při konstantním tlaku a hustotě [kWh/(m³ K)],

— q_{ref} je referenční míra přirozené výměny vzduchu na m² vytápěné podlahové plochy [m³/h.m²],

— η_t je tepelná účinnost zpětného získávání tepla [–],

— Q_{defr} je tepelná energie ročně vynaložená na m² vytápěné podlahové plochy [kWh/m².a] za účelem odtávání, založená na variabilním elektrickém odporovém vytápění. [6]

Zjednodušeně je tato rovnicí bilance energie první část tvoří energie, kterou spotřebuje samotná jednotka. K ní se přičte teplo potřebné na odtávání a od tohoto součtu se odečte teplo, které získáme nebo lépe ušetříme díky jednotce ZZT. Tudíž pokud nás zajímá úspora energie, SEC by mělo být co největší záporné číslo.

Analýza rovnice

U jednotlivých členů lze odhadnout jakých budou nabývat hodnot a tedy, které mají největší váhu na úsporu energie. Některé členy zůstávají přibližně konstantní, například c_{air} lze považovat v rozsahu teplot -15 až 20 °C za konstantu a nedopustíme se velké chyby. Účinnosti se také nebudou příliš měnit. Pokud budeme uvažovat běžný provoz tak i referenční požadavky na míru větrání q_{net} a q_{ref} zůstanou na stejné hodnotě. Faktor primární energie pe_f , představuje náklady na dodávku energie do místa užití a jeho hodnota vždy překračuje číslo 1. Většina členských států používá hodnotu 2,6 ale předpokládá se, že v roce 2020 se přejde na 2,0 díky většímu podílu elektrické energie vyrobené z obnovitelných zdrojů. Q_{defr} se vztahuje pouze na rekuperační výměníky, u regeneračních je rovno nule a vypočítá se podle rovnice

$$Q_{defr} = t_{defr} \cdot \Delta T_{defr} \cdot c_{air} \cdot q_{net} \cdot pe_f, \quad (6)$$

| Klima | t_h v h | ΔT_h v K | t_{defr} v h | ΔT_{defr} v K | Q_{defr} (*) v kWh/m ² .a |
|----------|--------------|---------------------|-------------------|--------------------------|---|
| Chladné | 6 552 | 14,5 | 1 003 | 5,2 | 5,82 |
| Průměrné | 5 112 | 9,5 | 168 | 2,4 | 0,45 |
| Teplé | 4 392 | 5 | — | — | — |

(*) Odtávání se týká pouze obousměrných jednotek s rekuperačním výměníkem tepla a vypočte se podle vzorce $Q_{defr} = t_{defr} \cdot \Delta T_{defr} \cdot c_{air} \cdot q_{net} \cdot pe_f$. Pro jednosměrné jednotky nebo jednotky s regeneračním výměníkem tepla platí, že $Q_{defr} = 0$.

| Výchozí hodnoty | hodnota |
|--|-----------------|
| měrná tepelná kapacita vzduchu, c_{air} v kWh/(m ³ K) | 0,000344 |
| čistý požadavek na větrání na m ² vytápěné podlahové plochy, q_{net} v m ³ /h.m ² | 1,3 |
| referenční míra přirozené výměny vzduchu na m ² vytápěné podlahové plochy, q_{ref} v m ³ /h.m ² | 2,2 |
| roční provozní hodiny, t_a v h | 8 760 |
| faktor primární energie pro výrobu a distribuci elektrické energie, pe_f | 2,5 |
| účinnost vytápění prostor, η_h | 75 % |

| | |
|-----------------------------------|------------|
| Zapnuto/vypnuto & jediná rychlost | 1 |
| 2 rychlosti | 1,2 |
| více rychlostí | 1,5 |
| proměnné otáčky | 2 |

Kde t_{defr} je doba trvání odtávání, pokud je venkovní teplota nižší než -4 °C [h/a], a ΔT_{defr} je průměrný rozdíl teplot v K mezi venkovní teplotou a -4 °C v průběhu odtávání. SPI a η_t jsou odvozené ze zkoušek a metod výpočtu a udává je výrobce.

Parametry závislé na řízení jednotky jsou specifické pro jednotlivé produkty. Jako další vystupuje počet provozních hodin a doba trvání otopného období. Tyto časy budou záviset na klimatu, ve kterém se nachází budova, pro kterou je jednotka určena a do jisté míry i na uživateli. Na závěr zůstává rozdíl teplot, jenž opět závisí na klimatu. Výchozí hodnoty z nařízení EU 1253/2014 jsou uvedeny v tabulce Tab. 1. [6]

Přepsáním rovnice (6), tak abychom dostali na levé straně účinnost ZZT nám umožní zjistit minimální účinnost nutnou ke splnění dříve zmíněné podmínky $SEC \leq -20 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

Postupnými úpravami rovnice přejde do tvaru

$$\eta_t = 1 - \frac{\eta_h(SEC - Q_{def} - t_a \cdot p_{ef} \cdot q_{net} \cdot MISC \cdot CTRL^x \cdot SPI) + q_{ref} \cdot t_h \cdot \Delta T_h \cdot c_{air}}{q_{net} \cdot t_h \cdot \Delta T_h \cdot c_{air} \cdot MISC \cdot CTRL} \quad (7)$$

Pro dosažení použijí průměrné klima, limitní $SEC = -20$, jednotku vedenou do potrubí s časovým řízením (bez DCV) s více rychlostmi. Z databáze v příloze 1 má průměrná jednotka průtok $253 \text{ m}^3/\text{h}$ a příkon 140 W . Z těchto hodnot lze podílem spočítat měrný příkon SPI, který činí $0,00055 \text{ kWh/m}^3$. Zbylé hodnoty jsou vzaty z Tab. 1.

Číselně vychází pro průměrné klima a uvedených předpokladech minimální účinnost pro splnění nařízení rovna 59 %. Pokud vybereme jednotku s ručním řízením, jedinou rychlostí otáček a bude bez potrubní, minimální účinnost se vyšplhá na 72 %. A v opačném případě, když bude jednotka potrubní, s centrálním řízením dle potřeby a proměnnými otáčkami, minimální účinnost bude 41 %. Lze tedy říci, že řízení jednotky má na tuto účinnost výrazný vliv.

Ideální jednotka by tedy měla obsahovat motor s proměnnými otáčkami, lokální řízení dle potřeby, konstrukčně vedená do potrubí a umístěná do teplého klimatu, kde nebude muset být v provozu dlouhou dobu v porovnání s ostatními případy a zároveň ani nemusí dojít k potřebě odmrazování. Vzhledem k výskytu rozdílu vnitřní a vnější teploty v rovnici, nemá smysl jednotku používat, pokud je venku vyšší teplota než uvnitř. Chceme ušetřit teplo uvnitř a nikoliv venku. Zároveň lze vidět, že v čím chladnějším klimatu jsme, tím více ušetříme na rekuperaci, ale nastává problém odmrazování, a to spotřebovává také značnou část energie.

3.2. Energetická náročnost budov

Touto problematikou se zabývá Evropská směrnice 2018/844/EU O energetické náročnosti budov. Ve svojí 3. podobě vyšla 30.5. 2018 a navazuje na dvě předchozí směrnice (2010/31/EU a 2012/27/EU), které upravuje formou změnového předpisu. Požadavky těchto směrnic mají být implementovány do české legislativy do 10.3. 2020. Změny vycházejí ze zkušeností z předchozích zkušeností a technologickým pokrokem spojeným s tzv. smart technologiemi a elektromobilitou.

Historicky první směrnice na toto téma 2002/91/EC se zabývala hospodařením energií v budovách, metodikou výpočtu energetické náročnosti a naznačila možnosti vedoucí k úsporám energie určené pro provoz budovy. Zavedla energetickou certifikaci budov a pravidelné inspekce otopných zařízení a klimatizačních systémů. Na základě této směrnice byly v ČR zavedeny vyhláškou 148/2007 Sb. energetické průkazy budov. Do větších detailů se jimi budu zabývat později.

Další změna nastala po osmi letech, kdy v roce 2010 vyšlo přepracování původní směrnice pod označením 2010/31/EU, které k 31.2.2012 ukončilo platnost první směrnice a upravilo jednotlivé body podle připomínek a reakcí veřejnosti. Objevila se zde definice „budovy s téměř nulovou spotřebou energie“, anglicky (nearly zero energy buildings – nZEB), která způsobila řadu nejasností a má za důsledek, že každý členský stát má pro nZEB vlastní definici a kritéria. Hodnotila také optimální náklady na úsporná opatření. V části obecného rámce definice a metody výpočtu energetické náročnosti budovy, dále ENB, upřesnila a vyjasnila požadavky tak, že energetická náročnost budovy je vypočítané nebo změřené množství energie potřebné pro roční pokrytí spotřeby energie spojené s typickým užíváním budovy. Což zahrnuje energie na vytápění, chlazení, větrání, ohřev vody a osvětlení. Vyjadřuje se ukazatelem a číselným vyjádřením primární energie v závislosti na použitém energonositeli². Zároveň uvedla slogan 20–20–20 vyjadřující cíl Evropské unie snížit do roku 2020 oproti roku 1990 emise skleníkových plynů o 20 %, snížit spotřebu energie v unii o 20 % a zvýšit podíl energie vyrobené z obnovitelných zdrojů na 20 %.

² hmota nebo jev, které mohou být použity k výrobě mechanické práce nebo tepla nebo na ovládní chemických nebo fyzikálních procesů [148/2007 Sb.]

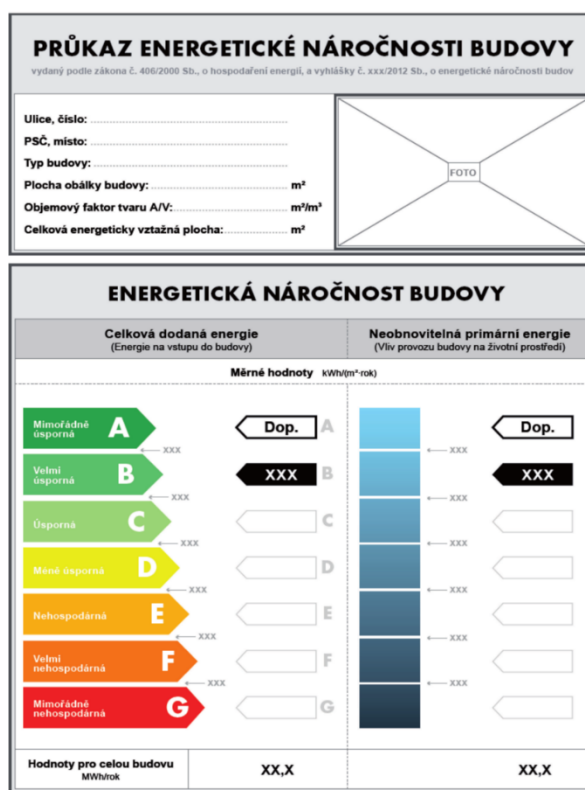
Do českých zákonů se tato směrnice promítla ve vyhlášce 78/2013 Sb., kde došlo mimo jiné k zavedení tzv. referenční budovy jejímž účelem je vygenerování referenčních hodnot pro hodnocení ENB a ke změně obsahu a grafické podoby průkazu energetické náročnosti budovy.

Poté následovala zatím nejnovější, v pořadí 3. směrnice 2018/844/EU opět formou změnového předpisu, který upravuje předchozí dvě směrnice. Změna vyplynula z přezkoumání směrnice 2010/30/EU na evropském stavebním trhu a jejích účinků v jednotlivých zemích Unie a odůvodňuje potřebu upravit předchozí směrnici.

Upravuje některé definice a metodiky, ale nemá téměř žádný vliv na problematiku ZZT z hlediska designu nebo prodeje. Nastavuje pouze energetické třídy a do prvních dvou, je větrání s jednotkou ZZT pouze uvedeno jako doporučené. Ovšem bez ní se na tyto limity téměř nedá dosáhnout. V současnosti je dosud platná směrnice aplikována v české legislativě především v zákonně 406/2000 Sb. ve znění příslušných předpisů a navazujících vyhlášek. Nová směrnice by se měla implementovat do 10.3.2020. [7]

3.3. Průkazy energetické náročnosti budovy

Od 1.1.2009 je povinně zaveden pro novostavby průkaz energetické náročnosti budovy, dále jen PENB. Tento průkaz hodnotí spotřebu energie na běžný provoz budovy jako je spotřeba energie na vytápění, ohřev vody, osvětlení a větrání. Nezapočítává se však energie na elektrospotřebiče. Průkaz vychází z evropské směrnice 2002/91/ES. Průkaz musí mít každá nová budova nebo rekonstruovaná budova jejíž celková podlahová plocha je větší než 1000 m². Kde rekonstrukcí se myslí zásah do více než 25 % pláště objektu nebo změna vytápěcího systému. Od povinností jsou osvobozeny samostatné budovy



Obr. 3.1 Průkaz energetické náročnosti budovy dle 78/2007 Sb. [15]

s plochou menší než 50 m² a budovy užívané pouze dočasně. Například kostely, nevytápěné zemědělské stavby, výrobní haly a další podobné výjimky.

Pokud se jedná o veřejně přístupnou budovu např. obchodní centrum, musí být průkaz umístěn na přístupném a viditelném místě.

Na průkazu a dokumentaci, která je nutná ke zpracování, lze najít stav budovy jaký je a případný návrh na zlepšení, který by budovu posunul do vyšší kategorie. Grafická podoba vzorového průkazu na Obr. 3.1.

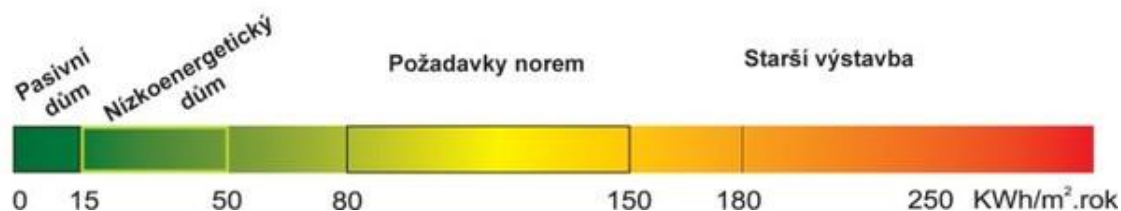
Průkaz může zpracovat pouze osoba se zvláštním oprávněním, které vydává Ministerstvo průmyslu a obchodu. Seznam těchto odborníků lze dohledat na internetových stránkách www.mpo-efekt.cz.

Průkaz se předkládá stavebnímu úřadu při výstavbě či rekonstrukci budovy. V případě že budova průkaz nemá, jedná se o nedodržení zákonné povinnosti a hrozí pokuta až 100 tisíc Kč. Pokuta až 1 mil. Kč hrozí tomu, kdo průkaz nevyvěsí ve veřejně přístupné budově. [8]

PENB slouží jako dobré měřítko pro posouzení spotřeby energie na rok, což je potřeba vzít v úvahu při provozu, koupi či nájmu budovy. ZZT lze považovat na nástroj k posunutí budovy do vyšší kategorie při rekonstrukci. Samotná instalace ZZT může i nemusí zajistit nutné úspory, proto je nutné se nad problematikou zamyslet jako celkem.

3.4. Pasivní domy

Pasivní domy spadají pod legislativu o energetické náročnosti budov. Vychází ze skutečnosti, že vytápění takového objektu se realizuje z velké části pasivními tepelnými zisky. Od toho odvozen název pasivní domy. Do hlavních zdrojů tepla patří zisky z oslunění, odpadní teplo spotřebičů a lidské teplo. Za pasivní dům se považuje objekt,



Obr. 3.2 Škála energetické náročnosti budov [9]

který nepřesáhne svou spotřebou energie na vytápění limit 15 kWh/m².rok. Tudíž je možné, že v některých stavbách může běžná otopná soustava zcela chybět. Podle

standardů Passivhaus Institutu musí dále splňovat maximální spotřebu primární energie spojenou s provozem budovy, včetně spotřebičů 120 kWh/m².rok a neprůvzdušnost obálky budovy n_{50} ověřenou tlakovou zkouškou, při které, nesmí překročit hodnotu $n = 0,6 h^{-1}$. Což znamená, že při rozdílu tlaků 50 Pa se nesmí za hodinu vyměnit netěsnostmi více než 60 % objemu vzduchu v místnosti. [9]

Aby teplo neunikalo do okolí je nutné zajistit nadstandardní izolaci a vzduchotěsnost obálky budovy, dobré zateplení a zasklení. K maximalizaci zisků je výhodné umístit prosklené plochy na jih. Dalším charakteristickým znakem je přítomnost systému řízeného větrání se zpětným získáváním tepla. Dům je díky izolaci těsně utěsněn a je potřeba zajistit výměnu vnitřního vzduchu za čerstvý vnější vzduch.

Pro rodinné domy se doporučuje intenzita větrání 0,3 – 0,5 objemu obytných místností za hodinu. V případě, kdy v domě nikdo není se intenzita sníží na 0,1 objemu za hodinu, kvůli odvodu vlhkosti a různých škodlivin.

Určitým problémem je, že v zimě klesá v místnostech vlhkost vzduchu. Venkovní vzduch má totiž v zimě nízký obsah vlhkosti. Většina běžných domů tento problém nemá, protože jejich obyvatelé v zimě nevětrají, i za cenu horší kvality vzduchu. Jedním z možných řešení je použít entalpický výměník, který dokáže kromě tepla rekuperovat i vlhkost. Další možností je použít vnitřní omítky či příčky z nepálené hlíny, která dobře vyrovnává vlhkostní rozdíly. Zvlhčování vzduchu přímo ve vzduchotechnickém zařízení, jaké je běžné ve velkých budovách, se v rodinných domech zatím neprosadilo. [10]

Jak již bylo zmíněno pasivní domy vyžadují maximální celkovou spotřebu energie 15 kWh/m².rok. Legislativa pouze rozhoduje, zda dům je či není pasivní. O způsobech, jakými toho lze dosáhnout už však nehovoří. Řízené větrání se ZZT hraje v energetických úsporách u pasivních domů velkou roli a bez něj, je v současné době téměř nemožné dostat se pod stanovenou hranici.

3.5. Program Zelená úsporám

V souvislosti s energetickou náročností budov, Ministerstvo životního prostředí nabízí dotační program Nová zelená úsporám. Hlavním cílem programu je zlepšit stav životního prostředí a dosáhnout úspory energie. Nová zelená úsporám podporuje:

- Renovace rodinných a bytových domů (zateplení fasády, střechy, stropů, výměna oken a dveří)
- Stavbu rodinných a bytových domů v tzv. pasivním standardu (pasivní domy)
- Solární termické a fotovoltaické systémy
- Zelené střechy
- Využití tepla z odpadní vody
- Systémy řízeného větrání se zpětným získáváním tepla (ZZT)
- Výměnu zdrojů tepla za tepelná čerpadla, kotle na biomasu...

O dotaci lze požádat při výstavbě novostavby v pasivním standardu, ale i staveb v nízkoenergetickém standardu s nuceným větráním a jednotkou ZZT. Dále lze požádat i při rekonstrukci, která zasahuje do vnějšího pláště budovy např. výměna oken, zateplení, renovace střechy a budova před rekonstrukcí nebyla v pasivním standardu. Pro bytové domy je přiřazena fixní částka v rozmezí 20 000 – 25 000 Kč na bytovou jednotku na systém řízeného větrání se ZZT. [11]

4. Průzkum trhu

V předchozích kapitolách jsem definoval, co je jednotka ZZT a jaká se na ní váže legislativa. Dále se budu zabývat jednotkami dostupnými na českém trhu. Pro zjednodušení se zaměřím na jednotky pro obytné budovy se jmenovitým průtokem okolo 250 m³/h. Porovnání bude provedeno pomocí databáze jednotek, která bude zahrnovat parametry: název jednotky, název výrobce, druh výměníku a jeho materiál, uváděná účinnost, cena, příkon ventilátorů, způsob odmrazování a zdali je řízení v ceně jednotky nebo je potřeba dokoupit jako příslušenství.

Databáze obsahuje jednotky od českých i zahraničních výrobců, které se dají koupit na českém trhu. Některé jednotky lze koupit, ovšem výrobci je už neuvádějí ve svém katalogu, neboť jim vypršela certifikace a jedná se tedy o doprodej skladovaných kusů.

4.1. Předpoklady

Během vyhledávání dat jsem čerpal z dostupných internetových zdrojů výrobců a dodavatelů. Ceny jsou uváděny s DPH, a pokud možno bez slevy, ovšem vybral jsem vždy jednoho prodejce a nezkoumal, kdo nabízí danou jednotku nejlevněji. Jednotky zahraničních výrobců, které se nedají koupit na českém trhu jsem nezahrnoval, i když to nabízí jistý přehled a doprava u takovýchto zásilek je zanedbatelná vůči pořizovací ceně. Políčka v tabulce, která jsou vyplněná pomlčkou znamenají, že výrobce přesněji nespecifikuje daný parametr. Tím že se jedná pouze o materiál výměníku, který legislativou není daný jako povinný údaj, je pochopitelné, že někteří výrobci budou chránit svoje know-how.

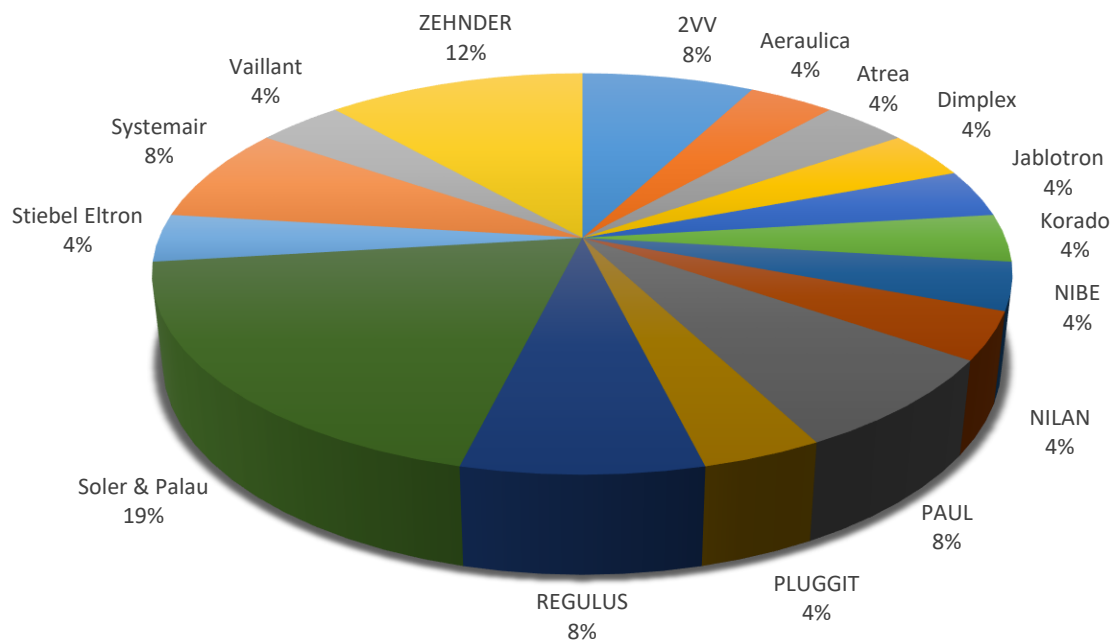
4.2. Databáze

Všechny dostupné jednotky mají funkci bypassu, která umožňuje obtok výměníku. Je tím zajištěno že v létě neohříváme přívodní vzduch. Každá jednotka je rovněž dodávána alespoň se základním ovládáním např. nastavení teplotních mezí pro spuštění větrání, časový spínač apod. Ovládací panel je umístěn přímo na jednotce. Některé jednotky už mají v základní výbavě dálkové ovládání, které je k jednotce připojeno kabelem, a tudíž lze ovládání umístit i mimo jednotku. U pár jednotek se za příplatek rovněž nabízí nadstandartní možnosti jako ovládání jednotky z mobilního telefonu díky aplikaci.

Senzory teploty, vlhkosti vzduchu nebo koncentrace CO₂ už bývají za příplatek a často vyžadují i vyšší verzi ovládání, aby se daly tyto signály zpracovat a podílet se na řízení jednotky. U některých dražších jednotek jsou součástí základního vybavení.

Tyto parametry nejsou součástí databáze, ale ovlivňují cenu jednotek. Proto bych v rámci této databáze bral cenu pouze orientačně. Pro zjednodušení zápisu a tvorbu grafů jsem seřadil jednotky podle výrobce, a každé přidělil pořadové číslo, viz Příloha 1 – Databáze větracích jednotek.

Na českém trhu se v současnosti vyskytují, jak čeští, tak i zahraniční výrobci. Pro jednotky s průtokem okolo 250 m³/h je jejich poměrné zastoupení na obrázku 4.1.

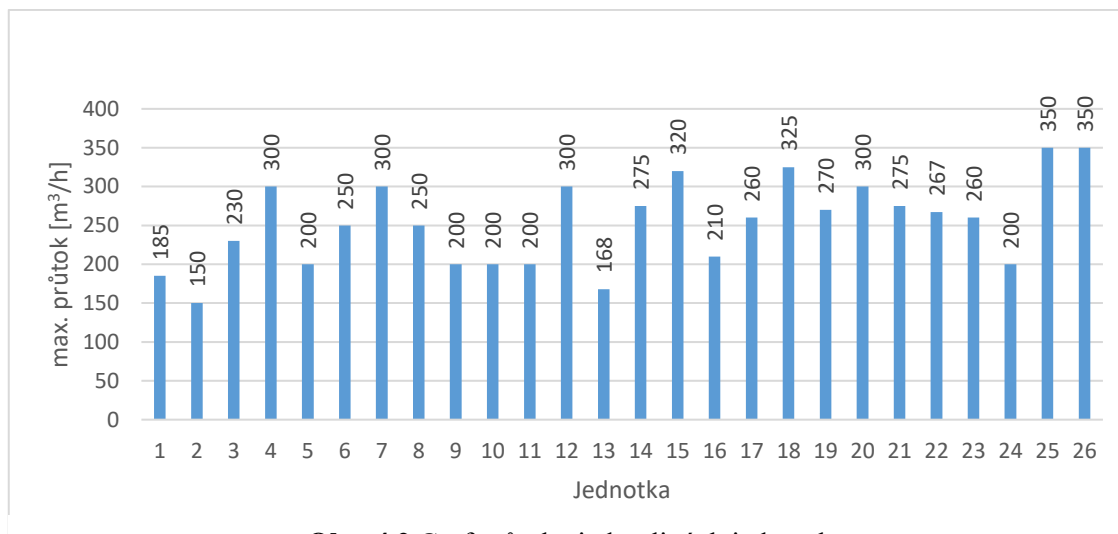


Obr. 4.1 Graf zastoupení výrobců v databázi

Mezi české výrobce patří 2VV, ATREA, Jablotron, Korado, NIBE a REGULUS, kteří dávají dohromady 31 % z celkového podílu. Zbytek jsou zahraniční výrobci, především z Německa, Soler & Palau z USA ovšem má pobočky po celé Evropě. Dále NILAN z Dánska, a Aeraulica z Itálie. Jako poslední je Systemair což je švédský výrobce.

Další kategorií je průtok. Vybíral jsem jednotky podle jejich maximálního průtoku, který se doporučuje pouze pro krátké časy a není vhodné, aby jednotka byla přetěžována. Navíc má při velkém průtoku nižší účinnost. Jednotliví výrobci dodávají zpravidla tří stupňové řízení otáček, kdy mají fixní hodnoty průtoků např. pro jednotku s max. průtokem

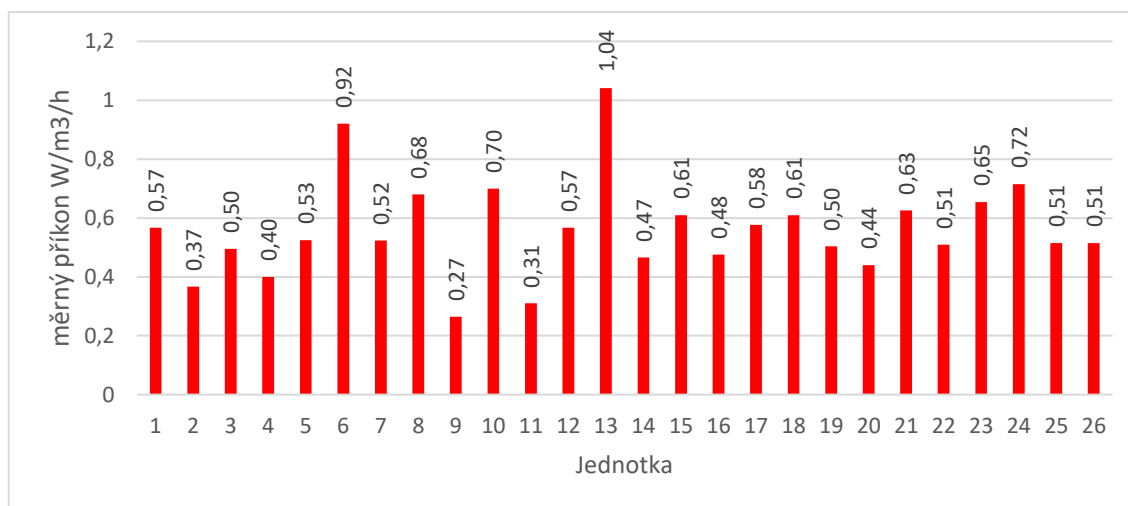
250 m³/h můžou být rychlosti odstupňovány 100/150/200 m³/h. Graf průtoků je znázorněn na obrázku 4.2.



Obr. 4.2 Graf průtoků jednotlivých jednotek

Jedná se o jednotky určené pro centralizované větrání, které stačí na větrání celého bytu či rodinného domu. Průtoky se pohybují v rozmezí 150–350 m³/h a tento interval stačí pokrýt potřebu větrání pro objekty s podlahovou plochou 90–240 m². Průměrná hodnota vychází 254 m³/h.

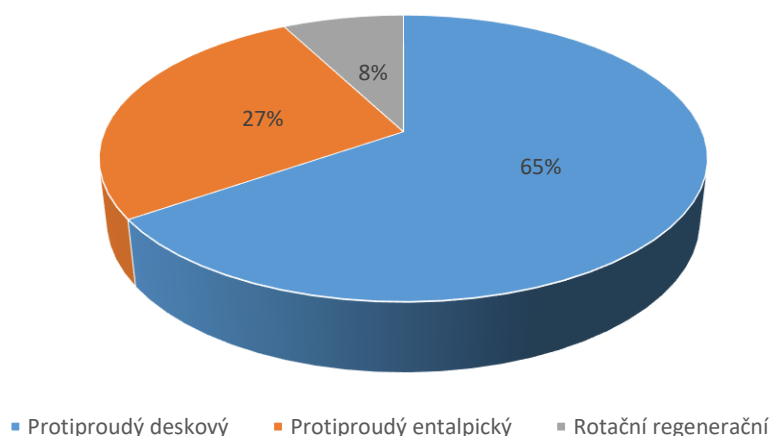
Příkon ovlivňuje celkovou spotřebu energie jednotky ovšem, aby bylo možné porovnat příkony u jednotek s různými příkony, je nutné zavést měrný příkon. Měrný příkon je pouze příkon podělený průtokem. Srovnání je na obrázku 4.3.



Obr. 4.3 Graf měrného příkonu jednotlivých jednotek

Průměrný měrný příkon vychází 0,56 W/m³/h. S velmi dobrým příkonem vychází jednotka 9 a 11 což jsou jednotky NILAN CT 200 a PAUL FOCUS 200, obě s max. průtokem 200 m³/h. Naopak jednotky 6 a 13 mají vysoký příkon. U jednotky 6, tedy FUTURA M od Jablotronu, to může být způsobeno tím, že má výměník, který vydrží i při velmi nízkých teplotách bez přehřevu. U čísla 13, REGULUS Sentinel Kinetic 200 ZPH je to zřejmě na úkor ceny, která je při necelých 40 000 Kč v této oblasti podprůměrná.

Výrobci nabízí provedení jednotek s různými výměníky. Pro každou aplikaci se hodí jiný a někteří výrobci se specializují třeba na jeden typ a snaží se provádět inovace. Volba výměníku je zároveň daná i průtokem a velikostí jednotky. Ve výše stanoveném rozsahu průtoků se nejčastěji vyskytuje protiproudý deskový výměník. Z obrázku 4.4. lze vidět že zaujímá na trhu 65 %. Dále se jsou v nabídce výměníky protiproudé deskové entalpické a rotační regenerační.

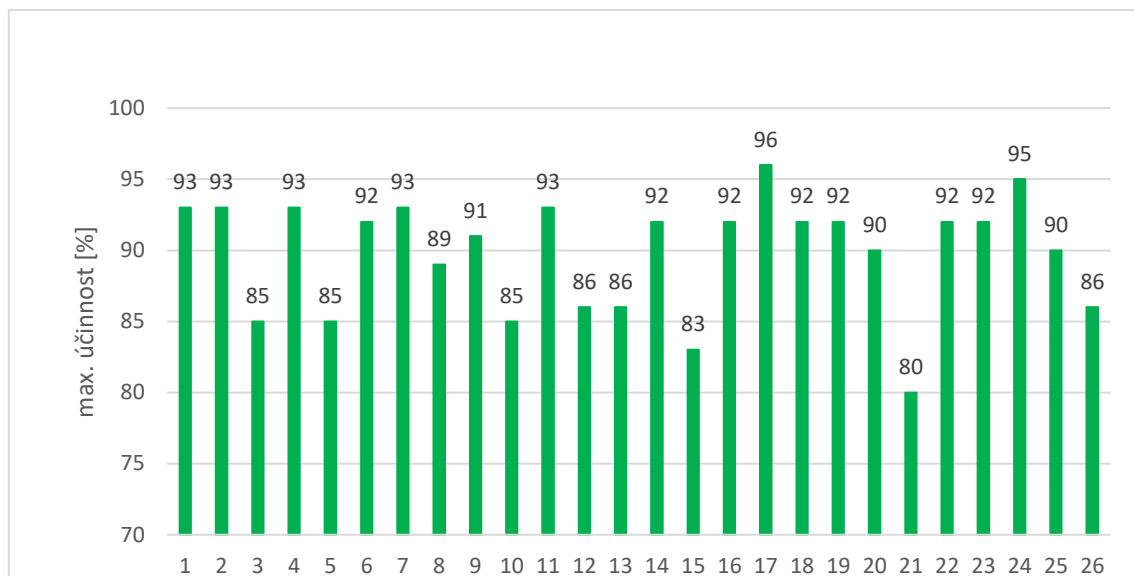


Obr. 4.4 Graf zastoupení typů výměníků

Zisk vlhkosti není u této aplikace tak podstatný a deskové výměníky nabízí lepší účinnost při přenosu tepla. Výměníky jsou zpravidla hliníkové, pokud se jedná o deskové, entalpické mají hygroskopickou vrstvu z polymerního materiálu. Jsou ale i varianty, kde je hliník vyměněn za plast nebo houževnatý polystyren.

Co se týče účinnosti pohybuje se v rozmezí 80-96 % avšak jedná se o maximální účinnost pravděpodobně změřenou v laboratorních podmínkách při specifickém průtoku a okolní teplotě. Z technických podkladů k jednotlivým jednotkám lze z pracovních diagramů vyčíst účinnost pro daný pracovní bod, a pak se by se dalo porovnat která jednotka je opravdu pro potřebný průtok nejúčinnější. Reálná provozní účinnost je

zhruba o 10-15 % menší. Zároveň se jedná pouze o účinnost rekuperace tepla, nikoliv vlhkosti. Hodnoty lze vidět na obr. 4.5.



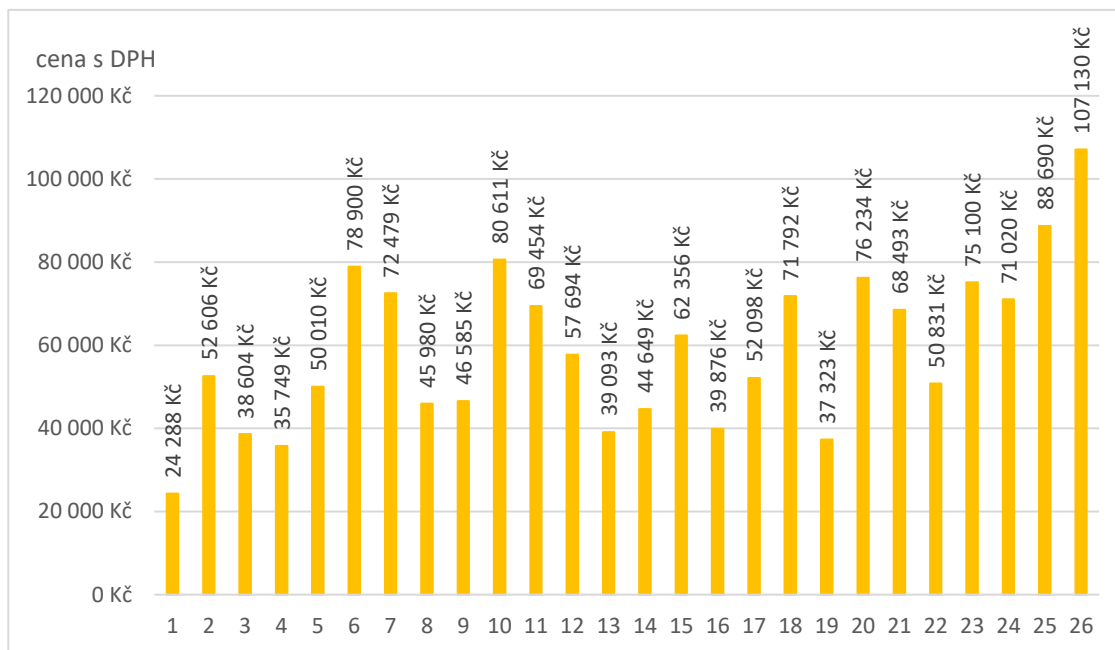
Obr. 4.5 Graf maximální účinnosti

Na spodní straně spektra jsou právě rotační regenerační výměníky, které konstrukčně dosahují nižších účinností, ale umožňují přenos vlhkosti. Průměrná dosahovaná účinnost je 90 %, tudíž i když snížíme o přibližně 10 % dostaneme se na provozní účinnost 80 % a to je velmi uspokojivá hodnota. Velmi vysokých účinností dosahují jednotky od firmy Soler & Palau s deskovými výměníky a ZEHNDER ComfoAir 200.

V klimatu ČR může nastat, že venkovní teplota klesne hlouběji pod bod mrazu. S tímto problémem musí výrobci počítat, neboť u deskových výměníků vzniká používáním kondenzát, u kterého hrozí že zmrzne a poškodí výměník, či ventilátor. Většina výrobců tento problém řeší pomocí obtoku teplého vzduchu kolem výměníku, tudíž odstavení rekuperace a použití vnitřního tepla k odmražení. Dalším způsobem je částečné směšování odpadního a přívodního vzduchu nebo škrcení. Takováto opatření jsou použitelná do zhruba $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$, a pro nižší teploty je doporučeno zakoupit elektrický přehřev. Výjimkou jsou jednotky od firem Jablotron a PAUL, které se chlubí výměníky, jež nepotřebují přehřev až do $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$. U rotačních výměníků lze řešit regulací otáček, kdy se natáčí výměník tak aby se odmrazil odváděným teplým vzduchem.

Pro letní provoz jsou všechny jednotky vybaveny bypassem, který umožňuje obtok výměníku v období, kdy je vnější teplota vyšší a nechceme, aby se vnitřní vzduch ohříval.

Poslední kategorií je cena. Napříč spektrem se velmi liší, a to ať už díky průtoku,



Obr. 4.6 Cena jednotek se ZZZT

výměníku, účinnosti nebo výbavě. Snažil jsem se vybírat, pokud možno základní verze, bez volitelného příslušenství, které cenu může posunout klidně o 10 000 Kč výš. Cena jednotlivých jednotek je na obrázku 4.6. Průměrná cena pro požadovaný rozsah průtoků je

59 140 Kč. V databázi jsou ale i jednotky, jež mají nadstandardní výbavu, kterou výrobce považuje za konkurenční výhodu. Téměř všechny jednotky jsou k dostání se základním ovládáním a dvěma filtry. Jako nadstandardní výbava bývá k dispozici, dálkové ovládání buď pomocí panelu a ovladače nebo aplikace v telefonu. Rozšíření senzorů o senzory teploty, CO₂ a vlhkosti a s nimi spojená lepší řídicí jednotka, která je schopná zpracovávat tyto signály a efektivněji řídit provoz jednotky nebo náhradní filtry.

Velmi dostupná se slušnými parametry je hned první jednotka VENUS HRV15AC, která s průměrným příkonem a dobrou účinností stojí 25 000 Kč a zároveň je vybavená 1000 W předehřevem. Stejně tak i číslo 4 v podobě Duplex EASY 300 od společnosti Atea, s vysokým průtokem, slušnou účinností a nízkým příkonem. Poslední dvě jednotky od ZEHNDERu se liší pouze typem výměníku, kdy se jedná o stejnou jednotku s nadstandardní výbavou, která velmi zkresluje cenu.

Na trhu se vyskytuje solidní nabídka větracích jednotek se ZZZT. Přes 90 % jednotek má protiproudý deskový výměník s možností hygroskopické vrstvy, která zajistí přenos vázaného tepla ve vlhkosti. Všechny jednotky dosahují vysokých účinností, ale je potřeba

brát v potaz, že se jedná o maximální účinnost a nikoliv provozní, která může být o 10–15 % menší. Cena se pohybuje v závislosti na průtoku a výbavě v rozsahu $60\,000 \pm 35\,000$ Kč a je tu možnost zažádání o dotaci z programu Nová zelená úsporám se kterou lze ušetřit až 25 000 Kč z celkových nákladů.

5. Srovnávací výpočet

Pro porovnání úspory energie lze vzít SEC z rovnice (5) a spočítat tepelnou ztrátu větráním, kterou lze definovat rovnicí $\dot{Q}_v = \dot{V} \cdot \rho_v \cdot c_{air} \cdot (t_i - t_e)$, (8)

kde \dot{Q}_v je ztrátové teplo při větrání v kW, \dot{V} je objemový průtok větracího vzduchu v m^3/s , ρ_v je hustota vzduchu v kg/m^3 , c_{air} je měrná tepelná kapacita vzduchu v $\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$, t_i je teplota vnitřního vzduchu ve $^\circ\text{C}$ a t_e je teplota venkovního vzduchu, případně teplota přiváděného vzduchu po rekuperaci.

5.1. Předpoklady

Pro výpočet uvažuji byt s vytápěnou podlahovou plochou 91 m^2 a výškou stropu 3 m. Tudíž objem vzduchu v objektu je 273 m^3 . Požadavek na intenzitu větrání $n = 0,4 \text{ 1/hod}$, hustotu vzduchu konstantní $1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$, c_{air} také konstantní $1010 \text{ kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$ a vnitřní teplotu $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Dále budu popisovat výpočet pro $n = 0,4$. Venkovní teplotu a dobu trvání topné sezóny jsem určil pomocí tabulky venkovních výpočtových teplot a délek otopných období dle ČSN 38 3350 Zásobování teplem a ČSN 06 0210 Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění. [12]

Byt se nachází v Karlových Varech a pro potřeby výpočtu je $t_{em} = 13 \text{ }^\circ\text{C}$.

5.2. Tepelná ztráta bez ZZT

Pro výpočet tepelné ztráty dosadím do rovnice (8) hodnoty z předpokladů a množství větracího vzduchu, který určím z požadované intenzity větrání.

$$\dot{V} = n \cdot S \cdot h = 0,4 \cdot 91 \cdot 3 = 109,2 \text{ m}^3/\text{h} = 0,03 \text{ m}^3/\text{s}$$

Venkovní teplota je dle tabulky pro Karlovy Vary a $t_{em} = 13 \text{ }^\circ\text{C}$ rovna $3,8 \text{ }^\circ\text{C}$ a délka otopného období je 254 dní.

Po dosazení vyjde $\dot{Q}_v = 0,03 \cdot 1,2 \cdot 1010 \cdot (20 - 3,8) = 596 \text{ W}$. Abychom byli schopni porovnat tepelné ztráty je potřeba vydělit plochou abychom dostali měrnou tepelnou ztrátu. $\dot{q}_v = \frac{\dot{Q}_v}{S} = \frac{596}{91} = 6,5 \text{ W/m}^2$. Nyní už stačí pouze vynásobit délkou otopného období a získáme měrnou tepelnou ztrátu za rok.

$$\dot{q}_{v_{rok}} = \dot{q}_v \cdot 254 \cdot 24 = 39,9 \text{ kWh/m}^2\text{a}.$$

5.3. Tepelná ztráta se ZZT

Pro výpočet jsem zvolil jednotku z databáze, a to sice NILAN CT 200. Průtok je stejný jako pro větrání bez jednotky ZZT a účinnost jsem určil z technického listu od výrobce viz obr. 5.1.



Obr. 5.1 Teplotní účinnost v závislosti na průtoku NILAN CT 200 [16]

Účinnost odpovídá 92,2 % a pro určení teploty přívodního vzduchu vynásobíme účinností teplotu vzduchu v místnosti a dostaneme teplotu po rekuperaci $t_e = 18,4 \text{ }^\circ\text{C}$. Dále výpočet probíhá stejně jako v předchozí kapitole s jediným rozdílem, že dosadíme vypočtenou teplotu vzduchu po rekuperaci. Výsledná tepelná ztráta pak vychází $\dot{Q}_v = 0,03 \cdot 1,2 \cdot 1010 \cdot (20 - 18,4) = 57,4 \text{ W}$ a po podělení plochou měrná

tepelná ztráta $\dot{q}_v = \frac{\dot{Q}_v}{S} = \frac{57,4}{91} = 0,63 \text{ W/m}^2$. Po vynásobení délkou otopného období vychází celková měrná tepelná ztráta za rok hodnoty $\dot{q}_{v_{rok}} = 3,8 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

Výsledný rozdíl, tedy úsporu tepelné energie získáme rozdílem měrných tepelných ztrát za rok, který pro intenzitu větrání 0,4 vychází $36,1 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Pro posouzení vlivu různých intenzit větrání jsem výpočet provedl pro intenzity od 0,1 do 0,5 s krokem jedné desetiny. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 2.

Tab. 2

| intenzita větrání 1/hod | Měrná tepelná ztráta bez rekuperace kWh/m ² a | Měrná tepelná ztráta s rekuperací kWh/m ² a | rozdíl kWh/m ² a |
|-------------------------|--|--|-----------------------------|
| 0,5 | 49,9 | 5,4 | 44,5 |
| 0,4 | 39,9 | 3,8 | 36,1 |
| 0,3 | 29,9 | 3,0 | 26,9 |
| 0,2 | 19,9 | 2,3 | 17,6 |
| 0,1 | 10,0 | 1,4 | 8,6 |

Z tabulky lze vidět, že intenzita větrání se výrazně podílí na celkovém úniku tepla a rekuperace v tomto případě snižuje ztráty o jeden řád. Pokud bychom chtěli porovnání fyzikálního modelu a dosažené úspory energie podle rovnice (5), výrobce jednotky NILAN udává pro tento model CT 200 v mírném klimatu $SEC = -41,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, a průměrnou spotřebu elektrické energie $AEC = 0,235 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Když odečteme od našeho rozdílu pro $n=0,5$ spotřebu energie zjistíme, jak přesný je náš výpočet. Po odečtení vychází úspora $44,26 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

Náš výpočet je tedy více optimistický, protože nezahrnuje faktory na řízení jednotky a potřebu tepla na odmrazování. Dále referenční údaje byly naměřeny pro průtok $140 \text{ m}^3/\text{h}$, a průtok pro $n=0,5$ je $136 \text{ m}^3/\text{h}$. Odchylka od hodnoty SEC tedy činí 6,3 %.

Záleží, jak přesný chceme výpočet mít. Z legislativy lze vzít rovnici, která obsahuje všechny parametry a bere v úvahu spoustu proměnných. Na druhé straně, je možné vytvořit si fyzikální model a zanedbat některé faktory. Pokud se budeme držet v mezích a nastavíme stejné nebo blízké podmínky, dostaneme se k přibližně stejné hodnotě s relativně malou odchylkou.

6. Závěr

Zpětné získávání tepla je nástroj na zvýšení energetických úspor. Při použití pro obytné budovy se nejvíce vyskytují jednotky s protiproudým deskovým výměníkem s možností entalpického výměníku. V menšině jsou rotační regenerační výměníky, které tvoří necelých 10 % českého trhu.

Legislativa přímo nenařizuje používání zpětného získávání tepla, ovšem nastavuje limity pro energetickou náročnost takové, že na první dvě kategorie energetické náročnosti se bez zpětného získávání tepla nelze dosáhnout. Podobně k tomu přistupuje i nařízení o ekodesignu větracích jednotek, ve kterém se větrací jednotky rozdělují dle průtoku vzduchu do kategorií pro obytné budovy a nebytové nebo průmyslové aplikace. V nebytových aplikacích je přímo nařízená účinnost zpětného získávání tepla, která činí 73 %. Pro obytný prostor účinnost přímo stanovena není. Z analýzy rovnice o ekodesignu vyplývá, že pro průměrnou jednotku a objekt nacházející se v průměrném klimatu s ohledem na požadovanou úsporu, se potřebná účinnost nachází v rozmezí 49–72 %. Záleží na typu řízení jednotky, ovládání rychlostí ventilátoru a zda je jednotka potrubní nebo nikoliv.

Na trhu se vyskytuje celá řada výrobců, jak českých, tak i zahraničních. V nabídce jsou jednotky různých velikostí a všechny s relativně vysokou účinností okolo 90 %. Cenově se najdou dostupné jednotky se základní výbavou, ovládáním na jednotce a nainstalovanými filtry. Na druhé straně spektra jsou k dostání jednotky s dálkovým ovládáním nebo ovládáním pomocí aplikace v telefonu, náhradními filtry a lepším řízením s dodatečnými senzory, které ho umožňují. Ceny se pohybují od 40 000 až ke 100 000 Kč s průměrnou cenou přibližně 60 000 Kč. Díky dotačnímu programu Nová zelená úsporám je však možnost při výstavbě nebo větší rekonstrukci střechy či pláště budovy získat dotaci 25 000 Kč na pořízení jednotky zpětného získávání tepla.

Při porovnání úspor na modelovém bytě, se výpočet pomocí tepelné ztráty větráním a rovnice o ekodesignu liší o 6 % a celková úspora činí něco málo okolo 40 kWh/m² za rok. Při ceně 5 Kč za 1 kWh elektrické energie to činí úsporu 200 Kč/m² za rok. Jako investice do budoucna se určitě vyplatí, a návratnost s ohledem na údržbu a provoz může být 5 let.

V roce 2020 se však má implementovat do české legislativy nová verze směrnice o energetické náročnosti, která může znamenat zastavení dotací, pokud přijde rozhodnutí,

že zpětné získávání tepla bude povinné pro všechny novostavby. Zpětné získávání tepla tak rozhodně bude tématem blízké budoucnosti.

Seznam použité literatury

- [1] DRKAL, František a Vladimír ZMRHAL. Větrání. 2. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2018. ISBN 978-80-01-06378-1.
- [2] LAIN, Miloš. Zpětné získávání tepla ve větrání a klimatizaci (I). Tzbinfo [online]. Praha: Tzbinfo, 2006 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/3648-zpetne-ziskavani-tepla-ve-vetrani-a-klimatizaci-i>
- [3] LAIN, Miloš. Zpětné získávání tepla ve větrání a klimatizaci (II). Tzbinfo [online]. Praha: Tzbinfo, 2006 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/3688-zpetne-ziskavani-tepla-ve-vetrani-a-klimatizaci-ii>
- [4] ZMRHAL, Vladimír a Jiří PETLACH. Systémy větrání obytných budov [online]. Tzbinfo [online]. Praha: Tzbinfo, 2011 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-rodinnych-domu/7937-systemy-vetrani-obytnych-budov>
- [5] LAIN, Miloš. Požadavky na ekodesign větracích jednotek [online]. Tzbinfo [online]. Praha: Tzbinfo, 2015 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/13613-pozadavky-na-ekodesign-vetracich-jednotek>
- [6] NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1253/2014 ze dne 7. července 2014, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES, pokud jde o požadavky na ekodesign větracích jednotek. In: Brusel: Evropská Komise, 2014, ročník 2014, číslo 1253. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R1253>
- [7] KABELE, Karel. Změna evropské směrnice o energetické náročnosti budov (EPBD 3). tzbinfo [online]. Praha 2018 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/17969-zmena-evropska-smernice-o-energeticke-narocnosti-budov-epbd-3>
- [8] MACHOLDA, František a Karel SRDEČNÝ. Průkaz energetické náročnosti budovy. Ekowatt [online]. Praha: Ekowatt, 2008 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/prukaz-energeticke-narocnosti-budovy>

- [9] Co je pasivní dům? Centrum pasivního domu [online]. Brno: Centrum pasivního domu, c2006-2019 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2>
- [10] BERANOVSKÝ, Jiří et al. Zásady výstavby pasivních domů. Ekowatt [online]. Praha: Ekowatt, c2007 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://ekowatt.cz/cz/informace/zasady-vystavby-pasivnich-domu>
- [11] Nová zelená úsporám. Nová zelená úsporám [online]. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, c2019 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/>
- [12] Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit. Tzbinfo [online]. Praha: Tzbinfo, c2001-2019 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>
- [13] Princip vyplachovací komory. In: Tzbinfo [online]. Praha: Tzbinfo, 2017 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/15795-moderni-rotacni-vymeniky-tepla>
- [14] Jednotka DUPLEX Roto. In: Tzbinfo [online]. Praha: Tzbinfo, 2016 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/14569-vetraci-jednotky-s-rotacnim-vymenikem-duplex-1500-5000-rot-a-rot-n-rozsiruji-nabidku-firmy-atrea>
- [15] Průkaz energetické náročnosti budovy. In: Sbíрка zákonů: č. 78/2013 [online]. Praha: Ministerstvo vnitra, 2013 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=z&id=25726>
- [16] NILAN COMFORT CT200 temperature efficiency. In: NILAN [online]. Hedensted: NILAN, 2016 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <http://reader.livedition.dk/nilan/1460198822/html5/>

Příloha 1 – Databáze větracích jednotek

| | Výrobce | Název | max. průtok [m ³ /hod] | příkon [W] | výměník | materiál výměníku | max. účinnost [%] | cena s DPH | způsob odmrazování | řízení v základní výbavě |
|---|-----------|-----------------|-----------------------------------|------------|------------------------|-------------------|-------------------|------------|--|--------------------------|
| 1 | 2VV | VENUS HRV15AC | 185 | 105 | protiproudý deskový | hliník | 93 | 24 288 Kč | předehřev 1000 W | ano |
| 2 | 2VV | DAPHNE 150 | 150 | 55 | protiproudý deskový | hliník | 93 | 52 606 Kč | předehřev 400 W | ano |
| 3 | Aeraulica | QR230E | 230 | 114 | protiproudý entalpický | - | 85 | 38 604 Kč | bypass | ano |
| 4 | Atrea | DUPLEX Easy 300 | 300 | 120 | protiproudý deskový | hliník | 93 | 35 749 Kč | bypass | ano |
| 5 | Dimplex | ZL 275HF | 200 | 105 | protiproudý deskový | hliník | 85 | 50 010 Kč | nutno dokoupit předehřev pro T < -5 °C | ano |

| | | | | | | | | | | |
|----|-----------|-----------------------------|-----|-----|---------------------------|--------------------------|----|-----------|--|-----|
| 6 | Jablotron | FUTURA M | 250 | 230 | protiproudý entalpický | - | 92 | 78 900 Kč | není potřeba do -19 °C, poté předeheřev | ano |
| 7 | Korado | VENTBOX 300 Basic | 300 | 157 | protiproudý entalpický | houževnatý polystyren | 93 | 72 479 Kč | bypass, předeheřev | ano |
| 8 | NIBE | NIBE ERS 20-250 | 250 | 170 | protiproudý deskový | hliník | 89 | 45 980 Kč | bypass, předeheřev volitelný | ano |
| 9 | NILAN | NILAN CT 200 | 200 | 53 | protiproudý deskový | plast-hliník | 91 | 46 585 Kč | je vybavena protimrazovou ochranou | ano |
| 10 | PAUL | CLIMOS F 200 Basic | 200 | 140 | protiproudý entalpický | plast | 85 | 80 611 Kč | není potřeba do -19 °C, poté předeheřev | ano |
| 11 | PAUL | FOCUS 200 | 200 | 62 | protiproudý deskový | plast | 93 | 69 454 Kč | není potřeba do -19 °C, poté předeheřev | ano |
| 12 | PLUGGIT | AVENT AP310 | 300 | 170 | protiproudý deskový | hliník | 86 | 57 694 Kč | je vybavena protimrazovou ochranou | ano |
| 13 | REGULUS | Sentinel Kinetic 200 ZPH | 168 | 175 | protiproudý deskový | hliník | 86 | 39 093 Kč | automatická | ano |

| | | | | | | | | | | |
|----|-------------------|---------------------------|-----|-----|------------------------|--------|----|-----------|---|-----|
| 14 | REGULUS | Sentinel Kinetic B | 275 | 128 | protiproudý deskový | hliník | 92 | 44 649 Kč | automatická | ano |
| 15 | Soler & Palau | ROVENTO 320 D | 320 | 195 | rotační regenerační | - | 83 | 62 356 Kč | zastavení otáček; varianta DI s předehřevem | ano |
| 16 | Soler & Palau | DOMEO 210 FL | 210 | 100 | protiproudý deskový | hliník | 92 | 39 876 Kč | nutno dokoupit předehřev pro T < -5 °C | ano |
| 17 | Soler & Palau | EHR 300 Akor RF | 260 | 150 | protiproudý deskový | plast | 96 | 52 098 Kč | směšování, snížení otáček, předehřev při T < -7 °C | ano |
| 18 | Soler & Palau | IDEO 325 Ecowatt | 325 | 198 | protiproudý deskový | hliník | 92 | 71 792 Kč | nutno dokoupit předehřev pro T < -5 °C | ano |
| 19 | Soler & Palau | EASY 220 EKONOVENT | 270 | 136 | protiproudý deskový | plast | 92 | 37 323 Kč | nutno dokoupit předehřev pro T < -5 °C | ano |
| 20 | Stiebel Eltron | LWZ 170 E PLUS | 300 | 132 | protiproudý deskový | hliník | 90 | 76 234 Kč | bypass; předehřev 1000 W | ano |
| 21 | Systemair | SAVE VTR 200/B L 500 W | 275 | 172 | rotační regenerační | - | 80 | 68 493 Kč | předehřev 500 W | ano |

| | | | | | | | | | | |
|----|-----------|------------------------------|-----|-----|---------------------------|--------|----|---------------|---|-----|
| 22 | Systemair | SAVE VTR 200 | 267 | 136 | protiproudý deskový | hliník | 92 | 50 831 Kč | bypass | ano |
| 23 | Vaillant | recoVAIR VAR 260/4 E | 260 | 170 | protiproudý entalpický | hliník | 92 | 75 100 Kč | do -5 °C škrčení; předeheřev | ano |
| 24 | ZEHNDER | ComfoAir 200 | 200 | 143 | protiproudý deskový | plast | 95 | 71 020 Kč | automatická, možnost dokoupit předeheřev | ano |
| 25 | ZEHNDER | ComfoAir Q350 TR | 350 | 180 | protiproudý deskový | plast | 90 | 88 690 Kč | automatická, předeheřev volitelný | ano |
| 26 | ZEHNDER | ComfoAir Q350 TR Entalpie | 350 | 180 | protiproudý entalpický | plast | 86 | 107 130 Kč | automatická, předeheřev volitelný | ano |