

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA STAVEBNÍ**

**Katedra technických zařízení budov**



**Vytápění a větrání inteligentního rodinného domu s téměř nulovou spotřebou energie**

Heating and ventilation of intelligent nearly zero energy family house

Diplomová práce

Vypracovala: Bc. Kateřina Mairichová

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Karel Kabele, CSc.

LS 2016/2017



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Mairichová Jméno: Kateřina Osobní číslo: 381154  
Zadávací katedra: K 11125 Technických zařízení budov  
Studijní program: Inteligentní budovy  
Studijní obor: Inteligentní budovy

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Vytápění a větrání inteligentního rodinného domu s téměř nulovou spotřebou energie

Název diplomové práce anglicky: Heating and ventilation of intelligent nearly zero energy family house

Pokyny pro vypracování:

Zpracujte studii variant řešení technických zařízení pro inteligentní budovu s téměř nulovou spotřebou energie a porovnejte jednotlivá řešení z hlediska technického, environmentálního, investičních a provozních nákladů. Aplikujte poznatky získané studií na řešení konkrétního objektu formou zpracování projektové dokumentace vytápění a větrání na úrovni rozšířené dokumentace pro stavební povolení ve smyslu vyhlášky 499/2006 Sb.

Seznam doporučené literatury:

Kabele a kol.: Energetické a ekologické systémy budov 1 ČVUT (2010)

Valášek a kol.: Zdravotně-technické instalace Jaga 2001

Petráš a kol.: Vytápění rodinných a bytových domů, Jaga 2005

K. Kabele a kol.: Technická zařízení budov. Vytápění - podklady pro cvičení. Nakladatelství ČVUT 2013

Kolektiv: Topenářská příručka 3, ČSTZ, 2008. Anotaci najdete zde.

D. Petráš, D. Koudelková, K. Kabele: Teplovodní a elektrické podlahové vytápění. Jaga Media s.r.o 2004, ISBN:80-88905-97-4

J.Bašta, K.Kabele: Otopné soustavy teplovodní - Sešit projektanta č.1 - Společnost pro techniku prostředí 2008

Garlík, B.: Inteligentní budovy, BEN technická literatura, Praha, 2012, ISBN 978-80-7300-440-8.

Jméno vedoucího diplomové práce: prof.Ing.Karel Kabele, CSc.

Datum zadání diplomové práce: 24.2.2017

Termín odevzdání diplomové práce: 21.5.2017

*Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku*

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

24.2.2017

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně bez cizí pomoci. Vycházela jsem při tom ze svých znalostí, odborných konzultací a doporučené literatury uvedené v seznamu.

Datum:

Podpis:

Bc. Kateřina Mairichová

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala prof. Ing. Karlovi Kabelemu, Csc. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování diplomové práce.

## **Anotace**

Diplomová práce je zaměřena na zpracování několika variant řešení vytápění a větrání pro inteligentní rodinný dům. V první části práce jsou zpracovány a porovnány studie variant řešení z hlediska technického, environmentálního, investičních a provozních nákladů. Ve druhé části je nevhodnější varianta vytápění a větrání zpracována formou projektové dokumentace pro stavební povolení.

## **Klíčová slova**

Inteligentní rodinný dům, vytápění, větrání, projektová dokumentace, stavební povolení.

## **The annotation**

The thesis is focused on processing several solutions of heating and ventilation of an intelligent family house. In the first part of the thesis, the study of the variations of solutions is done and compared from the technological and the environmental point of view, including the investments and operation costs. In the second part of the thesis, the most suitable variation of heating and ventilation is presented in a form of a project documentation for a construction permit.

## **The keywords**

Intelligent family house, heating, ventilation, project documentation, building permit.

# Obsah

Úvod	7
Zadání diplomové práce	7
1 Základní údaje o stavbě	9
1.1 Identifikační údaje	9
1.2 Kapacity objektu	9
1.3 Klimatické podmínky	9
1.4 Architektonické a urbanistické řešení	9
1.5 Dispoziční a provozní řešení	9
1.6 Výměna vzduchu	10
1.7 Tepelné ztráty	11
1.7.1 Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a výplní otvorů – Teplo	12
2 Varianta 1 – tepelné čerpadlo, nízkoteplotní teplovodní vytápění, rovnotlaké větrání s rekuperací tepla	13
2.1 Technické řešení	13
2.2 Environmentální dopad	15
2.3 Investiční náklady	17
2.4 Provozní náklady	17
3 Varianta 2 – tepelné čerpadlo, teplovzdušné vytápění s větráním s rekuperací tepla	19
3.1 Technické řešení	19
3.2 Environmentální dopad	20
3.3 Investiční náklady	21
3.4 Provozní náklady	21
4 Varianta 3 – kotel na pelety, teplovodní vytápění, decentralizované větrání s rekuperací tepla	22
4.1 Technické řešení	22
4.2 Environmentální dopad	24
4.3 Investiční náklady	25
4.4 Provozní náklady	26
5 Porovnání jednotlivých řešení	27
5.1 Technické řešení	27
5.2 Environmentální dopad	28
5.3 Investiční náklady	29
5.4 Provozní náklady	30
5.5 Výsledná varianta	30
6 Průkaz energetické náročnosti	31
7 Závěr	33
8 Seznam použité literatury	34

# Úvod

Téma diplomové práce je zvoleno jako navazující na předešlé dva projekty v rámci studia Inteligentních budov. Dané téma nahlíží do problematiky vytápění a větrání více do hloubky. Cílem práce je vybrat, který systém je pro zvolený rodinný dům nejvhodnější.

V této práci je dbáno na dodržení technických norem, také na dispoziční požadavky dle zvolené studie půdorysů.

## Zadání diplomové práce

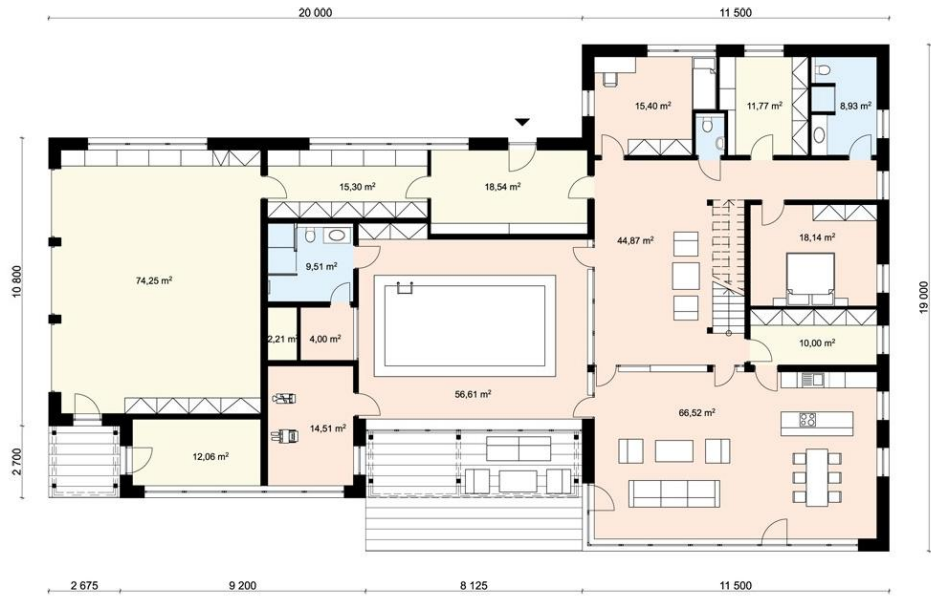
Diplomová práce je zaměřena na zpracování studií variant řešení technických zařízení pro inteligentní budovu v téměř nulovou spotřebou energie a porovnání jednotlivých řešení z hlediska technického, environmentálního, investičního a provozních nákladů. Poznatky získané studií budou aplikovány na řešení konkrétního objektu formou zpracování projektové dokumentace vytápění a větrání na úrovni rozšířené dokumentace pro stavební povolení ve smyslu vyhlášky 499/2006 Sb.

Podkladem pro zpracování diplomové práce jsou studie půdorysů rodinného domu, které jsou volně dostupné na Internetu.

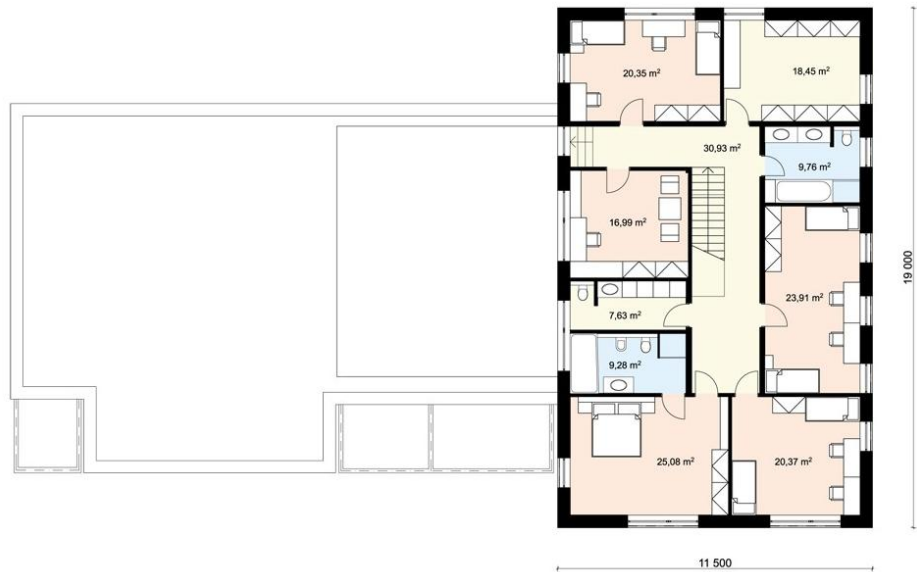
Rodinný dům se dělí na dvě části – dvoupodlažní obytnou část a přízemní část s příslušenstvím.



Obr. 1 – Vizualizace



Obr. 2 – Studie 1. NP



Obr. 3 – Studie 2. NP



# 1 Základní údaje o stavbě

## 1.1 Identifikační údaje

Název stavby:	Inteligentní rodinný dům s téměř nulovou spotřebou energie
Místo stavby:	Praha
Projektant:	Bc. Kateřina Mairichová, ČVUT FSV, obor Inteligentní budovy

## 1.2 Kapacity objektu

Celková plocha pozemku:	1 333 m <sup>2</sup>
Zastavěná plocha:	478,5 m <sup>2</sup>
Obestavěný prostor:	2 428,4 m <sup>3</sup>

Kapacitně je dům navržen pro 11 uživatelů.

## 1.3 Klimatické podmínky

Místo stavby:	Praha
Klimatická oblast:	I.
Nadmořská výška:	282,000 m n. m.
Teplota exteriéru v zimě:	-13 °C

## 1.4 Architektonické a urbanistické řešení

Objekt má půdorysný tvar složený ze dvou k sobě kolmých obdélníků. Hmotově je dům rozdělen na část obytnou a část s příslušenstvím. Obytná část je dvoupodlažní, druhá část je jednopodlažní. Hlavní vchod do objektu je na východě v 1.NP.

Fasáda je tvarově jednoduchá, zateplená s omítkou v bílé barvě, okna a dveře jsou dřevěná.

Hlavní vstupy na pozemek jsou na severu společně s příjezdovou komunikací.

## 1.5 Dispoziční a provozní řešení

V obytné části se v prvním podlaží nachází centrální hala se schodištěm, pokoj pro hosty s vlastním zázemím a velký obývací pokoj spojený s kuchyní a jídelnou. Ve druhé části domu se nachází vstupní hala a šatnou, bazén o velikosti 6x3 m se saunou a fitness, garáž a technická místnost. Prostor bazénu je pohledově propojen se schodišťovou halou a obytným prostorem.

V druhém podlaží obytné části jsou tři dětské pokoje, ložnice s vlastní koupelnou, šatna, koupelna a pracovna. Z haly je možnost vstupu na terasu, která se nachází nad prostorem bazénu.

Střecha je navržena jako plochá pochozí. Objekt není podsklepen.

Dům je provozně rozdělen na část obytnou a část s bazénem. Zdroje tepla a vzduchotechnické jednotky jsou umístěny v technické místnosti, která je oddělená od zbylé části domu.

## 1.6 Výměna vzduchu

Potřebné množství větracího vzduchu pro jednotlivé místnosti je vypočteno z objemu dané místnosti a doporučené výměny vzduchu za jednu hodinu. Pro obytné prostory je výměna zvolena 0,5 1/h. Pro bazén a k němu příslušnou koupelnu se výměna zvýšila na 2 1/h.

Tabulka č. 1 - Množství větracího vzduchu

Místnost	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Světlá výška [m]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Výměna vzduchu [1/h]	Množství větracího vzduchu [m <sup>3</sup> /h]
<b>1. NP</b>					
1.01 vstupní hala	19,02	2,7	51,35	0,5	25,68
1.02 šatna	13,25	2,7	35,78	0,5	17,89
1.03 garáž	75,48	3	226,44	není nucené větrání	-
1.04 koupelna	11,46	2,7	30,94	2	61,88
1.05 bazén	61,19	2,7	165,21	2	331,00
1.06 sauna	4,76	2,7	12,85	není nucené větrání	-
1.07 strojovna bazénu	3,43	2,7	9,26	není nucené větrání	-
1.08 fitness	16,11	2,7	43,50	0,5	21,75
1.09 technická místnost	14,02	3	42,06	není nucené větrání	-
1.10 hala	53,04	2,7	143,21	0,5	73,60
1.11 ložnice	15,45	2,7	41,72	0,5	20,86
1.12 šatna	11,17	2,7	30,16	0,5	15,08
1.13 koupelna	8,75	2,7	23,63	0,5	11,81
1.14 ložnice	18,09	2,7	48,84	0,5	24,42
1.15 spíž	9,71	2,7	26,22	0,5	13,11
1.16 obývací pokoj s kk	76,30	2,7	206,01	0,5	106,01
1.17 wc	1,29	2,7	3,48	0,5	1,74
<b>2. NP</b>					
2.01 hala	31,97	2,7	86,32	0,5	45,16
2.02 ložnice	19,81	2,7	53,49	0,5	26,74
2.03 šatna	17,85	2,7	48,20	0,5	24,10
2.04 koupelna	9,97	2,7	26,92	0,5	13,46
2.05 ložnice	26,27	2,7	70,93	0,5	35,46
2.06 ložnice	20,77	2,7	56,08	0,5	28,04
2.07 ložnice	25,50	2,7	68,85	0,5	34,43
2.08 koupelna	12,58	2,7	33,97	0,5	16,98
2.09 prádelna	7,32	2,7	19,76	0,5	10,69
2.10 pracovna	17,24	2,7	46,55	0,5	23,27
<b>Celkem</b>					<b>983,16</b>

## 1.7 Tepelné ztráty

Tepelné ztráty jsou stanoveny tak, aby při venkovní teplotě -13 °C a při nepřetržitém vytápění bylo dosaženo požadovaných teplot vytápěných místností.

Jednotlivé skladby konstrukcí jsou posouzeny v programu Teplo 2010. Výpočet tepelných ztrát proběhl v programu Protech TV. <sup>[1]</sup>

Tabulka č. 2 - Tepelné ztráty místností

Místnost	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Teplota [°C]	Ztráta prostupem [W]	Ztráta výměnou vzduchu [W]	Celková ztráta [W]
1. NP					
1.01 vstupní hala	19,02	18	62	203	265
1.02 šatna	13,25	18	97	141	238
1.03 garáž	75,48	5	nevytápěná	není nucené větrání	-
1.04 koupelna	11,46	26	299	34	333
1.05 bazén	61,19	26	1463	1130	2593
1.06 sauna	4,76	-	-	-	-
1.07 strojovna bazénu	3,43	18	nevytápěná	není nucené větrání	-
1.08 fitness	16,11	20	275	180	455
1.09 technická místnost	14,02	15	nevytápěná	není nucené větrání	-
1.10 hala	53,04	20	428	161	589
1.11 ložnice	15,45	20	238	172	410
1.12 šatna	11,17	20	55	94	149
1.13 koupelna	8,75	24	298	80	378
1.14 ložnice	18,09	20	748	151	899
1.15 spíž	9,76	18	nevytápěná	79	79
1.16 obývací pokoj s kk	76,30	20	939	848	1787
1.17 wc	1,29	20	nevytápěná	4	4
2. NP					
2.01 hala	31,97	19	nevytápěná	97	97
2.02 ložnice	19,81	20	412	220	632
2.03 šatna	17,85	20	213	198	411
2.04 koupelna	9,97	24	364	89	453
2.05 ložnice	26,27	20	407	292	699
2.06 ložnice	20,77	20	330	231	561
2.07 ložnice	25,50	20	297	283	580
2.08 koupelna	12,58	24	412	114	526
2.09 prádelna	7,32	20	71	62	133
2.10 pracovna	17,24	20	339	145	484
		<b>Celkem</b>	<b>7747</b>	<b>5008</b>	<b>12755</b>

## 1.7.1 Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a výplní otvorů – Teplo

Skladba obvodového pláště SO1

$U_{\text{vypočtené}} = 0,176 \text{ W/m}^2\text{K}$        $U_{\text{pas}} = 0,18 \text{ až } 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$       **vyhovuje**

Skladba stěny mezi vytápěným a nevytápěným prostorem SN1

$U_{\text{vypočtené}} = 0,281 \text{ W/m}^2\text{K}$        $U_{\text{pas}} = 0,3 \text{ až } 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$       **vyhovuje**

Skladba podlahy na terénu PDL1

$U_{\text{vypočtené}} = 0,205 \text{ W/m}^2\text{K}$        $U_{\text{pas}} = 0,22 \text{ až } 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$       **vyhovuje**

Skladba střechy PCH1

$U_{\text{vypočtené}} = 0,148 \text{ W/m}^2\text{K}$        $U_{\text{pas}} = 0,15 \text{ až } 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$       **vyhovuje**

Dřevné okno s izolačním trojsklem OT

$U_{\text{vypočtené}} = 0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$        $U_{\text{pas}} = 0,8 \text{ až } 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$       **vyhovuje**

Vchodové dřevěné dveře částečně prosklené izolačním trojsklem DO1

$U_{\text{vypočtené}} = 0,75 \text{ W/m}^2\text{K}$        $U_{\text{pas}} = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$       **vyhovuje**

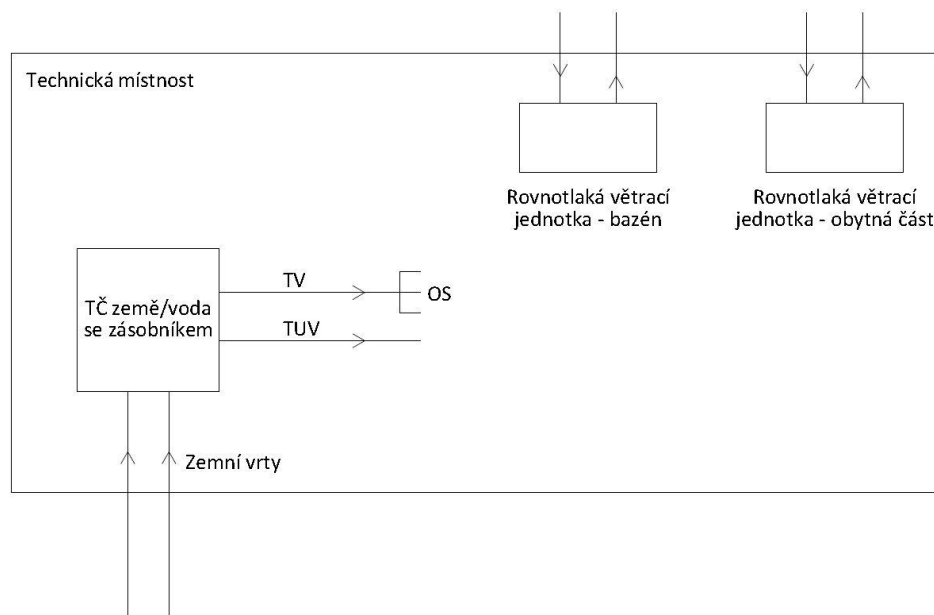
## 2 Varianta 1 - tepelné čerpadlo, nízkooteplotní teplovodní vytápění, rovnotlaké větrání s rekuperací tepla

Zdroj tepla: tepelné čerpadlo země/voda

Větrací jednotky: dvě rovnotlaké větrací jednotky – zvlášť pro obytnou část a pro bazén



Obr. 4 – Diagram pro variantu 1



Obr. 5 – Schéma varianty 1

### 2.1 Technické řešení

#### Vytápění

Pro tuto variantu vytápění je jako zdroj tepla zvoleno tepelné čerpadlo země/voda. <sup>[3]</sup> Staralo by se také o ohřev teplé vody. Má v sobě zabudovaný zásobník teplé vody.

Rozvodné potrubí je uvažováno z měděných trubek. <sup>[4]</sup> Výhoda potrubí z mědi je její velmi vysoká odolnost proti korozi a velká pevnost. Ležatá potrubí jsou vedena v konstrukci podlahy.

Stoupací potrubí je navrženo pouze jedno a vedeno skrz instalační šachtu do druhého nadzemního podlaží.

Jako hlavní otopná tělesa jsou uvažovány podlahové konvektory a desková otopná tělesa (navrženy na vypočtenou tepelnou ztrátu objektu).<sup>[5]</sup> Konvektory jsou umístěny pouze v prvním nadzemním podlaží kvůli francouzským oknům. Jsou zabudovány v konstrukci podlahy. V části domu s bazénem je třeba umístit konvektory vhodné právě pro tento provoz se zvýšenou vlhkostí. Jejich konstrukce je opatřena odtokem vody. Ve druhém podlaží jsou navržena desková otopná tělesa. Dále jsou ve všech koupelnách žebříková tělesa.

Jako doplňkové vytápění je navrženo podlahové teplovodní vytápění. V domě slouží pouze pro zvýšení komfortu obyvatel a zpříjemnění tepelné pohody. Tento způsob vytápění je umístěn pouze do několika místností. Jedná se o všechny koupelny, bazén, halu v prvním nadzemním podlaží, obývací pokoj. V rámci konstrukce podlahy jsou navrženy systémové desky, do kterých se uloží plastové potrubí otopných hadů. Plastové potrubí musí být opatřeno kyslíkovou bariérou. Problém u plastového potrubí je spojený se stárnutím, životnost je dána maximální teplotou otopné vody.

Vzhledem k podlahovým konvektorům a podlahovému vytápění by bylo nutno zvětšit celou skladbu podlahy.

Regulace je zvolena ekvitermní. K nastavení teploty topné vody dochází dle teploty venkovního vzduchu. Při nižší venkovní teplotě je požadována vyšší teplota topné vody. Aby teplota v místnosti zůstala konstantní, je nutná rovnováha mezi dodaným teplem a tepelnými ztrátami místností. V každé vytápěné místnosti je umístěno čidlo teploty vzduchu. Venkovní čidlo je umístěno na fasádě v místě, kde nedochází k přímému oslunění.

### *Větrání*

O nucenou výměnu vzduchu v objektu by se staraly dvě rovnotlaké větrací jednotky.<sup>[6]</sup> Tyto jednotky žádným způsobem neupravují vzduch, pouze přivádí venkovní vzduch do interiéru. Venkovní vzduch se ohřeje o několik stupňů díky rekuperaci. Aby bylo dosaženo požadované teploty v interiéru, je nutno vytápět otopnými tělesy.

První jednotka by zajišťovala výměnu vzduchu v obytné části s vlastním okruhem potrubí. Kuchyňský odsavač par je napojen na samostatný úsek potrubí vyvedený přímo ven na fasádu. Není vhodné odvádět znečištěný vzduch z vaření stejným potrubím, kterým vedeme v podstatě čistý vzduch z ostatních místností. Došlo by ke zbytečnému zanášení rozvodů.

Výměnu vzduchu v místnosti s bazénem by zajišťovala druhá jednotka opět s vlastním okruhem potrubí. Musí být zvolena taková, která odpovídá svými parametry tomuto prostředí – především zvýšené vlhkosti. Konstrukce jednotky a také její komponenty musí být zhotoveny ze speciální chemické nerezové oceli, která odolává všem běžným chemickým sloučeninám používaných na úpravu bazénové vody.

Veškeré rozvody jsou vedeny v podhledu, zavěšeny pod stropem. Stoupací potrubí je vedeno skrz instalační šachtu do druhého nadzemního podlaží.

Přívod vzduchu je umístěn ve všech místnostech, odvod je pouze v tzv. špinavých místnostech. Jedná se především o koupelny, toalety, haly, bazén. Aby docházelo k cirkulaci vzduchu, musí být všechny dveře do místností opatřeny větrací mřížkou.

Rozvody jsou navrženy z hliníkového Flexo potrubí. Kritické části, jako je napojení na vzduchotechnickou jednotku či jednotlivé tvarovky, jsou z pevného potrubí.

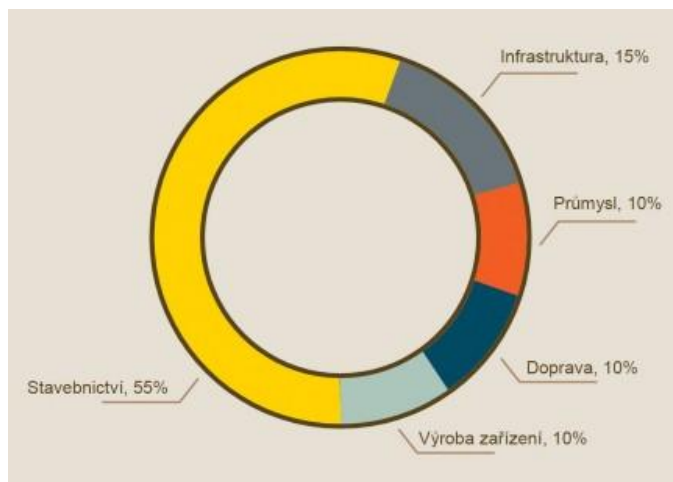
Přívod vzduchu je regulován na základě koncentrace CO<sub>2</sub> a vlhkosti v místnosti. Pokud čidlo zaznamená limitní hodnoty, jednotka začne automaticky větrat. Při provozu bazénu by daná jednotka větrala vždy.

## 2.2 Environmentální dopad

### Vytápění

Použitý zdroj tepla – tepelné čerpadlo země/voda – je velice šetrný k životnímu prostředí. Získává teplo z okolního prostředí a předává ho pro účely vytápění a ohřevu teplé vody. Musíme ale brát v potaz, že je jeho provoz závislý na elektrické energii. Ovšem z pohledu provozu je to jedno z neekonomičtějších řešení vytápění. Největší výhodou tepelného čerpadla je jeho nezávislost na fosilních palivech, což má za následek podstatné snížení vypuštěných emisí CO<sub>2</sub> do ovzduší. Samotné čerpadlo nevypouští do ovzduší žádné emise. Emise vznikají pouze při výrobě elektrické energie potřebné na provoz čerpadla.

Rozvody jsou uvažovány z mědi. Měď je jako přírodní materiál snadno recyklovatelná (lze ji recyklovat opakovaně bez ztráty jejích vlastností), a tak šetří životní prostředí. Samozřejmě také díky vysoké životnosti. Nejvíce se jí využívá právě ve stavebnictví.<sup>[4]</sup>

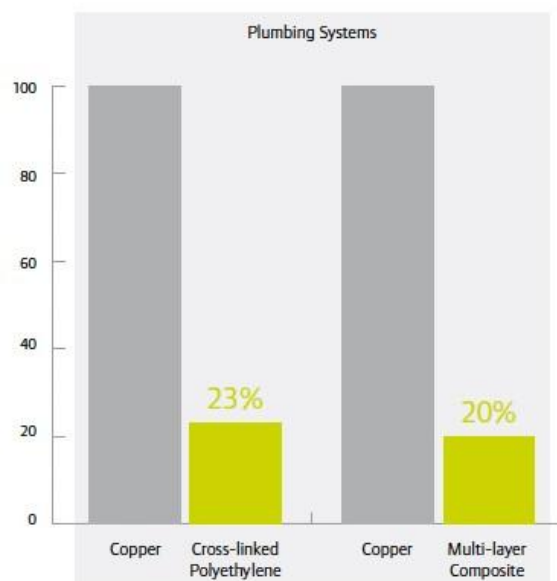


Obr. 6 – Využívání mědi podle místa jejího použití

(Zdroj: [www.medenerozvody.cz/news/vyuziti-medi-v-tzb](http://www.medenerozvody.cz/news/vyuziti-medi-v-tzb))

Rozvody podlahového vytápění jsou naopak uvažovány z plastových trubek. V tomto případě je všeobecně recyklace plastů problematická. Plastové potrubí je i přes své výhody a nevýhody jedno z nejpoužívanějších druhů rozvodů.

Dle studie, kterou zadala Evropská asociace pro plastové potrubí a armatury, vykazují plastové systémy výrazně nižší dopad na životní prostředí oproti tradičním materiálům. Studii zpracoval Vlámský institut technologického rozvoje. Testování proběhlo od prvotní těžby surovin až po konec životnosti. Tato studie je zpracována přímo na výrobky firmy Uponor.<sup>[7]</sup>



Obr. 7 – Porovnání mědi a plastu v instalatérství

Procenta uvedená v grafu jsou průměrem ze šesti klíčových kategorií týkajících se životního prostředí.

Dopad plastových potrubí po dobu celé jejich životnosti na životní prostředí je rozdělen do těchto kategorií:

1. Abiotická depletace: vyčerpávání přírodních zdrojů
2. Acidifikační potenciál: emise z výrobních procesů způsobující kyselé deště
3. Eutrofizace: přehnožování půdy a vody
4. Globální oteplování: skleníkový efekt, působení skleníkových plynů jako CO<sub>2</sub> nebo metan
5. Ozonová díra: likvidace ozonové vrstvy v atmosféře emisemi škodlivin
6. Fotochemická oxidace: fotochemická reakce slunečního záření s primárními škodlivinami, které vede ke vzniku chemického smogu

(Zdroj: <https://www.uponor.cz/site-data/layer/company/environmental-impact.aspx>)

### Větrání

Vzduchotechnické jednotky jsou umístěny v technické místnosti, která se nachází mimo obytnou část domu. Jejich provoz tedy nebude obtěžovat obyvatele. Zatížení hlukem lze vyloučit i pro okolní obyvatele objektu vzhledem k jednotkám umístěným uvnitř. Všechny rozvody jsou zakryty stropním podhledem.

Obě jednotky jsou zcela závislé na elektrické energii.

Na přívodním i odvodním potrubí jsou použity filtry pro zachycování prachu a škodlivin. Nemělo by docházet ke znečištění životního prostředí vlivem provozu vzduchotechniky.

Pro rozvody vzduchu po domě je použito hliníkové potrubí. Výroba hliníku je velmi energeticky a materiálově náročná. Při ní se spotřebuje velké množství energie, vody a bauxitu. Zároveň se vyprodukuje velké množství odpadu. Tento materiál je ovšem velmi lehce recyklovatelný a má vysokou životnost.

Pro tuto variantu vytápění a větrání byl zpracován **průkaz energetické náročnosti** pomocí výpočetního nástroje NKN II verze 3.2. <sup>[8]</sup>



Celková dodaná energie vychází B – velmi úsporná (91,4 kWh/m<sup>2</sup>.rok = 64,46 MWh/rok).

Neobnovitelná primární energie A – mimořádně úsporná (66,6 kWh/m<sup>2</sup>.rok = 46,96 MWh/rok).

Podíl energonositelů na dodané energii: - elektřina 8,34 MWh/rok, - energie okolního prostředí 38,79 MWh/rok.

Tabulka č. 3 - Vyprodukované emise variantou 1 <sup>[2]</sup>

Spotřeba elektřiny = 8,34 MWh/rok	<i>Elektřina - měrná emise</i>	<i>Elektřina - výsledná emise</i>
<i>Znečišťující látka</i>	<i>kg/MWh</i>	<i>kg/rok</i>
Tuhé znečišťující látky	0,0368	<b>0,31</b>
PM <sub>10</sub>		
PM <sub>2,5</sub>	0,02208	<b>0,18</b>
SO <sub>2</sub>	0,84124	<b>7,02</b>
NO <sub>x</sub>	0,56764	<b>4,73</b>
NH <sub>3</sub>		
VOC	0,00249	<b>0,02</b>
CO	0,08621	<b>0,72</b>
<i>1 kWh = 0,0036 GJ</i>	<i>kg/GJ</i>	<i>kg/rok</i>
CO <sub>2</sub>	281	<b>8436,7</b>

## 2.3 Investiční náklady

V rámci projektu 2 byly reálné náklady spočítány. V dalších variantách je tedy odvíjeno od již vypočtených délek potrubí a jsou pouze upraveny tak, aby odpovídaly dané variantě vytápění a větrání. Položka práce není započítána. Je uvažováno, že ve všech variantách je cena za práci stejná.

Cena celkem za tento systém bude 1 160 200 Kč.

Tabulka č. 4 – Výpis nákladů

Vytápění	
<i>Klasické vytápění</i>	Kč
Tepelné čerpadlo	213900
Zemní vrty	180000
Radiátory	42000
Konvektory	199000
Rozvody potrubí	52000
Ostatní	14200
<i>Podlahové vytápění</i>	
Rozvody potrubí	70700
Ostatní	44600
<b>Celkem</b>	<b>816400</b>

Větrání	
	Kč
Jednotka pro obytnou část	86400
Jednotka pro bazén	145100
Rozvody potrubí	63900
Vyústky	18300
Ostatní	30100
<b>Celkem</b>	<b>343800</b>

Pozn.: Skutečná cena se může částečně lišit dle zvolených výrobců a jejich cen.

## 2.4 Provozní náklady

Náklady na provoz jsou vypočítány dle hodnot spotřeb energie na základě výsledků průkazu energetické náročnosti. Spotřeba elektřiny je 8,34 MWh/rok.

Cena od různých dodavatelů se pohybuje okolo 34 500 Kč za rok. <sup>[9]</sup>

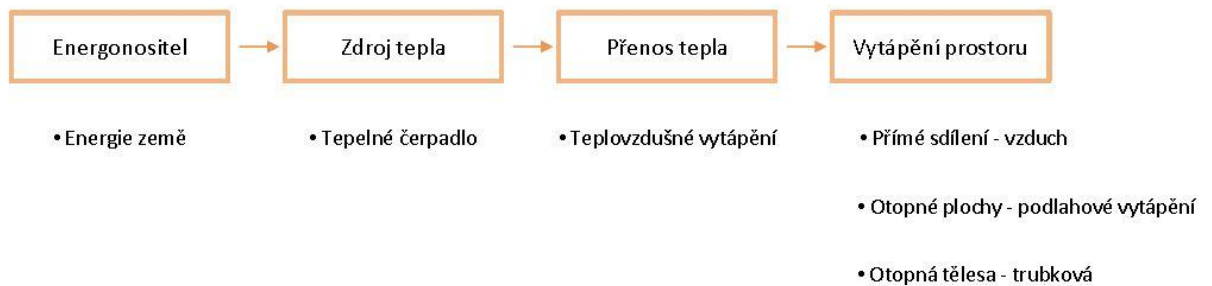
Během roku je třeba vyměnit filtry ve vzduchotechnických jednotkách. Předpokládaná cena výměny se pohybuje okolo 3 000 Kč.

Roční provozní náklady vychází tedy na 37 500 Kč.

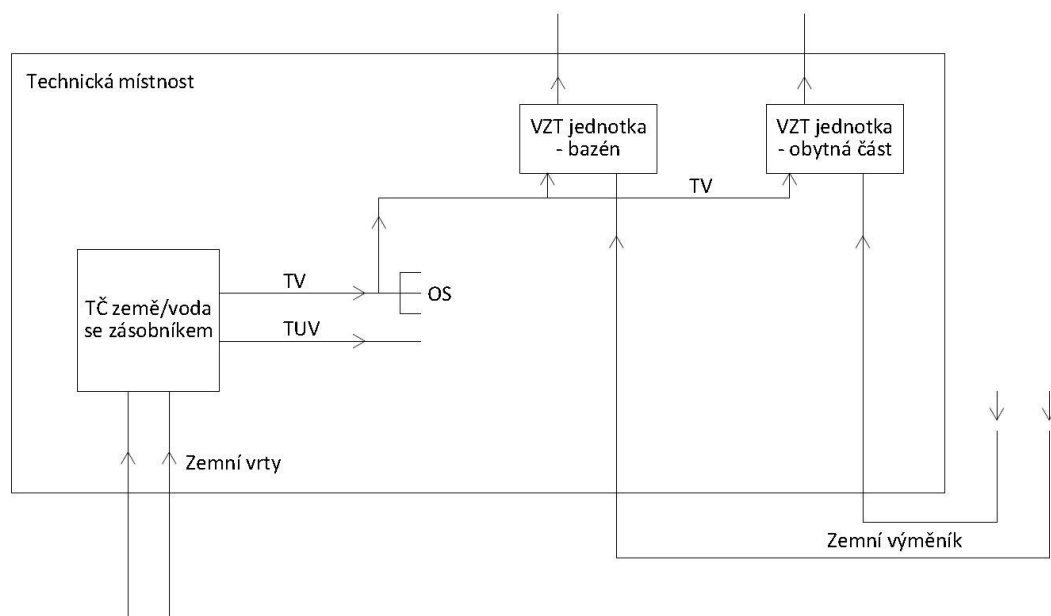
### 3 Varianta 2 - tepelné čerpadlo, teplovzdušné vytápění s větráním s rekuperací tepla

Zdroj tepla: tepelné čerpadlo země/voda

Větrací jednotky: dvě vzduchotechnické jednotky – zvlášť pro obytnou část a pro bazén



Obr. 8 – Diagram pro variantu 2



Obr. 9 – Schéma varianty 2

#### 3.1 Technické řešení

V tomto případě je jako hlavní zdroj tepla opět použito tepelné čerpadlo. <sup>[3]</sup> Staralo by se o ohřev teplé vody a také dodávalo teplou vodu do vzduchotechnických jednotek, které by sloužily pro teplovzdušné vytápění. <sup>[6]</sup> Díky tomuto systému jsou ušetřeny náklady za elektrickou energii, která je potřeba pro ohřev teplé vody dodávané do výměníku s následným ohřevem vzduchu. Tepelné čerpadlo má v sobě zabudovaný zásobník teplé vody.

Přívod vzduchu do objektu je uvažován skrz zemní výměník, kde se v zimě vzduch přehřeje a v létě naopak zchladí. Díky tomu je rozdíl teplot mezi přivedeným čerstvým

vzduchem a požadovanou teplotou vzduchu v místnosti menší. Další výhodou je, že se zamezí zamrznutí jednotky. Ze zemního výměníku je vzduch přiveden do jednotek, které jsou napojeny na přívod teplé vody z tepelného čerpadla, a proběhne následná úprava – ohřev. Dále je vzduch potrubím rozveden do jednotlivých místností. V létě se přiváděný vzduch bude chladit skrz zemní výměník a následně přivádět do místností.

Rozvod potrubí je uvažován zavěšený pod stropem a zakrytý podhledem. Opět jsou navrženy dva okruhy potrubí. Jeden okruh s vlastní jednotkou pro obytnou část a druhý okruh pro místnost s bazénem. Materiál potrubí je navržen z hladkého pozinkovaného plechu, potrubí pro bazén je z nerez. Přívod je navržen do všech místností, odvod opět jen ze „špinavých“ místností. Dvěře je nutno osadit mřížkami pro cirkulaci vzduchu. Kuchyňský odsavač par má vlastní potrubní rozvod.

Pro zlepšení pohody v místnostech, zejména v koupelnách a v místnosti s bazénem je navrženo podlahové vytápění. Vzhledem k zavedenému teplovzdušnému vytápění nejsou v podlaze navrženy žádné další rozvody na vytápění. Jsou tedy zohledněny dvě možnosti podlahového vytápění – i přes teplovzdušné zavést ještě potrubí pro podlahové teplovodní vytápění nebo umístit do skladby elektrickou topnou rohož.<sup>[13]</sup> Pokud vezmeme v úvahu topnou rohož s tepelným výkonem  $100 \text{ W/m}^2$  (plochy všech koupelen a místnosti s bazénem jsou  $80,6 \text{ m}^2$ ), je třeba zajistit její výsledný výkon na  $8,06 \text{ kW}$ , které půjdou čistě z elektrické energie. Naopak teplovodní vytápění by bylo napojeno na tepelné čerpadlo. Tento způsob se zdá být výhodnější z pohledu spotřeby elektrické energie. Do daných místností se tedy nainstaluje teplovodní podlahové vytápění. Je třeba zajistit rozvody do podlahové konstrukce a částečně zvětšit skladbu podlahy. Rozvody potrubí jsou navrženy z mědi. Samotný okruh otopných hadů je z plastu.

V koupelnách jsou dodatečně navržena teplovodní žebříková tělesa napojena na rozvod potrubí v podlaze.

Regulace by probíhala podle naměřených hodnot  $\text{CO}_2$  a teploty v místnosti, kde budou umístěna jednotlivá pokojová čidla.

## 3.2 Environmentální dopad

Environmentální dopad této varianty je téměř shodný s předchozí variantou. Viz 2.2 Environmentální dopad – vytápění. Zdrojem je opět tepelné čerpadlo a rozvod potrubí na vytápění z mědi a plastu.

Také dopad vzduchotechniky je shodný s předchozí variantou. Viz 2.2 Environmentální dopad – větrání. Pro rozvody je v této variantě zvolen jako materiál pozinkovaný plech. Jako kov je snadno recyklovatelný.

Pro tuto variantu byl zpracován **průkaz energetické náročnosti** pomocí výpočetního nástroje NKN II verze 3.2.<sup>[8]</sup>

Celková dodaná energie vychází B – velmi úsporná ( $118 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{rok} = 83,2 \text{ MWh/rok}$ ).

Neobnovitelná primární energie A – mimořádně úsporná ( $77,2 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{rok} = 54,47 \text{ MWh/rok}$ ).

Podíl energonositelů na dodané energii: - elektřina 10,85 MWh/rok, - energie okolního prostředí 49,54 MWh/rok.

Tabulka č. 5 - Vyprodukované emise variantou 2 <sup>[2]</sup>

Spotřeba elektřiny = 10,85 MWh/rok	Elektřina - měrná emise	Elektřina - výsledná emise
<i>Znečišťující látka</i>	<i>kg/MWh</i>	<i>kg/rok</i>
Tuhé znečišťující látky	0,0368	<b>0,40</b>
PM <sub>10</sub>		
PM <sub>2,5</sub>	0,02208	<b>0,24</b>
SO <sub>2</sub>	0,84124	<b>9,13</b>
NO <sub>x</sub>	0,56764	<b>6,16</b>
NH <sub>3</sub>		
VOC	0,00249	<b>0,03</b>
CO	0,08621	<b>0,94</b>
<i>1 kWh = 0,0036 GJ</i>	<i>kg/GJ</i>	<i>kg/rok</i>
CO <sub>2</sub>	281	<b>10975,9</b>

### 3.3 Investiční náklady

Cena celkem za tento systém bude 924 700 Kč.

Tabulka č. 6 – Výpis nákladů

Vytápění		Větrání	
	Kč		Kč
<i>Klasické vytápění</i>			
Tepelné čerpadlo	213900	Jednotka pro obytnou část	86400
Zemní vrty	180000	Jednotka pro bazén	145100
El. Topné žebříky	31900	Rozvody potrubí	104500
<i>Podlahové vytápění</i>		Zemní výměník	40000
Rozvody potrubí	48800	Vyústky	18300
Ostatní	25700	Ostatní	30100
<b>Celkem</b>	<b>500300</b>	<b>Celkem</b>	<b>424400</b>

Pozn.: Skutečná cena se může částečně lišit dle zvolených výrobců a jejich cen.

### 3.4 Provozní náklady

Náklady na provoz jsou vypočítány dle hodnot spotřeb energie na základě výsledků průkazu energetické náročnosti. Spotřeba elektřiny je 10,85 MWh/rok.

Cena od různých dodavatelů se pohybuje okolo 43 200 Kč za rok. <sup>[9]</sup>

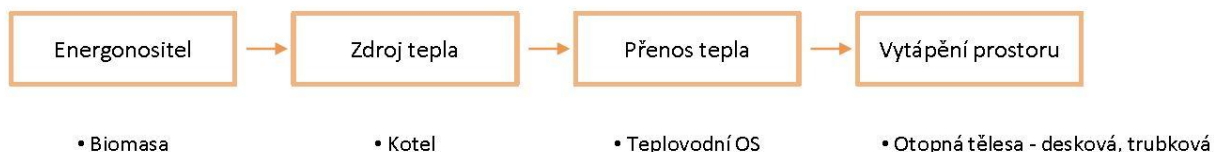
Během roku je třeba vyměnit filtry ve vzduchotechnických jednotkách. Předpokládaná cena výměny se pohybuje okolo 3 000 Kč.

Roční provozní náklady vychází tedy na 46 200 Kč.

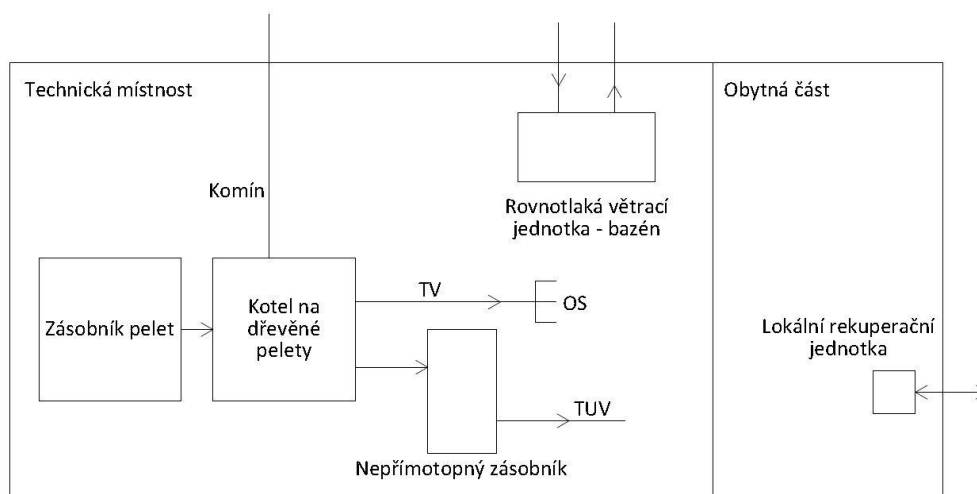
## 4 Varianta 3 - kotel na pelety, teplovodní vytápění, decentralizované větrání s rekuperací tepla

Zdroj tepla: kotel na dřevěné pelety

Větrací jednotky: lokální rekuperační jednotky



Obr. 10 – Diagram pro variantu 3



Obr. 11 – Schéma varianty 3

### 4.1 Technické řešení

#### Vytápění

Ve třetí variantě je jako zdroj tepla zvolen kotel na biomasu – na dřevěné pelety. <sup>[10]</sup> Disponuje dobrými spalovacími vlastnostmi a nízkými emisemi. Ke kotli je zapojen dopravník pelet, který automaticky dodává pelety ze zásobníku. Kotel je tedy plně automatizovaný a bezobslužný - není nutné „přikládat“, jako tomu bylo dříve. Pouze se za určitou dobu doplní zásobník dalšími peletami. Tímto je dosaženo podobného komfortu jako při použití elektrokotle nebo plynového kotle. Zapalování je řešeno elektricky, pouze zmáčknutím tlačítka. Nevýhodou tohoto systému je potřebné místo na skladování paliva. Pokud by to nebylo možné přímo u zdroje vytápění v technické místnosti, muselo by se najít místo jinde. V případě zvoleného rodinného

domu je možné vytvořit místo na skladování uvnitř garáže, která má dostatečnou plochu, jak pro parkování automobilů, tak pro skladování pelet.

V kotli je instalováno odpopelňovací zařízení, do kterého se shromažďuje popel ze spalování pelet. Zařízení je možno jednoduše vyjmout a popel vysypat, případně je možné jej použít na zahradě jako hnojivo.

Kotlem na pelety je ohřívána teplá voda v nepřímotopném zásobníku.

Na rozdíl od tepelného čerpadla je nutné tomuto zdroji vytápění a ohřevu teplé vody zajistit odvod spalin, to je řešeno komínem. S tím jsou spojeny spaliny vypouštěné do ovzduší a také nutnost komín za určitou dobu čistit a provádět kontrolu.

V této variantě je uvažováno klasické teplovodní vytápění s deskovými otopnými tělesy. Rozvodné potrubí je, opět jako v první variantě, navrženo z měděných trubek. Ležatá potrubí jsou vedena v rámci konstrukce podlahy. Teplota topné vody musí být v případě peletového kotle vyšší. Pro správné spalování pelet je potřeba vysoká teplota.

Jako otopná tělesa jsou tedy použita pouze desková otopná tělesa a ve všech koupelnách žebříková tělesa. <sup>[5]</sup>

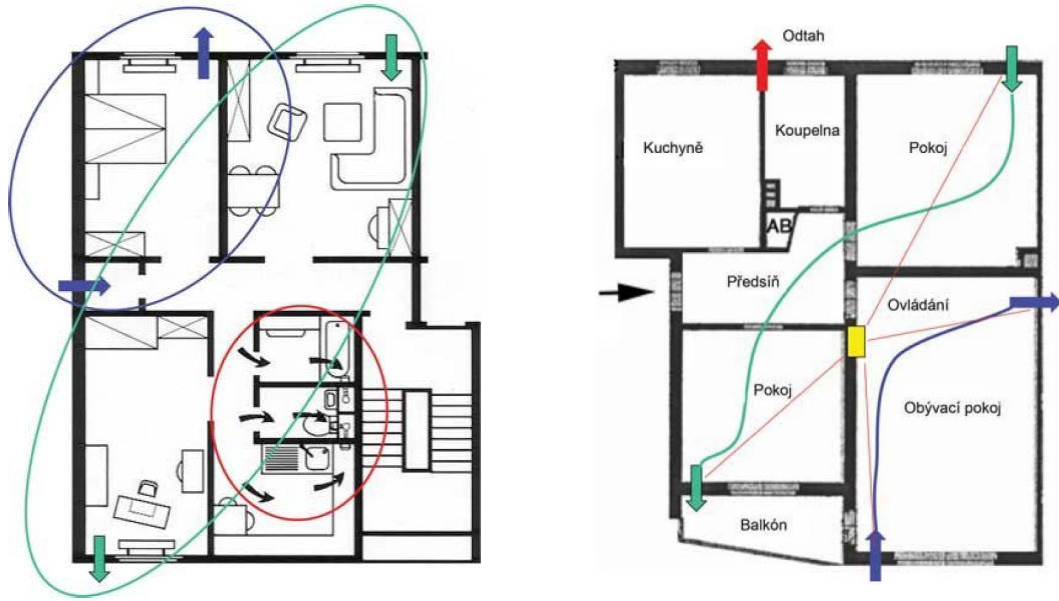
Regulace by probíhala ekvitermně, tedy podle venkovní teploty. Kotle na tuhá paliva mají velkou setrvačnost kvůli množství hořícího paliva na roštu. Toto lze řešit přidáním akumulací nádrže do okruhu vytápění. Nepřímotopný zásobník může z části řešit problém s akumulací tepla.

### *Větrání*

Výměna vzduchu je zajištěna lokálními rekuperačními jednotkami. <sup>[11]</sup> Jsou umístěny nad okny, kde se hromadí teplý a vydýchaný vzduch. Čím výše, tím lépe. Navrženy musí být vždy po dvou, aby nevznikal přetlak a podtlak. Systém se skládá z řídicích a recyklačních jednotek. Jedna řídicí jednotka ovládá maximálně 4 recyklační jednotky. Při větším počtu recyklačních jednotek je třeba více jednotek řídicích. Řídicí jednotka obsahuje senzor CO<sub>2</sub>.

V obvodové zdi je vytvořený otvor pro jednotku v průměru 160 mm, vnitřní a vnější mřížky mají průměr 180 mm. Pokud by byly tyto otvory na fasádě nežádoucí, lze jednotky opatřit speciální deskou. Fasáda pak bude celistvá a vzduch bude přiváděn skrz štěrbinu u okenního nadpraží.

Recyklační jednotka má dva stupně výkonu – 15 a 30 m<sup>3</sup>/h (lze dosáhnout až 38 m<sup>3</sup>/h). Reverzační cyklus trvá 70 sekund. Akumulátor tepla je umístěn v jednotce uprostřed proudu vzduchu, který vytváří ventilátor. Proud vzduchu se neustále obrací díky změně směru otáčení ventilátoru. Keramika, která slouží jako akumulátor tepla, se tak nabíjí tepelnou energií odváděného vzduchu z místnosti. Touto tepelnou energií se poté ohřeje přiváděný čerstvý vzduch. Reverzačním cyklem dochází také k vlhčení či odvlhčení přiváděného vzduchu vzduchem odváděným z místnosti a naopak. Vlhkost se sráží uvnitř jednotky. Jako výhody jednotek lze zmínit tyto: jednotka nepotřebuje žádnou ochranu proti mrazu, není třeba řešit z kondenzovanou vodu (využita ke zvlhčování vzduchu), možnost opakovaného použití filtrů (lze je vyčistit pouze pod tekoucí vodou).



Obr. 12 a 13 - Schéma uspořádání provozu dualitního větracího systému s tepelnou rekuperací  
(Zdroj: <http://www.lunos.cz/e2-ventrání-s-rekuperací/> - dokument Decentralizovaný větrací systém s rekuperací tepla pro nízkoenergetické obytné budovy)

Větrací systém s odtahovým ventilátorem bez rekuperace je použit pouze v koupelnách a v kuchyni. V pobytových místnostech jsou recyklační jednotky s rekuperací.

Nevýhodou lokálních jednotek je velmi malý průtok vzduchu ( $38 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Do rodinného domu řešeného v rámci diplomové práce je navrženo velké množství jednotek – lokální rekuperační jednotky 14x, odtahové jednotky 5x.

Pro místnost s bazénem je třeba navrhnout vlastní vzduchotechniku s rovnotlakou větrací jednotkou. Tato místnost má velkou potřebu výměny vzduchu a v případě lokálních jednotek (potřebný počet jednotek je cca 10 kusů) by nebylo možné celou místnost řádně vyvětrat.

## 4.2 Environmentální dopad

### *Vytápění*

Jako nejdůležitější z environmentálního dopadu se v této variantě ukazuje zdroj vytápění a ohřevu teplé vody – kotel na pelety. Peletový kotel je ekologicky šetrný, má dobré spalovací vlastnosti a nízké emise. Určité množství emisí se samozřejmě do ovzduší skrz komín dostane. Popel ze spalování lze použít jako ekologické zahradní hnojivo. Znečištění hlukem je zanedbatelné. Kotel je umístěn v technické místnosti oddělené od zbytku domu.

### *Větrání*

Rekuperační jednotky mají v rámci konstrukce zabudované filtry, které zachytávají nečistoty z interiéru a nedostanou se tak ven z objektu. Jednotka také obsahuje tlumící vložku a působí tak jako tlumič hluku.



Pro tuto variantu byl zpracován **průkaz energetické náročnosti** pomocí výpočetního nástroje NKN II verze 3.2. [8]

Celková dodaná energie vychází B – velmi úsporná (86,3 kWh/m<sup>2</sup>.rok = 60,85 MWh/rok).

Neobnovitelná primární energie A – mimořádně úsporná (46,3 kWh/m<sup>2</sup>.rok = 32,66 MWh/rok).

Podíl energonositelů na dodané energii: - elektřina 7,32 MWh/rok, - dřevěné peletky 53,53 MWh/rok.

Tabulka č. 7 - Vyprodukované emise variantou 3 [2]

Spotřeba elektřiny = 7,32 MWh/rok; pelet = 10,7 t	<i>Elektřina - měrná emise</i>	<i>Elektřina - výsledná emise</i>	<i>Dřevěné pelety - měrná emise</i>	<i>Dřevěné pelety - výsledná emise</i>
<i>Znečišťující látka</i>	<i>kg/MWh</i>	<i>kg/rok</i>	<i>kg/t</i>	<i>kg/rok</i>
Tuhé znečišťující látky	0,0368	<b>0,27</b>	0,264	<b>2,82</b>
PM <sub>10</sub>			99,8 % z TZL	<b>2,82</b>
PM <sub>2,5</sub>	0,02208	<b>0,16</b>	98,8 % z TZL	<b>2,79</b>
SO <sub>2</sub>	0,84124	<b>6,16</b>	0,16	<b>1,71</b>
NO <sub>x</sub>	0,56764	<b>4,16</b>	1,49	<b>15,94</b>
NH <sub>3</sub>				
VOC	0,00249	<b>0,02</b>		
CO	0,08621	<b>0,63</b>		
TOC			0,355	<b>3,80</b>
<i>1 kWh = 0,0036 GJ</i>	<i>kg/GJ</i>	<i>kg/rok</i>	<i>kg/GJ</i>	<i>kg/rok</i>
CO <sub>2</sub>	281	<b>7404,9</b>	94,1	<b>18133,8</b>

### 4.3 Investiční náklady

Cena celkem za tento systém bude 675 000 Kč.

Tabulka č. 8 – Výpis nákladů

Vytápění	
<i>Klasické vytápění</i>	Kč
Zdroj s příslušenstvím	70000
Nepřímot. zásobník	15500
Radiátory	81100
Rozvody potrubí	49100
Ostatní	13700
<b>Celkem</b>	<b>229400</b>

Větrání	
	Kč
Jednotka pro bazén	145100
Rozvody potrubí	13000
Vyústky	6900
Ostatní	8400
Recyklační jednotky	171200
Odtahové jednotky	30800
Řídící jednotky	70200
<b>Celkem</b>	<b>445600</b>

Pozn.: Skutečná cena se může částečně lišit dle zvolených výrobců a jejich cen.

## 4.4 Provozní náklady

Náklady na provoz jsou vypočítány dle hodnot spotřeb energie na základě výsledků průkazu energetické náročnosti. Spotřeba elektřiny je 7,32 MWh/rok, dřevěných pelet 53,53 MWh/rok. Dřevěné pelety mají výhřevnost cca 18 MJ/kg, což odpovídá 5 kWh/kg - roční spotřeba pelet je vypočtena na 10 706 kg = 11 t.

Cena za elektřinu od různých dodavatelů se pohybuje okolo 29 800 Kč za rok. <sup>[9]</sup> Cena za dřevěné pelety je ročně 52 800 Kč. <sup>[12]</sup>

Během roku je třeba vyměnit filtry v bazénové vzduchotechnické jednotce. Předpokládaná cena výměny se pohybuje okolo 1 500 Kč.

Roční provozní náklady vychází tedy na 84 100 Kč.

## 5 Porovnání jednotlivých řešení

### 5.1 Technické řešení

#### *Vytápění*

Nevýhodou tepelného čerpadla země/voda jsou samozřejmě vrty a s tím spojené nákladné zemní práce, je to nesnadný přístup k energii země. Dále také získaná nižší teplota primárního média, ale tato nevýhoda je potlačena použitím nízkoteplotních vytápěcích soustav. Jako další nevýhodu lze zmínit vysokou pořizovací cenu. Výhodou tepelného čerpadla je, že umožňuje použití nízkoteplotního zdroje a ve srovnání s konvekčními zdroji přináší úsporu paliva. Také vysoká účinnost – zhruba za 1 jednotku elektřiny vyrobí 3 jednotky tepla.<sup>[14]</sup>

Nevýhoda kotle na pelety je, že musí mít vyšší teplotu otopné vody a má tedy i větší tepelné ztráty potrubí. S teplotou otopné vody roste i povrchová teplota otopných těles a ty se stávají méně příjemnými na dotyk. Výhodou je téměř bezobslužný provoz kotle, nízké emise a dobré spalovací vlastnosti. Energetické výrobní náklady pelet jsou nižší než u fosilních paliv. Výhodou je také krátká vzdálenost od výrobce ke spotřebiteli, dřevo je většinou surovinou narostlou na našem území. Nevýhodou je sklad paliva, manipulace s palivem a popelem.

Jako otopná tělesa jsou zvoleny desková otopná tělesa, konvektory a dále podlahové vytápění a teplovzdušné vytápění.

Desková otopná tělesa patří mezi nejčastěji používaná tělesa. Nevýhodou je nerovnoměrné proudění teplého vzduchu od radiátoru směrem do místnosti. Jejich výhodou je snadná montáž, rychlý ohřev a snadné čištění.

Mezi nevýhody konvektorů patří malý podíl tepla sdíleného sáláním a zvýšené nároky na čištění výměníku. Další nevýhodou je, že kvůli konstrukci zabudované v podlaze se skladba podlahy zvyšuje. Jejich výhodou je malý vodní obsah a rychlá reakce na regulaci. Výhodou je skrytí konvektorů v podlaze a tím příjemnější estetický vzhled místnosti.

U podlahového vytápění je velikou nevýhodou jeho případná porucha. Pokud se objeví nějaká závada, je obtížné ji opravit. Dále také zvýšená tloušťka skladby podlahy. Podlahové vytápění se pomaleji roztápí. Lepší regulovatelnost teploty v interiéru pomocí termostatu patří mezi výhody. Tento způsob vytápění přináší komfort tepla od nohou, teplo je do místnosti distribuováno rovnoměrně, tedy po celé ploše místnosti. Jedná se o bezprašný provoz, otopná plocha v interiéru nezabírá užitečný prostor.

Nevýhodou teplovzdušného vytápění je možnost víření a roznášení prachu prouděním vzduchu. Tato nevýhoda se vyskytuje u všech systémů nuceného větrání. Tomuto problému může být zamezeno, pokud se navrhne správná rychlost proudění vzduchu vyústkami. Výhodou je, že společně s vytápěním můžeme místnosti i větrat. Dále také čistý provoz a snadná obsluha.

#### *Větrání*

Největší odlišnost se ukazuje při srovnání variant 1 a 2 versus varianta 3. V prvních dvou variantách jsou vždy použity dvě jednotky na větrání (pro obytnou část a bazén). V případě varianty 3 jsou použity lokální jednotky. Tyto jednotky disponují velmi malým průtokem vzduchu. Na obytnou část je možné lokální jednotky použít i při jejich poměrně velkém množství. Bohužel

pro místnost s bazénem jsou zcela nevhodné. Jejich počet jen pro tuto místnost by byl téměř poloviční jako pro obytnou část domu. Toto řešení se ukazuje jako nejméně vhodné.

Rozvody jsou v případě varianty 1 z Flexo potrubí. Toto potrubí je možno různě ohnout, případně zkracovat na požadovanou délku. Pokud bychom z Flexo potrubí chtěli přímou část rozvodu, nikdy se zcela nevyrovná. Nevýhodou jsou jeho horší tlakové ztráty a větší hlučnost kvůli nerovnostem potrubí. Je to ovšem levnější materiál pro rozvod než pozinkovaný plech použitý ve variantě 2.

Vzhledem ke všem kladům a záporům jednotlivých částí systémů se zdá být nejlepší varianta teplovzdušné vytápění s kombinací podlahového vytápění jako doplňkového vytápění a jako zdroj tepla tepelné čerpadlo. Tomu odpovídá **varianta 2**.

## 5.2 Environmentální dopad

Environmentální dopad varianty 1 a 2 je v podstatě shodný. Obě varianty mají jako zdroj tepla tepelné čerpadlo, vzduchotechnické jednotky na výměnu vzduchu a podobné materiály na rozvody.

Varianta 3 uvažuje s peletovým kotlem a lokálními větracími jednotkami.

Z pohledu všech systémů větrání by se dalo říci, že je environmentální dopad shodný ve všech variantách. Vnitřní prostředí domu nebude zatěžované hlukem a vnější prostředí škodlivými látkami.

Z pohledu tepelných zdrojů již určité odlišnosti jsou. Tepelné čerpadlo nespaluje pevné palivo, a tak se do ovzduší nedostanou žádné emise. Oproti tomu peletový kotel určité emise vypouští. Jejich hodnoty jsou stále poměrně nízké ve srovnání například s kotlem na spalování uhlí. Topení peletami lze zařadit mezi ekologické vytápění.

Tabulka č. 9 - Porovnání výsledků jednotlivých variant vyhodnocených v PENB

		Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Celková dodaná energie	MWh/rok	64,46	83,2	60,85
Neobnovitelná primární energie	MWh/rok	46,96	54,47	32,66
Podíl energonositelů na dodané energii				
Elektřina	MWh/rok	8,34	10,85	7,32
Energie okolního prostředí	MWh/rok	38,79	49,54	
Dřevěné peletky	MWh/rok			53,53

Tabulka č. 10 - Porovnání vyprodukovaných emisí

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	
	<i>Elektřina</i>	<i>Elektřina</i>	<i>Elektřina</i>	<i>Dřevěné pelety</i>
<i>Znečišťující látka</i>	<i>kg/rok</i>	<i>kg/rok</i>	<i>kg/rok</i>	<i>kg/rok</i>
Tuhé znečišťující látky	0,31	0,4	0,27	2,82
PM <sub>10</sub>				2,82
PM <sub>2,5</sub>	0,18	0,24	0,16	2,79
SO <sub>2</sub>	7,02	9,13	6,16	1,71
NO <sub>x</sub>	4,73	6,16	4,16	15,94
NH <sub>3</sub>				
VOC	0,02	0,03	0,02	
CO	0,72	0,94	0,63	
TOC				3,8
CO <sub>2</sub>	8436,7	10975,9	7404,9	18133,8

Z hlediska emisí z elektrické energie vychází nejlépe varianta 3, ale zde se přidávají emise také ze spalování dřevěných pelet. Díky tomu vychází mnohem lépe další dvě varianty.

Z hlediska environmentálního dopadu lze uvažovat o **variantě 1**, případně také o **variantě 2**.

### 5.3 Investiční náklady

V tabulce jsou uvedeny náklady na jednotlivé varianty použitých systémů v rodinném domě.

Tabulka č. 11 – Porovnání investičních nákladů

v Kč	Vytápění	Větrání	Celkem
Varianta 1	816400	343800	1160200
Varianta 2	500300	424400	924700
Varianta 3	229400	445600	675000

Nejlevnější systém vytápění vychází varianta 3 - použití kotle na pelety a teplovodního vytápění s deskovými otopnými tělesy. Nejdražší systém větrání vychází varianta 1 – rovnotlaké větrání s rekuperací tepla.

Z hlediska investičních nákladů lze uvažovat o **variantě 3**.

## 5.4 Provozní náklady

Tabulka č. 12 – Porovnání provozních nákladů

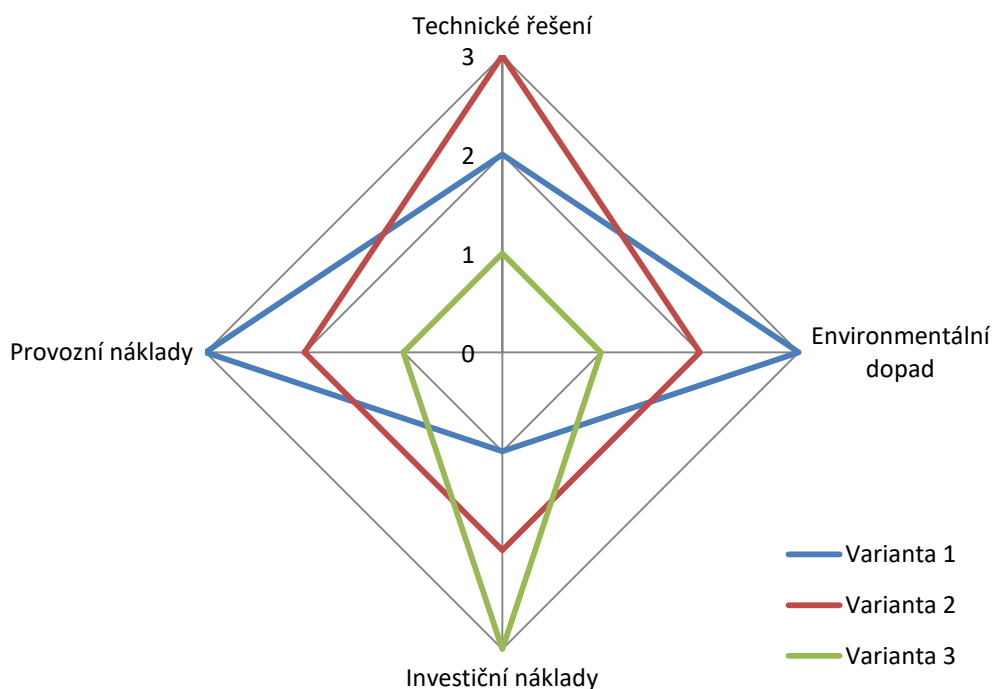
Provozní náklady v Kč	
Varianta 1	37 500
Varianta 2	46 200
Varianta 3	84 100

Z výsledků z tabulky lze uvažovat o **variantě 1**, případně o **variantě 2**.

## 5.5 Výsledná varianta

Z celkového shrnutí je vybrána jako výsledná varianta 2 - tepelné čerpadlo, teplovzdušné vytápění s větráním s rekuperací tepla. Samozřejmě, že vždy najdeme pro a proti ke všem systémům a nikdy není jednoznačná odpověď „tento systém je nejlepší“. Určitě také záleží na požadavcích investora, které je nutno brát v potaz.

Graf č. 1 - Porovnání jednotlivých výsledků



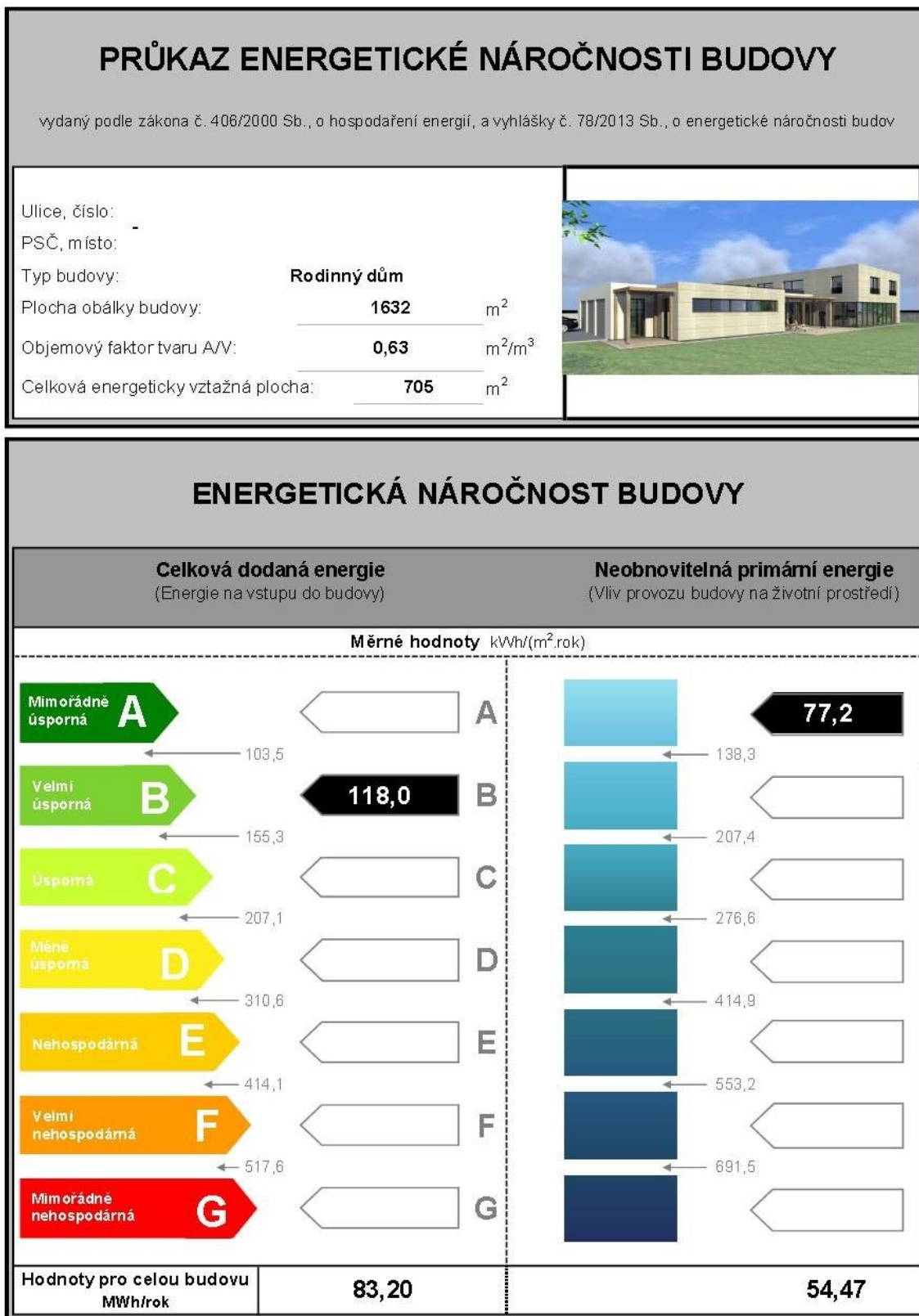
(1 – nejhorší výsledek, 3 – nejlepší výsledek)

(Varianta 1 - TČ, teplovodní vytápění, rovnotlaké větrání; varianta 2 - TČ, teplovzdušné vytápění s větráním; varianta 3 - kotel na pelety, teplovodní vytápění, decentralizované větrání)

Z grafu vidíme, že varianta 3 dopadla nejhůře. Varianta 1 a 2 jsou často poměrně hodnotově srovnatelné, ale varianta 2 má nejlepší technické řešení a zbylé parametry vyrovnané.

## 6 Průkaz energetické náročnosti

Grafická část průkazu energetické náročnosti výsledné varianty vypracované ve výpočetním nástroji NKN. [8]



### DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

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

Doporučení

Popis opatření je v protokolu průkazu a vyhodnocení jejich dopadu ma energetickou náročnost je znázorněn šipkou



### UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	$U_{em}$ W/(m <sup>2</sup> .K)	Dílčí dodaná energie			Měrné hodnoty kWh/(m <sup>2</sup> .rok)		
<b>A</b>		71,7					5,1
<b>B</b>				9,8			
<b>C</b>	0,32					31,3	
<b>D</b>							
<b>E</b>							
<b>F</b>							
<b>G</b>							
<b>Hodnoty pro celou budovu</b> MWh/rok		50,6	0,0	6,9	0,0	22,1	3,6

Zpracovatel:	Bc. Kateřina Mairichová	Osvědčení č.:	nevyplněno
Kontakt:	nevyplněno	Vyhotoveno dne:	nevyplněno
		Podpis:	



## 7 Závěr

Předmětem diplomové práce bylo zpracování několika variant vytápění a větrání pro rodinný dům. Vybrané varianty byly posouzeny z několika zadaných hledisek a výsledkem bylo vybrání a následné zpracování nejvhodnější varianty pro rodinný dům. Těmto kritériím odpovídala nejvíce varianta č. 2 – zdroj tepelné čerpadlo, systém teplovzdušné vytápění s větráním. Ačkoliv se neukázala ve všech směrech jako nejlepší, i tak byla vybrána tato. Vždy také záleží na požadavcích budoucích obyvatel objektu. Teplovzdušné vytápění s větráním je navrženo tak, aby během zimy zajišťovalo požadovaný tepelný komfort v interiéru a zároveň, aby během celého roku došlo k požadované výměně vzduchu v interiéru za vzduch čerstvý.

Vybraná varianta je následně v druhé části diplomové práce nazvané Projekt zpracována dle příslušných norem na úrovni rozšířené dokumentace pro stavební povolení.

V projektu je kladen důraz na dodržování technických norem, také na dispoziční požadavky dle zvolené studie půdorysů. Projekt obsahuje technickou zprávu a příslušné výkresy vytápění a větrání. Dále také doplňující výpočty, které byly třeba k výslednému návrhu.

## 8 Seznam použité literatury

### Normy a vyhlášky

- [1] ČSN EN 12831 – Výpočet tepelného výkonu
- [2] Vyhláška č. 480/2012 Sb. – *Vyhláška o energetickém auditu a energetickém posudku*

### Webové adresy

- [3] [www.alpha-innotec.cz](http://www.alpha-innotec.cz)
- [4] [www.medenerozvody.cz](http://www.medenerozvody.cz)
- [5] [www.korado.cz](http://www.korado.cz)
- [6] [www.atrea.cz](http://www.atrea.cz)
- [7] [www.uponor.cz](http://www.uponor.cz)
- [8] [www.nkn.fsv.cvut.cz](http://www.nkn.fsv.cvut.cz)
- [9] [www.kalkulator.tzb-info.cz](http://www.kalkulator.tzb-info.cz)
- [10] [www.atmos.eu](http://www.atmos.eu)
- [11] [www.lunos.cz](http://www.lunos.cz)
- [12] [www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/43-prehled-cen-pelet](http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/43-prehled-cen-pelet)

### Publikace

- [13] Bašta, Jiří. *Velkoplošné sálavé vytápění*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, a.s., 2010. 128 s. ISBN 978-80-247-3524-5.
- [14] Kolektiv autorů. *Vytápění*. Informační a poradenské středisko ČEZ, a.s., Společnost pro techniku prostředí, 1996. 268 s. ISBN 80-02-01074-4.