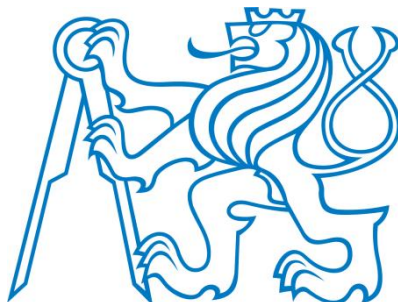


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ**

**KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**



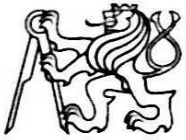
**VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ INTELIGENTNÍHO  
DVOUGENERAČNÍHO DOMU S TĚMĚŘ  
NULOVOU SPOTŘEBOU ENERGIE**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**MARKÉTA VAGENKNECHTOVÁ**

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

**2016/2017**



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Vagenknechtová Jméno: Markéta Osobní číslo: 396347  
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 dvougeneračního domu s téměř nulovou spotřebou energie

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

Pokyny pro vypracování:

Zpracujte průkaz energetické náročnosti daného objektu a navrhnete opatření vedoucí ke splnění požadavků na budovu s téměř nulovou spotřebou energie dle vyhlášky 78/2013 Sb. Aplikujte navržená opatření na řešení konkrétního objektu formou zpracování projektové dokumentace vytápění a větrání na úrovni rozšířené dokumentace pro stavební povolení ve smyslu vyhlášky 499/2006 Sb včetně koncepčního řešení měření a regulace.

Seznam doporučené literatury:

Kabele a kol.: Energetické a ekologické systémy budov I 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)

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze, 21. 5. 2015

.....  
podpis autora

# **Poděkování**

Na tomto místě chci poděkovat prof. Ing. Karlu Kabelemu, CSc. za vstřícnost při konzultacích, za rady, připomínky a vedení mé diplomové práce. Dík patří také svým rodičům a sourozencům za podporu při tvorbě práce a po celou dobu studia.

# Obsah

Abstrakt.....	7
1. Úvod .....	8
2. Hospodaření s energiemi .....	10
2.1 Zákon o hospodaření energií.....	10
2.2 Státní energetická koncepce.....	10
3. Energetická náročnost budovy.....	12
3.1 Průkaz energetické náročnosti .....	12
3.2 PENB versus Energetický štítek obálky budovy .....	14
3.3 Posouzení energetické náročnosti .....	14
4. Budova s téměř nulovou spotřebou energie .....	16
4.1 Platnost vyhlášky .....	17
5. Dvougenerační rodinný dům .....	19
5.1 Popis objektu.....	19
5.2 Stávající stav .....	20
5.2.1 Konstrukce .....	20
5.2.2 TZB systémy .....	20
5.2.3 Hodnocení stávajícího stavu .....	21
5.3 Opatření vedoucí ke snížení spotřeby energie .....	23
5.4 Nový stav .....	24
5.4.1 Konstrukce .....	24
5.4.2 TZB systémy .....	24
5.4.3 Hodnocení nového stavu .....	26
6. Navržené systémy.....	28
6.1 Vytápění.....	29
6.1.1 Tepelné čerpadlo .....	29

6.1.2	Otopná soustava .....	31
6.1.3	Podlahové vytápění .....	32
6.1.4	Trubková otopná tělesa .....	33
6.2	Větrání .....	35
6.2.1	Nucené podtlakové větrání.....	35
6.2.2	Větrání bazénu .....	37
7.	Závěr.....	39
	Seznam literatury a zdrojů .....	41
	Seznam použitých obrázků .....	43
	Seznam příloh .....	43

# Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá energetickou náročností dvougeneračního domu. Cílem práce je optimalizovat stávající stav objektu za účelem snížení energetické náročnosti a dosažení požadavků na budovu s téměř nulovou spotřebou energie.

Práce popisuje kritéria na budovu s téměř nulovou spotřebou energie a možná opatření vedoucí ke splnění těchto požadavků. Jsou zpracovány průkazy energetické náročnosti pro původní a nový optimalizovaný stav. Navrhovaná opatření v oblasti vytápění a větrání jsou dále podrobně zpracována formou dokumentace pro stavební povolení.

Navrženými opatřeními se podařilo dosáhnout stanoveného cíle a z objektu se stal dům s téměř nulovou spotřebou energie. Výsledkem je tedy úspora energie, úspora financí, zvýšení komfortu pro uživatele a šetrnost k životnímu prostředí.

## Klíčová slova

energetická náročnost, budova s téměř nulovou spotřebou energie, průkaz energetické náročnosti, optimalizace, opatření, úspora energie, vytápění, větrání, rodinný dům, dvougenerační dům

## Abstract

This diploma thesis deals with the energy performance of the two-generation house. The aim of the thesis is to optimize the current state of the building in order to reduce the energy performance and to achieve the requirements for nearly zero-energy building.

This thesis describes the criteria for nearly zero-energy building and considers possible measures to meet these requirements. Energy performance certificates for both the original and new optimized state are processed. The proposed measures in the field of heating and ventilation are further elaborated on in the form of documentation for building permits.

The proposed measures succeeded in achieving the target set and the house became the nearly zero-energy building. The result is energy and money savings as well as increase in user-friendliness and environmental consideration.

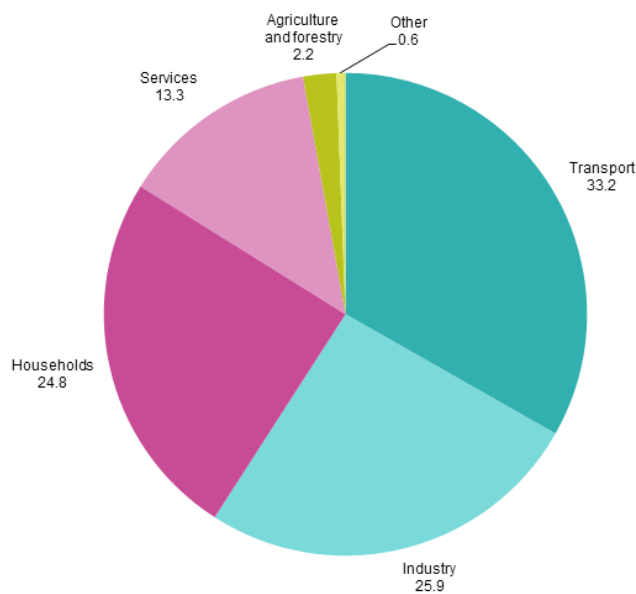
## Key words

energy performance, nearly zero-energy building, energy performance certificate, optimization, measures, energy saving, heating, ventilation, family house, two-generation house

# 1. Úvod

Se zvyšující se životní úrovní rostou požadavky lidí na komfort v budovách a to vyúsťuje ve zvyšování množství spotřebované energie. Tento nárůst spotřeby energie byl již v minulosti zaznamenán širokou veřejností, což vedlo k zamyšlení a ke snaze toto zvyšování zastavit a začít spotřebu energie naopak snižovat. Evropská Unie tedy vydává nařízení a doporučení, která mají postupné snižování spotřeby energie v rámci Evropy zajistit. Zda a nakolik je v tomto směru Evropská Unie úspěšná a zda je tato centrální regulace pro všechny členské státy vhodná, necháme posoudit jiné.

Cílový sektor pro snižování spotřeby energie není pouze průmysl nebo doprava. Ty se pro obyčejného člověka mohou zdát vzdálené a těžko ovlivnitelné. Velký prostor poskytují také domácnosti, které jsou nám všem velmi blízké.

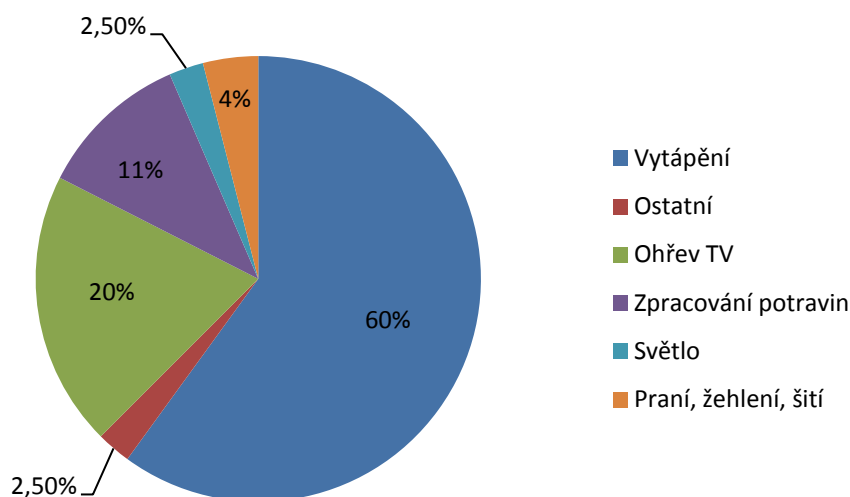


Obrázek 1 – Spotřeba energie v EU v roce 2014 [1]

Dle statistik Evropské Unie a z výše uvedeného grafu můžeme vyčíst, že téměř 25 % spotřeby energie tvoří právě domácnosti. Jedná se tedy po dopravě a průmyslu o třetí největší podíl. Zbytek do 100 % tvoří služby, zemědělství a lesnictví a ostatní. V domácnostech je tudíž velký potenciál pro úsporu energie a ovlivnit to může každý z nás.



Rozložení spotřeby energie v domácnostech se značně liší dle typu a kvality budovy, účinnosti systémů, způsobu užívání a dalších parametrů. Průměrné hodnoty v ČR podle průzkumu teplotenského sdružení můžeme vidět na níže zobrazeném grafu.



Obrázek 2 – Průměrné rozdělení spotřeby energie v domácnostech ČR [2]

Nad relevantností tohoto grafu se dá polemizovat, nicméně můžeme s jistotou říci, že ve spotřebě energie v domácnostech představují tzb systémy dominantní podíl. Optimalizací těchto systémů lze dosáhnout žádoucího snížení spotřeby energie. Proto se tato diplomová práce věnuje tématu snižování energetické náročnosti budov, především díky použití vhodných tzb systémů, neboť tím je možné naplnit požadavky a doporučení státu, udržovat či navyšovat komfort pro uživatele a zlepšovat situaci životního prostředí.

## 2. Hospodaření s energiemi

Trend snižování energetické náročnosti budov je proces, který v našich podmínkách funguje již celkem dlouhodobě a přirozeně jako výsledek snahy o optimalizaci investičních a provozních nákladů budov. Toto snižování podporuje i česká legislativa v podobě nejrůznějších zákonů týkajících se energií.

### 2.1 Zákon o hospodaření energií

Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií je velmi důležitý, neboť je v něm ukotveno mnoho potřebných zásad a informací. Nachází se v něm státní energetická koncepce, která uvádí směr vývoje energetického hospodaření v České republice. Jelikož toto hospodaření neustále prochází vývojem, je nutné, aby i zákon byl upravován podle aktuálních požadavků. K novelám nejčastěji dochází kvůli potřebě přizpůsobit české právní předpisy nařízením Evropské Unie, implementovat směrnice, které se nesou v duchu zvyšování energetické účinnosti a upřesnění pravidel pro efektivní nakládání s energií, neboť v oblasti energetiky dochází k permanentnímu vývoji, na který je třeba reagovat. [3]

### 2.2 Státní energetická koncepce

*„Státní energetická koncepce je strategickým dokumentem vyjadřujícím cíle státu v nakládání s energií v souladu se zásadami trvale udržitelného rozvoje, zajištěním bezpečnosti dodávek energie, konkurenceschopnosti hospodářství a sociální přijatelnosti pro obyvatelstvo a je přijímaná na období 25 let.“ [4]*

Jak z definice vyplývá, státní energetická koncepce má za úkol stanovit cíle, ke kterým má směřovat vývoj hospodaření s energiemi. Dlouhodobou vizí energetiky je spolehlivé, cenově dostupné a dlouhodobě udržitelné zásobování energií.

Za důležitou část koncepce se dá považovat i stanovení podílu obnovitelných zdrojů na struktuře primárních energetických zdrojů. Zabezpečení udržitelného rozvoje lze

dosáhnout především větším podílem využití obnovitelných zdrojů. Důvody k tomu jsou zřejmé - snižují se zásoby fosilních paliv, roste světová populace i nároky jednotlivců na celém světě na energii, prohlubuje se závislost civilizace na spolehlivé dodávce elektrické energie, atd.

Další část je koncept maximální nezávislosti na cizích zdrojích energie, především na zdrojích energie z rizikových oblastí a maximální možné zabezpečení spolehlivosti dodávek z cizích zdrojů. Tento faktor hraje zásadní roli z politických i ekonomických důvodů. Být soběstačnou a nezávislou zemí je bezesporu velkou výhodou, neboť historie už ukázala, jak fosilní paliva mohou ovlivňovat politickou situaci, neboť nejsou nevyčerpatelná a jejich zásoby nejsou rovnoměrně rozloženy po světě. [5]

### **3. Energetická náročnost budovy**

Pojem energetická náročnost je všeobecně znám už díky v minulosti zavedeným energetickým štítkům pro elektrické spotřebiče. Málokdo by si koupil na příklad ledničku v energetické třídě D. Chování zákazníků ovlivnilo trh natolik, že nevhodné elektrické spotřebiče se přestaly vyrábět.

Stejný proces se očekává i na trhu s nemovitostmi při zavedení posuzování energetické náročnosti v podobě průkazu energetické náročnosti budovy. Tento průkaz je obdobou energetického štítku, který známe u elektrických spotřebičů, ale disponuje větší závažností vzhledem k porovnání životnosti budov s elektrickými spotřebiči. Při koupi domu nebo bytu se tedy stává energetický průkaz jedním z prodejních argumentů. Cena neúspěšných budov klesá dolů, zatímco cena nemovitostí s nízkou energetickou náročností stoupá. Tyto nemovitosti jsou na trhu vyhledávány, neboť představují záruku dobré investice do budoucna.

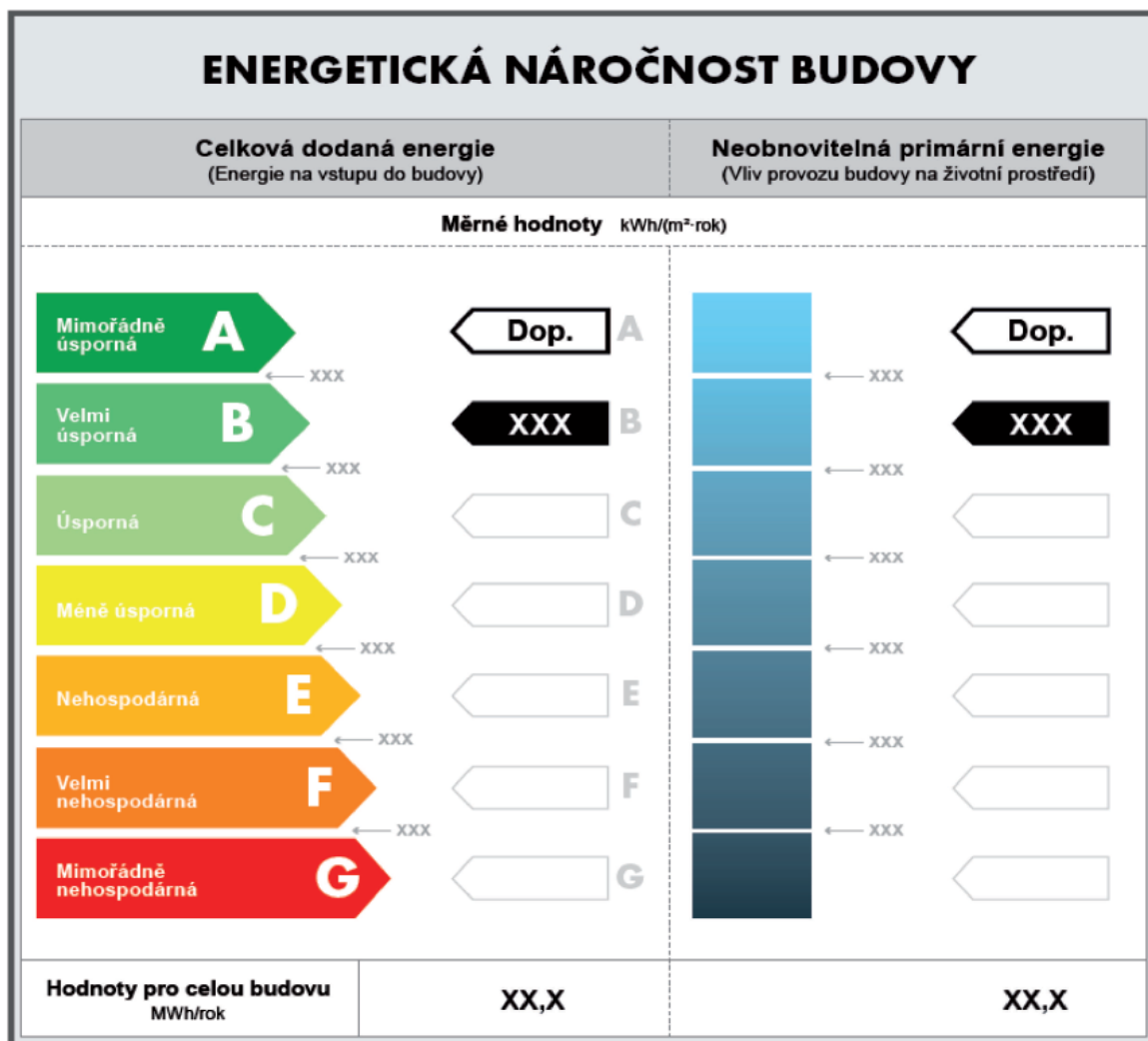
Zavedení průkazu energetické náročnosti vychází ze snahy Evropské Unie snížit spotřebu energie a emise CO<sub>2</sub>. Hotová budova si s sebou nese svoji energetickou náročnost po celou dobu své existence. Ovlivnit ji tedy lze pouze při stavbě nebo rekonstrukci, proto předpisy postihují právě novostavby a rekonstrukce. [6]

#### **3.1 Průkaz energetické náročnosti**

Průkaz energetické náročnosti (PENB) je definován v ustanovení zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, v platném znění a metodika jeho zpracování, obsah, vzor a jeho umístění je upraveno ve vyhlášce č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov.

Průkaz dokumentuje spotřebu energie nutné pro provoz budovy za rok a v důsledku toho je v průkazu hodnocená budova začleňována do jedné ze sedmi skupin energetické náročnosti A až G, přičemž skupina A zastupuje mimořádně úspornou budovu a skupina G mimořádně nevhodnou budovu. Průkaz tvoří protokol prokazující energetickou náročnost budovy a grafické znázornění energetické náročnosti. Protokol obsahuje soubor údajů, které budovu charakterizují a jsou nezbytné pro výpočet energetické náročnosti

budovy a jejího zařazení do jedné ze sedmi skupin. Součástí protokolu jsou také doporučená opatření pro technicky a ekonomicky efektivní snížení energetické náročnosti budovy a její modernizaci. [7]



Obrázek 3 – Grafické znázornění průkazu energetické náročnosti budovy [8]

Pojem energetická náročnost budovy zahrnuje spotřebu energie na vytápění, ohřev vody, větrání, chlazení, osvětlení a také pohon podpůrných systémů, jako jsou čerpadla, motory a ventilátory. Není zde tedy zahrnut provoz elektrospotřebičů, jako je lednička, pračka atd. Poměr spotřeb energie v jednotlivých kategoriích se značně liší typem budovy. Kancelářská budova může mít největší spotřebu na chlazení, kdežto dobře zateplený rodinný dům nejvíce energie spotřebovává na ohřev teplé vody.

Z energetického průkazu lze pouze částečně poznat, jaké budou náklady na provoz budovy. Úsporná budova bude mít vždy nižší provozní náklady, než budova neúsporná, za předpokladu, že obě spotřebovávají stejný typ energie. Pokud ale porovnáme rodinný dům s plynovým kotlem se stejným domem s elektrickým vytápěním, tak přestože budou mít oba stejné energetické hodnocení, rozdíl v provozních nákladech bude významný.

Průkaz porovnává budovy bez vlivu místa, kde dům stojí a bez vlivu odlišného chování. Výpočet se provádí pro smluvní klimatické podmínky a tzv. standardizované užívání budovy. Smyslem průkazu je vzájemně porovnávat kvalitu budovy jako výrobku, bez vlivu okolních podmínek. [6]

## **3.2 PENB versus Energetický štítek obálky budovy**

Průkaz energetické náročnosti může být svojí podobou zaměnitelný s energetickým štítkem obálky budovy, který se zpracovává dle české technické normy ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov. Část 2: Funkční požadavky. Štítek posuzuje pouze obálku budovy – její celkovou tepelně-izolační schopnost vyjádřenou průměrnou hodnotou součinitele prostupu tepla. Byl zaveden proto, že budovy se liší svým architektonickým ztvárněním, a přestože dílčí konstrukce mohou splňovat podmínky na součinitele prostupu tepla, díky různému poměru zasklení a neprůsvitné konstrukce budovy vykazují odlišné průměrné součinitele prostupu tepla. Zjednodušeně by se nechalo říct, že čím větší má budova prosklenou část, která nemůže splňovat parametry neprůsvitné konstrukce, tím lépe musí být zbytek obálky budovy izolován. [6]

## **3.3 Posouzení energetické náročnosti**

Posouzení energetické náročnosti budovy stanovuje vyhláška 78/2013 Sb. Přesným postupem je určeno, jak se budova má posoudit – jaké jsou ukazatelé energetické náročnosti budovy a jejich stanovení, zabývá se výpočty dodané a primární energie do budovy a také posouzením technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie.

Princip stanovení energetické náročnosti budovy spočívá v hodnocení posuzované budovy podle budovy referenční, která představuje výpočtově definovanou budovu 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 dané právě touto vyhláškou. [8]

Výpočet probíhá ve dvou částech. První část představuje zadání, výpočet a výstupy pro řešenou budovu – budova hodnocená, druhou část představuje zadání, výpočet a výstupy pro referenční budovu s požadovanými hodnotami referenčních parametrů. Hodnocení budovy je pak prakticky prováděno pomocí porovnávání těchto dvou částí.

Ukazatelé energetické náročnosti budovy:

- celková primární energie za rok
- neobnovitelná primární energie za rok
- celková dodaná energie za rok
- dílčí dodané energie pro technické systémy vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení za rok
- průměrný součinitel prostupu tepla
- součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici
- účinnost technických systémů

## 4. Budova s téměř nulovou spotřebou energie

Zákon č. 406/2000 Sb., definuje budovu s téměř nulovou spotřebou energie jako budovu s velmi nízkou energetickou náročností, jejíž spotřeba energie je ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů. Tato definice je pak konkretizována ve vyhlášce č. 78/2013 Sb., která stanovuje dva požadavky.

„Velmi nízká energetická náročnost“ je definována redukčním činitelem požadované základní hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla. Pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie je tento redukční činitel roven 0,7.

Parametr	Označení	Jednotky	Referenční hodnota		
			Dokončená budova a její změna	Nová budova	Budova s téměř nulovou spotřebou energie
Redukční činitel požadované základní hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla	$f_R$	-	1,0	0,8	0,7

Obrázek 4 – Parametry a hodnoty referenční budovy [8]

Aby byl tento požadavek splněn, musí mít posuzovaná budova průměrný součinitel prostupu tepla menší nebo roven hodnotě referenční budovy snížený o 30 %. Tuto hodnotu průměrného součinitele prostupu tepla lze na příklad získat použitím doporučených hodnot součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí dle ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov – Část 2:Požadavky, a referenční přírážky na vliv tepelných vazeb. Vzhledem k tomu, že požadavek je kladen na průměrný součinitel prostupu tepla, všechny dílčí konstrukce nemusí splňovat doporučené parametry. Zjednodušeně řečeno, kde bude na kvalitě součinitele prostupu tepla ubráno, musí být na jiné konstrukci přidáno. V dnešní době se stává standardem stavět budovy s doporučenými hodnotami na obálku budovy, toto kritérium není tedy nikterak přísné a není obtížné jej dosáhnout. [9]

Druhá část definice „spotřeba energie je ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů“ je ve vyhlášce konkrétně vyjádřena pomocí procentuálního snížení hodnoty neobnovitelné primární energie stanovené pro referenční budovu.



Parametr	Označení	Jednotky	Druh budovy nebo zóny	Referenční hodnota		
				Dokončená budova a její změna po 1.1. 2015	Nová budova po 1.1. 2015	Budova s téměř nulovou spotřebou u energie
Snížení hodnoty neobnovitelné primární energie stanovené pro referenční budovu	$\Delta_{e,p,R}$	%	Rodinný dům	3	10	25
			Bytový dům	3	10	20
			Ostatní budovy	3	8	10

Obrázek 5 – Snížení hodnoty neobnovitelné primární energie stanovené pro referenční budovu [8]

Vypočtená hodnota spotřebované neobnovitelné primární energie pro referenční budovu s patřičnými parametry se dle typu budovy snižuje o 10-25 %. Této snížené hodnoty pak musí posuzovaná budova dosáhnout, aby splnila druhý požadavek na budovu s téměř nulovou spotřebou energie. Snížení je možné dosáhnout zvýšením využití obnovitelných zdrojů, zvýšením parametrů stavebních prvků obálky budovy nebo zvýšení účinnosti technických systémů budovy.

Požadavky na budovu s téměř nulovou spotřebou energie nejsou nikterak přísné ani progresivní. V současné době jsou tyto požadavky překonány technologií pasivních domů a možností mnoha typů obnovitelných a vysoce účinných zdrojů energie. [9]

## 4.1 Platnost vyhlášky

Vyhláška č. 78/2013 Sb. vyžaduje, aby projektová dokumentace novostaveb všech budov splňovala požadavek pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie od 1. 1. 2020. Platnost vyhlášky se postupně vztahuje na budovy již od roku 2016 dle velikosti energeticky vztažné plochy a vlastníka budovy. [10]

Vlastník budovy	Energeticky vztažná plocha		
	> 1500 m <sup>2</sup>	> 350 m <sup>2</sup>	< 350 m <sup>2</sup>
Budovy, jejímž vlastníkem a uživatelem bude orgán veřejné moci nebo subjekt zřízený orgánem veřejné moci	<b>Od 1. 1. 2016</b>	<b>Od 1. 1. 2017</b>	<b>Od 1. 1. 2018</b>
Ostatní budovy	<b>Od 1. 1. 2018</b>	<b>Od 1. 1. 2019</b>	<b>Od 1. 1. 2020</b>

Obrázek 6 – Data platnosti požadavku na budovy s téměř nulovou spotřebou energie v ČR [10]

Vyhláška se nejdříve vztahovala na velké budovy veřejné moci, na které požadavky platí už od 1. 1. 2016. Ostatní budovy se přidaly na začátku roku 2018. Od 1. 1. 2020 bude vyhláška platit pro všechny novostavby.

## 5. Dvougenerační rodinný dům

Předmětem diplomové práce se stal objekt dvougeneračního rodinného domu. Na stávající stav tohoto objektu byl zpracován průkaz energetické náročnosti, byla navržena opatření vedoucí ke snížení spotřeby energie za účelem dosažení požadavků na budovu s téměř nulovou spotřebou energie. Na nový stav byl opět zpracován průkaz energetické náročnosti, aby se ověřilo, zda bylo požadavků dosaženo.

### 5.1 Popis objektu

Dům se nachází v Praze 6 – Dejvice v ulici Na Kodymce. Dům je řešen jako solitér, stejně jako okolní zástavba. Je čtyřpodlažní s jedním podlažím částečně pod terénem. Objekt je určen výhradně pro bydlení, je navržen pro 6 trvalých uživatelů. Kromě obytných místností se v objektu nachází bazén a garáž, které byly dodatečně přistavěny. Výškové uspořádání respektuje okolní zástavbu a splňuje požadavky na odstupové vzdálenosti obytných staveb. Dopravní napojení je z ulice Na Kodymce. Dům projde v rámci diplomové práce modernizací, nedojde ke změně užívání stavby. Jedná se o změnu dokončené stavby.



Obrázek 7 – Pohled na východní fasádu objektu [11]

Řešený prostor se nachází na pozemku stavebníka, parcela č. 3406 a 3407 v katastrálním území Dejvice v Praze, kde je umístěna samostatně stojící vila. Stavba se nachází v památkově chráněném území a v nezáplavovém území. Zahrada kolem objektu je upravená s částečně zpevněnými plochami a vzrostlými stromy. Rodinný dům se zpevněnými plochami zabírá cca 320 m<sup>2</sup>.

Rodinný dům je rozdělen do 3 zón se stejnými provozními a mikroklimatickými požadavky. Zóna 1 představuje obytný prostor objektu. Zahrnuje původní čtyřpodlažní objekt bez přístaveb. Jedná se o hlavní a největší část objektu. Zóna 2 je garáž, která je k původnímu objektu přistavěna na jižní straně. Zónu 3 zastupuje bazén, který je také připojen k původnímu objektu na jižní straně.

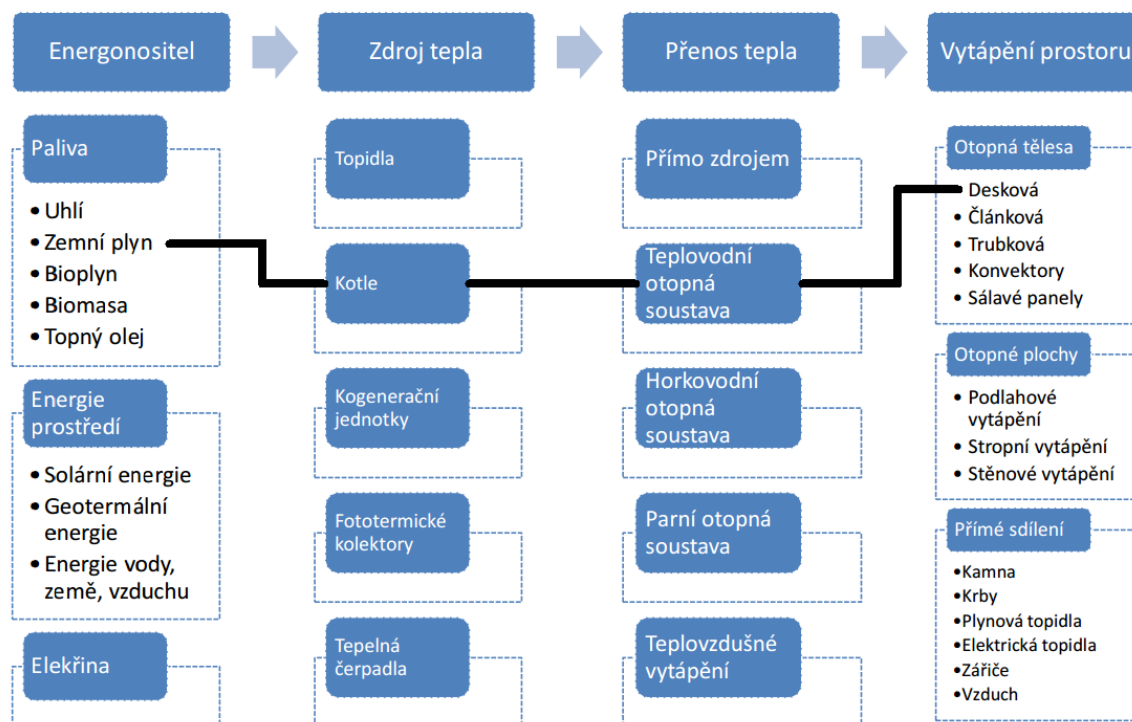
## **5.2 Stávající stav**

### **5.2.1 Konstrukce**

Stav konstrukcí před modernizací byl definován součinitelem prostupu tepla  $U$  [W/(m<sup>2</sup>\*K)] na požadované hodnoty dle ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky, pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou v intervalu 18 až 22°C.

### **5.2.2 TZB systémy**

Zdroj tepla v objektu je plynový kotel, který pokrývá tepelnou ztrátu zóny 1 a zóny 3. Zóna 2 zůstává nevytápěná. Účinnost výroby tepla plynového kotle byla určena na 80 %. Otopná soustava je dvoutrubková s nuceným oběhem s deskovými otopnými tělesy. Účinnost sdílení tepla mezi vytápěnou zónou a otopnými tělesy byla stanovena na 88 %. Bylo počítáno s 85% účinností rozvodů tepla kvůli nedostatečné tepelné izolaci.



Obrázek 8 – Systém vytápění stávajícího stavu [12]

Chlazení v budově není navrženo.

Vzduchotechnika je využita pouze v zóně 3 a to v podobě podtlakového systému. Objemový tok čerstvého vzduchu byl stanoven na základě vodní plochy bazénu na  $600 \text{ m}^3/\text{h}$  v době užívání. Zóna 1 a zóna 2 počítá s přirozeným větráním.

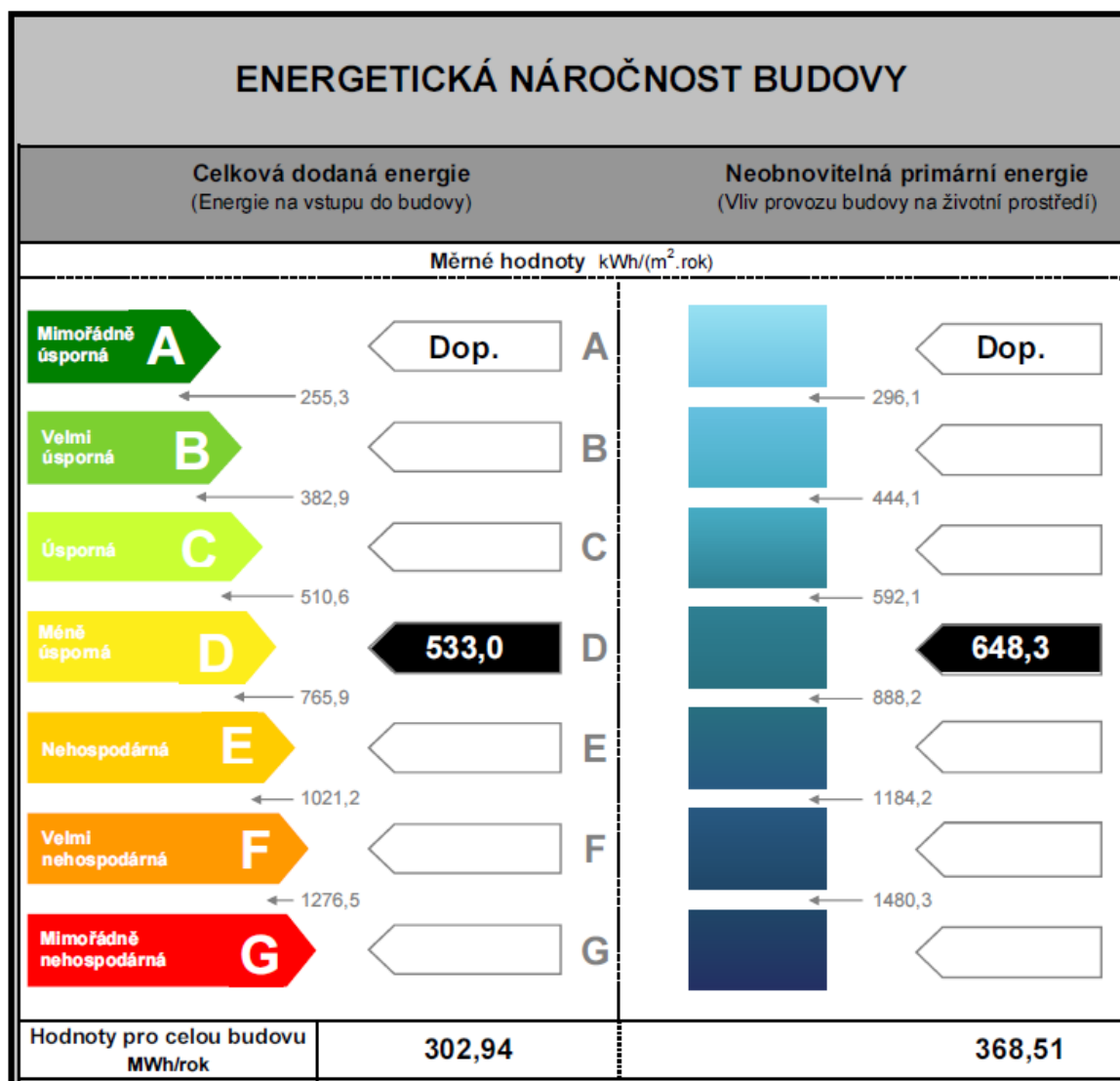
Příprava TV je zajištěna elektrickým ohřivačem s účinností 85 %. Denní měrná ztráta zásobníku TV a denní měrná ztráta rozvodů byla stanovena dle TNI 730331 Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet.

Osvětlení ve všech zónách zajišťuje žárovkové osvětlení. Faktor míry přeměny elektrického příkonu svítidla na tepelné zisky dosahuje 90 %.

### 5.2.3 Hodnocení stávajícího stavu

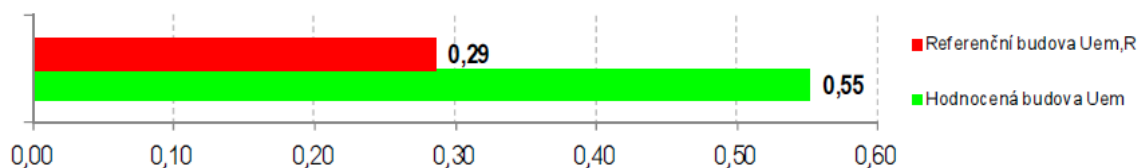
Stávající stav rodinného domu vykazuje tepelnou ztrátu 35,4 kW. Celková dodaná energie do budovy je 302,94 MWh/rok. Při energeticky vztažené ploše  $568 \text{ m}^2$ , vychází

celková dodaná energie na 533 kWh/m<sup>2</sup> za rok. Budova je zaříděna do kategorie D – méně úsporná.

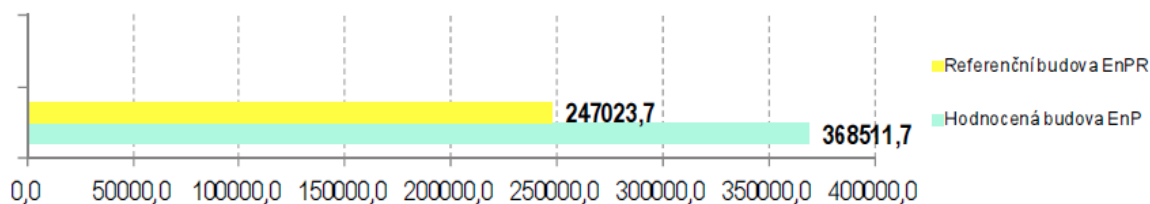


Obrázek 9 – Energetická náročnost budovy – stávající stav

Hodnocení z hlediska budovy s téměř nulovou spotřebou energie:



Obrázek 10 – Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy – stávající stav



Obrázek 11 – Neobnovitelná primární energie – stávající stav

Grafy zobrazují porovnání stávajícího stavu hodnocené budovy s budovou referenční. V obou případech jsou hodnoty posuzované budovy vyšší než u budovy referenční. Dům tedy nesplnil jak kritérium na průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy, tak požadavky na neobnovitelnou primární energii. Dům v hodnocení nevyhověl a nemůže být označen za budovu s téměř nulovou spotřebou energie.

### 5.3 Opatření vedoucí ke snížení spotřeby energie

Možná opatření vedoucí ke snížení spotřeby energie, potažmo dosažení hodnocení budovy jako s téměř nulovou spotřebou energie, při zachování stejné kvality vnitřního prostředí v objektu (pozn.: zvýrazněny jsou opatření využita pro nový stav):

- **tepelně-technická sanace obvodového pláště** – zateplení obvodových konstrukcí (včetně ostění oken a nadpraží), zateplení střechy, výměna oken a dveří za výplně otvorů s nižším prostupem tepla
- **účinnější výroba tepla**
- **účinnější distribuce tepla** - tepelná izolace potrubí topné vody a rozvodů teplé užitkové vody
- **instalace regulační techniky**
- větrání s rekuperací
- využití odpadního tepla z technologií
- **úsporné osvětlení**
- úsporné elektrické spotřebiče
- snížení spotřeby teplé vody použitím k tomu určených doplňků
- úsporné chování obyvatelů

- **využití obnovitelných zdrojů** – nevede k přímému snížení spotřeby energie v objektu, ale snižuje podíl spotřebované neobnovitelné energie

Celkové dosažitelné množství energetických úspor není dáno prostým součtem jednotlivých energetických úspor, neboť realizace jednotlivých opatření ovlivňuje potenciál dosažitelných úspor dalších prováděných opatření (např. zateplením objektu klesne spotřeba tepla na vytápění, čímž se sníží podíl energie, kterou lze uspořit při zvýšení účinnosti zdroje tepla).

O míře dosažení předpokládaných úspor při následném provozu domu rozhodují zejména dva faktory. Prvním je kvalita provedení uvedených opatření. Tento faktor je ovlivnitelný pouze v procesu projektové přípravy a následně při realizaci. Druhým zásadním faktorem je chování uživatelů domu. [13]

## **5.4 Nový stav**

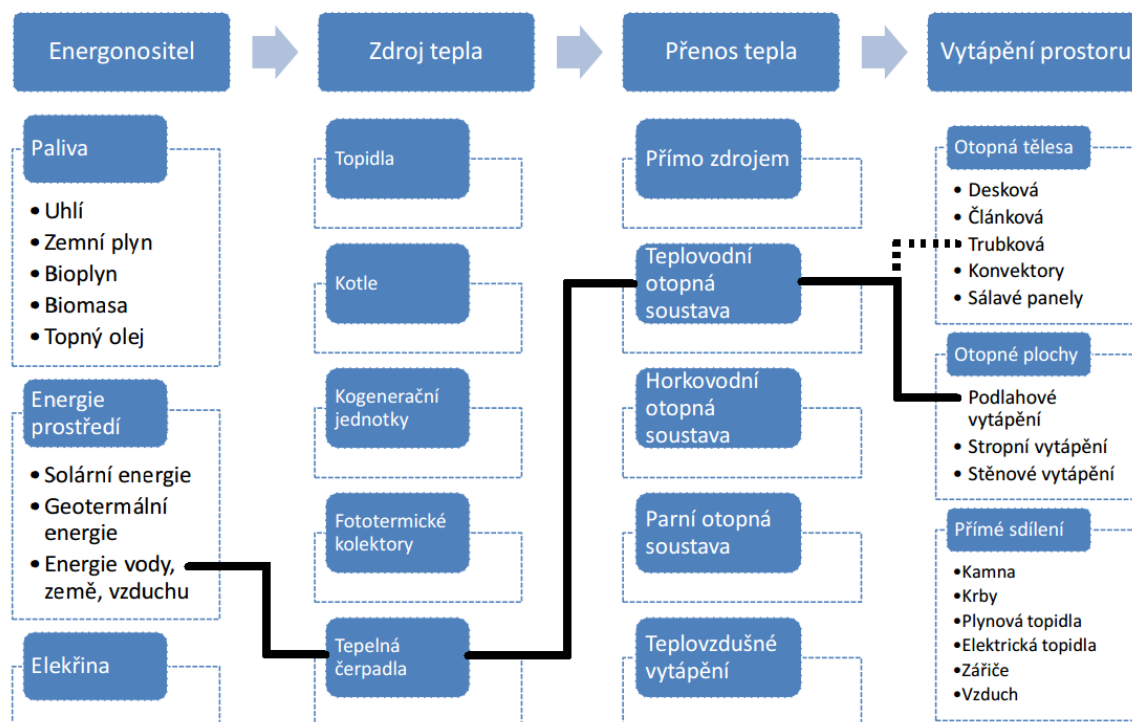
### **5.4.1 Konstrukce**

Stav konstrukcí po modernizaci je definován součinitelem prostupu tepla  $U$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ] na doporučené hodnoty pro pasivní domy dle ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky, pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou v intervalu 18 až 22°C.

### **5.4.2 TZB systémy**

Zdroj tepla v objektu představuje tepelné čerpadlo země/voda se zemními vrty, které pokrývá tepelnou ztrátu zóny 1 a zóny 3. Zóna 2 zůstává nevytápěná. Účinnost výroby tepla tepelného čerpadla je 98 %. Otopná soustava je dvoutrubková s nuceným oběhem s podlahovým vytápěním a trubkovými otopnými tělesy. Účinnost sdílení tepla mezi vytápěnou zónou a otopnými plochami byla stanovena na 83 %. Bylo počítáno s 87% účinností rozvodů tepla.





Obrázek 12 – Systém vytápění nového stavu [12]

Chlazení v budově není navrženo.

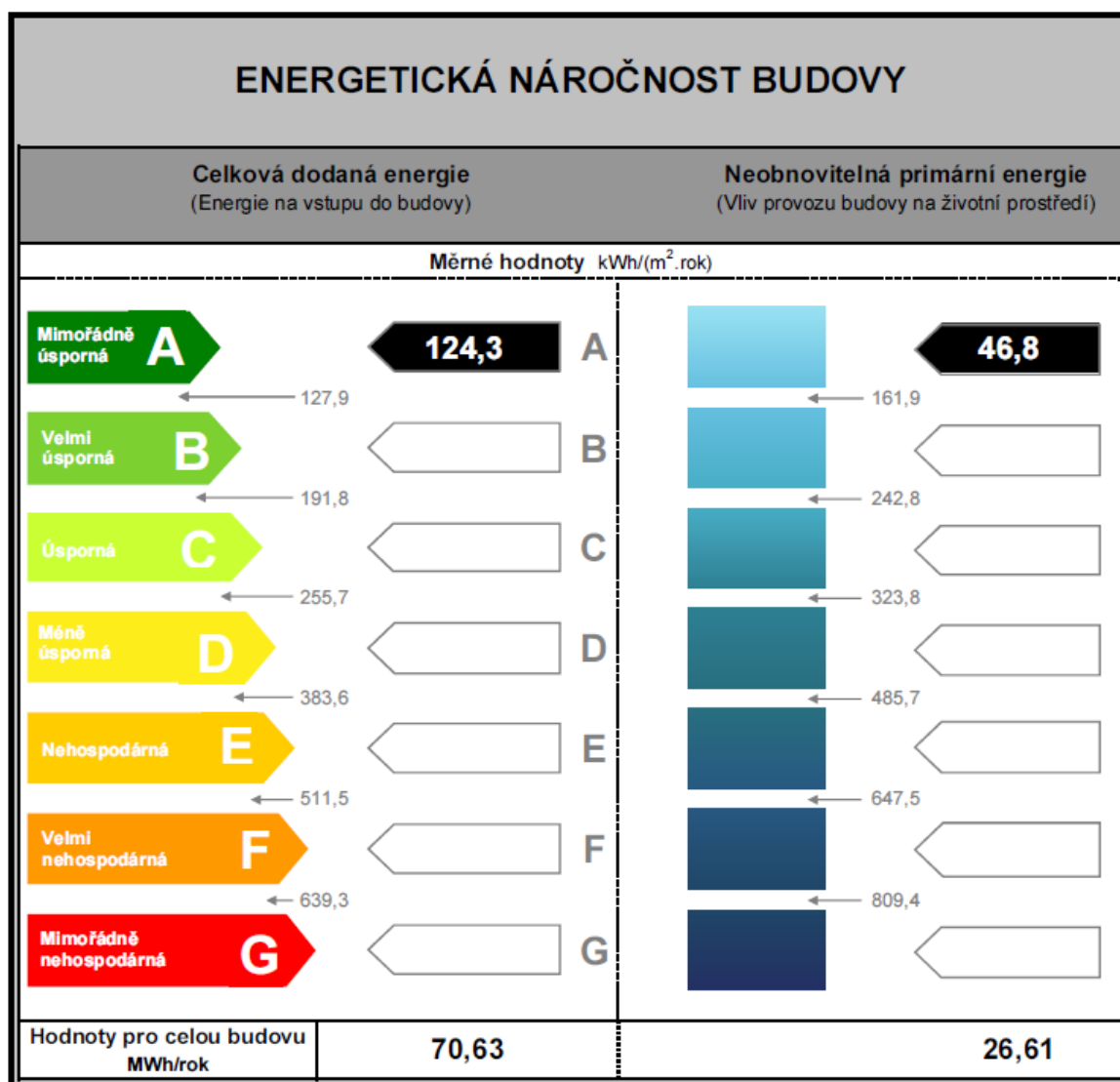
Větrání je navrženo centrální podtlakové pro obytnou část objektu (zóna 1). Potřebný objemový tok čerstvého vzduchu byl vypočítán na  $875 \text{ m}^3/\text{h}$ . Vzduchotechnika je využita i v zóně 3, kde je navržena bazénová VZT jednotka se zpětným získáváním tepla. Objemový tok čerstvého vzduchu se díky využití cirkulace vzduchu snížil na  $368 \text{ m}^3/\text{h}$ . Zóna 2 počítá s přirozeným větráním.

Příprava TV je zajištěna tepelným čerpadlem s účinností 98 %. Ohřivač TV je integrován v konstrukci tepelného čerpadla. Jeho denní měrná ztráta a denní měrná ztráta rozvodů byla stanovena dle TNI 730331 Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet.

Osvětlení ve všech zónách zajišťuje úsporné LED osvětlení. Faktor míry přeměny elektrického příkonu svítidla na tepelné zisky dosahuje pouze 60 %.

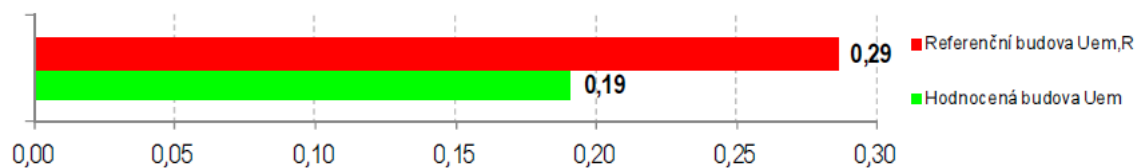
### 5.4.3 Hodnocení nového stavu

Nový stav rodinného domu vykazuje tepelnou ztrátu 19,4 kW. Celková dodaná energie do budovy je 70,63 MWh/rok. Při energeticky vztažné ploše 568 m<sup>2</sup>, vychází celková dodaná energie na 124,3 kWh/m<sup>2</sup> za rok. Budova je zaříděna do kategorie A – mimořádně úsporná.

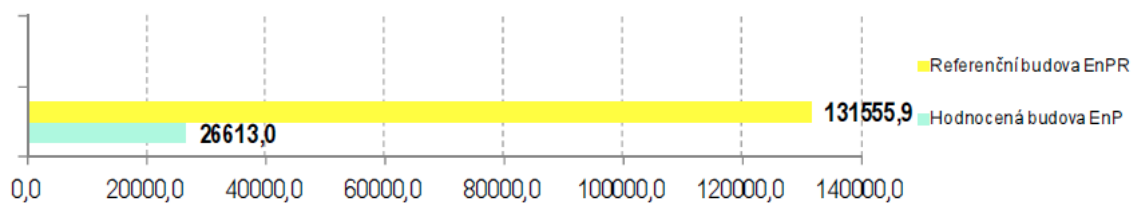


Obrázek 13 – Energetická náročnost budovy – nový stav

### Hodnocení z hlediska budovy s téměř nulovou spotřebou energie:



Obrázek 14 – Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy – nový stav



Obrázek 15 – Neobnovitelná primární energie – nový stav

Grafy zobrazují porovnání nového stavu hodnocené budovy s budovou referenční. V obou případech jsou hodnoty posuzované budovy nižší než u budovy referenční. Dům tedy splnil jak kritérium na průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy, tak požadavky na neobnovitelnou primární energii. Dům v hodnocení vyhověl a může být označen za budovu s téměř nulovou spotřebou energie.

## 6. Navržené systémy

Projektová část diplomové práce dále zpracovává nový stav dvougeneračního rodinného domu v oblasti vytápění a větrání formou dokumentace pro stavební povolení. V následující části jsou popsány tyto navržené systémy:

Vytápění:

- tepelné čerpallo
- otopná soustava
- podlahové vytápění
- trubková otopná tělesa

Větrání:

- nucené podtlakové větrání
- větrání bazénu

## 6.1 Vytápění

### 6.1.1 Tepelné čerpadlo

Jako zdroj tepla je navrženo tepelné čerpadlo, které bude pokrývat tepelné ztráty celého objektu, bude zdrojem tepla pro přípravu TV a vodní ohřivač bazénové VZT jednotky.

Tepelné čerpadlo patří mezi alternativní zdroje obnovitelné energie. Z okolního prostředí (ze země, vzduchu, vody) odnímá nízkopotenciální teplo, které pak převádí na vyšší teplotní hladinu. Uvolněné teplo potom využívá pro vytápění objektu a ohřev teplé vody. Tepelné čerpadlo se skládá ze dvou částí. První částí je vnitřní jednotka, která se velmi podobá běžnému plynovému kotli nebo ohřivači vody. Umisťuje se do technické místnosti, kde zajišťuje předávání tepla do topného systému. Jak na umístění, tak ani na velikost prostoru nemá žádné speciální nároky. Druhá, venkovní, část zajišťuje odebrání tepla ze zvoleného zdroje. Zdrojem, který určuje konstrukci a vzhled venkovní části tepelného čerpadla, může být země, vzduch nebo voda. [14]

#### 6.1.1.1 Tepelné čerpadlo typu země/voda

*„Země je obrovský přírodní akumulátor energie. Přijímá tepelnou energii ze Slunce, ale také vydává a akumuluje vlastní energii pocházející ze zemského jádra - geotermální energii. Díky akumulární schopnosti půdy je teplota již několik decimetrů pod povrchem země poměrně stabilní a není závislá na aktuálním počasí, denní či roční době. Tepelná čerpadla země - voda dokážou právě tuto akumulovanou energii zužítkovat pro levné a ekologické vytápění domů.“ [15]*

Pro zvolený dvougenerační dům bylo navrženo tepelné čerpadlo typu země/voda se čtyřmi hlubinnými vrty. Velikost pozemku, na kterém dům stojí, je pro tuto variantu dostatečná. Zbylá plocha pozemku navíc nebude omezena z hlediska osazení stromů a dalších rostlin, jak by tomu bylo v případě varianty tepelného čerpadla s plošnými kolektory.

### 6.1.1.2 Výhody tepelného čerpadla

Velkou výhodou tepelných čerpadel jsou především finanční úspory za vytápění, které mohou být prvotním důvodem pro jeho pořízení. Návratnost investice do tepelného čerpadla je při současných cenách plynu, pevných paliv a elektřiny poměrně rychlá. Trvalý trend neustále rostoucích cen paliv pak bude mít ten efekt, že úspory z provozu tepelného čerpadla v dalších letech porostou a dále budou snižovat finanční zatížení.

Další významnou výhodou je nezávislost na dodávkách paliv. Trh s palivy ovládají velké společnosti, které si do značné míry diktují tržní podmínky. To má vliv na nadhodnocené ceny tradičních paliv a v případě technických nebo ekonomických problémů dodavatele paliva je spotřebitel ohrožen rizikem přerušení dodávek paliv a náhlé nemožnosti vytápět.

Hlavní výhodou tepelného čerpadla typu země/voda s hlubinnými vrty je jeho stabilita, kterou vykazuje v různých klimatických podmínkách na rozdíl od ostatních typů čerpadel. Tento systém jímání tepla má stále konstantní zisky bez velkých výkyvů, což je ideální pro vnitřní kompresorovou jednotku v závislosti na dlouholetém provozu bez omezení. Tento typ čerpadla vykazuje nejvyšší topný faktor a tím tedy i nejvyšší účinnost, která se projeví na nižších provozních nákladech.

V neposlední řadě je výhodou tepelných čerpadel jejich ekologie. Vytápění tímto způsobem je projevem aktivního přístupu k ochraně přírody a krokem ke snížení závislosti energetiky na zásobách vyčerpatelných zdrojů. Zároveň se provozem tepelného čerpadla snižují emisní zatížení životního prostředí. [14] [15]

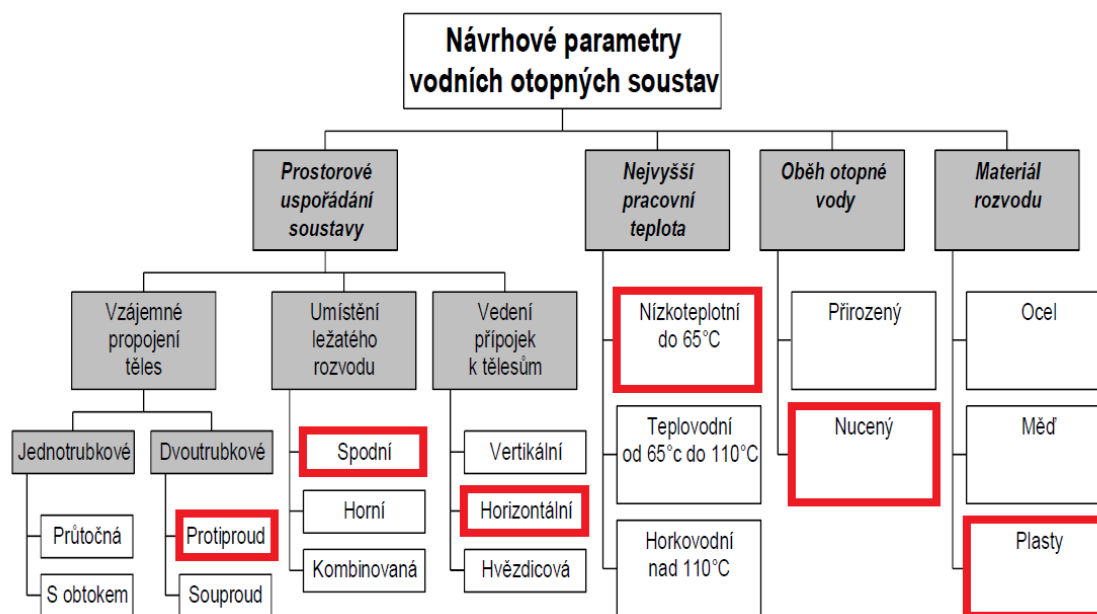
### 6.1.1.3 Topný faktor

Mezi základní parametry tepelných čerpadel patří topný faktor (COP – Coefficient of performance). Jedná se o bezrozměrové číslo, které vypovídá o účinnosti tepelného čerpadla. Topný faktor je teoretický poměr mezi vyrobeným teplem a spotřebovanou elektrickou energií. Čím je toto číslo vyšší, tím lepší a kvalitnější je tepelné čerpadlo, protože jeho provoz je levnější. Topný faktor ovšem není stabilní veličinou, která by byla k danému tepelnému čerpadlu jednou provždy přiřazena. Mění se dle podmínek, v nichž tepelné čerpadlo pracuje. [14]

Do projektu bylo vybráno tepelné čerpadlo Nibe F1255. Výrobce uvádí roční topný faktor COP 0/35°C 4,85 (0 označuje teplotu média ve °C na vstupu do tepelného čerpadla, 35°C je teplota výstupní vody z tepelného čerpadla do otopného systému). Sezónní topný faktor (SCOP – Seasonal coefficient of performance) zvoleného tepelného čerpadla pro průměrné klima při výstupní vodě o teplotě 35°C je 5,2.

## 6.1.2 Otopná soustava

Omezením tepelného čerpadla je schopnost ohřívat topnou vodu na nižší teplotu, než uvažujeme na příklad u plynového kotle. Ideální výstupní teplota pro TČ je kolem 55°C. Z tohoto důvodu je pro jeho provoz nejvhodnější nízkoteplotní otopná soustava. S rostoucí teplotou topné vody totiž klesá topný faktor tepelného čerpadla, a tudíž rostou náklady na provoz. Nízkoteplotní soustavy mají otopná tělesa s větší teplosměnnou plochou. Proto je vhodné použít tepelné čerpadlo jako zdroj tepla pro podlahové nebo stěnové vytápění, které pracuje s teplotami otopné vody do 40°C. [16]



Obrázek 16 – Návrhové parametry vodních otopných soustav [17]

V projektu je navržena dvoutrubková teplovodní otopná soustava s protiproudovým propojením těles. Ležatý rozvod je umístěn v 1.NP objektu. Potrubí k otopným tělesům je připojeno horizontálně ze dvou stoupacích potrubí. Teplotní spád soustavy je 55/35°C, čímž se soustava řadí to nízkoteplotní kategorie. Oběh topné vody v soustavě zajišťují oběhová čerpadla. Potrubí je plastové.

### 6.1.3 Podlahové vytápění

Podlahové vytápění patří, spolu se stěnovým a stropním vytápěním, do skupiny velkoplošného vytápění. Povrchová teplota otopné plochy je poměrně nízká, tudíž i teplota teplonosné látky bude nízká. Jedná se tedy o nízkoteplotní otopné soustavy, které jsou vhodné pro využívání tepla z nízkopotenciálních zdrojů. Proto je vhodné k podlahovému vytápění zvolit jako zdroj například tepelné čerpadlo. Důležitým faktorem z hlediska tepelné pohody vnitřního prostředí je prostorové rozložení teplot ve vytápěné místnosti. Jak ve vertikálním, tak v horizontálním směru se právě podlahové vytápění nejvíce blíží ideálnímu průběhu teplot vzduchu.

Povrchová plocha podlahy se ve vytápěné místnosti ohřívá na teplotu od 26 do 32°C. Odtud dochází k dvojímu způsobu předávání tepla. Prvním způsobem je ohřátí vzduchu konvekcí od povrchu podlahy. Druhý prostředek k předávání tepla je sálání z povrchu podlahy na povrchy stěn, stropů a zařízení místnosti. Sálavá složka může být u podlahového vytápění poměrně malá, zejména u místností s vyššími teplotami povrchů.

Mezi hlavní výhody se řadí prostorová nenáročnost, neboť otopná plocha je zabudovaná a nezabírá tak prostor v místnosti, ideální rozložení teplot vzduchu v místnosti a bezprašný provoz. Plusem je také to, že celkové podstatné zvýšení účinné povrchové teploty v místnosti přináší možnost vytápět na nižší teplotu vzduchu. [18]

Podlahové vytápění v projektu je provedeno mokrým způsobem. Otopný had je kladen do meandru a je zabetonován přímo do betonové vrstvy nad tepelně zvukovou izolací. Vrstvy podlahového vytápění se skládají z tepelné izolace, systémové desky, do které jsou kladeny plastové trubky Rehau a betonové mazaniny. Jako podlahová krytina jsou použity dlaždice nebo dřevěné vlysy. Teplotní spád pro podlahové vytápění je navržen na 40/35°C. Maximální povrchové teploty podlahové otopné plochy byly voleny tak, aby



vyhovovaly z fyziologického hlediska. Podlahové vytápění je regulováno ekvitermní regulací se zpětnou vazbou na vnitřní teplotu.

### **6.1.3.1 Regulace podlahového vytápění**

Ekvitermní regulace se zpětnou vazbou na vnitřní teplotu spočívá v doplnění regulace podle venkovní teploty o zpětnou vazbu z vnitřního prostoru. Tuto zpětnou vazbu zajišťuje čidlo teploty v referenční místnosti, jehož hodnotu vyhodnocuje regulátor, který koriguje systém ekvitermní regulace. Regulátor musí být (samo)adaptivní se schopností posoudit situaci na základě předchozích dat a vyhodnotit ji s časovým předstihem. [19]

### **6.1.4 Trubková otopná tělesa**

Otopná tělesa jsou otopné plochy, které jsou ve vytápěném prostoru navrženy tak, aby kryly tepelnou ztrátu místnosti a tím zajistily tepelnou pohodu. Svým samostatným volným umístěním se otopná tělesa liší od integrovaných otopných ploch, jako jsou již zmíněné podlahové plochy, které se včleňují do konstrukce vytápěného prostoru.

Sdílení tepla probíhá u otopného tělesa konvekcí a sáláním. Poměr mezi těmito složkami ovlivňuje konstrukce otopného tělesa, tedy jeho druh a typ, neboť konstrukce má vliv na způsob proudění vzduchu okolo otopného tělesa. Druhem otopného tělesa se rozumí konstrukční řešení vnější přestupní plochy, typ otopného tělesa určuje provedení a hlavní rozměry příslušného tělesa.

Základ řešení trubkových těles činí rozvodné a sběrné komory, navzájem spojené řadou trubek menších průřezů. Trubky mají kruhový, čtvercový, obdélníkový či obecně kombinovaný průřez a jsou uspořádány různým způsobem. Nejčastěji se vyskytují ve tvaru meandru, registru s vodorovnými trubkami a registru se svislými trubkami.

Trubková koupelnová otopná tělesa si v posledních letech vydobyla jakousi vlastní samostatnou pozici. Jejich způsob využití se rozšířil kromě vytápění i o sušení textilií především v koupelnách, ale i v šatnách, umývárkách apod. Ve většině případů je jejich řešení prakticky shodné s registry s vodorovnými trubkami. Jedna boční svislá komora plní úlohu rozdělovače a druhá představuje sběrač. Mnoho typů se však liší různým prohnutím

trubek ve vodorovné i svislé rovině. Z důvodů estetických a praktických mohou být tato tělesa doplňována zrcadly a různými držáky na užité předměty. [20]

V rámci projektu jsou navržena trubková otopná tělesa Koralux s vodorovnými registry do koupelen, na wc a do prádelny. V těchto místnostech doplňují svým tepelným výkonem vytápění podlahové otopné plochy. Tělesa mají dolní středové připojení a jsou regulována pomocí termostatické hlavice.

## 6.2 Větrání

Větráním se upravuje kvalita ovzduší, tepelný a vlhkostní stav ovzduší nejen v obytných budovách, ale i dalších nejrůznějších objektech a prostorech. Vzduch je zatěžován produkcí látkových škodlivin (plynů, par, pevných i kapalných částic), vlhkosti i tepelné energie z vnitřních zdrojů (osoby, elektronická a technologická zařízení, osvětlení, atd.) i ze zdrojů venkovních (venkovní vzduch, sluneční radiace). [21]

Systemy větrání obytných budov:

- nucené podtlakové větrání
- nucené rovnotlaké větrání
- hybridní větrání

System dle příslušnosti větracího zařízení k jednotlivým obytným jednotkám na:

- centrální
- lokální

### 6.2.1 Nucené podtlakové větrání

V obytných budovách je podtlakové větrání nejčastěji realizováno nuceným odvodem vzduchu z místností se zdrojem škodlivin nebo vlhkosti (hygienické zázemí, kuchyně) a přísáváním vzduchu z venkovního prostředí do pobytových místností.

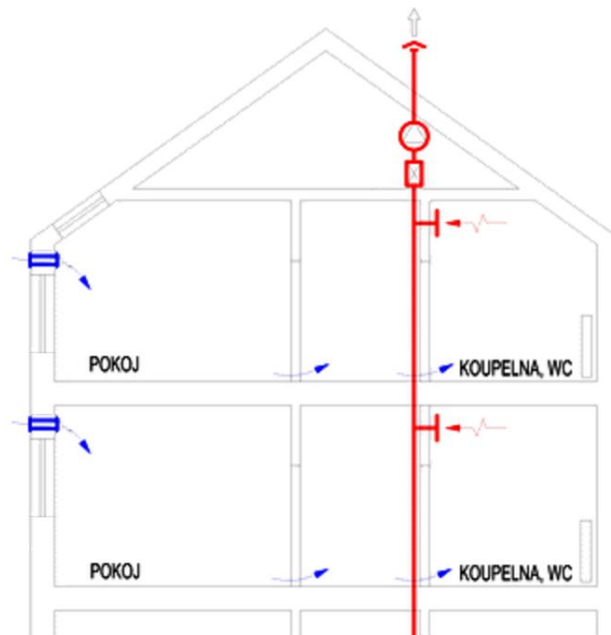
Přívod venkovního vzduchu u tohoto způsobu větrání je nutné zajistit přívodními větracími otvory integrovanými do oken nebo zabudovanými v obvodových stěnách. Okenní spáry mají v současnosti tak přísné požadavky na průvzdušnost, že jimi není možné zajistit dostatečný přívod vzduchu, jako bylo počítáno u dřívějších oken v minulosti. Přívodní otvory se zpravidla umísťují pod okna, za a nad otopná tělesa, případně pod strop nad okna. Do každé obytné místnosti lze vzduch přivádět přes větrací otvor, který může být osazen i kvalitním filtrem případně tlumičem hluku. Větrací otvory mohou být různého tvaru, např. kruhové, obdélníkové nebo úzké štěrby, a lze je opatřit regulací průtoku vzduchu. Ohřev venkovního vzduchu při podtlakovém větrání zajišťuje otopná soustava.

Výhodou tohoto systému 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. [22]

### **6.2.1.1 Centrální podtlakový systém**

*„Pro dopravu odváděného vzduchu slouží centrální ventilátor napojený na příslušné stoupací potrubí, který je umístěn zpravidla v nejvyšším místě budovy – v podkroví nebo na střeše. Ventilátor hradí tlakové ztráty vzduchovodu a systému distribuce vzduchu včetně tlumičů hluku a přívodních a odvodních prvků. Výhodou je poměrně vysoká účinnost centrálních ventilátorů (v porovnání s ventilátory decentralizovaného větrání). Jelikož je ventilátor zdrojem hluku, je nutné při návrhu centrálního podtlakového větrání přijmout příslušná protihluková opatření. Zejména je nutné zabránit šíření hluku směrem do stoupacího potrubí tak, aby nedocházelo k obtěžování obyvatel bytových jednotek. Rovněž je nutné posoudit šíření hluku do venkovního prostředí. Mezi výhody centrálního podtlakového větrání patří skutečnost, že nedochází k nežádoucímu přenosu pachů mezi jednotlivými bytovými jednotkami.*

*V současnosti jsou na trhu centrální podtlakové systémy, které umožňují trvalé větrání řízené podle potřeby. Ventilátory mají možnost regulace otáček (EC motory) a měnit tak vzduchový výkon na základě aktuálních požadavků (potřeby). Systém je vybaven čidly CO<sub>2</sub> a vlhkosti. Na základě odezvy čidla dochází k automatickému otevírání a zavírání (samočinně, nebo elektricky) odvodního prvku, čímž dochází ke změně statického tlaku v odvodním potrubí. Ventilátor, vybavený snímačem tlakové difference, reaguje na změny tlaku změnou otáček a udržuje ve stoupacím potrubí konstantní tlak.“ [22]*



Obrázek 17 – Nucené centrální podtlakové větrání s přívodem vzduchu větracími otvory a odvodem vzduchu do společného potrubí [22]

Centrální podtlakové větrání v objektu je realizováno výše popsaným způsobem. Venkovní vzduch je nasáván integrovanými přívodními okenními mřížkami do obytných místností. Jeho ohřev je zajištěn otopnou soustavou. Cirkulace vzduchu mezi místnostmi je zajištěna díky bezprahovým dveřím. Znehodnocený vzduch je odtahován z provozních místností – koupelny, wc, kuchyně. Pomocí odsavačů par Mora a systému Multivac je vzduch odsáván do kruhového VZT potrubí, které ústí do stoupacího potrubí, které je vedeno nad střechu objektu, kde je osazen centrální ventilátor.

### 6.2.2 Větrání bazénu

Rovnotlaký vzduchotechnický systém zajišťuje řízené větrání s rekuperací tepla a cirkulaci vzduchu v prostou bazénu rodinných domů a jejich zázemí. Komfortním způsobem je tak zajištěno odvlhčení bazénového prostoru díky odvedení vlhkého vzduchu mimo prostor bazénu. Relativní vlhkost vzduchu by neměla překročit 65%. Při nižší relativní vlhkosti by byl velký odpar vody z vodní hladiny a to zhoršuje ekonomiku provozu. Při vyšší relativní vlhkosti se může tvořit plíseň v rozích a studenějších místech.

Základní vytápění zajišťuje otopná soustava. Díky cirkulaci vzduchu pomocí VZT jednotky je zajištěn rychlý dohřev vzduchu na provozní teplotu a udržování této provozní teploty. Samozřejmostí je rekuperace odpadního tepla, která snižuje provozní náklady. [23]

Do prostoru bazénu je navržena VZT jednotka Atrea, která bude zajišťovat teplovzdušné cirkulační dotápění a rovnotlaké větrání s rekuperací. Pokrytí tepelných ztrát a vytápění na 24°C zajišťuje podlahové vytápění, VZT jednotka pouze dotápí prostor bazénu na požadovanou provozní teplotu 32°C. Je vyrobena z nerezové oceli, aby odolávala nepříznivým vlivům prostředí. Řízení jednotky probíhá automaticky hygrostatem a čidlem prostorové teploty. Vzduchotechnická jednotka je vybavena digitálním regulačním modulem, který umožňuje komfortní řízení v automatickém, nebo manuálním režimu včetně možnosti ovládání na dálku pomocí internetového připojení.

## 7. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo optimalizovat stávající stav rodinného domu za účelem snížení energetické náročnosti a dosažení požadavků na budovu s téměř nulovou spotřebou energie. Práce popisuje možná opatření vedoucí ke splnění těchto požadavků, stávající stav objektu a jeho nový stav, který může být označen za budovu s téměř nulovou spotřebou energie, neboť tyto požadavky splňuje.

Navrženými opatřeními se nejen podařilo dosáhnout stanoveného cíle a z objektu se stal dům s téměř nulovou spotřebou energie, ale výsledkem je i úspora energie, přesahující stanovené požadavky. Konkrétní úsporu energie v číslech popisuje níže uvedená tabulka.

	<b>Úspora celkové dodané energie</b>	<b>Úspora neobnovitelné primární energie</b>
	<b>(kWh/rok)</b>	<b>(kWh/rok)</b>
<i>Technické systémy budovy:</i>		
vytápění	231747	312915
chlazení	0	0
větrání	-3935	-11805
úprava vlhkosti vzduchu	0	0
příprava teplé vody	3662	38284
osvětlení	835	2505
<b>Celkem</b>	<b>232309</b>	<b>341899</b>

Obrázek 18 – Úspora energie nové budovy oproti stávajícímu stavu

Navrženými opatřeními se dosáhlo snížení spotřeby celkové energie na méně než čtvrtinu původní hodnoty. Z 302,94 MWh/rok se nový stav dostal na 70,63 MWh/rok. Úspora tedy činí 232,31 MWh ročně. Ještě rapidněji se snížila spotřeba neobnovitelné primární energie a to o na méně než třináctinu původní hodnoty. Nový stav snížil tuto hodnotu z 368,51 MWh/rok na 26,61 MWh/rok. Jedná se tedy o roční úsporu 341,9 MWh. U všech technických systémů v budově, kromě větrání, došlo k úspoře energie. U větrání se energetická bilance nového stavu objektu zhoršila, naproti tomu se zlepšila kvalita

vnitřního prostředí, neboť ve stávajícím stavu nedocházelo k dostatečné výměně vzduchu. Výsledkem není jen úspora energie, ale také nákladů na provoz budovy. Zvýšila se kvalita vnitřního prostředí, komfort pro uživatele a v neposlední řadě i šetrnost k životnímu prostředí.

Závěrem ještě zbývá dodat, že kritérium na budovu s téměř nulovou spotřebou není nijak přísné a lze ho dosáhnout poměrně snadno. Název může být zavádějící, neboť požadavky lze splnit, i když se spotřeba energie k nule vůbec nemusí blížit. Nový stav posuzovaného rodinného domu splnil požadovaná kritéria při hodnotě 93 kWh/m<sup>2</sup> spotřebované energie na vytápění za rok. Hranice pro pasivní domy se pohybuje kolem hodnoty 15 kWh/m<sup>2</sup> za rok. Z čehož vyplývá, že kritéria pro pasivní domy jsou přísnější a méně snadno splnitelná.

Pojem budova s téměř nulovou spotřebou energie je také často omylně zkracován na nulový dům. Energeticky nulový dům má odlišné a daleko přísnější požadavky. Platí pro ně kritérium bilanční rovnice, které uvádí, že měrná roční bilance potřeby a produkce energie vyjádřená v hodnotách primární energie z neobnovitelných zdrojů se rovná 0 kWh/m<sup>2</sup>. Parametry takového domu jsou o pomyslnou kategorii výš, zaměňovat tedy tyto dva pojmy je chybné.

Zda jsou požadavky na budovy s téměř nulovou spotřebou energie nastaveny dostatečně přísně, je otázkou. Vzhledem k tomu, že již od roku 2020 se tato kritéria budou vztahovat na všechny novostavby, zdá se být dobré, že není tak obtížné jich dosáhnout, neboť tím se dotčená vyhláška stává reálnou a uskutečnitelnou.



## Seznam literatury a zdrojů

- [1] EUROSTAT. *Consumption of energy*. [Online] červenec 2016. [Citace: 15. květen 2017.] [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Consumption\\_of\\_energy#Main\\_statistical\\_findings](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Consumption_of_energy#Main_statistical_findings).
- [2] ČEZ. *Energie v domácnosti*. [Online] [Citace: 15. květen 2017.] [https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/06/energd0m\\_3.html](https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/06/energd0m_3.html).
- [3] GLOGAR, Martin. Právní prostor. *Novela zákona o hospodaření energií*. [Online] 12. květen 2015. [Citace: 6. květen 2017.] <http://www.pravniprostor.cz/zmeny-v-legislative/vyslo-ve-sbirce-zakonu/novela-zakona-o-hospodareni-energie>.
- [4] Zákon č. 406/2000 Sb. ze dne 25. října 2000 v posledním znění zákona č. 103/2015 Sb. o hospodaření energií.
- [5] QUASCHNING, Volker. *Obnovitelné zdroje energií*. 1. vydání. Praha : Grada, 2010. ISBN 978-80-247-3250-3.
- [6] MACHOLDA, František a SRDEČNÝ, Karel. Ekowatt. *Průkaz energetické náročnosti budovy*. [Online] 2008. [Citace: 10. květen 2017.] <http://ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/prukaz-energeticke-narocnosti-budovy>.
- [7] BERNARDINOVÁ, Anna a MAREŠ, Miroslav. *Zpracování průkazu energetické náročnosti budovy*. Praha : Linde Praha, 2013. ISBN 978-80-7201-914-4.
- [8] Vyhláška č. 78/2013 Sb. ze dne 22. března 2013 o energetické náročnosti budov.
- [9] ANTONÍN, Jan a PURKRTOVÁ, Magdalena a ENERGYSIM. TZB info. *Budovy s téměř nulovou spotřebou energie - Definice*. [Online] 9. leden 2017. [Citace: 3. květen 2017.] <http://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/15180-budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie-definice>.
- [10] TZB INFO. *Budovy s téměř nulovou spotřebou energie*. [Online] [Citace: 6. květen 2017.] <http://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie>.
- [11] A1 ARCHITECTS. *Vila Kodymka*. [Online] duben 2015. [Citace: 10. duben 2017.] <http://www.a1architects.cz/cs/prace/vila-kodymka>.
- [12] KABELE, Karel a katedra technických zařízení budov. *Úvod do vytápění, přehled systémů, teoretický základ*. [Online] 2017. [Citace: 16. květen 2017.] <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tz01/prednasky/125tz01-06.pdf>.
- [13] HNUTÍ DUHA. *Studie potencionálních úspor energie v obytných budovách do roku 2050*. [Online] září 2007. [Citace: 10. květen 2017.] [http://hnutiduha.cz/sites/default/files/publikace/typo3/uspory\\_obytne\\_budovy\\_final\\_v3.pdf](http://hnutiduha.cz/sites/default/files/publikace/typo3/uspory_obytne_budovy_final_v3.pdf).

- [14] KARLÍK, Robert. *Tepelné čerpadlo pro váš dům*. 1. vydání. Praha : Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2720-2.
- [15] *Tepelná čerpadla*. [Online] [Citace: 9. květen 2017.] <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-alternativni/tepelna-cerpadla.php>.
- [16] POČINKOVÁ, Marie a TREUOVÁ, Lea. *Vytápění*. 1. vydání. Brno : Computer Press, 2011. ISBN 978-80-251-3329-3.
- [17] BAŠTA, Jiří a KABELE, Karel. *Otopné soustavy teplovodní*. 3. vydání. Praha : Společnost pro techniku prostředí, 2008. ISBN 80-02-02064-2.
- [18] KABELE, Karel a České vysoké učení technické v Praze. Stavební fakulta. *Energetické a ekologické systémy 1: Zdravotní technika, vytápění*. 1. vydání. Praha : Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2011. ISBN 978-80-01-04722-7.
- [19] BAŠTA, Jiří. *Velkoplošné sálavé vytápění*. 1. vydání. Praha : Grada, 2010. ISBN 978-80-247-3524-5.
- [20] BAŠTA, Jiří. *Otopná tělesa*. 1. vydání. Praha : Společnost pro techniku prostředí, 2000. ISBN 80-02-01351-4.
- [21] DRKAL, František a ZMRHAL, Vladimír. *Větrání*. 1. vydání. Praha : Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2013. ISBN 978-80-01-05181-8.
- [22] ZMRHAL, Vladimír a PETLACH, Jiří. TZB info. *Systémy větrání obytných budov*. [Online] 17. listopad 2011. [Citace: 15. květen 2017.] <http://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-rodinnych-domu/7937-systemy-vetrani-obytnych-budov>.
- [23] ATREA. *Bazénové jednotky*. [Online] [Citace: 15. květen 2017.] <http://www.atrea.cz/cz/bazeny-rd>.

## Seznam použitých obrázků

Obrázek 1 – Spotřeba energie v EU v roce 2014 .....	7
Obrázek 2 – Průměrné rozdělení spotřeby energie v domácnostech ČR .....	8
Obrázek 3 – Grafické znázornění průkazu energetické náročnosti budovy .....	12
Obrázek 4 – Parametry a hodnoty referenční budovy .....	15
Obrázek 5 – Snížení hodnoty neobnovitelné primární energie stanovené pro referenční budovu .....	16
Obrázek 6 – Data platnosti požadavku na budovy s téměř nulovou spotřebou energie v ČR .....	17
Obrázek 7 – Pohled na východní fasádu objektu .....	18
Obrázek 8 – Systém vytápění stávajícího stavu .....	20
Obrázek 9 – Energetická náročnost budovy – stávající stav .....	21
Obrázek 10 – Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy – stávající stav .....	21
Obrázek 11 – Neobnovitelná primární energie – stávající stav .....	22
Obrázek 12 – Systém vytápění nového stavu .....	24
Obrázek 13 – Energetická náročnost budovy – nový stav .....	25
Obrázek 14 – Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy – nový stav .....	26
Obrázek 15 – Neobnovitelná primární energie – nový stav .....	26
Obrázek 16 – Návrhové parametry vodních otopných soustav .....	30
Obrázek 17 – Nucené centrální podtlakové větrání s přívodem vzduchu větracími otvory a odvodem vzduchu do společného potrubí .....	36
Obrázek 18 – Úspora energie nové budovy oproti stávajícímu stavu .....	38

## Seznam příloh

Příloha 1 – Průkaz energetické náročnosti budovy – stávající stav
Příloha 2 – Průkaz energetické náročnosti budovy – nový stav
Projektová dokumentace vytápění
Projektová dokumentace větrání