

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví

# DIPLOMOVÁ PRÁCE

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Kaderová** Jméno: **Tereza** Osobní číslo: **477801**  
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**  
Zadávací katedra/ústav: **Katedra ekonomiky a řízení stavebnictví**  
Studijní program: **Stavební inženýrství**  
Studijní obor: **Stavební management**

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Využití multikriteriální analýzy pro hodnocení systémů vytápění rodinného domu**

Název diplomové práce anglicky:

**Utilization of multi-criteria analysis for the evaluation of heating systems of a family house**

Pokyny pro vypracování:

Rámcová osnova diplomové práce:

- Energetická politika, druhy paliv
- Zdroje tepla, kritéria při výběru druhu vytápění
- Energetická náročnost budov, průkaz energetické náročnosti budov, související legislativa
- Vymezení rodinného domu, návrh variant způsobu vytápění, stanovení kritérií pro hodnocení
- Posouzení variant způsobu vytápění z hlediska LCC
- Návrh optimalizace rodinného domu z hlediska energetické účinnosti

Seznam doporučené literatury:

MASTNÝ, P. Obnovitelné zdroje elektrické energie. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04937-2.  
PETRÁŠ, D. Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie. Bratislava: Jaga, 2008. Vytápění. ISBN 978-80-8076-069-4.  
BERANOVSKÝ, J. Efektivní vytápění úsporných domů. Praha: EkoWATT CZ s. r. o., 2017. ISBN 978-80-87333-14-3.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

**Ing. Eduard Hromada, Ph.D., katedra ekonomiky a řízení stavebnictví FSv**

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

Datum zadání diplomové práce: **03.10.2018**

Termín odevzdání diplomové práce: **06.01.2019**

Platnost zadání diplomové práce: \_\_\_\_\_

Ing. Eduard Hromada, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Renáta Schneiderová Heralová, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Jiří Máca, CSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studentky

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Využití multikriteriální analýzy pro hodnocení systémů vytápění rodinného domu“ vypracovala samostatně pod odborným dohledem vedoucího diplomové práce s použitím uvedené literatury a pramenů.

V Praze dne .....

.....

Bc. Tereza Kaderová

Využití multikriteriální analýzy  
pro hodnocení systémů vytápění  
rodinného domu

Utilization of multi-criteria analysis  
for the evaluation of heating systems  
of a family house

## Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat Ing. Eduardovi Hromadovi, Ph.D. za odborné vedení mé diplomové práce, věnovaný čas při konzultacích a cenné rady pro mou budoucí stavební praxi. Dále děkuji Ing. Pavlovi Tlapovi za propůjčení programu Protech a věnovaný čas. Na závěr děkuji také všem pedagogům Katedry ekonomiky a řízení ve stavebnictví za získané znalosti během celého studia.

V Praze dne .....

## Abstrakt

Cílem diplomové práce na téma „Využití multikriteriální analýzy pro hodnocení systémů vytápění rodinného domu“ je v první části čtenáři přiblížit různé možnosti v oblasti vytápění zejména rodinných domů a také nastínit problematiku energetické náročnosti budov, která je s tématem vytápění velmi úzce spjatá. Druhá část práce má čtenáři poskytnout a ukázat určitý návod, jak vybrat vhodný zdroj vytápění dle konkrétních požadavků a preferencí.

S ohledem na tento koncept práce je teoretická část rozdělena do tří základních kapitol. První kapitola popisuje základní druhy paliv a energií včetně jejich vzájemného porovnání, část se také krátce zabývá energetickou politikou. Druhá kapitola je stručně věnována základním kritériím při výběru druhu vytápění a také samotným zdrojům tepla. Poslední kapitola teoretické části přibližuje problematiku energetické náročnosti budov, zejména se věnuje průkazu energetické náročnosti budov.

Praktická část je pak věnována konkrétnímu rodinnému domu, na němž je aplikován postup, návod, jak relativně jednoduše a současně efektivně vybrat vhodný zdroj vytápění dle konkrétních požadavků a preferencí investora pomocí zvolených metod multikriteriální analýzy. Zvláště jsou pak dvě kapitoly detailněji zaměřeny na energetiku a ekonomiku vybraných variant zdrojů vytápění. Poslední oddíl je věnován návrhům optimalizace projektu řešeného rodinného domu.

## Klíčová slova

zdroje energie, energetická politika, obnovitelné zdroje energie, OZE, zdroje tepla, energetická náročnost budov, průkaz energetické náročnosti budovy, PENB, multikriteriální analýza, MCA

## Abstract

The main aim of the thesis, called "Utilization of multi-criteria analysis for the evaluation of heating systems of a family house", is to introduce different possibilities in the field of heating, especially family houses heating, as well as to outline the issue of energy efficiency of buildings, which is very closely related to the topic of heating. The following part of the thesis is to provide the reader with some instructions on how to select a suitable source of heating according to specific requirements and preferences.

With regard to this concept, the theoretical part is divided into three elementary chapters, the first of which describes the basic types of fuels and energy including their comparison. A part of the first chapter deals with energy policy as well. The second chapter is briefly focused on the basic criteria for choosing the type of heating and the sources of heating themselves. The last chapter of the theoretical part explores the issue of the energy efficiency of buildings, especially the energy performance certificates.

The practical part is devoted to a specific family house where the following is applied: the procedure, the instructions how to choose a suitable source of heating according to the specific requirements and preferences of the investor by means of using the selected methods of multi-criteria analysis. Two chapters are especially focused on the power engineering and economy of selected heating sources. The very last section deals with optimization projects and designs of the particular family house.

## Key words

energy sources, energy policy, Renewable Energy Sources, RES, heat sources, energy efficiency of buildings, Energy Performance Certificate, EPC, Multi-Criteria Analysis, MCA

# Obsah

<b>Obsah</b> .....	<b>8</b>
<b>Seznam použitých symbolů a zkratk</b> .....	<b>11</b>
<b>1 Úvod</b> .....	<b>12</b>
<b>2 Zdroje energie</b> .....	<b>14</b>
2.1 Strategické dokumenty energetické politiky .....	15
2.1.1 Politické dokumenty EU .....	15
2.1.2 Politické dokumenty ČR .....	16
2.2 Primární zdroje energie .....	18
2.3 Neobnovitelné zdroje energie .....	19
2.3.1 Jaderná paliva .....	19
2.3.2 Fosilní paliva .....	20
2.4 Obnovitelné zdroje energie .....	22
2.4.1 Sluneční energie .....	23
2.4.2 Geotermální energie .....	23
2.4.3 Nízkoteplotní energie .....	24
2.4.4 Energie biomasy .....	24
2.5 Elektrická energie .....	26
2.6 Kombinovaná výroba elektřiny a tepla (KVET) .....	26
2.7 Porovnání paliv .....	27
<b>3 Zdroje tepla</b> .....	<b>29</b>
3.1 Kritéria při výběru druhu vytápění .....	29
3.2 Zdroje tepla .....	30
3.2.1 Plynové a olejové kotle a ohřívače .....	30
3.2.2 Spalovací zařízení na biopaliva .....	30
3.2.3 Tepelná čerpadla .....	31
3.2.4 Elektrické kotle a ohřívače .....	33
3.2.5 Ostatní zdroje tepla .....	33
<b>4 Energetická náročnost budov</b> .....	<b>34</b>
4.1 Legislativa EU .....	34
4.1.1 Směrnice o energetické náročnosti budov (EPBD) .....	34
4.2 Legislativa ČR .....	36
4.3 Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB) .....	37
4.3.1 Základní pojmy .....	37
4.3.2 Ukazatele energetické náročnosti budovy .....	37
4.3.3 Vliv typu zdroje na hodnocení budovy .....	38



4.3.4	Klasifikační třídy ENB .....	39
4.3.5	Software pro zpracování PENB .....	40
4.4	Energetické standardy budov .....	40
4.4.1	Kritéria a požadavky na nZEB (povinný standard) .....	41
<b>5</b>	<b>Praktická část .....</b>	<b>42</b>
5.1	Popis řešeného RD.....	42
5.1.1	Základní informace .....	42
5.1.2	Charakteristika území .....	42
5.1.3	Konstrukční a technické řešení .....	43
5.1.4	Základní geometrické parametry.....	44
5.2	Posouzení součinitele prostupu tepla RD .....	46
5.2.1	Základní pojmy a vztahy .....	46
5.2.2	Stěna vnější těžká .....	48
5.2.3	Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině.....	48
5.2.4	Strop pod nevytápěnou půdou .....	49
5.3	Návrh variant vytápění RD.....	50
5.3.1	Celková tepelná ztráta .....	51
5.3.2	Varianta 1 (V1) – Kondenzační plynový kotel .....	51
5.3.3	Varianta 2 (V2) – Elektrokotel .....	52
5.3.4	Varianta 3 (V3) – Kotel na biopaliva – dřevo .....	52
5.3.5	Varianta 4 (V4) – Kotel na biopaliva – pelety .....	53
5.3.6	Varianta 5 (V5) – Tepelné čerpadlo – vzduch/voda .....	53
5.4	Multikriteriální analýza (rozhodovací model) .....	54
5.4.1	Stanovení rozhodovacích kritérií .....	55
5.4.2	Určení důležitosti rozhodovacích kritérií.....	56
5.4.3	Shrnutí výsledků .....	60
5.5	Energetické posouzení variant.....	60
5.6	Ekonomické posouzení variant .....	62
5.6.1	Investiční (pořizovací) náklady.....	62
5.6.2	Další investiční (pořizovací) náklady.....	63
5.6.3	Cena elektřiny ze sítě .....	64
5.6.4	Cena ostatních paliv a energií .....	65
5.6.5	Náklady na provoz, údržbu a obnovu.....	66
5.6.6	Dotační programy .....	67
5.6.7	Ekonomické posouzení.....	68
5.7	Multikriteriální analýza (hodnocení variant).....	69

5.7.1	Stanovení úhrnné užítivosti .....	70
5.7.2	Shrnutí výsledků .....	73
5.8	Návrh optimalizace RD .....	74
<b>6</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>76</b>
	<b>Seznam literatury a použitých zdrojů .....</b>	<b>80</b>
	<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>86</b>
	<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>88</b>
	<b>Seznam grafů .....</b>	<b>89</b>
	<b>Seznam příloh .....</b>	<b>90</b>

## Seznam použitých symbolů a zkratek

(pro teoretickou část)

BD	Bytový dům
COP	Coefficient of performance, <i>v překladu topný faktor</i>
ČR	Česká republika
ENB	Energetická náročnost budov
EPBD	Energy Performance of Buildings Directive, <i>v překladu směrnice o energetické náročnosti budov</i>
EU	Evropská unie
EVP	Energeticky vztažná plocha
HDR	Hot Dry Rock, <i>v překladu metoda horké suché horniny</i>
KVET	Kombinovaná výroba elektřiny a tepla
KT	Klasifikační třída
LTO	Lehký topný olej
NAPEE	Národní akční plán energetické účinnosti/efektivity
NKN	Národní kalkulační nástroj
nZEB	nearly Zero Energy Building, <i>v překladu budova s téměř nulovou spotřebou energie</i>
OB	Obálka budovy
OECD	Organisation for Economic Co-Operation and Development, <i>v překladu Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj</i>
OPEC	Organisation of the Petroleum Exporting Countries, <i>v překladu Organizace zemí vyvážejících ropu</i>
OZE	Obnovitelné zdroje energie
PENB	Průkaz energetické náročnosti budovy
RD	Rodinný dům
SEK	Státní energetická koncepce
SSSR	Svaz sovětských socialistických republik
TČ	Tepelné čerpadlo
TTO	Těžký topný olej
ÚEL	Územně ekologické limity

# 1 Úvod

Pokud se investor rozhodne postavit si nový rodinný dům, osloví projektanta, s kterým musí projednat řadu základních otázek, jejichž odpovědi se odvíjí zejména od investorových představ či jeho finančních možností (např. velikost a tvar domu, dispoziční uspořádání, volba nosných konstrukcí, systém vytápění apod.).

Ve vlastní, i když zatím krátké projektantské praxi, se velmi často setkávám s tím, že většinu otázek má již investor dopředu promyšlených a zodpovězených. Jaká otázka ale téměř vždy není ze strany investora úplně promyšlená, je volba vhodného zdroje tepla pro vytápění, popř. pro ohřev teplé vody. Pokud totiž investor už nějakou představu má, většinou vychází např. z doporučení známého (s úplně jinými preferencemi a požadavky), nebo třeba ze své vlastní bývalé zkušenosti (na jiném místě pro jiný rodinný dům s úplně jinými parametry). Tyto zdroje ale nejsou pro rozhodnutí úplně směrodatné, jelikož tak jako každý člověk, je i každá novostavba originál a je nutno k ní takto přistupovat.

Výběr vhodného zdroje tepla je tedy většinou spíše v rukou projektanta, který ale může na základě jednoduché analýzy investorových požadavků a představ stanovit a zjistit jeho hlavní preferenční kritéria, jejich pořadí dle důležitosti a v souladu s vlastnostmi jednotlivých uvažovaných variant vybrat vhodný zdroj tepla. A přesně tento krok jsem se rozhodla ve své diplomové práci namodelovat a aplikovat pro jeden ze svých projektů.

Diplomová práce je proto koncipována tak, aby teoretická část přiblížila investorovi či projektantovi přehled o možnostech a praktická část sloužila jako návod, jak poměrně jednoduše, ale efektivně vybrat vhodný zdroj vytápění pro konkrétního investora a objekt.

Jak už bylo naznačeno výše, struktura práce je rozdělena do dvou základních částí. První, teoretická část obsahuje 3 hlavní kapitoly. První kapitola se v úvodu zaměřuje na strategické dokumenty energetické politiky v rámci EU i ČR. Dále jsou podrobněji popsány primární zdroje energie a závěrem je stručně zmínka o energii elektrické a o kombinované výrobě elektřiny a tepla. Druhá kapitola popisuje základní kritéria při výběru druhu vytápění a také samotné zdroje tepla. Poslední, třetí kapitola je věnována energetické náročnosti budov, která je s tematikou vytápění velmi úzce spjatá. Začátek kapitoly uvádí legislativu EU implementovanou do legislativy ČR a popisuje ji z hlediska energetické náročnosti. Hlavní část této kapitoly je věnována průkazu energetické náročnosti budov, závěr pak krátce energetickým standardům.

Druhá, praktická část prvotně popisuje konkrétní projekt řešeného rodinného domu. Dále jsou obvodové konstrukce tohoto domu posouzeny z hlediska součinitele prostupu tepla a před samotnou analýzou jsou ještě stanoveny jednotlivé návrhy variant vytápění. Důležitosti rozhodovacích kritérií jsou stanoveny na základě dotazníkového šetření

skutečných investorů řešeného rodinného domu. Šetření je strukturováno do vybraných metod multikriteriální analýzy (Metfesselovy alokace, Párového porovnání a Saatyho metody), díky kterým jsou stanoveny konečné váhy a pořadí jednotlivých rozhodujících kritérií dle požadavků a preferencí investora. Vybrané vlastnosti či parametry jednotlivých variant vytápění, konkrétně tedy energetické a ekonomické, jsou řešeny podrobněji v samostatných kapitolách. Po stanovení všech vlastností jednotlivých variant vytápění jsou dané zdroje tepla, za pomoci vybraných metod multikriteriální analýzy (Bodovací metody s vahami a Metody indexových koeficientů neboli bazické varianty), seřazeny podle vhodnosti dle požadavků a preferencí investora zahrnutých ve váhách rozhodovacích kritérií. Závěr je krátce věnován návrhům optimalizace řešeného projektu rodinného domu včetně analýzy návratnosti vybrané varianty optimalizace.

## 2 Zdroje energie

Na celém světě neustále stoupají nároky jednotlivců na energii, prohlubuje se závislost současné civilizace na spolehlivé dodávce energie a nevratně ubývají zásoby fosilních paliv. Přesto je život člověka bez zdrojů energie téměř nemyslitelný. [1]

Nevyhnutelnou pravdou je, že spotřeba energie ve všech jejích konečných uživatelských formách stále stoupá. Mezi rokem 2009 a 2010 například vzrostla spotřeba energie na celém světě o 5,5 %, v Evropě o 4 %. Tento jev byl zapříčiněn nárůstem poptávky po energii v Číně a Indii (nárůst o více než 6 %) a oživením ekonomické aktivity zemí OECD po útlumu v roce 2009. Přestože je nárůst populace v rozvíjejících se zemích Asie relativně mírný, za posledních 20 let se zvýšila spotřeba ropy v Číně čtyřikrát, v Indii třikrát a těžba uhlí se v Indii i Číně zvýšila na trojnásobek. V porovnání s rokem 1990 se očekává, že se celosvětová spotřeba energie do roku 2030 zvýší přibližně o 60 % a spotřeba fosilních paliv se zhruba zdvojnásobí. [1] [2]

Další pozornost je také třeba věnovat problematice bezpečnosti dodávek ropy a zemního plynu především z oblasti zemí Středního východu a zemí bývalého SSSR. V současné době Evropa dováží 57 % spotřeby zemního plynu a 82 % spotřeby ropy. V roce 2030 se má podle odhadů závislost dovozu zvýšit na 84 % spotřeby zemního plynu a 93 % spotřeby ropy. Z hlediska celkového dovozu energií se má závislost Evropské unie podle odhadů do roku 2030 zvýšit z dnešních 50 % na 70 %. [2]

Z výše uvedených a mnoha dalších důvodů postavila energetická politika Evropské unie, jejíž je členem i Česká republika, do popředí otázku snížení závislosti na dovozu energií a problematiku environmentálního vývoje. Z čehož pro země EU, kromě jiných, vyplývají opatření vedoucí k posilování energetické bezpečnosti, kterými jsou:

- Úspory energie,
- Maximální možné využití obnovitelných zdrojů energie (dále jen OZE),
- Diverzifikace zdrojů energie a míst jejich původu,
- Využití domácích zdrojů energie,
- Cílená energeticko-bezpečnostní zahraniční politika (Rusko, OPEC),
- Budování strategických zásob (ropa, zemní plyn),
- Liberalizace trhů s energiemi.

Tato opatření je nutné přijmout a integrovat je do národních energetických politik.

[1] [2]

## 2.1 Strategické dokumenty energetické politiky

### 2.1.1 Politické dokumenty EU

V této části práce se zabýváme hlavními dokumenty vydanými po roce 2004, kdy dochází k poměrně většímu rozvoji energetické politiky EU. [3]

V roce 2006 vydala Komise Zelenou knihu „*Evropská strategie pro udržitelnou, konkurenceschopnou a bezpečnou energii*“ [4]. Kniha definuje 6 prioritních oblastí, na které se Evropská komise zaměřuje:

- Dotvoření vnitřního evropského trhu s elektřinou a plynem,
- Solidarita mezi členskými státy; zvyšování bezpečnosti dodávek na vnitřním trhu s energií,
- Zabezpečení a konkurenceschopnost dodávek energií; důraz na udržitelnější, účinnější a různorodější skladbu zdrojů energií,
- Integrovaný přístup k boji se změnami klimatu; zvyšování energetické účinnosti, větší podpora využití OZE a zachycování a geologické ukládání uhlíku,
- Podpora inovací; strategický plán pro evropské energetické technologie; podpora výzkumu a urychlení rozvoje slibných technologií a vytvoření podmínek pro jejich zavádění do praxe,
- Soudržná vnější energetická politika; posílení vyjednávacích pozic EU na mezinárodní scéně.

Podle tohoto dokumentu by měla mít Evropská energetická politika 3 hlavní cíle – udržitelnost, konkurenceschopnost a zabezpečení dodávek. [2] [3] [4]

V roce 2007 Komise dále vydala strategický balíček dokumentů s názvem Energetická politika pro Evropu [5]. Tento dokument je stěžejním materiálem pro další směřování EU, který do hloubky rozvíjí konkrétní aktivity Zelené knihy [4]. Komise v dokumentu shrnuje cíle energetické politiky:

- Při mezinárodních vyjednáváních omezit emise skleníkových plynů do roku 2020 ve vyspělých zemích o 30 % ve srovnání s rokem 1990,
- Snížit celosvětové emise skleníkových plynů v roce 2050 ve srovnání s rokem 1990 až o 50 %, což předpokládá snížení v průmyslových zemích o 60 až 80 %,
- Dosáhnout do roku 2020 v každém případě alespoň 20% snížení emisí skleníkových plynů ve srovnání s rokem 1990,
- Snížit celkovou spotřebu primární energie o 20 % do roku 2020,
- Zvýšit podíl energie z OZE na celkové skladbě zdrojů energie EU na 20 % do roku 2020,
- Závazný minimální cíl pro biopaliva ve výši 10 % do roku 2020.

Z cílů dokumentu je patrné, že se EU soustředí zvláště na podporu využívání OZE, na snižování energetické náročnosti, a především na snižování emisí skleníkových plynů (tzv. iniciativa „20-20-20“). [2] [3] [5]

V roce 2008 byl vydán další strategický soubor dokumentů – Druhý strategický přezkum energetické politiky „Akční plán EU pro zabezpečení dodávek energie a jejich solidární využití“ [6]. Tento dokument klade důraz na bezpečnost energetických dodávek, budování energetických sítí a na energetickou účinnost. [3] [6]

V roce 2010 Komise zveřejnila dokument s názvem Evropa 2020 „Strategie pro inteligentní a udržitelný růst podporující začlenění“ [7]. Strategie vyzdvihuje 5 hlavních cílů, jež byly stanoveny pro EU jako celek. Energetické cíle EU jsou do této strategie také začleněny, konkrétně se jedná o již zmiňovanou iniciativu „20-20-20“ (včetně zvýšení závazku na snížení emisí na 30 %, pokud budou podmínky příznivé). Členské státy byly zároveň vyzvány, aby si na základě těchto hlavních cílů Strategie stanovily vlastní národní cíle a implementovaly politiky a nástroje nutné pro jejich naplnění. [3] [7] [8]

Poslední zmíněný dokument v této části práce vydala Komise v roce 2011 a jedná se o Energetický plán do roku 2050 [9]. V tomto dokumentu je popsán nový energetický systém, pro jehož dosažení musí být splněno 10 podmínek, z nichž bezprostřední prioritou je úplné provedení strategie EU Energie 2020 „Strategie pro konkurenceschopnou, udržitelnou a bezpečnou energii“ z roku 2010 [10]. [3] [9]

### 2.1.2 Politické dokumenty ČR

Vývoj energetické politiky EU odráží Státní energetická koncepce ČR (SEK) [11], která definuje priority a cíle ČR v energetickém sektoru včetně konkrétních realizačních nástrojů. Původní verze tohoto dokumentu pochází z roku 2004 s výhledem do roku 2030, v roce 2015 schválila vláda ČR svým usnesením aktualizovanou SEK na následujících 25 let, tedy s výhledem do roku 2040. [3] [12]

*„Hlavním posláním SEK je zajistit spolehlivou, bezpečnou a k životnímu prostředí šetrnou dodávku energie pro potřeby obyvatelstva a ekonomiky ČR, a to za konkurenceschopné a přijatelné ceny za standardních podmínek.“* [11] Toto je také dlouhodobá vize energetiky ČR, která je shrnuta v trojici vrcholových strategických cílů energetiky ČR (bezpečnost – konkurenceschopnost – udržitelnost).

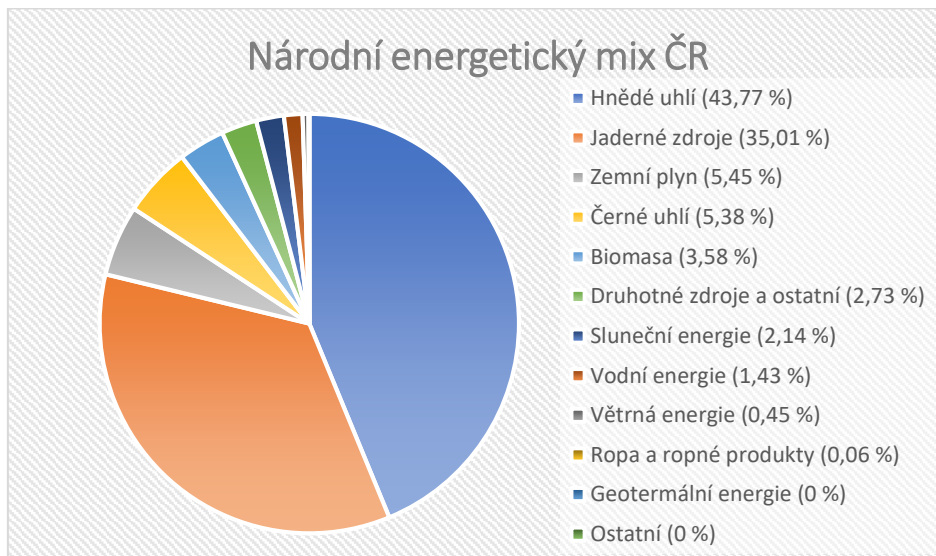
SEK k naplnění této dlouhodobé vize definuje 5 strategických priorit:

- Vyvážený energetický mix; vyvážený mix primárních energetických zdrojů i zdrojů výroby elektřiny založený na jejich širokém portfoliu,
- Úspory a účinnost; zvyšování energetické účinnosti a dosažení úspor energie,



- Infrastruktura a mezinárodní spolupráce; rozvoj síťové infrastruktury ČR,
- Podpora výzkumu, vývoje a inovací,
- Zvýšení energetické bezpečnosti a odolnosti ČR. [11]

Obr. 2.1 Národní energetický mix ČR 2017



Vlastní zpracování, zdroj [13]

Z Obr. 2.1 je zřejmé, že největší podíl na Národním energetickém mixu ČR mají zdroje fosilní (57,40 %), konkrétně tedy hnědé uhlí, potom následují jaderné zdroje (35,01 %) a na posledním místě se nacházejí OZE (7,60 %). [13]

Členské státy EU jsou mimo jiné povinny v tříletých intervalech předkládat vnitrostátní akční plány energetické účinnosti na základě požadavku směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/27/EU o energetické účinnosti [16]. Národní akční plán energetické účinnosti/efektivity (dále jen NAPEE) popisuje plánovaná opatření zaměřená především na zvýšení energetické účinnosti a očekávané nebo dosažené úspory energie (včetně úspor při dodávkách, přenosu nebo přepravě a distribuce energie, jakož i v konečném využití energie). První NAPEE byl pro ČR zveřejněn v roce 2007, poslední aktualizace pochází z dubna 2017. [14]

V souladu s požadavky čl. 3 směrnice 2012/27/EU byl stanoven vnitrostátní orientační cíl energetické účinnosti, tzv. národní příspěvek k zajištění splnění hlavního 20% cíle EU pro energetickou účinnost do roku 2020 (výše stanovena v souladu s dokumentem SEK [11]). Tento orientační vnitrostátní cíl si podle ustanovení tohoto článku stanoví každý členský stát na základě spotřeby primární energie nebo konečné spotřeby energie. [15]

Další obecně či sekundárně stanovené cíle v oblasti energetické účinnosti jsou zahrnuty v dalších národních dokumentech, z nichž většinu lze nalézt, společně s výše uvedenými, v databázi strategií [17]. [15]

## 2.2 Primární zdroje energie

Energetické zdroje využívané na naší planetě můžeme rozdělit podle místa v procesu přeměny na dva základní zdroje:

- Primární, přírodní zdroje,
- Sekundární, druhotné suroviny.

Primární zdroje energie jsou takové zdroje, které jsou volně dostupné v přírodě a neprošly žádnou lidmi provedenou přeměnou nebo transformačním procesem. Tyto prvotní přírodní zdroje můžeme dále rozdělit do 2 skupin podle obnovitelnosti na:

- Obnovitelné zdroje energie (OZE),
- Neobnovitelné zdroje energie neboli paliva. [18] [19] [20]

Tab. 2.1 Rozdělení energetických zdrojů

ZDROJE ENERGIE				
NEOBNOVITELNÉ ZDROJE		OBNOVITELNÉ ZDROJE		
Fosilní paliva	Jaderná paliva	Sluneční energie	Geotermální energie	Slapová energie
<i>Uhlí</i>	<i>Uran</i>	<i>Sluneční záření</i>		<i>Přílivové vlny</i>
<i>Ropa</i>	<i>Plutonium</i>	<i>Energie větru</i>		
<i>Zemní plyn</i>	<i>Thorium</i>	<i>Teplo okolí (země, vzduch, voda)</i>		
		<i>Biomasa</i>		
		<i>Energie vody</i>		
		<i>Energie moří</i>		

Vlastní zpracování, zdroj [1]

Druhotné zdroje, odpad, jsou jedním z produktů života lidské společnosti. Tento odpad vzniká nejen z průmyslové a zemědělské produkce, ale také ze způsobu života člověka. V současné době se odpady třídí a část z nich se stává významným druhotným energetickým zdrojem. Energetický obsah odpadu je totiž srovnatelný například s uhlím a v některých případech je i větší než u kvalitního uhlí.

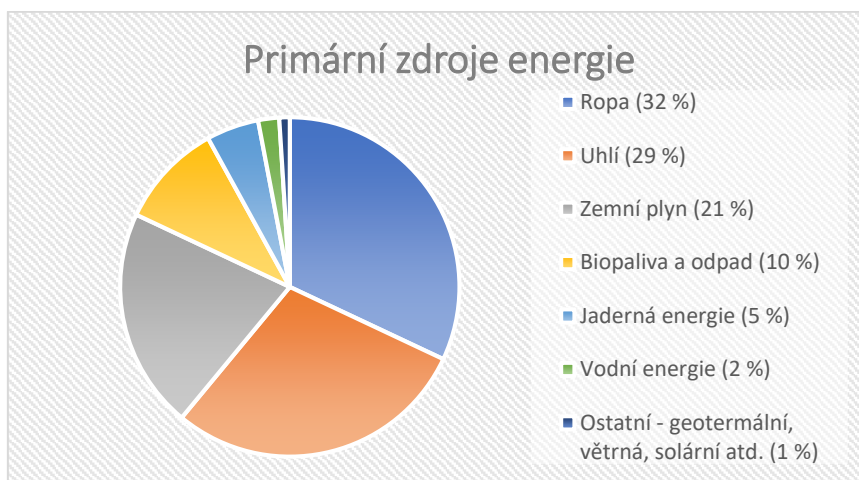
Odpady se využívají dvěma základními způsoby na:

- Termochemické procesy – spalování a zplyňování,
- Biochemické procesy – fermentace a anaerobní vyhnívání. [18]

Definice druhotných zdrojů je ukotvena v zákoně č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů. „Druhotnými zdroji se rozumí využitelné energetické zdroje, jejichž energetický potenciál vzniká jako vedlejší produkt při přeměně a konečné spotřebě energie, při uvolňování z bituminozních hornin včetně degazačního

a důlního plynu nebo při energetickém využívání nebo odstraňování odpadů a náhradních paliv vyrobených na bázi odpadů nebo při jiné hospodářské činnosti.“ [31]

Obr. 2.2 Primární zdroje energie v roce 2011



Vlastní zpracování, zdroj [21]

Z Obr. 2.2 lze vidět, že nejvýznamnější světové primární zdroje energie jsou ropa, uhlí a zemní plyn, tedy fosilní paliva, dále jsou to biopaliva a odpad a další zdroje. [21]

## 2.3 Neobnovitelné zdroje energie

Neobnovitelný zdroj energie je zpravidla takový zdroj, jehož vyčerpání je očekáváno v horizontu maximálně stovek let. Jeho případné obnovení by ale trvalo mnohonásobně déle. Jak je zřejmé z Tab. 2.1, mezi neobnovitelné zdroje energie řadíme fosilní a jaderná paliva. [1]

Některá literatura uvádí, že jaderná paliva jsou zvláštním druhem paliv, která jsou uměle vyrobená a nepatří ani do fosilních ani do obnovitelných zdrojů. V této práci jsou zařazeny do neobnovitelných zdrojů energie, jelikož přirozené přírodní zásoby štěpných materiálů jsou vyčerpateľné. Je ale pravdou, že zařazení jaderných paliv mezi obnovitelné zdroje je v posledních letech celkem diskutované téma. [18] [22]

### 2.3.1 Jaderná paliva

Jaderná energie se stala přirozenou součástí energetického mixu řady vyspělých států, výjimkou není ani ČR. Lze předpokládat, že jaderné elektrárny budou mít zásadní vliv na rozvoj ekonomiky i do budoucna, jelikož zatím neexistuje v celosvětovém kontextu lepší energetický zdroj, který by současně pokryl rostoucí nároky na energii, a přitom nepřispíval ke zhoršování životního prostředí. V České republice jsou aktuálně v provozu dvě jaderné elektrárny (Temelín, Dukovany). [23]

Z jaderného paliva se energie uvolňuje prostřednictvím jaderných reakcí – rozpadem (štěpením) nebo fúzí, v současnosti se prakticky využívá jen štěpná jaderná reakce. Jako paliva se využívá uran, zn.  $^{235}\text{U}$ , (obohacený nebo přírodní) a uměle vytvořené plutonium, zn.  $^{239}\text{Pu}$ . V budoucích letech se počítá i s thoriem, kterého zemská kůra obsahuje výrazně více. Aby mohlo být palivo využito v jaderných elektrárnách, musí být přepracováno do jaderných palivových článků. Obohacený uran ve formě oxidu uraničitého je nyní nejběžnějším typem jaderného paliva. [1] [18]

Uran se v ČR těžil již od 16. století až do konce roku 2016, kdy došlo k ukončení komerční těžby uranu na dole Rožná. Do té doby byla ČR jedinou zemí střední Evropy těžící uran. V současné době probíhá těžba uranové rudy ve zhruba 20-ti zemích světa, přičemž přibližně dvě třetiny světové produkce pochází od tří největších těžařů – Kazachstánu, Kanady a Austrálie, která disponuje největšími světovými zásobami (zhruba 30 %). [24] [25]

Dodávku palivových článků pro české jaderné elektrárny zajišťuje společnost ALTA, která je výhradním zástupcem ruské společnosti TVEL, výrobcem jaderného paliva. [26]

### 2.3.2 Fosilní paliva

Nepostradatelným a nejrozšířenějším zdrojem energie jsou dnes fosilní paliva. Do této skupiny patří hlavně uhlí, a to jak kvalitnější černé uhlí, tak i méně kvalitní hnědé uhlí, které má přibližně poloviční výhřevnost. Uhlí vznikalo rozkladem organického materiálu, především rostlinného původu, v hlubších vrstvách zemské kůry za nepřítomnosti vzduchu před miliony lety. Největší nevýhodou uhlí je, že jeho spalováním se v uhelných elektrárnách uvolňuje do ovzduší velké množství škodlivých látek. [1]

Černé uhlí je strategickou surovinou, jejíž těžba má v ČR dlouholetou tradici. Díky velkým zásobám tohoto nerostu byla ČR vždy soběstačná a nezávislá na dovozu. Tato surovina se v ČR těží převážně na severní Moravě v oblasti kolem Ostravy a Karviné. Tuzemské černé uhlí je velmi kvalitní, a proto je téměř polovina vytěženého množství zpracována na koks. Zbývá část se využívá pro energetické účely na výrobu elektrické energie a tepla. [2] [27]

Hnědé uhlí se těží hlavně povrchovým způsobem v severních Čechách. Povrchová forma těžby je velmi nešetrná vůči okolní krajině, což byl v minulosti hlavní důvod k jejímu postupnému útlumu. Hnědé uhlí se využívá především v tepelných elektrárnách při výrobě elektrické energie. Energetické využití hnědé uhlí je ale významným producentem skleníkových plynů ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ). Další rozvoj těžby hnědé uhlí je spojen s otázkou prolomení tzv. územních ekologických limitů (ÚEL). [2] [28]

I když těžba uhlí začala ve větším měřítku už v 17. století, odhaduje se, že světové zásoby uhlí by měly vydržet zhruba ještě 600 let. [1]

Tab. 2.2 Rozdělení fosilních paliv

FOSILNÍ PALIVA		
PEVNÁ PALIVA	KAPALNÁ PALIVA	PLYNNÁ PALIVA
<i>Antracit</i>	<i>Těžké topné oleje (TTO)</i>	<i>Zemní plyn</i>
<i>Černé a hnědé uhlí</i>	<i>Lehké topné oleje (LTO)</i>	
<i>Lignit</i>	<i>Nafta</i>	
<i>Rašelina</i>		

Vlastní zpracování, zdroj [18]

Kapalná fosilní paliva jsou získávána z ropy, která je směsí kapalných uhlovodíků, vzniklých rozkladem organických látek usazených na dně moří před miliony lety. Ropa představuje jednu z nejvýznamnějších současných komodit ovlivňující světovou ekonomiku a politiku. Kvůli své geografické poloze nemá ČR k dispozici významná ložiska ropy. Největší na našem území se nacházejí v regionu jižní Moravy, jejichž produkce je schopna pokrýt pouze zlomek domácí poptávky v řádu maximálně jednotek procent. Z toho důvodu je ČR zcela závislá na dovozu ropy ze zahraničí. Přibližně 70 % celkového dovozu ropy je zprostředkováno ropovodem Družba z Ruské federace. [1] [2] [18] [29]

Spotřeba ropy od začátků její těžby prudce vzrůstala, dnes sice pomalu klesá, ale i přes to jsou světové zásoby ropy již z poloviny vyčerpány a odhaduje se, že při dnešním tempu těžby ropy vystačí světové zásoby pouze na dalších 50 až 70 let. [1]

Vznik ropy obvykle doprovází i vznik zemního plynu, který se téměř vždy nachází těsně nad ložiskem ropy. Jeho hlavní složkou je metan ( $\text{CH}_4$ , 60-80 %), etan (5-9 %), propan (3-18 %), těžší uhlovodíky (2-14 %) a další. Na začátku těžby ropy byl spíše na obtíž, a tak byl vypouštěn do vzduchu, dnes se zachycuje a využívá jako palivo. Ze všech paliv vyžaduje zemní plyn před svým použitím nejméně úprav. Podobně jako v případě ropy je ČR zcela závislá na dodávkách zemního plynu ze zahraničí, konkrétně z Ruské federace (75 %) a z Norska (24 %), zbylé procento tvoří domácí produkce (Moravské naftové doly). Tam, kde není zaveden zemní plyn, se značně rozšiřuje vytápění propan-butanem. [1] [2] [18] [29]

Z hlediska bezpečnosti stabilních dodávek ropy a zemního plynu má ČR skladové nouzové rezervy (zásoby ropy a ropných produktů na minimálně 90 dní průměrné spotřeby a zhruba dvě pětiny roční spotřeby zemního plynu). [2]

## 2.4 Obnovitelné zdroje energie

„Obnovitelné přírodní zdroje mají schopnost se při postupném spotřebovávání částečně nebo úplně obnovovat, a to samy nebo za přispění člověka.“ Takto definuje OZE zákon č. 17/1992 Sb. o životním prostředí. [30]

„Obnovitelnými zdroji se rozumí obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu z čistíren odpadních vod a energie bioplynu.“ Toto je definice OZE zákona č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů. [31]

Obnovitelné zdroje energie jsou tedy energetické zdroje, které jsou člověku v přírodě volně k dispozici a jejichž zásoba je z lidského pohledu nevyčerpatelná nebo se obnovuje v časovém měřítku srovnatelném s jejich využíváním. [2]

Obnovitelné zdroje energie lze principiálně rozdělit, jak je naznačeno v Tab. 2.1, do tří základních skupin podle základní energie, na které jsou založeny. Jedná se o zdroje založené na rotační a gravitační energii Země a okolních vesmírných tělesech (slapová/přílivová energie), na tepelné energii zemského jádra (geotermální energie) a na energii dopadajícího slunečního záření (produkt jaderných reakcí uvnitř Slunce – sluneční energie), která má největší potenciál využití. [2]

Tab. 2.3 Rozdělení obnovitelných zdrojů

OBNOVITELNÉ ZDROJE					
ENERGIE SVĚTLA	ENERGIE VĚTRU	ENERGIE VODY	GEOTERMÁLNÍ ENERGIE	NÍZKOTEPLTNÍ ENERGIE	ENERGIE BIOMASY
<i>Přímá přeměna</i>	<i>Nízké proudy</i>	<i>Moře</i>	<i>Povrchové zdroje</i>	<i>Tepelná čerpadla</i>	<i>Biopaliva</i>
<i>Nepřímá přeměna</i>	<i>Vysoké proudy</i>	<i>Vodní toky</i>	<i>Hlubinné zdroje</i>		
		<i>Přečerpání</i>			

Vlastní zpracování, zdroj [18]

V současnosti patří OZE společně s druhotnými zdroji a kombinovanou výrobou elektřiny a tepla (KVET) ke zdrojům energie, které jsou u nás státem podporované a jsou přesně definované výše uvedeným zákonem č. 165/2012 Sb. [18] [31]

Energie vody a větru je významná především z hlediska výroby elektrické energie (vodní, slapové, větrné elektrárny aj.), z hlediska vytápění rodinných domů obnovitelnými zdroji ale nemají takový význam oproti ostatním, proto se jimi v této práci nebudeme blíže zabývat.

### 2.4.1 Sluneční energie

Sluneční záření patří mezi nejčistší a nejdostupnější zdroj energie na naší Zemi. Energie ze Slunce se v současné době jeví jako jedna z perspektivních náhrad ekologicky nevhodných fosilních paliv. Na efektivní využití solární energie mají velký vliv především zeměpisné podmínky a konkrétní roční období. V ČR je pro využití solární energie ideální oblast jižní Moravy a nejméně vhodná je pak oblast severních Čech. [1] [32]

Energie dopadajících světelných paprsků je využívána pro přeměnu na tepelnou nebo elektrickou energii pomocí aktivních nebo pasivních solárních systémů. K pasivnímu využívání sluneční energie dochází prakticky v jakémkoli domě prostřednictvím stavebních prvků (především okna, popř. absorpční střechy, fasády) a je z velké části ovlivněno vhodným stavebním řešením objektu. [1] [2] [18]

Tab. 2.4 Rozdělení solárních systémů podle způsobu využití sluneční energie

SOLÁRNÍ SYSTÉM		
PASIVNÍ	AKTIVNÍ	
<i>Teplo zachycené konstrukcí budov</i>	Výroba tepla	Výroba elektřiny
	<i>Solární kolektory (ploché, vzduchové/teplovzdušné, vakuové trubkové)</i>	<i>Fotovoltaické články</i>
	<i>Zásobníky tepla</i>	<i>Solárně-termická přeměna</i>

Vlastní zpracování, zdroj [1] [2] [33]

Nejjednodušší způsob využití solární energie je pro ohřev TUV. Fotovoltaický systém využívá fotovoltaické panely produkující elektřinu, která pak ohřívá vodu v bojleru, nebo ji lze spotřebovat v domácnosti. Termický systém přímo ohřívá vodu v zásobníku, nebo pracovní kapalinu pro vytápění ve svých kolektorech. [32]

Elektrickou energii lze tedy získat přímo, pomocí fotovoltaických článků nebo nepřímo, přes tepelnou energii pomocí solárních kolektorů. [18]

### 2.4.2 Geotermální energie

Geotermální energie je projevem tepelné energie zemského jádra, která vzniká především rozpadem radioaktivních látek (zejména uranu), působením slapových sil, pohybem tektonických desek a dalších. Tepelná energie Země roste s rostoucí vzdáleností od povrchu, její projevy je ale možné spatřit i na povrchu např. v podobě horkých pramenů (využití v lázeňství) či erupcí sopek aj. Řadíme ji mezi OZE i přes to, že některé zdroje geotermální energie jsou vyčerpatelné v horizontu několika desítek let. [34] [35]

Geotermální energii využíváme jak ve formě tepelné energie pro vytápění budov nebo zemědělských zařízení (např. skleníků), tak pro výrobu elektrické energie v geotermálních elektrárnách. V rámci Evropy je nejvhodnější zemí z hlediska využívání geotermální energie Island. V našich podmínkách je možné využít pouze tzv. konceptu suché horniny HDR („hot-dry-rock“, teploty kolem 200 °C), tj. kdy dojde v příslušné hloubce k umělému vytvoření tepelného výměníku. [2] [34]

### 2.4.3 Nízkoteplotní energie

Systémy založené na využívání nízkopotenciální energie jsou v dnešní době zatím nejrozšířenějším způsobem získávání energie ze Země. Jejich konstrukce je rozdílná, nejčastěji se ale jedná o tepelná čerpadla. [1]

Tepelné čerpadlo (TČ) transformuje tepelnou energii o nižší teplotě na tepelnou energii o vyšší teplotě. Podle využívaného zdroje nízkopotenciálního tepla lze TČ rozdělit na tři základní systémy:

- Země – voda,
- Voda – voda,
- Vzduch – voda.

Zvláštním typem TČ jsou systémy vzduch – vzduch, které se spíše označují jako klimatizační jednotky. [1] [18]

První slovo v názvu označuje, odkud bere TČ energii, tedy zdroj nízkopotenciálního tepla (ze země, vody, vzduchu), druhé slovo za pomlčkou označuje, jak TČ energii dodává do objektu, tedy médium, kterému je teplo předáváno pro vytápění (voda, vzduch). [1] [36]

Podrobněji jsou TČ popsána v kapitole 3.2.3 – Tepelná čerpadla.

### 2.4.4 Energie biomasy

Energie biomasy má svůj prapůvod ve slunečním záření a fotosyntéze, proto se řadí mezi OZE. Spalování biomasy je historicky nejstarším energetickým zdrojem, který lidstvo využívá, a i v dnešní době je velmi významným zdrojem energie. Na výrobě energie z OZE se podílí přibližně 80 %, na celkové výrobě elektrické energie z OZE zhruba 20 % a na výrobě tepla zhruba 90 %. Její jednoznačnou výhodou je minimální vliv na množství CO<sub>2</sub> v ovzduší při jejím spalování. [1] [2] [18]

Biomasou se rozumí materiál biologického původu nefosilního charakteru, který pochází zpravidla z pěstování rostlin, chovu živočichů, produkce organického původu a jiné organické odpady. [1]



Pro zpracování biomasy se využívá celé řady chemických procesů, které ji buď mění na jiný druh paliva (zplyňování, alkoholové kvašení aj.) nebo ji přímo mění na tepelnou energii (spalování, kompostování). Jedním z faktorů, který ovlivňuje kvalitu biomasy, je obsah vody, která má přímý vliv na výhřevnost (optimální vlhkost do 20 %). [1] [18]

Biopalivo tedy vzniká cílenou výrobou nebo přípravou z biomasy a představuje jedno z možných využití biomasy, kterou lze využít i jinak, např. jako hnojivo. [18]

Tab. 2.5 Rozdělení biopaliv

<b>BIOPALIVA</b>		
TUHÁ BIOPALIVA	KAPALNÁ BIOPALIVA	PLYNNÁ BIOPALIVA
<i>Dřevo</i>	<i>Alkoholová</i>	<i>Bioplyn</i>
<i>Seno</i>	<i>Bi oleje</i>	<i>Dřevoplyn</i>
<i>Sláma</i>	<i>Bioplyn</i>	<i>Vodík</i>

Vlastní zpracování, zdroj [18]

Při vytápění rodinných domů biopalivy se nejčastěji využívají paliva tuhá, zejména kusové dřevo a jeho různé formy jako např. pelety, štěpka, brikety, piliny apod. Dřevo je poměrně dostupné a levné, nicméně topidla na spalování kusového dřeva jsou celkem náročná na obsluhu a obtížněji se reguluje jejich výkon. Výhřevnost je silně závislá na obsahu vody ve dřevě, proto není vhodné dřevo čerstvé, které má velký obsah vody, ale např. dřevo dva roky odleželé, které zajistí maximální výkon kotle a jeho dlouhou životnost. [1] [18] [37]

Další velmi častou formou tuhých biopaliv, kterou využíváme pro vytápění, jsou pelety. Pelety jsou vysoce stlačené výlisky válcovitého tvaru. Pelety jsou vyráběny nejčastěji z dřevních zbytků, obvykle z pilin nebo hoblin. Kromě těchto dřevních pelet jsou také pelety rostlinné, kůrové, rašelinové a pelety z dalších materiálů biomasy a jejich směsí, tzv. směsné pelety. Dřevní pelety mají stabilní a nízkou vlhkost (obvykle kolem 8 %) a nízký obsah popelky (kolem 1 %). Automatická topidla na pelety se svým komfortem obsluhy už přibližují např. k topidlům na plyn. [1] [38]

Své postavení v oblasti tuhých biopaliv má i štěpka, i když zatím není klasickým palivem pro malospotřebitele. Dřevní, resp. lesní štěpka je strojně nakráčená a nadrcená dřevní hmota. Je získávána z odpadů lesní těžby a z průmyslového zpracování dřeva či rychle rostoucích dřevin. Vlhkost štěpky je poměrně vysoká, jelikož se surovina pro výrobu zpracovává téměř vždy čerstvá. Na trhu se objevuje několik druhů štěpky – zelená (lesní s obsahem listí, popř. jehličí), hnědá (s obsahem kůry) a bílá (bez obsahu kůry). Cena štěpky je oproti peletám podstatně nižší, bohužel spalovací zařízení na štěpku jsou větší, složitější a dražší než zařízení pro spalování pelet. [1] [39]

## 2.5 Elektrická energie

Navzdory současným legislativním omezením má využívání elektrické energie k vytápění nemalý počet příznivců. Hlavním důvodem je skutečnost, že se díky velmi snadné a velice přesné regulaci jedná o jednoznačně nejkomfortnější a současně investičně nejméně nákladný způsob vytápění. Vyšší cenu elektřiny kompenzují nízké pořizovací náklady na otopnou soustavu. Elektrické vytápění může být realizováno jako teplovodní otopná soustava v rámci stavební konstrukce (nejčastěji v podlaze) s elektrickým kotlem či tepelným čerpadlem nebo samostatnými topnými tělesy a prvky. [40]

V ČR se nejvíce elektrické energie vyrobí v hnědouhelných (cca 42 %) a jaderných (cca 35 %) elektrárnách, malé množství se také vyrobí z OZE (cca 11 %) a černého uhlí (cca 6 %) aj. [41]

## 2.6 Kombinovaná výroba elektřiny a tepla (KVET)

*„Kombinovanou výrobou elektřiny a tepla se rozumí přeměna primární energie na energii elektrickou a užitečné teplo ve společném současně probíhajícím procesu v jednom výrobním zařízení.“* Takto zní definice KVET podle zákona č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů. [31]

Oddělený princip výroby elektrické energie v elektrárnách je takový, že energie uvolněná spalováním primárních paliv je transformována na mechanickou a posléze na elektrickou energii a odpadní teplo. Při samostatné výrobě tepelné energie ve výtopnách nebo individuálních zdrojích je energie uvolněná spalováním primárních paliv transformována na užitečnou tepelnou energii a odpadní teplo. V obou případech nedochází k optimálnímu využití energie primárního paliva. Obě tyto varianty je možné za určitých podmínek sdružit do tzv. kombinované výroby elektřiny a tepla neboli KVET. [18]

Nejpoužívanějším palivem pro KVET je v současnosti hnědé i černé uhlí, tedy paliva fosilní. Pro KVET lze ale využít téměř všechna dostupná paliva a energetické zdroje jako jsou, kromě již zmíněných fosilních, jaderná energie (dodávky tepla z jaderných elektráren), biomasa, komunální a jiné odpady nebo geotermální energie. [18] [42]

V současnosti pokrývá KVET téměř dvě třetiny dodávek tepla pro soustavy zásobování teplem v ČR. [42]

## 2.7 Porovnání paliv

Hledisek, podle kterých můžeme porovnávat jednotlivá paliva pro vytápění, je mnoho, v této kapitole se zaměříme pouze na některé z nich. První tabulka 2.6 porovnává obecně výhody a nevýhody jednotlivých paliv.

Tab. 2.6 Porovnání výhod a nevýhod vybraných paliv

<b>PALIVO</b>	<b>Výhody</b>	<b>Nevýhody</b>
Uhlí	-nízká cena	-vysoké emise -dovoz a skladování paliva -možné problémy s regulací -vynášení popela
Zemní plyn	-netřeba sklad paliva -neomezená dodávka -automatická regulace kotle -velmi nízké emise -vysoká účinnost -není nutná pravidelná obsluha kotle	-cena silně závislá na vývoji ceny ropy a kurzu měny (růst ceny) -nutná přípojka plynu
Propan-butan	-automatická regulace kotle -nízké emise -vysoká účinnost -není nutná pravidelná obsluha kotle	-cena silně závislá na vývoji ceny ropy a kurzu měny -nutnost zásobníku -nutnost dovozu paliva
Kapalná paliva	-automatická regulace -vysoká účinnost	-vysoká cena -nutnost zásobníku -nutnost dovozu paliva
Dřevo	-nízká cena -ekologická energie (OZE)	-dovoz a skladování paliva -časté přikládání paliva (u neautomatických kotlů) -možné problémy s regulací
Ostatní biomasa	-nízká cena -ekologická energie (OZE)	-dovoz a skladování paliva -vynášení popela
Elektřina	-netřeba sklad paliva -vysoká účinnost -snadná regulace	-vysoká cena (nízký tarif není celý den) -nutná přípojka o dostatečné kapacitě

Vlastní zpracování, zdroj [43] [44]

Jedním z významných faktorů při posuzování efektivity využití paliv je jejich výhřevnost, nebo spalné teplo (viz. Tab. 2.7).

Dalším velmi významným faktorem při posuzování jsou emise CO<sub>2</sub> ze spalování fosilních paliv. Emise CO<sub>2</sub> se vypočítají jako součin hmotnosti a výhřevnosti paliva, emisního faktoru uhlíku a rozdílu „(1-nedopal)“. Podle vyhlášky č. 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku [45] jsou doporučené hodnoty pro nedopal 0,02 pro tuhá paliva, 0,01 pro kapalná paliva a 0,005 pro plynná paliva. „Emisní faktory

uhlíku uvádí množství uhlíku, resp. oxidu uhličitého připadajícího na jednotku energie ve spalovaném palivu“. Vyhláška ještě dále rozděluje emisní faktory uhlíku na všeobecné (viz. Tab. 2.7) a místně specifické. [45]

Tab. 2.7 Porovnání výhřevnosti a všeobecného emisního faktoru CO<sub>2</sub> vybraných paliv

<b>PALIVO</b>	<b>Výhřevnost (MJ/kg, *MJ/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Všeobecný emisní faktor CO<sub>2</sub> (kg/GJ)</b>
Hnědé uhlí	18,0	99,1
Černé uhlí	23,1	92,4
Koks	27,5	107,0
*Zemní plyn	37,8	55,4
Listnaté dřevo (voda 15 %)	14,6	0,0
Jehličnaté dřevo (voda 15 %)	15,6	0,0
Dřevní pelety	18,5	0,0
Dřevní štěpka	12,5	0,0
Elektřina	-	281,0

Vlastní zpracování, zdroj [1] [19] [45]

Z těchto vybraných paliv a konkrétních parametrů v tabulce 2.7 vychází jako nejvhodnější palivo zemní plyn.

Další tabulka 2.8 ukazuje strukturu používaných paliv a energií v domácnostech, bez ohledu na účel využití a pouze pro účely vytápění. Opět lze vidět, že pro vytápění RD jednoznačně vede zemní plyn a za ním v těsné blízkosti OZE.

Tab. 2.8 Struktura používaných paliv a energií v ČR

<b>PALIVO</b>	<b>Bez ohledu na účel užití (%)</b>		<b>Na vytápění (%)</b>	
	RD	BD	RD	BD
Elektřina	100	100	14,0	6,2
Zemní plyn	58,8	66,0	54,3	22,8
Nakupované teplo	0,6	70,1	0,5	70,0
Tuhá paliva	27,1	2,0	27,0	2,0
OZE	54,1	4,0	52,9	3,8
Kapalná paliva	11,3	1,6	0,8	0,1
Ostatní paliva	2,9	0,1		

Vlastní zpracování, zdroj [46]

Významným hlediskem, pro většinu lidí i rozhodujícím, je cena paliva. Analýzou cen jednotlivých paliv se zabýváme v kapitole 5.6 – Ekonomické posouzení variant.

### 3 Zdroje tepla

Zdroje tepla se v budovách používají především k vytápění, přípravě TUV, popř. ohřevu větracího vzduchu a pro další navazující technologie. Při návrhu je vhodné využít takových zdrojů tepla, které minimalizují potřebu primární energie, tj. obnovitelných zdrojů tepla (kotle na spalování biopaliv, tepelná čerpadla apod.), popřípadě primární paliva maximálně využívají jako např. plynové kondenzační kotle. Pro dosažení vysoké účinnosti využití primárních paliv je nutné věnovat pozornost návrhu výkonu zdroje tepla a jeho regulačního rozsahu vzhledem k požadavkům (vyhnout se např. předimenzování). [47]

Podle velikosti tepelného výkonu rozdělujeme zdroje tepla na malé (kotle, plynové spotřebiče), střední (kotelny) a velké (výtopny, teplárny). Za malé jsou považovány zdroje tepla se součtovým jmenovitým výkonem do 50 kW. Plynové kotle jsou navrhovány dle požadavků ČSN EN 15502 Kotle na plynná paliva pro ústřední vytápění (části 1, 2-1 a 2-2), kotle na tuhá a kapalná paliva dle požadavků ČSN 07 0245 Teplovodní a nízkotlaké parní kotle – teplovodní kotle do výkonu 50 kW. [48]

#### 3.1 Kritéria při výběru druhu vytápění

Při stavbě rodinného domu vzniká mnoho otázek a jednou z nich je právě otázka: „Čím topit?“. Hlavním kritériem všech odpovědí zpravidla je, aby bydlení v tomto RD bylo příjemné, bezstarostné, ale zároveň s co nejnižšími investičními i provozními náklady. A právě velkou část těchto nákladů tvoří zpravidla náklady na vytápění, proto je velmi důležité tuto volbu pečlivě zvážit a nepodcenit. Souhrn kritérií, která s volbou vytápěcí soustavy přicházejí v úvahu, jsou:

- Minimální investiční náklady (na topný systém, montáž, stavební přípravy – přípojka, sklad paliva aj.),
- Bezstarostný provoz (snadná obsluha, minimální servis, životnost, záruky aj.),
- Uživatelské hledisko (maximální úspora místa, snadná údržba, zajištění tepelné pohody, zdravé a bezpečné prostředí, funkčnost aj.),
- Minimální provozní náklady (přesná regulace, levná údržba, cena energií, stabilita zdroje aj.). [49]

Z hlediska minimalizace všech nákladů existují tři základní pravidla, kterými je dobré se při stavebním návrhu držet:

- Pořídit si nízkoenergetický dům s minimální spotřebou tepla (tepelnou náročností).
- Zvolit technologie co nejjednodušší na stavbu, provoz i následnou údržbu.
- Zvolit systém s přesnou regulací, který vytvoří maximální tepelnou pohodu. [49]

Z hlediska energetického hodnocení budovy, vlivu provozu stavby na životní prostředí (zejména z pohledu produkce CO<sub>2</sub>) a také provozních nákladů je významný především výběr vhodného energonositele, resp. paliva pro vytápění. Jeho volba má zásadní vliv na hodnotu neobnovitelné primární energie v hodnocení PENB. [50] [51]

Tento vliv je blíže popsán v kapitole 4.3 – Průkaz energetické náročnosti budov.

## 3.2 Zdroje tepla

### 3.2.1 Plynové a olejové kotle a ohřivače

Z plynných paliv se využívá hlavně zemní plyn (tvořený z 98 % metanem) rozváděný plynovody a propan, který se skladuje v tlakových zásobnících v blízkosti místa použití. Jako kapalná paliva se využívají lehké topné oleje (LTO), které se skladují v netlakových nádržích v místě zdroje tepla. Pro spalování plynných nebo kapalných paliv je vhodné využít zejména kotle kondenzační, které jsou navrženy záměrně na provoz s kondenzací vodní páry ze spalin s nerezovým výměníkem a spalinovým ventilátorem pro odvod spalin o nízké teplotě (40 až 90 °C). [47]

Při procesu spalování se rozlišuje mezi množstvím tepla uvolněným spálením, pokud vzniklá voda zůstane ve formě páry – výhřevnost, nebo je vysrážena do kapalného skupenství – spalné teplo. Běžně uváděná účinnost kotlů je obvykle vztažena k výhřevnosti paliva, proto je možné se u hodnocení kondenzačních kotlů setkat s účinností, která překračuje 100 % (plynový kotel až 106 %, olejový až 101 %). [47]

Kondenzační kotle se mimo efektivního využití energie zemního plynu vyznačují také plynulou modulací výkonu hořáku od zhruba 20 do 100 % jmenovitého výkonu a umožňují tedy provoz v širokém rozsahu výkonu. [47]

Tab. 3.1 Rozdělení plynových spotřebičů

Typ	Přívod spalovacího vzduchu	Odvod spalin	Plynový kotel tohoto typu
A	<i>z místnosti</i>	<i>do místnosti</i>	<i>nedoporučuje se</i>
B	<i>z místnosti</i>	<i>ven</i>	<i>nedoporučuje se</i>
C	<i>z venku</i>	<i>ven</i>	<i>doporučuje se</i>

Vlastní zpracování, zdroj [52]

### 3.2.2 Spalovací zařízení na biopaliva

Pro zásobování budov teplem je z dostupných technologií energetického využití biomasy využitelné zejména přímé spalování tuhých biopaliv (např. kusového dřeva, dřevních briket, peletek, příp. štěpky aj.) a pouze v omezené míře spalování kapalných

biopaliv (např. biooleje nebo biolihu aj.) v kotlích a lokálních topidlech. Pro zajištění účinného spalování tuhých biopaliv je nezbytně nutné použít zplyňovacích kotlů s dvojestupňovým spalováním, u nichž dochází ke zplyňování tuhého paliva v topeništi a následnému spalování plynů ve spalovací komoře. Kvalita spalování a účinnost zdroje tepla jsou ovlivněny zejména obsahem vlhkosti v palivu (optimální do 20 %), množstvím přiváděného spalovacího vzduchu, teplotou spalování, její stabilitou a dalším. [47]

Pro zplyňovací kotle s ručním přikládáním je vhodné, aby pracovaly při konstantních jmenovitých podmínkách, tzn. na jmenovitý výkon s vysokými provozními teplotami (80 až 90 °C) ve stabilním neměnném režimu (účinnost kotle je potom cca 85 %). Regulace výkonu, účinná pouze v rozsahu 50 až 100 %, je u těchto kotlů možná pouze řízením přístupu spalovacího vzduchu, tzn. řízeně nedokonalým spalováním (negativní vliv na emise a účinnost). [47]

Automatické kotle jsou určeny pro sypké palivo zejména ve formě dřevních pelet (popř. alternativních pelet, štěpky či pilin aj.) a jsou vybaveny mechanickou samočinnou dopravou paliva do spalovacího prostoru. Provoz automatického kotle je bezobslužný, regulace výkonu, účinná v rozsahu 25 až 100 %, se provádí řízením přívodu paliva mechanickým dávkováním v kombinaci s řízeným přívodem vzduchu (účinnost kotle je pak cca 85 až 92 %). [47]

U obou typů se doporučuje kotle vybavit akumulací tepla (zásobníkem) pro plynulý chod kotle s ustálenými provozními podmínkami při dostatečně vysoké teplotě. [47]

### 3.2.3 Tepelná čerpadla

Základní informace o TČ byly zmíněny již v kapitole 2.4.3 – Nízkoteplotní energie.

Tepelná čerpadla (TČ) jsou zařízení, která umožňují čerpat tepelnou energii o nízké nevyužitelné teplotě (tzv. nízkopotenciální teplo) a předávat ji do tepelných soustav s vyšší využitelnou teplotní hladinou. Nízkopotenciální energie může být svou podstatou obnovitelná (energie okolního prostředí – voda, země, vzduch), nebo druhotná (např. teplo z odpadního vzduchu nebo odpadní vody). [47]

TČ jako zdroj tepla může pracovat ve dvou základních systémech zapojení. V monovalentním systému je čerpadlo hlavním a jediným zdrojem tepla. Tento systém není příliš využíván nejen kvůli nutnosti předimenzování systému tak, aby TČ svým výkonem krylo tepelné ztráty i při nejnižší teplotě okolního vzduchu. V druhém, bivalentním systému pracuje čerpadlo spolu s doplňkovým zdrojem tepla. Tepelný výkon čerpadla je v tomto systému navržen tak, aby čerpadlo pokrylo zhruba 60 % tepelných ztrát vytápěného objektu. Zbylé potřebné teplo je dodáno pomocným zdrojem, např. elektrokotlem. [1]

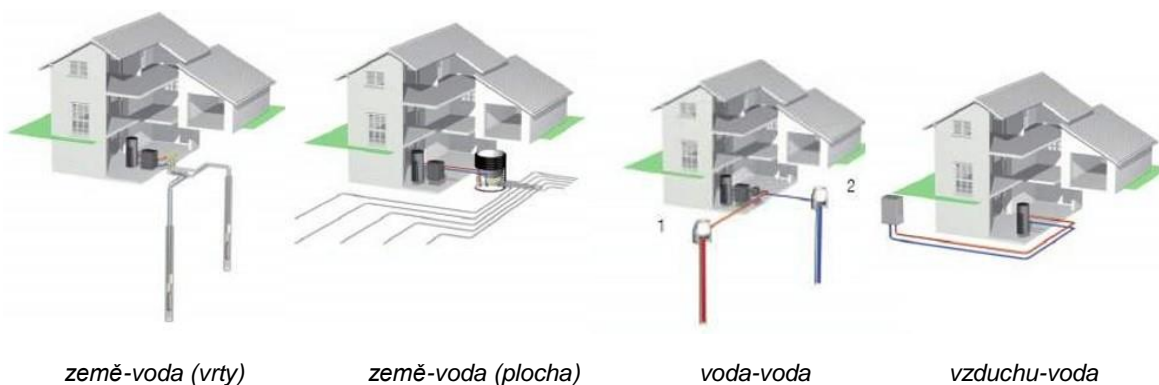
„Účinnost“ TČ je dána základním parametrem, tzv. topným faktorem COP (Coefficient of performance). Jedná se o teoretický poměr mezi vyrobeným teplem (topný výkon) a spotřebovanou elektrickou energií (pohon tepelného čerpadla), jde tedy o bezrozměrné číslo. Čím vyšší je topný faktor, tím lepší je čerpadlo, protože je jeho provoz levnější. Topný faktor se mění dle podmínek, v nichž TČ pracuje, běžně se ale pohybuje v rozmezí od 2,5 do 5. [1] [53]

Tab. 3.2 Porovnání výhod a nevýhod základních typů tepelných čerpadel

Typ	Výhody	Nevýhody
Země – voda (vrty)	-nejstabilnější -dlouhá životnost systému -nezávislost na venkovních klimatických podmínkách -využití chladicího výkonu	-nutnost zemních prací (geotermální vrty) -vrty dražší než dlouhé výkopy
Země – voda (plocha)	-nejstabilnější -dlouhá životnost systému -nezávislost na venkovních klimatických podmínkách	-nutnost zemních prací – dlouhé výkopy (zemní kolektor) -nutnost dostatečné plochy
Voda – voda	-nejvyšší topný faktor -studny levnější než vrty	-málo vhodných lokalit -nutnost zemních prací (zdrojová a vsakovací studna) -vyšší provozní náklady (pohon ponorného čerpadla) -náročná administrativa
Vzduch – voda	-snadná instalace -velká univerzálnost -nejsou potřeba zemní práce -nižší pořizovací náklady	-výkon závislý na teplotě venkovního vzduchu -omezená minimální teplota při které TČ pracuje (-20 °C) -vytváří určitou úroveň hluku

Vlastní zpracování, zdroj [54]

Obr. 3.1 Základní typy tepelných čerpadel



Zdroj [55]



### 3.2.4 Elektrické kotle a ohřivače

Elektrická energie je dnes dostupná v podstatě všude a jako zdroj tepla je využitelná v podobě levných zařízení (např. elektrokotle, zásobníkové ohřivače, přímotopná otopná tělesa aj.) s vysokou účinností přeměny elektrické energie na tepelnou – 98 až 100 %. [47]

Využití elektrické energie jako hlavního zdroje tepla pro vytápění a přípravu TUV je dnes v budovách bohužel nevhodné vzhledem k nepříznivé bilanci potřeby primární energie na její výrobu v elektrárnách a s ní svázané emise znečišťujících látek. Lze ji spíše uvažovat jako doplňkový či záložní zdroj tepla pro snížení potřeby vysokého a investičně náročného instalovaného výkonu obnovitelného zdroje tepla. [47]

### 3.2.5 Ostatní zdroje tepla

Jako alternativu lze také využít solární tepelné soustavy, které využívají fototermální přeměnu energie slunečního záření v tepelnou energii v solárních kolektorech a teplo je zpravidla odváděno do tepelného akumulátoru pro využití v době potřeby. Solární tepelné soustavy se ale nedoporučují jako hlavní zdroj tepla vzhledem k proměnné dostupnosti slunečního záření během roku. Velmi rozšířené a známé je ale využití sluneční energie pro předehřev a přípravu teplé vody. [47]

Většina soustav pro využití obnovitelných zdrojů tepla (solární tepelné soustavy, tepelná čerpadla, zdroje na spalování tuhých biopaliv aj.) vyžadují pro efektivnější provoz akumulaci energie. Většina komerčně dostupných zásobníků tepla pracuje na principu akumulace citelného tepla, tzv. vodní zásobníky a velmi malá část využívá změny skupenství akumulací látky. [47]

Velmi oblíbené doplňkové zdroje tepla, zvláště v rodinných domech, jsou interiérová lokální topidla v podobě krbů, krbových vložek, krbových kamen či kachlových akumulčních kamen aj. Využitelná jsou zejména krbová kamna vybavená integrovaným teplovodním výměníkem, odvádějícím významnou část tepelného výkonu z kamen do otopné soustavy (zásobníku tepla). Moderní krbová kamna mohou za optimálních podmínek dosahovat účinnosti až 80 %. [47]

## 4 Energetická náročnost budov

### 4.1 Legislativa EU

Legislativní dokumenty Evropské unie, tzv. směrnice Evropského parlamentu a Rady, jsou právní dokumenty s účinností zákona platné závazně ve všech členských zemích EU. Požadavky směrnic musí být začleněny do zákonů jednotlivých členských zemí EU, tedy i do zákonů ČR. [2]

V rámci EU bylo vydáno mnoho strategických dokumentů energetické politiky (viz Kap. 2.1) a na ně navazujících legislativních předpisů, konkrétně např. balíček pěti legislativních návrhů, tzv. třetí liberalizační balík, jehož cílem je vytvořit právní podmínky pro další liberalizaci trhů s elektřinou a zemním plynem nebo balíček čtyř legislativních předpisů, tzv. klimaticko-energetický balík, který má vést k naplnění cílů EU v oblasti energetiky a ochrany klimatu do roku 2020 aj. [3] [56] [57]

Z hlediska energetické náročnosti budov (dále jen ENB) je významná především směrnice o energetické náročnosti budov, které je věnována následující kapitola.

#### 4.1.1 Směrnice o energetické náročnosti budov (EPBD)

První evropská směrnice 2002/91/ES o energetické náročnosti budov (tzv. EPBD) [58] byla přijata v roce 2002 s cílem podporovat snižování ENB. Tato směrnice byla promítnuta do národní legislativy ČR a na jejím základě byly vyhláškou č. 148/2007 Sb. o energetické náročnosti budov mimo jiné zavedeny první průkazy energetické náročnosti budov (PENB) stanovené metodou porovnání ENB s hodnotami v tabulce, která je součástí přílohy č. 1 výše zmíněné vyhlášky č. 148/2007Sb. [58] [61] [62]

V roce 2010 bylo vydáno přepracované znění původní směrnice pod označením 2010/31/EU (tzv. EPBD 2) [59]. Tato směrnice ruší a plně nahrazuje směrnicí 2002/91/ES [58], zpřesňuje definice a metody výpočtu ENB v závislosti na použitém energonositeli, oproti původní. Revidovaná směrnice také vytyčuje cíle v oblasti energetiky do roku 2020 (tzv. cíle „20-20-20“) a k dosažení těchto cílů definuje různé kroky. Do národní legislativy ČR se tato směrnice promítla především vyhláškou č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov [64], kterou došlo mimo jiné k zavedení tzv. referenční budovy sloužící k vygenerování referenčních hodnot pro hodnocení ENB a ke změně obsahu a grafické podoby PENB (viz Obr. 4.1 a 4.2). Mimo jiné směrnice také zavádí nový pojem: „*budova s téměř nulovou spotřebou energie (angl. nZEB), kterou se rozumí budova, jejíž energetická náročnost je velmi nízká a jejíž téměř nulová či nízká spotřeba požadované energie by měla*

být ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů, včetně energie z obnovitelných zdrojů vyráběné v místě či v jeho okolí “. [59] [61] [62]

V květnu 2018 vyšla v pořadí již třetí směrnice o energetické náročnosti budov pod označením 2018/844/EU (tzv. EPBD 3) [60], kterou se mění směrnice 2010/31/EU [59] a směrnice 2012/27/EU o energetické účinnosti. Požadavky této směrnice mají být do národní legislativy ČR promítnuty do března 2020. Změny ve směrnici reagují především na technický pokrok a možnosti vybavení budov tzv. smart technologiemi aj. [60] [62]

Obr. 4.1 Grafické znázornění PENB 2007 – 2013 dle vyhlášky č. 148/2007 Sb., příloha 4

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY				
Typ budovy, místní označení Adresa budovy Celková podlahová plocha:		Hodnocení budovy stávající stav      po realizaci doporučení		
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m²rok		XY	XY	
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ		XY	XY	
Podíl dodané energie připadající na:				
Vytápění	Chlazení	Větrání	Teplá voda	Osvětlení
%	%	%	%	%
Doba platnosti průkazu		Jméno a příjmení Osvědčení č.		
Průkaz vypracoval				

Zdroj [62]

Obr. 4.2 Grafické znázornění PENB od roku 2013 dle vyhlášky č. 78/2013 Sb., příloha 4

**PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY**

Ulice, číslo: \_\_\_\_\_  
 PSČ, místo: \_\_\_\_\_  
 Typ budovy: \_\_\_\_\_  
 Plocha obálky budovy: \_\_\_\_\_ m²  
 Objemový faktor tvaru A/V: \_\_\_\_\_ m³/m²  
 Celková energeticky vztáhná plocha: \_\_\_\_\_ m²

FOTO

**DOPORUČENÁ OPATŘENÍ**

Opatření pro	Stanovena
Vnější stěny:	<input checked="" type="checkbox"/>
Okna a dveře:	<input checked="" type="checkbox"/>
Střešech:	<input checked="" type="checkbox"/>
Podlahy:	<input type="checkbox"/>
Vystupění:	<input checked="" type="checkbox"/>
Chlazení/klimatizaci:	<input type="checkbox"/>
Větrání:	<input checked="" type="checkbox"/>
Příprava teplé vody:	<input checked="" type="checkbox"/>
Osvětlení:	<input type="checkbox"/>
Jiná:	<input type="checkbox"/>

**PODÍL ENERGOONOSITELŮ NA DODANÉ ENERGI**

Hodnoty pro celou budovu  
Měrná

**ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY**

Celková dodaná energie (Energie na vstupu do budovy)      Neobnovitelná primární energie (Vše primární budovy na úrovni prostředí)

Měrné hodnoty kWh/m²rok

Stupeň	Minimální doporučená	Maximální	Minimální doporučená	Maximální
A	XXX	XXX	XXX	XXX
B	XXX	XXX	XXX	XXX
C	XXX	XXX	XXX	XXX
D	XXX	XXX	XXX	XXX
E	XXX	XXX	XXX	XXX
F	XXX	XXX	XXX	XXX
G	XXX	XXX	XXX	XXX

Hodnoty pro celou budovu Měrná:      XXX,X      XXX,X

**UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY**

Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Opřeva vstřední	Teplá voda	Osvětlení
Hodnoty pro celou budovu Měrná	XXX,X	XX,X	XX,X	XX,X	XX,X	XX,X

Zpracovatel: \_\_\_\_\_      Osvědčení č.: \_\_\_\_\_  
 Kontakt: \_\_\_\_\_      Vyhотовeno dne: \_\_\_\_\_  
 Podpis: \_\_\_\_\_

Zdroj [64]

## 4.2 Legislativa ČR

Povinností ČR, jakožto člena EU, je implementovat platné evropské směrnice do svých zákonů a vyhlášek. Z hlediska ENB jsou mimo jiné významné především:

- Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů [63],
- Úplné znění č. 406/2006 Sb., úplné znění zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií, jak vyplývá z pozdějších změn,
- Vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov [64],
- Vyhláška č. 230/2015 Sb., kterou se mění vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov [65],
- Vyhláška č. 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku [45].

Energetický zákon byl již několikrát novelizován, je velmi rozsáhlý a odkazuje se na mnoho dalších zákonů, prováděcích vyhlášek, ale také technických norem. Zabývá se např. snižováním ENB (§7), kde je mimo jiné řešena budova s téměř nulovou spotřebou energie, dále pojednává o PENB (§7a), energetickém auditu (§9), energetickém posudku (§9a), část je věnována energetickým specialistům (§10) a dalším. Podle tohoto zákona se *„energetickou náročností budovy rozumí vypočtené množství energie nutné pro pokrytí potřeby energie spojené s užíváním budovy, zejména na vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení“*. [51] [63]

Vyhláška o energetické náročnosti budov definuje náležitosti týkající se způsobu výpočtu ENB, způsob posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie (využívání OZE, KVET, TČ aj.), stanovuje požadavky na ENB, doporučená opatření pro snížení ENB a další. V závěru vyhlášky stanovuje vzor a obsah PENB vč. grafického znázornění (viz Obr. 4.2). Ve vyhlášce je nově zavedena, oproti předchozí vyhlášce č. 148/2007 Sb., tzv. referenční budova, s kterou je porovnávána hodnocená budova a na základě toho je stanovena třída ENB. Není tedy již pevně daná hranice dodané energie pro jednotlivé kategorie A – G, ale vychází se z porovnání s tzv. referenční budovou. *„Referenční budovou se rozumí výpočtově definovaná budova téhož druhu, stejného geometrického tvaru a velikosti včetně prosklených ploch a částí, stejné orientace ke světovým stranám, stínění okolní zástavbou a přírodními překážkami, stejného vnitřního uspořádání a se stejným typickým užíváním a stejnými uvažovanými klimatickými údaji jako hodnocená budova, avšak s referenčními hodnotami vlastností budovy, jejích konstrukcí a technických systémů budovy.“* [51] [64]

Podle vyhlášky č. 78/2013 Sb. [64] bylo nutné navrhovat úsporná opatření pouze v případě větší změny dokončené budovy. V roce 2015 byla schválena novela č. 230/2015 Sb., kterou se mění vyhláška č. 78/2013 Sb. podle které se musí navrhovat úsporná opatření i u nových budov. [51] [65]

## 4.3 Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB)

Podle zákona se PENB rozumí: „dokument, který obsahuje stanovené informace o energetické náročnosti budovy nebo ucelené části budovy.“ Průkaz platí 10 let ode dne jeho vyhotovení (pro novostavby, pronájem či prodej budovy) nebo do provedení větší změny dokončené budovy (tj. změna na více než 25 % celkové plochy obálky budovy). [63]

### 4.3.1 Základní pojmy

Pro zpracování výpočtů ENB jsou zákonem definovány další důležité pojmy jako např. energeticky vztažná plocha (EVP) nebo obálka budovy (OB) aj. Několik zásadních pojmů bylo nebo bude zmíněno v jiných kapitolách, proto v této již nejsou znovu vypsány.

„Celkovou energeticky vztažnou plochou se rozumí vnější půdorysná plocha všech prostorů s upravovaným vnitřním prostředím v celé budově, vymezená vnějšími povrchy konstrukcí obálky budovy.“ [63]

„Obálkou budovy se rozumí soubor všech teplosměnných konstrukcí na systémové hranici celé budovy nebo zóny, které jsou vystaveny přilehlému prostředí, jež tvoří venkovní vzduch, přilehlá zemina, vnitřní vzduch v přilehlém nevytápěném prostoru, sousední nevytápěné budově nebo sousední zóně budovy vytápěné na nižší vnitřní návrhovou teplotu.“ [63]

### 4.3.2 Ukazatele energetické náročnosti budovy

Ukazatele energetické náročnosti budovy a jejich stanovení řeší vyhláška č. 78/2013 Sb., konkrétně §3 [64]. Ukazateli se dle vyhlášky rozumí:

- 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. [64]

V předchozích vyhláškách byla hlavním sledovaným parametrem při výpočtu ENB prostá spotřeba energie, nyní je jedním z hodnocených hledisek i tzv. primární energie. Tou se ve smyslu vyhlášky rozumí: „energie, která neprošla žádným procesem přeměny; celková primární energie je součtem obnovitelné a neobnovitelné primární energie“.

Její hodnotu získáme vynásobením dodané energie do objektu s koeficienty dle přílohy 3 (viz Tab. 4.1). Pomocí těchto koeficientů, které mají jinou hodnotu dle zvoleného energonositele, je v primární energii započítána účinnost výroby dodané energie. [51] [64]

Ukazatelů ENB je relativně velké množství. V §6 vyhlášky je přesně definováno, kdy je který požadavek nutno splnit v případě nové budovy a při větší změně budovy, při prokazování splnění ENB. Výpočet dodané energie řeší §4, výpočet primární energie §5 a pro výpočet ostatních ukazatelů se vyhláška odkazuje na příslušné české technické normy pro výpočtové metody tepelné ochrany budov (např. ČSN 73 0540-4 aj.). [51] [64]

### 4.3.3 Vliv typu zdroje na hodnocení budovy

Při zpracování PENB má typ zdroje, resp. použité vstupní primární energie v budově pro technické systémy, zásadní vliv na hodnotu neobnovitelné primární energie, která je určována přepočtem ze spotřeby energií, dle energonositelů, násobených faktory neobnovitelné primární energie. Podíl neobnovitelné primární energie musí být nižší (nebo rovný) než je referenční hodnota. Hodnocení této energie zohledňuje vliv provozu budovy na životní prostředí, především z pohledu produkce CO<sub>2</sub>. [50] [51]

Obr. 4.3 Druhy energonositelů dle vyhlášky č. 78/2013 Sb., příloha 4

Druhy energie (energonositelé) užívané v budově	
<input type="checkbox"/> Hnědé uhlí	<input type="checkbox"/> Černé uhlí
<input type="checkbox"/> Topný olej	<input type="checkbox"/> Propan-butan/LPG
<input type="checkbox"/> Kusové dřevo, dřevní štěpka	<input type="checkbox"/> Dřevěné peletky
<input type="checkbox"/> Zemní plyn	<input type="checkbox"/> Elektřina
<input type="checkbox"/> Soustava zásobování tepelnou energií (dálkové teplo):	
podíl OZE: <input type="checkbox"/> do 50 % včetně, <input type="checkbox"/> nad 50 do 80 %, <input type="checkbox"/> nad 80 %	
<input type="checkbox"/> Energie okolního prostředí (např. sluneční energie)	
účel: <input type="checkbox"/> na vytápění, <input type="checkbox"/> pro přípravu teplé vody, <input type="checkbox"/> na výrobu elektrické energie	
<input type="checkbox"/> Jiná paliva nebo jiný typ zásobování: .....	

Zdroj [64]

Z hlediska velikosti zátěže na životní prostředí je užitečná především tabulka uvedená v příloze 3 (viz Tab. 4.1) zmíněné vyhlášky o energetické náročnosti budov, ve které jsou stanoveny konkrétní hodnoty faktorů pro příslušné energonositele. Ve smyslu vyhlášky se rozumí: „*faktorem primární energie koeficient, kterým se násobí složky dodané energie po jednotlivých energonositelích k získání odpovídajícího množství celkové primární energie a faktorem neobnovitelné primární energie koeficient, kterým se násobí složky dodané energie po jednotlivých energonositelích k získání odpovídajícího množství neobnovitelné primární energie*“. [50] [64]

Tab. 4.1 Hodnoty faktoru primární energie pro hodnocenou budovu dle vyhlášky č. 78/2013 Sb., příloha 3

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

Vlastní zpracování (obsahuje pouze vybrané hodnoty), zdroj [64]

Z tabulky 4.1 je patrné, že u novostaveb, kde je mimo jiné nutno splnit hodnotu neobnovitelné primární energie, je výběr zdroje zásadní pro vyhovující hodnocení. Hodnoty neobnovitelné primární energie stanovené pro referenční budovu se navíc ještě dle vyhlášky snižují, u novostaveb rodinných domů o 10 %, u nZEB až o 25 % (podobně je např. redukován i průměrný součinitel prostupu tepla referenční budovy, pomocí redukčního činitele, který má pro novou budovu hodnotu 0,8, pro nZEB 0,7). [51] [64]

#### 4.3.4 Klasifikační třídy ENB

Klasifikační třídy jsou uvedeny v příloze č. 2 zmiňované vyhlášky o energetické náročnosti budov a stanovují se pro celkovou dodanou energii, neobnovitelnou primární energii, dílčí dodané energie a průměrný součinitel prostupu tepla. Tyto třídy jsou použity v grafickém znázornění průkazu podle přílohy č. 4 stejné vyhlášky (viz Obr. 4.2). [64]

Tab. 4.2 Klasifikační třídy energetické náročnosti budovy dle vyhlášky č. 78/2013 Sb., příloha 2

Klasifikační třída (KT)	Hodnota pro horní hranici KT		Slovní vyjádření KT
	Energie	$U_{em}$	
A	$0,5 \times E_R$	$0,65 \times E_R$	Mimořádně úsporná
B	$0,75 \times E_R$	$0,8 \times E_R$	Velmi úsporná
C	$E_R$		Úsporná
D	$1,5 \times E_R$		Méně úsporná
E	$2 \times E_R$		Nehospodární
F	$2,5 \times E_R$		Velmi nehospodárná
G			Mimořádně nehospodárná

Vlastní zpracování, zdroj [64]

### 4.3.5 Software pro zpracování PENB

Pro zpracovatele PENB dle platných českých zákonů je v současnosti k dispozici volně šiřitelný výpočetní nástroj NKN (Národní kalkulační nástroj), který byl zpracován na Katedře TZB Stavební fakulty ČVUT v Praze. Nástroj je sestaven na platformě programu Microsoft Excel, obsahuje vlastní výpočetní jádro vč. potřebných klimatických údajů a dat pro typické uživatelské profily pro nejčastěji se vyskytující druhy budov a jejich provozů. [61]

Existují i komerční software, které je možné pro zpracování PENB použít, např. program PROTECH, který navazuje na topenářské výpočtové programy nebo program Svoboda SW, který navazuje na výpočty tepelně-technické. [61]

PENB smí zpracovávat pouze osoby zapsané do oficiálního seznamu osob oprávněných toto hodnocení energetické účinnosti podle zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií [63] provádět, vedeným Ministerstvem průmyslu a obchodu ČR. Tento seznam je online dostupný na stránkách ministerstva. [66]

## 4.4 Energetické standardy budov

Vyhláška č. 78/2013 Sb. [64] definuje požadavky na ENB stanovené na tzv. nákladově optimální úrovni (§6). Požadavky na energetickou náročnost nové budovy a budovy s téměř nulovou spotřebou energie jsou splněny, pokud hodnoty ukazatelů energetické náročnosti hodnocené budovy (tj. neobnovitelná primární energie, celková dodaná energie a průměrný součinitel prostupu tepla) nepřesáhnou hodnoty ukazatelů referenční budovy. Z toho vyplývá, že nejnižší vyhovující klasifikační třída je energetická třída C. Toto hodnocení budov je legislativně závazné a je součástí PENB. [64] [67]

Česká technická norma ČSN 73 0540-2 [69] v souladu s TNI 73 0329 specifikuje tzv. budovy s velmi nízkou energetickou náročností a předepisuje, že postupně by měly být všechny novostavby realizovány jako „budovy s nulovou energetickou náročností (nulové budovy)“ nebo takové úrovni blízké. Konkrétně definuje pojem nízkoenergetické budovy, jejíž měrná potřeba tepla na vytápění nepřekročí 50 kWh/(m<sup>2</sup>a). Dále definuje pojem pasivní budovy, jejíž měrná potřeba tepla na vytápění nepřekročí 15 kWh/(m<sup>2</sup>a) a celková spotřeba primární energie z neobnovitelných zdrojů nepřesáhne 60, resp. 120 kWh/(m<sup>2</sup>a). Jako předběžnou informaci zavádí pojem energeticky nulové budovy, která má odpovídat standardu pasivní budovy vč. dalších požadavků (např. měrná potřeba tepla na vytápění nepřekročí 5 kWh/(m<sup>2</sup>a)). Jako poslední jsou v normě zmíněny energeticky nezávislé budovy bez potřeby dodávek energie ze zdrojů mimo budovy. Tyto standardy nejsou v ČR legislativně závazné a jedná se tedy o dobrovolnou klasifikaci. [67] [68] [69]



#### 4.4.1 Kritéria a požadavky na nZEB (povinný standard)

Ze všech výše uvedených energetických standardů je již několikrát zmiňovaná budova s téměř nulovou spotřebou energie (nZEB) jediným legislativně závazným pojmem v ČR, který vychází ze směrnice 2010/31/EU [59] a do legislativy ČR je vnesen zákonem č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií [63], resp. vyhláškou č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov [64] se změnou č. 230/2015 Sb. [65]. [67]

Tab. 4.3 Parametry a hodnoty referenční budovy dle vyhlášky č. 78/2013 Sb., příloha 1

Parametr	Označení	Jednotky	Referenční hodnota nZEB	
Redukční činitel požadované základní hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla	$f_R$	-	0,7	
Snížení hodnoty neobnovitelné primární energie stanovené pro referenční budovu	$\Delta e_{p,R}$	%	RD	25
			BD	20
			Ostatní	10
Součinitel prostupu tepla	$U_R$	W/(m <sup>2</sup> .K)	Dle ČSN 73 0540-2	

Vlastní zpracování (obsahuje pouze vybrané hodnoty), zdroj [64]

Tab. 4.4 Data platnosti požadavku na nZEB dle zákona č. 406/2000 Sb., §7

Vlastník a uživatel budovy	Celková energeticky vztažná plocha		
	> 1500 m <sup>2</sup>	> 350 m <sup>2</sup>	< 350 m <sup>2</sup>
Orgán veřejné moci nebo subjekt zřízený orgánem veřejné moci	Od 1.1.2016	Od 1.1.2017	Od 1.1.2018
Ostatní	Od 1.1.2018	Od 1.1.2019	Od 1.1.2020

Vlastní zpracování, zdroj [63]

Přes výše uvedenou definici je nZEB zjednodušeně budova, která má kvalitativně přísnější požadavky na obálku budovy, dobře regulovatelné vytápění, větrání (např. díky rekuperační jednotce při nuceném větrání) i osvětlení, technické systémy pokrývající potřebu energie s vysokou účinností, budova, která bude částečně zásobována z obnovitelných zdrojů energie, případně bude energii produkovat (elektřina, teplo). [70]

## 5 Praktická část

### 5.1 Popis řešeného RD

Zdroj: Projektová dokumentace (PD) z r. 2017 – Novostavba RD Cerhová, Diviš

#### 5.1.1 Základní informace

Název stavby: Novostavba rodinného domu vč. přípojek a oplocení

Místo stavby: katastrální území Útvina, p.p.č. 1824/27

Stavebník: Mgr. Markéta Cerhová, Vladimír Diviš

Zpracovatelé PD: Ing. Milan Kadera, Bc. Tereza Kaderová a další

Obr. 5.1 Situace širších vztahů



Projektant: autor, zdroj PD, <https://cs.wikipedia.org/wiki/Útvina>, <https://ikatastr.cz> (st. 28.10.2018)

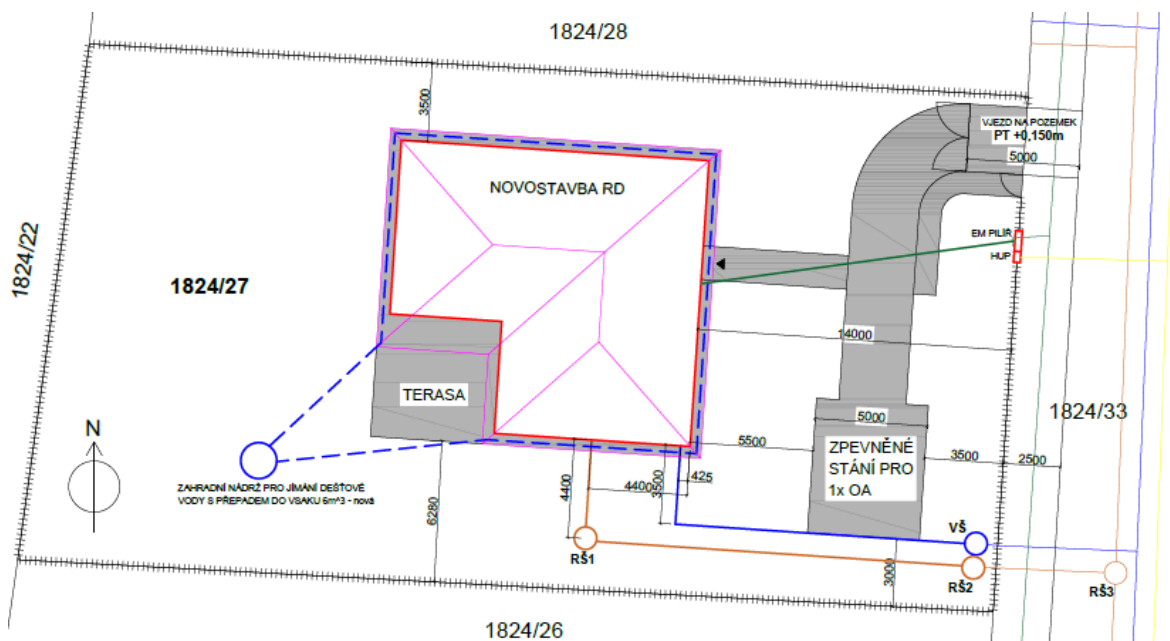
Obec Útvina se nachází v západních Čechách, v okrese Karlovy Vary, kraj Karlovarský. Obcí vede mezinárodní silnice E49 v úseku Karlovy vary – Plzeň.

#### 5.1.2 Charakteristika území

Novostavba RD je projektována na území, které je dle územního plánu obce Útvina vymezené pro bydlení, konkrétně pro bydlení individuální venkovského typu. Celkový koncept domu je tedy navržen v souladu s požadavky územního plánu obce. Konkrétní parcela č. 1824/27 o výměře 987 m<sup>2</sup> je vedena v katastru nemovitostí jako orná půda pod ochranou zemědělského půdního fondu (ZPF) s bonitovanou půdně ekologickou jednotkou (BPEJ), v rámci projektu bylo tedy nutné provést vynětí. Pozemek je ve vlastnictví investora.

Z inženýrských sítí je dostupný veřejný vodovodní a kanalizační řad (ve správě VAK Karlovy Vary, a.s.), distribuční soustava NN (ve správě ČEZ Distribuce, a.s.) a STL plynovod PE d63 s přípojkou plynu PE d32 (ve správě GasNet, s.r.o., zastoupený GridServices, s.r.o.). Napojení na dopravní infrastrukturu je zajištěno stávajícím, již vybudovaným vjezdem na pozemek v rámci komunikace č. 1824/33.

Obr. 5.2 Poloha RD vč. napojení na dopravní a technickou infrastrukturu



Projektant: autor, zdroj PD (výřez výkresu)

### 5.1.3 Konstrukční a technické řešení

Novostavba RD je navržena jako samostatně stojící, nepodsklepená, jednopodlažní stavba půdorysu tvaru „L“. RD je navržen ve zděné technologii, zaklopený valbovou střechou s vazníkovým krovem. Dům je naprojektován pro bydlení 4 členné rodiny.

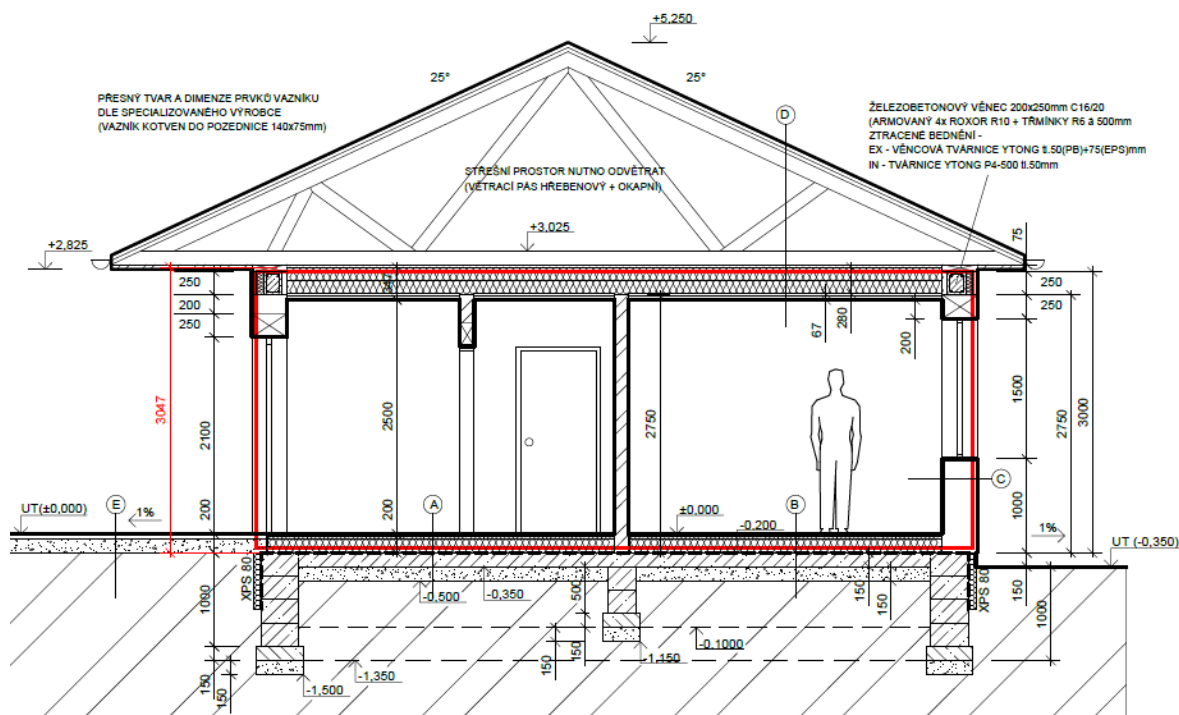
Obvodové zdivo RD je navrženo z přesných tepelněizolačních pórobetonových tvárníc YTONG Lambda YQ P2-300 PDK tl. 375 mm bez tepelné izolace (dále jen TI), vnitřní příčkové zdivo z přesných příčkovek YTONG P2-500 tl. 150 mm. V objektu je dále navrženo jednopřůduchové komínové těleso Schiedel Absolut 180 mm pro odvod spalin z krbové vložky, popř. z navrženého kotle.

Stropní podhled je řešen ze SDK desek Rigips RB na ocelovém nosném roštu zavěšeném na vaznících. Stropní podhled je zateplený TI Isover UNI tl. 2 x 140 mm.

Konstrukce podlahy je řešena jako těžká plovoucí. Nášlapnou vrstvu tvoří keramická dlažba RAKO Base ev. koberec. Podlaha bude zateplena TI Isover EPS 100 tl. 140 mm.

Kompletní skladby konstrukcí jsou uvedeny v Příloze č. 1.

Obr. 5.3 Řez RD vč. naznačení hranice vytápěné zóny (červeně)



Projektant: autor, zdroj PD (výřez výkresu)

### 5.1.4 Základní geometrické parametry

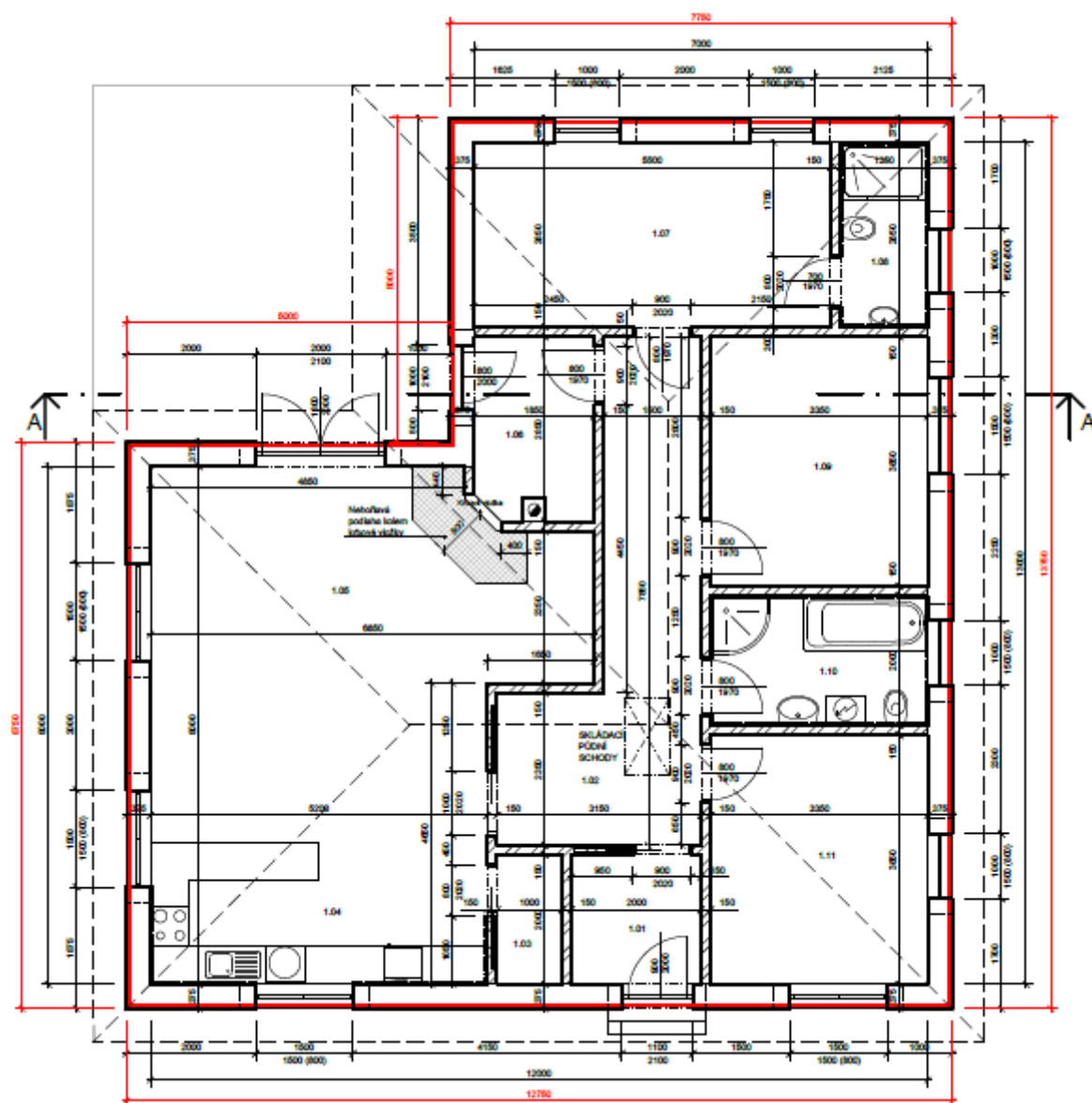
Díky jednoduchosti RD je pro tepelně technické výpočty stanovena pouze 1 vytápěná zóna pro celý objekt (viz Obr. 5.3 a 5.4). Základní geometrické parametry, potřebné pro pozdější výpočty, jsou uvedeny v Tab. 5.1. Podrobnější geometrické parametry, např. plochy jednotlivých ochlazovaných konstrukcí vč. ploch otvorů na hranici vytápěné zóny dle orientace světových stran aj., jsou uvedeny v Přílohách č. 1 a 2.

Tab. 5.1 Základní geometrické parametry RD

Parametr	Ozn.	MJ	Výpočet	Hodnota
Vnitřní podlahová plocha	$A_{\text{gross}}$	$\text{m}^2$	$(12,75-0,75) \cdot (13,75-0,75) - 5 \cdot 5$	131,00
Vnější podlahová plocha (EVP = energeticky vztažná plocha)	EVP	$\text{m}^2$	$(12,75 \cdot 13,75) - 5 \cdot 5$	150,31
Světlá výška	$h_{\text{sv}}$	m		2,50
Konstrukční výška	$h_{\text{kc}}$	m	$0,2+2,50+0,067+0,280$	3,047
Vnitřní objem	$V_i$	$\text{m}^3$	$131,00 \cdot 2,50$	327,50
Vnější objem	$V_e$	$\text{m}^3$	$150,31 \cdot 3,047$	458,00
Plocha obálky	$A_{\text{ob}}$	$\text{m}^2$	$150,31 \cdot 2 + (12,75 + 13,75) \cdot 2 \cdot 3,047$	462,11

Vlastní zpracování, zdroj PD

Obr. 5.4 Půdorys RD vč. naznačení hranice vytápěné zóny (červeně)



Projektant: autor, zdroj PD (výřez výkresu)

Tab. 5.2 Legenda místností k Obr. 5.4

Ozn.	Název místnosti	Výměra (m <sup>2</sup> )	Ozn.	Název místnosti	Výměra (m <sup>2</sup> )
1.01	Zádveří	4,00	1.07	Ložnice	15,68
1.02	Chodba	15,65	1.08	Koupelna 1	3,85
1.03	Spíž	2,00	1.09	Pokoj 1	12,90
1.04	Kuchyň	24,18	1.10	Koupelna 2	6,70
1.05	Obývací pokoj	21,07	1.11	Pokoj 2	12,90
1.06	Technická místnost	5,06			

Vlastní zpracování, zdroj PD

## 5.2 Posouzení součinitele prostupu tepla RD

Základní technickou normou při návrhu a ověřování správnosti návrhu budov z hlediska tepelné techniky je ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov. Norma je členěna na:

- Část 1: Terminologie,
- Část 2: Požadavky,
- Část 3: Návrhové hodnoty veličin,
- Část 4: Výpočtové metody.

Samotný výpočet pak probíhá v souladu s výše uvedenou normou ČSN 73 0540-4 a také v souladu s ČSN EN ISO 6946 Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtová metoda.

### 5.2.1 Základní pojmy a vztahy

Základní pojmy a vztahy potřebné pro tepelně technické výpočty a posouzení definuje norma ČSN 73 0540-1.

**Součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  [ $W/(m.K)$ ]** – schopnost stejnorodého, isotropního materiálu při dané střední teplotě vést teplo.

**Tepelný odpor vrstvy, popř. konstrukce  $R$  [ $(m^2.K)/W$ ]** – tepelně izolační vlastnost vrstvy materiálu, popř. nestejnorodé vrstvy materiálu, popř. stavební konstrukce dané tloušťky, je definován vztahem:

$$R_i = \frac{d_i}{\lambda_i} \quad (1)$$

$R_i$  tepelný odpor vrstvy [ $(m^2.K)/W$ ]

$d_i$  tloušťka vrstvy, tloušťka vrstvy v konstrukci [m]

$\lambda_i$  součinitel tepelné vodivosti [ $W/(m.K)$ ]

$$R = \sum R_i \quad (2)$$

$R$  tepelný odpor konstrukce [ $(m^2.K)/W$ ]

**Odpor konstrukce při prostupu tepla  $R_T$  [ $(m^2.K)/W$ ]** – úhrnný tepelný odpor bránící výměně tepla mezi prostředím oddělenými od sebe stavební konstrukcí o tepelném odporu  $R$  s přilehlými mezními vzduchovými vrstvami, je definován vztahem:

$$R_T = R_{si} + R + R_{se} \quad (3)$$

$R_{si}$  odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [ $(m^2.K)/W$ ]

$R_{se}$  odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [ $(m^2.K)/W$ ]



Tab. 5.3 Návrhové hodnoty odporu při přestupu tepla dle ČSN 73 0540-3, příloha J

Povrch	Účel výpočtu	Klimatické období	Tvar a orientace povrchu konstrukce	Přestupové odpory $R_{si}, R_{se}$ [ $(m^2 \cdot K)/W$ ]
Vnější	Pro výpočty šíření tepla	Zimní		0,04
Zemina			Styk se zeminou	0,00
Vnitřní			Svislý povrch	0,13
			Vodorovný povrch (tep. tok zdola nahoru)	0,10
			Vodorovný povrch (tep. tok shora dolů)	0,17

Vlastní zpracování (obsahuje pouze vybrané hodnoty), zdroj ČSN 73 0540-3

**Součinitel prostupu tepla  $U_T, U$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]** – celková výměna tepla v ustáleném stavu mezi dvěma prostředím vzájemně oddělenými stavební konstrukcí o tepelném odporu  $R$  s přilehlými mezními vzduchovými vrstvami, zahrnuje vliv všech tepelných mostů včetně vlivu prostupujících hmoždinek a kotev, které jsou součástí konstrukce, je definován vztahem:

$$U_T = \frac{1}{R_T} \quad (4)$$

$$U = U_T + \sum \Delta U_{tbk,j} \quad (5)$$

Tab. 5.4 Vliv tepelných mostů v konstrukci dle ČSN 73 0540-4

Konstrukce	Řešení	Vliv tepelných mostů $\sum \Delta U_{tbk,j}$ [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]
Téměř bez tepelných mostů	Úspěšně optimalizované	0,02
S mírnými tepelnými mosty	Typové či opakované	0,05
S běžnými tepelnými mosty	Dříve standardní	0,10
S výraznými tepelnými mosty	Zanedbané	0,15 a více

Vlastní zpracování, zdroj ČSN 73 0540-4

Tab. 5.5 Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hod. pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Stěna vnější těžká	0,30	0,25	0,18 – 0,12
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15 – 0,10
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině*	0,45	0,30	0,22 – 0,15

Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (kromě dveří)	1,5	1,2	0,8 – 0,6
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9
<i>*Odpovídá výpočtu součinitele prostupu tepla podle ČSN 73 0540-4 (tj. bez vlivu zeminy), nikoli výslednému působení podle ČSN EN ISO 13370.</i>			

Vlastní zpracování (obsahuje pouze vybrané hodnoty), zdroj ČSN 73 0540-2

### 5.2.2 Stěna vnější těžká

Orientace povrchu konstrukce: svislý povrch – horizontální tepelný tok

Tab. 5.6 Skladba konstrukce stěny (od interiéru)

	<b>Materiál vrstvy</b>	$d_i$ [m]	$\lambda_i$ [W/(m.K)]	$R_i$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]
$R_{si}$	<i>Odpor při přestupu</i>	-	-	0,13
1	Omítka sádrová Baumit Ratio Slim	0,004	0,600	0,007
2	Tepelněizolační tvárnice YTONG Lambda YQ P2-300 PDK + TZM	0,375	0,083	4,518
3	Omítka VPC Baumit Primo 1	0,012	0,450	0,027
4	Penetrace 2x Baumit UniPrimer	-	-	-
5	Omítka Baumit SilikonTop	0,003	0,700	0,004
$R_{se}$	<i>Odpor při přestupu</i>	-	-	0,04

Vlastní zpracování, zdroj PD a technické listy výrobků

Odpor konstrukce při prostupu tepla:  $R_T = 4,726 (m^2.K)/W$

Součinitel prostupu tepla konstrukce:  $U = 0,232 W/(m^2.K)$

### 5.2.3 Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině

Orientace povrchu konstrukce: vodorovný povrch – tepelný tok shora dolů

Tab. 5.7 Skladba konstrukce podlahy na terénu (od interiéru)

	<b>Materiál vrstvy</b>	$d_i$ [m]	$\lambda_i$ [W/(m.K)]	$R_i$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]
$R_{si}$	<i>Odpor při přestupu</i>	-	-	0,17
1	Dlažba keramická RAKO (ev. koberec)	0,010	1,010	0,010
2	Flexibilní lepidlo (ev. tlumící podložka)	0,001	0,600	0,002
3	Penetrační nátěr	-	-	-



4	Cementový potěr Baunit 20	0,040	1,400	0,029
5	PE folie separační	-	-	-
6	Pěnový polystyren Isover EPS 100	0,140	0,037	3,784
7	Hydroizolační pás Glastek Al 40 Mineral	0,0035	0,210	0,018
8	Hydroizolační pás Glastek 40 Sp. Mineral	0,004	0,210	0,019
$R_{se}$	<i>Odpor při přestupu</i>	-	-	0,00
<i>Další stavební vrstvy konstrukce nejsou započítány do tepelně technického výpočtu, kompletní skladba konstrukce viz Příloha č. 1.</i>				

Vlastní zpracování, zdroj PD a technické listy výrobků

Odpor konstrukce při prostupu tepla:  $R_T = 4,032 (m^2 \cdot K)/W$

Součinitel prostupu tepla konstrukce:  $U = 0,268 W/(m^2 \cdot K)$

*Poznámka: Výsledné působení (tj. včetně vlivu zeminy) dle ČSN EN ISO 13370 je zahrnuto ve výpočtech pomocí programu Tepelný výkon viz Příloha č. 2.*

#### 5.2.4 Strop pod nevytápěnou půdou

Orientace povrchu konstrukce: vodorovný povrch – tepelný tok zdola nahoru

Tab. 5.8 Skladba konstrukce stropu pod nevytápěnou půdou (od interiéru)

	<b>Materiál vrstvy</b>	$d_i$ [m]	$\lambda_i$ [W/(m.K)]	$R_i$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]
$R_{si}$	<i>Odpor při přestupu</i>	-	-	0,10
1	Sádkartonová deska Rigips RB	0,0125	0,220	0,057
2	Parozábrana Jutafol N	-	-	-
3	Ocelový nosný rošt (CD, UD profily) resp. vzduchová mezera	2*0,027	-	-
4	Tepelná izolace Isover Uni	2*0,140	0,035	8,000
$R_{se}$	<i>Odpor při přestupu</i>	-	-	0,10
<i>Další stavební vrstvy konstrukce nejsou započítány do tepelně technického výpočtu, kompletní skladba konstrukce viz Příloha č. 1.</i>				
<i>Do výpočtu nezapočítávám vliv vzduchové mezery.</i>				

Vlastní zpracování, zdroj PD a technické listy výrobků

Odpor konstrukce při prostupu tepla:  $R_T = 8,257 (m^2 \cdot K)/W$

Součinitel prostupu tepla konstrukce:  $U = 0,141 W/(m^2 \cdot K)$

*Poznámka: Tepelný odpor podstřešních prostorů dle ČSN EN ISO 6946 je zahrnut ve výpočtech pomocí programu Tepelný výkon viz Příloha č. 2.*

Závěr: Všechny navržené konstrukce vyhovují dle požadavků ČSN 73 0540-2.  
Výstupy výpočtů pomocí programu TV jsou uvedeny v Příloze č. 2.

### 5.3 Návrh variant vytápění RD

Variant vytápění, popř. ještě v kombinaci s ohřevem TUV (teplé užitkové vody), je v dnešní době mnoho, pro účely této práce se zaměříme pouze na základní způsoby vytápění a k nim vhodný ohřev TUV (po konzultaci s topenářskou firmou).

Tab. 5.9 Doporučený minimální objem bojleru

Počet osob v domácnosti, včetně dětí	Spotřeba teplé vody (v litrech)		
	Nízká	Střední	Vysoká
4	75	125	175

Vlastní zpracování, zdroj <https://www.stavebni-vzdelani.cz/velikost-bojleru/> (st. 10.11.2018)

Ohřev TUV bude zajištěn externím zásobníkem (objem volen dle Tab. 5.9 okolo střední a vysoké spotřeby – v řešeném RD se nachází 2 sprchové kouty a 1 vana).

- Plyn, elektro – nepřímotopný zásobník Protherm FE 150, 120 BM (sestavy),
- TČ – akumulační nádrž HSK 390 P s nerezovým výměníkem TV (set pro čerpadlo)  
(Ohřev TUV probíhá kotlem/TČ po celý rok),
- Pevná paliva – kombinovaný ohřívač Dražice OKC 160  
(Ohřev TUV probíhá v topné sezóně kotlem, mimo sezónu pomocí elektřiny ze sítě).

Mimo tyto varianty ohřevu je možná např. dálková dodávka teplé vody nebo volba kotle s průtokovým ohřevem či integrovaným zásobníkem, popř. solární ohřev TUV aj.

Pro správný návrh tepelného výkonu zdroje je nutné znát veškeré podklady, tzn. informace o stavebním a technickém řešení objektu. Mezi důležité podklady sloužící ke stanovení projektovaného výkonu zdroje patří např. celková tepelná ztráta budovy, klimatické údaje lokality (pro obec Útvina: klimatická oblast 3, venkovní výpočtová teplota  $t_e = -17\text{ °C}$ , roční průměrná teplota  $t_{me} = 5,1\text{ °C}$ ), dispoziční řešení objektu, tepelně technické vlastnosti jednotlivých stavebních konstrukcí, údaje o účelu využití jednotlivých místností (kvůli vnitřní výpočtové teplotě), provozní požadavky a další.

Při návrhu je třeba si také uvědomit, že tepelné ztráty objektu jsou počítány na výpočtovou venkovní teplotu oblasti, která může být ve skutečnosti i nižší. Je nutné uvažovat také se ztrátami zdroje a otopné soustavy a také s ohřevem TUV. Zejména u novostaveb je vhodné volit zdroje, které jsou účinně regulovatelné i na nízký výkon.

Variety zdrojů vytápění spolu s ohřevem TUV pro řešený RD jsou vybrány po konzultaci s odborným technikem a na základě výše uvedených podkladů a informací.

### 5.3.1 Celková tepelná ztráta

Pro stanovení celkové tepelné ztráty RD jsem využila výpočetní program Tepelný výkon (TV), který je určen k výpočtu tepelných ztrát budov podle ČSN EN 12 831-1 Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Část 1: Tepelný výkon pro vytápění. Po zadání všech požadovaných hodnot do programu je tedy pro řešení RD:

- Ztráta prostupem tepla:  $\Phi_T = 3\,659\text{ W}$ ,
- Ztráta výměnou vzduchu:  $\Phi_V = 2\,060\text{ W}$ ,
- Celková tepelná ztráta:  $\Phi_C = 5\,719\text{ W} \cong 6\text{ kW}$ .

Pomocí programu je také možné zhodnotit obálku budovy z hlediska průměrného součinitele prostupu tepla, jehož hodnota je pro řešení RD:

- Průměrný součinitel prostupu tepla:  $U_{em} = 0,27\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

Při slovním hodnocení se jedná o obálku úspornou (klasifikační třída C).

Kompletní výstupy programu TV, např. rozdělení ztrát mezi jednotlivé konstrukce aj., jsou uvedeny v Příloze č. 2.

### 5.3.2 Varianta 1 (V1) – Kondenzační plynový kotel

Dle výrobce se tato nová řada závěsných kondenzačních plynových kotlů vyznačuje vysokou účinností, nízkými provozními náklady, prokázanou dlouhou životností, snadnou obsluhou, plynulou modulací výkonu, velmi nízkou hlučností a nízkými emisemi (třída 5 NO<sub>x</sub>). Ekvitermní řízení kotle přizpůsobuje teplotu otopné vody venkovním podmínkám.

Tab. 5.10 Technické údaje varianty 1

<b>Plynový kondenzační kotel Protherm Gepard Condens 12 MKO – A</b>	
Energonositel	<i>zemní plyn</i>
Výhřevnost paliva	<i>37,8 MJ/m<sup>3</sup></i>
Regulovatelný výkon	<i>4,0 – 12,0 kW</i>
Jmenovitá účinnost dle výrobce	<i>98,2 %</i>
Sezónní účinnost (TNI 73 0331)	<i>94 %</i>
Třída energetické účinnosti	<i>A</i>
Elektrické připojení	<i>230 V/50 Hz</i>
Rozměr kotle (v, š, h) v mm	<i>740 x 418 x 300</i>

Vlastní zpracování, zdroj <https://www.protherm.cz> (st. 13.11.2018)

Obr. 5.5 Varianta 1



Související příslušenství: ekvitermní regulace Thermolink B

### 5.3.3 Varianta 2 (V2) – Elektrokotel

Závěsný elektrokotel se dle výrobce vyznačuje plynulou modulací výkonu, jednoduchou obsluhou a autodiagnostikou, možností volitelné vestavěné ekvitermní regulace a možností ovládání kotle signálem HDO (hromadné dálkové ovládání).

Tab. 5.11 Technické údaje varianty 2

<b>Elektrokotel Protherm RAY 12 K</b>	
Energonositel	<i>elektrina ze sítě</i>
Regulovatelný výkon	<i>2,0 – 12,0 kW</i>
Jmenovitá účinnost dle výrobce	<i>99,5 %</i>
Sezónní účinnost (TNI 73 0331)	<i>94 %</i>
Třída energetické účinnosti	<i>D</i>
Elektrické připojení	<i>3x230 V/400 V, 50 Hz</i>
Rozměr kotle (v, š, h) v mm	<i>740 x 410 x 310</i>

Vlastní zpracování, zdroj <https://www.protherm.cz> (st. 13.11.2018)

Obr. 5.6 Varianta 2



### 5.3.4 Varianta 3 (V3) – Kotel na biopaliva – dřevo

Dle výrobce je kotel D12 určen pro efektivní, ekologické a komfortní vytápění RD aj., jejichž tepelná ztráta nepřesahuje 12 kW. Mezi přednosti kotle patří výborný poměr cena-výkon, nízké provozní náklady, kvalitní spalování, dlouhá životnost a komfort obsluhy (stačí přikládat 2 – 3x denně, odstraňování popela 1x za 2 týdny provozu, čištění 1x denně).

Tab. 5.12 Technické údaje varianty 3

<b>Teplovodní zplyňovací kotel na dřevo Benekov D12 s příkladací komorou 70 l – ekodesign</b>	
Energonositel	<i>A – biomasa kulatina</i>
Výhřevnost paliva	<i>14,6 MJ/kg</i>
Regulovatelný výkon	<i>7,00 – 12,00 kW</i>
Jmenovitá účinnost dle výrobce	<i>92 %</i>
Sezónní účinnost (TNI 73 0331)	<i>85 %</i>
Emisní třída (ČSN EN 303-5)	<i>5</i>
Třída energetické účinnosti	<i>A+</i>
Elektrické připojení	<i>1 PEN 230 V/50 Hz</i>
Rozměr kotle (v, š, h) v mm	<i>1190 x 590 x 910</i>

Vlastní zpracování, zdroj <http://www.benekov.com> (st. 13.11.2018)

Obr. 5.7 Varianta 3



Dle výrobce se tento kotel doporučuje instalovat s akumulací nádrží, která sníží spotřebu paliva a zvýší komfort vytápění – akumulací nádrž PS 900 ES+ s izolací o užitém objemu 860 l a se statickou ztrátou 125 W.

### 5.3.5 Varianta 4 (V4) – Kotel na biopaliva – pelety

Dle výrobce je tento teplovodní kotel ideálním řešením pro vytápění malých, popř. nízkoenergetických RD a jiných objektů, jejichž tepelná ztráta nepřesahuje 15 kW. K přednostem tohoto kotle patří vysoká účinnost, minimální emisní zátěž pro okolí, automatický provoz (mechanický přísun paliva z externího zásobníku do topeniště), automatické zapalování a vyhasínání kotle, jednoduchá, časově nenáročná obsluha a údržba (čištění kotle a vynášení popela stačí obvykle 1x za měsíc, obsluha kotle je nutná 1x za týden) a nízké provozní náklady.

Tab. 5.13 Technické údaje varianty 4

<b>Automatický kotel na dřevěné pelety Benekov K14 se zásobníkem paliva 200 l – ekodesign</b>	
Energonositel	C1 – dřevní pelety
Výhřevnost paliva	18,5 MJ/kg
Regulovatelný výkon	4,5 – 15,0 kW
Jmenovitá účinnost dle výrobce	91,3 %
Sezónní účinnost (TNI 73 0331)	89 %
Emisní třída (ČSN EN 303-5)	5
Třída energetické účinnosti	A+
Elektrické připojení	1 PEN 230 V/50 Hz
Rozměr kotle (v, š, h) v mm	1453 x 889 x 1035

Vlastní zpracování, zdroj <http://www.benekov.com> (st. 13.11.2018)

Obr. 5.8 Varianta 4



Dle výrobce není nutné k tomuto kotli používat akumulací nádrž.

### 5.3.6 Varianta 5 (V5) – Tepelné čerpadlo – vzduch/voda

Tepelné čerpadlo vzduch/voda získává energii z okolního vzduchu, i pokud venkovní teplota klesne na -22 °C (pro naše klimatické podmínky není tedy nutno instalovat doplňkový zdroj tepla). Elektrická energie je spotřebovávána jen na pohon kompresoru a ventilátoru TČ (to tvoří zhruba třetinu energie, kterou TČ dodá pro ohřev otopné vody, zbývající energii získá z okolního vzduchu). K dalším přednostem TČ patří vysoký topný faktor, velmi nízká hlučnost a vysoká spolehlivost.

Tab. 5.14 Technické údaje varianty 5

Obr. 5.9 Varianta 5

<b>Tepelné čerpadlo vzduch/voda Regulus EcoAir 415</b>	
Energonositel	elektrina ze sítě + energie okolí (vzduch)
Jmenovitý výkon	11,42 kW
Sezónní účinnost dle výrobce	147 %
SCOP – sezónní průměrný topný faktor dle výrobce	3,76
COP – roční provozní topný faktor (TNI 73 0331)	3,1*0,93 = 2,883 (topení) 3,1*0,94 = 2,914 (TUV)
Třída energetické účinnosti	A++
Elektrické připojení	400 V/230 V, 50 Hz
Rozměr TČ (v, š, h) v mm	1180 x 1375 x 551



Vlastní zpracování, zdroj <https://www.regulus.cz> (st. 13.11.2018)

Související příslušenství: topný kabel, těleso průtokového ohřevu, šroubení Cu28x1“M, hadice oplet. G1“ F x G1“ M, l = 1 m

## 5.4 Multikriteriální analýza (rozhodovací model)

Vzhledem k dnešní velmi široké nabídce ať už materiálů, technologií či forem vytápění je někdy velmi obtížné najít tu správnou variantu pro naše konkrétní požadavky nebo možnosti. Proto je vhodné vytvořit si vícekriteriální rozhodovací model, v němž si investor určí své osobní preference a váhy a následně, za pomoci multikriteriálního hodnocení, si velmi rychle a přehledně vybere nejvhodnější variantu. Tento model může pak sloužit jak pro projektanty, tak i pro samotné potenciální investory.

Základní kostru vícekriteriálního rozhodovacího procesu tvoří<sup>1</sup>:

1. Stanovení předmětu rozhodování a jeho variant,
2. Stanovení rozhodovacích kritérií,
3. Určení důležitosti rozhodovacích kritérií,
4. Hodnocení variant.

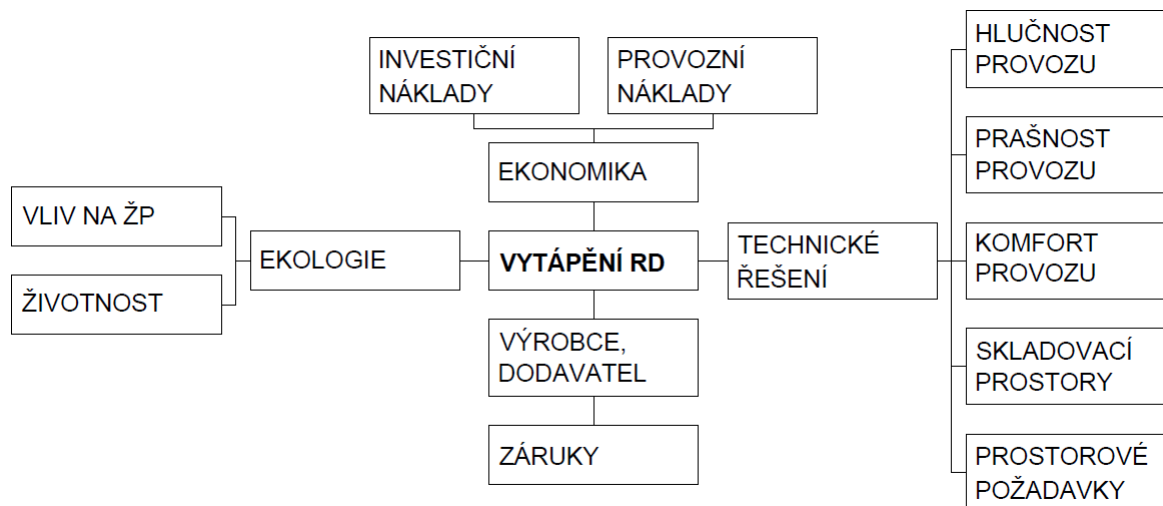
Předmět rozhodování vychází z tématu této práce a jde tedy o volbu vhodného systému vytápění pro řešený RD. Variantám předmětu rozhodování se věnujeme v předchozích kapitolách 5.3.2 – 6. V následujících kapitolách se tedy budeme zabývat pouze body 2. – 4. výše uvedené kostry.

<sup>1</sup> Literatura: KADLČÁKOVÁ, Anna. *Ekonomika ve stavebnictví 50: hodnotový management*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02605-1.

### 5.4.1 Stanovení rozhodovacích kritérií

Pro stanovení rozhodovacích kritérií vytvoříme hierarchický strom kritérií (větvený graf), kde vzniknou jednotlivá kritéria na koncích větví tohoto stromu.

Graf. 5.1 Strom kritérií pro stanovení rozhodovacích kritérií



Vlastní zpracování

**K1 – Investiční náklady** – zahrnují pořizovací cenu zdroje tepla, ohřevu TUV, popř. akumulace vč. jejich instalace, příslušenství (bez rozvodů a otopných těles) a uvedení do provozu. V určitých případech zahrnují tyto náklady i cenu stavebních a zemních prací souvisejících s volbou konkrétního zdroje jako např. realizace vedení plynu, komínu apod.

**K2 – Provozní náklady** – zahrnují veškeré náklady související s provozem zdroje jako např. náklady na energie a paliva, kontroly a čištění, popř. revize (kotle, komínu) apod.

Stanovením investičních a provozních nákladů se podrobněji věnujeme v Kap. 5.6.

**K3 – Vliv na životní prostředí** – jedná se především o výběr paliva z hlediska jeho obnovitelnosti a produkce CO<sub>2</sub> při jeho těžbě a spalování. Toto kritérium bude hodnoceno pomocí grafických průkazů stanovených pro jednotlivé varianty, ve kterých bude sledována zejména celková dodaná energie a podíl neobnovitelné primární energie pro řešení RD.

Posouzením vlivu na životní prostředí se podrobněji věnujeme v Kap. 5.5.

**K4 – Komfort provozu** – jedná se zejména o komfort obsluhy a údržby zařízení, tzn. nutnost přikládání tuhých paliv, dovoz paliva, pravidelné čištění zdroje či likvidace odpadu, resp. popela u tuhých paliv (u kondenzačních kotlů vzniká kondenzát, jehož likvidaci je možné řešit např. jednoduchým připojením kotle na kanalizaci) apod.

**K5 – Prostorové požadavky** – jedná se o rozměrové parametry kotle, které jsou velmi důležité např. v případě malé technické místnosti, do které je zdroj projektován.

**K6 – Skladovací prostory** – nutnost vyhrazeného prostoru pro uskladnění zejména tuhých paliv, kterým se zmenšuje užitná plocha pozemku či objektu, příp. výše nákladů souvisejících s realizací skladu paliva apod.

**K7 – Hlučnost provozu** – hlučnost při provozu zdroje má významný vliv na pohodu vnitřního prostředí, udává se v dB (pro účely práce zjednodušené hodnocení).

**K8 – Prašnost provozu** – zejména prašnost tuhých paliv při manipulaci má významný vliv na pohodu vnitřního prostředí.

**K9 – Záruky** – záruční dobu udává výrobce a dodavatel jednotlivých zdrojů vytápění, kterou se zavazuje, že v případě závady výrobku závadu odstraní nebo poskytne nový výrobek.

**K10 – Životnost** – životnost zdroje je důležitý parametr z hlediska výše investovaných nákladů a jejich návratnosti. Obecně platí, že čím je zařízení jednodušší na mechanické součásti, tím má delší životnost.

Jakýkoliv proces rozhodování je značně komplikovaný a subjektivní pro každý konkrétní projekt RD. Přes výše zvolená kritéria je při rozhodování mimo jiné nutno zvážit také spoustu dalších okolností jako je např. lokalita, velikost či orientace pozemku ke světovým stranám, možnosti napojení na inženýrské sítě (dostupnost paliv a energií), požadavky územního plánu nebo také finanční možnosti investora, aj.

#### 5.4.2 Určení důležitosti rozhodovacích kritérií

Stanovení důležitosti kritérií konkrétního rozhodovacího procesu vždy vychází ze subjektivního stanoviska hodnotitele, resp. potenciálního investora. Míra důležitosti bývá vyjádřena pořadím kritérií, počtem bodů či normovanou nebo nenormovanou vahou.

Pro stanovení důležitosti rozhodovacích kritérií využijeme následující 3 metody:

1. Metfesselovu alokaci,
2. Párové porovnání (trojúhelník párů, Fullerův trojúhelník),
3. Saatyho metodu.

Tyto metody vyhodnotíme pomocí dotazníkového šetření, které bude strukturou představovat dané metody. Pro zjištění reálné představy lidí o významnosti jednotlivých kritérií je možné předložit dotazník několika respondentům a výsledky zprůměrovat (např. pro účely průzkumu trhu). Pro konkrétní řešený RD je vhodné dotazník předložit pouze samotnému investorovi pro zjištění jeho konkrétních preferencí.

Pro účely této práce byli tedy osloveni investoři tohoto projektu (paní Cerhová, pan Diviš), zda by dotazník vyplnili dle svých vlastních požadavků a preferencí. Dotazník vyplněný investory je uveden v Příloze č. 3.



## 1. Metfesselova alokace

Metfesselova alokace představuje přidělení konkrétního počtu bodů jednotlivým kritériím. Pro rozlišení jejich důležitosti je pro celý soubor kritérií k dispozici 100 bodů. Tyto body se postupně dělí mezi všechna kritéria v počtu bodů podle jejich důležitosti tak, aby součet bodů byl vždy roven 100. Metoda je pracnější pouze tím, že je třeba stále při přidělování bodů kontrolovat součet.

Tab. 5.15 Stanovení vah kritérií Metfesselovou alokací

Číslo kritéria	Název kritéria	Body	Váhy
K1	Investiční náklady	20	0,200
K2	Provozní náklady	20	0,200
K3	Vliv na životní prostředí	5	0,050
K4	Komfort provozu	20	0,200
K5	Prostorové požadavky	10	0,100
K6	Skladovací prostory	2	0,020
K7	Hlučnost provozu	5	0,050
K8	Prašnost provozu	5	0,050
K9	Záruky	3	0,030
K10	Životnost	10	0,100
		<b>100</b>	<b>1,000</b>

Vlastní zpracování, zdroj dotazníkové šetření investora (Příloha č. 3), popis kritérií viz Kap. 5.4.1

## 2. Párové porovnání

Párové porovnání je poměrně jednoduchá metoda k vytváření škál sloužících k seřazení kritérií podle důležitosti, příp. k stanovení vah kritérií. Podstatou metody je postupné porovnávání důležitosti každého kritéria se všemi ostatními a přiřazení jeho preferenčního pořadí. Preferenční pořadí se zapisuje do horní poloviny matice (trojúhelníku) jako číslo preferovaného kritéria. Po ohodnocení všech párů se zjistí četnost preferencí  $p_i$  každého kritéria. Na základě počtu preferencí se stanoví pořadí důležitosti. Pokud dojde ke shodě počtu preferencí u dvou kritérií, dostane vyšší pořadí kritérium, které bylo uznáno za významnější při vzájemném porovnání.

Váhy kritérií  $v_i$  se zjistí ze vztahu:

$$v_i = \frac{p_i}{n(n-1)/2} \quad (6)$$

$n$  celkový počet všech kritérií

Tab. 5.16 Stanovení vah kritérií párovým porovnáním v trojúhelníku párů

K	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$p_i$	$v_i$
1	xxx	2	1	4	1	1	1	1	1	1	7	0,156
2	-	xxx	2	2	2	2	2	2	2	2	9	0,200
3	-	-	xxx	4	5	6	7	3	9	10	1	0,022
4	-	-	-	xxx	4	4	7	4	4	4	7	0,156
5	-	-	-	-	xxx	5	5	5	9	10	4	0,089
6	-	-	-	-	-	xxx	7	8	9	10	1	0,022
7	-	-	-	-	-	-	xxx	7	7	10	5	0,111
8	-	-	-	-	-	-	-	xxx	8	10	2	0,044
9	-	-	-	-	-	-	-	-	xxx	10	3	0,067
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	xxx	6	0,133
												<b>1,000</b>

Vlastní zpracování, zdroj dotazníkové šetření investora (Příloha č. 3), popis kritérií viz Kap. 5.4.1

### 3. Saatyho metoda

Postup Saatyho metody pro stanovení vah jednotlivých kritérií lze popsat stejně jako postup párového porovnání, přičemž hodnotitel kvantifikuje velikost preference každého kritéria oproti ostatním. Oproti zmíněné metodě se v této metodě zjišťuje nejen to, zda hodnotitel upřednostňuje jedno kritérium před druhým, ale i velikost vzájemné důležitosti porovnávaných kritérií. Velikost těchto vzájemných důležitostí se vyjadřuje pomocí bodové stupnice a zapisuje se do tzv. matice relativních důležitostí kritérií  $S$  neboli Saatyho matice (pro prvky matice platí:  $s_{ii} = 1, s_{ji} = 1/s_{ij}$ ).

Tab. 5.17 Bodová stupnice s deskriptory pro vyjádření vzájemné důležitosti kritérií

Počet bodů	Deskriptor
1	<i>Kritéria jsou stejně významná.</i>
3	<i>Kritérium v řádce je poněkud významnější než ve sloupci.</i>
5	<i>Kritérium v řádce je dosti významnější než ve sloupci.</i>
7	<i>Kritérium v řádce je prokazatelně významnější než ve sloupci.</i>
9	<i>Kritérium v řádce je absolutně významnější než ve sloupci.</i>

Vlastní zpracování, zdroj uvedená literatura

Pokud je sloupcové kritérium významnější než řádkové, dosazuje se do matice převrácená hodnota bodů z výše uvedené stupnice, tzn. 1/3, 1/5, 1/7 nebo 1/9.

Nejlépeším způsobem získání vah kritérií je metoda geometrického průměru, která stanoví nenormované váhy kritérií  $v_{i,nenor}$  jako geometrický průměr součinu prvků v řádku Saatyho matice podle vztahu:

$$v_{i,nenor} = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n s_{ij}} \quad (7)$$

Tato metoda je značně náročnější oproti ostatním na informace poskytnuté hodnotitelem (výroky o intenzitě preferencí mezi kritérii).

Tab. 5.18 Stanovení vah kritérií Saatyho metodou – metoda geometrického průměru (g.p.)

K	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	g.p.	$v_{i,nenor}$	$v_{i,nor}$
1	1	1	9	3	3	5	3	5	5	5	151875,0	3,297	0,243
2	1	1	9	3	3	5	3	5	5	5	151875,0	3,297	0,243
3	1/9	1/9	1	1/3	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	0,000001	0,243	0,018
4	1/3	1/3	3	1	3	3	1	3	3	3	81,00000	1,552	0,114
5	1/3	1/3	5	1/3	1	3	1/3	1/3	1/3	1/3	0,006859	0,608	0,045
6	1/5	1/5	5	1/3	1/3	1	1/3	1/3	1/3	1/3	0,000274	0,440	0,032
7	1/3	1/3	5	1	3	3	1	3	3	3	135,0000	1,633	0,120
8	1/5	1/5	5	1/3	3	3	1/3	1	3	3	1,800000	1,061	0,078
9	1/5	1/5	3	1/3	3	3	1/3	1/3	1	1	0,040000	0,725	0,053
10	1/5	1/5	3	1/3	3	3	1/3	1/3	1	1	0,040000	0,725	0,053
												<b>13,58</b>	<b>1,000</b>

Vlastní zpracování, zdroj dotazníkové šetření investora (Příloha č. 3), popis kritérií viz Kap. 5.4.1

### 5.4.3 Shrnutí výsledků

Pro stanovení konečné váhy jednotlivých kritérií použijeme aritmetický průměr jednotlivých vah kritérií výše použitých metod. Podle výsledných vah určíme konečné pořadí jednotlivých kritérií podle důležitosti dle investora.

Tab. 5.19 Shrnutí výsledků použitých metod

	Název kritéria	Váhy kritérií dle použitých metod			Konečná váha	Konečné pořadí
		1.	2.	3.		
<b>K1</b>	Investiční náklady	0,200	0,156	0,243	0,199	<b>2</b>
<b>K2</b>	Provozní náklady	0,200	0,200	0,243	0,214	<b>1</b>
<b>K3</b>	Vliv na ŽP	0,050	0,022	0,018	0,030	<b>9</b>
<b>K4</b>	Komfort provozu	0,200	0,156	0,114	0,157	<b>3</b>
<b>K5</b>	Prostorové požadavky	0,100	0,089	0,045	0,078	<b>6</b>
<b>K6</b>	Skladovací prostory	0,020	0,022	0,032	0,025	<b>10</b>
<b>K7</b>	Hlučnost provozu	0,050	0,111	0,120	0,094	<b>5</b>
<b>K8</b>	Prašnost provozu	0,050	0,044	0,078	0,058	<b>7</b>
<b>K9</b>	Záruky	0,030	0,067	0,053	0,050	<b>8</b>
<b>K10</b>	Životnost	0,100	0,133	0,053	0,096	<b>4</b>
		<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	

Vlastní zpracování, zdroj dotazníkové šetření investora (Příloha č. 3), popis kritérií viz Kap. 5.4.1

Z výsledků v Tab. 5.19 vyplývá, že nejdůležitější rozhodující kritéria dle investora jsou provozní a investiční náklady. Třetí v pořadí je pak komfort provozu. Na posledním místě, jako nejméně rozhodující kritérium dle investora jsou nároky na skladovací prostory.

## 5.5 Energetické posouzení variant

Energetické posouzení variant vychází z kritéria č. 3 – vliv na životní prostředí (K3). Jak již bylo výše zmíněno, tento vliv závisí zejména na výběru paliva, resp. energonositele, pro vytápění a ohřev TUV. Posouzení paliv ovlivňuje především jejich obnovitelnost a produkce CO<sub>2</sub> při jejich těžbě a spalování. Toto je při výpočtech zahrnuto pomocí tzv. faktoru primární energie (viz Tab. 4.1), který má značný vliv na hodnotu neobnovitelné primární energie. Tyto hodnoty, spolu s hodnotou celkové dodané energie (ovlivněna zejména účinností systému), jsou porovnány s hodnotami tzv. referenční budovy, na základě kterých jsou jednotlivé varianty řazeny do klasifikačních tříd A – G (viz Tab. 4.2).

Tab. 5.20 Energetické posouzení variant V1 – V5

	V1	V2	V3	V4	V5
Energonositel (vytápění)	<i>zemní plyn</i>	<i>elektrina (kotel)</i>	<i>kusové dřevo</i>	<i>dřevěné pelety</i>	<i>elektrina (TČ) + energ. okolí (vzduch)</i>
Zkratky	<i>ZP</i>	<i>E</i>	<i>KD</i>	<i>DP</i>	<i>E + EO</i>
Energonositel (ohřev TUV)	<i>zemní plyn</i>	<i>elektrina (kotel)</i>	<i>kusové dřevo + elektrina (ohřivač)</i>	<i>dřevěné pelety + elektrina (ohřivač)</i>	<i>elektrina (TČ) + energ. okolí (vzduch)</i>
Účinnost systému	94 %	94 %	85 %	89 %	147 %*
Podíl energonositelů na dodané energii (MWh/rok)	<i>ZP – 16,5 E – 0,5</i>	<i>E – 17,1</i>	<i>KD – 17,5 E – 2,5</i>	<i>DP – 16,1 E – 2,5</i>	<i>EO – 10,2 E – 5,9</i>
Celková dodaná energie (MWh/rok)	<b>17,0</b>	<b>17,1</b>	<b>20,1</b>	<b>18,6</b>	<b>16,1</b>
Pro referenční budovu	27,0	27,0	27,8	27,8	27,1
Třída	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>B</i>
Splňuje dle §6	<i>ANO</i>	<i>ANO</i>	<i>ANO</i>	<i>ANO</i>	<i>ANO</i>
Neobnovitelná primární energie (MWh/rok)	<b>19,8</b>	<b>51,3</b>	<b>9,3</b>	<b>10,8</b>	<b>17,8</b>
Pro referenční budovu	28,0	28,0	28,8	28,8	28,0
Třída	<i>B</i>	<i>E</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>B</i>
Splňuje dle §6	<i>ANO</i>	<b><i>NE</i></b>	<i>ANO</i>	<i>ANO</i>	<i>ANO</i>

Vlastní zpracování, zdroj grafické průkazy variant (Příloha č. 4), \*ve výpočtech posuzováno pomocí ročního provozního topného faktoru, ve výpočtech neuvažujeme s křovou vložkou, popis variant viz Kap. 5.3.2-6

Z čistě energetického hlediska, dle zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií a jeho prováděcích vyhlášek, jsou podle Tab. 5.20 nejvýhodnější varianty V3 a V4, tedy teplovodní zplyňovací kotel na dřevo a automatický kotel na dřevěné pelety, u kterých je podíl neobnovitelné primární energie minimální. Nejhorší varianta je varianta V2, tedy elektrokotel, který ani nespĺňuje požadavek na hodnotu neobnovitelné primární energie dle §6 vyhlášky č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov (vhodný spíše pouze jako doplňkový zdroj). Průkazy energetické náročnosti budovy (grafické průkazy) jednotlivých variant jsou uvedeny v Příloze č. 4.

## 5.6 Ekonomické posouzení variant

Ekonomické posouzení variant vychází z kritéria č. 1 a 2 – investiční a provozní náklady (K1, K2). Při stanovení nákladů je nutné uvažovat s tím, že ceny energií, paliv, technických zařízení i samotných prací se mění nejen od různých dodavatelů či distributorů, ale také v čase (aktuální ceníky pro dané roční období). Je tedy nutné brát uvažované ceny pouze jako orientační a řádové. Tyto ceny jsou ale důležité zejména v této fázi, fázi rozhodování, pro prvotní představu investora.

Při stanovení vycházíme z nákladů životního cyklu (LCC – Life Cycle Cost), které jsou nejdůležitějším podkladem pro ekonomické posouzení variant a zahrnují:

- Investiční (pořizovací) náklady,
- Náklady na provoz, údržbu a obnovu,
- Náklady na likvidaci (s těmi pro účely této práce neuvažujeme).

### 5.6.1 Investiční (pořizovací) náklady

Jak už bylo výše zmíněno, jakékoliv náklady jsou velmi proměnlivé, ať už výběrem dodavatele, zhotovitele či s časem nebo vlivem mnoha dalších faktorů. Při stanovení nákladů je vhodné brát v úvahu zejména lokální ceny prací, tzn. ceny montážních prací, uvedení do provozu, popř. ceny kontrol, čištění a dalších. Ceny těchto prací jsou proto stanoveny po konzultaci s topenářskou firmou z blízkého okolí řešeného RD (Příloha č. 5). Mimo tento způsob lze stanovit tyto náklady např. pomocí kalkulačního programu aj., tento způsob kalkulace ale nezohledňuje místní ceny prací dle dané lokality.

Tab. 5.21 Ekonomické posouzení variant V1 – V5 (investiční náklady)

INVESTIČNÍ N. (Kč)	V1	V2	V3	V4	V5
Zdroj tepla	53 096,-	39 779,-	81 639,-	86 239,-	176 985,-
Ohřev TUV			12 545,-	12 545,-	49 059,-
Akumulace	-	-	20 919,-	-	
Příslušenství*	6 917,-	5 060,-	24 334,-	21 459,-	46 840,-
Montážní práce	7 475,-	7 475,-	13 225,-	10 925,-	14 145,-
Uvedení do provozu	1 725,-	1 725,-	2 530,-	2 530,-	4 025,-
<b>CELKEM Kč (s DPH 15 %)</b>	<b>69 213,-</b>	<b>54 039,-</b>	<b>155 192,-</b>	<b>133 698,-</b>	<b>291 054,-</b>

Vlastní zpracování, zdroj aktuální ceníky výrobců, ostatní ceny dle topenářské firmy (Příloha č. 5), \*cena příslušenství pouze v rámci technické místnosti (bez rozvodů a otopných těles), popis variant viz Kap. 5.3.2-6

Výstavba a dodání nových staveb pro sociální bydlení jsou zdaňovány 15% sazbou DPH (podle §49 zákona č. 360/2014 Sb., kterým se mění zákon č. 235/2004 Sb. o dani z přidané hodnoty). Touto sníženou sazbou se dle zákona zdaní také stavební a montážní práce, kterými se stavba nebo prostor mění na stavbu pro sociální bydlení. Stavbou pro sociální bydlení se ve smyslu zákona mimo jiné rozumí stavba RD, jehož podlahová plocha nepřesahuje 350 m<sup>2</sup> (počítá se pouze nášlapná plocha).

### 5.6.2 Další investiční (pořizovací) náklady

Pro stanovení kompletních investičních nákladů je nutné uvažovat i s vícenáklady na stavební a zemní práce související s jednotlivými variantami vytápění. Samotným vícenákladem by se mohla stát i např. realizace komínového tělesa vč. kontrol, čištění aj., která nevyhnutelně souvisí s instalací kotle na kusové dřevo (V3) či dřevěné pelety (V4). Pro náš případ, kdy je v řešeném RD projektována křbová vložka, je komínové těleso nutno instalovat i v případě volby ostatních variant, tudíž ho nebudeme uvažovat jako vícenáklad.

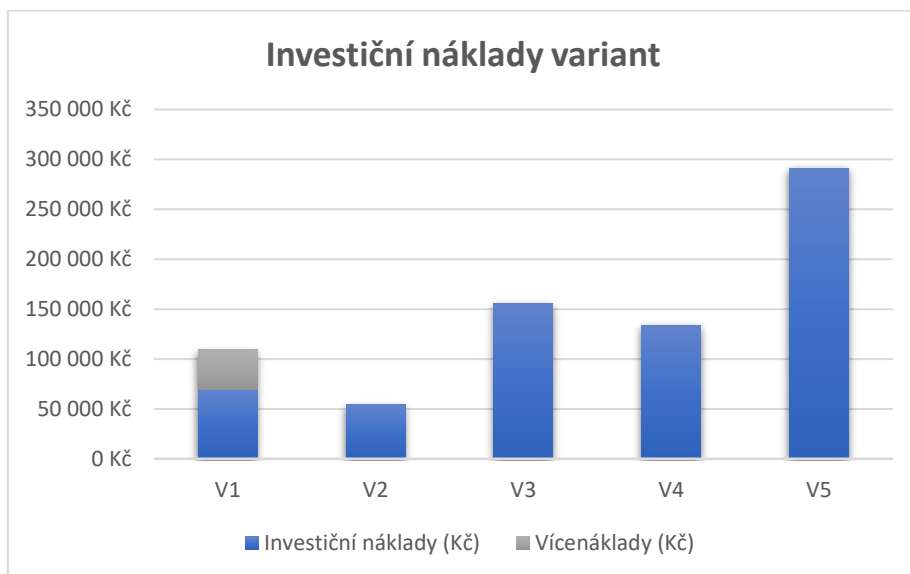
S volbou plynového kotle (V1) souvisejí vícenáklady na realizaci plynovodní přípojky (obecně; pro řešený RD již zhotovena, viz Obr. 5.2) a vnitřního vedení plynu – OPZ vč. zkoušek, revizí aj. (odběrné plynové zařízení, které začíná hlavním uzávěrem plynu (HUP) na hranici pozemku (pro řešený RD již zhotoven, viz Obr. 5.2) a končí plynovými spotřebiči). Zhotovení vnitřního vedení plynu včetně potřebné projektové dokumentace a revizní a tlakové zkoušky mohou provádět pouze autorizované firmy.

Přesnou kalkulaci těchto prací obvykle provede odborná stavební firma až po uzavření smlouvy s distributorem plynu. Ve fázi plánování je ale potřeba znát alespoň zhruba vícenáklady v případě volby plynového kotle (V1). Pro první propočty vícenákladů proto využijeme cenové ukazatele ve stavebnictví pro rok 2018, které jsou online dostupné a tento způsob ocenění patří k nejjednodušším způsobům stanovení předpokládané ceny (tento odhad si proto může udělat i sám investor „laik“ pro prvotní představu).

Nejprve je nutné zjistit orientační cenu stavby (dle JKSO: 803.6 – domky rodinné jednobytové se zděnou svíslou nosnou konstrukcí) na m<sup>3</sup> obestavěného prostoru (dle ČSN 73 4055 je obestavěný prostor řešeného RD 775,5 m<sup>3</sup>). Orientační cena pro tento typ stavby je 5 595 Kč/m<sup>3</sup>. Celková cena stavby tedy činí zhruba 4,34 mil. Kč bez DPH (cena zahrnuje pouze základní rozpočtové náklady, tzn. neobsahuje vedlejší rozpočtové náklady ani rezervu). Dle cenových ukazatelů tvoří vnitřní plynovod 0,8 % z ceny díla, tzn. v našem případě zhruba 35 tis. Kč bez DPH (zhruba 40 tis. Kč vč. DPH 15 %). Jak už bylo výše zmíněno, jedná se pouze o první odhad ceny neboli propočty ve stadiu plánování.

Tento vícenáklad je ale nutný brát s určitou rezervou, jelikož se volba plynového kotle obvykle kombinuje i s volbou plynových spotřebičů (potom stejný případ jako komín).

Graf. 5.2 Ekonomické posouzení variant V1 – V5 (investiční náklady)



Vlastní zpracování, zdroj Tab. 5.21

Z grafu 5.2 je patrné, že nejméně nákladná varianta z hlediska investičních nákladů je elektrokotel (V2), druhý nejlevnější je, i po započtení hrubého odhadu vícenákladů na vnitřní plynovod, plynový kondenzační kotel (V1). Vyšší cena zplyňovacího kotle na dřevo (V3) je způsobena akumulací, jejíž instalace je ke kotli doporučena výrobcem. Nejvíce nákladná varianta je tepelné čerpadlo (V5), jehož IN přesahují mez 200 tis. Kč.

### 5.6.3 Cena elektřiny ze sítě

Elektřinu lze v domácnosti využívat různými způsoby, podle toho je také většinou nastavená distribuční sazba elektřiny, která se volí dle odběru, resp. dle instalovaných zařízení zejména pro vytápění a ohřev TUV. Sazby se v zásadě dělí na jednotarifové (odběr elektřiny po celý den za stejnou cenu, účtován je pouze tzv. vysoký tarif VT) a dvoutarifové (denní odběr proudu rozdělen na dvě období s tzv. vysokým a nízkým tarifem VT+NT, ve kterých se účtuje různá cena).

Tab. 5.22 Distribuční sazby elektřiny pro jednotlivé varianty V1 – V5

	Sazba	Popis
V1	D 02d	Jednotarifová sazba, která se hodí pro běžně vybavenou domácnost se střední spotřebou, která elektřinou svítí a napájí elektrospotřebiče. Žádné podmínky pro přiznání.
V2	D 45d	Dvoutarifová sazba, která je vhodná při využívání přímotopů. Pro získání sazby je nutná řádná instalace přímotopných elektrických spotřebičů pro vytápění. Domácnost přitom musí prokázat, že systém přímotopného vytápění (vč. bojleru) činí nejméně 40 % z příkonu hlavního jističe*, případně že výkon přím. el. spotřebičů odpovídá tepelným ztrátám vytápěného objektu. Nízký tarif zde platí po dobu 20 hodin denně.



<b>V3, V4</b>	D 26d	Dvoutarifová sazba, která se hodí pro akumulaci ohřev vody nebo vytápění (vyšší spotřeba). Domácnost musí prokázat, že příkon všech akumulacích elektrických spotřebičů činí nejméně 55 % z příkonu hlavního jističe*, případně že výkon akumul. el. spotřebičů odpovídá tepelným ztrátám vytápěného objektu. Nízký tarif zde platí po dobu 8 hodin denně.
<b>V5</b>	D 56d	Dvoutarifová sazba při vytápění tepelným čerpadlem. Nízký tarif zde platí po dobu 22 hodin denně. Tepelný výkon TČ pak musí pokrýt min. 60 % tepelných ztrát vytápěného objektu.

Vlastní zpracování, zdroj <https://www.penize.cz/spotrebitel/256691-distribucni-sazby-elektřiny-mate-tu-spravnu> (st. 20.11.2018), \*hlavní jistič 3x25 A, tj. příkon 16,5 kW (pro elektrokotel (V2) jistič 3x32 A, tj. příkon 21 kW), popis variant viz Kap. 5.3.2-6

Distribuční síť elektrického vedení je v ČR rozdělena na 3 území. Nejmenší plochu, území hlavního města Prahy, spravuje společnost Pražská energetika. Jižní pruh republiky (od Jihočeského kraje po Zlínský) má na starosti společnost E.ON. Největší část ČR (vč. Karlovarského kraje) pak spadá do kompetence společnosti ČEZ.

Tab. 5.23 Ceny za elektřinu pro jednotlivé varianty V1 – V5

	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3, V4</b>	<b>V5</b>
<i>Sazba</i>	<i>D 02d</i>	<i>D 45d</i>	<i>D 26d</i>	<i>D 56d</i>
Cena za kWh (VT)	4,08	2,62	3,08	2,53
Cena za kWh (NT)	-	2,24	1,96	2,25
Celkem ročně (Kč/rok)*	4 473,-	46 615,-	10 912,-	19 259,-

Vlastní zpracování, zdroj [https://www.cez.cz/cs/elektrina#js\\_electricityConfigurator](https://www.cez.cz/cs/elektrina#js_electricityConfigurator) (st. 20.11.2018), \*ceny vč. distribuce a všech poplatků, vč. DPH 21 %, popis variant viz Kap. 5.3.2-6

Celková cena elektřiny vč. distribuce a všech poplatků je získána z internetové kalkulace na stránkách společnosti ČEZ a vychází ze zvolených sazeb, projektovaného hlavního jističe a projektované dodané energie do objektu (viz Tab. 5.20).

#### 5.6.4 Cena ostatních paliv a energií

Distribuční soustava dodávek zemního plynu je v ČR rozdělena na 3 území. Nejmenší plochu, území hlavního města Prahy, spravuje společnost Pražská plynárenská. Jižní část republiky (z většiny Jihočeský kraj) má na starosti společnost E.ON. Největší část ČR (vč. Karlovarského kraje) pak spadá do kompetence společnosti RWE - GasNet.

Prodejci palivového dřeva a dřevěných pelet je v ČR nepřeberné množství. Většina prodejců, mimo jiné kvůli obrovské konkurenci na trhu, nabízí i dopravu zdarma od určitého množství odběru a do určitého počtu km. Ceny palivového dřeva se mění nejen od různých dodavatelů, ale také podle konkrétního typu dřeva (listnaté tvrdé/jehličnaté měkké), úpravy dřeva (štípané/neštípané), délky polena (25/33/40 a 50 cm) a v neposlední řadě i podle

času koupě (v topné sezóně/mimo topnou sezónu) nebo stáří dřeva. Ceny dřevních pelet se odvíjí zejména od kvality použitého dřeva, podle toho můžeme rozdělit pelety do tříd A1 (prvotřídní kvalita pro domácnosti), A2 a B (pro průmyslové využití).

Tab. 5.24 Ceny ostatních paliv a energií pro vybrané varianty

	V1	V3	V4
Cena za kg	-	3,5	5,4
Cena za kWh	1,289	1,02	1,18
<b>Celkem ročně (Kč/rok)*</b>	<b>24 846,-</b>	<b>17 850,-</b>	<b>18 998,-</b>

Vlastní zpracování, zdroj <https://www.usetreno.cz/kalkulacka-cen-plynu/kalkulace/>, <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energi/118-prehled-cen-krboveho-dreva>, <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energi/43-prehled-cen-pelet> (st. 22.11.2018), \*ceny vč. distribuce a všech poplatků, vč. DPH 21 % (u V3 a V4 vč. DPH 15 %), popis variant viz Kap. 5.3.2-6

Celková cena zemního plynu vč. distribuce a všech poplatků je získána z internetové kalkulace (produkt Innogy standard), ceny kusového dřeva a dřevních pelet jsou stanoveny jako průměrné ceny z uvedených přehledů cen pro Karlovarský kraj. Výsledné ceny vychází zejména z projektované dodané energie do objektu (viz Tab. 5.20).

### 5.6.5 Náklady na provoz, údržbu a obnovu

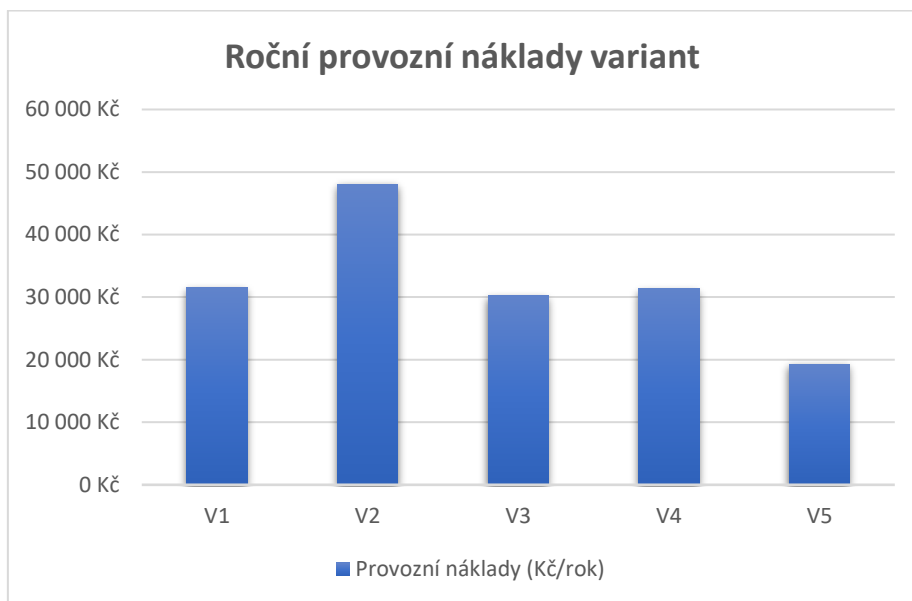
Náklady na provoz, údržbu a obnovu, resp. projektované roční provozní náklady vychází zejména z projektované dodané energie do objektu (viz Tab. 5.20). Skutečné provozní náklady vychází ze skutečné spotřeby paliv a energií, které se mění dle hospodaření v domácnosti každým dnem (celkovou hodnotu těchto skutečných nákladů většinou získáme až zpětně z faktury). Během provozu mohou také nastat nečekané poruchy, které způsobí náhlé výdaje (po záruční době musíme tyto výdaje platit sami).

Tab. 5.25 Ekonomické posouzení variant V1 – V5 (roční náklady na provoz, údržbu a obnovu)

PROVOZNÍ N. (Kč/rok)	V1	V2	V3	V4	V5
Elektřina ze sítě	4 473,-	46 615,-	10 912,-	10 912,-	19 259,-
Ostatní paliva, energie	24 846,-	-	17 850,-	18 998,-	-
Kontroly, čištění, revize	2 178,-	1 452,-	1 452,-	1 452,-	-
<b>CELKEM KČ (vč. DPH)</b>	<b>31 497,-</b>	<b>48 067,-</b>	<b>30 214,-</b>	<b>31 362,-</b>	<b>19 259,-</b>

Vlastní zpracování, zdroj Tab. 5.23, Tab. 5.24, ostatní ceny dle topenářské firmy (Příloha č. 5), kontrola a čištění, event. revize komína, dle vyhlášky č. 34/2016 Sb. o čištění, kontrole a revizi spalinové cesty, jsou nutné pro všechny varianty kvůli projektované krbové vložce na pevná paliva, popis variant viz Kap. 5.3.2-6

Graf. 5.3 Ekonomické posouzení variant V1 – V5 (roční provozní náklady)



Vlastní zpracování, zdroj Tab. 5.25

Z grafu 5.3 je patrné, že výše provozních nákladů je přesně opačná oproti investiční. Nejdražší na provoz je elektrokotel (V2), jehož IN byly minimální a naopak nejlevnější na provoz je tepelné čerpadlo (V5), jehož IN byly výrazně nejvyšší. U ostatních variant jsou provozní náklady podobné a pohybují se zhruba okolo 30 tis. Kč za rok.

### 5.6.6 Dotační programy

V našem případě můžeme zvážit v podstatě 2 dotační programy<sup>2</sup>, kterými jsou:

- Kotlíková dotace (probíhá v rámci Operačního programu životního prostředí 2014 – 2020 Prioritní osy 2 – Zlepšování kvality ovzduší v lidských sídlech),
- Nová zelená úsporám (NZÚ).

Kotlíková dotace je ale určena pouze na výměnu kotlů na uhlí s ručním přikládáním. Tato dotace se tedy nevztahuje na náš případ, kdy řešíme koupi kotle do novostavby.

V rámci programu Nová zelená úsporám lze získat dotaci na tepelné čerpadlo, solární termické kolektory nebo zateplení objektu (žádost o stavební povolení podána před rokem 2007). Dotaci na tepelné čerpadlo Regulus EcoAir 415 (V5) se SVT kódem 1155 (Seznam výrobků a technologií, které lze výše uvedenými dotačními programy podpořit) lze získat i pro novostavby v programu B.0 (pro nízkoenergetické budovy). Tato dotace je ale podmíněna současnou instalací systému nuceného větrání, proto ani tuto dotaci nemůžeme pro náš případ uvažovat.

<sup>2</sup> Zdroj: <http://dotaceprolidi.cz/>, <https://www.regulus.cz/cz/dotace-pro-rodinne-domy> (st. 25.11.2018)

### 5.6.7 Ekonomické posouzení

Pro zjištění nejméně nákladné varianty, z delšího časového hlediska, využijeme kritérium tzv. čisté současné hodnoty NPV (Net Present Value) dle vyhlášky č. 480/2012 Sb. Varianty budeme porovnávat v horizontech 5, 10 a 15 let (5 let je min. doba životnosti zdroje s ohledem na záruční dobu poskytovanou prodejci; horizont 10 let je období, kdy má zdroj fungovat bez nutnosti větších investic z důvodu fyzického opotřebení, často jde také o časovou mez při výpočtech ekonomické návratnosti; 15 let je průměrná projektovaná životnost zdroje). Volba časového období ale záleží zejména na investorovi. Čím menší hodnota NPV, tím je varianta méně nákladná. NPV se dle vyhlášky stanoví:

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_z} CF_t * (1 + r)^{-t} - IN \quad (8)$$

$T_z$  doba životnosti (hodnocení) projektu (roky)

$CF_t$  roční přínosy projektu (změna peněžních toků po realizaci) (tis. Kč)

$(1 + r)^{-t}$  odúročitel ( $r$  je diskont)

$IN$  investiční výdaje projektu (tis. Kč)

Tab. 5.26 Vývoj nákladů pro jednotlivé varianty V1 – V5 v horizontu 15 let

	V1	V2	V3	V4	V5
IN (Kč)	109 213,-	54 039,-	155 192,-	133 698,-	291 054,-
PN (Kč/rok)	31 497,-	48 067,-	30 214,-	31 362,-	19 259,-
PN (Kč/rok)*	31 191,-	47 600,-	29 921,-	31 058,-	19 072,-
PN (Kč/5 let)*	29 997,-	45 779,-	28 776,-	29 869,-	18 342,-
PN (Kč/10 let)*	28 569,-	43 599,-	27 405,-	28 447,-	17 469,-
PN (Kč/15 let)*	27 209,-	41 523,-	26 101,-	27 092,-	16 637,-

Vlastní zpracování, \*provozní náklady (PN) s diskontní sazbou 3 %, inflací 2 %<sup>3</sup>, popis variant viz Kap. 5.3.2-6

Tab. 5.27 Čistá současná hodnota (NPV) pro jednotlivé varianty V1 – V5 v horizontu 15 let

	V1	V2	V3	V4	V5
NPV (5 let)*	262 170,-	287 464,-	301 918,-	285 999,-	384 580,-
NPV (10 let)*	407 845,-	509 775,-	441 659,-	431 050,-	473 653,-
NPV (15 let)*	546 584,-	721 503,-	574 747,-	569 194,-	558 486,-

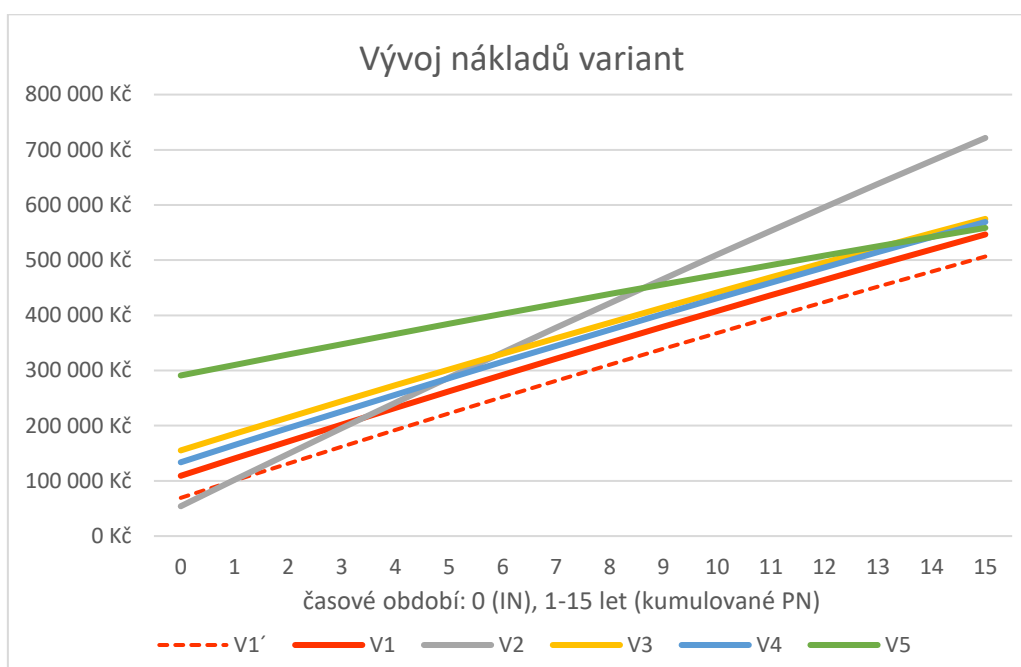
Vlastní zpracování, \*NPV s diskontní sazbou 3 %, inflací 2 %<sup>3</sup>, popis variant viz Kap. 5.3.2-6

<sup>3</sup> Diskontní sazba a míra inflace jsou stanoveny pro účely této práce pouze orientačně, tzn. není provedena podrobná analýza a výpočet pro stanovení přesných hodnot těchto ukazatelů.

Z hodnot v tabulce 5.27 vyplývá, že v horizontu 15 let je jednoznačně ekonomicky nejvýhodnější plynový kondenzační kotel (V1) i při započtení hrubého odhadu vícenákladů na vnitřní vedení plynu. Nejméně výhodný je pak elektrokotel (V2) i přes jeho minimální investiční náklady. Z delšího časového hlediska se do popředí dostává tepelné čerpadlo (V5) díky jeho minimálním provozním nákladům (zde pak velkou roli hraje otázka životnosti zdroje a náklady na obnovu a údržbu – TČ jako jediné z uvedených zdrojů vystaveno venkovním klimatickým podmínkám; záruka na kompresor je dle výrobce 10 let).

Průběh nákladů v čase mohou ovlivnit zejména změny cen paliv a energií, popř. náhlé výdaje např. z důvodu poruchy (po záruční době). Tyto změny ale není možné dopředu přesně určit. Proto je i tento vývoj nákladů nutno brát, tak jako všechny uvedené ceny v této kapitole, pouze jako orientační. Průběh nákladů v čase ukazuje graf 5.4.

Graf. 5.4 Vývoj nákladů pro jednotlivé varianty V1 – V5 v horizontu 15 let



Vlastní zpracování, zdroj Tab. 5.26 a Tab. 5.27, V1' - varianta V1 bez započtení hrubých vícenákladů na vnitřní vedení plynu (např. pro případ v kombinaci s plynovými spotřebiči)

## 5.7 Multikriteriální analýza (hodnocení variant)

Vlastnosti jednotlivých variant dle zvolených kritérií budou sloužit jako vstupní hodnoty pro níže použité metody<sup>4</sup>. Vlastnosti jsme stanovili slovním popisem, nebo hodnotami dle technických popisů zdrojů a analýzy v přechozích kapitolách 5.5 a 5.6.

<sup>4</sup> Literatura: KADLČÁKOVÁ, Anna. *Ekonomika ve stavebnictví 50: hodnotový management*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02605-1

Literatura: KORVINY, Petr. *Teoretické základy vícekritériálního rozhodování*. [https://korviny.cz/Korviny/soubory/teorie\\_mca.pdf](https://korviny.cz/Korviny/soubory/teorie_mca.pdf) (st. 8.12.2018)

Tab. 5.28 Vlastnosti jednotlivých variant V1 – V5 (vstupní hodnoty)

		V1	V2	V3	V4	V5	MJ
„Varianty“		„Plyn“	„Elektro“	„Dřevo“	„Pelety“	„TČ“	
<b>K1</b>	Investiční n.	69 (109)	54	155	134	291	tis. Kč
<b>K2</b>	Provozní n.	31	48	30	31	19	tis. Kč/rok
<b>K3</b>	Vliv na ŽP*	19,8	51,3	9,3	10,8	17,8	MWh/rok
<b>K4</b>	Komfort pr.	vysoký	nejvyšší	nízký	průměr	vyšší	-
<b>K5</b>	Prostorové požadavky	0,093	0,094	0,639	1,337	0,894	m <sup>2</sup>
<b>K6</b>	Skladovací prostory	žádné	žádné	velké	větší	malé	-
<b>K7</b>	Hlučnost pr.	malá	malá	střední	střední	vyšší	-
<b>K8</b>	Prašnost pr.	žádná	žádná	vysoká	střední	žádná	-
<b>K9</b>	Záruky	3	3	2	2	5	roky
<b>K10</b>	Životnost	velmi vysoká	velmi vysoká	průměr	průměr	vysoká	-

Vlastní zpracování, popis kritérií viz Kap. 5.4.1, popis variant viz Kap. 5.3.2-6, \*neobnovitelná primární energie

### 5.7.1 Stanovení úhrnné užítosti

Po určení konečné váhy a pořadí rozhodujících kritérií podle důležitosti dle investora je možné jednotlivé varianty zdrojů vytápění zhodnotit, tzv. stanovit úhrnnou užítost (funkčnost) pro každou variantu. Pro toto vyhodnocení využijeme 2 metody:

1. Bodovací metodu s váhami,
2. Metodu indexových koeficientů (bazické varianty).

Pomocí těchto metod určíme pořadí výhodnosti jednotlivých variant pro investora.

#### 1. Bodovací metoda s váhami

K určení úhrnné funkčnosti lze pro tuto metodu použít bodovací stupnici (většinou desetibodovou, popř. stobodovou). Nejvyšší počet bodů se přiřazuje nejlepší hodnotě užité funkce, úhrnná užítost hodnoceného předmětu je pak součinem bodů a vah jednotlivých kritérií každé varianty. Celková užítost  $j$ -té varianty  $U_j$  se určí ze vztahu:

$$U_j = \sum b_{ij} * v_i \quad (9)$$

$b_{ij}$  dílčí užítost  $i$ -tého kritéria  $j$ -té varianty vyjádřena v bodech

$v_i$  váha  $i$ -tého kritéria

Tab. 5.29 Stanovení úhrnné užítlosti metodou bodovací s vahami

		V1		V2		V3		V4		V5	
	$v_i$	$b_{ij}$	$b_{ij}v_i$	$b_{ij}$	$b_{ij}v_i$	$b_{ij}$	$b_{ij}v_i$	$b_{ij}$	$b_{ij}v_i$	$b_{ij}$	$b_{ij}v_i$
<b>K1</b>	0,199	8	1,596	9	1,795	4	0,798	5	0,997	2	0,399
<b>K2</b>	0,214	5	1,071	2	0,429	6	1,286	5	1,071	9	1,928
<b>K3</b>	0,030	4	0,120	1	0,030	8	0,240	7	0,210	5	0,150
<b>K4</b>	0,157	9	1,409	10	1,566	3	0,470	5	0,783	8	1,253
<b>K5</b>	0,078	10	0,779	9	0,701	5	0,389	2	0,156	4	0,312
<b>K6</b>	0,025	10	0,249	10	0,249	2	0,050	4	0,100	8	0,199
<b>K7</b>	0,094	8	0,750	8	0,750	5	0,469	5	0,469	3	0,281
<b>K8</b>	0,058	10	0,575	10	0,575	2	0,115	5	0,288	10	0,575
<b>K9</b>	0,050	7	0,350	7	0,350	5	0,250	5	0,250	8	0,400
<b>K10</b>	0,096	8	0,765	8	0,765	5	0,478	5	0,478	7	0,669
<b>Užitnost <math>U_j</math></b>		<b>7,664</b>		<b>7,209</b>		<b>4,545</b>		<b>4,802</b>		<b>6,166</b>	
<b>Pořadí</b>		<b>1</b>		<b>2</b>		<b>5</b>		<b>4</b>		<b>3</b>	

Vlastní zpracování, popis kritérií viz Kap. 5.4.1, popis variant viz Kap. 5.3.2-6

Z výsledků dané metody v tabulce 5.29 vyplývá, že při bodovém ohodnocení vlastností variant se započtením váhy kritérií dle investora je nejvhodnější zdroj kondenzační plynový kotel (V1). Nejméně vhodnou variantou je pak teplovodní kotel na dřevo (V3). Druhou nejvhodnější variantu dle metody, elektrokotel (V2), není vhodné doporučit z hlediska velmi vysokých provozních nákladů, díky nimž se velmi rychle stane nejnákladnější variantou (viz. graf 5.4). Tento kotel ani není možné použít v RD jako jediný zdroj tepla, jelikož nesplňuje požadavek na hodnotu neobnovitelné primární energie dle §6 vyhlášky č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov (viz. Tab. 5.20). Z tohoto důvodu je jako druhá nejvhodnější varianta doporučeno tepelné čerpadlo (V5).

## 2. Metoda indexových koeficientů (bazické varianty)

Tato metoda stanovuje dílčí ohodnocení jednotlivých kritérií výpočtem dílčí užítlosti jako indexového koeficientu variant  $k_{ij}$  porovnáním hodnoty kritéria u hodnocené varianty s hodnotami tzv. bazické varianty. Bazická varianta je fiktivní variantou, která se sestavuje obvykle buď jako jedna z variant hodnocení, nebo varianta, která dosahuje nejlepších hodnot kritérií. Její princip spočívá v tom, že u té z variant, kterou volíme za bázi, všechny hodnoty kritérií nahradíme číslem jedna. Užítlost ostatních variant u těchto kritérií se určí koeficientem v poměru k původní hodnotě kritéria báze.

Předpokladem použití metody je třídění dle preferenčního systému hodnotitele na:

- Kritéria výnosového typu („čím více, tím lépe“ – rostoucí preference ↑)

$$k_{ij} = \frac{u_{ij}}{u_i^b} \tag{10}$$

- Kritéria nákladového typu („čím více, tím hůře“ – klesající preference ↓)

$$k_{ij} = \frac{u_i^b}{u_{ij}} \tag{11}$$

$k_{ij}$  indexový koeficient  $i$ -tého kritéria a  $j$ -té varianty

$u_i^b$  hodnota bazické varianty u  $i$ -tého kritéria

$u_{ij}$  hodnota  $i$ -tého kritéria u  $j$ -té varianty

Výsledná užítost  $j$ -té varianty  $U_j$  je sumou součinů indexových koeficientů kritérií této varianty  $k_{ij}$  a vah  $i$ -tého kritéria  $v_i$ :

$$U_j = \sum k_{ij} * v_i \tag{12}$$

Tab. 5.30 Užítost stanovená metodou indexových koeficientů

			V1 (bazická varianta)			V2			V3		
		$v_i$	$u_i^b$	$k_{ij}$	$k_{ij}v_i$	$u_{ij}$	$k_{ij}$	$k_{ij}v_i$	$u_{ij}$	$k_{ij}$	$k_{ij}v_i$
<b>K1</b>	↓	0,199	69	1	0,199	54	1,28	0,255	155	0,45	0,089
<b>K2</b>	↓	0,214	31	1	0,214	48	0,65	0,138	30	1,03	0,221
<b>K3</b>	↓	0,030	19,8	1	0,030	51,3	0,39	0,012	9,3	2,13	0,064
<b>K4</b>	↑	0,157	9	1	0,157	10	1,11	0,174	3	0,33	0,052
<b>K5</b>	↓	0,078	0,093	1	0,078	0,094	0,99	0,077	0,639	0,15	0,011
<b>K6</b>	↓	0,025	1	1	0,025	1	1,00	0,025	8	0,13	0,003
<b>K7</b>	↓	0,094	2	1	0,094	2	1,00	0,094	5	0,40	0,038
<b>K8</b>	↓	0,058	1	1	0,058	1	1,00	0,058	8	0,13	0,007
<b>K9</b>	↑	0,050	3	1	0,050	3	1,00	0,050	2	0,67	0,033
<b>K10</b>	↑	0,096	8	1	0,096	8	1,00	0,096	5	0,63	0,060
<b>Užítost <math>U_j</math></b>			<b>1,000</b>			<b>0,978</b>			<b>0,579</b>		
<b>Pořadí</b>			<b>1</b>			<b>2</b>			<b>5</b>		



		V4				V5			Měrná jednotka
		$v_i$	$u_{ij}$	$k_{ij}$	$k_{ij}v_i$	$u_{ij}$	$k_{ij}$	$k_{ij}v_i$	
<b>K1</b>	↓	0,199	134	0,51	0,103	291	0,24	0,047	tis. Kč
<b>K2</b>	↓	0,214	31	1,00	0,214	19	1,63	0,350	tis. Kč/rok
<b>K3</b>	↓	0,030	10,8	1,83	0,055	17,8	1,11	0,033	MWh/rok
<b>K4</b>	↑	0,157	5	0,56	0,087	8	0,89	0,139	body
<b>K5</b>	↓	0,078	1,337	0,07	0,005	0,894	0,10	0,008	m <sup>2</sup>
<b>K6</b>	↓	0,025	6	0,17	0,004	2	0,50	0,012	body
<b>K7</b>	↓	0,094	5	0,40	0,038	7	0,29	0,027	body
<b>K8</b>	↓	0,058	5	0,20	0,012	1	1,00	0,058	body
<b>K9</b>	↑	0,050	2	0,67	0,033	5	1,67	0,083	roky
<b>K10</b>	↑	0,096	5	0,63	0,060	7	0,88	0,084	body
<b>Užitnost <math>U_j</math></b>		<b>0,611</b>				<b>0,841</b>			
<b>Pořadí</b>		<b>4</b>				<b>3</b>			

Vlastní zpracování, popis kritérií viz Kap. 5.4.1, popis variant viz Kap. 5.3.2-6

Výsledky této metody v tabulce 5.30 jsou zcela shodné s výsledky metody bodovací s váhami v tabulce 5.29.

### 5.7.2 Shrnutí výsledků

Konečné pořadí variant je stanoveno na základě užitností  $U_j$  výše použitých metod. Podle některých přístupů (např. Kadlčáková) je možné oddělit od kritérií cenu  $C_j$  a výsledné pořadí stanovit dle efektivnosti  $E_j$ , která se vypočte podílem  $U_j/C_j$ . V tomto případě je ale cena záměrně součástí rozhodujících kritérií, o jejíž důležitosti rozhoduje sám investor.

Tab. 5.31 Shrnutí výsledků použitých metod

Varianty		Pořadí dle užitnosti použitých metod		Konečné pořadí
		1.	2.	
<b>V1</b>	Plynový kondenzační kotel	1	1	<b>1</b>
<b>V2</b>	Elektrokotel	2	2	-
<b>V3</b>	Teplovodní zplyňovací kotel na dřevo	5	5	<b>4</b>
<b>V4</b>	Automatický kotel na dřevěné pelety	4	4	<b>3</b>
<b>V5</b>	Tepelné čerpadlo vzduch/voda	3	3	<b>2</b>

Vlastní zpracování, popis variant viz Kap. 5.3.2-6

Z výsledků v tabulce 5.31 je jednoznačné, že nevhodnější varianta je plynový kondenzační kotel (V1), druhá pak tepelné čerpadlo (V5). Velmi komfortní, ale nákladný elektrokotel (V2) nelze použít jako jediný zdroj tepla, jelikož nesplňuje požadavky §6 vyhlášky č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov. Kotle na pevná paliva (V3, V4) jsou vhodné spíše pro novostavby bez možnosti připojení na plynovod.

## 5.8 Návrh optimalizace RD

Každý projekt RD se dá určitým způsobem ještě upravit či vylepšit. Možností a jejich kombinací je v dnešní době mnoho. Vždy záleží hlavně na požadavcích, preferencích či finančních možnostech investora aj. S každým takovýmto krokem totiž obvykle klesají provozní náklady, ale ruku v ruce s tím zpravidla stoupají náklady investiční (nemusí tomu tak být vždy, např. v případě dotací mohou být vlastní investiční náklady pouze minimální). Výhodnost či nevýhodnost realizace se zjišťuje zejména dobou návratnosti, tzn. za jak dlouho se nám díky úsporám provozních nákladů vrátí počáteční investice. Čím kratší je doba návratnosti, tím efektivnější investice je. Pro projekt řešeného RD se nám nabízí několik možných optimalizací:

- zateplení stěn (větší přiblížení ke standardu nZEB; stěny největší tepelné ztráty),
- instalace solárního/fotovoltaického systému (zejména pro ohřev TUV),
- instalace rekuperační/klimatizační jednotky (zejména pro řízené větrání),
- instalace krbové vložky s výměníkem,
- popř. kombinace těchto návrhů a další.

Pro účely této práce zjistíme efektivnost jedné vybrané optimalizace, konkrétně zateplení stěn RD, které mají ze všech konstrukcí na hranici obálky budovy největší tepelné ztráty (viz. Příloha 2). Díky tomuto kroku by se projekt RD mohl více přiblížit standardu budovy s téměř nulovou spotřebou energie. Jako zdroj vytápění volíme vybranou nevhodnější variantu z předchozí analýzy, tedy plynový kondenzační kotel (V1).

Při výpočtech využijeme již zmíněného vzorce pro kritérium tzv. čisté současné hodnoty NPV (viz. Kap. 5.6.7) dle vyhlášky č. 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku. Dále stanovíme doby návratnosti vybrané optimalizace:

Prostá doba návratnosti  $T_s$ :

$$T_s = \frac{IN}{CF} \quad (13)$$

Reálná doba návratnosti  $T_{sd}$ :

$$\sum_{t=1}^{T_{sd}} CF_t * (1+r)^{-t} - IN = 0 \quad (14)$$

$CF_t$	roční přínosy projektu (změna peněžních toků po realizaci) (tis. Kč)
$(1 + r)^{-t}$	odúročitel ( $r$ je diskont)
$IN$	investiční výdaje projektu (tis. Kč)

Pro výpočet investičních nákladů využijeme kalkulační program KROS 4 (výstup programu viz Příloha 5). Dále si pro výpočet stanovíme časovou hraniční mez 20 let, za kterou chceme, aby se nám investice vrátila. Pokud se nám do této doby investice nevrátí, budeme ji považovat za neefektivní.

Tab. 5.32 Efektivnost vybrané optimalizace projektu RD

Popis	Hodnota	MJ
Investiční náklady IN (vč. DPH 15 %)	159 253	Kč
Projektovaná dodaná energie (před realizací)	16 500	kWh/rok
Projektovaná dodaná energie (po realizaci)	15 100	kWh/rok
Cena paliva (zemního plynu) za kWh	1,289	Kč/kWh
Roční úspora nákladů (bez vlivu inflace, diskontu)	1 805	Kč/rok
Roční úspora nákladů (s vlivem inflace, diskontu)*	1 787	Kč/rok
Úspora nákladů za 20 let (s vlivem inflace, diskontu)*	1 485	Kč/20 let
Prostá doba návratnosti $T_s$	88	roky
Reálná doba návratnosti $T_{sd}$ *	> 20	roky
Čistá současná hodnota NPV (za 20 let)*	- 126 624	Kč/20 let

Vlastní zpracování, zdroj IN cenová kalkulace KROS 4 (Příloha 5), projektované dodané energie grafické průřazy (Příloha 4), cena paliva viz Tab. 5.24, \*s diskontní sazbou 3 %, inflací 2 %<sup>5</sup>

Z výsledků v tabulce 5.32 je zcela zřejmé, že realizace této optimalizace nemá pro řešení projekt RD v podstatě žádný smysl a její návratnost se blíží předpokládané životnosti RD při běžné údržbě dle vyhlášky č. 441/2013 Sb., vyhláška k provedení zákona o oceňování majetku (oceňovací vyhláška), přílohy č. 21 (předpokládaná životnost RD se zděnými svislými nosnými konstrukcemi při běžné údržbě zpravidla činí 100 let).

Tato analýza návratnosti lze zpracovat na jakýkoliv výše zmíněný případ optimalizace projektu RD a lze pomocí ní snadno zjistit, jak efektivní investice bude či nebude, popř. za jak dlouho se nám investice vrátí. Dobu návratnosti nám dokážou velmi ovlivnit dotace, které je možno pro některé případy získat a díky nimž se počáteční investiční náklady výrazně minimalizují.

<sup>5</sup> Diskontní sazba a míra inflace jsou stanoveny pro účely této práce pouze orientačně, tzn. není provedena podrobná analýza a výpočet pro stanovení přesných hodnot těchto ukazatelů.

## 6 Závěr

Jedním z hlavních cílů Evropské Unie, a tudíž i České republiky, je snižování energetické náročnosti budov. V souladu s tímto cílem byly u nás mimo jiné vyhláškou č. 148/2007 Sb. o energetické náročnosti budov zavedeny první průkazy energetické náročnosti budov (později vyhláška č. 78/2013 Sb., dnes vyhláška č. 230/2015 Sb.), díky nimž se začalo hodnotit množství dodané energie do objektu. V dnešních průkazech je celková dodaná energie rozdělena ještě na dílčí dodané energie, a to na vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti, ohřev teplé vody a osvětlení. Aby dnešní hodnocená budova splňovala energetickou náročnost, tzn. byla zařazena do klasifikační třídy A – C, musí splnit požadavky na celkovou dodanou energii, podíl neobnovitelné primární energie a průměrný součinitel prostupu tepla, resp. tyto hodnoty nesmí překročit hodnoty tzv. referenční budovy.

Energetickou náročnost budov ovlivňují zejména tepelné ztráty obvodových konstrukcí a také volba zdroje tepla, resp. energonositele převážně pro vytápění a ohřev teplé vody. Z hlediska velikosti zátěže na životní prostředí jsou pro každého energonositele stanoveny tzv. faktory primární energie (faktor celkové primární energie a faktor neobnovitelné primární energie), které zahrnují negativní vliv na životní prostředí při jeho těžbě a spalování. Nejhorší hodnoty těchto faktorů (3,2 a 3,0) má elektřina, kvůli tomu jí není možné ve většině případech využít jako hlavní zdroj energie. Nejvíce využívaná paliva pro vytápění rodinných domů jsou zemní plyn (hodnota obou faktorů 1,1) a obnovitelné zdroje energie (hodnoty faktorů pro dřevěné peletky 1,2 a 0,2; pro kusové dřevo 1,1 a 0,1; pro energii okolního prostředí 1,0 a 0,0), které patří společně s druhotnými zdroji a kombinovanou výrobou elektřiny a tepla ke zdrojům, které jsou u nás státem podporované a jsou přesně definované zákonem č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie.

Proces výběru vhodného zdroje pro vytápění a ohřev teplé vody by měl být vždy náležitě promyšlený, z několika úhlů pohledu, a výsledná volba by měla být v souladu s investičními požadavky a preferencemi a také dle konkrétních parametrů a možností projektu. V souladu s tímto a s cíli diplomové práce jsem se proto v praktické části zaměřila na vlastní projekt rodinného domu, na kterém jsem se tento proces rozhodování snažila detailněji popsat, přiblížit a vyřešit.

Řešený rodinný dům je samostatně stojící, jednopodlažní, nepodsklepený, projektovaný pro bydlení čtyřčlenné rodiny v obci Útvina v Karlovarském kraji. Obec Útvina je plynofikována, proto je možné uvažovat i s variantou plynového kotle. Novostavba je navržena ve zděné technologii systému YTONG, zaklopená valbovou střechou tvořenou z vazníků. Při posouzení součinitele prostupu tepla jednotlivých obvodových konstrukcí v souladu s technickými normami ČSN 73 0540-4 a ČSN EN ISO 6946 bylo zjištěno,

že veškeré navržené konstrukce vyhovují doporučeným hodnotám dle ČSN 73 0540-2. Pro rodinný dům bylo navrženo, po konzultaci s odbornou firmou, celkem 5 variant zdrojů vytápění spolu s ohřevem teplé vody vyhovujícího výkonu pro projektované tepelné ztráty, které byly pomocí programu Tepelný výkon stanoveny po zaokrouhlení na 6 kW. Jako první varianta byl uvažován plynový kondenzační kotel Protherm Gepard Condens 12 MKO-A o regulovatelném výkonu 4 – 12 kW (V1), jako druhá varianta elektrokotel Protherm RAY 12K o výkonu 2 – 12 kW (V2), dále teplovodní zplyňovací kotel na kusové dřevo Benekov D12 s výkonem 7 – 12 kW (V3), ke kterému byla na doporučení výrobce uvažována ještě akumulční nádrž PS 900 ES+, jako předposlední byl uvažován automatický kotel na dřevěné pelety Benekov K14 se zásobníkem paliva 200 l s výkonem 4,5 – 15 kW (V4) a poslední varianta tepelné čerpadlo vzduch/voda Regulus EcoAir 415 o jmenovitém výkonu 11,42 kW (V5).

Při procesu výběru vhodného zdroje vytápění byly využity vybrané metody multikriteriální analýzy. Tato analýza byla zvolena jako nejvhodnější způsob řešení tohoto problému, jelikož je vhodná zejména při rozhodování se mezi více variantami podle několika kritérií a má za cíl shrnout a utřídit informace o jednotlivých variantách. Pro stanovení rozhodovacích kritérií byl využit větvený graf (strom kritérií). Na základě tohoto grafu bylo stanoveno celkem 10 uvažovaných rozhodujících kritérií, a to investiční (K1) a provozní náklady (K2), vliv na životní prostředí (K3), komfort provozu (K4), prostorové požadavky (K5), skladovací prostory (K6), hlučnost (K7) a prašnost provozu (K8), záruky (K9) a životnost zdrojů (K10). Důležitosti rozhodovacích kritérií byly vyhodnoceny pomocí dotazníkového šetření investora tohoto projektu, které strukturou představovalo vybrané metody zmiňované analýzy, konkrétně Metfesselovu alokaci, Párové porovnání a Saatyho metodu (před vyplněním dotazníku byl investor náležitě seznámen s rozhodujícími kritérii a principy zvolených metod). Konečné důležitosti, resp. konečné váhy rozhodujících kritérií byly stanoveny jako aritmetické průměry jednotlivých vah kritérií získaných pomocí zmiňovaných metod. Dle požadavků a preferencí konkrétního investora bylo zjištěno, že nejdůležitější rozhodující kritéria jsou provozní (váha 0,214) a investiční náklady (váha 0,199), třetí komfort provozu (váha 0,157), dále životnost (váha 0,096), hlučnost provozu (váha 0,094), prostorové požadavky (váha 0,078), prašnost provozu (váha 0,058), záruky (váha 0,050) a vliv na životní prostředí (váha 0,030). Na posledním místě, jako nejméně rozhodující kritérium dle investora, se umístily skladovací prostory s nejmenší vahou 0,025.

Před ekonomickou analýzou bylo nutné zjistit zejména podíl energonositelů na dodané energii v MWh/rok pro jednotlivé varianty, aby bylo možné stanovit projektované roční provozní náklady na energie v Kč/rok. Pro tento účel byly vypracovány grafické

průkazy energetické náročnosti budovy pro jednotlivé varianty pomocí programu Protech, které pak sloužily i jako podklad pro hodnocení kritéria vlivu na životní prostředí.

Při ekonomické analýze byly řešeny investiční a roční provozní náklady jednotlivých variant. Investiční náklady byly stanoveny pomocí aktuálních ceníků výrobců a zbylé ceny za pomoci topenářské firmy z blízkého okolí řešeného rodinného domu pro zohlednění lokálních cen prací. Investiční náklady v Kč byly stanoveny s 15% sazbou DPH podle zákona č. 360/2014 Sb. o dani z přidané hodnoty a vyšly pro V1 – 69 213 Kč (bez nákladů na vnitřní vedení plynu), V2 – 54 039 Kč, V3 – 155 192 Kč, V4 – 133 698 Kč a V5 – 291 054 Kč. Provozní náklady v Kč/rok byly kalkulovány převážně pomocí internetových kalkulací příslušných distributorů, nebo byly vzaty jako průměrné hodnoty z příslušných přehledů cen pro Karlovarský kraj, a vyšly pro V1 – 31 497 Kč/rok, V2 – 48 067 Kč/rok, V3 – 30 214 Kč/rok, V4 – 31 362 Kč/rok a V5 – 19 259 Kč/rok. Při řešení investičních nákladů byla zkoumána i otázka dotací pro jednotlivé varianty. Z výsledného ekonomického posouzení, pomocí kritéria tzv. čisté současné hodnoty NPV stanovené dle vyhlášky č. 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku vyplynulo, že v horizontu 15 let je jednoznačně ekonomicky nejvýhodnější plynový kondenzační kotel s NPV 546 584 Kč/15 let. Z delšího časového hlediska se ukazovalo jako vhodné i tepelné čerpadlo s NPV 558 486 Kč/15 let. Nejméně výhodný vyšel elektrokotel s NPV 721 503 Kč/15 let, a to zejména kvůli velmi vysokým provozním nákladům.

Před výsledným hodnocením byly stanoveny všechny vlastnosti variant dle zvolených kritérií, které sloužily jako vstupní hodnoty pro použité metody. Některé vlastnosti byly stanoveny dle podrobné analýzy (investiční a provozní náklady, vliv na životní prostředí), zbylé dle technických listů a popisů výrobce. Pro výsledné hodnocení variant byly použity dvě metody, a to Metoda bodovací s vahami a Metoda indexových koeficientů neboli metoda bazické varianty. Výsledky obou metod vyšly naprosto shodně a jako nejvhodnější zdroj vytápění vyšel plynový kondenzační kotel (V1). Na druhém místě se umístil elektrokotel (V2), a to zejména díky jeho velmi nízkým investičním nákladům a velkému komfortem provozu. Tento kotel ale není možný uvažovat jako jediný zdroj tepla kvůli jeho nepříznivé hodnotě faktoru neobnovitelné primární energie, díky níž rodinný dům nesplňuje požadavek energetické náročnosti. Jako druhý nejvhodnější zdroj je pak tedy doporučeno tepelné čerpadlo (V5), které se ale vyplatí až v uvažovaném delším časovém horizontu. Kotle na tuhá paliva (V3 a V4) jsou nejméně komfortní zdroje a je vhodné je uvažovat spíše pro novostavby v oblastech bez plynofikace.

Závěrem této práce bylo navrženo několik možných variant optimalizací řešeného projektu rodinného domu. Pro účely této práce byla vybrána první varianta, návrh zateplení stěn rodinného domu s myšlenkou většího přiblížení se ke standardu budovy s téměř

nulovou spotřebou energie, a na ní byla aplikována analýza výhodnosti investice pomocí již zmiňovaného kritéria tzv. čisté současné hodnoty NPV a pomocí výpočtu dob návratnosti dle vyhlášky č. 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku. Čím kratší doba návratnosti, tím efektivnější investice. Pro tuto variantu optimalizace byla stanovena prostá doba návratnosti na 88 let, z čehož vyplývá, že tato optimalizace je neefektivní a není výhodná pro tento případ.

K naplnění vytyčených cílů bylo zapotřebí vybrat vhodné varianty zdrojů vytápění a ohřevu teplé vody pro řešený rodinný dům a stanovit rozhodující kritéria pro dané varianty. Dále byly využity vybrané metody multikriteriální analýzy pro zjištění důležitosti rozhodovacích kritérií a následně pro výsledné vyhodnocení navržených variant. Tento postup při procesu výběru vhodného zdroje vytápění může sloužit jak pro projektanty, tak pro samotné investory, kteří mohou použít dané varianty a kritéria jako podklad pro svou vlastní rozvahu. Hlavní cíle diplomové práce hodnocení systémů vytápění rodinného domu s využitím multikriteriální analýzy byly naplněny.

## Seznam literatury a použitých zdrojů

- [1] **MASTNÝ, Petr. *Obnovitelné zdroje elektrické energie***. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. **ISBN isbn978-80-01-04937-2**.  
Online dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/cvut-2-oze.pdf>
- [2] **PETRÁŠ, Dušan. *Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie***. Bratislava: Jaga, 2008. Vytápění. **ISBN isbn978-80-8076-069-4**.
- [3] **ČR a EU – energetika** | Euroskop [online] © 2005-2018 Vláda České republiky [cit. 27.09.2018]. Dostupné z: <https://www.euroskop.cz/9101/sekce/cr-a-eu---energetika/>
- [4] **Zelená kniha – Evropská strategie pro udržitelnou, konkurenceschopnou a bezpečnost energii, KOM (2006) 105 v konečném znění** [online]. © 2006, [cit. 27.09.2018]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0105:FIN:CS:PDF>
- [5] **Sdělení Komise Evropské radě a Evropskému parlamentu – Energetická politika pro Evropu, KOM (2007) 1 v konečném znění** [online]. © 2007, [cit. 27.09.2018]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0001:FIN:CS:PDF>
- [6] **Sdělení Komise Evropskému parlamentu, Radě, Evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a výboru regionů – Druhý strategický přezkum energetické politiky – Akční plán EU pro zabezpečení dodávek energie a jejich solidární využití, KOM (2008) 781 v konečném znění** [online]. © 2008, [cit. 27.09.2018]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0781:FIN:CS:PDF>
- [7] **Sdělení Komise – Evropa 2020 – Strategie pro inteligentní a udržitelný růst podporující začlenění, KOM (2010) 2020 v konečném znění** [online]. © 2010, [cit. 27.09.2018]. Dostupné z: [https://www.vlada.cz/assets/evropske-zalezitosti/evropske-politiky/strategie-evropa-2020/Evropa\\_2020\\_cz\\_Sdeleni\\_EK.pdf](https://www.vlada.cz/assets/evropske-zalezitosti/evropske-politiky/strategie-evropa-2020/Evropa_2020_cz_Sdeleni_EK.pdf)
- [8] **Strategie EU 2020** | Vláda ČR. Úvodní stránka | Vláda ČR [online]. © [cit. 27.09.2018]. Dostupné z: <https://www.vlada.cz/cz/evropske-zalezitosti/evropske-politiky/strategie-evropa-2020/strategie-evropa-2020-78695/>
- [9] **Sdělení Komise Evropskému parlamentu, Radě, Evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a výboru regionů – Energetický plán do roku 2050, KOM (2011) 885 v konečném znění** [online]. © 2011, [cit. 27.09.2018]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0885:FIN:CS:PDF>



- [10] **Sdělení Komise Evropskému parlamentu, Radě, Evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a výboru regionů – Energie 2020 – Strategie pro konkurenceschopnou, udržitelnou a bezpečnou energii, KOM (2010) 639 v konečném znění** [online]. © 2010, [cit. 27.09.2018]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:0639:FIN:EN:PDF>
- [11] **Státní energetická koncepce** | MPO. Ministerstvo průmyslu a obchodu [online]. © Praha 2014 [cit. 28.09.2018]. Dostupné z: [https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statni-energeticka-politika/2016/12/Statni-energeticka-koncepce-\\_2015\\_.pdf](https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statni-energeticka-politika/2016/12/Statni-energeticka-koncepce-_2015_.pdf)
- [12] **Státní energetická koncepce** | MPO. Ministerstvo průmyslu a obchodu [online]. © 2005 [cit. 28.09.2018]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/statni-energeticka-politika/statni-energeticka-koncepce--223620/>
- [13] **Národní energetický mix** — OTE, a.s. [online]. © 2010 OTE, a.s. All rights reserved. [cit. 28.09.2018]. Dostupné z: <http://www.ote-cr.cz/statistika/narodni-energeticky-mix/narodni-energeticky-mix>
- [14] **Národní akční plán energetické účinnosti ČR** | MPO. Ministerstvo průmyslu a obchodu [online]. © 2005 [cit. 02.10.2018]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/energeticka-ucinnost/strategicke-dokumenty/narodni-akcni-plan-energeticke-ucinnosti-cr--150542/>
- [15] **Aktualizace Národního akčního plánu energetické účinnosti ČR** [online] © 2017, [cit. 02.10.2018]. Dostupné z: [https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/energeticka-ucinnost/strategicke-dokumenty/2017/11/\\_17\\_III\\_Aktualizace-NAPEE-2016\\_vlada\\_final.pdf](https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/energeticka-ucinnost/strategicke-dokumenty/2017/11/_17_III_Aktualizace-NAPEE-2016_vlada_final.pdf)
- [16] **Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/27/EU o energetické účinnosti** [online] © 2012, [cit. 02.10.2018]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:CS:PDF>
- [17] **Databáze strategií** | MMR. Ministerstvo pro místní rozvoj ČR. [online] © 2018, [cit. 02.10.2018]. Dostupné z: <https://www.databaze-strategie.cz/>
- [18] **ŠÍPAL, Jaroslav. Obnovitelné zdroje energie: způsoby získávání elektrické a tepelné energie z obnovitelných zdrojů.** Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 2014. ISBN isbn978-80-7414-742-5 (brož.), ISBN isbn978-80-7414-831-6 (online: pdf).  
Online dostupné z: [http://envimod.fzp.ujep.cz/sites/default/files/skripta/11e\\_final\\_tisk.pdf](http://envimod.fzp.ujep.cz/sites/default/files/skripta/11e_final_tisk.pdf)
- [19] **POČINKOVÁ, Marcela a Lea TREUOVÁ. Vytápění.** Brno: Computer Press, 2011. Stavíme. ISBN isbn978-80-251-3329-3.
- [20] **Srovnání cen elektřiny a plynu 2018** | Ceny energie [online] © [cit. 03.10.2018]. Dostupné z: <https://www.cenyenergie.cz/primarni-zdroje-energie/#/promo-gas-mini>
- [21] **HLAVÁČEK, Jan. Primární zdroje energie.** AMO.cz - Asociace pro mezinárodní otázky [online]. © AMO 2014 [cit. 03.10.2018]. Dostupné z: <https://www.amo.cz/wp-content/uploads/2016/01/PSS-Prim%C3%A1rn%C3%AD-zdroje-energie-UNEP.pdf>

- [22] **RUBINOVÁ, Olga. *Budova a energie - Energetická náročnost a legislativa ČR*** | Online 8. přednáška. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební. [online]. © Brno 2013 [cit. 03.10.2018]. Dostupné z: <https://www.fce.vutbr.cz/TZB/rubinova.o/prednasky/tp08.pdf>
- [23] ***Jaderná energetika v ČR*** | Jaderná energetika | Skupina ČEZ. [online]. © 2018, ČEZ, a.s., [cit. 03.10.2018]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/jaderna-energetika/je-v-cr.html>
- [24] ***Historie a současnost těžby uranu v ČR***. OEnergetice.cz [online]. © 2018 [cit. 03.10.2018]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/ostatni/historie-a-soucasnost-tezby-uranu-v-cr/>
- [25] ***Největší světoví producenti uranu***. OEnergetice.cz [online]. © 2018 [cit. 03.10.2018]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/zahranicni/nejvetsi-svetovi-producenti-uranu/>
- [26] ***Palivový cyklus jaderných elektráren*** | Jaderná energetika | ALTA. [online]. © 2013, ALTA, a.s., [cit. 03.10.2018]. Dostupné z: <https://www.alta.cz/vyroba-a-obchod/jaderna-energetika/>
- [27] ***Těžba a spotřeba černého uhlí v ČR***. OEnergetice.cz [online]. © 2018 [cit. 04.10.2018]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektrina/tezba-cerneho-uhli-v-cr/>
- [28] ***Těžba a spotřeba hnědého uhlí v České republice***. OEnergetice.cz [online]. © 2018 [cit. 04.10.2018]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektrina/tezba-a-spotreba-uhli-v-ceske-republice/>
- [29] ***Těžba ropy a zemního plynu v České republice – historie a současnost***. OEnergetice.cz [online]. © 2018 [cit. 04.10.2018]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/ropa/tezba-ropy-a-zemniho-plynu-v-ceske-republice-historie-a-soucasnost/>
- [30] ***17/1992 Sb. Zákon o životním prostředí***. Zákony pro lidi - Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění [online]. © [cit. 04.10.2018]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-17>
- [31] ***165/2012 Sb. Zákon o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů***. Zákony pro lidi - Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění [online]. © [cit. 04.10.2018]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-165>
- [32] ***Co je solární energie a jak ji doma využít?*** | E.ON. Pomáháme šetřit peníze i přírodu | E.ON [online] © [cit. 09.10.2018]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/chytra-domacnost/jak-vyuzivat-solarni-energii/co-je-solarni-energie-a-jak-ji-doma-vyuzit>
- [33] **QUASCHNING, Volker. *Obnovitelné zdroje energií***. Praha: Grada, 2010. Stavitel. ISBN 978-80-247-3250-3.
- [34] ***Geotermální energie | Obnovitelné zdroje*** | Skupina ČEZ. [online]. © 2018, ČEZ, [cit. 09.10.2018]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/geotermalni-energie.html>

- [35] **Geotermální energie.** OEnergetice.cz [online]. © 2018 [cit. 09.10.2018]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektrina/geotermalni-energie/>
- [36] **KARLÍK, Robert. Tepelné čerpadlo pro váš dům.** Praha: Grada, 2009. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-2720-2.
- [37] **POČINKOVÁ, Marcela, Danuše ČUPROVÁ a Olga RUBINOVÁ. Úsporný dům.** Brno: CPRESS, 2012. Stavíme. ISBN 978-80-264-0014-1.
- [38] **STUPAVSKÝ, Vladimír: Pelety z biomasy - dřevěné, rostlinné, kúrové pelety.** Biom.cz [online]. © 2010 [cit. 10.10.2018]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/pelety-z-biomasy-drevene-rostlinne-kurove-pelety>. ISSN: 1801-2655.
- [39] **STUPAVSKÝ, Vladimír, HOLÝ, Tomáš: Dřevní štěpka - zelená, hnědá, bílá.** Biom.cz [online]. © 2010 [cit. 10.10.2018]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/drevni-stepka-zelena-hneda-bila>. ISSN: 1801-2655.
- [40] **Vytápíme elektrinou | Vytápění | TZB-info.** [online]. © 2001-2018 Topinfo s.r.o. [cit. 11.10.2018]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-elektrinou>. ISSN: 1801- 4399.
- [41] **Výroba elektřiny v ČR.** OEnergetice.cz. [online]. © 2018 [cit. 11.10.2018]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/vyroba-elektriny-v-cr/>
- [42] **Kombinovaná výroba elektřiny a tepla (KVET, kogenerace).** Teplárenské sdružení ČR. [online]. © 2018 [cit. 11.10.2018]. Dostupné z: <http://www.kombinovana-vyroba.cz/>
- [43] **DUFKA, Jaroslav. Vytápění domů a bytů.** 2., zcela přeprac. vyd. Praha: Grada, 2004. Profi & hobby. ISBN 80-247-0642-3.
- [44] **NOSKIEVIČ, Pavel, KOLONIČNÝ, Jan, OCHODEK, Tadeáš: Malé zdroje znečišťování.** Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. Výzkumné energetické centrum. [online]. © 2004 Ostrava [cit. 11.10.2018]. Dostupné z: <http://www.biomasa-info.cz/cs/doc/zdroje.pdf>
- [45] **480/2012 Sb. Vyhláška o energetickém auditu a energetickém posudku.** Zákony pro lidi - Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění [online]. © [cit. 11.10.2018]. Dostupné z: <https://zakonyprolidi.cz/cs/2012-480>
- [46] **Struktura používaných paliv a energií | ČSÚ. Český statistický úřad | ČSÚ** [online]. © [cit. 11.10.2018]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/struktura-pouzivanych-paliv-a-energie>
- [47] **TYWONIAK, Jan. Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další.** Praha: Grada, 2012. Stavitel. ISBN isbn978-80-247-3832-1.
- [48] **PETRÁŠ, Dušan. Vytápění rodinných a bytových domů.** Bratislava: Jaga, 2005. Vytápění. ISBN isbn80-8076-020-9.
- [49] **Jaké zvolit vytápění? | Vytápění | TZB-info.** [online]. © 2001-2018 Topinfo s.r.o. [cit. 12.10.2018]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani/10346-jake-zvolit-vytapani>. ISSN: 1801- 4399.

- [50] **BERANOVSKÝ, Jiří, Martin JINDRÁK a Veronika BEJVLOVÁ. *Efektivní vytápění úsporných domů***. Praha: EkoWATT s.r.o., 2017. ISBN 978-80-87333-14-3.  
Online dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/e-book-efektivni-vytapeni-uspornych-domu.pdf>
- [51] **HORÁK, Petr; UHER, Pavel; FORMÁNEK, Marian; RUBINA, Aleš; RUBINOVÁ, Olga; VRÁNA, Jakub; KALOUSEK, Miloš a Hana KUKLÍNKOVÁ. *Energetické hodnocení budov***. Brno: VUTIUM - Vysoké učení technické v Brně, 2015. ISBN: 978-80-214-5274- 9.  
Online dostupné z: [https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/4582\\_sfvt\\_bрно\\_energeticke-hodnoceni-budov.pdf](https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/4582_sfvt_bрно_energeticke-hodnoceni-budov.pdf)
- [52] **DUFKA, Jaroslav. *Hospodárné vytápění domů a bytů***. Praha: Grada, 2007. Profi & hobby. ISBN isbn978-80-247-2019-7.
- [53] **Topný faktor COP - účinnost tepelného čerpadla** : Abeceda tepelných čerpadel. Abeceda tepelných čerpadel : Tepelná čerpadla [online]. [cit. 16.10.2018].  
Dostupné z: <https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/topny-faktor-cop-ucinnost-tepelneho-cerpadla>
- [54] **Abeceda tepelných čerpadel : Tepelná čerpadla**. Abeceda tepelných čerpadel : Tepelná čerpadla [online]. [cit. 16.10.2018]. Dostupné z: <https://www.abeceda-cerpadel.cz/>
- [55] **Co jsou tepelná čerpadla** | etriumf.cz. Dodávka a montáž moderních tepelných čerpadel rakouského výrobce IDM. [online]. [cit. 16.10.2018]. Dostupné z: <http://www.etriumf.cz/co-jsou-tepelna-cerpadla/>
- [56] **SPECIÁL: Energetický balík – Podrobný přehled tzv. třetího liberalizačního balíku** | Euroskop 2008 [online] © 2005-2018 Vláda České republiky [cit. 18.10.2018]. Dostupné z: <https://www.euroskop.cz/8440/1492/clanek/special-energeticky-balik/>
- [57] **Klimaticko-energetický balíček** - Ministerstvo životního prostředí. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. © 2008-2018 MŽP [cit. 18.10.2018].  
Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/klimaticko\\_energeticky\\_balicek](https://www.mzp.cz/cz/klimaticko_energeticky_balicek)
- [58] **Směrnice evropského parlamentu a rady 2002/91/ES** | EUR-Lex - 32002L0091 - EN - EUR-Lex. *EUR-Lex — Access to European Union law* [online] [cit. 23.10.2018].  
Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX:32002L0091>
- [59] **Směrnice evropského parlamentu a rady 2010/31/EU** | EUR-Lex - 32010L0031 - EN - EUR-Lex. *EUR-Lex — Access to European Union law* [online] [cit. 23.10.2018].  
Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/cs/TXT/?uri=CELEX:32010L0031>
- [60] **Směrnice evropského parlamentu a rady (EU) 2018/844** | EUR-Lex - 32018L0844 - EN - EUR-Lex. *EUR-Lex — Access to European Union law* [online] [cit. 23.10.2018].  
Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32018L0844>

- [61] **KABELE, Karel. Revize evropské směrnice 2002/91/ES o energetické náročnosti budov | Energetická náročnost budov | TZB-info.** 2010 [online]. © 2001-2018 Topinfo s.r.o. [cit. 23.10.2018]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/6739-revize-evropske-smernice-2002-91-es-o-energeticke-narocnosti-budov>. **ISSN: 1801- 4399.**
- [62] **KABELE, Karel. Změna evropské směrnice o energetické náročnosti budov (EPBD 3) | Energetická náročnost budov | TZB-info.** 2018 [online]. © 2001-2018 Topinfo s.r.o. [cit. 23.10.2018]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/17969-zmena-evropska-smernice-o-energeticke-narocnosti-budov-epbd-3>. **ISSN: 1801- 4399.**
- [63] **406/2000 Sb. Zákon o hospodaření energií.** Zákony pro lidi - Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění [online]. © [cit. 24.10.2018]. Dostupné z: <https://zakonyprolidi.cz/cs/2000-406/zneni-20180101>
- [64] **78/2013 Sb. Vyhláška o energetické náročnosti budov.** Zákony pro lidi - Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění [online]. © [cit. 24.10.2018]. Dostupné z: <https://zakonyprolidi.cz/cs/2013-78/zneni-20151201>
- [65] **230/2015 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov.** Zákony pro lidi - Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění [online]. © [cit. 24.10.2018]. Dostupné z: <https://zakonyprolidi.cz/cs/2015-230>
- [66] **Seznam energetických expertů | MPO Efekt.** [online]. © 2008 MPO [cit. 25.10.2018]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/cz/energeticke-expertizy/seznam-energetickech-expertu>
- [67] **ČEJKA, Michal, ANTONÍN, Jan. Budovy s téměř nulovou spotřebou energie – porovnání energetických standardů | TZB-info.** 2017 [online]. © 2001-2018 Topinfo s.r.o. [cit. 26.10.2018]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/15181-budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-porovnani-energetickech-standardu>. **ISSN: 1801- 4399.**
- [68] **BERANOVSKÝ, Jiří a odborná spolupráce. Ekonomické hodnocení energeticky úsporné výstavby.** Praha: EkoWATT s.r.o., 2014. **ISBN 978-80-87333-10-5.** Online dostupné z: [https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/4580\\_ekowatt\\_ekonomika\\_energeticke\\_uzporne\\_vystavby.pdf](https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/4580_ekowatt_ekonomika_energeticke_uzporne_vystavby.pdf)
- [69] **ČSN 73 0540-2: 2011 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky**
- [70] **Budovy s téměř nulovou spotřebou energie | Téměř nulové budovy | TZB-info.** [online]. © 2001-2018 Topinfo s.r.o. [cit. 26.10.2018]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie>. **ISSN: 1801- 4399.**

## Seznam tabulek

Tab. 2.1	Rozdělení energetických zdrojů.....	18
Tab. 2.2	Rozdělení fosilních paliv.....	21
Tab. 2.3	Rozdělení obnovitelných zdrojů.....	22
Tab. 2.4	Rozdělení solárních systémů podle způsobu využití sluneční energie.....	23
Tab. 2.5	Rozdělení biopaliv.....	25
Tab. 2.6	Porovnání výhod a nevýhod vybraných paliv.....	27
Tab. 2.7	Porovnání výhřevnosti a všeobecného emisního faktoru CO <sub>2</sub> vybraných paliv.....	28
Tab. 2.8	Struktura používaných paliv a energií v ČR.....	28
Tab. 3.1	Rozdělení plynových spotřebičů.....	30
Tab. 3.2	Porovnání výhod a nevýhod základních typů tepelných čerpadel.....	32
Tab. 4.1	Hodnoty faktoru primární energie pro hodnocenou budovu dle vyhlášky č. 78/2013 Sb., př. 3.....	39
Tab. 4.2	Klasifikační třídy energetické náročnosti budovy dle vyhlášky č. 78/2013 Sb., př. 2.....	39
Tab. 4.3	Parametry a hodnoty referenční budovy dle vyhlášky č. 78/2013 Sb., př. 1.....	41
Tab. 4.4	Data platnosti požadavku na nZEB dle zákona č.406/2000 Sb., §7.....	41
Tab. 5.1	Základní geometrické parametry RD.....	44
Tab. 5.2	Legenda místností k Obr. 5.4.....	45
Tab. 5.3	Návrhové hodnoty odporu při přestupu tepla dle ČSN 73 0540-3, př. J.....	47
Tab. 5.4	Vliv tepelných mostů v konstrukci dle ČSN 73 0540-4.....	47
Tab. 5.5	Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2.....	47
Tab. 5.6	Skladba konstrukce stěny (od interiéru).....	48
Tab. 5.7	Skladba konstrukce podlahy na terénu (od interiéru).....	48
Tab. 5.8	Skladba konstrukce stropu pod nevytápěnou půdou (od interiéru).....	49
Tab. 5.9	Doporučený minimální objem bojleru.....	50
Tab. 5.10	Technické údaje varianty 1.....	51
Tab. 5.11	Technické údaje varianty 2.....	52
Tab. 5.12	Technické údaje varianty 3.....	52
Tab. 5.13	Technické údaje varianty 4.....	53
Tab. 5.14	Technické údaje varianty 5.....	54
Tab. 5.15	Stanovení vah kritérií Metfesselovou alokací.....	57
Tab. 5.16	Stanovení vah kritérií párovým porovnáním v trojúhelníku párů.....	58

Tab. 5.17	Bodová stupnice s deskriptory pro vyjádření vzájemné důležitosti kritérií.....	58
Tab. 5.18	Stanovení vah kritérií Saatyho metodou – metoda geometrického průměru (g.p.).....	59
Tab. 5.19	Shrnutí výsledků použitých metod.....	60
Tab. 5.20	Energetické posouzení variant V1 – V5.....	61
Tab. 5.21	Ekonomické posouzení variant V1 – V5 (investiční náklady).....	62
Tab. 5.22	Distribuční sazby elektřiny pro jednotlivé varianty V1 – V5.....	64
Tab. 5.23	Ceny za elektřinu pro jednotlivé varianty V1 – V5.....	65
Tab. 5.24	Ceny ostatních paliv a energií pro vybrané varianty.....	66
Tab. 5.25	Ekonomické posouzení variant V1 – V5 (roční náklady na provoz, údržbu a obnovu).....	66
Tab. 5.26	Vývoj nákladů pro jednotlivé varianty V1 – V5 v horizontu 15 let.....	68
Tab. 5.27	Čistá současná hodnota (NPV) pro jednotlivé varianty V1 – V5 v horizontu 15 let.....	68
Tab. 5.28	Vlastnosti jednotlivých variant V1 – V5 (vstupní hodnoty).....	70
Tab. 5.29	Stanovení úhrnné užítlosti metodou bodovací s vahami.....	71
Tab. 5.30	Užitnost stanovená metodou indexových koeficientů.....	72
Tab. 5.31	Shrnutí výsledků použitých metod.....	73
Tab. 5.32	Efektivnost vybrané optimalizace projektu RD.....	75

## Seznam obrázků

Obr. 2.1	Národní energetický mix ČR 2017.....	17
Obr. 2.2	Primární zdroje energie v roce 2011.....	19
Obr. 3.1	Základní typy tepelných čerpadel.....	32
Obr. 4.1	Grafické znázornění PENB 2007 – 2013 dle vyhlášky č. 148/2007 Sb., př. 4.....	35
Obr. 4.2	Grafické znázornění PENB od roku 2013 dle vyhlášky č. 78/2013 Sb., př. 4.....	35
Obr. 4.3	Druhy energonositelů dle vyhlášky č. 78/2013 Sb., př. 4.....	38
Obr. 5.1	Situace širších vztahů.....	42
Obr. 5.2	Poloha RD vč. napojení na dopravní a technickou infrastrukturu.....	43
Obr. 5.3	Řez RD vč. naznačení hranice vytápěné zóny (červeně).....	44
Obr. 5.4	Půdorys RD vč. naznačení hranice vytápěné zóny (červeně).....	45
Obr. 5.5	Varianta 1.....	51
Obr. 5.6	Varianta 2.....	52
Obr. 5.7	Varianta 3.....	52
Obr. 5.8	Varianta 4.....	53
Obr. 5.9	Varianta 5.....	54



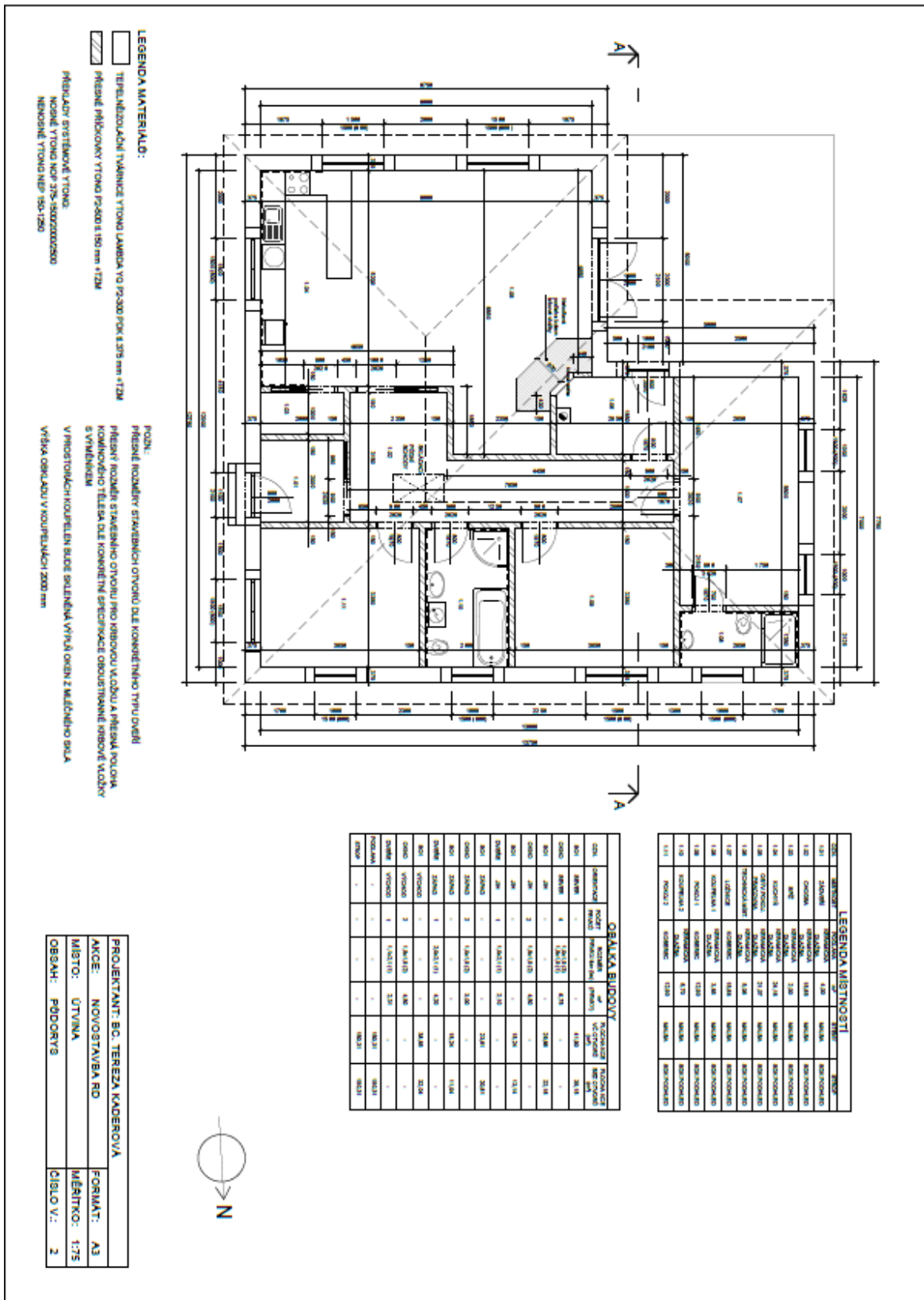
## Seznam grafů

Graf. 5.1	<i>Strom kritérií pro stanovení rozhodovacích kritérií.....</i>	55
Graf. 5.2	<i>Ekonomické posouzení variant V1 – V5 (investiční náklady).....</i>	64
Graf. 5.3	<i>Ekonomické posouzení variant V1 – V5 (roční provozní náklady).....</i>	67
Graf. 5.4	<i>Vývoj nákladů pro jednotlivé varianty V1 – V5 v horizontu 15 let.....</i>	69

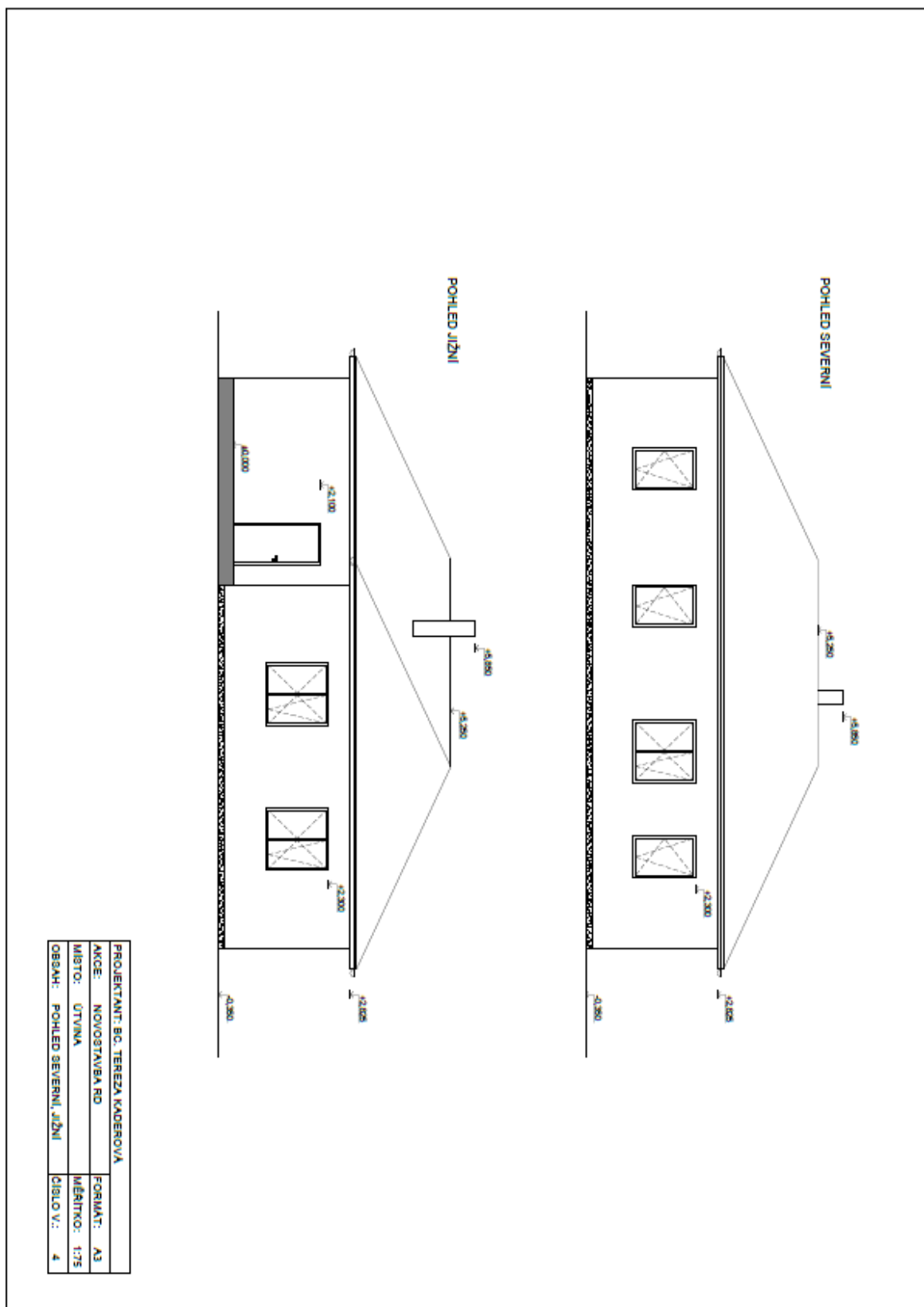
## Seznam příloh

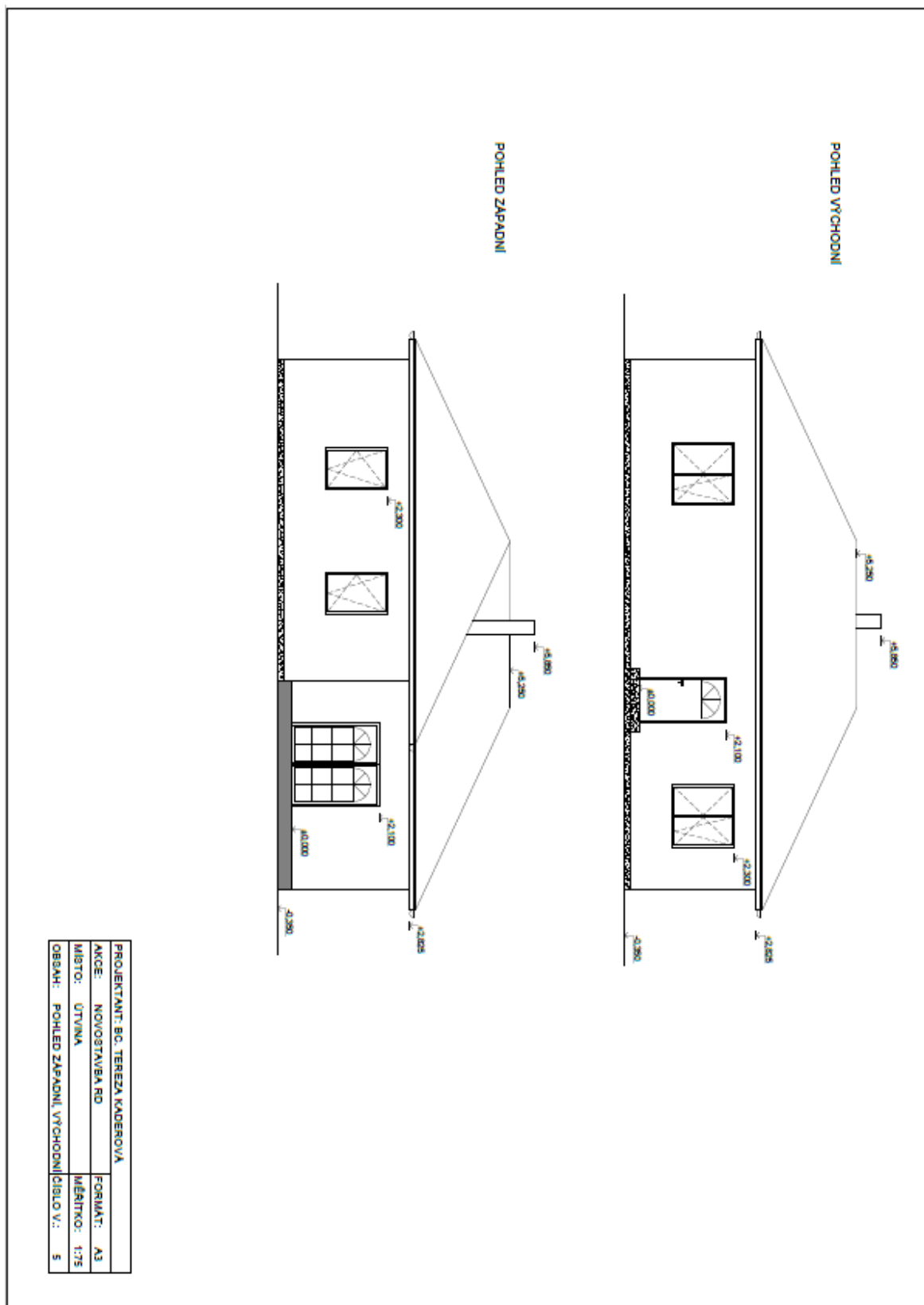
<i>Příloha č. 1</i>	<i>Výkresy řešeného rodinného domu.....</i>	<i>91</i>
<i>Příloha č. 2</i>	<i>Výstupy programu Tepelný výkon.....</i>	<i>96</i>
<i>Příloha č. 3</i>	<i>Dotazník investora.....</i>	<i>100</i>
<i>Příloha č. 4</i>	<i>Grafické průkazy variant.....</i>	<i>102</i>
<i>Příloha č. 5</i>	<i>Náklady topenářské firmy, kalkulace KROS optimalizace.....</i>	<i>114</i>











## Příloha č. 2: Výstupy programu Tepelný výkon

## Přehled konstrukcí

Stavba:	RD modelový - pro diplomovou práci		
Místo:	Útvina	Zadavatel:	
Zpracovatel:	<b>Bc. Tereza Kaderová (software Ing. Pavel Tlapa)</b>		
Zakázka:	TV modelový RD	Archiv:	
Projektant:	Bc. Tereza Kaderová	Datum:	5.11.2018
E-mail:		Telefon:	

<b>SO1</b>	V1	<b>Vnější stěna RD</b>
------------	----	------------------------

ČSN 73 0540-2:2011: **Stěna vnější (těžká)**

$$UN,20 = 0,30 \quad U_{rec,20} = 0,25 \quad U_{pas,20,h} = 0,18 \quad U_{pas,20,d} = 0,12 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

$$\theta_i = 20 \text{ }^\circ\text{C} \quad UN = 0,30 \quad U_{rec} = 0,25 \quad U_{pas,h} = 0,18 \quad U_{pas,d} = 0,12 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Korekční činitel  $\Delta U_{tbk} = 0,020 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ , Vypočítaná hodnota  $U = 0,232 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ 

Složení konstrukce

č.v.				d mm	$\lambda$ W/(m.K)	ZTM	$\lambda_{ekv}$ W/(m.K)	$R_v$ (m <sup>2</sup> .K)/W	U W/(m <sup>2</sup> .K)
R <sub>si</sub>		Odpor při přestupu						0,130	
1	420d-002	Ratio Slim (sádrová omítka)	Z vr.	4,00	0,600	0,00	0,600	0,007	
2	290a-013	Ytong Lambda YQ	Z vr.	375,00	0,083	0,00	0,083	4,518	
3	420e-009	Primo 1 (VPC omítka)	Z vr.	12,00	0,450	0,00	0,450	0,027	
4	430-003a	SilikonTop omítka	Z vr.	3,00	0,700	0,00	0,700	0,004	
R <sub>se</sub>		Odpor při přestupu						0,040	= (1/R <sub>T</sub> )+ $\Delta U_{tbk}$
		Odpor celkem R <sub>T</sub>						4,726	0,232

<b>PDL1</b>	V1	<b>Podlaha k zemině</b>
-------------	----	-------------------------

ČSN 73 0540-2:2011: **Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině**

$$UN,20 = 0,45 \quad U_{rec,20} = 0,30 \quad U_{pas,20,h} = 0,22 \quad U_{pas,20,d} = 0,15 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

$$\theta_i = 20 \text{ }^\circ\text{C} \quad UN = 0,45 \quad U_{rec} = 0,30 \quad U_{pas,h} = 0,22 \quad U_{pas,d} = 0,15 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Korekční činitel  $\Delta U_{tbk} = 0,020 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ , Vypočítaná hodnota  $U = 0,270 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ 

Složení konstrukce

č.v.				d mm	$\lambda$ W/(m.K)	ZTM	$\lambda_{ekv}$ W/(m.K)	$R_v$ (m <sup>2</sup> .K)/W	U W/(m <sup>2</sup> .K)
R <sub>si</sub>		Odpor při přestupu						0,170	
1	130-03	Keram. dlažba	Z vr.	10,00	1,010	0,00	1,010	0,010	
2	420I-005	DispoFix (disperzní lepidlo)	Z vr.	1,00	0,600	0,00	0,600	0,002	
3	420I-001	E 225 (potěr)	Z vr.	40,00	1,400	0,00	1,400	0,029	
4	116-03	Fólie z PE	Z vr.	0,50	0,350	0,00	0,350	0,001	
5	256-003	EPS 100 Z	Z vr.	140,00	0,037	0,00	0,037	3,784	
6	228b-023	ROOFTEK AL40 SPECIAL mineral	Z vr.	3,50	0,210	0,00	0,210	0,017	
7	228b-029	GLASTEK 40 SPECIAL mineral	Z vr.	4,00	0,210	0,00	0,210	0,019	
R <sub>se</sub>		Odpor při přestupu						0,000	= (1/R <sub>T</sub> )+ $\Delta U_{tbk}$
		Odpor celkem R <sub>T</sub>						3,995	0,270



<b>STR1</b>	V1	<b>Strop pod půdou</b>
-------------	----	------------------------

ČSN 73 0540-2:2011: **Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)**

$$UN,20 = 0,30 \quad U_{rec,20} = 0,20 \quad U_{pas,20,h} = 0,15 \quad U_{pas,20,d} = 0,10 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

$$\theta_i = 20 \text{ }^\circ\text{C} \quad UN = 0,30 \quad U_{rec} = 0,20 \quad U_{pas,h} = 0,15 \quad U_{pas,d} = 0,10 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Korekční číselník  $\Delta U_{tbk} = 0,020 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ , Vypočítaná hodnota  $U = 0,140 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

Složení konstrukce

č.v.				d mm	$\lambda$ W/(m.K)	ZTM	$\lambda_{ekv}$ W/(m.K)	$R_v$ (m <sup>2</sup> .K)/W	U W/(m <sup>2</sup> .K)
Rsi		Odpor při přestupu						0,100	
1	110-02	Sádrokarton	Z vr.	12,50	0,220	0,00	0,220	0,057	
2	545-06	Jutafol N 140 Standard	Z vr.	0,25		0,00		0,000	
3	633-067	Isover UNI	Z vr.	140,00	0,035	0,00	0,035	4,000	
4	633-067	Isover UNI	Z vr.	140,00	0,035	0,00	0,035	4,000	
Rse		Odpor při přestupu						0,100	=
		Odpor celkem RT						8,317	(1/RT)+ $\Delta U_{tbk}$ 0,140

### 1Výplně otvorů z vytápěného prostoru do venkovního prostředí

ČSN 73 0540-2:2011: **Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří**

$$UN,20 = 1,50 \quad U_{rec,20} = 1,20 \quad U_{pas,20,h} = 0,80 \quad U_{pas,20,d} = 0,60 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

$$\theta_i = 20 \text{ }^\circ\text{C} \quad UN = 1,50 \quad U_{rec} = 1,20 \quad U_{pas,h} = 0,80 \quad U_{pas,d} = 0,60 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

OK	Popis	Var	ZZ	U W/(m <sup>2</sup> .K)	X m	Y m	$i_{LV}$	g	FF %
OA1	Okno atypické plast 200/	V1	0	1,200	2,00	2,10	0,870	0,67	25,2
OJD1	Okno plast 150/150	V1	0	1,200	1,50	1,50	0,870	0,67	33,4
OJD2	Okno plast 100/150	V1	0	1,200	1,00	1,50	0,870	0,67	33,4

ČSN 73 0540-2:2011: **Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)**

$$UN,20 = 1,70 \quad U_{rec,20} = 1,20 \quad U_{pas,20,h} = 0,90 \quad U_{pas,20,d} = 0,00 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

$$\theta_i = 20 \text{ }^\circ\text{C} \quad UN = 1,70 \quad U_{rec} = 1,20 \quad U_{pas,h} = 0,90 \quad U_{pas,d} = 0,00 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

OK	Popis	Var	ZZ	U W/(m <sup>2</sup> .K)	X m	Y m	$i_{LV}$	g	FF %
DO1	Dveře venkovní plast 110	V1	0	1,200	1,10	2,10	1,600	0,67	28,4
DO2	Dveře venkovní plast 100	V1	0	1,200	1,00	2,10	0,870	0,67	30,2

**Místnosti a konstrukce**

Stavba: RD modelový - pro diplomovou práci

Místo: Útvina

Zadavatel:

Zpracovatel: **Bc. Tereza Kaderová (software Ing. Pavel Tlapa)**

Zakázka: TV modelový RD

Archiv:

Projektant: Bc. Tereza Kaderová

Datum: 5.11.2018

E-mail:

Telefon:

 $t_e = -17 \text{ } ^\circ\text{C}$     $t_{ib} = 20,0 \text{ } ^\circ\text{C}$     $n_{50} = 2,5$  systém rozměrů: E - vnější

Č M	UČ M	OK	SS	Var	x m	y m	$U_{eq, \Psi}$	b	PO	$\Delta t$ K	A m <sup>2</sup>	AO m <sup>2</sup>	AR m <sup>2</sup>	H W/K	Q W
1	1	SO1	V	V1	12,75	3,05	0,232	1,00	3	37	38,8	6,8	32,0	7,4	274,6
		OJD1	V	V1	1,50	1,50	1,200	1,00	2	37	4,5	4,5	4,5	5,4	199,8
		DO1	V	V1	1,10	2,10	1,200	1,00	1	37	2,3	2,3	2,3	2,8	102,6
		SO1	S	V1	13,75	3,05	0,232	1,00	4	37	41,9	6,8	35,1	8,1	301,2
		OJD2	S	V1	1,00	1,50	1,200	1,00	3	37	4,5	4,5	4,5	5,4	199,8
		OJD1	S	V1	1,50	1,50	1,200	1,00	1	37	2,3	2,3	2,3	2,7	99,9
		SO1	Z	V1	7,75	3,05	0,232	1,00	2	37	23,6	3,0	20,6	4,8	176,7
		OJD2	Z	V1	1,00	1,50	1,200	1,00	2	37	3,0	3,0	3,0	3,6	133,2
		SO1	J	V1	5,00	3,05	0,232	1,00	1	37	15,2	2,1	13,1	3,0	112,6
		DO2	J	V1	1,00	2,10	1,200	1,00	1	37	2,1	2,1	2,1	2,5	93,2
		SO1	Z	V1	5,00	3,05	0,232	1,00	1	37	15,2	4,2	11,0	2,6	94,6
		OA1	Z	V1	2,00	2,10	1,200	1,00	1	37	4,2	4,2	4,2	5,0	186,5
		SO1	J	V1	8,75	3,05	0,232	1,00	2	37	26,7	4,5	22,2	5,1	189,9
		OJD1	J	V1	1,50	1,50	1,200	1,00	2	37	4,5	4,5	4,5	5,4	199,8
		PDL1	H	V1	150,31	1,00	0,166	0,40	0	15	150,3	0,0	150,3	16,8	619,9
		STR1	H	V1	150,31	1,00	0,140	0,86	0	32	150,3	0,0	150,3	18,2	674,5
		$\Phi_{HLm} = 5719 \text{ W}$ $\Phi_{RHm} = 0 \text{ W}$													

**Rozdělení ztrát mezi konstrukce**

Stavba:	RD modelový - pro diplomovou práci		
Místo:	Útvina	Zadavatel:	
Zpracovatel:	<b>Bc. Tereza Kaderová (software Ing. Pavel Tlapa)</b>		
Zakázka:	TV modelový RD	Archiv:	
Projektant:	Bc. Tereza Kaderová	Datum:	5.11.2018
E-mail:	Telefon:		

Systém rozměrů: E - vnější

OK	popis	Z	Var	U, $\Psi$	kU	$i_{LV} \cdot 10^4$ $m^2 \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-0,67}$	A $m^2$	L(LV) $m$	H $W \cdot K^{-1}$	$\Phi_{(T)}$ $W$
SO1	Vnější stěna RD	Z	V1	0,232	1,00		134,1		31,07	1 149,4
PDL1	Podlaha k zemině	Z	V1	0,270	1,00		150,3		16,76	619,9
STR1	Strop pod půdou	Z	V1	0,140	1,00		150,3		18,23	674,5
DO1	Dveře venkovní plast 110/210	0	V1	1,200	1,00	1,600	2,3		2,77	102,6
DO2	Dveře venkovní plast 100/210	0	V1	1,200	1,00	0,870	2,1		2,52	93,2
OA1	Okno atypické plast 200/210	0	V1	1,200	1,00	0,870	4,2		5,04	186,5
OJD1	Okno plast 150/150	0	V1	1,200	1,00	0,870	11,3		13,50	499,5
OJD2	Okno plast 100/150	0	V1	1,200	1,00	0,870	7,5		9,00	333,0

ztráty prostupem  $\Phi_{(Tb)} = 3\,659\, W$ ztráty výměnou vzduchu  $\Phi_{(vb)} = 2\,060\, W$ součet  $\Phi_{(cb)} = 5\,719\, W$ podíl výměny vzduchu na celkových ztrátách  $\Phi_{(Tb)}/\Phi_{(cb)} = 0,36$ podíl ztrát prostupem na celkových ztrátách  $\Phi_{(vb)}/\Phi_{(cb)} = 0,64$

## Příloha č. 3: Dotazník investora

Pouze část vyplněná investorem; str. 1 seznámení investora s kritérii (viz. Kap. 5.4.1), str. 2 seznámení investora s použitými metodami (viz. Kap. 5.4.2).

Dotazník pro investora k diplomové práci na téma „Využití multikriteriální analýzy pro hodnocení systémů vytápění rodinného domu“ z roku 2018, autor: Bc. Tereza Kaderová

### DOTAZNÍK PRO INVESTORA

Akce: Novostavba RD v obci Útvina

Jméno: Markéta Cerhová

Vladimír Diviš

Podpisy:

.....  


(Podpisem také souhlasíte s uveřejněním Vašich jmen a použitím projektové dokumentace na výše uvedené akci v diplomové práci na téma „Využití multikriteriální analýzy pro hodnocení systémů vytápění rodinného domu“ z roku 2018, autor: Bc. Tereza Kaderová.)

Po seznámení se s rozhodovacími kritérii a principy použitých metod prosím vyplňte následující tabulky (pro jakékoliv nejasnosti či dotazy prosím volejte na tel. č. 728 381 518):

Tab. 1 Metfesselova alokace

Číslo kritéria	Název kritéria	Body
K1	Investiční náklady	20
K2	Provozní náklady	20
K3	Vliv na životní prostředí	5
K4	Komfort provozu	20
K5	Prostorové požadavky	10
K6	Skladovací prostory	2
K7	Hlučnost provozu	5
K8	Prašnost provozu	5
K9	Záruky	3
K10	Životnost	10
	<b>Celkem</b>	<b>100</b>

Dotazník pro investora k diplomové práci na téma „Využití multikriteriální analýzy pro hodnocení systémů vytápění rodinného domu“ z roku 2018, autor: Bc. Tereza Kaderová

Tab. 2 Párové porovnání

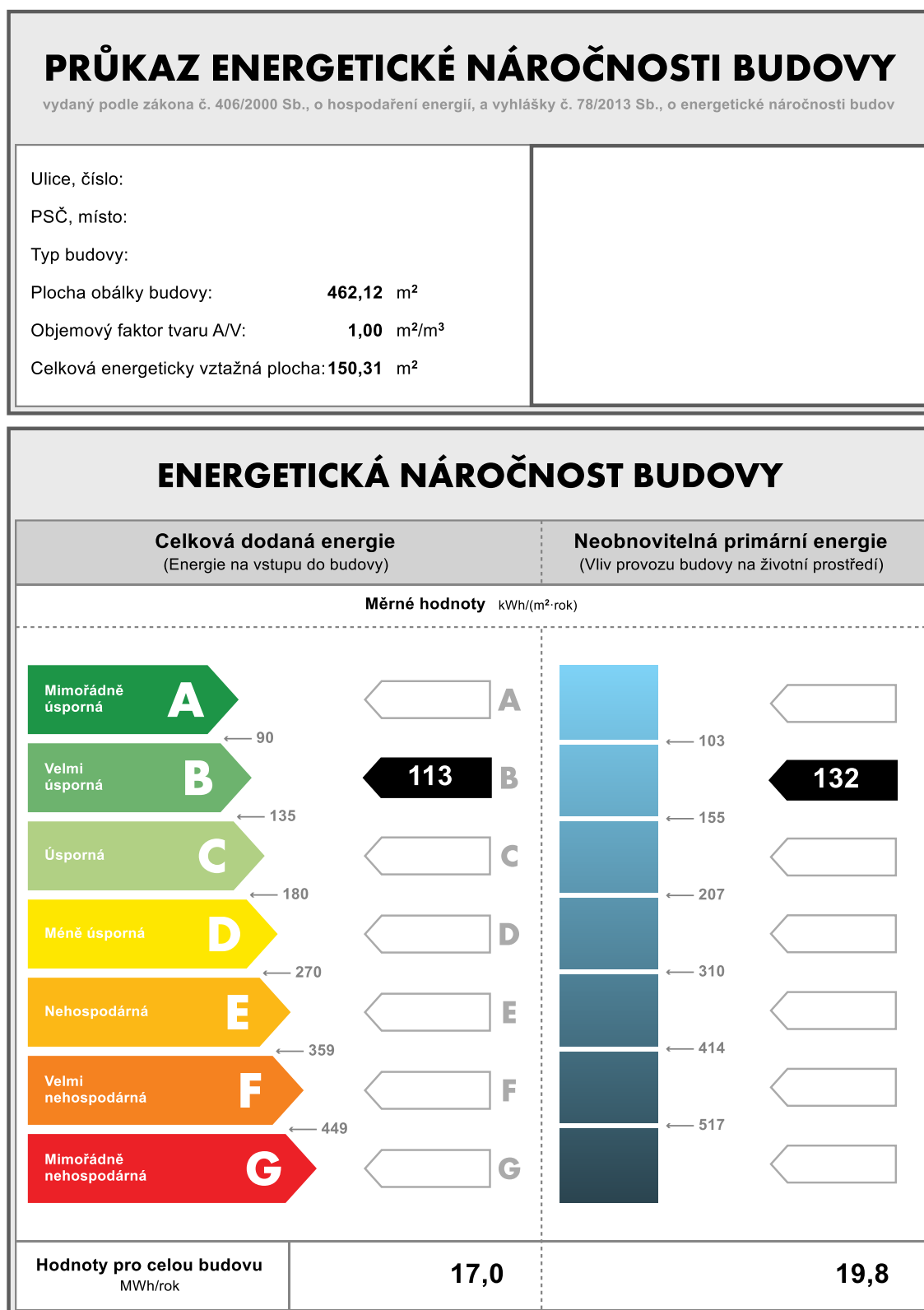
Kritéria	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	xxx	2	1	4	1	1	1	1	1	1
2	-	xxx	2	2	2	2	2	2	2	2
3	-	-	xxx	4	5	6	7	8	9	10
4	-	-	-	xxx	4	4	4	4	4	4
5	-	-	-	-	xxx	5	5	5	9	10
6	-	-	-	-	-	xxx	7	8	9	10
7	-	-	-	-	-	-	xxx	7	7	10
8	-	-	-	-	-	-	-	xxx	8	10
9	-	-	-	-	-	-	-	-	xxx	10
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	xxx

Tab. 3 Saatyho metoda

K	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	9	3	3	5	3	5	5	5
2	1	1	9	3	3	5	3	5	5	5
3	1/9	1/9	1	1/3	1/3	1/5	1/3	1/5	1/3	1/3
4	1/3	1/3	3	1	3	3	1	3	3	3
5	1/3	1/3	5	1/3	1	3	1/3	1/3	1/3	1/3
6	1/5	1/5	5	1/3	1/3	1	1/3	1/3	1/3	1/3
7	1/3	1/3	5	1	3	3	1	3	3	3
8	1/5	1/5	5	1/3	3	3	1/3	1	3	3
9	1/5	1/5	3	1/3	3	3	1/3	1/3	1	1
10	1/5	1/5	3	1/3	3	3	1/3	1/3	1	1

## Příloha č. 4: Grafické průkazy variant

Průkaz energetické náročnosti budovy (grafický průkaz) - varianta 1



### DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

Opatření pro	Stanovena	Popis opatření je v protokolu průkazu a vyhodnocení jejich dopadu na energetickou náročnost je znázorněno šipkou <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Doporučení</span>
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"/>	

### PODÍL ENERGOONOSITELŮ NA DODANÉ ENERGII

Hodnoty pro celou budovu  
MWh/rok

■ Zemní plyn - 16,5  
■ Elektřina ze sítě - 0,5

### UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	<b>U<sub>em</sub> W/(m<sup>2</sup>·K)</b>						
	<b>Dílčí dodané energie</b>						
	Měrné hodnoty kWh(m <sup>2</sup> ·rok)						
Mimořádně úsporná	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>A</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>B</b>	<input type="text"/>	<b>86</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<b>3</b>
<b>C</b>	<b>0,27</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<b>25</b>	<input type="text"/>
<b>D</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>E</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>F</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>G</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Mimořádně nevhodná	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>Hodnoty pro celou budovu</b> MWh/rok		<b>12,9</b>				<b>3,8</b>	<b>0,4</b>

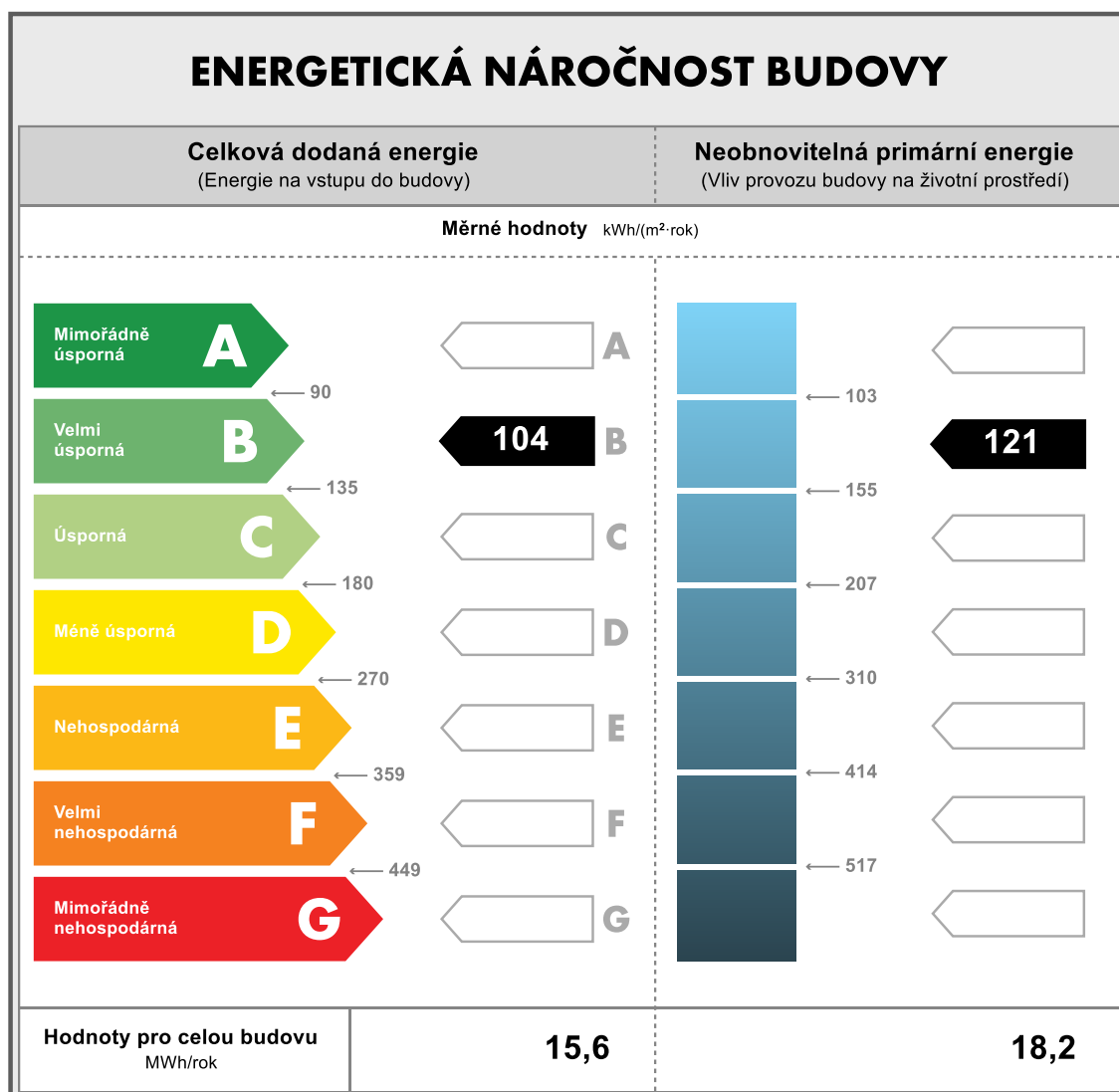
Zpracovatel:	Osvědčení č.:
Kontakt:	Vyhotoveno dne:
	Podpis:

Průkaz energetické náročnosti budovy (grafický průkaz) - varianta 1 (optimalizace projektu)

## PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov

Ulice, číslo: PSČ, místo: Typ budovy: Plocha obálky budovy: <b>462,12 m<sup>2</sup></b> Objemový faktor tvaru A/V: <b>1,00 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup></b> Celková energeticky vztažná plocha: <b>150,31 m<sup>2</sup></b>	
---	--

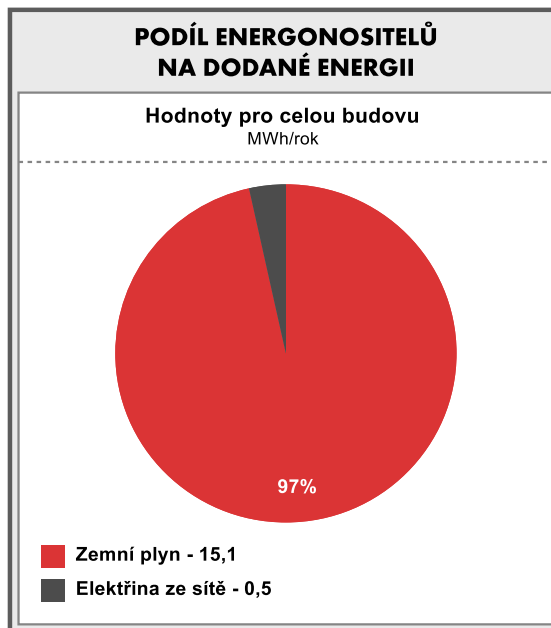




### DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

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"/>

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



### UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	$U_{em}$ W/(m <sup>2</sup> ·K)	Dílčí dodané energie					Měrné hodnoty kWh(m <sup>2</sup> ·rok)
Mimořádně úsporná							
	0,24	76				25	3
Mimořádně nešospodárná							
<b>Hodnoty pro celou budovu</b> MWh/rok		<b>11,5</b>				<b>3,8</b>	<b>0,4</b>

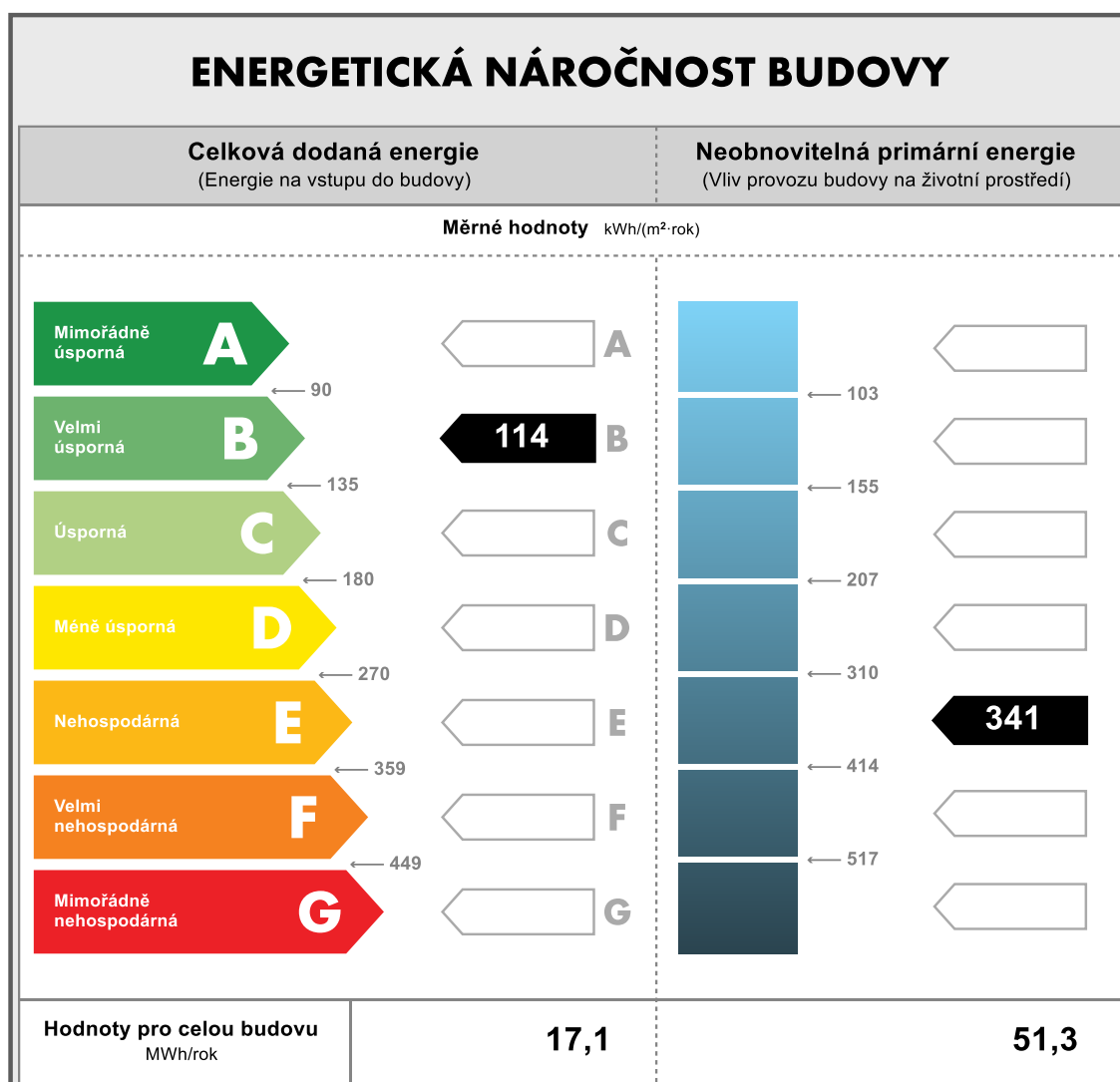
Zpracovatel:	Osvědčení č.:
Kontakt:	Vyhotoveno dne:
	Podpis:

Průkaz energetické náročnosti budovy (grafický průkaz) - varianta 2

## PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov

Ulice, číslo: PSČ, místo: Typ budovy: Plocha obálky budovy: <b>462,12</b> m <sup>2</sup> Objemový faktor tvaru A/V: <b>1,00</b> m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> Celková energeticky vztažná plocha: <b>150,31</b> m <sup>2</sup>	
--	--

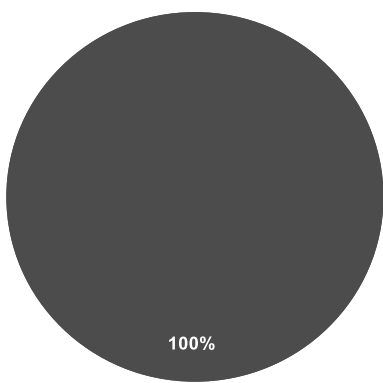


### DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

Opatření pro	Stanovena	Popis opatření je v protokolu průkazu a vyhodnocení jejich dopadu na energetickou náročnost je znázorněno šipkou <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Doporučení</span>
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"/>	

### PODÍL ENERGOONOSITELŮ NA DODANÉ ENERGII








Hodnoty pro celou budovu  
MWh/rok



100%

■ Elektrina ze sítě - 17,1

### UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	<b>Dílčí dodané energie</b>						
	Měrné hodnoty kWh(m <sup>2</sup> ·rok)						
	 $U_{em}$ W/(m <sup>2</sup> ·K)						
Mimořádně úsporná	A						
	B	85					3
	C	0,27				25	
	D						
	E						
	F						
Mimořádně nevhodná	G						
<b>Hodnoty pro celou budovu</b> MWh/rok		<b>12,8</b>				<b>3,8</b>	<b>0,4</b>

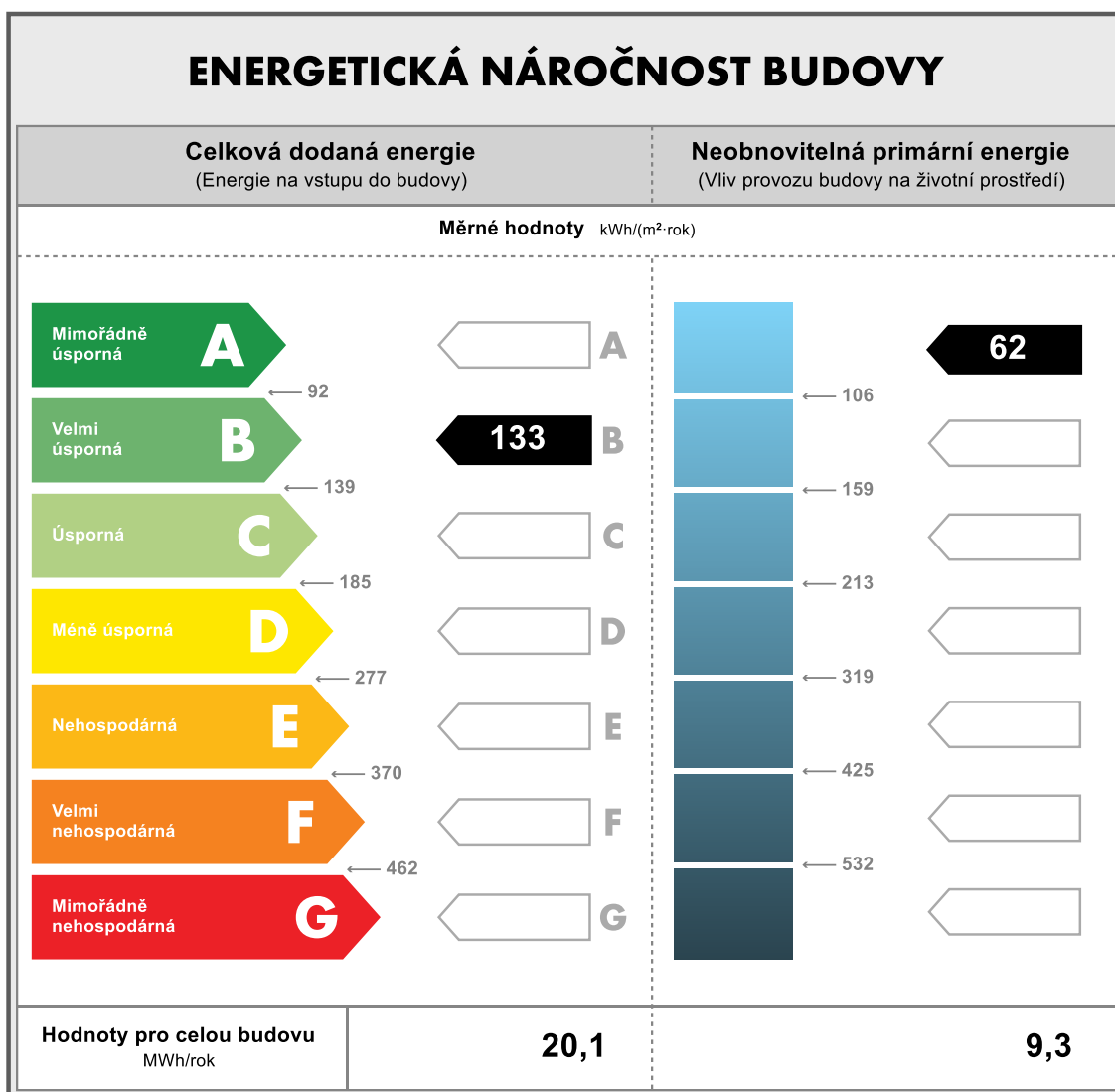
Zpracovatel:	Osvědčení č.:
Kontakt:	Vyhotoveno dne:
	Podpis:

Průkaz energetické náročnosti budovy (grafický průkaz) - varianta 3

## PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov

Ulice, číslo: PSČ, místo: Typ budovy: Plocha obálky budovy: <span style="float: right;"><b>462,12</b> m<sup>2</sup></span> Objemový faktor tvaru A/V: <span style="float: right;"><b>1,00</b> m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup></span> Celková energeticky vztažná plocha: <b>150,31</b> m <sup>2</sup>	
--	--



### DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

Opatření pro	Stanovena	Popis opatření je v protokolu průkazu a vyhodnocení jejich dopadu na energetickou náročnost je znázorněno šipkou <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Doporučení</span>
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"/>	

### PODÍL ENERGOONOSITELŮ NA DODANÉ ENERGII

Hodnoty pro celou budovu  
MWh/rok

- Kusové dřevo - 17,5
- Elektřina ze sítě - 2,5

### UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	$U_{em}$ W/(m <sup>2</sup> ·K)	Dílní dodané energie					
		Měrné hodnoty kWh(m <sup>2</sup> ·rok)					
Mimořádně úsporná							
	0,27	99				32	3
Mimořádně nevhodná							
<b>Hodnoty pro celou budovu</b> MWh/rok		<b>14,9</b>				<b>4,7</b>	<b>0,4</b>

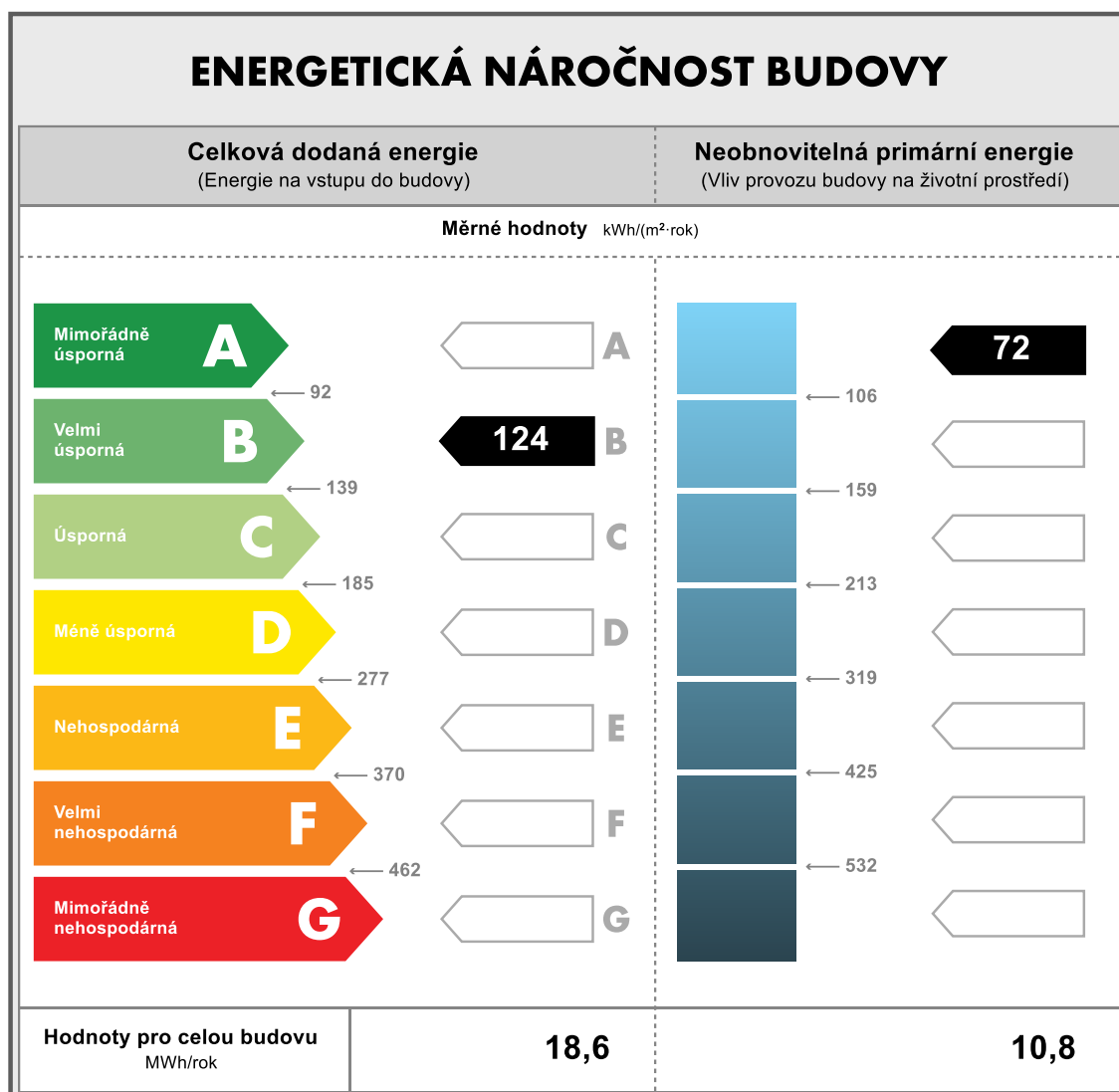
Zpracovatel:	Osvědčení č.:
Kontakt:	Vyhotoveno dne:
	Podpis:

Průkaz energetické náročnosti budovy (grafický průkaz) - varianta 4

## PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov

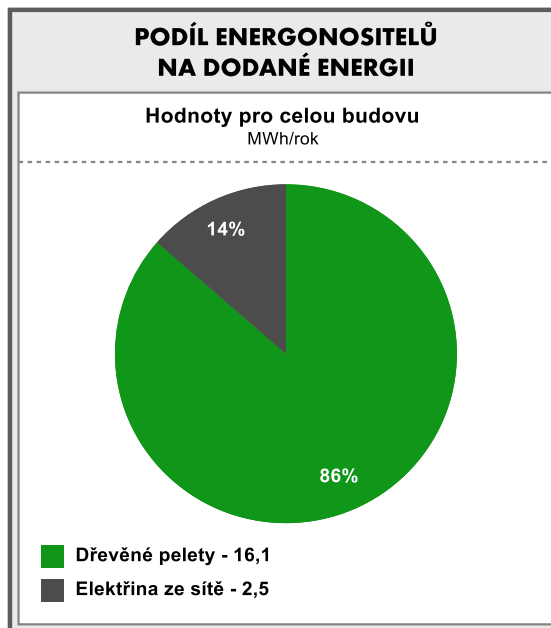
Ulice, číslo: PSČ, místo: Typ budovy: Plocha obálky budovy: <b>462,12 m<sup>2</sup></b> Objemový faktor tvaru A/V: <b>1,00 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup></b> Celková energeticky vztažná plocha: <b>150,31 m<sup>2</sup></b>	
---	--



### 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"/>

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



### UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	$U_{em}$ W/(m <sup>2</sup> ·K)	Dílčí dodané energie					Měrné hodnoty kWh(m <sup>2</sup> ·rok)
Mimořádně úsporná	<b>A</b>						
	<b>B</b>	90					3
	<b>C</b>	0,27				31	
	<b>D</b>						
	<b>E</b>						
	<b>F</b>						
Mimořádně neekonomická	<b>G</b>						
<b>Hodnoty pro celou budovu</b> MWh/rok		<b>13,6</b>				<b>4,6</b>	<b>0,4</b>

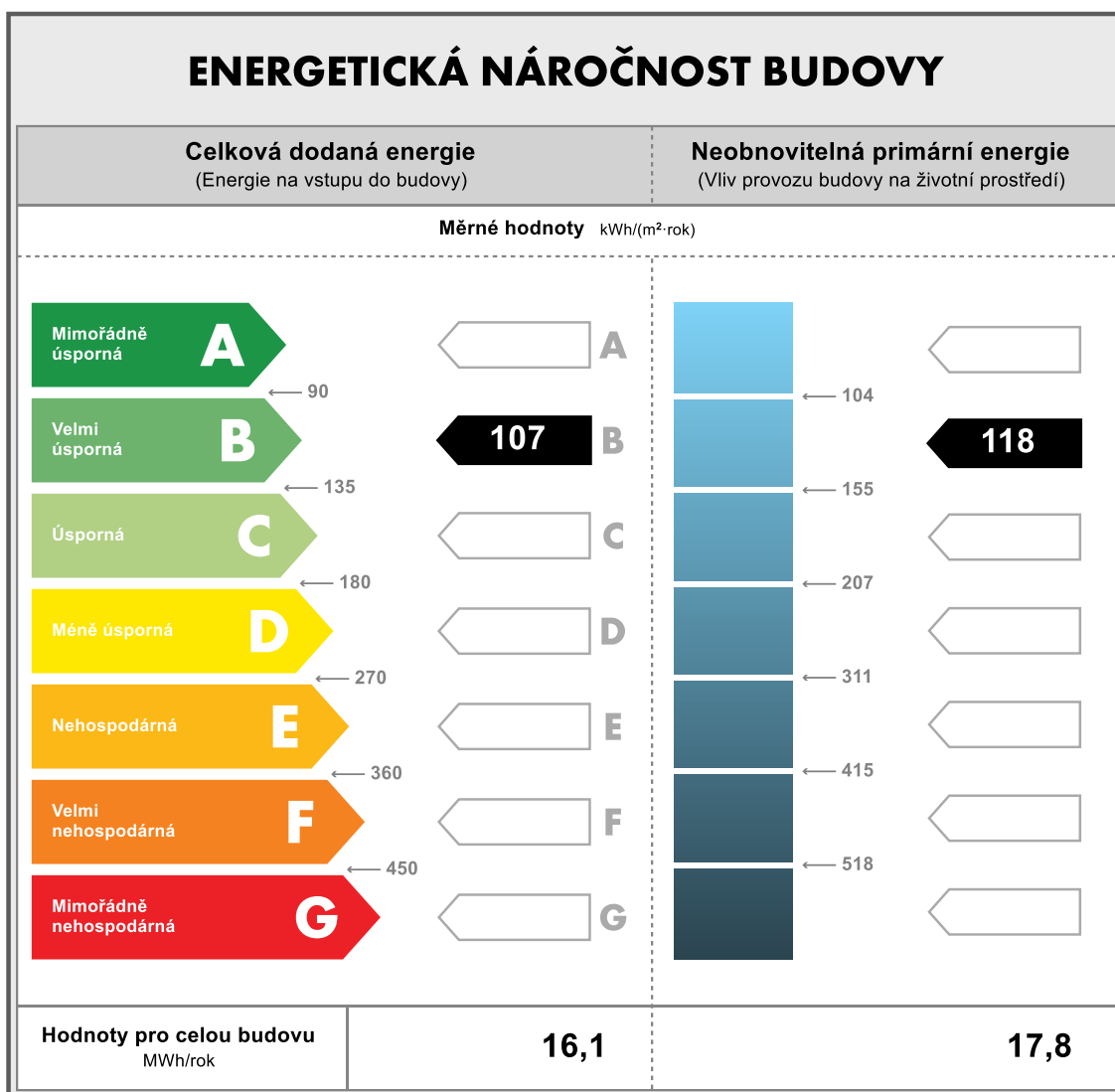
Zpracovatel:	Osvědčení č.:
Kontakt:	Vyhotoveno dne:
	Podpis:

Průkaz energetické náročnosti budovy (grafický průkaz) - varianta 5

## PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov

Ulice, číslo: PSČ, místo: Typ budovy: Plocha obálky budovy: <b>462,12 m<sup>2</sup></b> Objemový faktor tvaru A/V: <b>1,00 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup></b> Celková energeticky vztažná plocha: <b>150,31 m<sup>2</sup></b>	
---	--





### DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

Opatření pro	Stanovena	Popis opatření je v protokolu průkazu a vyhodnocení jejich dopadu na energetickou náročnost je znázorněno šipkou <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Doporučení</span>
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"/>	

### PODÍL ENERGONOSITELŮ NA DODANÉ ENERGII

Hodnoty pro celou budovu  
MWh/rok

- Energie okolí - 10,2
- Elektřina ze sítě - 5,9

### UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	<b>U<sub>em</sub> W/(m<sup>2</sup>·K)</b>	<b>Dílčí dodané energie</b>					
		Měrné hodnoty kWh(m <sup>2</sup> ·rok)					
Mimořádně úsporná	A						
	B	80					3
	C	0,27				24	
	D						
	E						
	F						
	G						
Mimořádně neekonomická							
<b>Hodnoty pro celou budovu</b> MWh/rok		<b>12,1</b>				<b>3,6</b>	<b>0,4</b>

Zpracovatel:	Osvědčení č.:
Kontakt:	Vyhotoveno dne:
	Podpis:

## Příloha č. 5: Náklady topenářské firmy, kalkulace KROS optimalizace

### Plynový kondenzační kotel Protherm Gepard Condens 12 MKO-A + Nepřímotopný zásobník Protherm FE 150 BM (sestava)

\*sestava – kotel, externí zásobník, NTC čidlo TV

\*\*součástí kotle je expanzní nádoba a oběhové čerpadlo

#### Kouřovod ven:

Trubka do zdi, koncovka plast	1 030,- Kč
Koleno 90°	585,- Kč

#### Dopojení kotle s bojlerem (sestava):

Cu potrubí, příslušenství	400,- Kč
Az potrubí flexira, příslušenství	2 400,- Kč
Kulový ventil, filtr, příslušenství	1 600,- Kč

#### Montážní práce:

Montáž sestavy + propojení	6 500,- Kč
----------------------------	------------

#### Kontroly, čištění, revize:

Spuštění a uvedení do provozu	1 500,- Kč
Kontrola, čištění kotle – každý rok	1 200,- Kč
Kontrola, čištění kouřovodu – každý rok	600,- Kč



### Elektrokotel Protherm RAY 12 K + Nepřímotopný zásobník Protherm FE 120 BM (sestava)

\*sestava – kotel, externí zásobník, hydraulická propojovací soustava (trojcestný ventil, NTC čidlo TV)

\*\*součástí kotle je expanzní nádoba a oběhové čerpadlo

#### Dopojení kotle s bojlerem (sestava):

Cu potrubí, příslušenství	400,- Kč
Az potrubí flexira, příslušenství	2 400,- Kč
Kulový ventil, filtr, příslušenství	1 600,- Kč

#### Montážní práce:

Montáž sestavy + propojení	6 500,- Kč
----------------------------	------------

#### Kontroly, čištění, revize:

Spuštění a uvedení do provozu	1 500,- Kč
Kontrola, čištění kotle – každý rok	1 200,- Kč



**Teplovodní zplyňovací kotel na dřevo Benekov D12 s příkladací komorou 70 l****Kombinovaný ohřívač Dražice OKC 160 + Akumulační nádrž PS 900 ES+, s izolací**Dopojení kotle s kombi bojlerem, akumulací a komínem:

Cu potrubí, čerpadlo, expanzní nádoba, příslušenství	13 700,- Kč
Kulový ventil, filtr, třicestný ventil, příslušenství	5 600,- Kč
Kouřovod do komína	1 860,- Kč

Montážní práce:

Montáž kotle, kombi bojleru a akumulace + propojení	11 500,- Kč
---	-------------

Kontroly, čištění, revize:

Spuštění a uvedení do provozu	2 200,- Kč
Kontrola, čištění kotle – každý rok	1 200,- Kč
(Kontrola, čištění komína – každý rok	1 200,- Kč)

**Automatický kotel na dřevěné pelety Benekov K14 se zásobníkem paliva 200 l****Kombinovaný ohřívač Dražice OKC 160**Dopojení kotle s kombi bojlerem a komínem:

Cu potrubí, čerpadlo, expanzní nádoba, příslušenství	11 200,- Kč
Kulový ventil, filtr, třicestný ventil, příslušenství	5 600,- Kč
Kouřovod do komína	1 860,- Kč

Montážní práce:

Montáž kotle a kombi bojleru + propojení	9 500,- Kč
--	------------

Kontroly, čištění, revize:

Spuštění a uvedení do provozu	2 200,- Kč
Kontrola, čištění kotle – každý rok	1 200,- Kč
(Kontrola, čištění komína – každý rok	1 200,- Kč)

**Tepelné čerpadlo vzduch/voda Regulus EcoAir 415**

**Akumulační nádrž HSK 390 P s nerezovým výměníkem TV a dělicím plechem, s izolací**  
(vhodná k tepelným čerpadlům)

*\*součástí dodávky je nízkoenergetické oběhové čerpadlo Wilo Yonos*

Dopojení čerpadla s nádrží:

Cu potrubí, příslušenství	6 800,- Kč
Kulový ventil, třicestný ventil, příslušenství	4 600,- Kč
Expanzní nádoba, magnetický filtr, příslušenství	9 300,- Kč

Další specifické příslušenství k čerpadlu:

Těleso průtokového ohřevu	4 730,- Kč
Regulátor IR 10 CTC	15 300,- Kč

*(regulátor tepelného čerpadla CTC – řízení optimálního chodu TČ)*

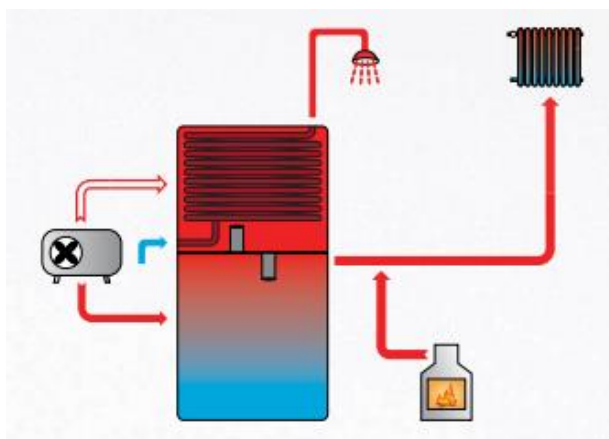
Montážní práce:

Montáž čerpadla a nádrže + propojení	12 300,- Kč
--------------------------------------	-------------

Kontroly, čištění, revize:

Spuštění a uvedení do provozu	3 500,- Kč
-------------------------------	------------

Servis dle požadavků investora, pokud čerpadlo neuvede chybu, není nutný servis.



*Ceny jsou uvedeny bez DPH.*

*Obrázky a popisy jsou pouze orientační.*

## KRYCÍ LIST ROZPOČTU

Stavba: Optimalizace RD

**Objekt: 01 - Zateplení fasády (s variantou V1)**

JKSO:

CC-CZ:

Místo:

Datum: 10.12.2018

Objednatel:

IČ:

DIČ:

Zhotovitel:

IČ:

DIČ:

Projektant:

IČ:

DIČ:

Zpracovatel:

IČ:

DIČ:

Poznámka:

Náklady z rozpočtu				138 480,91
Ostatní náklady				0,00
<b>Cena bez DPH</b>				<b>138 480,91</b>
DPH základní	21,00%	ze	138 480,91	29 080,99
snížená	15,00%	ze	0,00	0,00

**Cena s DPH v CZK 167 561,90**

**Projektant**

Datum a podpis: Razítko

**Zpracovatel**

Datum a podpis: Razítko

**Objednavatel**

Datum a podpis: Razítko

**Zhotovitel**

Datum a podpis: Razítko

## REKAPITULACE ROZPOČTU

Stavba: Optimalizace RD

Objekt: 01 - Zateplení fasády (s variantou V1)

Místo: Datum: 10.12.2018

Objednatel: Projektant:  
Zhotovitel: Zpracovatel:

Kód - Popis	Cena celkem [CZK]
<b>1) Náklady z rozpočtu</b>	<b>138 480,91</b>
HSV - Práce a dodávky HSV	138 480,91
6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	136 301,46
9 - Ostatní konstrukce a práce, bourání	1 810,83
998 - Přesun hmot	368,62
PSV - Práce a dodávky PSV	0,00
764 - Konstrukce klempířské	0,00
<b>2) Ostatní náklady</b>	<b>0,00</b>
<b>Celkové náklady za stavbu 1) + 2)</b>	<b>138 480,91</b>

## ROZPOČET

Stavba: Optimalizace RD

Objekt: 01 - Zateplení fasády (s variantou V1)

Místo: Datum: 10.12.2018

Objednatel: Projektant:  
Zhotovitel: Zpracovatel:

PČ	Typ	Kód	Popis	MJ	Množství	J.cena [CZK]	Cena celkem [CZK]
<b>Náklady z rozpočtu</b>							<b>138 480,91</b>
HSV - Práce a dodávky HSV							138 480,91
6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní							136 301,46
1	K	622211021	Montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z polystyrénových desek tl do 120 mm $((12,75+13,75)*2*3,047)-(6,81+10,8+3+6,75)$	m <sup>2</sup>	134,131	501,00	67 199,63
2	M	283759800	deska fasádní polystyrénová EPS 100 F 1000 x 500 x 120 mm	m <sup>2</sup>	136,814	309,00	42 275,41
3	K	622212001	Montáž kontaktního zateplení vnějšího ostění hl špalety do 200 mm z polystyrenu tl do 40 mm $4,5*2+5,3+4,5*2+6,2+5,2+4*2+4*3+4,5$	m	59,200	140,00	8 288,00
4	M	283759430	deska fasádní polystyrénová EPS 100 F 1000 x 500 x 30 mm	m <sup>2</sup>	9,843	77,20	759,85

5	K	622252001	Montáž základacích soklových lišt kontaktního zateplení <i>(12,75+13,75)*2</i>	m	53,000	89,20	4 727,60
6	M	590516490	lišta soklová Al s okapničkou, základací U 12 cm, 0,95/200 cm	m	55,650	110,00	6 121,50
7	K	622252002	Montáž ostatních lišt kontaktního zateplení <i>5*3,047+59,2+1*5+1,5*5</i>	m	86,935	51,50	4 477,15
8	M	590514700	lišta rohová Al 22 / 22 mm perforovaná <i>5*3,047</i>	m	15,997	7,06	112,94
9	M	590514750	profil okenní zateplovací s tkaninou - Thermospoj 6 mm/2,4 m <i>59,2</i>	m	62,160	29,40	1 827,50
10	M	590515120	profil parapetní - Thermospoj LPE plast 2 m <i>1*5+1,5*5</i>	m	13,125	39,00	511,88
11	K	622531031	Tenkovrstvá silikonová zrnitá omítka tl. 3,0 mm včetně penetrace vnějších stěn <i>Položka součástí původního projektu.</i>	m <sup>2</sup>	0,000	360,00	0,00
12	K	629991011	Zakrytí výplní otvorů a svislých ploch fólií přilepenou lepicí páskou <i>Položka součástí původního projektu.</i>	m <sup>2</sup>	0,000	30,70	0,00

## 9 - Ostatní konstrukce a práce, bourání

1 810,83

13	K	941211111	Montáž lešení řadového rámového lehkého zatížení do 200 kg/m <sup>2</sup> š do 0,9 m v do 10 m <i>Položka součástí původního projektu.</i>	m <sup>2</sup>	0,000	37,30	0,00
14	K	941211211	Příplatek k lešení řadovému rámovému lehkému š 0,9 m v do 25 m za první a ZKD den použití <i>((12,75+0,9*2+8,75+5+0,9+5+7,75+13,75+0,9)*3,047)*6</i>	m <sup>2</sup>	1 034,761	1,75	1 810,83
15	K	941211811	Demontáž lešení řadového rámového lehkého zatížení do 200 kg/m <sup>2</sup> š do 0,9 m v do 10 m <i>Položka součástí původního projektu.</i>	m <sup>2</sup>	0,000	22,60	0,00

## 998 - Přesun hmot

368,62

16	K	998011001	Přesun hmot pro budovy zděné v do 6 m	t	1,653	223,00	368,62
----	---	-----------	---------------------------------------	---	-------	--------	--------

## PSV - Práce a dodávky PSV

0,00

## 764 - Konstrukce klempířské

0,00

17	K	764216604	Oplechování rovných parapetů mechanicky kotvené z Pz s povrchovou úpravou rš 330 mm <i>Položka součástí původního projektu.</i>	m	0,000	390,00	0,00
18	K	764216665	Příplatek za zvýšenou pracnost oplechování rohů rovných parapetů z PZ s povrchovou úpravou rš do 400 mm <i>Položka součástí původního projektu.</i>	kus	0,000	65,40	0,00
19	K	998764101	Přesun hmot tonážní pro konstrukce klempířské v objektech v do 6 m	t	0,000	1 530,00	0,00