



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta elektrotechnická  
Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**

**Analýza větrání a chlazení v rodinném domě**  
**Analysis of ventilation and cooling in the family house**

Diplomová práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Ekonomika a řízení energetiky

Vedoucí práce: Ing. Josef Černošous

**Jaroslav Koliha**

Praha 2019



## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Koliha** Jméno: **Jaroslav** Osobní číslo: **420419**  
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**  
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**  
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**  
Studijní obor: **Ekonomika a řízení energetiky**

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Analýza větrání a chlazení v rodinném domě**

Název diplomové práce anglicky:

**Analysis of Ventilation and Cooling in the Family House**

Pokyny pro vypracování:

Zpracujte principy větrání a chlazení a energetickou náročnost budov  
Návrhněte systém větrání a chlazení v RD  
Vytvořte ekonomickou analýzu provozování větrání a chlazení v RD  
Zpracujte citlivostní analýzu projektu větrání a chlazení v RD  
Vyhodnoťte zjištěné závěry

Seznam doporučené literatury:

Eva Kislingerová a kol.: Manažerské finance, Beck, ISBN 80-7179-802-9  
Synek a kol.: Podniková ekonomika, Beck, ISBN: 978-80-7400-336-3  
Směrnice 2002/91/ES, o energetické náročnosti budov  
Vyhláška MPO ČR č. 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov  
a Platné zákony ČR

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

**Ing. Josef Černošous, katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd FEL**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **12.02.2019**

Termín odevzdání diplomové práce: **24.05.2019**

Platnost zadání diplomové práce: **20.09.2020**

\_\_\_\_\_  
Ing. Josef Černošous  
podpis vedoucí(ho) práce

\_\_\_\_\_  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta



## Prohlášení

*Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně a v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací, a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.*

*V Praze dne 23. 5. 2019*

*Jaroslav Koliha*



## Poděkování

*Rád bych poděkoval především vedoucímu práce, panu Ing. Josefu Černohousovi za veškerý jeho čas strávený konzultacemi této práce, ochotný a vstřícný přístup, věcné připomínky a cenné rady.*

*Dále děkuji své rodině za podporu, kterou mi věnovala nejen při tvorbě této práce, ale při celém dosavadním studiu.*





## Abstrakt

Předmětem této diplomové práce je zpracování analýzy větrání a chlazení konkrétního rodinného domu z energetického a ekonomického hlediska. Pozornost je věnována návrhu systémů větrání a chlazení především z pohledu úspory energie a snižování spotřeby.

V první kapitole je stručně rozebrána teorie energetické náročnosti budov. V další části jsou popsány způsoby výpočtu tepelných ztrát a zisků a následně prostudovány a shrnuty možnosti realizace systémů větrání a chlazení.

Poznatky z posledních dvou zmíněných oblastí jsou pak využity pro výpočet klíčových parametrů a konečnému návrhu systému větrání a chlazení, které je spolu s popisem současného stavu hlavním předmětem čtvrté části. Pátá kapitola už se zabývá parametry vstupujícími do ekonomického modelu a samotným ekonomickým hodnocením navržených systémů větrání. V poslední šesté kapitole jsou pak zpracovány citlivostní analýzy, které by ještě mohly ovlivnit závěrečné vyhodnocení a výsledné doporučení.

**Klíčová slova:** *rodinný dům, způsoby větrání, nucená ventilace, rovnotlaké větrání, chlazení, klimatizace, tepelné ztráty*

## Abstract

The aim of this diploma thesis is to elaborate an energetic and economic analysis of the ventilation and cooling systems in one particular family house. The research focuses on the way ventilation and cooling systems are designed and on drafting of possible solutions, which could lead to reduction of energy consumption by implementation of these systems.

The opening chapters briefly sum up the theory of energy performance of buildings and describe the ways heat loss and heat gain are calculated. The following chapter summarizes possible ways of implementing the ventilation and cooling systems into the house.

The findings obtained in the first three chapters are then used to calculate the key parameters of a ventilation system and a cooling system, and subsequently to design both of them. Along with a description of their current state in the house, these are the main topics of the fourth chapter. The fifth chapter deals with the parameters entering the economic model and, later on, offers an economic evaluation of designed ventilation system. The following and final chapter presents sensitivity analyses which could possibly influence the concluding evaluation and final recommendations.

**Keywords:** *family house, ventilation options, forced ventilation, balanced pressure ventilation, cooling, air conditioning, heat loss*



## Obsah

Úvod .....	4
1 Energetická náročnost budov.....	5
1.1 Legislativa a její vývoj .....	5
1.2 Současná legislativa.....	6
1.3 Posuzování ENB .....	7
1.4 Klasifikace budov dle energetické náročnosti .....	9
1.5 Budova s téměř nulovou spotřebou energie.....	9
1.6 Princip výpočtu ENB rodinného domu .....	10
1.7 Výhled z pohledu evropské legislativy.....	13
2 Tepelné ztráty a zisky .....	15
2.1 Tepelné ztráty obecně.....	15
2.2 Popis způsobu výpočtu tepelných ztrát [33] .....	16
2.2.1 Tepelné ztráty prostupem .....	16
2.2.2 Tepelné ztráty větráním .....	17
2.3 Tepelné zisky [34] .....	18
3 Větrání a chlazení v obytných prostorech .....	20
3.1 Přirozené větrání .....	20
3.1.1 Štěrbínové větrání .....	20
3.1.2 Dlouhodobé větrání.....	20
3.1.3 Nárazové větrání .....	21
3.1.4 Šachtové větrání.....	21
3.2 Nucené větrání .....	22
3.2.1 Samostatné ventilátory .....	22
3.2.2 Podtlakové větrání.....	22
3.2.3 Nucené rovnotlaké větrání.....	23
3.2.4 Teplovzdušné vytápění.....	25
3.3 Hybridní větrání.....	26
3.4 Chlazení obytných prostorů .....	26
3.4.1 Mobilní klimatizační zařízení .....	27
3.4.2 Split systémy.....	27
3.4.3 Fan-coil .....	29
3.4.4 Chladicí stropy .....	30

3.5	Požadavky na větrání.....	30
4	Návrh systémů větrání a chlazení.....	33
4.1	Situační analýza domu.....	33
4.2	Objemy místností .....	35
4.3	Vnější teploty.....	35
4.4	Současný stav větrání.....	36
4.5	Návrh větracího systému.....	39
4.5.1	Dimenzování větrací jednotky .....	40
4.5.2	Časový rozvrh a intenzita větrání .....	41
4.6	Výpočet ztrát při nuceném větrání.....	42
4.7	Výpočet ztrát s uvažováním rekuperace .....	44
4.8	Porovnání celkové ztracené energie jednotlivých variant větrání .....	46
4.9	Návrh systému chlazení.....	47
4.9.1	Výpočet tepelné zátěže .....	47
4.9.2	Možné varianty chlazení.....	49
5	Ekonomická analýza systémů větrání.....	51
5.1	Spotřebovaná elektrická energie.....	51
5.2	Ekonomický model a jeho klíčové parametry .....	53
5.3	Výsledky ekonomického modelu.....	55
6	Citlivostní analýzy projektu .....	57
6.1	Citlivostní analýza intenzity přirozeného větrání.....	57
6.2	Citlivostní analýza ceny elektřiny .....	58
6.3	Citlivostní analýza topného faktoru .....	59
6.4	Citlivostní analýza ocenění komfortu .....	60
	Závěrečné vyhodnocení.....	61
	Seznam zkratk.....	64
	Seznam obrázků .....	64
	Seznam tabulek .....	64
	Seznam grafů.....	65
	Seznam rovnic .....	65

7	Seznam zdrojů a použité literatury .....	66
	Příloha 1 – Průkaz ENB .....	70
	Příloha 2 – Technická dokumentace k jednotce.....	72
	Příloha 3 – Cenová nabídka jednotky .....	84

## Úvod

Úspora energie všeho druhu je dnes už samozřejmou součástí všedního života a je na ni vyvíjen stále větší a větší tlak. Ať už je primárním účelem ochrana životního prostředí, boj proti změně klimatu, snaha o neustálé technické zdokonalování nebo prostá ekonomická hospodárnost, trend úspory energie prostupuje napříč všemi sektory hospodářství a je prakticky ve všech myslitelných oblastech aktuálním a velmi často probíraným tématem.

Tato diplomová práce nesoucí název „Analýza větrání a chlazení v rodinném domě“ zpracovává problematiku větrání a chlazení konkrétního rodinného domu především z hlediska úspor a snižování spotřeby energie. Možnosti a systémy zajišťující větrání a chlazení v rodinných domech jsou prostudovány jak z energetického, tak i ekonomického hlediska.

V první kapitole je teoreticky rozebrána energetická náročnost budov, která s tématem práce poměrně úzce souvisí. Je zde stručně popsána legislativa a její vývoj jak v rámci ČR, tak částečně i EU. Dále je obecně popsán způsob posuzování energetické náročnosti budov včetně principu jejího hodnocení a konečné klasifikace.

Druhá kapitola rozebírá principy výpočtu tepelných ztrát, resp. tepelné zátěže domu, které jsou klíčové k dalšímu popisu spotřeby energie, ať už současného stavu, nebo navrhovaných systémů. Z uvedených postupů se pak vychází v matematickém (fyzikálním) a následně i ekonomickém modelu.

Třetí kapitola popisuje běžné systémy větrání a chlazení v budovách, především pak v rodinných domech. Seznámení se všemi možnostmi větrání a chlazení je zásadní pro správný výběr vhodného systému do konkrétního domu.

Ve čtvrté kapitole jsou na základě předchozích dvou provedeny výpočty tepelných ztrát větráním a poté navrženy vhodné systémy pro větrání a chlazení konkrétního rodinného domu. Jsou zde popsány různé varianty systémů větrání včetně odpovídající spotřeby energie a možných úspor. V případě chlazení je pak proveden výpočet tepelné zátěže a následně navrženy možnosti chlazení.

Předposlední pátá kapitola zpracovává výsledky navrhovaných systémů už z čistě ekonomického hlediska, a následně je porovnává. Jejím výsledkem je vyhodnocení nejvýhodnější varianty.

V šesté kapitole, která je zároveň poslední, jsou zpracovány citlivostní analýzy jednotlivých proměnlivých parametrů, které mají za úkol zachytit možné ovlivnění konečných výsledků při změně některého ze vstupních parametrů.

# 1 Energetická náročnost budov

Samostatnou oblastí v rámci snižování spotřeby jsou energeticky nenáročné budovy, někdy také označovány zavádějícím způsobem jako úsporné. Zmínka o „zavádějícím označení“ v předchozí větě je uvedena z toho důvodu, že termín „úsporná budova“ je také přesná definice pro jednu z kategorií v rámci klasifikační stupnice energetické náročnosti budov (ENB).

V této kapitole je stručně popsán vývoj legislativy týkající se ENB (jak v EU, tak její promítnutí do právních předpisů ČR) a charakteristika současného stavu právního pokrytí této problematiky v České republice. Dále je rozebráno dělení budov do jednotlivých kategorií dle náročnosti, stručně popsán způsob hodnocení ENB a také princip výpočtu. Poslední podkapitolu tvoří stručný náhled do budoucnosti ENB, především z hlediska legislativy.

Přestože téma ENB s tématem diplomové práce souvisí, jeho podrobné rozebrání není jejím hlavním cílem. Při tvorbě této kapitoly byl proto kladen důraz hlavně na to, aby text dokázal uvést do dané problematiky a umožnil základní orientaci v této oblasti.

## 1.1 Legislativa a její vývoj

Podkapitoly popisující legislativu upravující ENB v ČR, její vývoj a výhled do budoucna vycházejí ze zdrojů [1-9] a [12], především tedy z minulých i současných zákonů ČR a internetových zdrojů.

Z pohledu legislativy v rámci Evropské unie upravuje problematiku ENB Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2018/844/EU ze dne 30. května 2018, kterou se mění směrnice 2010/31/EU o energetické náročnosti budov a směrnice 2012/27/EU o energetické účinnosti. Implementace této směrnice do právních předpisů všech členských států, tedy i do legislativy České republiky má dle jejího znění proběhnout do 10. března 2020. [4]

S ENB v rámci evropské legislativy se členské státy EU poprvé výrazněji setkaly na konci roku 2002, přijetím směrnice 2002/91/ES o energetické náročnosti budov, jejímž úkolem byla podpora snižování ENB ve Společenství, a to s přihlédnutím k vnějším klimatickým podmínkám i k požadavkům vnitřního prostředí a efektivnosti nákladů. Konkrétně byly stanoveny požadavky pro [1]:

- 1) *Obecný rámec metody výpočtu celkové ENB;*
- 2) *Uplatnění minimálních požadavků na EN nových budov;*
- 3) *Uplatnění minimálních požadavků na EN velkých stávajících budov, které jsou předmětem větší renovace*
- 4) *Energetickou certifikaci budov*
- 5) *Pravidelnou inspekci kotlů a klimatizačních systémů v budovách a rovněž pro posuzování zařízení pro vytápění, v nichž jsou kotle starší než 15 let*

Tato směrnice vstoupila v platnost 4. ledna 2003 a vyžadovala úpravu státní legislativy tak, aby byla v souladu s touto směrnicí do 4. ledna 2006. V případě nedostatku kvalifikovaných osob a/nebo autorizovaných odborníků bylo možné využít i dodatečnou lhůtu dalších tří let, tedy do ledna 2009. [1]

V České republice zmiňoval ENB už zákon č. 406/2000 Sb., například průkazy ENB však fakticky definoval až jeden z prováděcích předpisů k tomuto zákonu, a to vyhláška 148/2007 Sb. Na základě této vyhlášky vznikly první průkazy energetické náročnosti budovy (PENB), které se zpracovávaly metodou porovnání s tabulkovými hodnotami. Vznikla také Národní metodika výpočtu ENB.[6] [12]

V roce 2010 byla původní evropská směrnice (ES) přepracována a vznikla tak směrnice nová s označením 2010/31 EU. Ta už reflektovala určité zkušenosti a připomínky vzniklé díky dosavadní platnosti původního dokumentu. Změnou, která stojí za zmínku, je vznik požadavku na tzv. nákladově optimální úroveň energeticky úsporných opatření, která bere v potaz ekonomickou stránku úsporných opatření. Další skutečností, kterou lze považovat za důležitou především z hlediska energetiky a ekologie je, že tato směrnice zavedla cíl Evropského společenství snížení emisí skleníkových plynů o 20 % oproti roku 1990, zvýšení podílu energie z obnovitelných zdrojů v konečné spotřebě energie v EU na 20 % a zlepšení energetické účinnosti v EU o 20 %, to vše do roku 2020. Tyto cíle jsou obecně známé jako strategie 20-20-20. [2][12]

Zároveň byly upřesněny a vyjasněny požadavky v rámci obecné definice a metody výpočtu ENB. Ta zde byla definována jako:

*„vypočítané nebo změřené množství energie nutné pro pokrytí roční potřeby energie spojené s typickým užíváním budovy.“ [2]*

K zákonu 406/2000 Sb. o hospodaření energií ve znění pozdějších předpisů (např. změnové znění pod označením 318/2012 Sb.) vešla v platnost vyhláška 78/2013 Sb., která výše zmíněnou směrnicí EU uvedla v platnost na našem území. Tato vyhláška zavedla také tzv. referenční budovu, která slouží k vytvoření referenčních hodnoty pro hodnocení ENB, nebo rozporuplný termín „budova s téměř nulovou spotřebou energie“. Tento zákon je v platnosti do současnosti.[5][8] [12]

## 1.2 Současná legislativa

Předmětem zákona o hospodaření energií je především stanovení některých opatření pro zvyšování hospodárnosti užití energie a určení povinností při nakládání s energií; stanovení pravidel pro tvorbu Státní a Územní energetické koncepce a Státního programu na podporu úspor a využití obnovitelných zdrojů; požadavek na ekodesign (*soubor parametrů (především energetická účinnost), které musí dodržet dodavatel (výrobce nebo dovozce) výrobku spojeného se spotřebou energie při jeho uvedení na*



trh EU, popř. do provozu“[11] a uvádění spotřeby a dalších hlavních informací na energetických štítcích; některá pravidla pro poskytování energetických služeb.[15]

Konkrétní oblasti zákona pak definují a upřesňují další vyhlášky ve znění pozdějších novelizací. Pro téma této práce téma je však nejdůležitější Vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov, která upřesňuje a stanovuje [8]:

- 1) *Nákladově optimální úroveň požadavků na energetickou náročnost budovy pro nové budovy, větší změny dokončených budov, jiné než větší změny dokončených budov a pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie*
- 2) *Metodu výpočtu energetické náročnosti budovy*
- 3) *Vzor posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie*
- 4) *Vzor stanovení doporučených opatření pro snížení energetické náročnosti budovy,*
- 5) *Vzor a obsah průkazu a způsob jeho zpracování*
- 6) *Umístění průkazu v budově*

### 1.3 Posuzování ENB

Pro posuzování ENB se využívá tzv. soubor norem ENB. Všechny normy zahrnuté v tomto souboru se pak řídí specifickými pravidly a mají zajistit jednoznačné (a konzistentní) postupy pro výpočet klíčových parametrů týkajících se ENB. Jako nejdůležitější lze v současnosti označit normu ČSN EN ISO 52000-1: Energetická náročnost budov - Základní zásady pro soubor norem ENB, která dle anotace stanovuje [10]: „*systematickou, úplnou a modulární strukturu pro posuzování energetické náročnosti nových a existujících budov celostním způsobem. Platí jednak pro posuzování celkové spotřeby energie budovy na základě měření nebo výpočtu, jednak pro výpočet energetické náročnosti na základě primární energie nebo jiných metrik spojených s energií. Zohledňuje specifické možnosti a omezení vztahující se k různým použitím, jako je např. návrh budov, skutečné provedení nových budov, existující budovy ve fázi užívání a změny dokončených budov.*“

Způsob hodnocení energetické náročnosti budovy (a zpracování příslušného průkazu) je založen na principu tzv. referenční budovy a provádí se porovnáváním těchto dvou budov, tedy hodnocené a referenční. Tou se pak dle [8] rozumí:

*„výpočtově definovaná budova téhož druhu, stejného geometrického tvaru a velikosti včetně prosklených ploch a částí, stejné orientace ke světovým stranám, stínění okolní zástavbou a přírodními překážkami, stejného vnitřního uspořádání a se stejným typickým užíváním a stejnými uvažovanými klimatickými údaji jako hodnocená budova, avšak s referenčními hodnotami vlastností budovy, jejích konstrukcí a technických systémů budovy.“*

Mezi referenční parametry patří parametry popisující obálku budovy, jaký jsou např. průměrný součinitel prostupu tepla, celková propustnost slunečního záření, dále pak vnitřní tepelná kapacita, vlastnosti související s vytápěním (účinnosti výroby energie zdrojem tepla, a distribuce energie na vytápění..), chlazením (chladicí faktory konkrétních zařízení, účinnost distribuce energie na chlazení...), větráním (měrný příkon ventilátoru systému nuceného větrání, účinnost rekuperace...), přípravou teplé vody, osvětlením atd. Tabulka s referenčními parametry a jejich hodnotami je uvedena ve vyhlášce č. 78/2013 [8].

Samotné hodnocení pak probíhá na základě porovnání výsledků obou případů, tedy zadání, výpočtu a výstupech hodnocené budovy a budovy referenční. Toto hodnocení závisí na splnění konkrétních ukazatelů energetické náročnosti (EN). Podle zmíněné vyhlášky [8] do těchto ukazatelů patří:

- 1) Celková primární energie za rok
- 2) Neobnovitelná primární energie za rok
- 3) Celková dodaná energie za rok
- 4) Dílčí dodané energie pro technické systémy vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení za rok
- 5) Průměrný součinitel prostupu tepla
- 6) Součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici
- 7) Účinnost technických systémů.

Co se týká plnění ukazatelů, liší se požadavky na nové a rekonstruované budovy. V případě nových budov totiž musí být splněny požadavky 2) 3) 5). Pokud se jedná o rekonstrukci, musí být splněna některá z definovaných kombinací požadavků. [15]

Ukazatel energetické náročnosti	Požadavek na splnění ukazatele energetické náročnosti				
	Typ stavby 1	Typ stavby 2			
		možnost 1	možnost 2	možnost 3	možnost 4
Neobnovitelná primární energie	x	x			
Celková dodaná energie	x		x		
Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em}$	x	x	x		
Účinnosti měněných prvků TZB				x	
Dílčí U měněných prvků					x
Pozn.:					
Typ stavby 1 - nová budova nebo přístavba či nástavba zvětšující energeticky vztažnou plochu o více než 25 %					
Typ stavby 2 - větší změna dokončené budovy nebo jiná, než větší změna dokončené budovy					

Tabulka 1- Požadavky na plnění ukazatelů EN a jejich kombinace<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Převezato z [15]. Tabulka dostupná online: <https://www.tzb-info.cz/docu/clanky/0097/009745o2.jpg>

## 1.4 Klasifikace budov dle energetické náročnosti

Budovy jsou pak rozděleny do kategorií dle energetické náročnosti podle celkové roční měrné energie, která je značena jako  $EP_A$  v  $KWh/(m^2 \cdot rok)$ , což je znázorněno i v průkazu energetické náročnosti budovy na stupnici A-G. Jednotlivé kategorie jsou názorně uvedeny v následující tabulce.

Klasifikační třída	Hodnota horní hranice klasifikační třídy		Slovní vyjádření klasifikační třídy
	Energie	$U_{em}$	
A	$0,5 \times E_R$	$0,65 \times E_R$	Mimořádně úsporná
B	$0,75 \times E_R$	$0,8 \times E_R$	Velmi úsporná
C	$E_R$		Úsporná
D	$1,5 \times E_R$		Méně úsporná
E	$2 \times E_R$		Nehospodárná
F	$2,5 \times E_R$		Velmi nehospodárná
G			Mimořádně nehospodárná

Tabulka 2 - Klasifikační třídy ENB<sup>2</sup>

Z hlediska tématu této práce jsou nejdůležitější prováděcí normy pro hodnocení energetické náročnosti z pohledu větrání a chlazení. Podle [14] to jsou:

- **ČSN EN 15665** Větrání budov - Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov
- **ČSN EN 15241** - Větrání budov - Výpočtové metody ke stanovení energetických ztrát způsobených větráním a infiltrací v komerčních budovách
- **ČSN EN 15242** - Větrání budov - Výpočtové metody pro stanovení průtoku vzduchu v budovách včetně filtrace.
- **ČSN EN 15243** - Větrání budov - Výpočet teplot v místnosti, tepelné zátěže a energie pro budovy s klimatizačními systémy.

Výše zmíněné normy ČSN EN 1524x však byly k 1.1.2018 zrušeny a nahrazeny normami s označením ČSN EN 16798.

## 1.5 Budova s téměř nulovou spotřebou energie

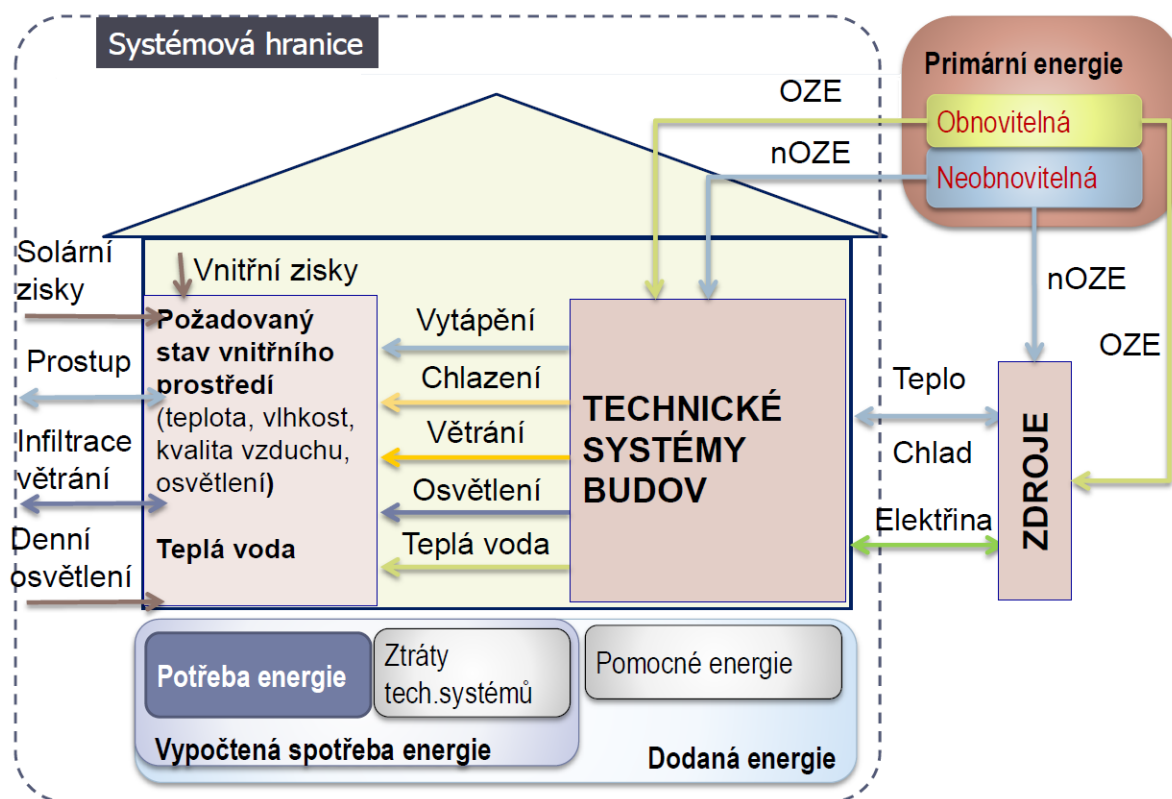
V dosavadním textu bylo několikrát zmíněn pojem „budova s téměř nulovou spotřebou energie,“ se kterým se lze často setkat ve formě zkraty NZEB (z angl. *nearly zero energy building*). Podle [13] se jedná o jediný legislativně závazný pojem v rámci energetických standardů v ČR. Obecná definice vychází z evropské směrnice, ale jeho přesné vymezení je už záležitostí členských států a v případě ČR nemá stanoveny podmínky absolutními hodnotami. Podle českého zákona se jedná o budovu, která má „velmi nízkou energetickou náročnost“ a spotřeba energie této budovy je „ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů.“ Velmi nízká energetická náročnost je podmíněna pouze maximální průměrným součinitelem prostupu tepla, plnění druhé definice vychází z hodnoty referenční budovy.

<sup>2</sup> Převezato z [8]. Tabulka dostupná online: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-78>

Požadované hodnoty u různých objektů jsou tedy jiné. NZEB tak mohou mít výrazně odlišné absolutní parametry. [13]

## 1.6 Princip výpočtu ENB rodinného domu

Standardní princip výpočtu odpovídá schématu toků energie a je rozdělen do několika kroků. Dodaná energie je přeměněna na vhodnou formu v konkrétním zdroji a následně technickými systémy distribuována do jednotlivých částí budovy, která je rozdělena na tzv. zóny. Dodaná energie tedy počítá i s účinností konkrétních energetických zařízení, ztrátami vzniklými v těchto zařízeních a technických systémech a ztrátami (případně zisky) budovy. [15]



Obrázek 1 – Princip výpočtu ENB<sup>3</sup>

Jak již bylo uvedeno, v případě stavby nové budovy musí být splněny tři ukazatele ENB zároveň, a to neobnovitelná primární energie za rok, celková dodaná energie za rok a průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy. Princip výpočtu ENB je poměrně názorně zobrazen grafickým vyjádřením na Obrázku 1.

Dodaná energie se počítá jako součet vypočítané spotřeby a energie pomocné, potřebné na provoz technických systémů. Tento výpočet je založen na principu zónového modelu budovy, energetických zdrojů a konkrétních systémů (rozvod tepla, vzduchu apod.). Zónové rozdělení je zavedeno z toho

<sup>3</sup> Převezato z [16]. Obrázek dostupný online :<http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/46/125eab1-125eabi-02.pdf>

důvodu, že budovou nelze během výpočtu považovat z hlediska potřeby energií za jednotnou. Za to mohou jednak rozdílné ztráty v jednotlivých částech domu, ale i rozdílné potřeby těchto částí. [15]

Celková dodaná energie i dílčí dodaná energie se tedy počítá po jednotlivých zónách, a to s intervalem maximálně jednoho měsíce. Vyjadřuje se po jednotlivých energonositelích. Dílčí dodaná energie se pak určuje jako součet spotřebované a pomocné energie na provoz konkrétních technických systémů. Zde se již pracuje s využitím českých technických norem, včetně hodnot typického užívání. [18]

Primární energií se rozumí taková, která neprošla (v rámci budovy) žádnou přeměnou a lze ji rozdělit na obnovitelnou (např. energie ze solárních kolektorů) a neobnovitelnou (např. elektřina, plyn...). Tato primární a neobnovitelná primární energie je pak dána vynásobením dodané energie konkrétními faktory primární energie, které jsou součástí vyhlášky 78/2013 Sb. [8] a jejich následným součtem po jednotlivých energonositelích. [17]

Příklad některých energonositelů a faktorů primární energie je uveden v tabulce. Kompletní tabulka je k dispozici v zmíněné vyhlášce [8].

Energonositel	Faktor celkové primární energie (-)	Faktor neobnovitelné primární energie (-)
Zemní plyn	1,1	1,1
Hnědé uhlí	1,1	1,1
Propan-butan/LPG	1,2	1,2
Topný olej	1,2	1,2
Elektřina	3,2	3,0
Dřevěné peletky	1,2	0,2
Kusové dřevo, dřevní štěpka	1,1	0,1
Energie okolního prostředí (elektřina a teplo)	1,0	0,0

Tabulka 3<sup>4</sup> - Energonositelé a faktory primární energie

Výpočet zde probíhá paralelně pro budovu hodnocenou i referenční. Pro úplnost je vhodné doplnit, že referenční budova nemá uvedenou referenční hodnotu pro obnovitelnou primární energii. Výpočet pro referenční budovu je obdobný, opět se zde vyskytují konkrétní hodnoty pro faktory neobnovitelné primární energie podle přílohy vyhlášky

Další důležitou součástí je samotný průkaz ENB, který je tvořen protokolem a grafickým znázorněním. Přesný obsah protokolu a jeho znázornění je uvedeno v příloze 1 tohoto dokumentu.

Následující odstavce popisují základní principy výpočtu ENB dle [18] a [19].

<sup>4</sup> Převzato z [8]. Tabulka dostupná online: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-78>

Základním krokem výpočtu je uvedení identifikačních údajů o budově, které popisují umístění budovy a jejího vlastníka. Dříve bylo třeba kromě polohy uvést také klimatickou oblast, ve které se budova nachází, pro určení klimatických podmínek jsou nyní využívána jednotná data, uvedená v ČSN 73 0331.

První fází při tvorbě samotného výpočetního modelu hodnocené budovy je její rozdělení na jednotlivé části. Tyto tzv. zóny by měly odpovídat rozdílným nárokům na parametry vnitřního prostředí, potažmo spotřeby energie. Liší se požadavky z hlediska kvality vnitřního prostředí na jednotlivé části budovy totiž způsobují velké rozdíly v rámci energetické náročnosti těchto částí. Ty tím pádem jedinečně ovlivňují celkovou spotřebu a je tak nutné zpracovávat a vyhodnocovat zóny samostatně. Pochopitelně spolu tyto zóny vzájemně interagují, a proto nesmí být opomenuto ani jejich vzájemné působení a ovlivňování.

Jako zónu pak můžeme označit část domu tvořenou určitým počtem místností, resp. prostorů, která je zásobována stejnou skladbou energetických systémů budovy, nebo má z hlediska užívání stejné podmínky vnitřního a venkovního prostředí včetně jejího provozu. V případě rodinných domů se tedy jedná zpravidla o rozdělení dvouzónové, a to na obytnou a technickou část.

Samotný výpočet lze provádět podle jednotlivých norem a postupů v nich uvedených. Stále častěji se však dnes využívají nejrůznější výpočetní nástroje, jako je např. NKN, neboli Národní kalkulační nástroj. V těchto nástrojích jsou pak přednastaveny nejrůznější profily, které charakterizují typický provoz zón pevně určenými hodnotami. Pochopitelně je třeba vybrat ten profil, který se nejvíce přibližuje skutečnému charakteru zóny z hlediska provozu a užití energie. Kromě účinností emise tepla a také distribučního systému se v rámci jednotlivých zón zadává i příkon osvětlovacího systému. Pokud tento parametr není přímo dostupný, využívá se referenční roční spotřeby energie na osvětlení, která má hodnotu nastavenou podle konkrétních parametrů profilu zóny. [18].

Co se týká stavební části budovy, je třeba pro každou zónu přesně definovat charakteristiky stavebních konstrukcí, především jejich tepelně-technické vlastnosti. Tím je pak definována požadovaná energie pro konkrétní zóny. Je tedy třeba znát například hodnoty součinitele prostupu tepla pro obvodové stěny, okna, střechu a podobně. Nejedná se však pouze o konstrukce sousedící přímo s vnějším prostředím, ale i s vedlejšími zónami. Je tedy nutné znát hodnoty výše zmíněných ukazatelů i pro vnitřní stěny a příčky, dveře v interiéru, případně vrata u garáže apod. Samozřejmostí jsou pak i údaje pro podlahu.

Energetické systémy budovy jsou definovány z důvodu určení účinnosti užití dodané energie, jedná se tedy o jakýsi výpočtový popis výroby, přenosu do místa odběru a samotné distribuce energie. V případě rodinného domu jde zpravidla o systémy vytápění, přípravy teplé vody, větrání, chlazení apod. Každý z těchto systémů má specifické vstupní údaje. Pro příklad je uvedena tabulka vstupních údajů pro

větrání a odpovídající referenční hodnoty. Kompletní tabulku lze nalézt v příloze 1 vyhlášky 78/2013 Sb. [8].

Větrání	Označení	Jednotka	Refer. hodnota
Měrný příkon ventilátoru systému nuceného větrání	$P_{SFPahu,R}$	W.s/m <sup>3</sup>	1750
Účinnost zpětného získávání tepla systému nuceného větrání s objemovým průtokem větracího vzduchu do 7500 m <sup>3</sup> /hod	$\eta_{H,hr,R}$	%	60
Účinnost zpětného získávání tepla systému nuceného větrání s objemovým průtokem větracího vzduchu nad 7500 m <sup>3</sup> /hod	$\eta_{H,hr,R}$	%	40

Tabulka 4<sup>5</sup> - Referenční hodnoty pro systém větrání

Oproti ostatním systémům a výpočtu postupně uvažujícím s účinnostmi jednotlivých systémů se liší způsob výpočtu dílčí energie pro přípravu TV. Ta totiž namísto postupu s využitím účinností pracuje se ztrátami.

## 1.7 Výhled z pohledu evropské legislativy

Na konci května roku 2018 však byl zveřejněn změnový předpis dvou stávajících směrnic nesoucí označení 2018/844/EU. Podle dlouhodobé strategie by v Evropě mělo docházet k dalšímu snižování emisí skleníkových plynů a do roku 2030 by měla jejich produkce klesnout o 40 % vzhledem k roku 1990. Dále by směrnice měla pomoci vytvořit v Evropě „udržitelný, konkurenceschopný, bezpečný a dekarbonizovaný energetický systém do roku 2050“. [4][12]

V souvislosti s ENB došlo k několika změnám, objevuje se zde řada nových definic, resp. změn či upřesnění stávajících termínů. Mezi ty patří kupříkladu technický systém budovy, otopná soustava nebo zdroj tepla. V souvislosti s výpočtem ENB se nová směrnice snaží ještě více přiblížit hodnoty skutečnému stavu, z důvodu častého poukazování na rozdíly mezi reálným provozem a hodnotami uvedenými v PENB. Dosažení přesných hodnot však zůstává náročným úkolem, především z důvodu obtížnosti tvorby modelu, který by přesně refletoval skutečné užívání budovy a klimatické podmínky. Nově je zpřesněna povinnost vyjadřování EN primární energií i používání souhrnných norem, které jednotlivé státy musí využívat. [4][12]

Z hlediska stávajících budov je doporučeno ročně renovovat 3 % budov tak, aby se staly budovami s téměř nulovou spotřebou energie [viz. kapitola 1.5], ovšem konkrétní dlouhodobé strategie budou vytvořeny na státní úrovni. Tyto strategie pak mají zajistit do roku 2050 snížení emise skleníkových plynů o 80 až 95 % (oproti roku 1990). Dílčí cíle pak mají být nastaveny pro roky 2030 a 2040. Důraz je také kladen na tvorbu a zajištění zdravého a kvalitního vnitřního prostředí, s odvoláním na směrnici

<sup>5</sup> Převzato z [8]. Tabulka dostupná online: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-78>

Světové zdravotnické organizace o kvalitě vnitřního vzduchu z roku 2009. Z ní vyplývá požadavek na snížení množství vzniklé kondenzace na vnitřních površích budovy, kvůli vysokým hodnotám vlhkosti a přítomnosti plísní ve vnitřním prostředí. Nová směrnice také podporuje tzv. smart systémy, které mají vést k přesnějším datům o skutečně dosažených úsporách i spotřebách energií a také k přizpůsobování spotřeby energie změnou provozních režimů. To podle potřeby uživatelů a schopností regulovat zatížení z hlediska spotřeby elektrické energie v čase. [4] [12]

Tato směrnice musí být členskými státy zapracována do národních právních předpisů do 10. března 2020. [4]



## 2 Tepelné ztráty a zisky

Pro orientaci v problematice větrání a chlazení (nejen) v obytných prostorech je nutné přiblížit několik termínů, se kterými se lze běžně setkat. Základními pojmy jsou, jak už napovídá název kapitoly, tepelné ztráty a tepelné zisky budovy. Další slovní spojení, se kterými je třeba se seznámit jsou s nimi související tepelný výkon a tepelná zátěž. Obě kategorie budou v následujících odstavcích stručně rozebrány.

### 2.1 Tepelné ztráty obecně

Zásadní roli v hodnocení ENB i v této práci hrají tepelné ztráty. Jejich problematika je velmi obsáhlá a podrobně je rozebrána v řadě technických norem. Pro potřeby této práce uvedu pouze základní přehled a popíšu nejdůležitější oblasti tepelných ztrát, které přímo souvisí s tématem diplomové práce. Další podrobnosti a přesnější postupy lze najít ve zmiňovaných technických normách, konkrétně v ČSN 12831-1. [33]

Termín tepelné ztráty byl definován v ČSN 06 210 z května roku 1994. Dnes už se podle ČSN EN 12831 používá termín návrhový tepelný výkon. Prakticky však jde o výkon, který je třeba dodat, aby bylo zajištěno pokrytí tepelných ztrát. Při výpočtu návrhového tepelného výkonu tak samotné tepelné ztráty vstupují do výpočtu. Oba termíny spolu tedy velmi úzce souvisí [33].

V případě tepelných zisků se při dimenzování chladicího výkonu klimatizačních zařízení hovoří o tepelné zátěži, která je definována ČSN 73 0548 z 11. 1. 1985. Tato technická norma je v platnosti dosud a zmiňovanou tepelnou zátěž popisuje jako celkový tok tepla do klimatizovaného prostoru, který musí být kompenzován chladícím výkonem klimatizačního zařízení [34].

Správný výpočet tepelných ztrát (resp. návrhového tepelného výkonu) domu je nezbytný už při projektování domu, konkrétně při dimenzování zdroje tepla v konkrétním domě, navrhování otopné soustavy, rozvodů atd. Obecně lze tepelné ztráty poměrně jednoduše rozdělit na ztráty prostupem a ztráty větráním, případně celkové tepelné ztráty, které jsou dány součtem obou zmíněných kategorií.

Ztráty prostupem jsou v práci spočítány na příkladu dimenzování otopné soustavy domu pouze pro dvě místnosti – pracovnu a obývací pokoj s kuchyní a pracovnu. Pro další výpočet jsou pak klíčové tepelné ztráty větráním. Ty budou proto ve výpočtové části rozebrány podrobněji a bude vytvořeno i několik možných scénářů podle zvoleného typu větrání.

## 2.2 Popis způsobu výpočtu tepelných ztrát [33]

Jak již bylo zmíněno, tepelné ztráty se podrobně počítají podle normy, konkrétně se jedná o ČSN EN 12 831 Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu. Tepelný výkon je zde definován jako „dodávka tepla (energie) nutná pro zabezpečení požadované vnitřní výpočtové teploty za venkovních výpočtových podmínek“, tepelná ztráta pak jako „tepelný tok (energie) unikající z budovy do venkovního prostředí za definovaných návrhových podmínek“ [33]

Norma popisuje tři způsoby výpočtu. Základní metodu, která je určena pro všestranný přístup k problematice a dále dvě metody zjednodušené, jejichž použití má svá omezení. Použit je lze pouze v budovách určených pro bydlení, stávajících budovách nebo budovách s přirozeným větráním.

Podle výše zmíněné normy je celkový návrhový tepelný výkon budovy dán sumou všech tepelných ztrát vytápěných prostor prostupem do venkovního prostředí (přímo či nepřímo) a tepelnou ztrátou budovy větráním. Volitelně lze i přičíst součty zátopového tepelného výkonu (je-li uvažován). Zahrnout je možné také trvalé tepelné zisky.

V rámci normy je výpočet rozebrán velmi podrobně a je nutná přesná specifikace jednotlivých proměnných a objevuje se i speciální terminologie. Budova je pak rozdělena na jednotlivé funkční části, které jsou dále děleny na jednotlivé vytápěné prostory, které jsou z hlediska ztrát samostatně rozebírány. Jejich postupným součtem se pak získávají výsledné hodnoty. Pro celkový návrhový tepelný výkon budovy pak platí:

$$\Phi_C = \sum_i (\Phi_{T,ie} + \Phi_{T,iae} + \Phi_{T,ig}) + \sum_i \Phi_V + \sum_i \Phi_{hu,i} - \sum_i \Phi_{gain,i}$$

Rovnice 1 - Výpočet celkové návrhové tepelné ztráty

Kde:

- $\Phi_C$  .....celková tepelná ztráta
- $\Phi_{T,ie}$  .....tepelná ztráta prostupem přímo do vnějšího prostředí
- $\Phi_{T,iae}$  .....tepelná ztráta prostupem do vedlejších místností
- $\Phi_{T,ig}$  .....tepelná ztráta prostupem do země
- $\Phi_V$  .....tepelná ztráta větráním
- $\Phi_{hu,i}$  .....teplená ztráta
- $\Phi_{gain,i}$  .....tepelný zisk

### 2.2.1 Tepelné ztráty prostupem

Celková tepelná ztráta prostupem je určena podle měrných tepelných toků prostupem a rozdílů teplot, který ztráty způsobuje. Její výsledná hodnota je dána rovnicí, která zahrnuje ztráty prostupem do

vnějšího prostředí, sousedních vytápěných prostor a přilehlých budov a země. V rovnici jsou vyjádřeny měrnými tepelnými toky. Výpočet měrného tepelného toku prostupem ať už do jakéhokoliv okolí pak vždy zahrnuje následující proměnné a celková tepelná ztráta prostupem se počítá podle základního vztahu:

$$\Phi_T = \sum_i (A \cdot U \cdot f) \cdot (\theta_{int} - \theta_e)$$

*Rovnice 2 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem*

Kde:

$\Phi_T$ .....tepelná ztráta prostupem

A.....plocha stavební části

U .....součinitel prostupu tepla stavební částí

f.....teplotní opravný činitel

$\theta_{int}$ .....teplota vnitřního prostředí

$\theta_e$  .....teplota vnějšího prostředí

### 2.2.2 Tepelné ztráty větráním

Pro výpočet tepelných ztrát větráním je třeba rozlišovat mezi způsoby větrání budovy, ty totiž velmi ovlivňují jeho princip. Jejich podrobný rozbor je v následující kapitole, pro účely výpočtu tepelných ztrát však postačí základní rozdělení na přirozené a nucené větrání.

V případě větrání v relativně vzduchotěsných budovách bez nuceného větrání a bez vzduchotechnických zařízení se využívá zjednodušený postup, který předpokládá:

- Nízkou intenzitu větrání při rozdílu tlaků 50 Pa
- Žádný objemový průtok vzduchu skrze koncová vzduchotechnická zařízení
- Žádné přiváděné/odváděné objemové průtoky vzduchu, objemové průtoky vzduchu pro technické systémy, objemové průtoky vzduchu skrz velké otvory atd.

V tomto případě se často zanedbává vliv tzv. infiltrace, a to v případě, že hodnota vzduchotěsnosti budovy je výrazně menší než  $3 \text{ h}^{-1}$ . Dle normy mají pak budovy vystavěné do roku 1977 a budovy se zjevnými netěsnostmi hodnotu vzduchotěsnosti  $>6$ , budovy do roku 1995 úroveň mezi 3 a 6 a budovy mladší, s těsnými okny hodnotu  $< 3$ .

Při přesném výpočtu podle univerzálního přístupu se v rovnicích objevují kromě vzduchu, který se dostane do budovy různými otvory či netěsnostmi i proměnné zastupující proudění mezi jednotlivými místnostmi a vzduch, který se do vnitřního prostředí dostane díky průvzdušnosti obálky budovy.

Základní fyzikální rovnice využívaná pro výpočet tepelných ztrát větráním je obecně definována jako součin hustoty vzduchu při výpočtové teplotě, měrné tepelné kapacity vzduchu při výpočtové teplotě, minimálního objemového průtoku a rozdílu teplot přiváděného vzduchu a vzduchu odtahovaného z místnosti:

$$\Phi_V = \rho \cdot c_p \cdot q_{V,min} \cdot (\theta_{int} - \theta_e)$$

*Rovnice 3 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním*

Kde:

$\Phi_V$  .....tepelná ztráta větráním  
 $\rho$  .....hustota vzduchu  
 $c_p$  .....měrná tepelná kapacita vzduchu  
 $q_{V,min}$  .....tepelné ztráty  
 $\theta_{int}$  .....teplota vnitřního prostředí  
 $\theta_e$  .....teplota vnějšího prostředí

Pokud to bylo možné, byly v práci využity zjednodušené metody pro výpočet podle výše rozebraných norem. Čísla se kterými bylo počítáno vycházela buď těchto norem, projektové dokumentace k domu a v případě některých součinitelů prostupu tepla nástroje [36] a v případě oken [37].

### 2.3 Tepelné zisky [34]

Jak už bylo uvedeno v úvodu kapitoly, výpočet tepelné zátěže, resp. tepelných zisků se nezměnil za posledních téměř 35 let a rozebírá ho ČSN 73 0548. Výpočet se standardně provádí pro slunný den 21. července, pro hodinu, kdy lze očekávat největší tepelné zisky a pro jednotlivé místnosti samostatně.

Dle normy se počítá s vnitřní teplotou 26 °C a nejvyšší venkovní teplotou vzduchu 30 °C, která se však často mění i podle polohy a nadmořské výšky. Podle rozhovoru s projektantem vzduchotechnických zařízení [38] se ale dnes počítá s teplotou vyšší, alespoň 32 °C, v některých případech až s 35°C. Výpočty jednotlivých položek se při ručním výpočtu zaokrouhlují na 5 W.

Celkové tepelné zisky jsou ve výpočtu složeny zisky od vnitřních zdrojů tepla (lidé, svítidla, stroje...), zátěží z vnějšího prostředí, které mají rozhodující vliv na celkovou tepelnou zátěž (především tepelná zátěž okny a stěnami) a vodními zisky.

Mezi zisky od vnitřních zdrojů se řadí produkce lidí, svítidel a technologie, např. kuchyňských spotřebičů. Dále se ve výpočtu vyskytují zisky z vnějšího prostředí. Výrazný je často příspěvek zmíněnou zátěží okny, která se dělí na prostup konvekcí a radiací. Tepelné zisky stěnami naopak dosahují velmi

malého podílu na výsledné hodnotě. Do zisků vnějšího prostředí lze započítat i infiltraci, především v případě otevírání oken či dveří, vedoucích přímo do venkovního prostředí. Vodní zátěž je pak typická pro bazény. [35]

Přestože se základní fyzikální principy a postupy týkající se výpočetní části normy za dobu její platnosti nezměnily, je třeba brát v úvahu technologický pokrok. Některé uvedené údaje a hodnoty je pro správný výsledek třeba volit uvážlivě, přestože nemusí dojít k přesnému souladu se samotnou normou. Jako příklad může posloužit výpočet příspěvku osvětlení k celkové tepelné zátěži prostoru. V případě určování tepelné zátěže dnešního moderního domu, který je vybaven LED světelnými zdroji nelze (pokud uvažujeme snahu o vytvoření věrného modelu s co nejlepším odrazem skutečnosti) počítat s tabulkovými hodnotami pro svítidla uvedenými v normě z roku 1986. V matematickém modelu práce je vypočítán příklad pro dimenzování klimatizačního zařízení do obývacího pokoje domu. Tomuto výpočtu se také stručně věnuje kapitola 4.9.1.

## 3 Větrání a chlazení v obytných prostorech

Přívod čerstvého vzduchu do místnosti lze zajistit několika způsoby. Některé z nich jsou jednodušší, jiné vyžadují mnohem náročnější technickou vybavenost, liší se také jejich účinnost, objem vyměněného vzduchu apod. Obecně lze větrání rozdělit na přirozené a nucené, tyto kategorie pak můžeme rozčlenit do dalších podkategorií. Pro úplnost dále uvádím a rozebírám stručně rozebírám tyto možnosti, případně popisují jejich hlavní výhody a nevýhody dle zdrojů [20-30].

### 3.1 Přirozené větrání

V případě samovolné výměny vzduchu se hovoří o přirozeném větrání. Výměna probíhá bez přispění aktivního zařízení jako jsou ventilátory nebo vzduchotechnické jednotky. Využívá se pouze přirozená propustnost (průvzdušnost) budovy, případně větrací otvory a šachty.

#### 3.1.1 Štěrbínové větrání

Nejprostším způsobem výměny vzduchu v objektech je tzv. štěrbinové větrání. Zde probíhá výměna vzduchu prostřednictvím netěsností pláště stavby, především v oknech a dveřích. Toto větrání však nelze žádným způsobem regulovat a objem vyvětraného vzduchu není ve standardních případech dostačující. V dnešní době jsou navíc těsnosti oken a dveří na velmi vysoké úrovni a často nedovolují téměř žádnou výměnu vzduchu mezi vnitřním a vnějším prostředím. V tomto případě lze využít např. větrací štěrbinu a otvory vestavěné do pláště budovy, tzv. aeraci. Štěrbínové větrání lze charakterizovat těmito body:

- Vzduchovou výměnu nelze ovládat, objem výrazně kolísá, silně závisí na počasí
- V případě vysokých objektů může docházet ke komínovému efektu a velkým výměnám (potažmo ztrátám)
- Při delším proudění teplého vzduchu může vznikat nežádoucí kondenzát

V případě aerace se mohou snadno přenášet drobné nečistoty do větraného prostředí a v některých případech ani nelze vyměnit dostatečné množství vzduchu. Při využití výměny vzduchu skrz netěsnosti je pak dostatečná výměna vzduchu prakticky nemožná. Výměna je tedy přímo závislá na počasí a v některých případech zkrátka neprobíhá. To je v případě sociálního zařízení nebo kuchyně vzhledem k hygienickým požadavkům nepřijatelné.

Tento základní způsob, částečně

#### 3.1.2 Dlouhodobé větrání

Zde výměna vzduchu probíhá v určených místech a lze ji v určitých případech částečně ovlivňovat a řídit. Nejčastěji se jedná o standardní vyklopení oken. V případě dlouhodobé ventilace dochází k ochlazení případně ohřívání povrchů v místnosti, a navíc nemusí být zajištěna výměna dostatečného

objemu vzduchu. Naopak se mohou zvyšovat požadavky na vytápění a chlazení místnosti.

Charakteristika:

- Lze částečně regulovat (otevíráním oken), přesto hodně záleží na počasí
- Není zaručena dostatečná výměna vzduchu
- Vysoké tepelné ztráty
- Dochází k nežádoucímu prochlazení, resp. prohřátí povrchů uvnitř místností

### 3.1.3 Nárazové větrání

Nárazová ventilace na rozdíl od předchozí už za splnění určitých podmínek může zajistit vhodný objem přiváděného čerstvého vzduchu. Jde o krátkodobé intenzivní otevření oken, či dveří. Ne vždy je však možné, v některých místnostech ji provádět nelze. Navíc je třeba větrání provádět periodicky, pro dostatečnou výměnu v poměrně krátkých časových intervalech, což silně ovlivňuje životní komfort.

- Extrémně vysoké tepelné ztráty
- Otevřenými okny mohou vnikat do místnosti nežádoucí předměty (hmyz, prach...)

### 3.1.4 Šachtové větrání

Dalším způsobem přirozené výměny vzduchu je větrání šachtové. Zde je větrání založeno na principu teplotních rozdílů v budově a mimo ni. Centrální větrací šachta, ať už zděná nebo potrubní spojuje vývody do jednotlivých místností. Typickým případem je použití v bytových domech, kde zajišťuje odtah vzduchu ze sociálních zařízení. Nutností je v tomto případě použití zpětné klapky nebo obdobného principu pro zamezení přístupu odtahovaného vzduchu z nižších pater. V případě vyrovnání teplot však může být systém nefunkční, stejně jako v případě špatných povětrnostních podmínek. V krajních případech také může dojít k proudění opačným směrem. Podobně jako u šterbinového větrání nelze ovlivnit čas a intenzitu větrání.

Pro zvýšení nasávacího, potažmo odtahového účinku šachtového větrání lze využít větrací hlavice. Ty podporují proudění vzduchu v šachtě díky podtlaku, který v hlavici vzniká. Běžně se používají dva typy hlavice, a to statické a rotační. Rotační hlavice mají v případě dostatečně silného větru roztočit radiální kolo s dozadu zahnutými lopatkami, čímž má být podtlak v ústí potrubí zesílen pod tlakem vytvářeným rotujícím oběžným kolem. Příspěvek rotační hlavice je však při ne příliš silném větru téměř nezatelný. Lze se setkat i s paralelním osazením více hlavice, což ovšem při slabém větru nevede k výraznému ovlivnění. Problémem jsou především tlakové ztráty potrubí, které je třeba překonat. Nejde tedy jen o průtok vzduchu, ale především o tlak, který se paralelním připojením další hlavice nijak znatelně nezmění. [24]

Tento způsob se dříve poměrně často používal pro jednoduché odvětrávání prostorů, kde není vyžadována stoprocentní spolehlivost a trvalá funkčnost, např. pro odvětrávání dvouplášťových střeš.

## 3.2 Nucené větrání

Pro zajištění spolehlivého větrání, které navíc lze v plné míře ovládat a které vyhovuje požadavkům dnešního standardu kvalitního bydlení je třeba nucené větrání. Zde se využívají ventilátory a vzduchotechnické jednotky napojené na vzduchové potrubí, čidla (CO<sub>2</sub>, vlhkost, teplota, průtok...) a regulační systémy. V této podkapitole shrnuji základní způsoby nuceného větrání především dle [23].

### 3.2.1 Samostatné ventilátory

Do skupiny nuceného větrání lze zařadit známé stropní a stojací ventilátory. Je však třeba zdůraznit, že se nejedná o nucené větrání v pravém slova smyslu. Tyto ventilátory napomáhají pouze cirkulaci vzduchu v místnosti. Aby docházelo k jeho výměně, je třeba zajistit kontakt vnitřního a vnějšího prostředí, např. otevřením oken. V tu chvíli se však objevují mnohé nedostatky zmíněné v kapitole přirozeného větrání. Tyto ventilátory mohou dočasně zvýšit pohodlí v místnosti, ovšem pouze díky průvanu a víření vzduchu.

### 3.2.2 Podtlakové větrání

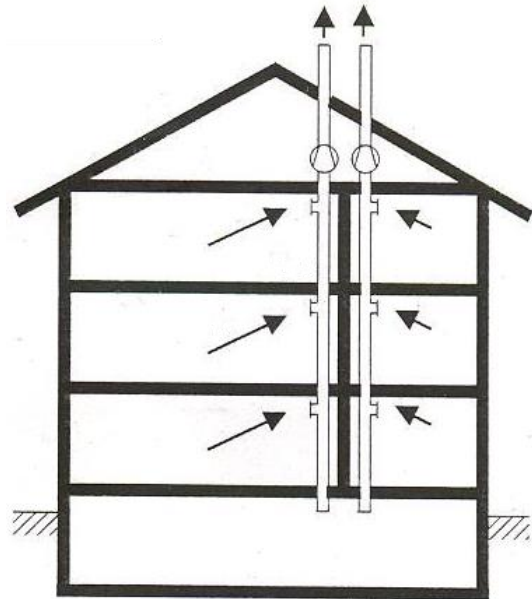
Tento způsob je založen na podobném principu jako přirozené šachtové větrání s tím rozdílem, že pro odtah vzduchu z budovy je použito odtahových ventilátorů. Odtahem znečištěného vzduchu vzniká ve vnitřním prostředí podtlak a větracími otvory ve stěnách, oknech apod. je přisáván venkovní čerstvý vzduch do místnosti. Tyto otvory jsou umístěny nejčastěji za otopnými tělesy, případně nad nimi, v některých případech nad okny pod stropem. Tyto otvory mohou být vybaveny regulací průtoku vzduchu nebo filtry či tlumiči hluku. Ohřev pak zajišťuje otopná soustava.

Výhodou podtlakového větrání je jednoduchost zařízení a relativně nízké pořizovací náklady (v porovnání s nuceným rovnotlakým větráním). Nevýhodou je zejména absence zařízení pro zpětné získávání tepla a s tím spojené vyšší provozní náklady na ohřev větracího vzduchu. [23]



### Centrální podtlakové systémy

Pro transport odváděného vzduchu je využit centrální ventilátor napojený na vzduchotechnické potrubí. Tento ventilátor je zpravidla umístěn v co nejvyšším možné místě, například v podkroví či na střeše domu. Jeho úkolem je překonávat tlakovou ztrátu všech prvků systému, tedy samotného potrubí, ventilačních mřížek v jednotlivých místnostech, tlumičů hluku, filtrů atd. a zajistit spolehlivý odtah vzduchu. Největší výhodou oproti lokálnímu podtlakovému větrání je vyšší účinnost velkých radiálních ventilátorů. Systém centrálního podtlakového větrání je znázorněn na Obr. 2<sup>6</sup>



Obrázek 2 - Centrální podtlakové větrání

Tyto systémy lze také poměrně dobře automatizovat. Na základě informací z čidel lze měnit rychlost otáček ventilátorů, a tím pádem i odtahový výkon soustavy. V případě otevření odtahového prvku (např. klapky) dojde v centrálním potrubí ke změně statického tlaku. Pokud je systém vybaven měřením tlakových rozdílů, automaticky dojde ke zvýšení rychlosti otáček ventilátoru. Díky tomuto regulačnímu prvku tak lze udržet tlak v potrubí konstantní.

### Lokální podtlakové systémy

Vzduch je nasáván do potrubí a dopravován mimo vnitřní prostředí pomocí lokálních ventilátorů. Ty jsou umístěny buď přímo v místnosti, případně lze využít jednoho ventilátoru pro odtah z více sousedních místností několika nasávacími hrdly. Hlavní nevýhodou oproti centrálnímu podtlakovému systému je nižší účinnost menších ventilátorů. Je třeba také zmínit problém hlučnosti, zvuk se zde volně šíří přímo do větraného prostoru.

Výhodou podtlakového větrání je jednoduchost zařízení a relativně nízké pořizovací náklady (v porovnání s nuceným rovnotlakým větráním). Nevýhodou je zejména absence zařízení pro zpětné získávání tepla a s tím spojené vyšší provozní náklady na ohřev větracího vzduchu.

### 3.2.3 Nucené rovnotlaké větrání

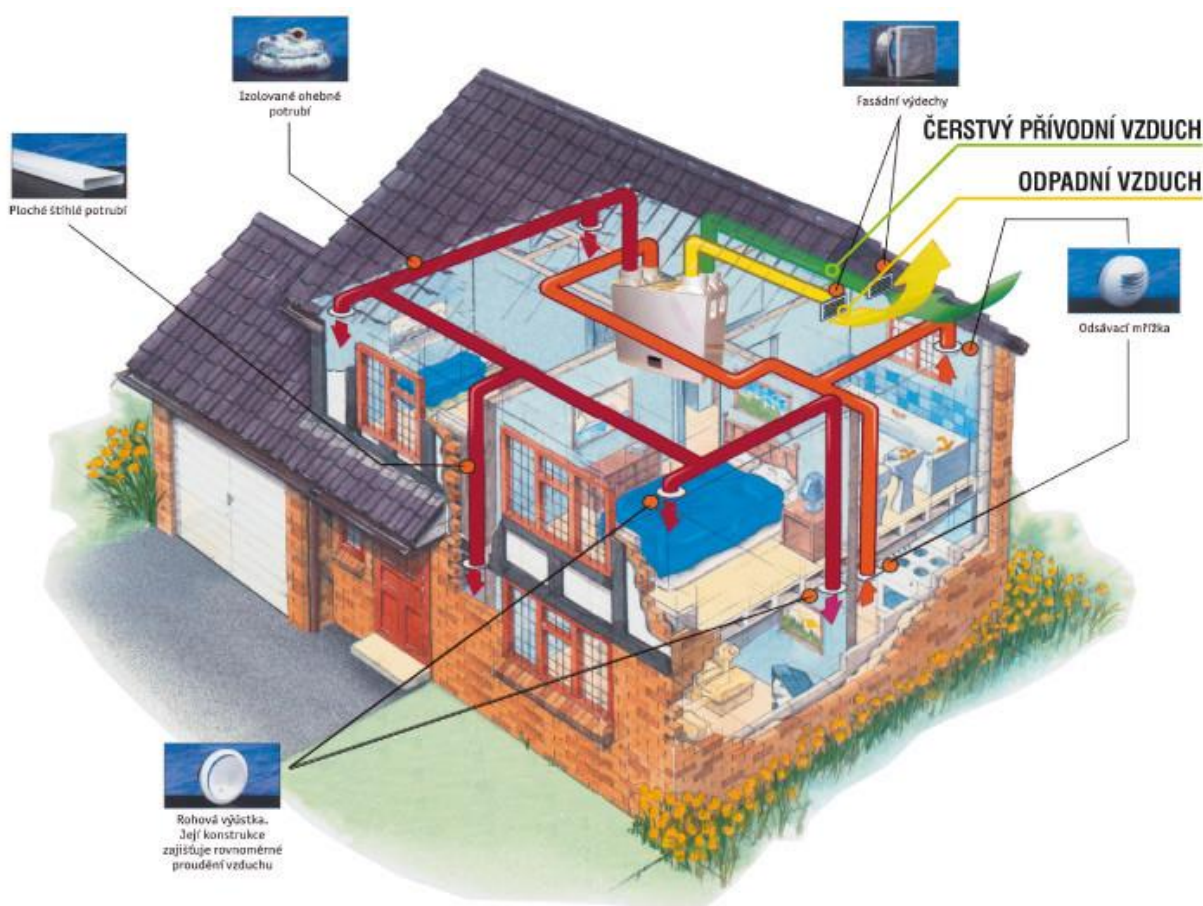
Rovnotlaké větrání nachází využití i v případech, že nelze použít podtlakového přívodu čerstvého vzduchu z vnějšího prostředí (místnosti uprostřed domu, místnosti nedaleko zdroje hluku či znečištění vzduchu atd.) a jedná se o kvalitativně lepší způsob větrání, než je výše rozebrané podtlakové.

<sup>6</sup> Převzato z [25]. Dostupné online: [http://panelovedomy.ekowatt.cz/images/stories/clanky/Vetrani/Nucene\\_vetrani\\_budov/1.jpg](http://panelovedomy.ekowatt.cz/images/stories/clanky/Vetrani/Nucene_vetrani_budov/1.jpg)

Jedná se nejen o nucený odtaž znečištěného vzduchu, ale i přívod čerstvého. To zajišťují vzduchotechnické jednotky, které jsou zpravidla osazeny přívodním a odtahovým ventilátorem, vzduchovým filtrem, výměníkem tepla (tzv. rekuperátorem), případně dalšími prvky, kterými může být např. ohřívač nebo chladič vzduchu. Zřejmou nevýhodou jsou vyšší investiční výdaje oproti systémům podtlakového větrání. Nejen že je použito více ventilátorů (zvláště ventilátory pro sání i odtaž), ale i celkové tlakové ztráty jsou kvůli vnitřnímu uspořádání jednotky významnější.

### Centrální rovnotlaké větrání

Veškerou výměnu vzduchu v objektu zajišťuje jedna centrální vzduchotechnická jednotka umístěná nejčastěji pod střechou, v podkroví nebo v technické místnosti domu.



Obrázek 3 - Centrální rovnotlaké větrání<sup>7</sup>

Ta pak zajišťuje sání čerstvého vzduchu, jeho úpravu a přívod do jednotlivých místností, resp. bytových jednotek domu, stejně jako odtaž znehodnoceného vzduchu z nich a následný výfuk tohoto vzduchu do vnějšího prostředí. Pro snížení hluků jednotky se používá vnitřní izolace jednotek, která zamezuje šíření hluku a vibrací, případně tzv. pružná spojení přírub jednotky a vzduchotechnického potrubí. Tlumiče hluku lze použít i ve vzduchotechnickém potrubí. Aby nedocházelo k mísení

<sup>7</sup> Převezto z GSERVIS.CZ. Dostupné online: <https://www.gservis.cz/media/cache/fe/76/fe7610ecc4837ca9829de360ca928853.jpg>

znečištěného vzduchu a vzduchu čerstvého, je třeba zajistit dostatečnou vzdálenost výfuku vzduchotechnického potrubí a jeho sání.

Tímto způsobem lze poměrně snadno zajistit optimální výměnu a kvalitu vzduchu ve vnitřních prostorech domu. Nevýhodou jsou výše zmíněné investiční výdaje a také prostorové nároky. Na rozdíl od podtlakového větrání je třeba počítat s dalším vzduchotechnickým potrubím, totiž pro nasávaný a přiváděný vzduch. Příklad systému je zobrazen na obrázku X. Kromě samotného centrálního rovnotlakého větrání jsou zde znázorněny i důležité prvky vzduchotechnického systému.

#### Lokální rovnotlaké větrání

V případě lokálního (decentrálního) rovnotlakého větrání se využívají podobné, avšak menší vzduchotechnické jednotky pro větrání jednotlivých bytových jednotek, či přímo konkrétních místností. Jedná se nejčastěji o jednotky zajišťující zároveň přívod i odtah a instalují se zpravidla přímo na fasádu domu. Může se ale jednat i o jednotky pracující v páru, kdy jedna nasává čerstvý venkovní vzduch, zatímco druhá zajišťuje funkci odtahovou. Tento systém je také nazýván „pull/push“ a je znázorněn na obrázku 4<sup>8</sup>.



Obrázek 4 - Lokální rovnotlaké větrání

#### 3.2.4 Teplovzdušné vytápění

Teplovzdušné vytápění je systém, který využívá

ohřevu vzduchu pro jeho cirkulaci a zajišťuje vytápění a větrání zároveň. Jediný způsob, kterým je do domu přiváděna tepelná energie (mimo systému přípravy TUV) je tedy právě ve formě teplého vzduchu. Často je opět využívána rekuperace, neboli zpětné získávání tepla, kdy dochází k předávání části tepelné energie ohřátého odtahovaného vzduchu nasávanému čerstvému.

V tomto případě tedy systém větrání pokrývá nejen teplo potřebné pro dostatečný ohřev vzduchu, ale i tepelné ztráty objektu. Používá se zejména v těch případech, kdy není zajištěno vytápění objektu samostatnou otopnou soustavou, jako je podlahové vytápění nebo klasický systém radiátorů. Pro zajištění dostatečného množství tepla je třeba počítat s většími rozměry vzduchovodů, nejsou však zapotřebí radiátory nebo jiná otopná tělesa. Není také možné přesně regulovat teplotu v jednotlivých místnostech. Dále je kvůli vyrovnání tepelné ztráty objektu přiváděno více vzduchu, než je nutné pouze

<sup>8</sup> Převezato z tzb-info.cz. Dostupné online: <https://vetrani.tzb-info.cz/docu/clanky/0181/018110o1.png>

pro větrání, zvyšuje se tak i spotřeba elektrické energie pro pohon ventilátorů a ohřev vzduchu na dostatečnou teplotu. Časté je využití teplovzdušného vytápění v kombinaci s krbem, umístěným v hlavní místnosti. Teplovzdušné vytápění pokryje tepelné ztráty objektu, zatopením v kamnech či krbu je pak zajištěno dosažení potřebné tepelné pohody i při nižší teplotě přiváděného vzduchu.

Samotnou kapitolou pro teplovzdušné vytápění jsou rozvody, které jsou nejčastěji vedeny podlahou nebo např. pod stropem ve sklepech. V každé větrané místnosti jsou pak umístěny distribuční prvky v podlaze.

### 3.3 Hybridní větrání

Systémy hybridního větrání spojují přirozené a nucené větrání, mezi kterými automaticky přepínají. Jde tedy o systémy s automatizovaným řízením a regulací, které se snaží minimalizovat spotřebu energie při zachování nastavených podmínek vnitřního prostředí.

Systém hybridního větrání je založen na měření pomocí senzorů a způsobu regulace. Oproti běžnému větracímu systému obsahuje inteligentní hybridní systém řídicí algoritmy, které umí automaticky přepínat mezi režimy přirozeného a nuceného větrání, aby zajistily minimální spotřebu energie ventilátorů a optimální tepelnou pohodu. To vyžaduje zcela nový pohled na dimenzování a řízení větracího systému. Přepínání z režimu přirozeného do režimu nuceného větrání pracuje u hybridního systému na základě vyhodnocování monitorovaného průtoku vzduchu. Vzhledem k tomu, že tok vzduchu je měřen, je také možné upravit průtok na požadovanou hodnotu. To lze udělat buď časovým nastavením založeným na předpokládané přítomnosti osob, nebo prostřednictvím detekce přítomnosti osob v místnostech, např. infračervenými čidly nebo čidly CO<sub>2</sub>. Přetrvávajícím aspektem studií zabývajících se hybridním větráním je řídicí algoritmus, přičemž zásadní otázkou je, kdy, proč a jak přepnout z nuceného na přirozené větrání a naopak. [26]

### 3.4 Chlazení obytných prostorů

Jako synonymum k systémům chlazení obytných prostorů a prostorů obecně se dnes běžně používá termín klimatizace. Jde o systémy, zajišťující chlazení vnitřního prostředí, a tedy eliminaci tepelných zisků (zátěže), podobně jako vytápění tepelné ztráty. Jejich stručné přiblížení je zpracováno v kapitole 2. Ve vzduchotechnice se nejčastěji používá kompresorový chladicí okruh, který funguje na principu obráceného Carnotova cyklu. Stejného fyzikálního principu se běžně užívá u ledniček či tepelných čerpadel a považují ho za obecně známý, proto nebude v této práci podrobněji rozbírán.

Chladicí systémy lze rozdělit podle samotné teplotonosné (chládonosné) látky. Tou je pak nejčastěji vzduch (poté hovoříme o vzduchových klimatizačních systémech), voda (vodní klimatizace) nebo samotné chladivo (chládivové systémy). Dle zdroje [20] se z hlediska použití v obytných prostorech dají chladicí systémy rozdělit následujícím způsobem.

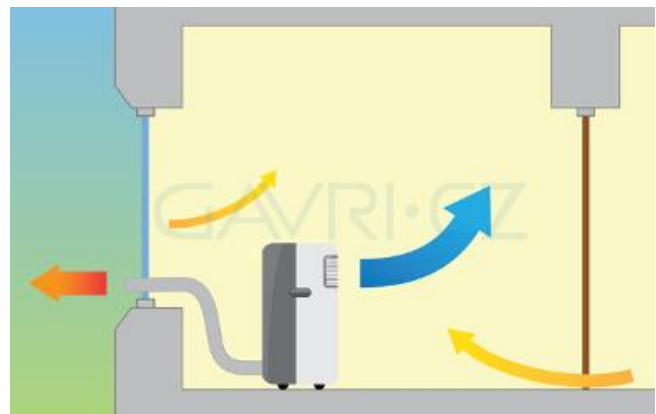
### 3.4.1 Mobilní klimatizační zařízení

Toto zařízení nelze považovat za plnohodnotné klimatizační řešení pro větší prostory. Jak už název napovídá, jedná se o kompaktní přístroje, které jsou přizpůsobeny k jednoduché manipulaci. Pro jejich použití tedy není zapotřebí žádného speciálního zapojení ani stavebních úprav.

Nejčastěji se lze setkat s „jednohadicovou“ úpravou mobilní klimatizace, která je zobrazena na obrázku 5<sup>9</sup>.

Z místnosti je nasáván teplý vzduch do zařízení, v němž se část tohoto vzduchu ochladí a vyfoukne zpět do místnosti, zbytek je využit k odvodu tepla z místností pomocí hadice, která je např. oknem vyvedená do venkovního prostředí. Existuje zde tedy paralela s podtlakovým větráním místností, protože odtahem části vzduchu z místnosti v ní vzniká podtlak, a štěrbinami a dalšími netěsnostmi proudí do ochlazované místnosti další teplý vzduch. To prakticky snižuje účinnost tohoto systému. Další nevýhodou je přítomnost kompresoru v jednotce, a tedy i v ochlazované místnosti. Kvalita vnitřního prostředí se tedy zlepšuje z hlediska tepelné pohody, z hlediska hlučnosti se ale snižuje. Dle zdroje [28] lze hluk z hlediska hlučnosti přirovnat k lednici či mikrovlnné troubě.

K dispozici je i „dvouhadicová“ verze toho systému, která využívá druhé hadice k přívodu vzduchu z venkovního prostředí. V tomto případě se nabízí přirovnání k rovnotlakému systému, díky přívodu vzduchu z venkovního prostředí, který je jednotkou rovnou ochlazován, nedochází v místnosti k podtlaku. Z hlediska účinnosti pro celkové ochlazení místnosti je tento systém zajímavější.



Obrázek 5 - Mobilní klimatizace

### 3.4.2 Split systémy

Dělené split (z anglického split - rozdělit) systémy jsou nejrozšířenějším druhem chladivové klimatizace pro obytné prostory. Tyto dělené klimatizační jednotky jsou složeny (minimálně) ze dvou dílů, kdy vnitřní jednotka obsahuje výparník, expanzní ventil a ventilátor, zatímco ve vnější jednotce je umístěn kondenzátor a kompresor, který je zároveň největším zdrojem hluku. Schematické zapojení klimatizace typu split je znázorněno na obrázku 6<sup>10</sup>.

<sup>9</sup> Převzato z [28]. Dostupné online: <https://www.gavri.cz/user/documents/upload/mobilni-klimatizace/princip-mobilni-klimatizace-jedna-hadice-infografika-400v.png>

<sup>10</sup> Převzato z [29]. Dostupné online: <http://files.abklimatizace.cz/200000048-2430326239/institprik1-1.gif>



Výparník je tedy umístěn přímo v ochlazované místnosti, ventilátor pak zajišťuje proudění vzduchu přes výparník a tím pádem i distribuci chladu do místnosti. Tyto jednotky tedy pracují pouze s oběhovým vzduchem a samy o sobě tak nezajišťují větrání ochlazované místnosti, jedná se pouze o zdroj chladu a jeho distribuci.

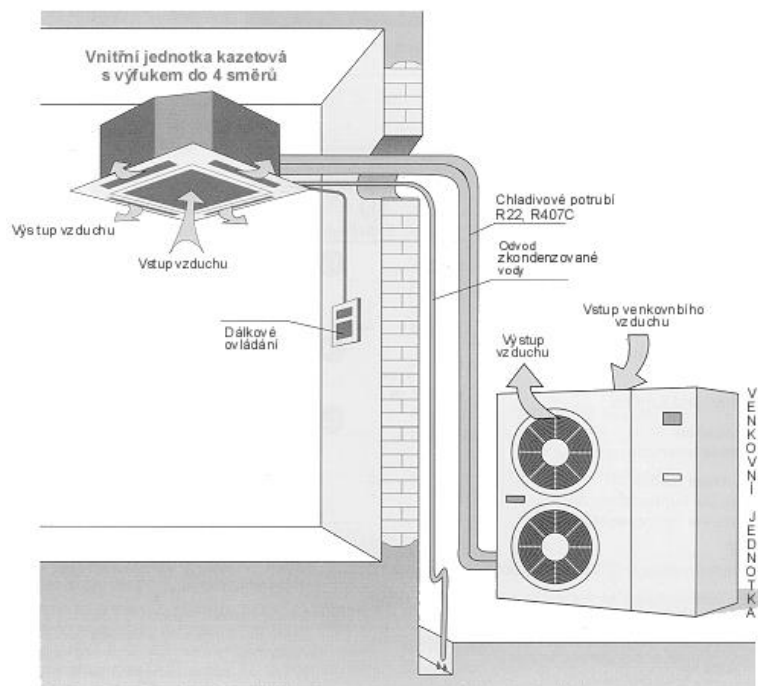
Vnitřní jednotka se vyrábí nejčastěji v nástěnném, podstropním, parapetovém či kazetovém (zabudování do podhledu stropu) provedení. Velice oblíbená je také

potrubní jednotka, která se instaluje přímo do vzduchotechnického potrubí. Běžnou součástí těchto jednotek jsou vzduchové filtry (filtrace je možná i vícestupňová), do některých jednotek mohou být zabudovány i ionizátory vzduchu. Kromě výkonu je u vnitřní jednotky klíčové její umístění. Místo pro jednotku je tedy třeba volit vhodně tak, aby bylo zajištěno co možná nejvíce rovnoměrné rozložení teploty ve vnitřním prostředí a nevznikal nežádoucí průvan.

Ve vnější kondenzační jednotce je umístěn kondenzátor, kompresor a ventilátor, pomocí kterého je teplo vznikající v kondenzátoru předáváno do vnějšího prostředí. Díky umístění kompresoru do vnější jednotky je zajištěno snížení hlučnosti v ochlazované místnosti. Hluk přesto může být nežádoucí a působit rušivě i ve venkovním prostředí. Umístění vnější kondenzační jednotky je tedy třeba volit uvážlivě.

Obě části bývají standardně propojeny měděným potrubím o průměru nejčastěji do 25 mm, využívají se topenářské „coulové“ rozměry, setkat se tedy lze běžně i s průměry 1/2“ či 3/8“. Z důvodu nízké teploty chladiva je třeba toto potrubí izolovat, používá se ale i tzv. předizolované potrubí, které usnadňuje instalaci. Kromě potrubí jsou obě jednotky propojeny i komunikačním kabelem, napájena je pak dle konkrétního typu jedna z jednotek.

Kvůli rozdílu teploty na výparníku vzniká kondenzát, který je třeba nějakým způsobem z jednotky odvádět. Standardně se využívá potrubí, které slouží pro odvod kondenzátu buď přímo do venkovního prostředí nebo do odpadního potrubí. Menší jednotky mohou být vybaveny vanou pro záchyt



Obrázek 6 - Split systém

kondenzátu, kterou je však třeba pravidelně vyprazdňovat, případně čerpat. Díky tomuto procesu dochází i k odvlhčování vzduchu v interiéru.

Split systémy lze pomocí jednoduchého zapojení čtyřcestného ventilu snadno reverzovat, některé jednotky je tak možné využívat i na principu tepelného čerpadla pro vytápění. Kromě výše popsané dvoujednotkové varianty jsou k dispozici také v tzv. Multi-split varianty. V tomto případě je k jedné kondenzační jednotce připojeno více vnitřních jednotek. Není tedy třeba instalovat venkovní jednotky s kondenzátory a kompresory pro každou jednotku zvlášť a lze tak poměrně jednoduše chladit větší množství místností najednou. Je však třeba brát v úvahu délku potrubí a nepřekračovat doporučenou délku uvedenou výrobcem. S délkou potrubí pak i při kvalitním zaizolování potrubí dochází ke ztrátám a klesá tak efektivita celkového chladicího výkonu. Dle literatury [20] je možné tímto způsobem k jedné kondenzační jednotce připojit až 32 jednotek vnitřních.

### 3.4.3 Fan-coil

Kromě systému split (resp. multisplit) s chladivovým okruhem se často používá i chlazení vodní. Udávanou veličinou u vodních chladičů je mimo jiné i teplotní spád, který uvádí hodnoty teploty tepelnosného média (vody) na výstupu, resp. vstupu do chladiče. Běžný teplotní spád u vodních chladičů je 6/12 °C, setkat s lze ale i s jinými teplotami. Chlazení vody pak zajišťuje nejčastěji tzv. chiller, který využívá chladivového okruhu a funguje opět na principu obráceného Carnotova cyklu. Jako jeho alternativu je možné využít tepelné čerpadlo s reverzním chodem. V případě vodních chladících systémů je nejběžnější využití ve formě chladících stropů, tzv. fan-coilů či vodních chladičů přímo ve vzduchotechnické jednotce. Typická jednotka fan-coil je zobrazena na Obr. 7<sup>11</sup>. [20]



Obrázek 7 - Fan-coil

Toto označení vychází z anglických výrazů pro ventilátor (fan) a cívku, resp. spirálu (coil), která v tomto termínu nahrazuje konvektor, tedy těleso zajišťující předávání tepelné energie. Jednotky typu fan-coil se tedy skládají z vodního ohřívače či chladiče vzduchu a ventilátoru (s filtrem). Ze zdroje je chladící voda rozváděna do zmíněných konvektorů, které jsou nejčastěji řešeny formou tvarovaného potrubí (odtud podobnost s cívku, spirálou). Ta je standardně vedena ve více řadách. Pro zvýšení účinnosti se kolem samotného chladicího potrubí umísťují (nejčastěji hliníkové) lamely, díky kterým dojde k výraznému zvětšení povrchu, na kterém může docházet k výměně tepla. Vzniká tak jakýsi radiátor,

<sup>11</sup> Převzato. Dostupné z: <https://www.cosmos-airconditioning.com/images/cosmos/products/concealed-fan-coil/concealed-fan-coil-2.png>

který výrazně přispívá k zvýšení účinnosti celé energetické výměny. Fan-coil je tedy ve své podstatě velmi podobný vnitřní jednotce split, resp. multi-split systému.

Fan-coil je tedy ve své podstatě velmi podobný vnitřní jednotce split, resp. multi-split systému. Tento způsob řešení klimatizace je vhodné využít ve chvíli, kdy je k dispozici vhodný zdroj studené vody. Standardně se využívá v kombinaci s tepelným čerpadlem, u kterého ovšem musí být možná reverzace chodu. V případě využití tepelného čerpadla typu země/voda, která je k dispozici i v případě budovy, na kterou je zaměřena praktická část této práce, lze využít studené vody z vrtu, může tedy dojít ke zlepšení tepelné pohody v domě jen využitím čerpání chladné vody do jednotky, tedy do konvektoru jednoho či více fan-coilů (dle realizační varianty), v tepelném čerpadle tedy nemusí být využita funkce kompresoru, ale pouze kolování vody v oběhu. Je ovšem třeba podotknout, že chladicí výkon v takovém případě nebude příliš velký a pravděpodobně nebude stačit na pokrytí celkové tepelné zátěže.

#### 3.4.4 Chladicí stropy

Chladicí stropy jsou metodou, kdy je ochlazování prostoru dosaženo sáláním z povrchu stropu (resp. podhledu). Systém funguje na podobném principu, jako podlahové vytápění a teoreticky je možné využít jednoho systému pro vytápění i chlazení. Z praktického hlediska však systém nefunguje tak dobře, jak by se mohlo zdát. V případě podlahového vytápění je potrubí, kterým koluje teplotonosná látka umísťováno co nejbližší pod povrch podlahy, která musí být také ze vhodného materiálu tak, aby byla zajištěna co nejlepší prostupnost tepla do povrchu podlahy a dále do místnosti. V případě chlazení tímto systémem se pak ochladí podlaha spíše než strop místnosti níže. V nižších úrovních pokoje se pak drží chlad a u stropu teplo, což nemusí nijak přispět ke zvýšení tepelné pohody v objektu. Spíše se ale využívá samostatného systému chlazení, nejčastěji instalovaného do podhledů nebo přímo pod strop místnosti.

Základní dělení chladicích stropů pracuje se dvěma kategoriemi, jedná se o systémy otevřené (konvektivní) a uzavřené (sálavé). Prvně zmíněné otevřené chladicí stropy umožňují díky své konstrukci (s využitím otvorů a mezer) volné proudění vzduchu až ke stropu místnosti, na rozdíl od stropů uzavřených. Při chlazení těmito způsoby ale může docházet k orosování povrchu a zvyšování vlhkosti ve vnitřním prostředí. Aby se tento jev minimalizoval, je třeba vhodně nastavit teplotu chladicí vody, která se běžně volí v intervalu 16 – 20 °C. [20][30]

#### 3.5 Požadavky na větrání

Legislativa zpracovává kvalitu vzduchu ve vnitřním prostředí z hlediska hygienických požadavků ve velkém množství zákonů a jejich prováděcích předpisech. Ty se však vždy týkají konkrétních prostředí, která se dle zdroje [31] dělí na:



Typ prostředí	Předpis	Existují limity pro:
pracovní	NV č. 361/2007 Sb., ve znění NV č. 93/2012 Sb.	MKL, chemické látky a prašnost, osvětlení, větrání
stravovací	vyhláška č. 137/2004 Sb. ve znění č. 602/2006 Sb.	žádné limity neexistují
školské	vyhláška č. 343/2009 Sb.	MKL, osvětlení, větrání
pobytové	vyhláška č. 6/2003 Sb.	MKL, chemické látky a prašnost, výskyt mikroorganismů, výskyt roztočů
bazény, sauny	vyhláška č. 238/2011 Sb.	MKL, osvětlení, větrání, mikrobiální kontaminaci vody
vnitřní prostředí staveb	vyhláška č. 20/2012 Sb.	větrání, koncentrace CO <sub>2</sub>
NV = nařízení vlády MKL = mikroklima (teploty, relativní vlhkost, rychlost proudění vzduchu)		

Tabulka 5<sup>12</sup>- Typy prostředí a jejich předpisy pro větrání

V rámci souvislosti s tématem práce zmíním pouze prostředí pobytová. Zde legislativa ukládá, aby v přítomnosti osob docházelo u pobytových místností k výměně vnitřního a venkovního vzduchu minimálně 25 m<sup>3</sup>/h, nebo doporučené výměně vzduchu 0,5 h<sup>-1</sup>. Tato tzv. půlnásobná výměna vzduchu znamená výměnu 0,5 objemu vzduchu v místnosti za hodinu. Obytné místnosti mají pak minimální hodnoty stanovené na 15 m<sup>3</sup>/h 0,3 h<sup>-1</sup>, doporučeny jsou však opět hodnoty 25 m<sup>3</sup>/h, resp. 0,5 h<sup>-1</sup>. Speciální požadavky jsou pak na sociální zařízení a kuchyně. Vše přehledně uvádí tabulka 6<sup>13</sup>. [32]

Požadavek	Trvalé větrání		Nárazové větrání		
	Intenzita větrání [h <sup>-1</sup> ]	Dávka venkovního vzduchu na osobu [m <sup>3</sup> /(h.os)]	Kuchyně [m <sup>3</sup> /h]	Koupelny [m <sup>3</sup> /h]	WC [m <sup>3</sup> /h]
Minimální hodnota	0,3	15	100	50	25
Doporučená hodnota	0,5	25	150	90	50

Tabulka 6 – Minimální a doporučené hodnoty výměny vzduchu pro větrání

Ukazatelem kvality vzduchu v obytných, resp. pobytových místnostech je pak množství CO<sub>2</sub> (oxidu uhličitého), přesněji řečeno jeho koncentrace, která nesmí překročit hodnotu 1500 ppm. Účinky CO<sub>2</sub> na lidský organismus podle [31] jsou uvedeny v následující tabulce:

<sup>12</sup> Převzato z [31]. Dostupné online: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/9595-hygienicke-pozadavky-na-vnitri-prostredi-staveb>

<sup>13</sup> Převzato z [32]. Dostupné online: <https://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vetrani-klimatizace/8239-pozadavky-na-vetrani-obytnych-budov-dle-csn-en-15-665-z1>

Koncentrace [ppm]	Účinky
cca 350	úroveň venkovního prostředí
do 1000	doporučená úroveň CO <sub>2</sub> ve vnitřních prostorech
1200–1500	doporučená maximální úroveň CO <sub>2</sub> ve vnitřních prostorech
1000–2000	nastávají příznaky únavy a snižování koncentrace
2000–5000	nastávají možné bolesti hlavy
5000	maximální bezpečná koncentrace bez zdravotních rizik
> 5000	nevolnost a zvýšený tep
> 15000	dýchací potíže
> 40000	možná ztráta vědomí

*Tabulka 7<sup>14</sup> - Účinky CO<sub>2</sub> na lidský organismus*

<sup>14</sup> Převzato z [31]. Dostupné online: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/9595-hygienicke-pozadavky-na-vnitri-prostredi-staveb>



Jedná se o dvoupodlažní rodinný dům s garáží a bez podsklepení. Z hlediska konstrukce budovy jde o cihlovou novostavbu s klasickou sedlovou střechou a kompletním zateplením. Obvodové zdi obytné části jsou tvořeny cihlami Porotherm s tloušťkou 440 mm, v případě garáže je pak využit stejný materiál, tentokrát se silou 300 mm. Obvodová zeď obytného objektu je pak oproti projektu zateplena 100 mm polystyrenu. Vnitřní příčky jsou tvořeny také převážně cihlou Porotherm. Celý objekt je vystavěn na železobetonovém základu. Rozdíl oproti projektu tvoří okna, která jsou osazena trojsklem, oproti původnímu záměru, kde mělo být o jednu vrstvu skla méně. Všechna jsou opatřena předokenními roletami (žaluziemi), které v případě jejich stažení zabraňují prostupu slunečního záření do vnitřního prostoru, čímž lze částečně omezit tepelnou zátěž dotčených místností. Odlišností od dokumentace a původní konstrukce domu je více. Důležité je prodloužení nejdelšího rozměru domu o cca 0,65 m. V jižní polovině střechy pak není ani jedno z plánovaných střešních oken, v polovině severní je realizováno pouze prostřední okno, které je umístěno nad schodištěm.

Zásadní je pak i orientace ke světovým stranám, která je znázorněna na obrázku 9<sup>16</sup>.



Obrázek 9 - Orientace a dispozice domu

Rodinný dům stojí na okraji obce a v jeho nejbližším okolí se (co se týká staveb) nachází výhradně další rodinné domy. Některé z nich jsou stále rozestavěné. Obec je obklopena poli a loukami, cca 1 km jižním směrem od objektu se pak rozkládá les. Na zahradě jižně od domu je zasazeno několik mladých stromků. Jejich současná velikost je ale vzhledem ke vzdálenosti od objektu z hlediska příspěvku k zastínění (které může výrazně napomáhat chlazení domu) zanedbatelná. Ani sousední stavby nejsou tak veliké, aby znatelným způsobem zastiňovaly zkoumaný rodinný dům.

<sup>16</sup> Převezato z [40].

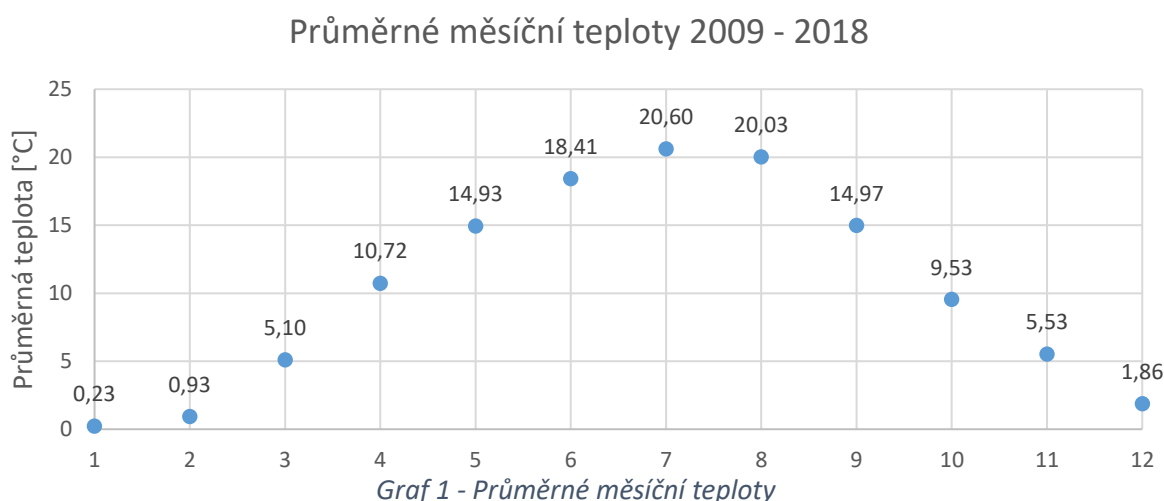
Kromě okolních domů se v nejbližším okolí nachází velké množství polí a luk. Na sever od budovy jsou navíc připraveny parcely pro stavbu dalších domů. Z tohoto hlediska lze očekávat zvýšenou prašnost, ať už kvůli probíhajícím stavebním a konstrukčním pracím v okolí, nebo z budoucí výstavby. Zvýšený výskyt zvířených prachových částic lze spojit také se zemědělskou činností, především v období žní. Z tohoto pohledu je tedy možné uvažovat dodatečný příspěvek systému nuceného větrání, které zajistí i filtraci vzduchu. Jinak se v blízkém okolí nenachází žádný významný zdroj znečištění, ať už výrobní průmyslové areály, nebo frekventované komunikace. S umístěním otvoru pro sání čerstvého vzduchu by tedy neměly být žádné problémy. Bude je pouze třeba volit tak, aby nedocházelo k mísení nasávaného čerstvého a vyfukovaného znehodnoceného vzduchu.

## 4.2 Objemy místností

Jednotlivé číselné údaje v modelu vycházejí z projektové dokumentace k domu, v některých případech jsou tato čísla upravena na skutečnou hodnotu. Jak již bylo řečeno, oproti návrhu totiž bylo provedeno několik změn. Nejvýraznější změnou důležitou pro model tepelných ztrát je zvýšení podlahové plochy a tím pádem i objemu některých pokojů. V přízemí se jedná o místnosti 206 a 207, tedy kuchyni a obývací pokoj, v horním patře jde o dětské pokoje 215 a 216. V dokumentaci je jeden z těchto pokojů označen jako ložnice, což může působit matoucím dojmem a jedná se o další změnu oproti projektu. V modelu je opět uvažován skutečný stav.

## 4.3 Vnější teploty

Jedním ze základních vstupů pro výpočet ztrát větráním, které jsou popsány v kapitole 2 jsou vnější teploty vzduchu. Bohužel jsem neměl k dispozici údaje s potřebnou citlivostí z konkrétního místa. Ke stanovení průměrných měsíčních teplot jsem tedy využil stanici Praha-Libuš [41], která udává průměrné denní teploty po jednotlivých dnech. V případě této stanice je také k dispozici dostatečné množství historických údajů. Po konzultaci s vedoucím práce jsem jako výchozí použil průměrné měsíční hodnoty za posledních 10 let. Ty jsou znázorněny na grafu 1.



Pro přesnější výpočet by bylo možné pracovat s krokem jednoho dne, nikoli měsíce, pro úplnou přesnost by pak mohly posloužit i hodinové údaje průběhů teplot. Bohužel tato data se mi nepodařilo získat ani u větších meteorologických stanic, natož v blízkosti uvažované lokality. Pro přesnější údaje by bylo nutné zrealizovat měření s odpovídajícím časovým krokem přímo ve zkoumané lokalitě a po dostatečně dlouho dobu.

#### 4.4 Současný stav větrání

Výše zmíněné údaje jsou nezbytné k prozkoumání a popisu současného stavu, tedy jakým způsobem větrání probíhá nyní. To dosud funguje na principu přirozeného větrání. Vzhledem k tomu, že jde o novostavbu bez konstrukčních otvorů určených pro větrání lze považovat budovu za poměrně vzduchotěsnou.

Pro větrání je tedy třeba otevírat okna buď pro dlouhodobé, nebo nárazové větrání jednotlivých místností. Protože je však větrání tímto způsobem velice individuální, není možný přesný výpočet objemu vyvětraného vzduchu a tím pádem ani tepelných ztrát. Přes den může být například okno vyklopeno celý den, čímž je zajištěno dlouhodobé větrání a intenzita větrání tak může snadno přesáhnout doporučenou půlnásobnou výměnu. Podobně pak před spaním může dojít k otevření oken a vytvoření průvanu, kdy se během okamžiku vymění několikanásobek objemu vzduchu v místnosti. Z hygienického hlediska je to v pořádku, mohou ale vznikat velké tepelné ztráty, které je pak třeba krýt podlahovým vytápěním. Situace může být i opačná a objem větraného vzduchu nemusí splňovat hygienické požadavky.

Skutečnou intenzitu větrání tedy nelze jednoznačně určit. Ve výpočtu se dle [34] pro přirozené větrání standardně uvažuje tzv. půlnásobná výměna. Kromě úmyslného větrání však hraje svou roli i tzv. infiltrace, tedy pronikání vzduchu netěsnostmi v plášti budovy, podél oken a podobně. Pokud se jedná o nový dům s vysokou úrovní vzduchotěsnosti, což lze v našem případě očekávat, je možné infiltraci ve výpočtu zanedbat je-li splněna podmínka, že bude dodržena zmíněná „typická hodnota pro bydlení,“ tedy půlnásobná výměna vzduchu. [34]

Celkovou ztrátu přirozeným větráním lze poměrně snadno vypočítat podle vztahu popsaného v kapitole 2.2.2 a rovnice 3. Příklad výpočtu s číselnými hodnotami pak ukazuje rovnice 4.

Příklad výpočtu pro měsíc leden:

$$31 \text{ dní} \cdot 24 \frac{\text{hodin}}{\text{den}} \cdot 388,23 \text{ m}^3 \cdot 0,5 \text{ h}^{-1} \cdot 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,28 \frac{\text{Wh}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (20,70 - 0,23)^\circ\text{C} \doteq 993 \, 320 \text{ Wh}$$

*Rovnice 4 - Příklad výpočtu tepelné ztráty přirozeným větráním*

Celková tepelná ztráta přirozeným větráním činí cca 993 kWh. Za rok pak dosahuje cca 5 955 kWh.



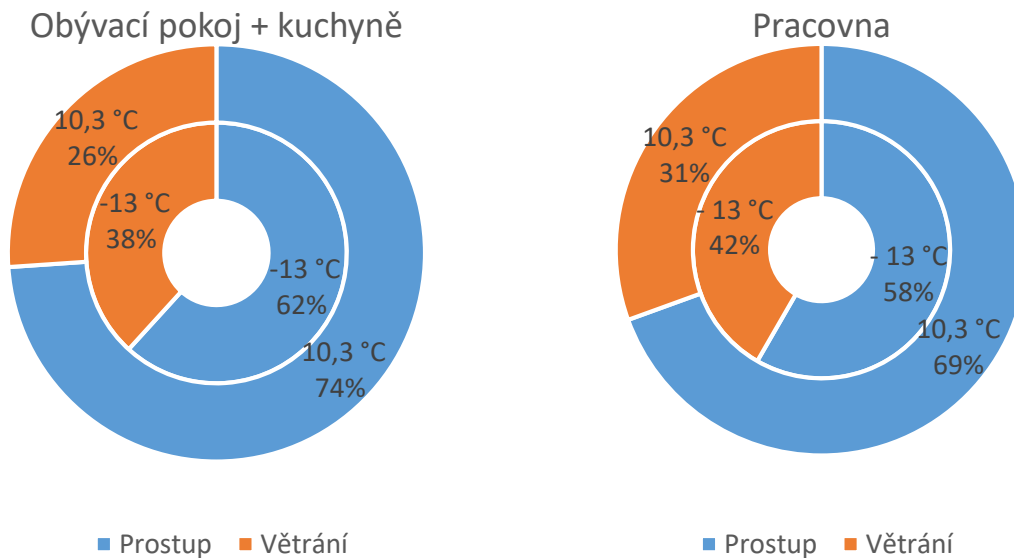
Co se týká jednotlivých místností, je celkem očekávaným výsledkem ta skutečnost, že největší tepelnou ztrátu větráním budou vykazovat prostory s vysokou požadovanou vnitřní teplotou a velkým objemem. Uvedené minimální teploty jednotlivých místností byly voleny dle požadavku majitele.

Seřazené místnosti podle podílu na celkových ztrátách větráním spolu s určujícími parametry jsou přehledně uvedeny v tabulce 8. Počítáno je s průměrnou vnější teplotou 10,3 °C a půlnásobnou výměnou vzduchu ve všech místnostech.

Místnost	Objem místnosti [m <sup>3</sup> ]	Požadovaná teplota [°C]	Podíl místnosti na celkových ztrátách větráním [%]
Přízemí			
Obývací a kuchyně	110,77	21	29 %
Pracovna	24,16	20	6 %
Koupelna	13,36	23	4 %
Vstupní hala	18,50	19	4 %
Chodba	15,68	19	3 %
Technická místnost	7,97	18	2 %
Patro			
Pokoj 2	41,26	21	11 %
Ložnice a šatna	41,05	21	11 %
Pokoj 1	38,34	21	10 %
Koupelna	24,35	23	8 %
Chodba	16,25	19	4 %
Místnost pro saunu	9,70	21	3 %
WC	5,15	21	1 %
Schodiště			
Schodiště	21,69	19	5 %

Tabulka 8 - Podíl místností na celkových ztrátách větráním

Pro porovnání podílu větrání na celkových tepelných ztrátách jsem provedl i výpočet ztrát prostupem, které však mají vliv pouze na vytápění a v samostatném hodnocení větrání v navrženém modelu nehrají žádnou roli. Jejich hodnota se totiž změnou větracího systému nemění. Míra, kterou se podílejí na celkových ztrátách se liší pro různou venkovní teplotu. Výpočet je proveden pro návrhovou teplotu dimenzování zdroje tepla dle [34], konkrétně – 13 °C. Uvažovaná teplota země (pro výpočet ztrát prostupem do podlahy) je 7 °C. Druhou teplotou, pro kterou je zastoupení obou složek (prostup a větrání) počítáno je průměrná teplota za posledních 10 let, zaokrouhleně 10,3 °C. Součinitele prostupu tepla jsou převzaty ze zdroje [36]. Vyjádření je ve formě prstencových grafů zobrazeno na následující stránce na grafu 2. Vnější prstence odpovídají stavu při vnější teplotě 10,3 °C, vnitřní teplotě -13 °C.



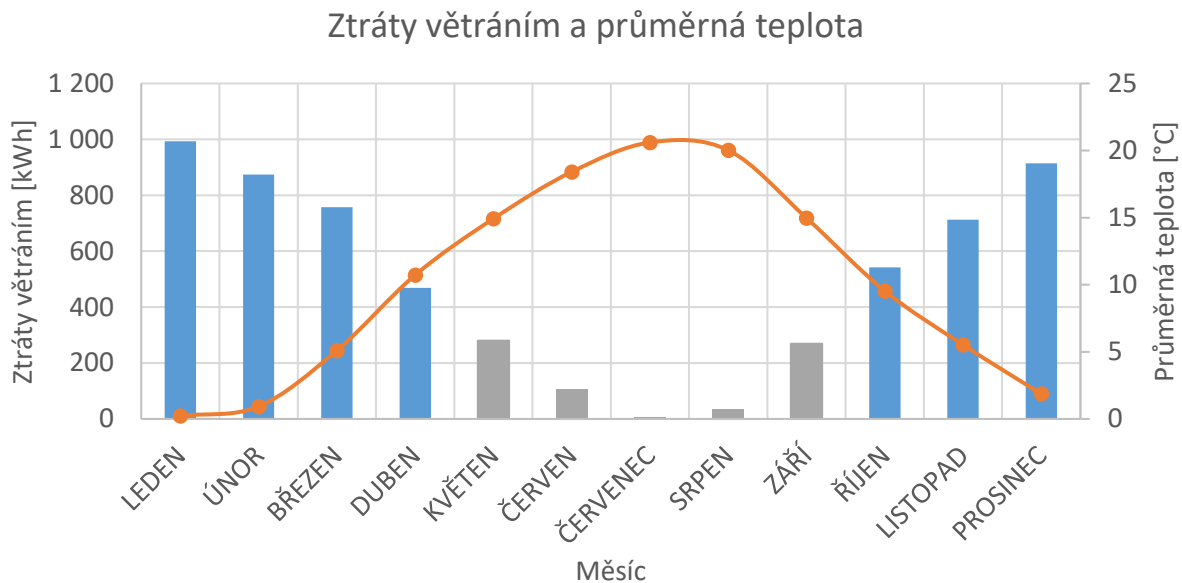
Graf 2 – Podíl ztrát prostupem a větráním na celkových tepelných ztrátách

Jak je z grafického znázornění patrné, podíl ztrát prostupem se zvětšuje spolu s rostoucí venkovní teplotou. Při venkovní teplotě 15 °C by ztráty prostupem tvořily už přes 75 % celkových ztrát v případě pracovny a dokonce 80 % u obývacího pokoje a kuchyně. Absolutní hodnota ztrát by se přitom (venkovní teplota 15 °C) snížila téměř na čtvrtinu hodnoty počítané s výpočtovou teplotou -13 °C. Pro teplotu 21 °C jsou už ztráty větráním nulové a celkové ztráty se rovnají pouze ztrátám prostupem. To je způsobeno započítáním prostupu tepla do země, která má stálou uvažovanou teplotu 7 °C.

Ztráty větráním pak dosahují největší důležitosti při nízkých teplotách, zejména tedy v zimním období. Z hlediska úspor ve větrání by bylo výhodné zajistit co nejvyšší teplotu přiváděného vzduchu, což by vedlo ke zmenšení ztrát. Zde se tedy otevírá prostor pro využití rekuperace, která je součástí navrhovaného modelu větrání.

Poměrně očekávané je také rozložení ztrát v průběhu roku. Pochopitelně největší ztráty nastávají v nejchladnějších měsících. Na následujícím grafu jsou znázorněny hodnoty ztrát větráním během roku a také křivka průměrné teploty. Jak již bylo naznačeno, dle očekávání dosahují ztráty nejnižších hodnot v létním období, kdy je naopak průměrná teplota nejvyšší. Modré sloupce představují ztráty, které je třeba nahradit dodáním topného výkonu otopnou soustavou domu. Od května do konce září je však dle majitele systém vytápění zpravidla vypnutý, tyto ztráty tedy tepelným výkonem nahrazeny nejsou a v grafu jsou znázorněny šedými sloupci.





*Graf 4 - Průměrná teplota a měsíční ztráty větráním*

Celková roční hodnota ztrát při výše popsaných parametrech (při průměrných měsíčních teplotách, dodržování požadovaných teplot v jednotlivých místnostech a půlnásobné hodnotě větrání) je 5955 kWh ročně. Nahradit je v tomto případě nutné celkem 5262 kWh, zbytek ztrát totiž nastane mimo otopné období, kdy se neprojeví v celkové spotřebě elektrické energie.

Klíčovým prvkem který velmi významně ovlivňuje hodnotu celkových ztrát je intenzita větrání, v modelu zastoupená hodnotou násobnosti výměny vzduchu. Pokud bychom si vystačili s 0,3 násobnou výměnou, došlo by ke snížení ztrát v otopném období na 3 157 kWh. Naopak při intenzivnějším větrání ztráty velmi rychle porostou.

Protože je intenzita větrání velice individuální, je v rámci kapitoly 6 podrobena citlivostní analýze.

#### 4.5 Návrh větracího systému

Na úvod této podkapitoly je třeba zmínit, že v řešeném domě je již provedena základní příprava na centrální větrací systém, proto se budu v souvislosti s navrhovaným větráním zabývat pouze tímto způsobem ventilace. Vzduchotechnické potrubí je instalováno do stropu přízemí, do konkrétních místností jsou i vyvedeny vývody těchto rozvodů. I v horním patře jsou již některé rozvody a vývody připravené.

To je zásadní informace, která se přímo týká realizace celého projektu. Pokud by totiž tato příprava provedena nebyla, byla by instalace centrálního větracího systému výrazně složitější. Větší zásahy do zdí jsou pro investora nemyslitelné, muselo by se tak využít přiznaného potrubí, které je však běžné spíše pro průmyslové a industriální prostředí, v rodinném domě by esteticky nepůsobilo příliš dobře. Další možností by bylo využití vedení vzduchových rozvodů v podhledech. I tak by ale musely

proběhnout určité stavební úpravy. Pokud by přicházela v úvahu tato varianta, bylo by vhodné zamyslet se i nad lokálními větracími systémy.

Vzhledem k současnému stavu by ale i realizace decentrálního systému vedla k větším stavebním zásahům do nového domu. V dané situaci tedy investor neuvažuje o jiné možnosti, než centrálního systému větrání.

#### 4.5.1 Dimenzování větrací jednotky

Pokud je tedy přijat předpoklad centrálního větracího systému, základním krokem je dimenzování vzduchotechnické jednotky, která bude větrání zajišťovat. To vychází z tzv. vzduchového výkonu jednotky, který představuje množství vyměněného vzduchu za časový interval. Standardně se udává v  $m^3/h$ .

Návrhový vzduchový výkon lze vcelku jednoduše určit z celkového objemu budovy. Po sečtení objemů jednotlivých místností, jsem došel k celkové hodnotě  $388,23 m^3$ . Vydeme-li z již dobře známé a minimální doporučené hodnoty, tedy půlnásobné výměny, lze vcelku jednoduše odhadnout celkový vzduchový výkon jednotky. Při půlnásobném větrání by rámcově měla stačit jednotka se vzduchovým výkonem cca  $200 m^3/h$ .

$$388,23 m^3 \cdot 0,5h^{-1} \doteq 194,1 m^3/h$$

Je však třeba si uvědomit, že v některých chvílích může být potřeba větrání vyšší. Je také třeba uvažovat tlakovou ztrátu systému, která se zvyšuje jednak s délkou samotných rozvodů a jednak s použitím dalších vzduchotechnických prvků, jako jsou tlumiče hluku nebo rekuperátory.

Dle osobní konzultace s projektantem VZT se základní dimenzování provádí na základě jednonásobné výměny. Pro tento rodinný dům by se tedy jednalo o jednotku s přibližným vzduchovým výkonem 350 až  $450 m^3/h$ . Podle zkušeností konzultanta se u rodinných domů standardně používají jednotky se vzduchovým výkonem do  $500 m^3/h$ .

Pro správnou funkci, a především pro omezení rušivého hluku a vibrací je jednotku třeba vhodně umístit. Standardně se tato zařízení instalují do technických místností nebo podkroví. Při výběru je pak nutné kromě jejich výkonu uvažovat také rozměry. V případě rozebíraného rodinného domu se jako nejvhodnější jeví umístění jednotky do podkroví. I při použití tlumičů hluku a antivibrační instalační podložky pod jednotku by však mohlo docházet k šíření hluku a rušení obyvatel domu, především během nočních hodin. Jako ideální místo pro instalaci byla po dohodě s investorem zvolen prostor pod zešíkmenou pultovou střešou garáže. Prostor je zde však omezený, je tedy třeba mít na paměti toto omezení při výběru samotného zařízení kvůli jeho rozměrům. V tomto místě se pak dá jednoduše napojit i potrubí pro sání a výfuk vzduchu. Ty je třeba umístit tak, aby se vzájemně neovlivňovaly.

Pro potřeby práce jsem oslovil firmu, která se zabývá nejen prodejem, ale i výrobou vzduchotechnických jednotek a systémů s žádostí o nabídku jednotky, která by odpovídala výše popsaným parametrům. Technická dokumentace získaná od této firmy je k dispozici v příloze 2, cenová nabídka pak v příloze 3.

Zvolenou jednotkou pro matematický výpočet je tedy jednotka Venti-Air, pro kterou má firma k dispozici potřebné technické parametry, údaje o účinnosti rekuperace a spotřebě ventilátorů při libovolně zadaném vzduchovém výkonu. V ekonomickém modelu je pak uvedena pořizovací cena jednotky VENTS, která má dle [39] velmi podobné parametry, a navíc je výrazně levnější.

#### 4.5.2 Časový rozvrh a intenzita větrání

Při využití centrálního systému větrání opět není možné zajistit přesné množství přiváděného, resp. odváděného vzduchu z konkrétních místností. Cirkulace v domě je v tomto případě dosaženo vhodným umístěním přírodních a odtahových vývodů vzduchotechnického potrubí. Je ale možné zajistit celkový objem čerstvého vzduchu přivedeného do celého domu.

Je možné také určit, kdy se větrat bude a kdy ne. Pro tuto potřebu je zhotoven základní časový rozvrh větrání. Ten uvažuje rozdělení větrání na horní a dolní patro. K realizaci tohoto rozdělení stačí pouze dvě ovládané klapky v potrubí, které budou otevírat či zavírat jednotlivé okruhy a umožňovat tak proudění vzduchu v rozvodech pouze spodního či horního patra, nebo obou okruhů najednou. Zmiňovaný časový rozvrh se pak snaží respektovat výskyt osob v domě. Základní je rozlišení pracovního dne a víkendu.

Během pracovního dne je od půlnoci do 6 hodiny ránní je otevřena pouze klapka okruhu horního patra, větráno tedy pouze v této části domu. Od 6:00 do 7:00 kdy členové rodiny vstávají se otevře klapka i pro větrání přízemí a výkon jednotky se na tuto dobu zvýší na 100 % a větrán je v tuto chvíli celý dům. Mezi 7:00 a 8:00 se výkon opět sníží na 50 % a větrá se pouze přízemí. Od této doby jsou zpravidla všichni členové mimo objekt a vzduchotechnická jednotka může být vypnuta až do návratu dětí cca ve 14 hodin. Od této doby je větrán celý objekt, protože se předpokládá pohyb lidí po celém domě. To až do 23 hodin, kdy je výkon snížen znovu na polovinu a větrá se už pouze horní patro.

O víkendu je situace jiná. Od půlnoci do 8 hodin běží jednotka na 50 % a otevřen je pouze okruh pro větrání horního patra. Od osmé hodiny ránní se výkon zvýší na 100 % a větrání probíhá v celém domě, opět až do půlnoci.

Pro úplnost bych rád poznamenal, že výše uvedený 50% a 100% výkon je vztažen k uvažované maximální potřebě větrání, nejedná se o poloviční, případně maximální výkon samotné jednotky. Tyto procentuální hodnoty odpovídají 150 resp. 300 m<sup>3</sup>/h. Skutečný maximální vzduchový výkon zvolené

jednotky dosahuje cca 400 m<sup>3</sup>/h ovšem závisí také na tlakové ztrátě potrubí. Uvedené hodnoty průtoku vzduchu jsou rozebrány v následující kapitole.

Celkový počet větraných hodin je uveden v tabulce níže, názorný rozpis časového harmonogramu a intenzity větrání je k dispozici na jednom z listů v příloženém souboru s modelem.

	Všední den	Víkendový den	Za rok
Vzduchový výkon [m <sup>3</sup> /h]	Počet hodin	Počet hodin	Počet hodin
<b>0</b>	6	0	1565
<b>150</b>	8	8	2922
<b>300</b>	10	16	4279

Tabulka 9 - Hodiny větrání

Z hlediska návrhu je vcelku jednoduchá i regulace výše popsaného systému větrání, která může fungovat na principu konstantního tlaku, který je jedním ze základních principů MaR (měření a regulace) [20][38]. Ve stanovený čas se otevře klapka daného okruhu. Tlakové čidlo v přívodním potrubí za jednotkou zaznamená pokles tlaku v potrubí a jednotka se rozběhne na stanovený výkon. V případě otevření další klapky tlak v potrubí opět poklesne a výkon jednotky se opět zvýší. Naopak při zavření některé z klapek se tlak v potrubí zvýší a čidlo dá jednotce signál ke snížení otáček ventilátorů.

#### 4.6 Výpočet ztrát při nuceném větrání

V případě vyjádření množství vyměňovaného vzduchu, potažmo výpočtu tepelných ztrát větráním u tohoto systému nucené ventilace není správné uvažovat pŕlnásobnou výměnu v jednotlivých místnostech. Při rovnotlakém větrání jde především o nastavení požadovaných průtoků vzduchu.

Protože tedy nelze uvažovat jednotlivé místnosti, ale dŕm, případně jednotlivá patra jako celek, je možné při určování hodnoty tepelných ztrát větráním vycházet z vážené průměrné teploty v domě. Ta je spočítána na cca 20,7 °C. V modelu dále uvažuji volené vzduchové výkony 150 a 300 m<sup>3</sup>/h. Je patrné, že pŕlnásobná výměna je výrazně přesažena. Zde vycházím z doporučené hodnoty 25 m<sup>3</sup>/os., kam je započítána rodina a případná návštěva. Lehce zvýšené množství větraného vzduchu pokryje i ztráty vzniklé např. občasným otevřením dveří. V případě samostatného větrání libovolného z obou pater probíhá přívod i odtah 150 m<sup>3</sup>/h, přičemž objemy jednotlivých pater jsou spočítány jako cca 200 a 180 m<sup>3</sup>. Výkonu 300 m<sup>3</sup>/h se pak týká větrání celého domu, tedy objemu cca 380 m<sup>3</sup>. Z hygienického hlediska je tedy požadavek na množství větraného vzduchu hravě splněn.

Pro pracovní vzduchové výkony 150 m<sup>3</sup>/h při tlaku 70 Pa a 300 m<sup>3</sup>/h při tlaku 150 Pa (které lze dle [38] očekávat) jsou v příložené dokumentaci spočítány příkony ventilátorů pro nastavený pracovní režim. Jedná se o 2x30, resp. 2x70 W při výše uvažovaných průtokových objemech vzduchu.

K celkovým ztrátám větráním je pak přičtená výše uvedená spotřeba ventilátorů, spočítaná k provozním hodinám a časovému schématu větrání. Bylo by možné uvažovat i menší objemy, vyšly by

tak menší nejen ztráty větráním, ale i spotřeba elektrické energie ve ventilátorech. Z důvodu většího komfortu a požadavku na zajištění plnění hygienických požadavků jsem však raději zvolil o trochu vyšší čísla, než jsou minimální požadované hodnoty.

V prvním případě je uvažován systém centrálního rovnotlakého větrání bez rekuperace. Vzhledem k většímu objemu celkově vyměněného vzduchu, než při přirozeném větrání jsou zde i ztráty větráním, (které jsou přímo úměrné vyměněnému vzduchu větší). Výkony ventilátorů jsou odhadnuty, původně však vychází z technické dokumentace (Příloha 2). Vzhledem k absenci deskového výměníku (rekuperátoru) se však znatelně sníží tlakové ztráty a spotřeba ventilátorů tak bude menší.

Je vhodné poznamenat, že poloviční výměna vzduchu, pro kterou se počítá v případě ztrát přirozeným větráním není jedinou správnou doporučenou hodnotou. Hygienické požadavky totiž hovoří o půlnásobné výměně nebo objemu vzduchu 25 m<sup>3</sup>/h na osobu. Jednotku by tedy bylo možné nastavit na menší výkon a splnit druhý požadavek. Pak by i ztráty větráním byly menší.

Pro potřeby výpočtu jsou definované průměrné počty pracovních a víkendových dní v jednotlivých měsících. Vynásobením tohoto počtu časovými hodnotami, které respektují výše popsany časový harmonogram větrání, získáme doby běhu jednotky s konkrétním výkonem. Po zahrnutí průtoku vzduchu je získán celkový vyvětraný objem vzduchu v měsíci. Vnější průměrné teploty byly použity už při výpočtu ztrát při přirozeném větrání. Tento vstup se nemění. Pro úplnost uvádím příklad výpočtu pro měsíc leden.

Příklad výpočtu:

Měsíc	Počet dní	Průměrně pracovních	Průměrně víkendových	Průměrná teplota
LEDEN	31	22,14	8,86	0,23 °C

Větrání	Doba pracovní den	Doba víkend	Objemový průtok	Příkon [W]
Výkon 0%	6 h	0 h	0 m <sup>3</sup> /h	0
Výkon 50 %	8 h	8 h	150 m <sup>3</sup> /h	40
Výkon 100 %	10 h	16 h	300 m <sup>3</sup> /h	90

Tabulka 10 - Vstupní hodnoty a příklad výpočtu ztrát větráním

$$V_p(\text{pracovní dny}) = 22,14 \cdot \left( 6h \cdot 0 \frac{m^3}{h} + 8h \cdot 150 \frac{m^3}{h} + 10h \cdot 300 \frac{m^3}{h} \right)$$

$$V_v(\text{víkendy}) = 8,86 \cdot \left( 0h \cdot 0 \frac{m^3}{h} + 8h \cdot 150 \frac{m^3}{h} + 16h \cdot 300 \frac{m^3}{h} \right)$$

$$V = V_p + V_v = 92\,988 + 53160 \doteq 146\,150 m^3$$

Rovnice 5 – Příklad výpočtu větraného objemu vzduchu při nuceném větrání

Jakmile známe měsíční objem větraného vzduchu, není už problém dopočítat ztráty větráním, protože teploty, hustotu vzduchu i teplotní součinitel jsou rovněž známé [34].

$$Q_v = V \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta\theta = 146\,500 \text{ m}^3 \cdot 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,28 \frac{\text{Wh}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (20,70 - 0,23)\text{K} \doteq 1\,010 \text{ kWh}$$

*Rovnice 6 - Příklad výpočtu tepelné ztráty nuceným větráním*

Celkové roční ztráty větráním v tomto případě dosahují hodnoty 6 026 kWh, zanedbáme-li ztráty mimo topnou sezónu, získáme hodnotu 5 596 kWh. Je patrné, že ztráty jsou větší než při půlnásobné výměně, jak již bylo komentováno. K těmto ztrátám je však třeba připočítat ještě spotřebovanou elektrickou energii na pohon ventilátorů v jednotce. Pro úplnost opět uvádím příklad výpočtu spotřeby za měsíc leden, vycházející z údajů z tabulky výše.

$$Q_e = 22,14 \cdot (8h \cdot 40W + 10h \cdot 90W) + 8,86 \cdot (8h \cdot 40W + 16h \cdot 90W) \doteq 42\,600 \text{ Wh}$$

*Rovnice 7 - Příklad výpočtu spotřeby elektrické energie nuceným větráním*

Spotřeba elektrické energie na provoz vzduchotechnické jednotky a tím pádem i zajištění správné funkce větrání podle časového harmonogramu a s výše popsányimi vstupními parametry za měsíc leden je cca 42,6 kWh.

#### 4.7 Výpočet ztrát s uvažováním rekuperace

Ve výpočtu ztrát při uvažování rekuperace tepla je třeba brát v potaz, že vzduch přiváděný do místností už nemá teplotu odpovídající venkovnímu prostředí, ale je předehříván ve výměníku tepla. Účinnost rekuperátoru závisí především na jeho konstrukčních vlastnostech, materiálu a na objemovém průtoku vzduchu. V technickém listu k jednotce v příloze 2 této práce je přímo od výrobce napočítána účinnost při základních vstupních parametrech, konkrétně při návrhové vnější teplotě -12 °C a odtahovaném vzduchu 21 °C. V modelu jsem tuto hodnotu volil střízlivěji, především z důvodu vyšší vstupní teploty. Je zpracována i citlivostní analýza na změnu celkových ztrát při různé účinnosti rekuperace.

Teplota přiváděného vzduchu do místností domu tedy bude mít hodnotu [34]:

$$\theta_p = \theta_e + \eta \cdot (\theta_{int} - \theta_e)$$

*Rovnice 8 - Výpočet teploty za rekuperátorem*

Kde:

$\theta_p$  .....teplota přiváděného vzduchu do místností

$\theta_e$  .....teplota vnějšího prostředí

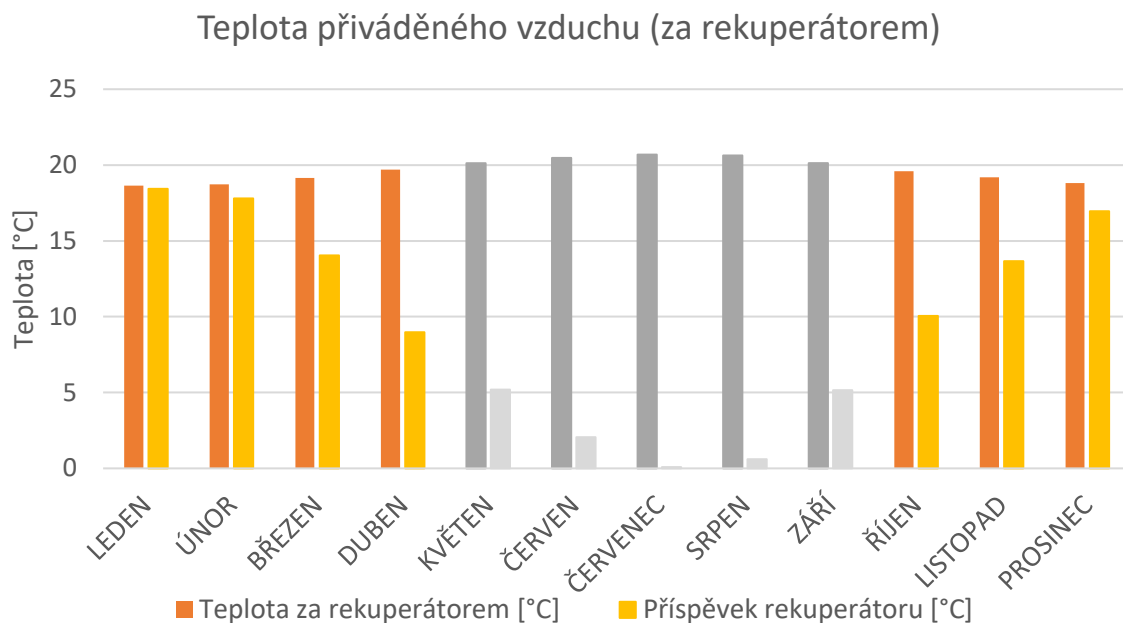
$\theta_{int}$  .....průměrná teplota uvnitř budovy

$\eta$  .....účinnost rekuperace

Pro leden tedy bude platit:

$$\theta_p = 0,23 + 0,9 \cdot (20,7 - 0,23) = 18,65^\circ\text{C}$$

Teploty přiváděného vzduchu v jednotlivých měsících a také teplotní příspěvek rekuperátoru jsou znázorněny na grafu 4. Zmíněný příspěvek rekuperátoru je spočítán jako rozdíl teplot přiváděného a venkovního vzduchu.



*Graf 5 - Teplota přiváděného vzduchu a příspěvek rekuperátoru*

Výpočet ztrát pak probíhá obdobně jako v případě bez rekuperace. Co se týká celkové spotřeby, je třeba pamatovat na zvýšení tlakových ztrát v systému kvůli přítomnosti rekuperátoru a tím pádem i větší spotřebě ventilátorů. V tomto případě jsou využity hodnoty z technického listu k jednotce (příloha 2), konkrétně 2x30 W pro objemový průtok vzduchu 150 m<sup>3</sup>/h a 2x70 W pro 300 m<sup>3</sup>/h.

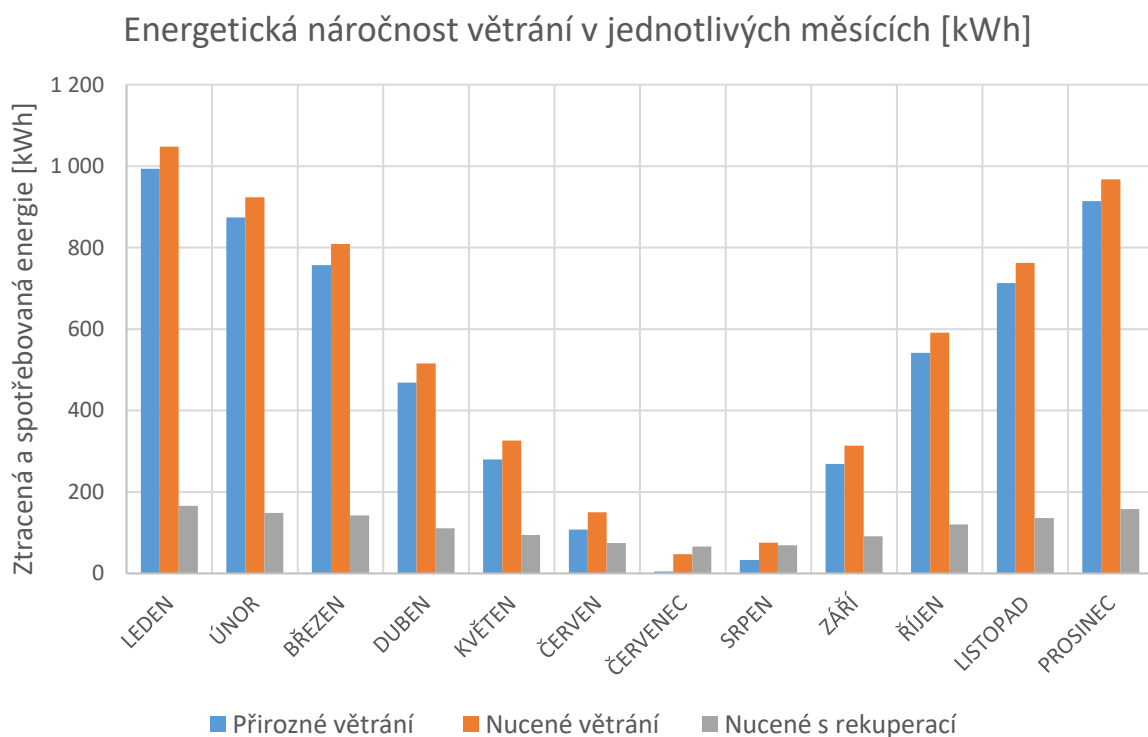
V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty tepelných ztrát větráním při využití rekuperace a také spotřeba ventilátorů vzduchotechnické jednotky pro jednotlivé měsíce.

Měsíc	Ztráty větráním [kWh]	Spotřeba jednotky [kWh]	Celkem [kWh]
LEDEN	100,51	65,72	166,23
ÚNOR	88,47	59,89	148,36
BŘEZEN	76,59	65,72	142,31
DUBEN	47,40	63,6	111,00
KVĚTEN	28,33	65,72	94,05
ČERVEN	10,86	63,6	74,46
ČERVENEC	0,46	65,72	66,18
SRPEN	3,30	65,72	69,02
ZÁŘÍ	27,22	63,6	90,82
ŘÍJEN	54,82	65,72	120,54
LISTOPAD	72,10	63,6	135,70
PROSINEC	92,50	65,72	158,22
<b>Celkem</b>	<b>602,56</b>	<b>774,33</b>	<b>1376,89</b>

Tabulka 11 - Tepelné ztráty a spotřeba jednotky při rekuperaci

#### 4.8 Porovnání celkové ztracené energie jednotlivých variant větrání

Součet celoročních tepelných ztrát větráním a spotřeby elektrické energie vzduchotechnickou jednotkou pro jednotlivé výše popsané varianty větrání jsou znázorněny na grafu 5 níže.



Graf 6 - Energetická náročnost větrání v jednotlivých měsících



## 4.9 Návrh systému chlazení

Vzhledem k tomu, že k dispozici není dostatečné množství dat o venkovní teplotě během roku a dosud bylo počítáno pouze s průměrnými teplotami, není možné vytvořit ani odpovídající model pro chlazení. Nejvyšší hodnoty dosahuje průměrná teplota pro červenec, a to 20,6 °C. Průměrná teplota požadovaná v domě je pak 20,7 °C, pokud bych vycházel z těchto hodnot, chlazení by vůbec nebylo potřeba.

Dále je třeba zmínit, že základním záměrem zadavatele je v tomto případě snižování celkových nákladů a případné vyhledání investic, které by k zmíněnému cíli mohly napomáhat a jejichž celkový důsledek by byl v tomto směru pozitivní. V případě chlazení k takovému snížení nákladů dojít nelze. Je totiž třeba investovat do samotného zařízení a následně hradit jeho využití podle provozu.

V rámci splnění zadání této práce však nelze systémy chlazení vypustit. Z výše uvedených důvodů jim ale není věnována taková pozornost a nejsou rozebrány tak podrobně, jako systémy větrání, které na rozdíl od chlazení mohou výrazně snížit celkové ztráty a tím pádem vést k ročním úsporám energie, které se projeví i na výsledných fakturách dodavatelů energií a služeb s nimi souvisejících.

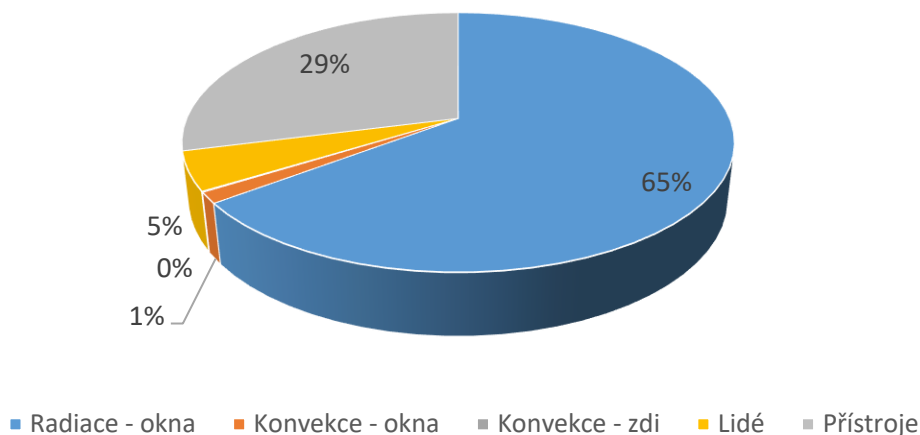
### 4.9.1 Výpočet tepelné zátěže

Výpočet je provedený na základě normy popsané v kapitole 2.3 a to pro obývací pokoj a kuchyni, pro slunečný den 21. 7. od 14.30 do 15.30 hodin odpoledne. Tato doba je zvolena jako nejvhodnější (resp. nejnevhodnější), protože slunce osvětluje celé prosklené plochy oken jak na jižní, tak i na západní straně domu. Výsledkem modelu je celková tepelná zátěž cca 4,4 kW (při využití velkého množství spotřebičů a při plném pronikání slunečních paprsků do prostředí).

Do výpočtu jsou uvažovány dle [35] příspěvky z vnějších zdrojů, konkrétně tepelná zátěž radiací a konvekcí, dále příspěvky lidí (muže, ženy a dvou dětí) a konečně příspěvku přístrojů. Hodnoty příspěvků od lidí vychází z hodnot uvedených v [35], z přístrojů jsou zastoupeny trouba, lednice, LED TV a satelitní set, ohřátí 1l vody ve varné konvici a příprava 2 espress z kávovaru. Hodnoty pro přístroje jsou převzaty z dokumentu Energetického poradce PRE [45]

Procentuální podíly příspěvků k celkové návrhové tepelné zátěži jsou znázorněny na grafu 7 na následující stránce. Z grafického vyjádření je jasně patrné, že největší podíl má prostup tepla okny sluneční radiací, jak již bylo naznačeno v kapitole 2.3. Radiace přispívá celkem 65 %.

### Příspěvky jednotlivých zdrojů k celkové tepelné zátěži [%]

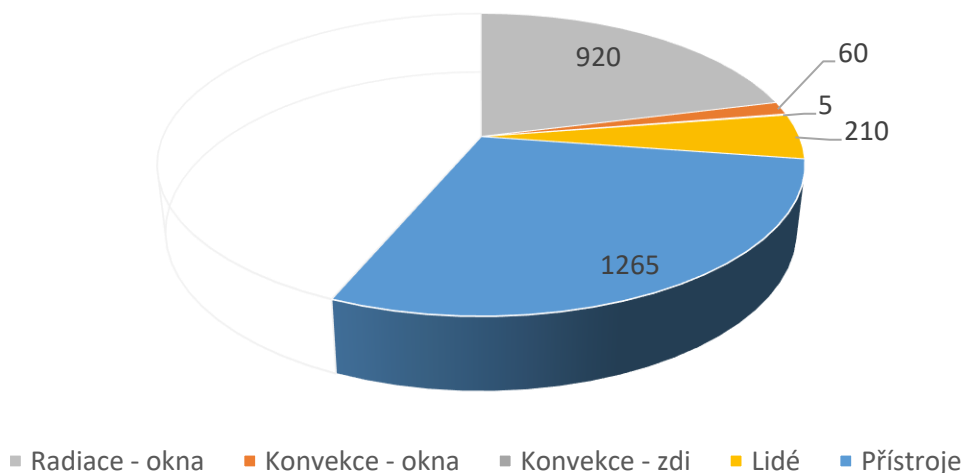


Graf 7 - Příspěvky konkrétních zdrojů k celkové tepelné zátěži

Je ale vhodné předpokládat, že ve výrazně teplých dnech budou využity předokenní žaluzie, které sice nezabrání prostupu konvekcí, ale mohou eliminovat tepelnou zátěž sluneční radiací, která je pro tyto tepelné zisky zásadní.

Pokud bychom tedy uvažovali využití předokenních žaluzií francouzských oken na západní straně domu (jižní zůstanou nezakryté z důvodu případného průchodu), klesne tepelná zátěž místnosti o 1,9 kW na cca 2,5 kW. V případě uvažování a realizaci klimatizace (přesněji řečeno chlazení této místnosti) tak bude třeba volit zařízení s chladícím výkonem pohybujícím se okolo 3 kW.

### Příspěvky zdrojů k tepelné zátěži při zaclonění západních oken [kWh]



Graf 8 - Příspěvky zdrojů k tepelné zátěži při zastínění západních oken

#### 4.9.2 Možné varianty chlazení

První myšlenkou je využití chladného venkovního vzduchu, který by se v noci vháněl do místnosti a přes den pak pomocí rekuperace ochlazoval nově přiváděný vzduch. Tato varianta sice zvýší komfort, ale především v dopoledních hodinách, kdy potřeba chlazení není taková a neodkáže nahradit tepelnou zátěž prostoru. Postupem času se v domě začne teplo kumulovat a vzduch se oteplí nad požadovanou hodnotu. A v odpoledních hodinách už je tak účinek vesměs nulový. Obecně je ale využití rekuperace vhodné i pro zpětné získávání chladu, tedy pro případy kombinace rekuperace a samostatného chladicího systému (např. split). Samotnou rekuperaci však nelze chlazení plnohodnotně nahradit.

V rozebíraném rodinném domě se jeví jako vhodné využití již stávajících systémů. V případě chlazení by tak byly využity již instalované rozvody vzduchu a jednotka by se doplnila standardním vzduchotechnickým chladičem, který lze instalovat buď přímo do jednotky (v případě větších zařízení), nebo do potrubí za jednotku.

Další technologií, která by teoreticky mohla být využita je tepelné čerpadlo. Některá dnešní TČ totiž mají možnost reverzovat chod a změnit se tak ze zdroje tepla na zdroj chladu (tzv. chiller). Pak by bylo nutné zrealizovat nové rozvody chladu z TČ do jednotky.

Podle dostupných údajů k instalovanému tepelnému čerpadlu zde však možnost reverzace chodu není. Bylo by tak nutné systém doplnit o freonový nebo vodní zdroj chladu, který by předával energii do chladiče jednotky. Tímto způsobem by teoreticky bylo zajištěno chlazení všech větraných místností najednou (podle otevřených klapek).

Problémem však je velikost chladicího výkonu, který lze tímto způsobem zprostředkovat. V případě průtoku vzduchu (uvažujeme, že by díky vhodnému umístění a nastavení klapek byl všechn vzduch určený pro spodní patro přiváděn do obývacího pokoje) 150 m<sup>3</sup>/h s teplotou 32 °C na 16 °C by bylo dosaženo chladicího výkonu cca 0,8 kW. V případě chlazení na 10 °C pak asi 1,1 kW (výpočet obdobný jako v příkladu na str. 40). Tato hodnota ale zdaleka nepokrývá tepelnou zátěž vypočítanou v předchozí podkapitole a tento zdroj tak není dostatečný pro chlazení místnosti na výpočtovou teplotu. Uvažovaná teplota 16 °C už je navíc velmi nízká na to, aby byl takto chladný vzduch vháněn do vyhřáté místnosti. Může totiž docházet ke kondenzaci a podchlazování prostoru a výsledný efekt a příspěvek k tepelné pohodě v místnosti může být záporný.

Takto popsaný systém přesto může při vhodném používání svým způsobem zvýšit komfort a jeho realizace je poměrně snadná. Nejedná se sice o plnohodnotnou klimatizaci v rámci pokrytí tepelné zátěže, přesto by se mohl uplatnit, pokud tedy bude opuštěna myšlenka hledání úspor.

Druhou možností, kterou také považují za vhodné řešení do současného domu, by bylo pořízení split (případně multi-split) systému, a to především kvůli jeho jednoduché realizaci. V porovnání s chladicími stropy, při jejichž realizaci by bylo třeba značného množství stavebních úprav v obývaném domě, by zjednodušeně řečeno stačilo postavit vnější kondenzační jednotku za dům či garáž a zajistit propojení potrubím s vnitřní jednotkou, ze které pak musí být zajištěn odvod kondenzátu. V případě vhodného umístění obou částí split systému by pak stavební úpravy byly minimální. V případě potřeby by bylo možné doplnit systém na multi-split dalšími vnitřními jednotkami (fan-coily v dalších místnostech, ve kterých by bylo chlazení požadováno (ložnice, pracovna...)). Další výhodou tohoto systému by mohlo být jeho využití v chladných dnech mimo otopné období. V obývacím pokoji, kde lze předpokládat největší požadavky na dostatečnou teplotu během neočekávaných chladných dní, by bylo možné využít opačný chod split-systému (který je dnes běžnou záležitostí těchto jednotek). Tím by bylo zajištěno vytápění prostoru jednotkou a nebylo by třeba spouštět tepelné čerpadlo a podlahové vytápění, u kterého lze očekávat pomalejší náběh. [33][39]

Jak již bylo řečeno, klimatizační systémy nemohou vést ke zvýšení úspor energie. Přinášejí však zvýšení komfortu a mohou přispět i k hodnotě domu. Ocenění tepelné pohody je však velmi individuální, podobně jako celkové využívání klimatizační jednotky. To silně závisí na vnějších podmínkách (především na intenzitě slunečního záření a venkovní teplotě), požadavcích majitele a tím pádem i intenzitě, četnosti a doby využívání chlazení vnitřního prostoru.

Tyto parametry nelze jednoznačně určit, podobně jako spotřebu elektrické energie vynaložené na chlazení domu, které z výše zmíněného využívání systému vyplývá. Ekonomické hodnocení chlazení by bylo z ryze finančního pohledu záporné a v současné chvíli ho vzhledem k požadavkům majitele nelze doporučit.

## 5 Ekonomická analýza systémů větrání

Výpočet tepelných ztrát větráním a spotřeby elektrické energie byl v předchozích kapitolách rozebrán poměrně podrobně. Výše vypočítané údaje totiž vstupují do ekonomického modelu větrání, jehož vypracování a následné vyhodnocení je hlavním cílem této práce.

Ekonomický model je tedy založen na určení a ocenění spotřebované energie. Do té jsou zahrnuty ztráty větráním a spotřeba energie pro chod vzduchotechnického systému. Tepelné ztráty je pak třeba nahradit zdrojem tepla, v tomto případě tepelným čerpadlem. Tepelné ztráty prostupem jsou v obou způsobech větrání stejné, a je třeba je nahradit stejným množstvím dodané energie. Jejich hodnota tedy žádným způsobem nezasahuje do úspory vzniklé změnou větracího systému.

Velice důležitým údajem je tedy délka otopné sezony. Jak již bylo naznačeno v kapitole s výpočtem ztrát přirozeného větrání, dle informací majitele se v domě od května do konce srpna běžně netopí. Pro ekonomické účely je tedy třeba uvažovat pouze ztráty v otopné sezóně, které jsou kryty výkonem TČ.

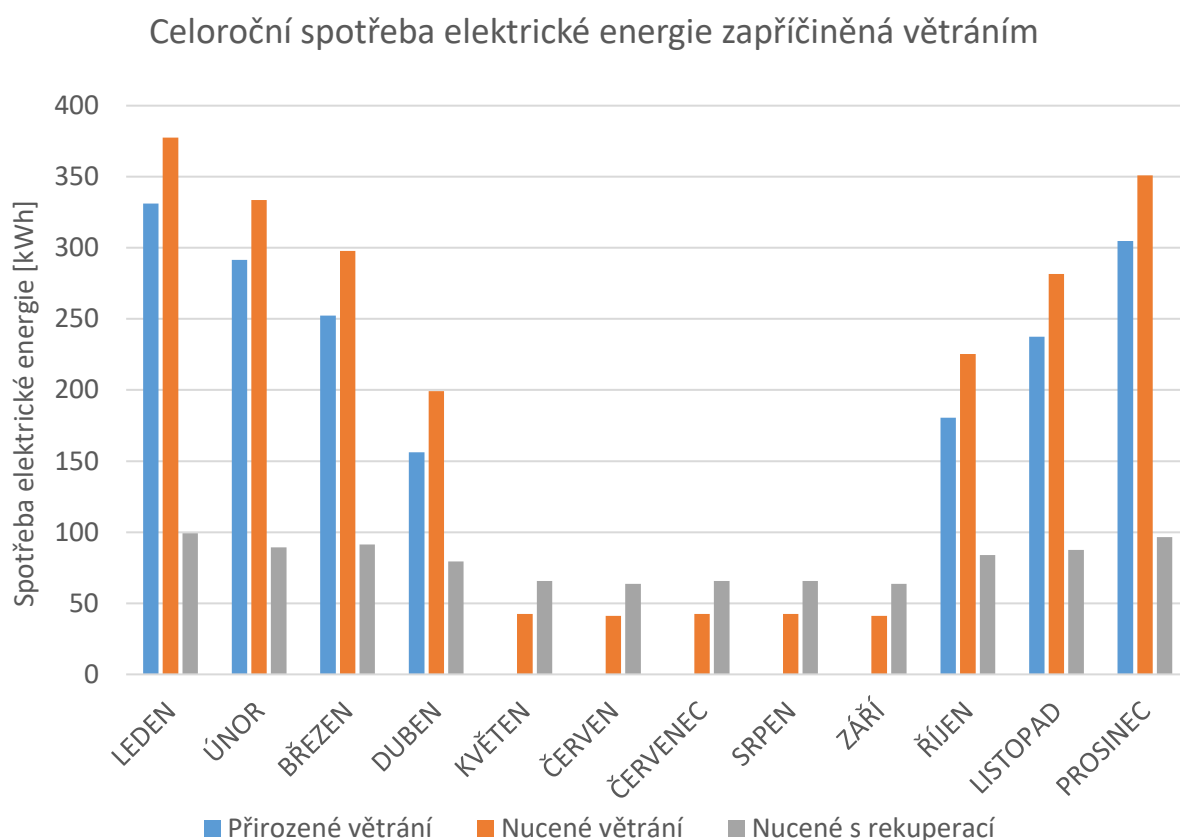
### 5.1 Spotřebovaná elektrická energie

V dosavadním zkoumání ztrát nebyl rozlišen typ ztracené energie. Pokud by zdrojem tepla byl například elektrokotel, nebyl by problém využít do ekonomického modelu stejné hodnoty. V případě tepelného čerpadla je ale situace jiná a vypočítané hodnoty spotřeby energie je nutné upravit. Do hodnocení totiž vstupuje topný faktor tepelného čerpadla, tedy poměr mezi dodanou tepelnou a spotřebovanou elektrickou energií. Hodnota topného faktoru uvažovaného v práci byla určena jako  $TF = 3$ . Vypočtené hodnoty ztrátové energie a výpočet spotřeby elektrické energie jsou uvedeny v následující tabulce.

Měsíc	Přirozené větrání [kWh]		Nucené větrání [kWh]			Nucené s rekuperací [kWh]		
	Ztráty	Spotřeba	Ztráty	Jednotka	Spotřeba	Ztráty	Jednotka	Spotřeba
LEDEN	993	331	1005	43	378	101	66	99
ÚNOR	874	291	885	39	334	88	60	89
BŘEZEN	757	252	766	43	298	77	66	91
DUBEN	468	156	474	41	199	47	64	79
KVĚTEN	280	0	283	43	43	28	66	66
ČERVEN	107	0	109	41	41	11	64	64
ČERVENEC	5	0	5	43	43	0	66	66
SRPEN	33	0	33	43	43	3	66	66
ZÁŘÍ	269	0	272	41	41	27	64	64
ŘÍJEN	542	181	548	43	225	55	66	84
LISTOPAD	713	238	721	41	282	72	64	88
PROSINEC	914	305	925	43	351	93	66	97
<b>CELKEM</b>	<b>5955</b>	<b>1754</b>	<b>6026</b>	<b>502</b>	<b>2277</b>	<b>603</b>	<b>774</b>	<b>952</b>

Tabulka 12 - Celková spotřeba elektrické energie jednotlivých systémů

Množství elektrické energie, kterou je třeba dodat tepelnému čerpadlu pro potřebné pokrytí tepelných ztrát větráním odpovídá při  $TF = 3$  třetině těchto ztrát. Přičteme-li k této hodnotě spotřebovanou elektrickou energii pro provoz vzduchotechnického systému, získáváme celkové množství spotřebované elektrické energie. Zjednodušeně můžeme říci, že elektrická energie je v tomto případě 3x dražší než obdobné množství energie ve formě tepelné ztráty. Při přirozeném větrání je logicky spotřeba vzduchotechniky nulová. Spotřeba elektrické energie na větrání (a jeho důsledky) je znázorněna také v grafu 9.



*Graf 9 - Spotřeba elektrické energie zapříčiněná větráním*

Z ekonomického hlediska je neracionální využívat nuceného větrání ve chvíli, kdy je spotřeba jednotky větší než úspora elektrické energie. I do tohoto výpočtu vstupuje topný faktor. Z hlediska optimálního využití by bylo ideální nechat jednotku mimo provoz během června, července a srpna, kdy spotřeba překračuje užitek jednotky, viz graf 6 na straně 45. V tuto dobu ale není v provozu ani podlahové vytápění a ztráty tím pádem nejsou zdrojem tepla kryty. Protože topení navíc neprobíhá ani během května, nahrazované kWh během tohoto měsíce také klesnou na nulu a celková spotřeba by byla dána součinem příkonu ventilátorů a provozních hodin jednotky. Z ryze úsporných důvodů je tedy vhodné ponechat jednotku vypnutou během celého období mimo otopnou sezónu a rekuperaci tak po tuto dobu nevyužívat.

## 5.2 Ekonomický model a jeho klíčové parametry

Ve této chvíli jsou známy spotřeby elektrické energie jednotlivých variant. Pro ekonomické hodnocení je však třeba spotřebu ocenit. V ekonomickém modelu jsou zpracovány varianty celoročního větrání i větrání pouze v otopném období. Hlavním hodnotícím kritériem je pak čistá současná hodnota, neboli NPV [46]. V modelu jsou hodnoceny již rozdílové investice v porovnání se současnou variantou přirozeného větrání. Pokud tedy vyjde hodnota NPV kladná, má pro ekonomicky racionálního člověka smysl investovat do této varianty. Pokud by příznivých variant vyšlo více, vybírá pochopitelně variantu s největší hodnotou čisté současné hodnoty. Do modelu vstupují následující parametry

- Cena vzduchotechnické jednotky – V matematickém modelu větrání vycházím z technických parametrů jednotky získaných přímo od výrobce (Příloha 2), tedy z údajů vzduchotechnické jednotky Venti-Air. Z důvodu výrazné podobnosti obou jednotek v nabídce a konzultaci se zástupcem firmy [39] však v ekonomickém modelu uvažuji levnější jednotku VENTUS, na kterou firma navíc poskytla 50% slevu z původní katalogové ceny. Cena této jednotky bez DPH je: **39 552,8 Kč**. Se započítáním DPH 21 % je pak výsledná cena **47 858,9 Kč**
- Roční úspora elektrické energie – Jedná se o rozdíl spotřeby elektrické energie nutné ke krytí tepelných ztrát navrhovaným způsobem a původním přirozeným větráním.
- Cena elektřiny – Při určování ceny elektřiny jsem vycházel z faktury za elektrickou energii, kterou poskytl majitel domu, ze současného tarifu a celkové spotřeby a podílu vysokého a nízkého tarifu. Pro určení výsledné ceny za kWh elektrické energie pak byl využit cenový kalkulátor ERÚ [42], který by měl uvažovat cenové rozhodnutí ERÚ na následující rok. Výsledná cena je podle výše uvedeného stanovena na **2,8 Kč/kWh**.
- DPH – Daň se ve výpočtu vyskytuje pouze u ceny vzduchotechnické jednotky, protože cenová nabídka dodavatele je bez DPH. Uvažuji standardní sazbu v ČR 21 %. Celková daň tedy činí **8 306,1 Kč**.
- Míra inflace – Při určení míry inflace jsem vycházel z údajů o současné hodnotě dle ČNB, resp. ČSÚ [43]. Podle informací uvedených na webové stránce ČNB cílí na udržení hodnoty kolem této hranice, přibližně dvou procent. Při výpočtu je uvažována roční míra inflace **2,2 %**.
- Růst ceny elektřiny – Tento parametr lze označit z hlediska odhadu jako velmi problematický. V modelu uvažuji růst ceny **2,5 %** v následujících 10 letech. Ten souvisí s očekávaným růstem ceny silové elektřiny. Přestože je silová složka jen menší částí celkové ceny elektřiny pro koncového spotřebitele, očekávám největší změnu právě u této složky. Ta by měla souviset se stále se zvyšující cenou emisních povolenek a s evropským bojem proti změně klimatu.

V posledních 5 letech provozu je pak růst zpomalen počítáno s růstem ceny elektřiny **1 %** (hodnoty vycházejí ze zdroje [44]<sup>17</sup>)

Pro porovnání, rozdíl ceny elektřiny mezi roky 2019 a 2018 pro zvolený dům dle [42] činí (průměr podle využití tarifů) 2,81-2,52=0,29 Kč, což znamená nárůst o více než 15 %! To je ale z mého pohledu z dlouhodobého hlediska téměř nemožné.

- Diskontní míra – Nominální diskontní sazba je po dohodě se zadavatelem stanovena na **3,5 %**. V potaz je bráno, že investor (zadavatel) nemá v současné době k dispozici dostatečné prostředky na kompletní financování projektu. Standardní úroková míra půjček v hodnotě cca 100 000 Kč se pohybuje od 3 % výše. V projektu je po konzultaci uvažována zmíněná hodnota 3,5 %.
- Doba životnosti – Tato hodnota vychází z konzultace s dodavatelskou firmou a je určena na **15 let**. [39]
- Instalace a zaregulování jednotky – Tato hodnota byla opět konzultována se servisním technikem dodavatele [39]. Jedná se o přibližnou cenu za dopravu, montáž a nastavení jednotky (včetně materiálu - potrubí a koncových elementů). Konečná částka činí **10 000 Kč**.
- Servis a údržba – Do výpočtu vstupují dvě hodnoty. Jednak cena filtru, který je třeba alespoň 1x ročně vyměnit (cca **500 Kč**) a pravidelnou kontrolou zařízení servisním technikem alespoň jednou za 5 let. Tato generální údržba je včetně dopravy oceněna na **2 000 Kč**. Obě uvažované hodnoty vycházejí z konzultace se servisním technikem firmy. [39]

Parametr vstupující do modelu	Hodnota	Jednotka
Cena vzduchotechnické jednotky	39 552	Kč
Instalace a uvedení do provozu	10 000	Kč
Cena filtru (1x ročně)	500	Kč
Generální údržba (5. a 10. rok)	2 000	Kč
Roční úspora spotřeby elektrické energie (celoroční rekuperace)	802	kWh
Roční úspora spotřeby el. energie (nucené větrání pouze v otopném období)	1 126	kWh
Roční úspora nuceného větrání bez rekuperace	-523	kWh
Cena elektřiny	2,8	Kč/kWh
Růst ceny elektřiny 1 (1. až 10. rok)	2,5	%
Růst ceny elektřiny 2 (11. až 15. rok)	1,0	%
Roční míra inflace	2,2	%
Nominální diskontní míra	3,5	%
DPH	21,0	%

Tabulka 13 - Klíčové parametry vstupující do ekonomického modelu

<sup>17</sup> [https://blog.energybrainpool.com/wp-content/uploads/2017/06/Bild4\\_NEU-1-676x435.png](https://blog.energybrainpool.com/wp-content/uploads/2017/06/Bild4_NEU-1-676x435.png)



### 5.3 Výsledky ekonomického modelu

Výpočet NPV probíhal na základě známého vzorce [46], který je uveden níže:

$$NPV = -C_0 + \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+r)^i}$$

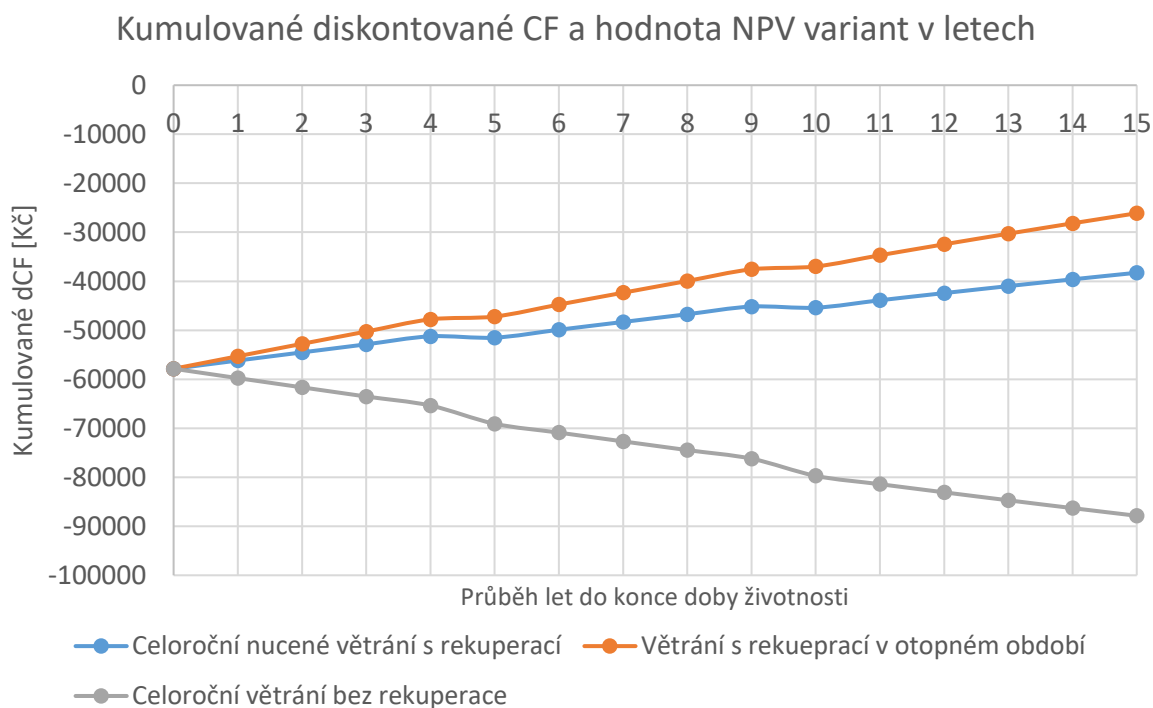
Rovnice 9 - Čistá současná hodnota

Do investice  $C_0$  je pak třeba započítat cenu vzduchotechnické jednotky včetně DPH a instalaci a uvedení do provozu. Hotovostní toky v následujících letech zahrnují úsporu elektrické energie vyjádřenou v Kč (ta je dána vynásobením hodnoty úspory v kWh odpovídajícího TF pro jednotlivé varianty, cenou elektřiny a odpovídajícím růstem ceny elektrické energie). V rámci výdajů je pak uvažována každoroční výměna filtru, případně generální údržba (s uvažováním míry inflace).

Hodnoceny jsou tři varianty, naznačené již v předchozí tabulce:

- 1) Hodnota NPV při celoročním nuceném větrání s využitím rekuperace
- 2) Hodnota NPV při nuceném větrání s využitím rekuperace, kdy toto větrání probíhá pouze v otopném období
- 3) Hodnota NPV při celoročním nuceném větrání bez využití rekuperace.

Grafické znázornění průběhů kumulovaného diskontovaného CF v průběhu životnosti a výsledné hodnoty NPV jsou zobrazeny na následujícím grafu.



Graf 10 - Vývoj kumulovaného CF v letech a výsledné NPV

V případě celoročního větrání jednotkou s využitím rekuperace dojde k roční úspoře 802 kWh, což při zvolené ceně 2,8 Kč/kWh a dalších popsaných parametrech odpovídá cca 2 245 Kč. Hodnota čisté současné hodnoty tohoto projektu pak při dodržení výše popsaných parametrů dosahuje hodnoty – **38 266 Kč**.

Pokud by se jednotka využívala pouze během otopného období, nebyla by do konečné spotřeby zahrnuta spotřeba elektrické energie na pohon ventilátorů, potažmo na provoz nuceného větrání mimo toto otopné období. Došlo by tedy o eliminaci spotřeby od května do září. Vzhledem k výše popsanému celoročnímu větrání by se tak úspora zvýšila o 324 kWh na konečných 1 126 kWh, potažmo 3 153 Kč. Hodnota NPV pro tento případ proto vychází příznivější než v předchozí variantě, a sice – **26 124 Kč**.

V případě větrání bez rekuperace se zvýší nejen hodnota ztrát větráním, ale navíc je třeba připočítat i spotřebu elektrické energie jednotkou (jak bylo patrné už např. v 5.1). Podle požadavku na ekodesign už prý ani vzduchotechnické firmy nedodávají jednotky bez rekuperace [39]. Vzhledem k celkově vyšším ztrátám i spotřebě pak tato varianta vychází jednoznačně nejhůře a její čistá současná hodnota je – **87 855 Kč**.

Jak je z grafu patrné, v současném stavu, tedy s využitím tepelného čerpadla jako výhradního tepelného zdroje v domě se investice do systému centrálního větrání nevyplatí. To je způsobeno zejména vysokou hodnotou topného faktoru, který výrazně ovlivňuje celkové roční úspory elektrické energie. V případě nevyužití rekuperace hodnota kumulovaného diskontovaného CF dokonce průběžně klesá a hodnota NPV je tedy dokonce nižší než velikost investice.

Lepších výsledků dosahuje varianta celoročního větrání s rekuperací, kdy už je alespoň vidět kladný přínos projektu k úsporám a čistá současná hodnota během let projektu nemá klesající tendenci, ale roste.

Nejlépe pak vychází varianta s využitím nuceného větrání pouze v otopném období. Ani při tomto nastavení ale nedosahují úspory vzhledem k současnému stavu takových hodnot, aby dostali NPV do kladných čísel.

V grafu jsou patrné i poklesy průběhů v pátém a desátém roce. Ty jsou způsobeny generální údržbou zařízení, jejímž provedením se hodnoty CF těchto let odpovídajícím způsobem sníží.

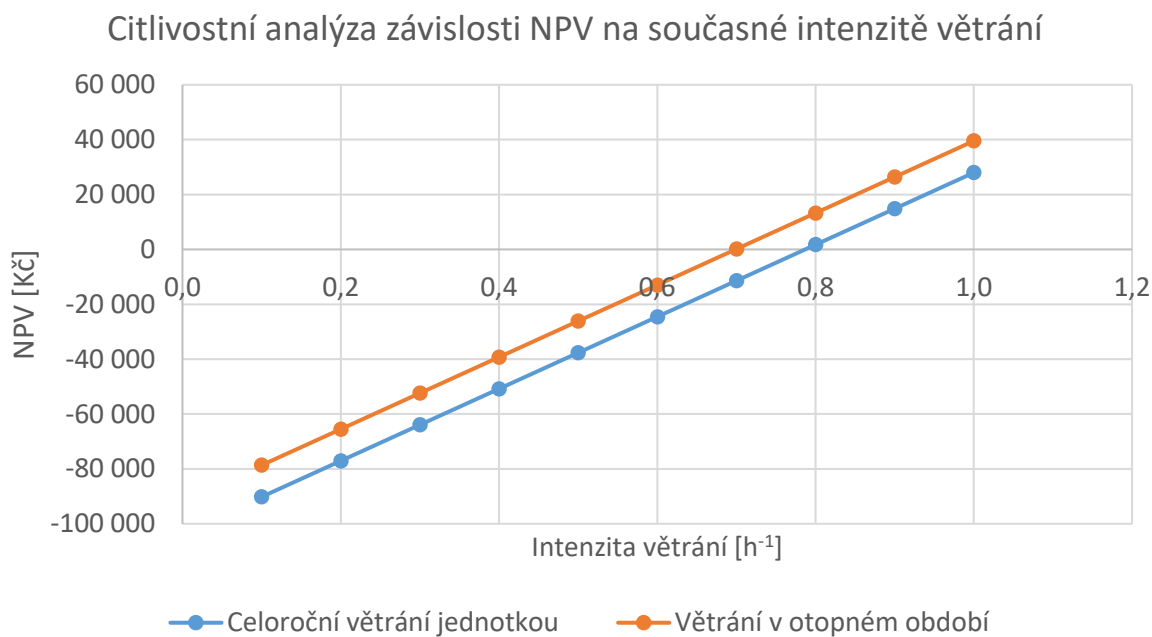
Závěrečné doporučení majiteli domu by tedy znělo: Investice do systému centrálního větrání rodinného domu se z čistě finančního hlediska nevyplatí a realizace projektu se v tomto případě **NEDOPORUČUJE**.

## 6 Citlivostní analýzy projektu

Jak již bylo naznačeno v určitých částech práce, správné určení některých parametrů vstupujících do modelu je velmi obtížné, těžko uchopitelné, v některých případech možná i prakticky nemožné. Následující citlivostní analýzy se tedy zaměřují na tyto obtížně stanovitelné hodnoty a odpovídajícím způsobem je komentují.

### 6.1 Citlivostní analýza intenzity přirozeného větrání

Při určování současných ztrát se vychází z hodnoty určené normou, která uvažuje tzv. půlnásobnou výměnu vzduchu v místnosti, tedy obměnění poloviny celkového objemu vzduchu za hodinu. Pro základní představu může být tato hodnota dostačující, jen těžko ji ale lze označit jako správnou. Proto je vypracována citlivostní analýza, která má za úkol odhalit, jakým způsobem se bude měnit hodnota NPV popsaná v předchozí kapitole, podle skutečné intenzity větrání za současného stavu.



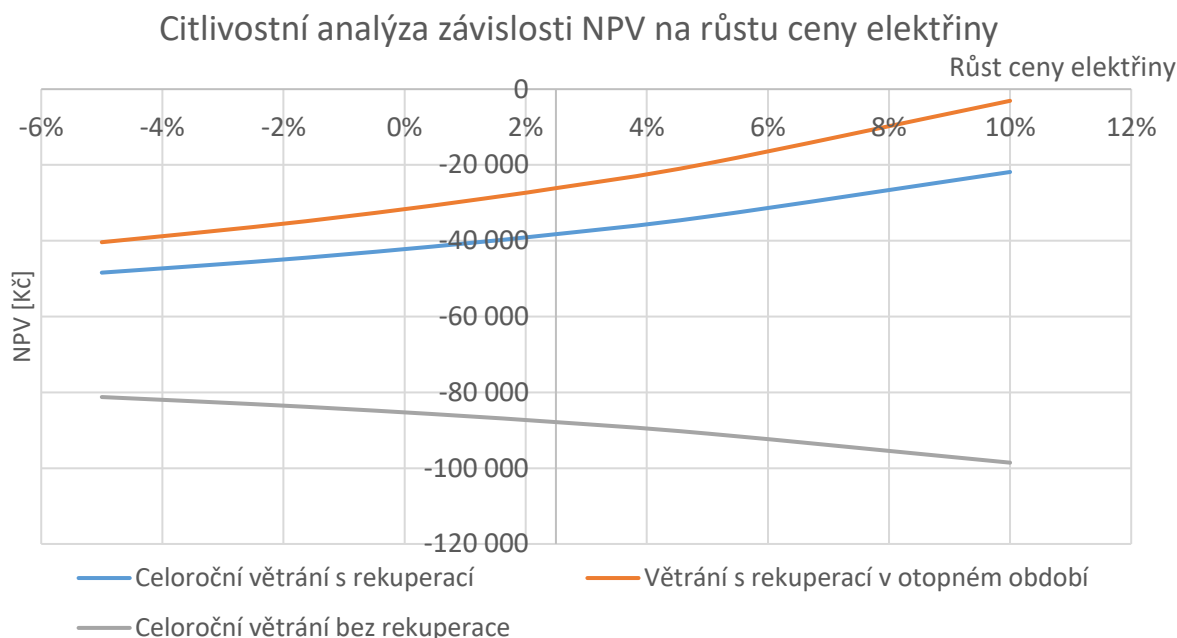
*Graf 11 - Citlivostní analýza současného větrání*

Na grafu jsou uvedeny dvě výše rozebrané varianty využití systému nuceného větrání s rekuperací, konkrétně při celoročním provozu a využití vzduchotechnické jednotky pouze v otopném období. Z průběhů křivek je patrné, že pokud by byla skutečná míra větrání cca  $0,7 h^{-1}$ , resp.  $0,8 h^{-1}$ , úspory vzniklé využíváním systému by pokryly náklady na pořízení a provoz. Pokud by tedy skutečná hodnota větrání dosahovala těchto čísel, hodnoty NPV vypočítané v předchozí kapitole by se tak pohybovaly kolem 0. Naopak, v případě větrání s menší intenzitou než  $0,5 h^{-1}$  hodnota NPV ještě poklesne.

Správné určení skutečné míry větrání už zůstane záležitostí majitele, který může sám nejlépe vyhodnotit, jak intenzivní větrání probíhá za současného stavu.

## 6.2 Citlivostní analýza ceny elektřiny

Těžko odhadnutelným parametrem byl růst ceny elektrické energie. Možné scénáře v případě konstantního růstu, resp. poklesu ceny elektrické energie by mělo odkrýt následující znázornění.



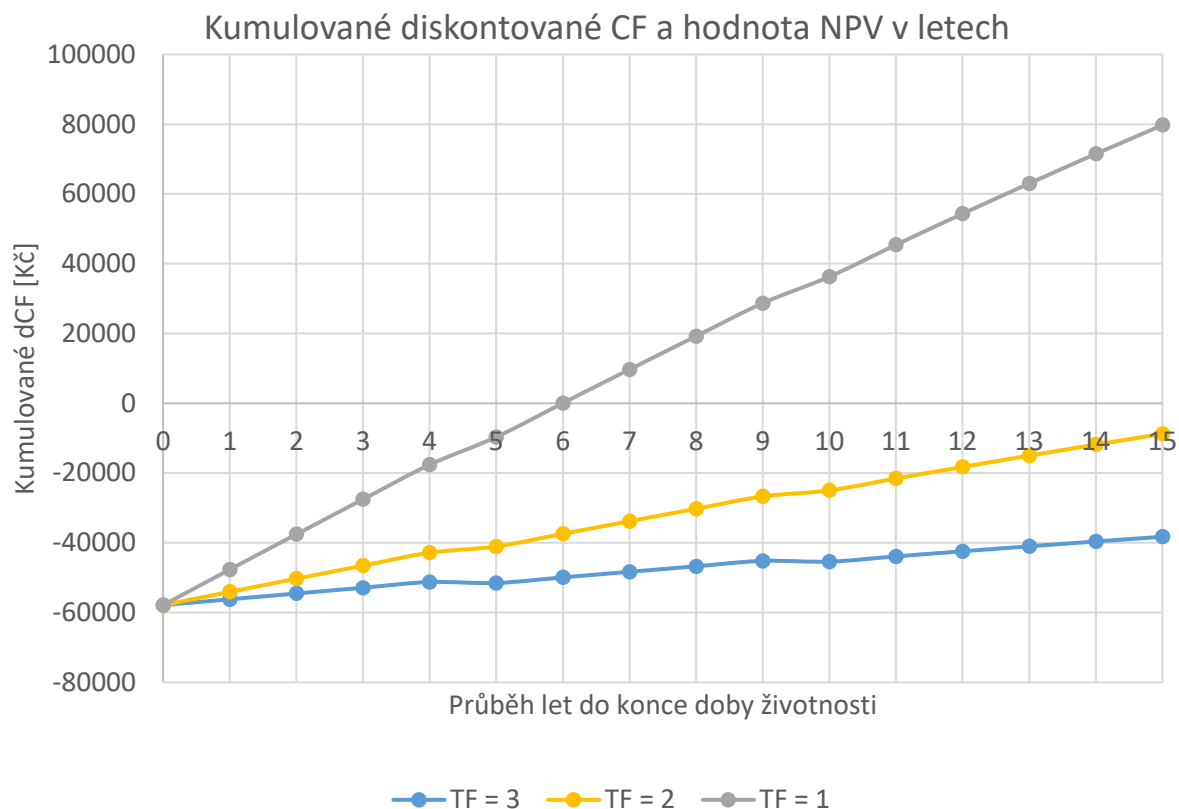
*Graf 12 - Citlivostní analýza růstu ceny elektřiny*

V uvedeném grafu je zobrazena závislost výsledné NPV na hodnotě meziročního růstu ceny elektřiny v prvních deseti letech. Model uvažuje po deseti letech zpomalení růstu na 1 % z původních 2,5 % (viz. vysvětlení v 5.2). Tato citlivostní analýza sleduje právě tento růst, totiž v prvních deseti letech investice. Jinými slovy graf zobrazuje celkové NPV jednotlivých variant, pokud bude splněn předpoklad konstantního růstu ceny elektřiny v prvních 10 letech odpovídajícím tempem a následně se ustálí na hodnotě 1 % až do konce životnosti vzduchotechnické jednotky, tedy následujících 5 let.

Jak je z grafického znázornění patrné, ani při velmi rychlém 10% meziročním růstu ceny elektrické energie by se čistá současná hodnota nejlepší varianty nedostala ze záporných hodnot. Přestože se růst ceny odhaduje velmi špatně, ani takto pozitivní průběh by nestačil k tomu, aby bylo možné doporučit projekt k realizaci.

### 6.3 Citlivostní analýza topného faktoru

Již v kapitole 5.1. bylo naznačeno, že velmi výrazným faktorem je zde využití tepelného čerpadla, resp. zahrnutí topného faktoru  $TF = 3$ , který zcela zásadně ovlivňuje výši spotřebované energie nutné k pokrytí tepelných ztrát. Průběhy NPV při třech různých hodnotách topného faktoru ( $TF = 1, 2$  a  $3$ ) znázorňuje následující graf.



Graf 13 - Citlivostní analýza topného faktoru

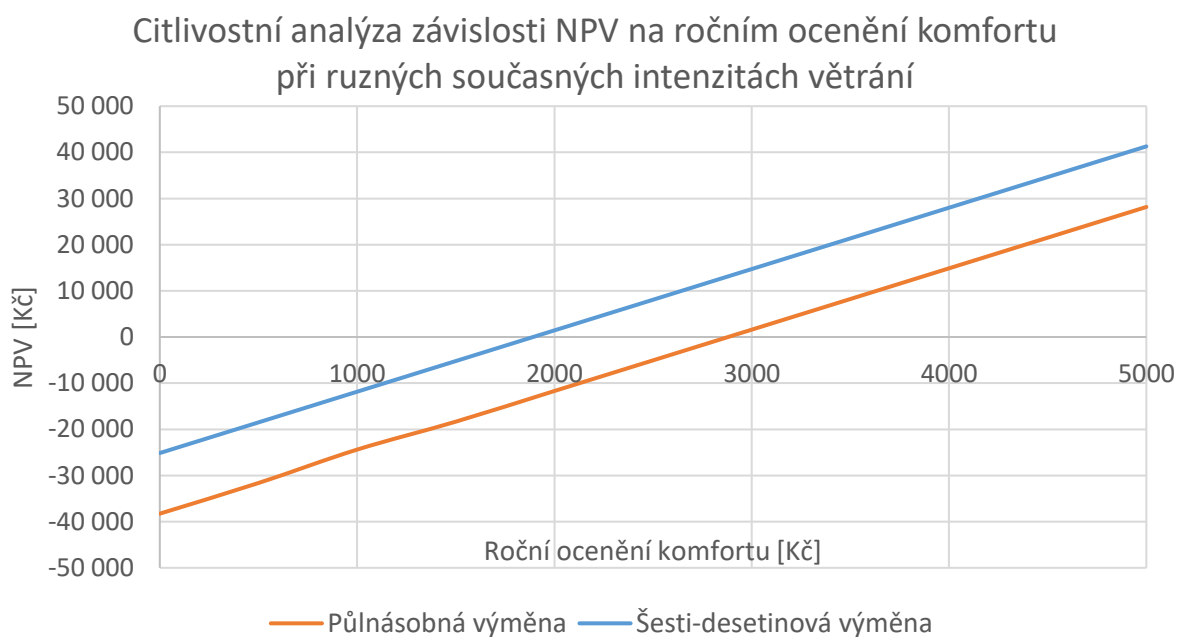
Pokud bychom uvažovali krytí ztrát jiným zdrojem tepla, přesněji řečeno hodnota topného faktoru by byla snížena na  $TF = 1$ , byla by při stanovených cenách hodnota projektu realizace a využití centrálního systému větrání s rekuperací v případě celoročního provozu **79 746 Kč**. Nelze ji však jednoznačně připodobnit k využití jiného zdroje tepla, jde spíše o ukázkou citlivosti topného faktoru na celkovém výsledku. Pokud by zdrojem tepla byl např. elektrokotel, bylo by třeba uvažovat cenu elektřiny odpovídajícího tarifu, protože by nebylo možné využít tarif pro tepelná čerpadla. Vzhledem k vyšší ceně elektřiny by pak měla narůst i hodnota úspor a hodnota NPV by se ještě zvětšila. Tato varianta však nemá praktický smysl a dá se říci, že je uvedena pouze pro zajímavost.

## 6.4 Citlivostní analýza ocenění komfortu

Dosavadní výsledky braly v potaz pouze ryze finanční investiční a úsporné důsledky realizace projektu, projevující se ve formě výdajů a jejich případném snižování. Dosud však nebyl zmíněn přínos, který může být pro někoho naprosto zásadní. Nejen že instalací systému teoreticky vzroste hodnota nemovitosti, pro některého investora budou nejdůležitější hygienické přínosy projektu a komfort bydlení.

V případě přirozeného větrání je sice možné dodržet hygienicky doporučená množství, těžko ale dosáhnou takových přínosů, jako konstantní přívod čerstvého vzduchu. Další obrovskou výhodou je filtrace přiváděného vzduchu. Ta může mít silný vliv na kvalitu spánku, teoreticky může zajistit zkrácení doby spánku do stejné míry regenerace v porovnání se současným stavem. Filtraci pomocí speciálních filtrů (HEPA filtry, uhlíkové filtry apod.) pak mohou ocenit především alergici a lidé s případnými respiračními onemocněními či dýchacími potížemi.

Ocenění těchto přínosů je však silně individuální. Hodnotu NPV v závislosti na ročním ocenění komfortu a dalších nepeněžních přínosů pak zobrazuje následující citlivostní analýza. Uvedené průběhy odpovídají NPV při 0,5 a 0,6 násobné intenzitě větrání v současném stavu.



*Graf 14 - Citlivostní analýza ocenění komfortu*

Čistá současná hodnota projektu dosáhne kladných hodnot při ročním ocenění výše popsaných přínosů necelými 3000 Kč ročně, což odpovídá měsíční částce 250 Kč. V případě, že v současné době probíhá větrání s intenzitou výměny  $0,6 \text{ h}^{-1}$ , dosáhne NPV kladných čísel už při ročním ocenění komfortu hodnotou cca 1900 Kč, potažmo 160 Kč měsíčně. Pokud zadavatel oceňuje veškeré zmíněné roční pozitivní následky systému nuceného větrání alespoň zmíněnou částkou, lze projekt doporučit k realizaci.

## Závěrečné vyhodnocení

Hlavním cílem diplomové práce „Analýza větrání a chlazení v rodinném domě“ bylo zpracovat problematiku větrání a chlazení konkrétního rodinného domu především z hlediska úspor a snižování spotřeby. V první kapitole je stručně rozebrána energetická náročnost budov, ve druhé jsou popsány tepelné ztráty a zisky včetně principů jejich výpočtu v různých případech podle technických norem ČR. Třetí kapitola se pak zabývá samotnými možnostmi a systémy větrání a chlazení v rodinných domech a jejich souhrnem.

Ve čtvrté kapitole je popsána situační analýza domu a následně je rozebrán současný stav větrání. Výpočty vycházejí z principů a postupů rozebraných v kapitole 2 a přímo z technických norem, které daná témata zpracovávají.

Podle zpracovaného modelu je celková tepelná ztráta větráním v současném stavu rovna hodnotě 5 955 kWh. Toto číslo ovšem obsahuje i tu ztrátu, kterou má na svědomí větrání mimo otopné období. Požadovanou hodnotou do dalších výpočtů je však ztráta, která je následně kryta tepelným výkonem zdroje tepla. Je tedy třeba uvažovat ztráty větráním pouze v otopném období, které dle zadavatele trvá zpravidla od konce září do konce dubna. Ztráta větráním v tomto období pak dosahuje hodnoty 5 261 kWh.

Dále je pak navržen systém centrálního rovnotlakého větrání s rekuperací. Podle navrženého modelu, který uvažuje rozdělení objektu z hlediska větrání na dvě patra a časové využití konkrétních prostorů, vyjde hodnota celkových tepelných ztrát v otopném období hodnoty 5 596 kWh bez využití rekuperace a 532 kWh s rekuperací. Už z těchto hodnot je patrné, že využití nuceného větrání bez zpětného získávání tepla postrádá z energetického (i ekonomického) hlediska smysl.

V rámci chlazení není v domě dosud instalován žádný zdroj. Ve zmíněné čtvrté kapitole je však vypočítána tepelná zátěž místnosti (konkrétně obývacího pokoje) a podle ní jsou navrženy i systémy, kterými by bylo vhodné chlazení tohoto prostoru provádět.

Vzhledem k tomu, že základní tendencí majitele je snižování spotřeby a vyhledání úsporných řešení, nemá smysl uvažovat systémy chlazení do ekonomického modelu. Tyto systémy totiž nepřinášejí žádné úspory a jejich hlavní přínos je ve formě životního komfortu, zlepšování tepelné pohody a celkově zvyšování luxusu bydlení. Tyto přínosy však není možné jednoznačně ocenit. Stejně tak nelze určit intenzitu užívání těchto systémů a tím pádem ani nároky na spotřebu energie. V ekonomickém modelu se tedy chlazení nevyskytuje a je součástí pouze matematického modelu, kde je vyřešeno dimenzování pro konkrétní místnost.

Popsané systémy větrání a chlazení jsou navrženy „na míru“ konkrétního domu a požadavkům zadavatele. Zkoumány tak byly systémy, které žádným zásadním způsobem nezasahovaly do nově postaveného domu a nepřinášely by zásadní stavební úpravy.

V páté kapitole je vypočítána spotřeba jednotlivých systémů z hlediska elektrické energie v jednotlivých provozních režimech. Do té je potřeba kromě ztrát větráním a respektování topného faktoru připočítat i spotřebu elektrické energie jednotkou. Ta je vyšší v případě systému využívajícím rekuperaci kvůli tlakové ztrátě výměníku, kterou je třeba překonat. Z hodnot spotřeby jednotlivých systémů jsou pak vyčísleny i celkové úspory. V případě celoročního využívání centrálního nuceného větrání dosáhne úspora oproti současnému stavu celkem 802 kWh, v případě využívání jednotky pouze během otopného období pak úspora činí dokonce 1 126 kWh.

Takto zjištěné hodnoty úspory jsou pak jedním z několika parametrů, které vstupují do konečného hodnocení variant, tedy do výpočtu čisté současné hodnoty projektu. Ta je spolu se všemi vstupními parametry popsána v dalších částech páté kapitoly.

Čistá současná hodnota varianty celoročního nuceného větrání s využitím rekuperace odpovídá - 38 266 Kč. Výhodnější varianta, kdy je jednotka v provozu pouze od října do konce dubna a dojde tak k dodatečné roční úspoře 324 kWh má NPV rovno - 26 124 Kč. Z tohoto pohledu se tedy projekt nevyplatí.

Při celkovém hodnocení je třeba vzít v úvahu i skutečnosti vyplývající z citlivostních analýz. Tou nejdůležitější je ocenění komfortu a luxusu bydlení, který nucené větrání bezesporu přinese. Další záležitostí, která stojí za pozornost před vyslovením finálního doporučení, je zamyšlení nad skutečnou současnou mírou větrání. Úspory totiž vycházejí ze standardní hodnoty půlnásobné výměny, která nemusí odpovídat realitě.

Na základě výše popsaných ekonomických výsledků hodnocených variant nelze projekt nuceného větrání v tomto rodinném domě doporučit. Majitel by však při rozhodování o realizaci systému centrálního větrání měl zvážit i další aspekty mimo ekonomiky. Vzhledem ke skutečnosti, že v domě jsou již připraveny vzduchotechnické rozvody, k přínosům z hlediska uživatelského komfortu a k předpokladu, že v domě budou žít všichni členové rodiny několik dalších (desítek) let, považoval bych realizaci projektu za racionální.





## Seznam zkratek

CF .....	Cash flow, peněžní tok
ČR.....	Česká republika
ČSN .....	Česká technická norma
EN .....	Energetická náročnost
ENB .....	Energetická náročnost budov
EU .....	Evropská unie
ES .....	Evropská směrnice
NKN.....	Národní kalkulační nástroj
NPV .....	Net present value, čistá současná hodnota
NZEB .....	Nearly zero energy building, budova s téměř nulovou spotřebou energie
PENB .....	Průkaz energetické náročnosti budov
TF .....	Topný faktor
TČ.....	Tepelné čerpadlo

## Seznam obrázků

Obrázek 1 – Princip výpočtu ENB .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 2 - Centrální podtlakové větrání .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 3 - Centrální rovnotlaké větrání .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 4 - Lokální rovnotlaké větrání .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 5 - Mobilní klimatizace .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 6 - Split systém .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 7 - Fan-coil .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 8 - Mapa umístění objektu .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 9 - Orientace a dispozice domu.....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>

## Seznam tabulek

Tabulka 1- Požadavky na plnění ukazatelů EN a jejich kombinace .....	8
Tabulka 2 - Klasifikační třídy ENB .....	9
Tabulka 3 - Energonositelé a faktory primární energie.....	11
Tabulka 4 - Referenční hodnoty pro systém větrání .....	13
Tabulka 5- Typy prostředí a jejich předpisy pro větrání.....	31
Tabulka 6 – Minimální a doporučené hodnoty výměny vzduchu pro větrání.....	31
Tabulka 7 - Účinky CO <sub>2</sub> na lidský organismus.....	32
Tabulka 8 - Podíl místností na celkových ztrátách větráním .....	37

Tabulka 9 - Hodiny větrání .....	42
Tabulka 10 - Vstupní hodnoty a příklad výpočtu ztrát větráním.....	43
Tabulka 11 - Tepelné ztráty a spotřeba jednotky při rekuperaci .....	46
Tabulka 12 - Celková spotřeba elektrické energie jednotlivých systémů .....	51
Tabulka 13 - Klíčové parametry vstupující do ekonomického modelu .....	54

## Seznam grafů

Graf 1 - Průměrné měsíční teploty .....	35
Graf 2 – Podíl ztrát prostupem a větráním na celkových tepelných ztrátách.....	38
Graf 3 – Podíl ztrát prostupem a větráním na celkových tepelných ztrátách.....	38
Graf 4 - Průměrná teplota a měsíční ztráty větráním .....	39
Graf 5 - Teplota přiváděného vzduchu a příspěvek rekuperátoru .....	45
Graf 6 - Energetická náročnost větrání v jednotlivých měsících .....	46
Graf 7 - Příspěvky konkrétních zdrojů k celkové tepelné zátěži.....	48
Graf 8 - Příspěvky zdrojů k tepelné zátěži při zastínění západních oken .....	48
Graf 9 - Spotřeba elektrické energie zapříčiněná větráním .....	52
Graf 10 - Vývoj kumulovaného CF v letech a výsledné NPV.....	55
Graf 11 - Citlivostní analýza současného větrání .....	57
Graf 12 - Citlivostní analýza růstu ceny elektřiny .....	58
Graf 13 - Citlivostní analýza topného faktoru .....	59
Graf 14 - Citlivostní analýza ocenění komfortu .....	60

## Seznam rovnic

Rovnice 1 - Výpočet celkové návrhové tepelné ztráty .....	16
Rovnice 2 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem.....	17
Rovnice 3 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním.....	18
Rovnice 4 - Příklad výpočtu tepelné ztráty přirozeným větráním.....	36
Rovnice 5 – Příklad výpočtu větraného objemu vzduchu při nuceném větrání.....	43
Rovnice 6 - Příklad výpočtu tepelné ztráty nuceným větráním .....	44
Rovnice 7 - Příklad výpočtu spotřeby elektrické energie nuceným větráním.....	44
Rovnice 8 - Výpočet teploty za rekuperátorem.....	44
Rovnice 9 - Čistá současná hodnota .....	55

## 7 Seznam zdrojů a použité literatury

- [1] SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2002/91/ES o energetické náročnosti budov
- [2] SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2010/31/EU o energetické náročnosti budov
- [3] SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2012/27/EU o energetické účinnosti
- [4] SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2018/844, kterou se mění směrnice 2010/31/EU o energetické náročnosti budov
- [5] ZÁKON č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů
- [6] VYHLÁŠKA č. 148/2007 Sb. o energetické náročnosti budov
- [7] ZÁKON č. 318/2012 Sb., kterým se mění zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií
- [8] VYHLÁŠKA č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov, Ministerstvo průmyslu a obchodu
- [9] VYHLÁŠKA č. 230/2015 Sb., kterou se mění vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov
- [10] ČSN EN ISO 52000-1. Energetická náročnost budov – Základní zásady pro soubor norem ENB-část 1: Obecný rámec a postupy. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018, 140 s. Třídící znak 73 0334.
- [11] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU, Ekodesign výrobků spojených se spotřebou energie, 21.4.2016. Dostupné online: <https://www.mpo.cz/dokument158127.html>
- [12] PROF. ING. KAREL KABELE CSC., tzb-info.cz, Změna evropské směrnice o energetické náročnosti budov (EPBD 3), 26.9.2018. Dostupné online: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/17969-zmena-evropska-smernice-o-energeticke-narocnosti-budov-epbd-3>
- [13] ING. MICHAL ČEJKA, ING JAN ANTONÍN PHD., tzb-info.cz, Energetické standardy budov – NZEB. Dostupné online: <https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/350-energeticke-standardy-budov-nzeb>
- [14] TZB-INFO.CZ, Energetická náročnost budov (rozcestí). Dostupné online: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov>
- [15] ING. MIROSLAV URBAN, PH.D., PROF. ING. KAREL KABELE CSC., tzb-info.cz, Nové požadavky na hodnocení energetické náročnosti budov od 1. dubna 2013, 8.4.2013. Dostupné online: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/9745-nove-pozadavky-na-hodnoceni-energeticke-narocnosti-budov-od-1-dubna-2013>

- [16] ING. MIROSLAV URBAN, PH.D., Hodnocení energetické náročnosti (Studijní materiál), publikace katedry technických zařízení budov, FSV ČVUT. Dostupné online: <http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/46/125eab1-125eabi-02.pdf>
- [17] ING. JIŘÍ NOVOTNÝ, DOC. ING. TOMÁŠ MATUŠKA, PH.D., tzb-info.cz, Neobnovitelná primární energie, 30.10.2017. Dostupné online: <https://vytapeni.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vytapeni/16491-neobnovitelna-primarni-energie>
- [18] ING. MIROSLAV URBAN, PH.D., PROF. ING. KAREL KABELE, CSC., Praktická aplikace metodiky hodnocení energetické náročnosti budov – RODINNÝ DŮM, tzb-info.cz, 13.5.2013. Dostupné online: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/9897-prakticka-aplikace-metodiky-hodnoceni-energeticke-narocnosti-budov-rodinny-dum>
- [19] ING. MIROSLAV URBAN, PROF. ING. KAREL KABELE, CSC., ING. DANIEL ADAMOVSÝ, PH.D., ING. MICHAL KABRHEL, PH.D., ING. ROMAN MUSIL, tzb-info.cz, Praktická aplikace metodiky hodnocení energetické náročnosti budov (II) Rodinný dům, 3.12.2007. Dostupné online: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/4517-prakticka-aplikace-metodiky-hodnoceni-energeticke-narocnosti-budov-ii>
- [20] RUBINOVÁ, Olga a Aleš RUBINA. Klimatizace a větrání. Brno: ERA group, 2004. Stavíme. ISBN 80-86517-30-6.
- [21] FRAEFEL RUDOLF, DIPL. ARCH., tzb-info.cz, Větrání energeticky úsporných domů - způsoby větrání budov (I), 8.11.2004. Dostupné online: <https://www.tzb-info.cz/2228-vetrani-energeticky-uspornych-domu-zpusoby-vetrani-budov-i>
- [22] ING. IVAN CIFRINEC, PH.D., MBA, tzb-info.cz, Větrání bytových domů - Základy teorie větrání, 26.5.2010. Dostupné online: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-bytovych-domu/6507-vetrani-bytovych-domu-zaklady-teorie-vetrani>
- [23] ING. VLADIMÍR ZMRHAL, PH.D., ING. JIŘÍ PETLACH, tzb-info.cz, Systémy větrání obytných budov, 17.10.2011. Dostupné online: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-rodinnych-domu/7937-systemy-vetrani-obytnych-budov>
- [24] ING. LUDĚK MAREŠ, tzb-info.cz, Rotující hlavice – mýty a realita, 29.11.2010. Dostupné online: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-bytovych-domu/6971-rotujici-hlavice-myty-a-realita>
- [25] EKOWATT.CZ, Nucené větrání budov, 15.1.2010. Dostupné online: <http://panelovedomy.ekowatt.cz/vetrani/26-nucene-vetrani-budov.html>

- [26] W. F. DE GIDS, PROF. ING. MIROSLAV JÍCHA, CSC., tzb-info.cz, Hybridní ventilace – 1. část. 17.2.2014. Dostupné online: <https://vetrani.tzb-info.cz/uspory-energie-ventrani-klimatizace/10866-hybridni-ventilace-1-cast>
- [27] ING. KAREL KABELE, CSC, tzb-info.cz, Teplovzdušné vytápění obytných budov, 3.8.2001. Dostupné online: <https://vytapani.tzb-info.cz/teplovzdušne-vytapani/620-teplovzdušne-vytapani-obytnych-budov>
- [28] GAVRI.CZ, 4 druhy mobilní klimatizace - která je pro vás nejlepší? 10.6.2017. Dostupné online: <https://www.gavri.cz/clanky-o-mobilnich-klimatizacich/jak-funguje-mobilni-klimatizace/>
- [29] ABKLIMATIZACE.CZ, Přehled klimatizačních zařízení, 13.3.2009. Dostupné online: <http://m.abklimatizace.webnode.cz/news/a5-0-prehled-klimatizacnich-zarizeni/>
- [30] ING. VLADIMÍR ZMRHAL, PH.D., tzb-info.cz, Sálavé chladicí systémy (I), 1.5.2006. Dostupné online: <https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/3251-salave-chladici-systemy-i>
- [31] ING. ZUZANA MTHAUŠEROVÁ, tzb-info.cz, Hygienické požadavky na vnitřní prostředí staveb, 25.2.2013. Dostupné online: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/9595-hygienicke-pozadavky-na-vnitri-prostredi-staveb>
- [32] ING. VLADIMÍR ZMRHAL, PH.D., tzb-info.cz, Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15 665/Z1, 30.1.2012. Dostupné online: <https://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-ventrani-klimatizace/8239-pozadavky-na-ventrani-obytnych-budov-dle-csn-en-15-665-z1>
- [33] ATREA S.R.O., tzb-info.cz, Domy a chlazení, 6. 11. 2018. Dostupné online: <https://vetrani.tzb-info.cz/18176-domy-a-chlazení>
- [34] ČSN EN 12831-1, Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018, 98 s. Třídící znak 06 0206.
- [35] ČSN 73 0548, Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1986, 32 s. Třídící znak 73 0548
- [36] STAVEBNICTVI3000.CZ, Výpočet součinitele prostupu tepla a tepelného odporu stěny. Dostupné online: <https://www.stavebnictvi3000.cz/vypocty/vypocet-soucinitele-prostupu-tepla-a-tepelneho-odporu-steny>
- [37] OKNA.EU | Plastová, hliníková a dřevěná okna. , Vlastnosti zasklení. Dostupné online: <https://www.okna.eu/vlastnosti-zaskleni>

- [38] Osobní rozhovor s projektantem VZT zařízení, Ing. Petr Vávra
- [39] E-mailová korespondence s firmou SERAK-TECH s.r.o., Ing. Roman Hlubinka, Ing. Filip Hainall
- [40] Projektová dokumentace k domu
- [41] PORTÁL ČHMÚ: Historická data. Počasí: Denní data.potal.chmi.cz, stanice Praha Libuš. Dostupné online: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/denni-data#>
- [42] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD ČR, eru.cz, ERÚ - Cenový kalkulátor. Dostupné online: <http://kalkulator.eru.cz/>
- [43] ČSÚ. ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD, czso.cz, Inflace, spotřebitelské ceny. Dostupné online: [https://www.czso.cz/csu/czso/inflace\\_spotrebitelske\\_ceny](https://www.czso.cz/csu/czso/inflace_spotrebitelske_ceny)
- [44] ENERGY BRAINPOOL GMHB & CO, CARLOS PEREZ-LINKENHEIL, Energy BrainBlog, Trends in the development of electricity prices – EU Energy Outlook 2050, 15. 6. 2017. Dostupné online: <https://blog.energybrainpool.com/en/trends-in-the-development-of-electricity-prices-eu-energy-outlook-2050/>
- [45] PRAŽSKÁ ENERGETIKA, A.S., Energetický poradce PRE, Orientační hodnoty spotřeby, 2013. Dostupné online: <https://www.premereni.cz/Files/sluzby/pujcovani-mericich-zarizeni/meric-spotreby-elektriny/orientacni-hodnoty-spotreby-domacich-spotrebicu/>
- [46] EVA KISLINGEROVÁ, Manažerské finance. 3. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2010. Beckova edice ekonomie. ISBN 978-80-7400-194-9.

Příloha 1 – Průkaz ENB

## PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. xxx/2012 Sb., o energetické náročnosti budov

<p><b>Ulice, číslo:</b> .....</p> <p><b>PSČ, místo:</b> .....</p> <p><b>Typ budovy:</b> .....</p> <p><b>Plocha obálky budovy:</b> ..... m<sup>2</sup></p> <p><b>Objemový faktor tvaru A/V:</b> ..... m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup></p> <p><b>Celková energeticky vztažná plocha:</b> ..... m<sup>2</sup></p>	
--	--

## ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY

Celková dodaná energie (Energie na vstupu do budovy)	Neobnovitelná primární energie (Vliv provozu budovy na životní prostředí)																																																																																																			
<b>Měrné hodnoty kWh/(m<sup>2</sup>·rok)</b>																																																																																																				
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%; text-align: center;"><b>A</b></td> <td style="width: 40%; text-align: center;"><b>Dop.</b></td> <td style="width: 30%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Mimořádně úsporná</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">Dop.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">← XXX</td> <td></td> <td style="text-align: center;">← XXX</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>B</b></td> <td style="text-align: center;"><b>XXX</b></td> <td style="text-align: center;"><b>XXX</b></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Velmi úsporná</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">XXX</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">← XXX</td> <td></td> <td style="text-align: center;">← XXX</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>C</b></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Úsporná</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">← XXX</td> <td></td> <td style="text-align: center;">← XXX</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>D</b></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Méně úsporná</td> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">← XXX</td> <td></td> <td style="text-align: center;">← XXX</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>E</b></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Nehospodárná</td> <td style="text-align: center;">E</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">← XXX</td> <td></td> <td style="text-align: center;">← XXX</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>F</b></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Velmi nehospodárná</td> <td style="text-align: center;">F</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">← XXX</td> <td></td> <td style="text-align: center;">← XXX</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>G</b></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Mimořádně nehospodárná</td> <td style="text-align: center;">G</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </table>	<b>A</b>	<b>Dop.</b>		Mimořádně úsporná	A	Dop.	← XXX		← XXX	<b>B</b>	<b>XXX</b>	<b>XXX</b>	Velmi úsporná	B	XXX	← XXX		← XXX	<b>C</b>			Úsporná	C		← XXX		← XXX	<b>D</b>			Méně úsporná	D		← XXX		← XXX	<b>E</b>			Nehospodárná	E		← XXX		← XXX	<b>F</b>			Velmi nehospodárná	F		← XXX		← XXX	<b>G</b>			Mimořádně nehospodárná	G		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 40%; text-align: center;"><b>Dop.</b></td> <td style="width: 30%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">Dop.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">← XXX</td> <td></td> <td style="text-align: center;">← XXX</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"><b>XXX</b></td> <td style="text-align: center;"><b>XXX</b></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">← XXX</td> <td></td> <td style="text-align: center;">← XXX</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">← XXX</td> <td></td> <td style="text-align: center;">← XXX</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">← XXX</td> <td></td> <td style="text-align: center;">← XXX</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">← XXX</td> <td></td> <td style="text-align: center;">← XXX</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">← XXX</td> <td></td> <td style="text-align: center;">← XXX</td> </tr> </table>		<b>Dop.</b>			A	Dop.	← XXX		← XXX		<b>XXX</b>	<b>XXX</b>	← XXX		← XXX				← XXX		← XXX				← XXX		← XXX				← XXX		← XXX				← XXX		← XXX
<b>A</b>	<b>Dop.</b>																																																																																																			
Mimořádně úsporná	A	Dop.																																																																																																		
← XXX		← XXX																																																																																																		
<b>B</b>	<b>XXX</b>	<b>XXX</b>																																																																																																		
Velmi úsporná	B	XXX																																																																																																		
← XXX		← XXX																																																																																																		
<b>C</b>																																																																																																				
Úsporná	C																																																																																																			
← XXX		← XXX																																																																																																		
<b>D</b>																																																																																																				
Méně úsporná	D																																																																																																			
← XXX		← XXX																																																																																																		
<b>E</b>																																																																																																				
Nehospodárná	E																																																																																																			
← XXX		← XXX																																																																																																		
<b>F</b>																																																																																																				
Velmi nehospodárná	F																																																																																																			
← XXX		← XXX																																																																																																		
<b>G</b>																																																																																																				
Mimořádně nehospodárná	G																																																																																																			
	<b>Dop.</b>																																																																																																			
	A	Dop.																																																																																																		
← XXX		← XXX																																																																																																		
	<b>XXX</b>	<b>XXX</b>																																																																																																		
← XXX		← XXX																																																																																																		
← XXX		← XXX																																																																																																		
← XXX		← XXX																																																																																																		
← XXX		← XXX																																																																																																		
← XXX		← XXX																																																																																																		
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"><b>Hodnoty pro celou budovu</b></td> <td style="width: 40%; text-align: center;"><b>XX,X</b></td> <td style="width: 30%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">MWh/rok</td> <td></td> <td style="text-align: center;"><b>XX,X</b></td> </tr> </table>	<b>Hodnoty pro celou budovu</b>	<b>XX,X</b>		MWh/rok		<b>XX,X</b>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 40%; text-align: center;"><b>XX,X</b></td> <td style="width: 30%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;"><b>XX,X</b></td> </tr> </table>		<b>XX,X</b>				<b>XX,X</b>																																																																																							
<b>Hodnoty pro celou budovu</b>	<b>XX,X</b>																																																																																																			
MWh/rok		<b>XX,X</b>																																																																																																		
	<b>XX,X</b>																																																																																																			
		<b>XX,X</b>																																																																																																		



## DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

Opatření pro	Stanovena
Vnější stěny:	<input checked="" type="checkbox"/>
Okna a dveře:	<input checked="" type="checkbox"/>
Střechu:	<input checked="" type="checkbox"/>
Podlahu:	<input type="checkbox"/>
Vytápění:	<input checked="" type="checkbox"/>
Chlazení/klimatizaci:	<input type="checkbox"/>
Větrání:	<input checked="" type="checkbox"/>
Přípravu teplé vody:	<input type="checkbox"/>
Osvětlení:	<input checked="" type="checkbox"/>
Jiné:	<input type="checkbox"/>

Popis opatření je v protokolu průkazu a vyhodnocení jejich dopadu na energetickou náročnost je znázorněno šipkou

Doporučení

## PODÍL ENERGO NOSITELŮ NA DODANÉ ENERGII

Hodnoty pro celou budovu  
MWh/rok



Elektrina ze sítě - XX,X  
 Slunce a en. prostředí - XX,X  
 Zemní plyn - XX,X

## UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	$U_{em}$ W/(m <sup>2</sup> ·K)	Dílčí dodané energie					
		Měrné hodnoty kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)					
Mimořádně úsporná							
<b>A</b>	Dop.			Dop.		Dop.	
<b>B</b>			Dop.			XX	XX Dop.
<b>C</b>	X,XX		XX				
<b>D</b>		Dop.		XX			
<b>E</b>		XX			Dop.		
<b>F</b>					XX		
<b>G</b>							
Mimořádně neúsporná							
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		XX,X	XX,X	XX,X	XX,X	XX,X	XX,X

Zpracovatel: .....

Osvědčení č.: .....

Kontakt: .....

Vyhotoveno dne: .....

Podpis: .....

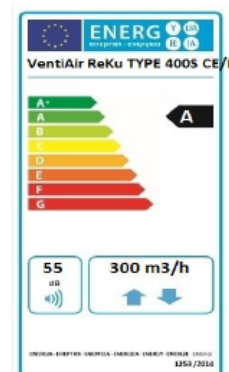
## Příloha 2 – Technická dokumentace k jednotce



### Technický list 440/04/19/DPC

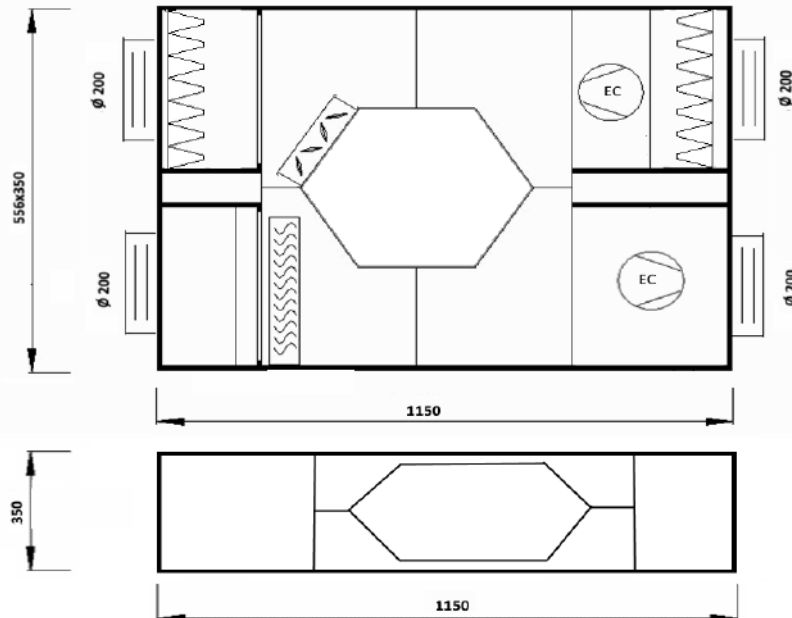
Typ jednotky	Přívodní-odtahová
TYP	ReKu TYPE
KÓD	ReKu TYPE 400S CE/R/L
INTERNÍ PANEL	Standard
POPIS	100% výkon
VELIKOST	400
Průtok na přívodu	300 m <sup>3</sup> /h
Externí tlaková rezerva	150 Pa
Průtok na odtahu	300 m <sup>3</sup> /h
Externí tlaková rezerva	150 Pa
MĚRNÝ PŘÍKON VENTILÁTORU	1,17 kW/m <sup>3</sup> s
HMOTNOST	70 [kg] +/- 10%
STRANA PŘIPOJENÍ/SERVISU	Pravá/levá
Sériové číslo	STA-101038
Verze programu	2.7.2

Zařízení splňuje požadavky  
nařízení EK 1253/2014 ERP  
2018





Technický list 440/04/19/DPC



VÝKRES Pohled shora - půdorys

**Přívodní část**

⊗ Filtr:		
Tlaková ztráta (počáteční)		13 Pa
Tlaková ztráta (výpočtová)		138 Pa
Tlaková ztráta (konečná)		450 Pa
Filtr		Deskový
Třída filtrace		M5
Rozměr	0287x0200 mm	1 ks

⊗ Protiproudý výměník tepla:		
Tlaková ztráta (přívod, odtah)	70 Pa	92 Pa

SERAK-TECH s.r.o.  
Pod Habrovou 389/18, Hlubočepy, 152 00 Praha 5  
IČ: 28895339, DIČ: CZ28895339  
Společnost zapsaná v obchodním rejstříku vedeném Městským soudem v Praze, oddíl C, vložka 151653

Tel.: +420 602 107 797  
e-mail: [info@seraktech.cz](mailto:info@seraktech.cz)  
web: [www.seraktech.cz](http://www.seraktech.cz)



Technický list 440/04/19/DPC			
Rychlost v průřezu (přívod, odtah)	1,46 m/s	1,46 m/s	
Vstup vzduchu (přívod)	-12,00 °C	95 %	
Výstup vzduchu (přívod)	18,00 °C	10 %	
Vstup vzduchu (odtah)	21,00 °C	60 %	
Výstup vzduchu (odtah)	2,66 °C	100 %	
Tepelná účinnost		91 %	
Tepelný zisk		3,02 kW	
Kondenzát		1,68 l/h	

Ventilátor:			
Statický tlak		380 Pa	
Celkový tlak		392 Pa	
Účinnost		57 %	
Požadované otáčky v prac. bodě		3388 1/min	
Otáčky ventilátoru max.		4340 1/min	
Elektrický příkon motoru		0,07 kW	
Jmenovitý výkon motoru nom.		0,17 kW	
Jmenovitý proud motoru		1,75 A	
Jmenovité otáčky motoru		4340 1/min	
Jmenovitá frekvence motoru		50 Hz	
Napájecí napětí motoru		1~ 230V 50Hz	
Měrný příkon ventilátoru		0,59 kW/m3/s	
SFP Class		SFP2	

Hlukové parametry zařízení									
Pracovní frekvence	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	Lw

SERAK-TECH s.r.o.  
Pod Habrovou 389/18, Hlubočepy, 152 00 Praha 5  
IČ: 28895339, DIČ: CZ28895339  
Společnost zapsaná v obchodním rejstříku vedeném Městským soudem v Praze, oddíl C, vložka 151653

Tel.: +420 602 107 797  
e-mail: [info@seraktech.cz](mailto:info@seraktech.cz)  
web: [www.seraktech.cz](http://www.seraktech.cz)



### Technický list 440/04/19/DPC

	db(A)								
Sání Lw [dB]	63	60	61	56	50	45	38	34	57
Výtlač Lw [dB]	67	66	67	65	65	65	61	55	70
Okolí Lw [dB]	65	64	49	52	42	39	33	29	52
Okolí (Lp) [dB(A)]	28	37	29	38	31	29	23	17	38

Lp - orientační data akustického tlaku, r=4m

## Odvodní část

⊗ Filtr:		
Tlaková ztráta (počáteční)		12 Pa
Tlaková ztráta (výpočtová)		97 Pa
Tlaková ztráta (konečná)		300 Pa
Filtr		Deskový
Třída filtrace		G4
Rozměr	0287x0200 mm	1 ks

⊗ Ventilátor:		
Statický tlak		339 Pa
Celkový tlak		351 Pa
Účinnost		57 %
Požadované otáčky v prac. bodě		3227 1/min
Otáčky ventilátoru max.		4340 1/min
Elektrický příkon motoru		0,07 kW
Jmenovitý výkon motoru nom.		0,17 kW
Jmenovitý proud motoru		1,75 A
Jmenovité otáčky motoru		4340 1/min
Jmenovitá frekvence motoru		50 Hz
Napájecí napětí motoru		1~ 230V 50Hz
Měrný příkon ventilátoru		0,58 kW/m <sup>3</sup> /s
SFP Class		SFP2

SERAK-TECH s.r.o.  
Pod Habrovou 389/18, Hlubočepy, 152 00 Praha 5  
IČ: 28895339, DIČ: CZ28895339  
Společnost zapsaná v obchodním rejstříku vedeném Městským soudem v Praze, oddíl C, vložka 151653

Tel.: +420 602 107 797  
e-mail: [info@seraktech.cz](mailto:info@seraktech.cz)  
web: [www.seraktech.cz](http://www.seraktech.cz)

**Technický list 440/04/19/DPC**


**Hlukové parametry zařízení**

Pracovní frekvence	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	Lw db(A)
Sání Lw [dB]	62	59	59	54	49	44	37	33	55
Výtlač Lw [dB]	66	64	66	63	64	64	59	54	69
Okolí Lw [dB]	64	62	48	50	41	38	31	28	50
Okolí (Lp) [dB(A)]	27	35	28	36	30	28	21	16	36

Lp - orientační data akustického tlaku, r=4m

**Příslušenství**

ACT 0/1 2Nm	Servopohon ON/OFF	2 ks
INL 200	Přívod kulaté	4 ks
PRV 200 mm	Uzavírací klapka	2 ks

**Měření a regulace**

TSC 1000	Čidlo teploty potrubní	1 ks
TSO 1000	Čidlo teploty venkovní	1 ks
Z-19-0015	Tlakový spínač, presostat	1 ks
Z-19-0195	Servopohon ON/OFF	1 ks
Z-19-0015	Tlakový spínač, presostat	1 ks
05-OPTK-0000-00KB-C-V1	Elektrické vedení	1 ks
SWG-RMC20-NW-0220-1F	Rozvaděč napájení a regulace	1 ks

SERAK-TECH s.r.o.  
Pod Habrovou 389/18, Hlubočepy, 152 00 Praha 5  
IČ: 28895339, DIČ: CZ28895339  
Společnost zapsaná v obchodním rejstříku vedeném Městským soudem v Praze, oddíl C, vložka 151653

Tel.: +420 602 107 797  
e-mail: [info@seraktech.cz](mailto:info@seraktech.cz)  
web: [www.seraktech.cz](http://www.seraktech.cz)



### Technický list 440/04/19/DPC

Ecodesign EK 1253/2014 ERP 2018			
Energetická třída	A		
Typ systému	Obousměrný větrací systém		
Podnebí	Mírný		
Typ pohonu	Plynulý 0-100%		
Způsob regulace	Lokální řízení podle požadavku		
Typ rekuperace tepla	Deskový rekuperační výměník		
Popis			
Měrná energetická spotřeba (MES)	-39,00	kWh/m2/rok	
Tepelná účinnost rekuperátoru	81,08	%	
Jmenovitý průtok	0,08	m3/s	0,08 m3/s
Čelní rychlost	1,46	m/s	1,46 m/s
Jmenovitý vnější tlak $\Delta p_{s, ext}$	150,00	Pa	150,00 Pa
Efektivní elektrický příkon	0,07	kW	0,07 kW
Vnitřní měrný příkon ventilátoru SFP int / SFP max	328,07	W/(m3/s)	989,84 W/(m3/s)
Účinnost – $\eta_{F,L}$	57,00	%	57,00 %
Vnitřní tlaková ztráta větracích součástí $\Delta p_{s,int}$	83,00	Pa	104,00 Pa
Hladina akustického výkonu	55	dB/DB(A)	

SERAK-TECH s.r.o.  
Pod Habrovou 389/18, Hlubočepy, 152 00 Praha 5  
IČ: 28895339, DIČ: CZ28895339  
Společnost zapsaná v obchodním rejstříku vedeném Městským soudem v Praze, oddíl C, vložka 151653

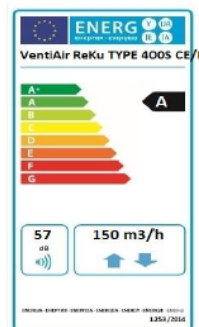
Tel.: +420 602 107 797  
e-mail: [info@seraktech.cz](mailto:info@seraktech.cz)  
web: [www.seraktech.cz](http://www.seraktech.cz)



### Technický list 440/04/19/DPC

Typ jednotky	Přívodní-odtahová
TYP	ReKu TYPE
KÓD	ReKu TYPE 400S CE/R/L
INTERNÍ PANEL	Standard
POPIS	50% výkon
VELIKOST	400
Průtok na přívodu	150 m3/h
Externí tlaková rezerva	70 Pa
Průtok na odtahu	150 m3/h
Externí tlaková rezerva	70 Pa
MĚRNÝ PŘÍKON VENTILÁTORU	0,72 kW/m3s
HMOTNOST	70 [kg] +/- 10%
STRANA PŘIPOJENÍ/SERVISU	Pravá/levá
Sériové číslo	STA-101041
Verze programu	2.7.2

Zařízení splňuje požadavky  
nařízení EK 1253/2014 ERP  
2018



Výkres

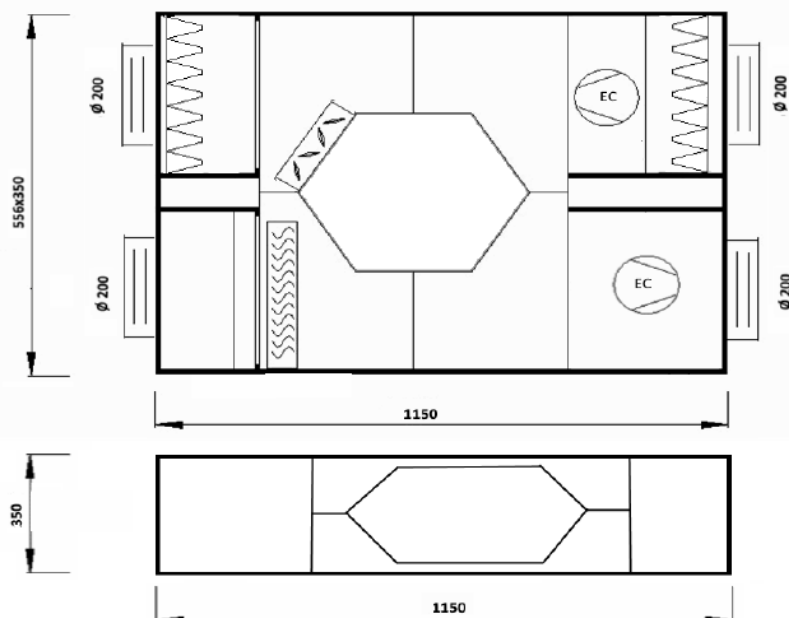
SERAK-TECH s.r.o.  
Pod Habrovou 389/18, Hlubočepy, 152 00 Praha 5  
IČ: 28895339, DIČ: CZ28895339  
Společnost zapsaná v obchodním rejstříku vedeném Městským soudem v Praze, oddíl C, vložka 151653

Tel.: +420 602 107 797  
e-mail: [info@seraktech.cz](mailto:info@seraktech.cz)  
web: [www.seraktech.cz](http://www.seraktech.cz)





Technický list 440/04/19/DPC




VÝKRES Pohled shora - půdorys

**Přívodní část**

 **Filtr:**

Tlaková ztráta (počáteční)	4 Pa
Tlaková ztráta (výpočtová)	119 Pa
Tlaková ztráta (konečná)	450 Pa
Filtr	Deskový
Třída filtrace	M5
Rozměr	0287x0200 mm 1 ks

 **Protiproudý výměník tepla:**

Tlaková ztráta (přívod, odtah)	27 Pa	35 Pa
--------------------------------	-------	-------

SERAK-TECH s.r.o.  
Pod Habrovou 389/18, Hlubočepy, 152 00 Praha 5  
IČ: 28895339, DIČ: CZ28895339  
Společnost zapsaná v obchodním rejstříku vedeném Městským soudem v Praze, oddíl C, vložka 151653

Tel.: +420 602 107 797  
e-mail: [info@seraktech.cz](mailto:info@seraktech.cz)  
web: [www.seraktech.cz](http://www.seraktech.cz)



Technický list 440/04/19/DPC		
Rychlost v průřezu (přívod, odtah)	0,73 m/s	0,73 m/s
Vstup vzduchu (přívod)	-12,00 °C	95 %
Výstup vzduchu (přívod)	18,77 °C	9 %
Vstup vzduchu (odtah)	21,00 °C	60 %
Výstup vzduchu (odtah)	2,26 °C	100 %
Tepelná účinnost		93 %
Tepelný zisk		1,55 kW
Kondenzát		0,86 l/h

Ventilátor:	
Statický tlak	224 Pa
Celkový tlak	227 Pa
Účinnost	57 %
Požadované otáčky v prac. bodě	2544 1/min
Otáčky ventilátoru max.	4340 1/min
Elektrický příkon motoru	0,03 kW
Jmenovitý výkon motoru nom.	0,17 kW
Jmenovitý proud motoru	1,75 A
Jmenovité otáčky motoru	4340 1/min
Jmenovitá frekvence motoru	50 Hz
Napájecí napětí motoru	1~ 230V 50Hz
Měrný příkon ventilátoru	0,36 kW/m <sup>3</sup> /s
SFP Class	SFP1

Hlukové parametry zařízení									
Pracovní frekvence	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	Lw

SERAK-TECH s.r.o.  
Pod Habrovou 389/18, Hlubočepy, 152 00 Praha 5  
IČ: 28895339, DIČ: CZ28895339  
Společnost zapsaná v obchodním rejstříku vedeném Městským soudem v Praze, oddíl C, vložka 151653

Tel.: +420 602 107 797  
e-mail: [info@seraktech.cz](mailto:info@seraktech.cz)  
web: [www.seraktech.cz](http://www.seraktech.cz)



### Technický list 440/04/19/DPC

	db(A)								
Sání Lw [dB]	62	66	62	54	48	42	32	26	57
Výtlač Lw [dB]	66	71	69	63	62	61	55	47	67
Okolí Lw [dB]	64	69	51	50	39	35	27	21	54
Okolí (Lp) [dB(A)]	27	42	31	36	28	25	17	9	36

Lp - orientační data akustického tlaku, r=4m

## Odvodní část

Filtr:		
Tlaková ztráta (počáteční)		2 Pa
Tlaková ztráta (výpočtová)		95 Pa
Tlaková ztráta (konečná)		300 Pa
Filtr		Deskový
Třída filtrace		G4
Rozměr	0287x0200 mm	1 ks

Ventilátor:		
Statický tlak		200 Pa
Celkový tlak		203 Pa
Účinnost		57 %
Požadované otáčky v prac. bodě		2410 1/min
Otáčky ventilátoru max.		4340 1/min
Elektrický příkon motoru		0,03 kW
Jmenovitý výkon motoru nom.		0,17 kW
Jmenovitý proud motoru		1,75 A
Jmenovité otáčky motoru		4340 1/min
Jmenovitá frekvence motoru		50 Hz
Napájecí napětí motoru		1~ 230V 50Hz
Měrný příkon ventilátoru		0,36 kW/m3/s
SFP Class		SFP1

SERAK-TECH s.r.o.  
Pod Habrovou 389/18, Hlubočepy, 152 00 Praha 5  
IČ: 28895339, DIČ: CZ28895339  
Společnost zapsaná v obchodním rejstříku vedeném Městským soudem v Praze, oddíl C, vložka 1511653

Tel.: +420 602 107 797  
e-mail: [info@seraktech.cz](mailto:info@seraktech.cz)  
web: [www.seraktech.cz](http://www.seraktech.cz)



### Technický list 440/04/19/DPC


#### Hlukové parametry zařízení

Pracovní frekvence	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	Lw dB(A)
Sání Lw [dB]	61	65	60	52	47	40	31	24	55
Výtlač Lw [dB]	65	69	67	62	60	59	53	45	66
Okolí Lw [dB]	63	67	49	49	37	33	25	19	52
Okolí (Lp) [dB(A)]	26	40	29	35	26	23	15	7	34

Lp - orientační data akustického tlaku, r=4m

#### Příslušenství

ACT 0/1 2Nm	Servopohon ON/OFF	2 ks
INL 200	Přívod kulatý	4 ks
PRV 200 mm	Uzavírací klapka	2 ks

#### Měření a regulace

TSC 1000	Čidlo teploty potrubní	1 ks
TSO 1000	Čidlo teploty venkovní	1 ks
Z-19-0015	Tlakový spínač, presostat	1 ks
Z-19-0195	Servopohon ON/OFF	1 ks
Z-19-0015	Tlakový spínač, presostat	1 ks
05-OPTK-0000-00KB-C-V1	Elektrické vedení	1 ks
SWG-RMC20-NW-0220-1F	Rozvaděč napájení a regulace	1 ks

SERAK-TECH s.r.o.  
Pod Habrovou 389/18, Hlubočepy, 152 00 Praha 5  
IČ: 28895339, DIČ: CZ28895339  
Společnost zapsaná v obchodním rejstříku vedeném Městským soudem v Praze, oddíl C, vložka 151653

Tel.: +420 602 107 797  
e-mail: [info@seraktech.cz](mailto:info@seraktech.cz)  
web: [www.seraktech.cz](http://www.seraktech.cz)



### Technický list 440/04/19/DPC

Ecodesign EK 1253/2014 ERP 2018			
Energetická třída	A		
Typ systému	Obousměrný větrací systém		
Podnebí	Mírný		
Typ pohonu	Plynulý 0-100%		
Způsob regulace	Lokální řízení podle požadavku		
Typ rekuperace tepla	Deskový rekuperační výměník		
<b>Popis</b>			
Měrná energetická spotřeba (MES)	-41,00	kWh/m2/rok	
Tepelná účinnost rekuperátoru	84,52	%	
Jmenovitý průtok	0,04	m3/s	0,04 m3/s
Čelní rychlost	0,73	m/s	0,73 m/s
Jmenovitý vnější tlak $\Delta p_{s, ext}$	70,00	Pa	70,00 Pa
Efektivní elektrický příkon	0,03	kW	0,03 kW
Vnitřní měrný příkon ventilátoru SFP int / SFP max	119,30	W/(m3/s)	1099,39 W/(m3/s)
Účinnost – $\eta_{F,L}$	57,00	%	57,00 %
Vnitřní tlaková ztráta větracích součástí $\Delta p_{s,int}$	31,00	Pa	37,00 Pa
Hladina akustického výkonu	57	dB/dB(A)	


SERAK-TECH s.r.o.  
Pod Habrovou 389/18, Hlubočepy, 152 00 Praha 5  
IČ: 28895339, DIČ: CZ28895339  
Společnost zapsaná v obchodním rejstříku vedeném Městským soudem v Praze, oddíl C, vložka 151653

Tel.: +420 602 107 797  
e-mail: [info@seraktech.cz](mailto:info@seraktech.cz)  
web: [www.seraktech.cz](http://www.seraktech.cz)

## Příloha 3 – Cenová nabídka jednotky

**SERAK-TECH s.r.o.**

**NABÍDKA č. 19NA00972**

<p>Dodavatel:  <b>SERAK-TECH s.r.o.</b>                  Pod Habrovou 389/18                  152 00 Praha 5 - Hlubočepy                  IČ: 28895339                  DIČ: CZ28895339                  www.seraktech.cz</p>		 <p><b>SERAK TECH</b></p> <p>PROTOŽE VZDUCH JE POTŘEBA</p>		<p>Odběratele: IČ: 0329                  DIČ:</p> <p>Koliha Jaroslav                  *0329                  Jahodová 2889/42                  106 00 Praha 10</p> <p>Tel.:</p>																																				
<p>Nabídka č.: 19NA00972                  Datum: 23.04.2019                  Platnost: 3 měsíce</p> <p>Vystavil: Ing. Filip Hainall                  f.hainall@seraktech.cz +420 727 826 044</p>		<p>Konečný příjemce:</p>																																						
<p>RD Zlatá, Praha Východ</p>																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Označení dodávky</th> <th>Množství</th> <th>J.cena</th> <th>Sleva</th> <th>Cena</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>STA-101038:ReKu TYPE 400S CE/R/L Prívodní-odtahová Pravá/levá, 300 m3/h 150 Pa 300 m3/h 150 Pa, regulace Filtr Protiproudý výmeník tepla Ventilátor Fi</td> <td>1</td> <td>80 572,80</td> <td>30%</td> <td><b>56 401,00</b></td> </tr> <tr> <td>VUT 350 PB EC A11:Jednotka, rekuperacní podstropní AL výmeník 90, 160mm, 410m3/hod., dotykový display, by-pass, EC</td> <td>1</td> <td>79 105,60</td> <td>50%</td> <td><b>39 552,80</b></td> </tr> <tr> <td colspan="4">Součet položek</td> <td><b>95 954,00 Kč</b></td> </tr> <tr> <td colspan="4">DPH</td> <td>20 150,00</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Cena včetně DPH</td> <td>116 104,10 Kč</td> </tr> <tr> <td colspan="4">CELKEM K ÚHRADĚ VČETNĚ DPH</td> <td>116 104 Kč</td> </tr> </tbody> </table>						Označení dodávky	Množství	J.cena	Sleva	Cena	STA-101038:ReKu TYPE 400S CE/R/L Prívodní-odtahová Pravá/levá, 300 m3/h 150 Pa 300 m3/h 150 Pa, regulace Filtr Protiproudý výmeník tepla Ventilátor Fi	1	80 572,80	30%	<b>56 401,00</b>	VUT 350 PB EC A11:Jednotka, rekuperacní podstropní AL výmeník 90, 160mm, 410m3/hod., dotykový display, by-pass, EC	1	79 105,60	50%	<b>39 552,80</b>	Součet položek				<b>95 954,00 Kč</b>	DPH				20 150,00	Cena včetně DPH				116 104,10 Kč	CELKEM K ÚHRADĚ VČETNĚ DPH				116 104 Kč
Označení dodávky	Množství	J.cena	Sleva	Cena																																				
STA-101038:ReKu TYPE 400S CE/R/L Prívodní-odtahová Pravá/levá, 300 m3/h 150 Pa 300 m3/h 150 Pa, regulace Filtr Protiproudý výmeník tepla Ventilátor Fi	1	80 572,80	30%	<b>56 401,00</b>																																				
VUT 350 PB EC A11:Jednotka, rekuperacní podstropní AL výmeník 90, 160mm, 410m3/hod., dotykový display, by-pass, EC	1	79 105,60	50%	<b>39 552,80</b>																																				
Součet položek				<b>95 954,00 Kč</b>																																				
DPH				20 150,00																																				
Cena včetně DPH				116 104,10 Kč																																				
CELKEM K ÚHRADĚ VČETNĚ DPH				116 104 Kč																																				
<p>Ekonomický a informační systém POHODA</p>																																								

Označení dodávky	Množství	J.cena	Sleva	Cena
<p><b>POZNÁMKA:</b></p> <p><b>Sestavné jednotky VENTIAIR:</b></p> <p>Vzduchotechnické jednotky jsou na stavbu dodávány po funkčních blocích (sekcích). Obalový materiál je součástí dodávky VZT jednotek a je majetkem objednavatele.</p> <p>Uvedená cena jednotek neobsahuje dodávku vibroizolátorů pod VZT jednotky. Frekvenční měniče jsou dodávány v továrním nastavení, nastavení parametrů provádí zákazník. Cena dopravy jednotek na místo instalace bude účtována dle skutečné výše, pokud není cena dopravy již uvedena v cenové nabídce.</p> <p>Dodací lhůta jednotek ode dne objednání (pokud není uvedeno jinak) je obvykle 4-6 týdnů + 2 dny na dopravu.</p> <p>Platební podmínky (pokud není uvedeno jinak) - běžně záloha před dodáním 50%, doplatek 14 dní po dodání zařízení, nebo dle individuální domluvy.</p> <p>Záruční podmínky:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Záruka na zařízení je poskytována 5 let od data prodeje dle podrobných podmínek poskytování záruky na výrobky VentiAIR. Podmínkou záruky je pravidelný servis zajišťovaný autorizovaným partnerem výrobce zařízení.</li> <li>- Záruka na prvky regulace a některé další součásti jednotek je poskytována 2 roky od data prodeje. Pro více informací prosím kontaktujte servisní oddělení.</li> </ul> <p>V případě, že je součástí nabídky provedení instalace MaR, není součástí revize elektro zařízení - tu je potřeba objednat zvlášť. Cena je závislá na umístění cca 3000,- Kč.</p> <p><b>Ostatní jednotky a produkty:</b></p> <p>Záruční podmínky:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Záruka na zařízení je poskytována 2 roky od data prodeje.</li> </ul> <p>Ceny a slevy uvedené v této cenové nabídce jsou platné pouze v případě uskutečnění objednávky všech položek z nabídky. V případě zájmu pouze o některé položky nás prosím kontaktujte. Cena neobsahuje náklady na dopravu.</p> <p>Součástí cenové nabídky jsou i všeobecné obchodní podmínky, které jsou k dispozici na webových stránkách společnosti SERAK-TECH s.r.o.</p>				
<p>Ekonomický a informační systém POHODA <span style="float: right;">Strana 2 dokladu 19NA00972</span></p>				