

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra ekonomiky (PEF)



Diplomová práce

**Alternativní energetická koncepce domu v podobě
investičního záměru**

Bc. Tereza Zelenková

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Tereza Zelenková

Hospodářská politika a správa

Podnikání a administrativa

Název práce

Alternativní energetická koncepce domu v podobě investičního záměru

Název anglicky

Alternative energy house concept in the form of investment project

Cíle práce

Cílem práce je vytvořit vlastní koncepci alternativních energetických zdrojů pro vybraný objekt rodinného domu.

Dílčí cíle:

- Technická specifikace budovy
- Návrhy variant energetických koncepcí
- Kvantifikace investičních a provozních nákladů
- Vzájemná komparace koncepcí
- Výběr optimální varianty

Metodika

Formou syntézy dostupných odborných zdrojů bude vymezena vědomostní báze pro přehled základních pojmů řešené problematiky. Praktická část bude vycházet z technicko-technologických podkladů objektu, přičemž bude provedena koncepce energetické strategie s variantním řešením alternativních zdrojů.

Dílčí metody:

- Metody technického zabezpečení budov
- Kalkulace nákladů
- Metody hodnocení investic
- Vícekriteriální optimalizace

Doporučený rozsah práce

70 stran

Klíčová slova

Pasivní dům, energetické koncepce, investiční záměr, vytápění, tepelná ztráta, alternativní zdroje

Doporučené zdroje informací

- DUFKA, J. Hospodárné vytápění domů a bytů, 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 2007. 112 s. ISBN 80-247-2019-7
- HUĐCOVÁ, Lenka. Energetická náročnost budov: základní pojmy a platná legislativa. Praha: EkoWATT, 2009. ISBN 978-80-87333-03-7
- ŠUBRT, Roman. Tepelné mosty: pro nízkoenergetické a pasivní domy, 1. vydání, Grada Publishing, a.s., Praha, 2011 224 s. ISBN 978-80-247-4059-1
- TYWONIAK, J. a kolektiv: Nízkoenergetické domy 2, principy a příklady, 1. vydání, Praha: Grada Publishing, 2008, 173 s. ISBN 978-80-247-2061-6
- TYWONIAK, J. a kolektiv: Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další, 1. vydání, Praha: Grada Publishing, a.s., 2012, 204 s. ISBN: 978-80-247-3832-1

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – PEF

Vedoucí práce

doc. Ing. Michal Malý, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekonomiky

Elektronicky schváleno dne 15. 2. 2022

prof. Ing. Miroslav Svatoš, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 1. 3. 2022

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 29. 11. 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Alternativní energetická koncepce domu v podobě investičního záměru" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 30.11.2022

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Michalovi Malému, Ph.D. za jeho ochotu, cenné rady a trpělivost při vedení tvorby diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala všem, jenž mi poskytli cenné zkušenosti a rady. Nakonec bych chtěla poděkovat své rodině za stálou podporu při studiu.

Alternativní energetická koncepce domu v podobě investičního záměru

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá tématem alternativní energetické koncepce domu v podobě investičního záměru. Cílem práce je navrhnout energetickou koncepci vytápění tak, aby byla optimální a proveditelná. Práce bude zpracována ve třech hlavních částí, a to do části metodické, teoretické a praktické. První metodická část se zaměřuje na pochopení metod aplikovaných k dosažení hlavního cíle, je rozdělena na metody technické, ekonomické a investiční. Část teoretická pokrývá vysvětlení pojmů týkajících se oblasti energetiky včetně legislativy ovlivňující toto odvětví. Dále se zabývá klasifikačním rozdělením domů dle jejich energetické náročnosti a technickým podmínkám pro jejich dosažení. Zmíněny jsou jednotlivé zdroje energie využitelné v oblasti České republiky a konkrétní typy zařízení pro vytápění domů. Taktéž pokrývá možnosti státní podpory při řešení energetických koncepcí domácností. V praktické části je proveden návrh tří energetických koncepcí s různým zdrojem vytápění tak, aby byly koncepce proveditelné. Tyto koncepce jsou popsány a ekonomicky a investičně zhodnoceny. V závěru praktické části je provedeno vícekritériální rozhodování a na základě zvolených kritérií je vybrána optimální varianta vytápění.

Klíčová slova: Pasivní dům, energetické koncepce, investiční záměr, vytápění, tepelná ztráta, alternativní zdroje

Alternative energy concept of the house in the form of an investment plan

Abstract

This diploma thesis deals with the topic of alternative energy concept of the house in the form of an investment plan. The aim of the work is to design an energy concept for heating in such a way that it is optimal and feasible. The work will be processed in three main parts, namely methodological, theoretical and practical. The first methodological part focuses on understanding the methods applied to achieve the main goal, it is divided into technical, economic and investment methods. The theoretical part covers the explanation of terms related to the field of energy, including the legislation affecting this sector. It also deals with the classification of houses according to their energy efficiency and the technical conditions for their achievement. Individual energy sources usable in the Czech Republic and specific types of home heating equipment are mentioned. It also covers the possibilities of state support in solving household energy concepts. In the practical part, the design of three energy concepts with different heating sources is carried out so that the concepts are feasible. These concepts are described and economically and investment evaluated. At the end of the practical part, a multi-criteria decision is made, and the optimal heating variant is selected based on the selected criteria.

Keywords: Passive house, energy concept, investment plan, heating, heat loss, alternative sources

Obsah

1 Úvod	11
2 Cíl práce.....	13
3 Metodika	14
3.1 Potřeba energie na vytápění	14
3.2 Celkové tepelné zisky	20
3.3 Průměrný součinitel prostupu tepla	24
3.4 Kalkulace nákladů.....	24
3.4.1 Metoda průměrných ročních nákladů:.....	25
3.5 Metody hodnocení investic	25
3.5.1 Čistá současná hodnota (Net Present Value – NVP).....	26
3.5.2 Průměrná a diskontovaná doba návratnosti	26
3.6 Vícekriteriální optimalizace – Saatyho metoda	27
4 Teoretická východiska	32
4.1 Energetické koncepce	32
4.2 Energetická náročnost budovy.....	32
4.2.1 Energetický štítek obálky budovy	34
4.2.2 Energeticky efektivní dům.....	34
4.3 Energetická bilance domu.....	37
4.3.1 Tepelné mosty.....	38
4.4 Zdroje energie	39
4.4.1 Obnovitelné zdroje energie.....	39
4.4.2 Solární energie	39
4.4.3 Hydroenergetika	41
4.5 Zdroje tepla	42
4.5.1 Kotle na pevná paliva	42
4.5.2 Kotle a kamna na pelety	43

4.5.3	Kotle na plynová paliva	43
4.5.4	Teplená čerpadla	44
4.5.5	Elektrické kotle	45
4.5.6	Sálavé panely	46
4.6	Dotační podpora	46
4.6.1	Evropa	46
4.6.2	V ČR	47
5.1	Popis objektu	49
5.2	Varianty technických systémů vytápění	53
5.2.1	Otopná soustava	54
5.2.2	Období krize podzim 2022.....	55
5.2.3	Varianta A: Elektrokotel	57
5.2.4	Varianta B: Plynový kotel.....	60
5.2.5	Varianta C: Tepelné čerpadlo	63
5.3	Průměrné roční náklady.....	65
5.4	Čistá současná hodnota	67
5.4.1	ČSH varianta A – elektrokotel	68
5.4.2	ČSH varianta B – plynový kotel	69
5.4.3	ČSH varianta C – tepelné čerpadlo	71
5.4.4	ČSH – porovnání variant.....	74
5.5	Návratnost	75
5.6	Vícekritériální analýza	80
	Závěr	84
	Seznam použitých zdrojů	87
	Seznam obrázků	92
	Seznam tabulek	92

1 Úvod

Energie je velmi často používané slovo 21. století. Jak ji získat a efektivně využívat, toto je téma mnohých vědecko-politických debat vedených na globální úrovni. Během pouze dvou století se lidstvo posunulo na zcela novou technologickou a životní úroveň. Od vynálezu žárovky po přistání na měsíci k samořídícím vozidlům. Dokážeme rozbít atom, vyměnit orgány a hledět na hvězdy vzdálené stovky tisíc světelných let. Ale vše má svou cenu. Ačkoliv se mnohým může zdát, že nás nečekají žádné následky, náš pokrok je úročen na životním prostředí a budoucí generace budou splácet dluhy. Ať již chceme nebo ne, lidstvo je neoddelitelnou součástí životního prostředí a jako takové na něj má nepopiratelný vliv. Proto máme jistou zodpovědnost udržet naši planetu ve stavu vhodném pro život i pro další generace.

Doposud se jako hlavní zdroj energie využívalo spalování fosilních paliv. Uhlí, ropa, zemní plyn. Nehledě na emise skleníkových plynů, poškozující životní prostředí, tyto zdroje nejsou nekonečné. S jejich nadužíváním se rapidně blížíme k okamžiku, kdy dojdou, což by mělo pro lidskou civilizaci katastrofální následky. V západních zemích je již viditelné uvědomění této hrozby a dochází tak ke komponování do zákonů snahu o udržitelný rozvoj. Ve světle událostí posledních let, kdy byl svět zasažen celosvětovou pandemií Coronaviru a při snaze zastavení jeho šíření došlo k útlumu ekonomiky, se nyní státy pokouší o její oživení. Jedním z oblastí, které chtějí podpořit, bude oblast zelené energie. Evropská unie plánuje do roku 2030 zvýšit podíl obnovitelných zdrojů energie na 40 procent. V letech 2021-2027 očekává rozpočet 42,3 bilionů eur, z něž celých 60 % bude vyčleněno na splnění klimatických cílů Pařížské dohody.

Bohužel se stále ještě svět potýká s následky uzavření ekonomiky na začátku pandemie a mnoho dalších krizích. Dochází k největšímu růstu inflace v jednotlivých odvětvích za posledních deset let, neboť teprve nyní dochází k postupnému reagování cen na události minulého roku. Ceny v samotném stavebnictví v létě 2021 vzrostly o 9,5 procent a nezdá se, že by mělo dojít ke zpomalení. Dochází ke zdražování cen energií a obrát ve vývoji se v nejbližší době neočekává. Situace na trhu s plynem vyvolaná válečným konfliktem mezi Ruskem a Ukrajinou taktéž nese následky. Je tak nanejvýš důležité, aby docházelo k efektivnímu využívání energie u koncového uživatele a pečlivému plánování všech stavebních prací v domácnostech. Pro obyčejného občana je pak mnohdy obtížné zorientovat se ve složitých vyhláškách a směrnicích, které se toho snaží docílit, neboť energetická spotřeba budov činí téměř třetinu spotřeby primárních zdrojů energie. Tím pádem je spojena již s výše zmíněnými skleníkovými plyny a dopadem na životní prostředí. Takzvané pasivní domy jsou tedy velmi žádané ze společenského hlediska,

nicméně pojí se s nimi řada překážek, například náklady na energeticky efektivní vytápění a náklady na údržbu versus pravidla a zákony.

Téma diplomové práce je tedy vzhledem k současné situaci velmi aktuální a autorka doufá v jeho praktické využití při aplikaci na reálnou stavbu. V budoucnu pak doufá v možnost aplikace při rekonstrukci či výběru vhodné varianty vytápění při výstavbě nového domu a to takové, která přinese koncovému spotřebiteli největší užitek. Zároveň při zpracování investičního záměru využívá a prakticky aplikuje vědomosti získané při studiu oboru podnikání a administrativy, hlavně z oblasti investičního rozhodování.

2 Cíl práce

Cílem práce je vytvořit vlastní koncepci alternativních energetických zdrojů domu v podobě investičního záměru. Pro vybraný objekt rodinného domu tedy bude vytvořena proveditelná a optimální energetická koncepce vytápění.

Hlavní cíl bude dosažen pomocí dílčích cílů:

1. Technická specifikace budovy
2. Návrh variant energetických koncepcí
3. Kvantifikace investičních a provozních nákladů
4. Vzájemná komparace koncepcí
5. Výběr optimální varianty

Aby bylo možné vykalkulovat náklady na jednotlivé zdroje vytápění, použitých v jednotlivých koncepcích, je nutné vytvořit technickou specifikaci budovy, neboť výpočty budou provedeny pro konkrétní stavbu rodinného domu. Na základě výsledků technické specifikace budou vytvořeny návrhy jednotlivých variant energetických koncepcí. Pro každou energetickou koncepci budou kalkulovány investiční náklady a provozní náklady. Ze zjištěných hodnot budou provedeny výpočty čisté současné hodnoty a průměrných ročních nákladů. Následně se stanoví konkrétní kritéria pro porovnání jednotlivých koncepcí, které budou využity ve vícekritériální analýze. Na základě této analýzy pak bude stanovena optimální varianta alternativní energetické koncepce pro zvolený objekt rodinného domu.

3 Metodika

Tato práce bude rozdělena do dvou částí. První část teoretická přinese náhled do rozsáhlého teoretického podkladu. Formou syntézy dat zde bude stručně popsána legislativní úprava daného tématu, nejen z pohledu českých ale i Evropských směrnic. Dále zde budou popsány pojmy vztahující se k problematice vytápění a energetické náročnosti.

Druhá část bude zaměřena na praktické zpracování. Pro to, aby se návrhy investičních záměrů přibližoval co nejvíce skutečnosti, je nutné podrobné zpracování technicko-technologických podkladů k samotnému objektu. V práci budou použity metody pro výpočet součinitele postupu tepla a pro výpočet energie pro vytápění a chlazení vnitřních prostorů dle normy ČSN EN ISO 52 016-1. Pro absolutní správnost výpočtu bude využit software pro výpočet energetické náročnosti budovy Energetika. Z výstupu z tohoto programu bude nadále čerpat další kapitola praktické části zaměřující se na vytvoření samotných energetických variant. K nim bude pomocí metody výpočtu průměrných ročních nákladů, diskontovaných nákladů a dalších metod hodnotící investiční stránku vyčísleny finanční kritéria pro rozhodovací proces. Pro samotné porovnání variant bude využito vícekritériální analýzy, a to Saatyho metody. V závěru práce pak bude vyhodnocena optimální varianta.

3.1 Potřeba energie na vytápění

Dle normy ČSN EN ISO 52 016-1 využít k výpočtu potřeby energie na vytápění dvě metody – metodu s měsíčním intervalem a metodu s hodinovým intervalem. Obě tyto metody je možné využít v praxi, jak stanovuje vyhláška 264/2020 Sb., je však nutné dbát na §4 odst. 1, který vstupuje v platnost 1. ledna 2023 a stanovuje, že pro budovy s chlazením, úpravou vlhkosti nebo výrobou elektrické energie musí být využita metoda s hodinovým intervalem. Pro potřeby této práce bude využito metody s měsíčním intervalem. V této metodě, jak její název napovídá, se využívá coby výpočtový interval jeden měsíc. Při využití této metody je nutné dbát na skutečnost, že nelze přesně zakomponovat dynamické vlivy akumulace tepla či chladu konstrukce domu. Pro tyto účely jsou normou zohledněny korelační a upravující činitelé. Samotný výpočet potřeby tepla je řešen v normě ČSN EN 16 798-5-1 a v ČSN EN 16 798-5-2. Norma ČSN EN 16 798-5-1 umožňuje k výpočtu využít metodu základního výkonu, který se využívá v případech, kdy není známa specifikace systému, který bude instalován v budově. Následné vztahy jsou platné pro výpočet tepla pro vytápění, nicméně vztahy jsou platné i pro potřebu chladu na chlazení.

Pro výpočet potřeby energie na vytápění za rok v kWh jsou stanoveny tepelně upravené zóny *ztc*. Roční potřeba tepla je součtem ze všech měsíců se skutečnou potřebou tepla. Základní vztah je dle normy ČSN EN ISO 52 016-1 vyjádřen takto:

$$Q_{H;nd;ztc;an} = \sum_{m=1}^{12} Q_{H;nd;ztc;m} \quad 3.1.$$

(Mrázek, 2005)

Kde:

$Q_{H;nd;ztc;m}$ **měsíční** potřeba energie na vytápění pro upravovanou zónu *ztc* a měsíc *m*;

$Q_{H;nd;ztc;an}$ **roční** potřeba energie na vytápění pro upravovanou zónu *ztc* a měsíc *m*.

Měsíční potřeba energie na vytápění pro upravovanou zónu *ztc* a měsíc *m* se stanoví na základě vztahů:

$Q_{H; nd; ztc; m}$ se stanoví na základě těchto vztahů:

Pokud platí: $Y_{H; ztc; m} \leq 0$ a $Q_{H; gn; ztc; m} > 0$ pak:

$$Q_{H; nd; ztc; m} = 0 \quad 3.2.$$

Pokud platí $Y_{H; ztc; m} > 2,0$, pak:

$$Q_{H; nd; ztc; m} = 0 \quad 3.3.$$

v ostatních případech je platný vztah:

$$Q_{H;nd;ztc;m} = (Q_{H;ht;ztc;m} - \eta_{H;gn;ztc;m} * Q_{H;gn;ztc;m}) \quad 3.4.$$

Kde platí hodnoty:

$Y_{H; ztc; m}$ bezrozměrný tepelný bilanční poměr pro režim vytápění

$Q_{H;ht;ztc;m}$ celkový přenos tepla pro režim vytápění, v kWh

$\eta_{H;gn;ztc;m}$ bezrozměrný činitel použití zisků

$Q_{H;gn;ztc;m}$ celkové tepelné zisky pro režim vytápění, v kWh

(ČSN EN ISO 52016-1, 2019)

Vztah pro výpočet bezrozměrného tepelného bilančního poměru pro režim vytápění $Y_{H; ztc; m}$ je následovný:

$$Y_{H;ztc;m} = \frac{Q_{H;gn;ztc;m}}{Q_{H;ht;ztc;m}} \quad 3.5.$$

V praxi nejčastěji proběhne výpočet podle rovnice 3.4. Z toho vyplývá, že do měsíční potřeby energie na vytápění se uvažuje s celkovým přenosem tepla, který se adekvátně pokrátí o celkové tepelné zisky dle hodnoty bezrozměrného činitele použitím zisků.

Pro nejběžnější situace za podmínek $Y_{H; ztc; m} > 0$ a $Y_{H; ztc; m} \neq 1$ norma ČSN EN ISO 52 016-1 stanovuje způsob výpočtu bezrozměrného činitele použití zisků $\eta_{H; gn; ztc; m}$ následovně:

$$\eta_{H; gn; ztc; m} = \eta_{H; gn; ztc; m} = \frac{1 - (Y_{H; ztc; m})^{a_{H; ztc; m}}}{1 - (Y_{H; ztc; m})^{(a_{H; ztc; m} + 1)}} \quad 3.6$$

Kde platí:

$a_{H; ztc; m}$ bezrozměrný tepelný bilanční poměr pro režim vytápění a je vyjádřen vztahem:

$$a_{H; ztc; m} = a_{H; 0} + \frac{T_{H; ztc; m}}{T_{H; 0}} \quad 3.7$$

V tomto vztahu jsou pak použity následující veličiny:

$a_{H; 0}$ bezrozměrný referenční číselný parametr podle normy

$T_{H; ztc; m}$ časová konstanta zóny v h

$T_{H; 0}$ referenční časová konstanta, která je uvedena v tabulce normy B34 = 15

(Horák, 2021)

Výše uvedená časová konstanta zóny popisuje tepelnou jímavost a je možné ji dle normy též vyjádřit vztahem:

$$T_{H; ztc; m} = \frac{C_{m; eff; ztc}}{3600 \cdot (H_{H; tr(excl.grfl); ztc; m} + H_{H; gr; adj; ztc} + H_{H; ve; ztc; m})} \quad 3.8$$

$C_{m; eff; ztc}$ vnitřní tepelná kapacita zóny v J/k od velmi lehké až po velmi těžkou

$H_{H; tr(excl.grfl); ztc; m}$ celkový měrný tepelný tok prostupem pro vytápění s výjimkou prvků spojených se zeminou ve W/K, viz vztah 3.15

$H_{H;gr;adj;ztc}$ průměrný sezónní měrný tepelný tok prostupem přes prvky spojené se zeminou, převzatý z ČSN EN ISO 13 789 ve W/K.

$H_{H;ve;ztc;m}$ průměrný sezónní měrný tepelný tok větráním pro vytápění, ve W/K, viz. vztah 3.15 (ČSN EN ISO 52016-1, 2019)

Celkový přenos tepla pro režim vytápění

Pro doplnění vztahu 3.1. je třeba vypočítat celkový přenos tepla pro režim vytápění a celkové tepelné zisky. Tento výpočet však bude vycházet z nejčastější varianty podle vztahu 3.4.

Dle normy se celkový přenos tepla $Q_{H;ht;ztc;m}$ vypočítá následovně:

$$Q_{H;ht;ztc;m} = Q_{H;tr;ztc;m} + Q_{H;ve;ztc;m} \quad 3.9$$

$Q_{H;tr;ztc;m}$ celkový tepelný tok prostupem pro vytápění, v kWh

$Q_{H;ve;ztc;m}$ celkový tepelný tok větráním pro vytápění, v kWh

(Horák, 2021)

Celkový tepelný tok prostupem tepla pro vytápění:

$$Q_{H;tr;ztc;m} = \left(H_{H;tr(excl.grflr);ztc;m} * (\Theta_{int;calc;H;ztc;m} - \Theta_{e;a;m}) + H_{gr;an;ztc;m} * (\Theta_{int;calc;H;ztcm} - \Theta_{e;a;an}) \right) * 0,001 * \Delta t_m \quad 3.10$$

$H_{H;tr(excl.grflr);ztc;m}$ celkový měrný tepelný tok prostupem pro vytápění s výjimkou prvků spojených se zeminou, ve W/K

$\Theta_{int;calc;H;ztc;m}$ výpočtová teplota zóny pro vytápění ve °C, blíže specifikovaná v normě ČSN EN ISO 52016-1 kap. 6.6.11

$\Theta_{e;a;m}$ střední měsíční teplota exteriéru, ve °C

$H_{gr;an;ztc;m}$ měrný tepelný tok prvkem v kontaktu se zeminou (podlahy na zemině, zvýšené nebo nad nevyt. suterénem), ve W/K dle ČSN EN ISO 13 789

$\Theta_{e;a;an}$ střední roční teplota exteriéru, ve °C;

Δt_m doba trvání měsíce m , v hodinách

(ČSN EN ISO 52016-1, 2019)

Tento vztah obsahuje mnoho veličin, které je nutné si rozepsat. Celkový měrný tepelný tok prostupem vytápění, který vyjadřuje podíl tepelného toku mezi dvěma teplotními zónami a rozdílu teplot v obou zónách, s výjimkou prvků spojených se zeminou $H_{H;tr(excl.grflr);ztc;m}$ se vypočítá následovně

$$H_{H;tr(excl.grflr);ztc;m} = \sum_k (H_{H;el;k;m}) + H_{tr;tb;ztc} \quad 3.11$$

$H_{H;el;k;m}$ celkový měrný tepelný tok prostupem pro vytápění, pro k prvek budovy v měsíci m , ve W/K

$H_{tr;tb;ztc}$ celkový měrný tepelný tok tepelnými vazbami v tepelně upravované zóně ztc , ve W/K (Horák, 2021)

Celkový měrný tepelný tok prostupem pro vytápění se vypočítá dle následujícího vztahu:

$$H_{H;el;k;m} = U_{H;k;m} * A_{el;k} \quad 3.12$$

$U_{H;k;m}$ součinitel prostupu tepla, stanovený dle ČSN EN ISO 13 789, ve W/(m²·K)

$A_{el;k}$ plocha prvku obálky budovy, převzatá pro všechny typy prvků budovy z ČSN EN ISO 13 789, v m²

Nakonec zbývá vyčíslit celkový měrný tepelný tok tepelnými vazbami $H_{tr;tb;ztc}$ dle vztahu: (Mrázek, 2005)

$$H_{tr;tb;ztc} = \sum_k (l_{tb;k} * \Psi_{tb;k}) \quad 3.13$$

$l_{tb;k}$ délka lineární tepelné vazby k stanovená z ČSN EN ISO 13 789, v m;

$\Psi_{tb;k}$ součinitel lineárního prostupu tepla lineární tepelné vazby k , dle ČSN EN ISO 13 789, ve W/(m·K)

Stanovení tepelného toku větráním pro vytápění $Q_{H;ve;ztc;m}$

$$Q_{H;ve;ztc;m} = H_{H;ve;ztc;m} * (\Theta_{int;calc;H;ztc;m} - \Theta_{e;a;m}) * \Delta t_m \quad 3.14$$

- $H_{H;ve;ztc;m}$ celkový měrný tepelný tok větráním pro vytápění, ve W/K
 $\Theta_{int;calc;H;ztc;m}$ výpočtová teplota zóny pro vytápění, ve °C, blíže norma kap. 6.6.11
 $\Theta_{e;a;m}$ střední měsíční teplota exteriéru, ve °C
 Δt_m doba trvání měsíce m v hodinách
(Mrázek, 2005)

Dále se vypočítá celkový měrný tok větráním $H_{H;ve;ztc;m}$ následujícím způsobem:

$$H_{H;ve;ztc;m} = \rho_a * c_a * \sum_k (b_{ve;k;H;m} * q_{v;k;H;m} * f_{ve;dyn;k;m}) \quad 3.15$$

- $\rho_a * c_a$ měrná tepelná kapacita vzduchu krát hustota vzduchu, v J/(m³K)
 $b_{ve;k;H;m}$ bezrozměrný činitel teploty pro složku toku vzduchu k , pro vytápění
 $q_{v;k;H;m}$ měsíční časově průměrný průtok vzduchu vstupující do zóny pro vytápění, v m³/s;
 $f_{ve;dyn;k;m}$ dynamický korekční činitel pro složku toku vzduchu k , pro vytápění viz tab. B28 = 1
 k označení jednotlivých relevantních složek toku vzduchu, jako je infiltrace vzduchu, přirozené větrání, mechanické větrání, popř. dodatečné větrání pro noční chlazení

Klíčovou veličinou v tomto vztahu je právě měsíční časově průměrný průtok vzduchu $q_{v;k;H;m}$. Jeho stanovení bude probíhat dle odpovídajících technických norem, a to podle typu větrání.
(Horák, 2021)

Bezrozměrný činitel teploty pro složku toku vzduchu k , pro vytápění $b_{ve;k;H;m}$

$$b_{ve;k;H;m} = \frac{(\Theta_{calc;H;ztc;m} - \Theta_{sup;k;H;m})}{(\Theta_{calc;H;ztc;m} - \Theta_{e;a;m})} \quad 3.16$$

Kde pro každý měsíc m platí:

- $\Theta_{calc;H;ztc;m}$ výpočtová teplota zóny pro vytápění, ve °C
 $\Theta_{sup;k;H;m}$ přírodní teplota složky toku vzduchu k pro vytápění, ve °C

$\Theta_{e;a;m}$ střední měsíční teplota vzduchu venkovního prostředí, ve °C

Tím jsou dokončeny výpočty dle vztahu 3.4
(EN ISO 52016-1, 2019)

3.2 Celkové tepelné zisky

Celkové tepelné zisky se skládají z vnitřních zisků a solárních zisků. Jejich výpočet je následovný:

$$b_{ve;k;H;m} = \frac{(\Theta_{calc;H;ztc;m} - \Theta_{sup;k;H;m})}{(\Theta_{calc;H;ztc;m} - \Theta_{e;a;m})} \quad 3.17$$

$$Q_{H;gn;ztc;m} = Q_{H;int;ztc;m} + Q_{H;sol;ztc;m}$$

Kde

$Q_{H;int;ztc;m}$ součet vnitřních tepelných zisků pro vytápění, v kWh

$Q_{H;sol;ztc;m}$ součet solárních tepelných zisků pro vytápění, v kWh

(Horák, 2021)

V případě tepelně upravované zóny se tepelné zisky od vnitřních zdrojů tepla vypočítají dle vztahu:

$$Q_{H;int;ztc;m} = Q_{H;intdiv;ztc;m} \quad 3.18$$

Pokud k zóně přiléhá tepelně neupravovaná zóna, pak výpočet proběhne následovně:

$$Q_{H;int;ztc;m} = Q_{H;intdiv;ztc;m} + \sum_{k=1}^n [(1 - b_{ztu;k;m}) * F_{ztc;ztu;k;m} * f_{gn,max;H;ztu;k;m} * Q_{H;int;dir;ztu;k;m}] \quad 3.19$$

Kde:

$Q_{H;intdiv;ztc;m}$ měsíční vnitřní tepelné zisky tepelně upravované zóny ztc , pro vytápění, viz vztah 3.20, v kWh

$b_{ztu;k;m}$ upravující činitel pro přiléhající tepelně neupravovanou zónu k , dle normy, .

$F_{ztc;ztu;k;m}$	distribuční činitel pro zisky tepelně neupravované zóny k připadající přiléhající tepelně upravované zóně ztc, dle normy.
$f_{gn;max;H;ztu;k;m}$	redukční činitel pro vyloučení nadhodnocení zisků v tepelně upravované zóně k pro režim vytápění podle přílohy E3 normy, ve W/K
$Q_{H;int;dir;ztu;k;m}$	měsíční vnitřní tepelné zisky vnitřního nebo vnějšího typu, přiléhající tepelně neupravované zóny k samotné, pro vytápění, viz vztah 3.20, v kWh (EN ISO 52016-1, 2019)

Měsíční vnitřní tepelné zisky tepelně upravované zóny pro vytápění $Q_{H;intdiv;zt;m}$ a měsíční vnitřní tepelné zisky vnitřního nebo vnějšího typu, přiléhající tepelně neupravované zóny k samostatně, pro vytápění $Q_{H;int;dir;ztu;k;m}$ lze vyjádřit následovně:

$$\begin{aligned}
 Q_{H;intdiv;zt;m} = & (Q_{H;spec;int;oc;zt;m} + Q_{H;spec;int;A;zt;m} \\
 & + Q_{H;spec;int;L;zt;m} + Q_{H;spec;int;WA;zt;m} + Q_{H;spec;int;HVAC;zt;m} \\
 & + Q_{H;spec;int;proc;zt;m}) * A_{use;zt}
 \end{aligned}
 \tag{3.20}$$

$Q_{H;spec;int;oc;zt;m}$	měrné vnitřní tepelné zisky vlivem metabolického tepla od uživatelů, pro vytápění, v kWh/m ²
$Q_{H;spec;int;A;zt;m}$	měrné vnitřní tepelné zisky vlivem disipovaného tepla od spotřebičů, pro vytápění, v kWh/m ²
$Q_{H;spec;int;L;zt;m}$	měrné vnitřní tepelné zisky vlivem využitelných ztrát od osvětlení pro vytápění, v kWh/m ²
$Q_{H;spec;int;WA;zt;m}$	měrné vnitřní tepelné zisky vlivem využitelných ztrát od rozvodů teplé a ohřáté vody a kanalizačních systémů, pro vytápění, v kWh/m ²
$Q_{H;spec;int;HVAC;zt;m}$	měrné vnitřní tepelné zisky vlivem využitelných ztrát od nebo do systémů vytápění, chlazení a větrání, pro vytápění, v kWh/m ²
$Q_{H;spec;int;proc;zt;m}$	měrné vnitřní tepelné zisky vlivem využitelných ztrát od nebo do procesů a zboží, pro vytápění, v kWh/m ²
$A_{use;zt}$	užitná podlahová plocha zóny, v m ²

Pro vyjádření celkových tepelných zisků je potřebný výpočet solárních tepelných zisků pro vytápění $Q_{H;sol;ztc;m}$ v kWh. Solární zisky se tak stanoví pro zónu ztc přiléhající k tepelně neupravovaným zónám následovně:

$$Q_{H;sol;ztc;m} = Q_{H;sol;dir;ztc;m} + \sum_{k=1}^n [(1 - b_{ztc;k,m}) * F_{ztc;ztc;k,m} * f_{gn,max;H;ztc;k,m} * Q_{H;sol;dir;ztc;k,m}] \quad 3.21$$

$Q_{H;sol;dir;ztc;m}$ měsíční solární tepelné zisky tepelně upravované zóny ztc samotné, viz vztah (3.23), v kWh

$b_{ztc;k,m}$ viz vztah (3.19)

$F_{ztc;ztc;k,m}$ viz vztah (3.19)

$f_{gn,max;H;ztc;k,m}$ viz vztah (3.19)

$Q_{H;sol;dir;ztc;k,m}$ měsíční solární tepelné zisky z přiléhající tepelně neupravované zóny, v kWh,

$$Q_{H;sol;dir;ztc;m} = \sum_{k=1} Q_{H;sol;wi;k} + \sum_{k=1} Q_{H;sol;op;k} \quad 3.22$$

$Q_{H;sol;wi;k}$ měsíční solární zisky přes průsvitný prvek wi,k pro vytápění, v kWh

$Q_{H;sol;op;k}$ měsíční solární zisky přes neprůsvitný prvek wi,k pro vytápění, v kWh.

(Horák, 2021)

Kde:

$$Q_{H;sol;wi} = g_{gl;wi;H;m} * A_{wi} * (1 - F_{fr;wi}) * F_{sh;obst;wi;m} * H_{sol;wi;m} - Q_{sky;wi;m} \quad 3.23$$

$g_{gl;wi;H;m}$ bezrozměrný střední měsíční účinný celkový činitel prostupu slunečního záření, pro vytápění, detail viz norma, příloha E.2.2;

A_{wi} plocha okna wi , stanovená pro vlastnosti prostupu tepla, v m^2

$F_{fr;wi}$ podíl plocha rámu okna wi , poměr plochy rámu k celkové ploše proskleného prvku okna wi

$F_{Sh;obst;wi;m}$ bezrozměrný redukční činitel stínění vnějšími překážkami, detail viz norma, příloha F

$H_{Sol;wi;m}$ měsíční dávka slunečního ozáření na jednotku plochy prvku, při sklonu β_{wi} a orientaci γ_{wi} , v kWh/m²

$Q_{sky;wi;m}$ měsíční dodatečný tepelný tok vlivem sálání k obloze, viz vztah (3.24), v kWh

β_{wi} sklon okna w_i (od horizontály, měřený nahoru po vnitřní líc), ve stupních

γ_{wi} orientace okna w_i , vyjádřena jako azimut ve stupních, konvence: úhel od jihu, východním směrem kladný, západním směrem záporný, ve stupních

(EN ISO 52016-1 2019)

Měsíční solární zisky přes neprůsvitný prvek

$$Q_{H;sol;op;k;m} = a_{sol;k} * R_{se;k} * U_{c;op;k} * A_{c;k} * F_{Sh;obst;k;m} * H_{sol;k;m} - Q_{sky,k,m} \quad 3.24$$

$a_{sol;k}$ bezrozměrný činitel pohltivosti slunečního záření, světlý povrch = 0,3; polotmavý = 0,6; tmavý = 0,9

$R_{se;k}$ odpor při přestupu tepla na vnějším povrchu, v m²K/W;

$U_{c;op;k}$ součinitel prostupu tepla, ve m²K;

$A_{c;k}$ plocha konstrukce, v m²

$F_{Sh;obst;k;m}$ viz vztah (3.23);

$H_{sol;k;m}$ viz vztah (2.23)

$Q_{sky,k,m}$ měsíční dodatečný tepelný tok vlivem sálání k obloze, v kWh

Tepelný tok vlivem sálání k obloze $Q_{sky,k,m}$

(Horáková, 2015)

$$Q_{sky,k,m} = 0,001 * F_{sky;k} * R_{se;k} * U_{c,k} * A_{c;k} * h_{lr;e;k} * \Delta\theta_{sky;m} * \Delta t_m \quad 3.25$$

$F_{sky;k}$ činitel viditelnosti mezi prvkem a oblohou, střecha = 1, stěna = 0,5

$R_{se;k}$ odpor při přestupu tepla na vnějším povrchu, v m²K/W;

$U_{c,k}$ součinitel prostupu tepla, ve W/m²K;

$A_{c;k}$ plocha prvku, v m²

$h_{lr,e;k}$ součinitel přestupu tepla dlouhovlnným sáláním na vnějším povrch; převzato z ČSN EN ISO 13 789, ve W/m^2K ;

$\Delta\theta_{sky;m}$ průměrný rozdíl mezi zdánlivou teplotou oblohy a teplotou vzduchu pro ČR = 11 K

Δt_m doba trvání měsíce m , v hodinách

(Horák, 2021)

3.3 Průměrný součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla charakterizuje tepelně-izolační schopnost konstrukce. Za konstrukci je považována stěna, jenž může být složena z více materiálu o různých vlastnostech funkcí. Jeho výpočet je možné provést pro jednotlivé konstrukce domu tak pro celý dům. V tom případě se použije průměrný součinitel prostupu tepla.

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} \quad 3.26$$

H_T představuje měrnou ztrátu prostupem tepla dle ČSN EN ISO 13789 v W/K

A představuje teplosměnnou plochu obálky budovy stanovené součtem jednotlivých ploch domu A_j (Tywoniak, 2012)

3.4 Kalkulace nákladů

Pro posouzení efektivnosti investice existuje mnoho metod, které lze využít. Je však potřeba si uvědomit, která metoda je v konkrétní situaci vhodná na základě charakteru investice. Podle Valacha (1996) je pak možné při třídění metod hodnocení investičních projektů využít i hledisko pojetí efektů z investičních projektů. V takovém případě dělíme metody na takové, u nichž jako kritérium vystupuje očekávaná úsporám nákladů, metody s kritériem očekávaného zisku a metody, kde se jako kritérium hodnocení očekává peněžní příjem z projektu. Metody vycházející z nákladového kritéria počítají s efektem úspory nákladů ať už se jedná o náklady investiční či náklady provozní. Oba typy nákladů je nutné brát v potaz. V případě jednorázových investičních nákladů a ročních provozních nákladů jsou spojeny do společné kategorie ročních průměrných nákladů, které představují požadovaný výnos z vložených prostředků na investici zvýšený o roční odpis a ostatní roční provozní náklady. Tato metoda umožňuje počítat srovnatelnou efektivnost investičních projektů. Využívá se v okamžiku, kdy nelze určit peněžní příjem z investice.

3.4.1 Metoda průměrných ročních nákladů:

Při této metodě dochází k porovnání průměrných ročních nákladů a vyjadřují se ve vztahu:

$$R = O + i * j + V \quad 3.27$$

Roční průměrné náklady jsou v tomto vztahu označeny jako R , roční odpisy představují O , jako i je označena požadovaná výnosnost v procentech, J představuje investiční náklad, který se dá též označit za období kapitálového výdaje. Jako poslední veličina V jsou ostatní roční provozní náklady, které se vyjádří, odečtením odpisů od celkových provozních nákladů. Výši ročních odpisů a požadovaných výnosů z klesající zůstatkové ceny stroje můžeme považovat za anuitní splátku. Investiční náklad pak představuje půjčku a výraz $O + i*J$ představuje roční pravidelnou splátku k úhradě. Lze tak využít umorovatele ve formě (Valach, 1996):

$$R = \frac{J * i(1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} + V \quad 3.28$$

Metoda diskontovaných nákladů

$$D = J + \sum_{n=1}^n V_N \quad 3.29$$

D představují diskontované náklady investičního projektu, J investiční náklad, V_n diskontované ostatní roční provozní náklady, N jednotlivá léta životnosti, n doba životností (Valach, 1996).

3.5 Metody hodnocení investic

Pro vyhodnocování investic se využívá celá řada hodnotících metod. Základní parametry pro charakteristiku investice jsou počáteční kapitálové výdaje C_0 , Cash flow plynoucí z realizace

investice v jednotlivých letech CF_i , doba životnosti investice n . Metody hodnocení lze rozdělit na dvě skupiny: metody statické a metody dynamické. Statické metody zcela opomíjejí jakákoliv rizika a s faktorem času pracují pouze v omezeném rozhraní. Jedná se o metody průměrný roční výnos, průměrná doba návratnosti, průměrná procentní výnosnost, doba návratnosti. Oproti tomu metody dynamické berou v úvahu působení a vývoj v čase včetně zohlednění rizika. Mezi tyto metody náleží výpočet čisté současné hodnoty a vnitřní výnosové procento (Kislingerová, 2007).

3.5.1 Čistá současná hodnota (Net Present Value – NVP)

Vyjadřuje skutečnou hodnotu investice v její současné hodnotě. Za pomoci diskontování jsou peněžní toky přepočítány na úroveň hodnoty peněz v roce pořízení investice. Dochází zde k zahrnutí faktoru času včetně rizika a vývoji v čase investice.

$$NVP = -C_0 + \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+k)^i} \quad 3.30$$

C_0 ... počáteční kapitálové výdaje

CF ... peněžní tok = Náklady na provoz – Výnosy z realizace

n ... doba životnosti

k ... úroková míra,

Za běžných okolností je doporučeno realizovat pouze takové investice, u kterých je čistá současná hodnota vyšší než nula. V případě stavebních investic se však může stát, že z důvodu aktualizace legislativních nařízení je nutné realizovat projekt, jehož NVP dosahuje záporných hodnot. V takových případech však nedojde k navrácení požadovaného vloženého kapitálu (Kislingerová, 2007).

3.5.2 Průměrná a diskontovaná doba návratnosti

Doba návratnosti udává, jak dlouho bude trvat, než tok výnosů cashflow přinese hodnotu rovnající se počátečním kapitálovým výdajům na investici.

$$t = \frac{C_0}{\bar{CF}} \quad 3.31$$

Pro zavedení vlivu času do výpočtu se použije metoda diskontované návratnosti, kdy je ve výše uvedeném vztahu použit diskontovaný cashflow DCF

$$t_d = \frac{C_0}{DCF} \quad 3.32$$

$$DCF = \frac{CF}{(1+k)^n} \quad 3.33$$

(Kislingerová, 2007)

3.6 Vícekriteriální optimalizace – Saatyho metoda

Pro každého člověka je rozhodování nedílnou součástí jeho každodenního života. V případě situací, které zahrnují mnoho konkrétních kritérií, kdy řešení nelze určit na první pohled, si lze pro výběr optimální varianty pomoci vícekriteriální analýzou. Ačkoliv i tzv. optimální varianta je subjektivním pojmem, který vychází z postoje rozhodovatele a jeho preferencí, lze dosáhnout adekvátního rozhodnutí ke konkrétní situaci. Právě preference rozhodovatele jsou vyjádřeny souborem kritérií, které působí jako základ pro stanovení vah pro rozhodovací proces (Doubravová, 2009).

Kritéria jsou stanovena na základě cíle rozhodování. Též jsou tyto kritéria použity při stanovení stupně splnění cílů různými variantami řešení. U jednotlivých dílčích cílů a požadavku na řešení odpovídá určité kritérium hodnocení nebo dokonce několik kritérií (Heralová a spol, 2016).

Výběr kritérií

Proces rozhodování je možno podrobně členit na osm pracovních fází. Prvním krokem je vhodné identifikovat rozhodovací problém. V druhé fázi proběhne jeho analýza a konkrétní formulace problému. Ve třetí fázi jsou stanovena kritéria hodnocení. Ve čtvrté fázi jsou vytvořeny varianty řešení rozhodovacího problému. Následně v páté fázi jsou zhodnoceny důsledky variant a dojde k samotnému zvolení vyhovující varianty. V šestém kroku se uskuteční realizace a jako poslední sedmou etapu tvoří kontrola samotné realizace (Heralová a spol, 2018).

Kritérium lze definovat jako existující, již poznaný nebo teprve nově vznikající potřeby. Jedná se o definovaný projev působení relevantní charakteristiky. Existující zásady pro definování kritérií jsou následující: kritérium je strohé, obecné a úplné. Pro zjišťování kritérií lze využít následující metod: metoda odborné rozpravy, metoda černé skříňky, metoda logického řetězce funkcí (FAST),

logický strom funkcí (větvený graf), brainstorming (burza nápadů), metoda 635 (brainwriting) a delská metoda. Kritéria mohou být měřena přímo v měrné jednotce, která jim odpovídá či pomocí bodů, klasifikační a ordinální škály. Směr preference kritérií rozeznáváme rostoucí a klesající. Rostoucí směr znamená, že čím vyšší hodnoty, hodnotíme variantu jako pozitivnější. Naopak v klesajícím směru jsou žádanější hodnoty nejnižší. Pro kritéria je vyžadována specifikace minimálně jednoho parametru, ať už se jedná o exaktně měřitelnou hodnotu (kvantitativní, měrné jednotky) nebo o expertně stanovené hodnoty parametrů (kvalitativní body) (Heralová a spol, 2016).

Dle Šubrta (2019) je kritérium hledisko hodnocení variant, může být kvalitativní nebo kvantitativní. Kritéria musí být nezávislá, měla by pokrývat všechna hlediska výběru, a přitom jich nesmí být zbytečně velký počet, aby problém nebyl nepřehledný. Kriteriaální ohodnocení variant představuje vyjádření preference variant podle daného kritéria. Máme-li hodnocení variant podle kritérií kvalifikováno, můžeme údaje uspořádat do kriteriaální matice Y , kde prvek y_{ij} vyjadřuje hodnocení i -té varianty podle j -tého kritéria.

Kritéria, podle nichž je vybírána nejvýhodnější varianta, dělíme podle různých hledisek. Podle povahy kritéria rozlišujeme na:

Kritéria maximalizační: při rozhodování vycházíme z toho, že nejlepší varianty podle tohoto kritéria mají nejvyšší hodnocení.

Kritéria minimalizační: opak maximalizačního kritéria, nejlepší varianty mají nejnižší ohodnocení podle tohoto kritéria.

Často je výhodné pracovat s kriteriaální maticí, v nichž jsou všechna kritéria stejné povahy, buď všechna minimalizační, nebo častěji všechna maximalizační. Obvykle tomu na začátku řešení úlohy tak nebývá, proto je možné převést kritéria minimalizační na kritéria maximalizační (Šubrt, 2019).

Pro samotné stanovení hodnotících kritérií jsou cíle, kterých se má řešením rozhodovacího problému dosáhnout. Tyto kritéria následně poslouží pro zhodnocení stupně naplnění cílů. Každý dílčí cíl projektu by měl odpovídat určitému kritériu hodnocení nebo dokonce několika kritériím. Výběr kritérií může být dále podpořen identifikací subjektů, jejichž zájmy či cíle mohou být volbou varianty dotčeny, identifikací nepříznivých dopadů variant či samotný rozdíl mezi konkrétními variantami. Soubor těchto zvolených kritérií by měl být úplný. Jejich smysl musí být jasný a jednoznačný tak, aby je bylo možné dostatečně měřit. Kritéria nesmí sdílet pole působnosti, pokud by docházelo k překrývání kritérií, jejich váha na hodnocení působí dvojnásobně. Takovýto soubor kritérií musí zabezpečovat hodnocení variant ze všech podstatných hledisek. Jeho tvorba

představuje subjektivní tvůrčí proces se zapojením odborníků z mnohých profesních odborností (Heralová a spol, 2018)

Stanovení vah kritérií

Vícekritériální analýza tedy předpokládá stanovení vah pro jednotlivá kritéria, čímž je vyjádřena jejich odlišná důležitost. V případě, kdy v rozhodovacím procesu převládají kvalitativní kritéria nad kvantitativními, je vhodné využít metody ke stanovení vah založené na prazích citlivosti. Rozdíly v metodách vyplívají z odlišného způsobu stanovení dílčích ohodnocení. Saatyho metoda stanovení vah kritérií se rozděluje do dvou kroků. Krok první je zjištění preferenčních vztahů dvojic kritérií. Kromě směru preference dvojic kritérií dojde k též k určení velikosti těchto preferencí vyjádřeným počtem bodů ze zvolené bodové stupnice. Ty se v dalším kroku zanesou do matice, čímž se odhalí podíl hledaných vah kritérií. Pokud je kritérium uvedené v řádku významnější než kritérium uvedené ve sloupci, do příslušného políčka se zanesou počet bodů, kterým hodnotitel vyjádří velikost preference kritéria. Pakliže je situace opačná, a kritériu v řádku je méně významné než kritérium ve sloupci, do příslušného políčka se zapíše převrácená hodnota zvoleného počtu bodů. Dolní trojúhelníková matice obsahuje převrácené hodnoty horní trojúhelníkové matice a na diagonále jsou vepsány čísla 1 (Heralová a spol, 2016).

Následně vzniká Saatyho matice $S = (S_{ij})$:

$$S = \begin{pmatrix} 1 & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ 1/s_{12} & 1 & \dots & s_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1/s_{1k} & 1/s_{12} & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad 3.34$$

Zdroj: (Šubrt, 2019)

Hodnocení párových porovnání kritérií se používá následující bodová stupnice:

- 1 - kritéria i a j jsou rovnocenná
- 3 - kritérium i je slabě preferovanější než kritérium j
- 5 - kritérium i je silně preferovanější než kritérium j

7 - kritérium i je velmi silně preferovanější než kritérium j

9 - kritérium i je absolutně preferovanější než kritérium j

(ŠUBRT), „Jsou-li i -té a j -té kritérium rovnocenná, je $s_{ij}=1$, preferuje-li slabě i -té kritérium před j -tým, je $s_{ij} = 3$, preferuje-li silně i -té kritérium před j -tým, je $s_{ij}=5$, při velmi silné preferenci i -tého kritéria je $s_{ij}= 7$, při preferenci absolutní dokonce $s_{ij}= 9$. Je-li preferováno j -té kritérium před i -tým, zapíší se do Saatyho matice převrácené hodnoty ($s_{ij}=1/3$ při slabé preferenci, $s_{ij}= 1/5$ při silné preferenci atd.). Matice je čtvercová řádu $n \times n$ a reciproká, tj. platí, že $s_{ij}=1/S_{ji}$, a vyjadřuje vlastně odhad podílů vah i -tého a j -tého kritéria. Na diagonále Saatyho matice jsou vždy hodnoty jedna (každé kritérium je samo sobě rovnocenné). Prvky této matice nebývají většinou dokonale konzistentní, tzn. že neplatí $s_{hj}= s_{hi} \times s_{ij}$ pro všechna $h, i, j = 1, 2, \dots, n$. Kdybychom sestavili matici $V = (v_{ij})$, jejíž prvky by byly skutečné podíly vah ($v_{ij}= v_i/v_j$), pro prvky této matice by výše uvedená podmínka platila. Míra konzistence se měří například indexem konzistence, který Saaty definoval jako:

$$I_s = \frac{l_{max} - n}{n - 1} \quad 3.35$$

kde l_{max} je největší vlastní číslo Saatyho matice a n je počet kritérií. Saatyho matice je požadována za dostatečně konzistentní, jestliže je $I_s < 0,1$. Nadále je potřebné odhadnout váhy v_j . Nejčastěji se využívá postup výpočtu vah, jakožto normalizovaný geometrický průměr řádků Saatyho matice (metoda logaritmických nejmenších čtverců). Hodnoty b_i vypočteme jako geometrický průměr řádků Saatyho matice.“

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n s_{ij}} \quad 3.36$$

Váhy se poté vypočtou pomocí normalizace hodnot b_i :

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i}$$

3.37

4 Teoretická východiska Energetické koncepce

Jako základ české legislativy upravující energii v České republice je možné považovat zákon 406/2000 Sb. O hospodaření energií. Tento zákon zpracovává do českého prostředí směrnice Evropské unie. Jsou zde i uvedeny pravidla pro zpracování státní energetické koncepce, tedy cílů státu pro nakládání s energií. V zásadě se musí jednat o energetickou koncepci v souladu s trvale udržitelným rozvojem. Jedná se o takový rozvoj, který se snaží o odstranění nebo zmírnění negativních projevů dosavadního způsobu vývoje lidské společnosti. Státní energetická koncepce je na základě návrhu Ministerstva průmyslu a obchodu schvalována vládou, která následně podá informaci Poslanecké sněmovně a Senátu Parlamentu české republiky. Náplň energetické koncepce je vyhodnocován nejméně jedenkrát za 5 let a o vyhodnocení opět informuje vláda. Představuje podklad pro územní energetické koncepci, která udává cíle pro nakládání s energií na území kraje a hlavního města Prahy, jeho městských částí nebo obce, a to na období 25 let. Dalšími předměty zákona o energetické koncepci jsou pravidla pro tvorbu státního programu na podporu úspor energie, požadavky na ekodesign výrobků spojených se spotřebou energie, požadavky na uvádění spotřeby energie a jiných hlavních zdrojů na energetických štítcích výrobků spojených se spotřebou energie, požadavky na informování a vzdělávání v oblasti úspor energie a využití obnovitelných a druhotných zdrojů. Dále specifikuje některá pravidla pro poskytování energetických služeb (www.mzp.cz, *[online] [cit. 2022-10-25.]*).

4.2 Energetická náročnost budovy

V České republice platí vyhláška č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov, díky které jsou do českých zákonů zakomponovány směrnice Evropské unie, konkrétně Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU ze dne 19. května 2010 o energetické náročnosti budov, směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/844 ze dne 30. května 2018, kterou se mění směrnice 2010/31/EU o energetické náročnosti budov a směrnice 2012/27/EU o energetické účinnosti. Touto vyhláškou jsou tak upraveny nákladově optimální úrovně požadavků na energetickou náročnost pro budovy jak nové, tak již dokončené, ale u kterých dochází k větším stavebním úpravám a samozřejmě i pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie. Právě v této vyhlášce jsou stanoveny ukazatele energetické náročnosti budov a způsoby jejich stanovení.

Dle normy ČSN EN ISO 52000-1 o energetické náročnosti budov z roku 2018 je prvním takovým ukazatelem primární energie z neobnovitelných zdrojů energie, a to vztažná na metr čtvereční energeticky vztažné plochy. Druhým ukazatelem je celková dodaná energie

za rok vztažná na metr čtvereční energeticky vztažné plochy. Třetí ukazatel představuje dílčí dodanou energii pro technické systémy vytápění, chlazení, nucené větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení vnitřního prostoru budovy za rok vztažené na metr čtvereční energeticky vztažné plochy. Čtvrtým zmíněným ukazatelem je průměrný součinitel prostupu tepla a součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici. Posledním ukazatelem je účinnost technických systémů. Vypočtené ukazatele jsou pak porovnány s ukazateli referenční budovy. Aby byly splněny podmínky pro energetickou náročnost, nesmí být porovnávány hodnoty vyšší než hodnoty referenční budovy u všech ukazatelů kromě účinnosti technických systémů. Tento ukazatel jako jediný nesmí naopak nabývat nižších hodnot, než jsou hodnoty referenční budovy. Jako referenční budovu vyhláška ustanovuje výpočtově definovanou budovu téhož druhu. Tato budova je ve všech aspektech totožná s hodnocenou budovou, avšak počítá se s referenčními hodnotami vlastností budovy, jejích konstrukcí a technických systémů budovy (ČSN EN ISO 52000-1, 2018).

Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB)

Průkaz energetické náročnosti budovy je specifikován v odstavci 1 a 2 v § 6a zákona 406/206 Sb., o hospodaření energií. Dle platné legislativy je tedy tento dokument využíván k doložení, že budova splňuje požadavky na energetickou náročnost a porovnávací ukazatele. Jeho součástí je přehled všech použitých technických systémů v domě, a to včetně energetické náročnosti systému vytápění, přípravy teplé vody, chlazení, klimatizování, osvětlení a případné využití obnovitelných zdrojů energie. Jedná se o povinný dokument pro osobu, která je vlastníkem budovy, stavebníkem či společenství vlastníků. Hlavní informace tohoto dokumentu je vyjádření potřeby dodané energie do budovy. Tím je vyjádřena energetická náročnost budovy (Hudcová, 2009)

Podle vyhlášky č. 264/2020 Sb., je průkaz tvořen protokolem prokazující energetickou náročnost budovy a její grafické znázornění. Vždy obsahuje identifikující informace budovy jako údaje o hodnocené budově a údaje o vlastníku budovy. Jsou zde uvedené informace o celkové dodané energii a jakým způsobem dochází k ročnímu průběhu v domě. Podává informace o primární energii z neobnovitelných zdrojů energie, bilanci tepelných toků, informace o obálce budovy a technických systémech. Grafické znázornění průkazu je stejné pro všechny energetické typy budov, ať už se jedná o budovu s téměř nulovou spotřebou energie nebo větší změnu již dokončené budovy. Jedná se o grafické znázornění energetické náročnosti budovy, zavedené do klasifikačních tříd A až G (vyhláška č. 264/2020 Sb., 2020).

4.2.1 Energetický štítek obálky budovy

Tento dokument vyhodnocuje tepelně-technické vlastnosti stavební konstrukce domu. Definován je revidovanou technickou normou ČSN 730540, podle které se provádí hodnocení prostupu tepla obálkou budovy pomocí průměrného součinitele prostupu tepla U_{em} . *EŠOB rozděluje budovy do sedmi tříd A–G od velmi úsporných (A) až po mimořádně ne hospodárné (G). Požadován bývá v rámci stavebního řízení jako součást stavební dokumentace pro nové budovy, stavební úpravy a změny dokončených budov (ČSN 730540, 2011).

Tabulka 1: Klasifikační třídy

Klasifikační třída	Slovní vyjádření klasifikační třídy
A	Mimořádně úsporná
B	Velmi úsporná
C	Úsporná
D	Méně úsporná
E	Nehospodárná
F	Velmi ne hospodárná
G	Mimořádně ne hospodárná

Zdroj: Vyhláška č. 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov

4.2.2 Energeticky efektivní dům

V současné turbulentní době plné nejistot je optimalizace energií v budovách velmi aktuálním tématem. Je nezbytné se při plánování domu zabírat výpočtem tepelných ztrát budov, její potřebou tepla pro vytápění a pro ohřev teplé vody. Důležité je též zvolit vhodný tepelný zdroj, jenž je nutné posuzovat z pohledu efektivity a zároveň finančních prostředků vynaložených na provoz v průběhu životního cyklu. Obecně se zvyšuje zájem investorů o vyšší hospodárnost, a to zejména u nákladů do energii. Je to nevyhnutelný vývoj vzhled k neustále rostoucím cenám energií a hrozbě energetické chudoby. Situace v rámci staveb je řešena mnohými předpisy a normami, a to pro stavby nové ale i procházející rekonstrukcí. Pro monitoring spotřebovaného množství energie v budovách existuje mnoho postupů. Sleduje se spotřeba energie na vytápění, přípravu teplé vody, chlazení, větrání, osvětlení. Všechny tyto úkony přispívají k energetické náročnosti budovy. Je velkým tématem ať už se jedná o existující stavbu nebo projekt novostavby, u kterých se zohlední množství energie stanoveným výpočtem dle požadavků na standardizované užívání budovy. Nezbytné je znát dispoziční řešení stavby, stavebně technické řešení, znalost komplexního projektového řešení stavby, v podstatě celé projektové řešení stavby. Řeší se tepelná ztráta postupem tepla vytápěného prostoru, výpočet navrhovaných tepelných ztrát přístupem, návrhová tepelná ztráta pro přirozené vytápění. Bohužel v posledních obdobích se preferovalo úspora energie a úniku

tepla z budov, a přitom se neřešila z toho plynoucí negativa. V současné době je zřejmé, že budovy musí být posuzovány komplexně. K tomu účelu může být využito i tzv. 3E, kdy je vždy třeba vidět účelnost, hospodárnost a efektivitu každého rozhodnutí. Takový rozhodovací systém týkající se energie musí jakožto proces obsahovat cesty a přínos v následném využití, tedy v životním cyklu. (Heralová a spol, 2016)

Pasivní dům

Ačkoliv koncept pasivního domu provází téměř celou lidskou existenci, samotný pojem pasivní dům byl použit teprve v minulém století. Představuje takový dům, který má co nejnižší spotřebu energie. Toho je povětšinou možné částečně dosáhnout zvýšením tepelné izolace. V porovnání s běžnou stavbou spotřebuje méně tepla na vytápění, což je méně než 15 kWh/m² rok. Pro pasivní domy je vhodné se zaměřit i na větrací systémy s možností rekuperace tepla, které zajistí čistý vzduch v celém domě. V běžných stavbách bývá zvykem větrat otevřenými okny, tím se ale ztrácí z domu teplo nehledě na o poznání vyšší ceny otevíracích oken oproti oknům bez možnosti otevření (Hudcová, 2009).

Kromě podmínky dosažení spotřeby tepla menší než 15 kWh/m² za rok, pasivní dům musí splnit další podmínky, aby mohl být označen za pasivní. Dalším takovým faktorem je souhrnné množství spotřebované energie na vytápění, ohřev teplé vody a elektřinu, které nesmí přesáhnout množství 120 kWh/m² za rok. Poslední podmínkou je objem uniklého vzduchu. Jeho množství nesmí překročit 0,6 objemu domu za hodinu, a to při měření 50 Pa (Mihai, aspol. 2017).

Pečlivé projektování je vzhledem k mnohým faktorům více než na místě. V současnosti se využívá jednoduchý program PHPP, tedy Passive House Planning Package, který slouží k navrhování pasivních domů. Tímto programem dochází k ověření funkčnosti návrhu jakéhokoliv pasivního domu, který by měl potenciálně vzniknout. Programem je možné vytvářet výpočty energetických bilancí domu tak, aby odpovídaly evropským standardům pasivního domu, určovat optimální tloušťku izolace či zhodnotit či jak bude velikost a orientace oken fungovat z hlediska slunečních zisků a tepelných ztrát. Od roku 2007 se využívá i českém jazyce. Cílem programu je navrhnout tedy stavbu tak, aby neobsahovala žádné zbytečné komponenty, které by zvyšovali její cenu (Brotánková, 2012).

V České republice jsou základní informace o pasivních domech uváděny v normě ČSN 73 0540-2. Norma identifikuje Primární energii jako takovou, kterou vyžaduje zdroj tepla k její energetické přeměně. Podle typu zařízení zdroje se používá přepočet, kdy primární energie je rovna energii potřebné na vstupu do budovy násobené faktorem energetické přeměny. Faktor

energetické přeměny se uvažuje hodnotou 3,0 pro elektrickou energii, 1,0 pro obvyklá paliva, 1,1 pro obvyklé dálkové vytápění, hodnotou 0 pro obnovitelné zdroje energie, nejsou-li k dispozici podrobnější místní údaje nebo jiné závazné hodnoty. Zvýšení faktoru energetické proměny na vyšší hodnotu pro elektrickou energii indikuje snahu legislativy o regulaci aplikace čistě elektrických zdrojů. (Šála a kol., 2007)

Nízkoenergetický dům

Název napovídá, že se jedná o takový dům, jenž je charakterizován nízkou potřebou tepelného vytápění. Toho bývá primárně dosaženo optimalizací stavebního provedení obálky domu. Jako obálka domu se považuje konstrukce, které oddělují vnitřní prostředí od venkovního. U nízkoenergetického domu se předpokládá, že jeho měrná potřeba tepla a průměrný součinitel prostupu tepla nepřesáhnou normově doporučenou hodnotu (Počinková, 2012).

Základní znaky nízkoenergetických domů jsou následující: Kompaktní tvar bez zbytečných výčnělků, prosklené plochy orientovány na jih, nadstandardní tepelné izolace, regulace vytápění využívající tepelné zisky, strojní větrání s účinnou rekuperací tepla, měrná spotřeba tepla na vytápění je maximálně 50 kWh/m².rok jak stanovují zvláštní předpisy TNI 730329 nebo TNI 730330. Dále je důležité, aby jednotlivé komponenty domu vzájemně spolupracovaly (Hudcová, 2009).

Pod pojmem nadstandardní tepelné izolace si lze představit i vyšší tloušťka izolační vrstvy. Díky tomu dojde ke snížení tepelné vodivosti izolační vrstvy. Ačkoli tím dochází ke zvýšení nákladů na aplikaci izolace, takto dosažené úspory přinesou znatelný ekonomický přínos. Tedy pouze do okamžiku, než nebudou překročeny náklady. Takto je však možné vhodně určit optimální tloušťku izolačního materiálu, tedy v bodě, kde úspory začínají zvýšením tloušťky izolace stoupat. Jako materiál k izolaci se běžně používá široká škála typů látek, například skelné vlákno, minerální vlna, izolační pěna a další materiály (Aditya, 2017).

Dům s nulovou potřebou tepla na vytápění

Takto jsou označovány budovy, jejichž spotřeba tepla se téměř blíží nule. Obecně se předpokládá, že takový dům bude mít spotřebu menší než 5 kWh/m² za rok. V současné době jsou takové domy spíše výjimka. Nejčastěji se zatím jedná o větší administrativní budovy, které

mají velké vnitřní zdroje tepla, například se v budově vyskytuje velké množství osob či technologie, která při svém provozu vyzařuje teplo (Tywoniak, 2008).

4.3 Energetická bilance domu

Představuje energetické schéma domu. Zahrnuje tepelnou ztrátu, která vzniká jak prostupem tepla skrz prostory a plochy domu, tak i například v důsledku výměny vzduchu, a to například rekuperací. Tepelné ztráty tedy představují potřebný výkon zdroje tepla tak, aby byl dostatečný i po období nejnižších venkovních teplot. Velikost tepelné ztráty je závislá na tepelné ztrátě prostupem konstrukcí a tepelné ztrátě větráním. Dalším faktorem, který je nutné vzít v potaz při jejich stanovení jsou určité požadované klimatické podmínky v dané lokalitě, kde se budova nachází. Ty lze získat sběrem dat z minulých let a na jejich základě lze provést predikci vývoje v budoucích letech. Tepelné ztráty lze taktéž využít k návrhu zdroje vytápění. V tomto případě se však počítá pro celý dům takzvanou obálkovou metodou, která pracuje pouze s konstrukcemi, oddělující vnitřní vytápěný objem od venkovního prostředí. Tato metoda však není dostatečně přesná pro správnou projekci otopné soustavy a je nutné počítat ztráty jednotlivých místností (Hudcová, 2009).

Vliv na velikost tepelných ztrát z velké části má kvalita izolace domu. Rodinný dům, jenž není dobře izolován, může mít v poměru z celkové spotřeby energie až 75 % pouze na vytápění. V současnosti pro snížení tepelných ztrát je v platnosti norma ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov, která stanovuje tepelně technické požadavky pro navrhování a ověřování budov s požadovaným stavem vnitřního prostředí při jejich užívání. Velikost tepelných ztrát lze ovlivnit nejen správnou izolací, ale dalšími faktory jako například: orientací budovy a pozemku, nadmořská výška a tvar terénu, půdorys budovy a vnitřní řešení prostoru či počet podlaží. Jedním z možných míst vzniku tepelných ztrát jsou netěsnosti mezi okenním rámem a křídlem okna, kudy uniká z místnosti teplý vzduch. Takto vzniklá tepelná ztráta se nazývá infiltrace. Občas se vyskytují názory, že takto dochází k hygienické výměně vzduchu, nicméně na to by mělo sloužit pro ruční či řízené větrání čili rekuperace. Dalším faktorem, který má schopnost ovlivnit tepelné ztráty, je pronikání vlhkosti vnitřním prostředím, které mimo jiné ovlivňují i výskyt plísní a mechanické narušení zdiva. V případě, že v období s velmi nízkými teplotami dojde k ochlazení stavebního materiálu na hodnotu, která překonává rosný bod, dojde ke kondenzaci vlhkosti, a tedy navlhnutí materiálu. Tento problém je řešen umístěním kvalitní izolace na vnější stranu budovy (Dufka, 2011).

Součástí energetické bilance domu jsou i tepelné zisky. Ty představují tok tepla pronikající do klimatizovaného prostoru. V projektu je třeba tepelné zisky zohlednit. Stanovují se podle projektového obsazení domu osobami. Nejmenší plocha na jednu osobu se pro účely tohoto výpočtu stanovuje na 15 m^2 index bez ohledu na možný vyšší počet osob uvedený v projektové dokumentaci. Předpokládá se totiž, že osoby jsou přítomny 70% doby v roce. Koeficient přítomnosti se tedy uvažuje jednotně hodnotou 0,7. Mezi tepelné tepelné zisky se tedy započítává metabolické teplo osob žijících v budově, teplo uvolňované při používání a provoz domácích spotřebičů, které se uvolňuje do vytápěného prostoru, nebo jen tepelné zisky ze slunečního svitu, který právě dopadá na obálku budovy. Tepelné zisky lze využít k udržení teploty v místnosti. Stává se tak v okamžiku, kdy například do místnosti začne svítit slunce nebo se vzduch v místnosti ohřívá jako vedlejší produkt použití spotřebičů k obvyklému chodu domácnosti, jejichž primární funkcí není vypění, jako jsou například žehličky či počítače a jiné kuchyňské spotřebiče (Šubrt, 2011).

4.3.1 Tepelné mosty

Takto jsou označovány místa v domě, kde je izolace z různých důvodů oslabená a dochází tak ke zvýšenému tepelnému toku. Nejčastěji se vyskytují v místech, kde se napojují izolace, například při napojení svislé izolace stěn na izolace střechy nebo u přechodu izolace na betonový základ. Dalším nejčastějším místem jsou rámy oken a vnějších dveří s napojením na venkovní izolaci, uložení stropu na obvodovou zeď nebo u různých netěsností v konstrukci, kterými by mohl potenciálně proudit vzduch. Redukce tepelných mostů probíhá již v projektu budovy. Pro maximální efektivitu je při stavbě nutné dodržovat technologické postupy a provedení detailů. (Hudec, 2008)

Řešení detailů je důležité, právě aby kritickými místy nedocházelo k úniku tepla a tyto tepelné ztráty byly co nejvíce minimalizovány. Tepelné mosty mohou vznikat i prouděním vzduchu tam, kde do konstrukce proniká vzduch z exteriéru a šíří tak teplo. Tepelné mosty mohou vznikat i sáláním, a to v místech, kde je jako izolace použit reflexní materiál, který se dotýká jiné konstrukce. Nedochází tedy k omezení výměny tepla sáláním jako v ostatních místech konstrukce. Reflexní materiál bývá často nadhodnocován, je vhodnější používat klasické tepelné izolace. Jako reflexní materiál pro izolaci se používají parotěsné folie s hliníkovou povrchovou úpravou. V případě vzniku tepelného mostu je třeba zjistit příčinu a následně optimalizovat podmínky tak, aby nedocházelo k uniku tepla z konstrukce domu (Šubrt, 2011).

4.4 Zdroje energie

Dne 25. 9. 2009 vstoupila v platnost směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2009/28/ES, která se týká podpory využívání energie z obnovitelných zdrojů. Z tohoto dokumentu jsou patrné dva cíle pro Evropskou unii. Jednalo se dosažení 20% podílu energie z obnovitelných zdrojů a 10% podílu energie z obnovitelných zdrojů v Evropě. Energetický regulační úřad ve své roční zprávě o provozu elektrizační soustavy České republiky za rok 2020 uvádí, že v tomto roce bylo vyrobeno v České republice celkem 81 443,4 GWh elektrické energie. Největší podíl výroby pochází z výroby v parních elektrárnách, celkem 35 197,6 GWh, tedy 43,22 %. Druhý největší podíl pochází z jaderných elektráren, které v roce 2020 vyprodukovaly 30 043 GWh elektrické energie, tedy 36,89 %. Již podstatně menší podíl připadá na paroplynové elektrárny s vyprodukovanými 6 041,30 GWh, tedy pouze 7,42 % a plynové a spalovací elektrárny s 3 790,10 GWh (4,65 %). Fotovoltaické elektrárny 2 235,10 GWh (2,74 %), vodní elektrárny vyprodukovali 2 143,9 GWh (2,63%) a přečerpávací elektrárny 1 293,1 GWh (1,59%). Absolutně nejnižší podíl elektrické energie pochází z větrných elektráren, 699,10 GWh, což představuje jen 0,86 %. Ačkoliv výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů oproti roku 2019 vzrostla, její podíl tvoří celkem 13 % z celkového množství vyrobené energie v České republice. Největší podíl energie vyprodukované v Česku tak pochází z primárně neobnovitelných zdrojů (ERU.cz, [online], [cit. 2022-09-04]).

4.4.1 Obnovitelné zdroje energie

Obnovitelné zdroje energie byly od nárůstu fosilních paliv zanedbávaným zdrojem pro výrobu energie, což zapříčinilo jejich nekonkurenceschopnost. V 70. letech však krize ceny ropy přinutila západní státy k výzkumu různých technologií obnovitelné energie, a to s cílem snížit závislost na ropě. Zároveň se začalo šířit povědomí o nebezpečí o rostoucím nebezpečí globálního oteplování, jenž je podpořeno emisemi skleníkových plynů vznikajících právě při spalování fosilních paliv. V současnosti se od využívání neobnovitelných fosilních paliv opouští a společnost se pokouší o využívání zdrojů obnovitelných. Do roku 2050 Evropská unie chce dosáhnout naprosté klimatické neutrality, což znamená snížení produkce skleníkových plynů (Jelley, 2020).

4.4.2 Solární energie

Slunce je jedním ze zdrojů obnovitelné energie, ačkoliv historicky pouze jako zdroj tepla a světla. Dokonce již v 5. století před našim letopočtem starověcí Řekové dokázali postavit své domy

tak, aby i v zimě získávali sluneční teplo. Tato myšlenka provázela civilizace až do dnes. Mezi roky 1880 až 1914 bylo v populárním americkém magazínu Scientific American vydáno na padesát článků pojednávající o solární energii. Efektivnímu využití se však této technologie příliš nedostávalo, velké společnosti nebyly ochotny investovat díky vysokým cenám technologií s příliš nízkým profitem. V 20. letech 20. století se v Americe dostaly do popředí technologie využívající solární energii pro ohřev vody, toto období bylo však krátké, neboť společnost Solar Water Heater Company vlastní práva na tyto technologie nedokázala dostat svých cílů po masivním hurikánu, který zasáhl Floridu v roce 1926. Druhý boom solárních technologií nastal v roce 1935, ale byl přerušen začátkem války v Pacifiku. Změna však nastala po vynálezu fotovoltaických článků po druhé světové válce, díky nimž je možné solární energii přeměnit na elektrickou energii. Protony ze slunečního svitu při dopadu na fotovoltaický článek uvolní elektrony v silikonovém atomu a pomocí vodičů jsou vedeny jako elektrický proud. Oproti jiným obnovitelným zdrojům je však solární energie mnohem více závislá na technologii vycházející z vědeckých poznatků. Před rozkvětem solárního průmyslu se materiály pro výrobu fotovoltaických článků získávali jako vedlejší produkty z výroby komponentů pro elektronické části. Po dlouhou dobu se jednalo o nejdražší zdroj obnovitelné energie právě kvůli náročnosti výroby jak na kapitál, tak na komplexnost technologií využitých pro výrobu (Jones, Geoffrey, Loubna, 2012).

Fotovoltaický systém funguje na principu přeměny solární energie dopadající na fotovoltaické panely na elektřinu. Fotovoltaické panely jsou většinou umístěny na střeše budovy, lze je však staticky umístit i mimo budovu. V posledních letech došlo k poklesu cen těchto technologií, díky tomu se stává dostupnějším pro domácnosti, Fotovoltaický systém je jednoduchým a v současnosti tedy již relativně cenově dostupným řešením pro vyvážení energetických toků v budovách během roku. Mají výhodu i ve skutečnosti, že jsou bezhlučné, snadno integrovatelné jak do energetického systému budovy, tak do její stavební konstrukce. V mnoha podobách se dokonce fotovoltaické panely staly součástí pláště budov (Tywoniak, 2011).

Dalším takovým způsobem umístění solárních panelů na budovu je zakomponování přímo do střešní krytiny formou střešních solárních tašek. Solární tašky mají výhodu funkčnosti stejné jako klasicky umístěné fotovoltaické panely. Vyrobenou energii je možné spotřebovat na provoz domu nebo přebytky uložit do baterií. Solární tašky mají výhodu designu, kdy je jejich umístění nenápadné. Nevýhodou je srovnatelně znatelně vyšší nákupní cena než u klasických solárních panelů (Solarnitašky.cz, [online] [cit. 2022-10-10]).

Solární energie je velkým příslibem pro nízkouhlíkovou budoucnost. Již v roce 2013 by ve Spojených arabských emirátech uvedena do provozu velkokapacitní elektrárna Shams 1. Její

výstavba trvala 3 roky a dosahuje velikosti 258 fotbalových hřišť, nyní poskytuje elektřinu pro 20 tisíc domácností. Tím dokáží ušetřit přibližně 175 tisíc tun emisí CO₂, což by odpovídalo vysazení téměř 1,5 milionů stromů nebo odstranění 150 tisíc aut z ulic v Abu Dhabi. Ale nejen velkokapacitní solární elektrárny mají svůj význam. Solární elektrárny lze budovat na mnohem menší škále pro lokální komunity a jak je v současnosti velkým trendem, i pro jednotlivé domácnosti. (Ivan, 2017)

V současnosti je možné říct, že solární energie patří mezi nejlepší varianty dosažení současné snahy o přechod na obnovitelné zdroje energie. Solární technologie se čím dál víc těší popularitě, což společně s různými státními podporami snižuje ceny technologií a činní je stále dostupnější. Pojem dostupnější je však velmi subjektivní a stále ještě je třeba cenu těchto technologií snižovat tak, aby její dostupnost rostla (Kabir a spol., 2018).

4.4.3 Hydroenergetika

Evropská unie ve svých parlamentních otázkách považuje hydroenergetiku za prvořadý zdroj energie v liberalizovaných elektrických systémech. Historicky a kvantitativně se jedná o první zdroj obnovitelné energie, který zároveň v dnešní době odpovídá evropským cílům v oblasti snižování emisí uhlíku. Energie získaná za pomoci vody představuje zdroj pro území, na kterém se nachází. V ČR však nejsou vhodné přírodní podmínky pro budování velkých vodních elektráren. Vodní toky zde nemají potřebný spád ani dostatečný průtok vody. Podíl vyrobené energie z vodních elektráren na celkové výrobě je tedy poněkud nízký a spíše, než jako významný zdroj energie slouží jako doplňkový zdroj využívány primárně díky své schopnosti rychlého vyrovnání energetické bilance v elektrizační soustavě ČR. Pomocí mechanické energie proudící vodou jsou roztáčeny turbíny, jež ji na základě elektromagnetické indukce přeměňují na elektrickou energii. Koncem roku 2018 výkon všech vodních elektráren Skupiny ČEZ v České republice dosáhl 1 961,1 MW (Čez.cz, [online] [cit. 2022-10-25]).

Nicméně malé vodní elektrárny mají svou perspektivu, hlavně pro využití hydrologického potenciálu v jejich lokalitě. Oproti velkým elektrárnám mají výhodu ve skutečnosti, že k jejich provozu není nutná výstavba velkých přehradních nádrží, která by měla vliv na životní prostředí dané lokality. Zároveň se tím eliminuje riziko ekologické katastrofy v podobě možného protržení nádrže a zaplavení sousedících oblastí. Oproti velké vodní elektrárně budou schopny generovat menší množství energie, naopak mají výhodu v možnosti početnějšího umístění, neboť počet vhodných lokalit v České republice pro stavbu velkých vodních nádrží je přeci jen omezen. Malé

vodní elektrárny je možné umístit například i na přivaděčích vody, čímž dojde k přirozenému využití přebytečných spádů ve vodárenských systémech. (Gono, Radomir & Kyncl, 2011).

V minulosti se studie zaměřovali spíše na výzkum efektivnosti velkých vodních elektráren ve stylu přehradních nádrží nebo kaskádových systémů. Samotným malým vodním elektrárnám, primárně fungujícím na malých vodních tocích, se příliš pozornosti nedostalo a nyní se setkáváme s nedostatkem matematických metod využitelných ke kalkulaci optimálního fungování elektráren. (Singh, Singal 2017)

4.5 Zdroje tepla

V budovách se využívají nejen k vytápění, ale i k přípravě teplé vody, ohřevu větracího vzduchu či k dalším navazujícím technologiím. Pro zajištění efektivity zdroje je nutné brát ohled na výkon zdroje a jeho regulační rozsah. Při nedostatečné regulaci výkonu je vykazována nadměrná spotřeba paliv a díky tomu i zvýšena produkce emisí oproti teoretickým předpokladům. U spalovacích zařízení se reálná provozní účinnost běžně pohybuje o více než 10% níže oproti uváděným hodnotám, a to vzhledem k energetickým ztrátám právě při nedokonalé regulaci výkonu. Regulace musí být zajištěna v širokém rozsahu, aby bylo možné flexibilně reagovat na aktuální potřeby odběru tepla. (Tywoniak, 2012)

Hlavní kritérium, které určuje kvalitu kotle, je jeho účinnost. Ta nikdy nebude dokonalá, v závislosti na staří zařízení, použitém palivu a způsobu spalování se pohybuje od 60 % do 99 % (Dufka, 2011).

4.5.1 Kotle na pevná paliva

Dle zákona č. 201/2012 Sb. O ochraně ovzduší od září 2022 již nebude možné provozovat paliva emisních tříd 1 a 2 a bez stanovené třídy. Je to z důvodu nutnosti snižování emisí, zvyšování účinnosti a snižování energetické náročnosti lokálního vytápění. Pro výměnu byly spuštěny kotlíkové dotace, které měly napomoci s výměnou za ekologičtější způsob vytápění. Emisní třídy představují hodnocení kotlů dle normy ČSN EN 303-5. Do roku 2000 se tento údaj na výrobním štítku nenacházel. Toto je jedním z poznávacích znaků, že kotel již nesmí být provozován. Třída kotle musí být naprosto jednoznačně prokazatelná. Každý kotel na pevná paliva do příkonu 300 kW musí projít jednou za 36 měsíců povinnou kontrolou, při které vyškolený technik do dokladu o kontrole kotle uvede, že takovýto kotel lze provozovat i po 1.9.2022 (TZB-info.cz, [online] [cit. 2021-10-4]).

4.5.2 Kotle a kamna na pelety

Kamna na pelety se využívají pro vytápění jednotlivých místností či menších bytů a nízkoenergetických domů. Lze je též využít pro přípravu teplé vody. Oproti tomu paletová kamna splňují podmínky 5. třídy dle ČSN EN 303-5 a jsou určeny pro vytápění jednoho i více rodinných domů, kanceláří a dílen. I paletovým kotlem je možné řešit přípravu teplé vody. Tento zdroj vytápění je tak možné využít pro lokální vytápění i jako samostatný zdroj pro jeden rodinný dům. Jako hlavní palivo tedy používají dřevěné nebo konopné pelety lisované z odpadu, nejčastěji z pilin. Pelety představují účinné homogenní palivo, neboť 2 kg pelet dosáhnou stejné výhřevnosti, jako jeden litr oleje. Tyto moderní kotle bývají vybaveny automatikou, kdy jsou pelety dopravovány do kotle po šnekovém dopravníku ze zásobníku. V dnešní době je tak možné je ovládat přes internet či mobilní telefon a efektivně regulovat teplotu v domě (Smola, 2011).

4.5.3 Kotle na plynová paliva

Plynová paliva mají mnohé výhody. Například při řízeném spalování zemního plynu nevznikají žádný prach ani saze. Zároveň nedochází k vzniku nebezpečných chemických externalit jako jsou dioxiny, furany a další, které jsou charakteristické pro spalování složitějších látek jako je uhlí a případně i biomasa. Taktéž nedochází ke vzniku emisí oxidu uhelnatého. Emise skleníkového plynu oxidu uhličitého se pohybuje na 25 % - 50% emisí vznikajících při spalování uhlí, topného oleje nebo biomasy. Zároveň má výhodu vysoké účinnosti využití energetického obsahu, až cca 98 % (Tzb-info.cz, [online], [cit. 2021-07-10]).

Plynových kotlů je samozřejmě velké množství, vyrábí se různé typy, tvary i výkony. Právě typ s největší účinností je kondenzační plynový kotel, jehož účinnost dosahuje nejvýše 92–94 %. Kondenzační kotel využívá teplo spalin, vznikajících spalováním plynu, které se následně ochladí – jejich teplota může klenout až na přibližně 40 °C. Právě díky této vlastnosti se při konstrukci komínů, mohou použít dokonce i plastové trubky, u kterých díky nízké teplotě nemůže dojít k poškození a zahoření. Spaliny vznikající hořením plynu nejsou suché, jejich obsahem je i určitá vlhkost. Dalším vedlejším produktem procesu spalování plynu je tedy i vzniklý kondenzát. Při spálení 1 m³ zemního plynu se uvolní až 1,5 litru vysrážené vody. Kyselost této vody dosahuje stejných hodnot, jako u vody dešťové, je tak možné v nejnižší části komínu umístit trubky pro odvod do kanalizace bez dalších úprav kondenzátu, případně jsou zde umístěny nádoby na sběr, které je pak třeba vyprázdnit (Dufka, 2011).

Ještě do roku 2020 se předpokládal pokles cen plynu pro spotřebitele. Ještě do té doby existoval převis produkčních kapacit zkapalněného zemního plynu LNG nad poptávkou, který měl v roce 2020 vrcholit a do roku 2022 zcela odeznít. Vypuknutí pandemie koronaviru však vedlo k ovlivnění globálních trhů se zemním plynem, kdy nejprve došlo ke snížení poptávky a tedy poklesu cen. Následně pak došlo k zásadní změně situace, kdy po oživení ekonomiky došlo opět k prudkému nárůstu poptávky po všech primárních energetických komoditách, což vedlo k jejich razantnímu nárůstu. Růst cen plynu byl však zdaleka nejagresivnější. V prosinci 2021 se tak ceny vyšplhali na historická maxima, k jejichž překonání došlo až při vypuknutí války na Ukrajině na jaře 2022 (Hošek, 2022).

4.5.4 Tepelná čerpadla

Jedná se o zařízení, které umožňuje cíleně čerpat teplenou energii a předávat ji do navazujících tepelných soustav. Tato energie může být svou podstatou obnovitelná, jako je energie okolního prostředí (vzduch, voda, země) nebo druhotná, tj. Pocházející z neobnovitelných paliv například odpadního vzduchu nebo odpadní vody. Nejrozšířenějším druhem jsou parní kompresorová tepelná čerpadla. Tento typ čerpadla pracuje jako běžné chladicí zařízení, které využívá parního oběhu vypařování chladiva z výparníků, a to za nízkého tlaku a nízké teploty. K topnému účinku pak dochází kondenzací chladiva v kondenzátoru za vysokého tlaku a vysoké teploty. Pohyb chladiva z výparníku zajišťuje kompresor, jenž je poháněn mechanickou prací. Ta může být zajištěna elektromotorem nebo plynovým motorem (Tywoniak, 2011).

Další variantu představuje sorpční tepelné čerpadlo, které též pro přečerpávání tepla využívá parní oběh, ale kompresor nahrazuje procesem sorpce a desorpce chladiva v kapalně nebo tuhé látce za převodu tepla z přímého spalování paliva nebo nepřímě dodávaného v otopné vodě. Jde tedy o princip využití dvou kapalin s rozdílným tlakem par. Nemají tedy mechanický kompresor. Zdroj tepla pak může být plynový kotel, kotel na biomasu nebo i solární tepelná soustava. Tepelná čerpadla je dále možno rozlišovat podle zdroje, se kterým se výměníky integrují. Vnitřní zdroje jsou nejčastěji vzduch v místnosti a voda proudící v otopných tělesech. Externí zdroje tepla je vzduch, ale i povrchová voda, podzemní vody, a dokonce i země samotná. V tabulce č. 2. jsou vypsány jednotlivé kombinace zdrojů a jejich následné označení (Grassi, Walter, 2018).

Tabulka 2: Typy tepelných čerpadel

Venkovní zdroj	Vnitřní zdroj	Název typu tepelného čerpadla
Vzduch	Vzduch	Vzduch-vzduch
Vzduch	Voda	Vzduch-voda
Voda	Vzduch	Voda-vzduch
Voda	Voda	Voda-voda
Země	Voda	Geotermální

Zdroj: Grassi, Walter. (2018).

Používání technologie tepelných čerpadel je stále populárnější. Tepelné čerpadlo je schopné na reverzním principu dokonce přenášet teplo z budov do přírodního prostředí. Tepelná čerpadla umožňují využití obnovitelného aero termálního nebo hydrotermálního tepla při užitečné teplotě pro výrobu požadovaného vytápění či chlazení budov a jiných průmyslových aplikací. Použití tepelného čerpadla pro vytápění a chlazení je energeticky účinné, neboť technologie tepelných čerpadel vyžaduje méně elektrické energie k dosažení stejných funkcí vytápění a chlazení. Přestože tepelné čerpadlo přenáší obnovitelnou energii z přírodního prostředí, výroba užitečné energie vyžaduje pomocnou energii. Pro klasifikaci jako udržitelnou energii by měl být vstupní výkon pro provoz tepelného čerpadla významně nižší než celková výstupní kapacita. (Sarbu, 2021).

4.5.5 Elektrické kotle

Vyhláška č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov, účinná od 1.9.2020, znatelným způsobem ovlivňuje možnost využít elektrickou energii pro vytápění nových nebo významně rekonstruovaných budov. Na potřebu primární energie z neobnovitelných zdrojů energie je podmíněno zpravidla instalací větrání s rekuperací tepla, s doplňkovým využitím zdroje tepla s velkým podílem energie z obnovitelných zdrojů, například spalováním dřeva, soustavou využívající sluneční záření, přípravou teplé vody v zásobníku s malým tepelným čerpadlem atp.

Ačkoliv je dnes elektřina dostupná v podstatě pro všechny budovy, jako zdroj tepla je využitelná spíše v podobě levných zařízení s vysokou účinností přeměny elektrické energie na teplo, a to z důvodu nepříznivé bilance potřeby přeměny primární energie na její výrobu v elektrárnách a s ní svázané emise znečišťujících látek. Elektrické kotle je tak doporučeno využít pouze jako záložní či doplňková tepelná zařízení pro snížení potřeby tepla vysokého a investičně náročného instalovaného výkonu obnovitelného zdroje tepla (Tywoniak, 2011).

4.5.6 Sálavé panely

V legislativě chápány jako elektrické přímotopy ve třídě G, a to z důvodu spotřeby elektrické energie a její přímou přeměnu na teplo. Sálavé vytápění primárně ohřívá předměty v prostoru, od kterých dochází pak k ohřívání vzduchu. Fungují tedy na stejném principu jako ohřívání od slunce nebo kachlových kamen. Dochází k ohřívání stěn, stropu, podlah, nábytku i osob. Sálavé teplo je součástí slunečního spektra v oblasti infračerveného záření. Sálavý panel má výhodu ve svém nenápadném designu, který je možné v interiéru zamaskovat jako vkusný doplněk v podobě obrazu nebo zrcadla. Jeho výhody jsou však vyváženy nevýhodami v podobě velmi neúsporné třídy G, která značí, že v případě záměru využití v budově, musí být otopná soustava doplněna dalšími systémy, které vyvažují jeho zákonem danou neúspornost. Sálavé panely tak musí být doplněny například krby (Usby.cz, [online], [cit. 2022-10-4]).

4.6 Dotační podpora

4.6.1 Evropa

Evropská Zelená dohoda je odpovědí na změnu přístupu společnosti k otázkám změny klimatu a zhoršování životního prostředí. Její účel je vést Evropskou unii k moderní, konkurenceschopné ekonomice, která bude schopna účinně využívat své zdroje. Zároveň si stanovuje cíl do roku 2050 dosáhnout nulových čistých emisí skleníkových plynů, oddělení hospodářského růstu od využívání zdrojů a zároveň nebude opomenut žádný jedinec ani region. Samozřejmě nastiňuje i směřování Evropské společnosti po pandemii COVID-19. K realizaci tohoto plánu je vyčleněno téměř 1,8 bilionu eur, což představuje třetinu investic celé EU. Její záměr cílí hlavně na usnadnění života budoucím generacím zajištěním mnohých cílů z rozličných aspektů života. Příkladem takových usnadnění je například snaha o zajištění čistého ovzduší, zdravých a cenově dostupných potravin nebo právě renovací budov v zájmu energetické účinnosti. Udává si záměr učinit Evropu prvním klimaticky neutrálním kontinentem na světě. Mimo jiné toho hodlá dosáhnout implementací ekologičtějších energetických systémů. Do roku 2030 totiž hodlá snížit emise skleníkových plynů alespoň o 55% a aby tohoto bylo možné dosáhnout, je třeba zvýšit podíl energie z obnovitelných zdrojů a energetickou účinnost. Snížení spotřeby energie vede zároveň ke snížení emisí i nákladů na energie pro spotřebitele a průmysl. Proto je zájem o snížení konečné spotřeby energie a spotřeby primární energie v EU do roku 2030 a to celkově o necelých 40%. Evropská unie za jeden ze způsobů šetření energie považuje renovaci budov na budovy podporující ekologičtější životní styl. Zároveň se předpokládá, že toto řešení ochrání své obyvatele před

extrémními teplotami, které jsou v posledních letech stále častějším fenoménem a stejně tak dojde k vyřešení energetické chudoby. Pro občany EU, kteří jsou ohroženi chudobou z hlediska energetiky či mobility, je připraven Nový sociální klimatický fond, který bude zmírňovat náklady pro osoby, kterých se změny dotknou nejvíce. Cílem je zajistit spravedlivost celého procesu přechodu. Samozřejmě nebudou probíhat jen renovace obytných budov v rukách občanů, je třeba zrenovovat i budovy veřejné tak, aby i ony využívaly energii z obnovitelných zdrojů a jejich energetická účinnost se zvýšila (Evropská komise, [online], [cit. 2022-07-10]).

4.6.2 V ČR

V rámci energetické dále úspornosti existuje několik dotací, s jejichž pomocí může vlastník domu či bytu snížit vysoké náklady ve snaze dostat nařízení, která vycházejí ze snahy státu o naplnění směrnic Evropské unie. Tyto dotace vycházejí ze státního fondu životního prostředí České republiky a snaží se o zkvalitnění životního prostředí. Jedná se o národní program životního prostředí (NPŽP), jenž je současně spuštěn jako doplňkový program dalším dotačním programům (SFZP.cz, [online], [cit. 2021-10-10]).

Další dotace pro zlepšování životního prostředí je Nová zelená úsporám. Jejím předmětem je tedy kromě již zmíněného zlepšení stavu životního prostředí, a to pomocí snížením produkce emisí znečišťujících látek a skleníkových plynů. Lze ji čerpat na snižování energetické náročnosti obytných budov, výstavbu či nákup domů s velmi nízkou energetickou náročností, šetrné způsoby vytápění, obnovitelné zdroje energie a v nové verzi i na adaptační a mitigační opatření v reakci na změnu klimatu. Výše podpory může dosáhnout až 50 % z celkových způsobilých výdajů a lze ji kombinovat s kotlíkovými dotacemi. Fond dotace získává finanční pokrytí z nástroje na podporu oživení a odolnosti uvedeného v Národním plánu obnovy, to zejména v prvních letech běhu dotace. Od roku 2026 se předpokládá příjem z podílu na výnosu aukcí emisních povolenek. V současnosti se tedy počítá s finančními prostředky pro dotaci v minimální částce 39 mld. Kč. Spuštění dotace je naplánováno na podzim 2021. Podporu dotace je tedy možné čerpat na renovace rodinných a bytových domů, a to na stavební úkony, které zajistí větší energetickou efektivitu domu, například zateplení fasády, střeš, stropů nebo výměnu oken a dveří. Vztahuje se též na stavbu rodinných a bytových domů, které budou splňovat pasivní standardy, tzn. Bude se jednat o pasivní domy. Samozřejmě je možné dotaci využít i na nákup rodinných domů a bytů s velmi nízkou energetickou náročností. Dotaci je taktéž možné čerpat na technická zařízení v domě, například solární, termické a fotovoltaické systémy, zelené střechy, venkovní stínící techniku, podzemní akumulční nádrže na

zachytávání dešťové vody, rekuperační systémy řízeného větrání se zpětným získáváním tepla nebo výměnu zdrojů tepla za tepelná čerpadla, kotle na biomasu, plynové kondenzační kotle či napojení na centrální zásobování teplem a další úkony, které mají úsporný vliv na energetiku. Nárok na dotaci mají majitelé a stavebníci rodinných a bytových domů, společenství vlastníků bytových jednotek, bytová družstva či dokonce obce a města, které vlastní rodinný nebo bytový dům. Dále mohou žádat pověření vlastníci bytových jednotek, nabyvatelé bytových jednotek nebo rodinných domů, developeři jakožto podnikatelské subjekty a osoby, kterým svědčí právo stavby (Novazelenausporam.cz, [online], [cit. 2022-09-04]).

Součástí tohoto dotačního souboru je i takzvaná Kotlíková dotace. Dle zákona 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší nebude od 1. září 2022 povoleno používat kotle 3. A nižší emisní třídy dle normy ČSN EN 303-5. Dotace rozděluje příjemce na dvě kategorie. Pro domácnosti s nižšími příjmy je z Evropských fondů alokována částka 5,5 mld. Kč, což odpovídá zhruba 50 000 výměnných kotlů. Pro tyto domácnosti představuje podíl dotace až 95 % výdajů. Kritériem pro její získání je průměrný čistý příjem člena domácnosti, která v roce 2020 nepřesáhla 170 900 Kč. Dotace se trochu jinými podmínkami vztahuje i na ostatní domácnosti, kterým je vyhrazeno až 8,5 mld. Kč což by mělo odpovídat zhruba 100 000 vyměněných kotlů. V případě, že by výměna kotle neproběhla do 1. září 2022, hrozí postih v hodnotě 50 000 Kč ale vzhledem k omezeným možnostem topenářů a dodavatelů stát bere ohled na možnou obtíž v provedení úkonu včas a pokud došlo alespoň do stanoveného data k žádosti o dotaci, pokuta nebude vlastníkům udělena (Novazelenausporam.cz, [online], [cit. 2022-09-04]).

5.1 Popis objektu

Novostavba rodinného domu se bude nacházet na parcele v katastrálním území obce Obořiště. Stavba se nachází v zastavěném území obce a v okolí se nacházejí solitérní domy. K pozemku je vedena elektrická síť i plynovod. Celková plocha pozemku je 915 m². Zastavěná plocha obsáhne 232,7 m², tedy méně než 0,35násobek plochy pozemku. Konstrukce rodinného domu je montovaná dřevostavba, střešní konstrukce je navržena z tesařské konstrukce. Pro zastřešení je využita valbová střecha o sklonu střešních rovin 23 stupňů. Dům je nepodsklepený, s přízemním a podkrovním prostorem, který je nevytápěný. Celková energeticky vztažná plocha domu obsáhne 211,2 m². V domě se nachází jedna zóna vytápění v oblasti jedné bytové jednotky pro celkem čtyři předpokládané trvale žijící osoby. V příloze č. 1 je viditelný půdorys budovy.

Oblast katastrálního území Obořiště se nachází v nadmořské výšce 373 m nad mořem. Podle vyhlášky č.194/2007 Sb. vydanou ministerstvem obchodu a průmyslu začíná v České republice topná sezóna 1. zářím a končí 31. květnem.

Pro výpočet energetické náročnosti domu byl využit program Deksoft – Energetika, který využívá vztahy 3.1. až 3.26 pro výpočet potřeby tepla dle platné normy ČSN 52016-1. Výpočty jsou provedeny metodou měsíčního výpočtu. Tento program je specializovaný pro výpočet a posouzení energetické náročnosti, a to včetně průkazu energetické náročnosti budovy dle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov. Dále využívá tyto normy:

- ČSN EN ISO 13790 - Energetická náročnost budov – výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení
- ČSN EN ISO 13789 - Tepelné chování budov – Měrné tepelné toky prostupem tepla a větráním – Výpočtová metoda
- ČSN EN ISO 13370 - Tepelné chování budov – Přenos tepla zeminou – Výpočtové metody
- ČSN EN 15316-3-1 - Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení potřeb energie a účinností soustavy – Část 3-1: Soustavy teplé vody, charakteristiky potřeb (požadavky na odběr vody)
- TNI 73 0302 - Energetické hodnocení solárních tepelných soustav – Zjednodušený výpočtový postup
- klimatická data dle normy ČSN 73 0331-1 s doplněnou průměrnou rychlostí větru dle ČHMÚ, a to v průměru pro oblast České republiky.

Výpočty jsou provedeny metodou měsíčního výpočtu.

Tabulka 3: Základní parametry budovy

Parametr	Jednotky	Hodnota
Objem budovy s upravovaným vnitřním prostředím	m ³	644,2
Celková plocha hodnocené obálky budovy	m ²	609,9
Objemový faktor tvaru budovy	m ² /m ³	0,95
Celková energeticky vztažná plocha budovy	m ²	211,2
Podíl průsvitných konstrukcí v ploše svislých konstrukcí	%	14,1

Zdroj: Vlastní zpracování z projektu budovy

Obálka budovy je tvořena všemi teploměrnými konstrukcemi na systémové hranice celé budovy, které jsou vystaveny přilehlému prostředí. To je tvořeno venkovním vzduchem a přilehlou zemínou. Hodnocené konstrukce jsou porovnávány s referenční hodnotou, která odpovídá platnému požadavku pro novostavby.

Energetická náročnost budovy a hodnocení obálky je vypočteno pro budovu jako celek, která se při výpočtu může členit do dílčích zón. Budova je členěna na zóny s upravovaným vnitřním prostředím (vytápění, chlazení), které mají definovanou návrhovou vnitřní teplotu dle ČSN 730540 a na zóny nevytápěné. Zónám jsou přiřazeny profily typického užívání. V objektu se nachází pouze jedna výpočtová zóna, a to zóna vytápěná, prostor bytu, jehož celková energeticky vztažná plocha je 211,2m² a návrhová vnitřní teplota pro vytápění je stanovena na 20 °C. Budova neobsahuje technický systém chlazení, není proto sestavena bilance pro režim chlazení.

Součinitel prostupu tepla byl vypočten $U_{em} = 0,22 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

Celkové tepelné ztráty budovy jsou tvořeny prostupem tepla přes konstrukce obálky budovy, cíleným větráním a neřízeným větráním netěsnostmi – infiltrací. Tepelné ztráty jsou z části pokryty využitelnými solárními a vnitřními zisky. Výsledná bilance představuje potřebu energie na vytápění budovy, kterou je nutné dodat soustavou vytápění. Ztráta energie prostupem tepla obálkou budovy byla vyčíslena na 12,8 MWh/rok, ztráta větráním na 4,6 MWh/rok a skrz netěsnosti obálky unikne ročně 0,9 MWh/rok. Celková ztráta energie tak představuje 18,3 MWh/rok, viz tabulka č. 4.

Tabulka 4: Ztráty energie

Ztráty energie	MWh/rok
----------------	---------

Prostup tepla obálkou budovy	12,8
Ztráta větráním	4,6
Netěsnosti obálky - infiltrace	0,9
Celkem	18,3

Zdroj: Vlastní zpracování v programu Energetika

Oproti ztrátám však budova dosahuje využitelných tepelných zisků. Solární zisky dosáhnou 3,4 MWh/rok. Očekávané vnitřní zisky z osob žijících v budově dosáhnou 1,1 MWh/rok a z osvětlení se očekává 1,1 MWh/rok. Celkové využitelné zisky energie dosáhnou 5,6 MWh/rok.

Tabulka 5: Využitelné zisky energie

Využitelné zisky energie	MWh/rok
Solární zisky	3,4
Vnitřní zisky - lidé	1,1
Vnitřní zisky - osvětlení a technologie	1,1
Celkem	5,6

Zdroj: Vlastní zpracování v programu Energetika

Po započtení energetických ztrát a využitelných tepelných zisků tak vychází potřeba energie na vytápění domu **12,7 MWh/rok**.

Na budově bude umístěna fotovoltaická elektrárna s očekávaným ročním energetickým výnosem 9 MW za rok. Fotovoltaická elektrárna se bude skládat z fotovoltaických panelů, hybridního měniče a baterií LiFePo tedy se složením Lithium-železo-fosfát. Na střechu bude umístěno celkem 27 fotovoltaických panelů od výrobce Suntech Power. Na západní stranu o orientaci 250 stupňů a sklonu 30 stupňů bude umístěno 9 modulů fotovoltaických panelů typu STP430S-B72/Vnhb o výkonu 430 Wp na panel. Na jižní stranu o orientaci 160 stupňů a sklonu 27 stupňů bude umístěno dalších 18 modulů fotovoltaických panelů typu STP295S-20/Wfw o výkonu 295 Wp. Další součástí fotovoltaického systému bude invertor STORION SMILE T10 od výrobce Alpha Energy Storage Solution Co., Ltd. Celkem instalace fotovoltaické elektrárny bude dosahovat částky 550 000 Kč.

Využití fotovoltaické elektrárny v energetické koncepci vytápění však nemá přílišný vliv na ušetření nákladů. Největší produktivní období fotovoltaické elektrárny připadá primárně na slunné letní dny mimo topnou sezonu, konkrétně v květnu, červnu, červenci a srpnu, kdy průměrná doba slunečního svitu přesahuje hodnoty 200 hodin za měsíc. Při využití fotovoltaické elektrárny se předpokládá, že spotřeba energie vygenerované solární energií případně většinově na každodenní

provoz domácnosti. Při provozu každodenních spotřebičů lze předpokládat že přibližně pouze 10% vygenerované elektrické energie z fotovoltaické elektrárny případně na vytápění. Energetické nároky na provoz domácnosti nejsou součástí energetické koncepce na vytápění a nejsou v jednotlivých koncepcích kalkulovány. Z toho důvodu nejsou náklady na fotovoltaickou elektrárnu zahrnovány do koncepcí, neboť její primární účel je snížení energetické náročnosti domácnosti.

Tabulka 6 Očekávaný výkon fotovoltaické elektrárny podle počtu slunných dnů

Středočeský kraj/Praha	Počet hodin	Výkon W/p
Leden	43	246,16
Únor	62	354,93
Březen	128	732,77
Duben	149	852,98
Květen	208	1 190,74
Červen	210	1 202,19
Červenec	204	1 167,84
Srpen	214	1 225,09
Září	150	858,71
Říjen	103	589,65
Listopad	55	314,86
Prosinec	47	269,06
Celkem	1573	9 005,00

Zdroj: [online], [cit. 2022-09-04] <https://solarnisystemynaohrevvody.cz/jaka-je-doba-slunecniho-svitu-v-ceske-republice>

Na obrázku č. 1 je vyobrazená vizualizace umístění panelů na střechu domu. Na obrázku č. 2 je vyobrazen inventar storion smile T10, který bude umístěn v domě.

Obrázek 1 Vizualizace umístění panelů



Zdroj: Projekt fotovoltaické elektrárny

Obrázek 2 Inventor *STORION SMILE T10*



Zdroj: [online], [cit. 2022-09-04] www.storion-smile.cz

5.2 Varianty technických systémů vytápění

V následující části jsou představeny jednotlivé varianty vytápění domu. Pro výběr jednotlivých typů zařízení bylo důležité kritérium proveditelnosti. K pozemku je navedena elektrická síť i plynovod. Naopak má značně omezenou příjezdovou cestu, kterou není možné rozšířit a upravit k přístupu nákladního vozidla. Není tedy možné uvažovat s energetickou koncepcí, která vyžaduje závoz topných materiálů. Ačkoliv by tedy bylo možné vytvořit koncepci pro paletový kotel, kotel na biomasu či kotel na uhlí, koncepce není v rámci fyzické proveditelnosti.

Koncepce jako zdroj energie budou tedy využívat elektřinu (elektrokotel, tepelné čerpadlo a plyn (plynový kotel). Cena elektrické energie se bude lišit u každé koncepcí v závislosti na tarifu. Jeho určení se odvíjí právě od zvoleného zařízení pro vytápění. Cena elektřiny vždy zahrnuje měsíční platbu za hlavní jistič a sazbu elektřiny dle skutečně odebrané elektrické energie za 1 MWh. Pro danou lokalitu je dodavatel elektrické sítě společnost ČEZ, a.s. a veškeré ceny elektřiny tak budou vycházet z ceníku zveřejněného ke dni 4.10.2022. Ačkoliv jednotlivé sazby jsou dvoutarifové, předpokládá se, že v současnosti jsou zařízení natolik ovladatelná a efektivní, že budou vytápět pouze v době, kdy je v provozu nižší tarif. Proto se při výpočtech bude využívat pouze nižší sazby. V případě koncepcí využívající plyn jako zdroj energie pro vytápění bude dodavatel také ČEZ, a.s. Tato společnost vznikla v roce 1992 zápisem do obchodního rejstříku a

je mateřskou společností Skupiny ČEZ. Jakožto jeden z nejdůležitějších ekonomických subjektů České republiky působí i v dalších zemích Evropy. Její hlavní náplň práce je výroba, distribuce a prodej v oblasti elektřiny a tepla, obchod a prodej zemního plynu a další služby v energetickém sektoru (Čez.cz, [online] [cit. 2022-10-25]).

5.2.1 Otopná soustava

Pro všechny koncepce budou jako otopná tělesa využity radiátory Airfel Klasik a to ve variantě s výkonem 840 W a s výkonem 401 W. Deskový radiátor AIRFEL Klasik 22/600/500, výkon 840 W bude v domě instalován celkem šestkrát. Deskový radiátor AIRFEL Klasik 11/600/400 s výkonem 401 W bude instalován celkem pětkrát. Na obrázku č. 3 je vyobrazen vzhled radiátoru.

Obrázek 3 Radiátor Airfel Klasik



Zdroj: <https://www.aaradiatory.cz/deskovy-radiator-airfel-klasik-11-600-400-vykon-401-w-p87/#gallery>[online], [cit. 2022-10-04]

V následující tabulce je provedena kalkulace nákladů na nákup a instalaci otopné soustavy ke dni 4.10.2022. Ceny jsou převzaty z ceníku portálu aaradiatory.cz. Instalace již zahrnuje odhad ceny instalace rozvodů a dále veškerý materiál potřebný k instalaci celé otopné soustavy.

Tabulka 7: Kalkulace otopných těles a jejich instalace k 4.10.2022

Výkon	401 W	840 W	Celkem
Počet ks	5	6	11
Cena	1 806,00 Kč	2 485,00 Kč	-
Celkem	9 030,00 Kč	14 910,00 Kč	23 940,00 Kč
Instalace	-	-	20 000,00 Kč
Celkem	-	-	43 940,00 Kč

Zdroj: vlastní zpracování, www.aaradiatory.cz [online], [cit. 2022-09-04]

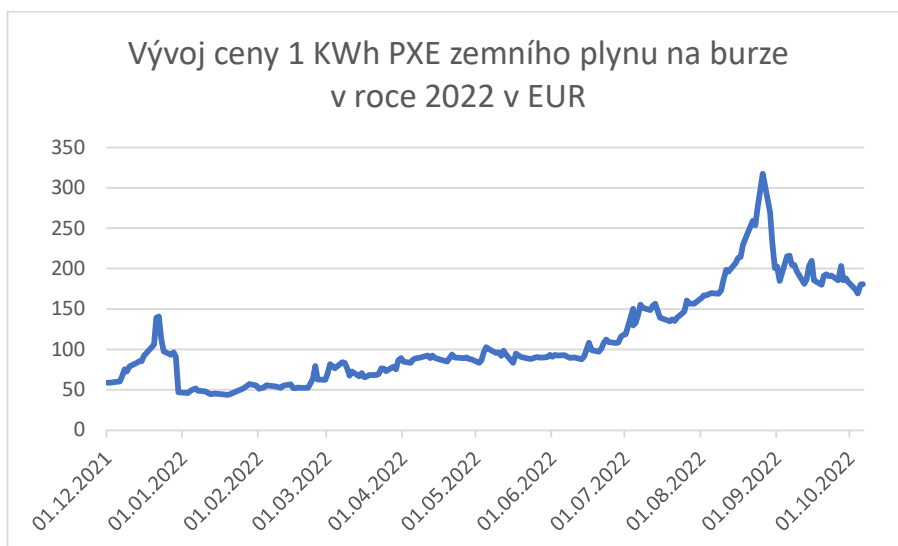
Celkem tedy otopná soustava a její instalace vychází na 43 940 Kč. Tato částka bude zahrnuta do vstupních nákladů u všech energetických koncepcí, neboť tento typ otopných těles je kompatibilní se všemi využitelnými topnými zařízeními v koncepcích.

5.2.2 Období krize podzim 2022

Bohužel je v současné době mnoho evropských zemí zcela závislých na dodávkách plynu z Ruské federace, a to včetně České republiky. Pro situaci, kdy by došlo k zastavení dodávek plynu z Ruska, přináší studie MMF shrnutí obecných doporučení. Evropa by měla nakupovat plyn z alternativních zdrojů. Pro zabránění konkurence jednotlivých zemí mezi sebou se však musí jednat na celoevropské úrovni, a to s implementací dohod o vzájemné solidaritě a sdílení plynu. Dále by země měli zavést národní krizové plány, případně aktualizovat již funkční a zároveň vysvětlit, jakým způsobem bude plyn přidělován za účelem minimalizace ekonomické ztráty. Další vhodný postup je dočasné omezení uzavírání jaderných a uhelných elektráren a maximalizace energetické efektivity v soukromém sektoru. Zároveň by však jakékoliv vládní zásahy měli umožnit růst cen energii pro koncové spotřebitele jako způsob motivace k úsporám energie, ale pod podmínkou pomoci pouze kriticky zasaženým domácnostem a firmám. Podpora ekonomik ze strany vlád povede k zadlužování a zvýšení nákladů, což bude mít následek na další budoucí vývoj společnosti. Dle odhadů by však stačilo dosáhnout snížení spotřeby plynu v Evropské Unii o přibližně 15 % aby se podařilo přestat negativní scénář, kdy dojde k úplnému odstřižení od dodávek z Ruska. (Benecká a spol., 2022)

V reakci na nepředvídatelnou situaci s cenami energií vláda 5.10.2022 schválila nařízení, které stanovuje zastropování cen. Toto zastropování bude platit po celý rok 2023 s případnou možností období prodloužit. Pro domácnosti cenový strop bude nastaven na 100% spotřeby elektřiny i plynu a pro malé a střední podniky do 250 zaměstnanců a obratem přibližně do 1,25 miliardy korun. Cena za dodávku elektřiny se stanoví ve výši 5 Kč/KWh bez DPH, tedy 6,05/KWh s DPH. Stálý měsíční plat za dodávku elektřiny bude fixně určen ve výši 130 Kč/odběrné místo za měsíc. U plynu bude cenový strop zaveden ve výši 2,50 Kč/KWh, tedy 3,025/KWh s DPH. Stálý měsíční plat za dodávku plynu se stanoví ve výši 130 Kč/odběrné místo za měsíc. Pokud zákazník platí méně, než je stanovený strop, hradí dodavateli sjednanou cenu podle smlouvy o dodávce. (Mpo.cz, [online], [cit. 2022-10-10])

Graf 1: Vývoj ceny 1 KWh PXE zemního plynu na burze v roce 2022



Zdroj: vlastní zpracování z portálu kurzy.cz, [online], [cit. 2022-10-10]

Na grafu č. 1 je viditelný vývoj cen zemního plynu na burze v roce 2022. V září 2022 dosahovala cena zemního plynu maximální částky 317 Eur za 1 Mwh, což se promítlo i do vysokých cen pro koncové spotřebitele. Ceny následně klesly a v říjnu se udržují v hodnotách kolem 200-180 Eur.

5.2.3 Varianta A: Elektrokotel

Varianta využívající zařízení spotřebovávající čistě elektrickou energii. Elektrický kotel Protherm RAY 18K s výhodou nízkých vstupních nákladům je schopen vygenerovat dostatečné množství tepla pro vytápění domu. S rychle se měnícími cenami elektřiny je však efektivnost takovéto investice značně nejistá. Zařízení výkonově odpovídá potřebám budovy, zejména potřebě energie na vytápění. Zařízení je vyobrazeno na obrázku č.4 (Kotelnanaklic.cz, [online], [cit 4.10.2022]).

Obrázek 4: Elektrický kotel Protherm RAY 18K



Zdroj: Kotelnanaklic.cz, [cit 4.10.2022]

Životnost zařízení je samozřejmě ovlivněna skutečností, jak často bude zařízení používáno. Pokud bude elektrokotel využíván non-stop, jeho funkčnost a efektivita bude klesat rychleji než elektrokotel na chalupě, které je spuštěn jednou za čas. Další aspekt ovlivňující životnost elektrokotle je jeho kvalita a dostatečná údržba. V závislosti na typu zařízení, způsobu používání a kvalitě, je třeba uvažovat o nutnosti investovat dodatečné částky na údržbu zařízení. Nelze dopředu určit, které části zařízení budou v průběhu let potřeba opravit, či nahradit. Výhoda elektrokotle spočívá v jeho nenáročnosti na údržbu. Na údržbu elektrokotle proto v průměru vyhradíme jen 500 Kč. Při určování životnosti elektrokotle je nevýhodou značný nedostatek dat vzniklý z faktu, že elektrokotel se začal užívat relativně nedávno, například oproti zařízením jako jsou spalovací kotle na pevná paliva, jenž se využívají v řádu desítek let. Odhad životnosti elektrokotle lze tedy stanovit na dobu 15 až 25 let, v závislosti na faktorech výše. Některá zařízení na českých trzích uvádí životnosti i tak nízkou jako je 10 let. Pro sjednocení výpočtů v rámci ostatních koncepcí se pro potřeby této diplomové práce bude uvažovat s životností 15 let (howellmechanical.com [online], [cit. 2022-10-7]).

Potřebná energie pro vytopení domu na požadovanou úroveň v průběhu roku je ve výši 12,7 MWh/rok. Při zakomponování 99, % efektivnosti zařízení se očekává, že potřeba energie pro vytápění domu bude vyšší. Zároveň však elektrokotel při svém provozu využije energii vygenerovanou fotovoltaickou elektrárnou, čímž se potřeba energie naopak sníží. Bohužel úspora z fotovoltaické elektrárny se však bude pohybovat přibližně u 10% vygenerované energie, snížení potřeby energie na vytápění nebude tedy příliš výrazné. Celková potřeba energie tak vychází na 12,61 MWh/rok, jak je vidět v tabulce č. 8.

Tabulka 8: Celková potřeba energie elektrokotle Protherm RAY 18K

Potřeba energie	12,7	MWh/rok
Úspora energie FVE	0,09	MWh/rok
Účinnost	99,5	%
Celkem potřeba energie	12,61	MWh/rok

Zdroj: Vlastní zpracování

V tabulce č. 9 jsou provedeny kalkulace vstupních nákladů. Kromě ceny samotného zařízení je nutné připočítat i náklady na instalaci zařízení (vč. DPH) a to včetně všech dalších materiálů potřebných k uvedení zařízení do provozuschopného stavu. Zároveň se připočte otopná soustava, s taktéž již vyčíslenými náklady na instalaci, a to dle kapitoly 5.2.1. Vstupní náklady tak vychází na částku 71 764 Kč.

Tabulka 9: kalkulace vstupních nákladů elektrokotle Protherm RAY 18K

Cena zařízení	21 324,00 Kč
Instalace:	6 500,00 Kč
Otopná soustava	43 940,00 Kč
Celkem:	71 764,00 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování, Kotelnanaklic.cz, [cit 4.10.2022]

Při použití přímotopu, hybridního vytápění nebo tepelného čerpadla, domácnost nakupuje elektrickou energii za distribuční sazbu D57d. Dle ceníku distributora pro září 2022 je tak MWh prodávána za cenu 8 729,92 Kč. Ačkoliv se jedná o dvou tarifní sazbu, při přihlédnutí k současné situaci se očekává provoz vytápěcího zařízení pouze při nízkém tarifu.

Tabulka 10: Výpočet nákladů na provoz elektrokotle v prvním roce

Náklady na provoz		
Konečná potřeba energie včetně účinnosti	12,67	MWh/rok
Sazba:	8 729,92	Kč/MWh
Cena potřebné energie	110 634,71	Kč
Platba za jistič celkem ročně	4 936,80	Kč
Celkem cena za provoz	115 571,51	Kč

Zdroj: Vlastní zpracování 1.9.2022

Vzhledem k rozhodnutí vlády však dojde od ledna v roce 2023 k zastropování cen elektřiny a plynu. Cena pro spotřebitele elektřiny je tak zastropována na částku 6 050,00 Kč/MWh a to bez ohledu na tarifní sazbu. Dále jsou započteny poplatky za přípojku celkem v roční částce 1 560 Kč. Celkem po zastropování tak cena provozu v prvním roce vychází na částku 78 231,95 Kč.

Tabulka 11: Výpočet nákladů na provoz elektrokotle v roce 2023

Náklady na provoz		
Konečná potřeba energie včetně účinnosti	12,67	MWh/rok
Sazba:	6 050,00	Kč/MWh
Cena potřebné energie	76 671,95	Kč
Pravidelné platby	1 560,00	Kč/rok
Celkem cena za provoz	78 231,95	Kč

Zdroj: Vlastní zpracování k 5.10.2022

Při aplikaci zastropování cen dochází k poklesu nákladů o 32,3 %. V následujících výpočtech jsou využity ceny elektřiny již po jejím zastropování.

Výhody:

- Vysoká efektivita
- Nízké vstupní náklady
- Snadná regulace
- Nenáročnost

Nevýhody:

- V současnosti vysoké náklady na provoz
- Negativní zařazení do klasifikační třídy pro výpočet PENB

5.2.4 Varianta B: Plynový kotel

Pro koncepci využívající variantu s plynovým kotlem bylo vybráno zařízení kondenzační plynový kotel Protherm Tiger Condens 25 KKZ21-A. Jedná se o zařízení s výkonem 19.6 kW. Jeho pořizovací cena je 73 401 Kč.

Životnost plynového kotle se odhaduje na 10 až 15 let. Doba životnosti tak jako u elektrokotle je ovlivněna častým používáním zařízení, nicméně u moderních zařízení jsou již zabudované systémy, které zefektivňují provoz zařízení a snižují tak zatížení v průběhu let používání. Tím se samozřejmě prodlužuje doba životnosti, společně s pravidelnými revizemi a údržbou není životnost zařízení příliš zkrácena. Revizi je doporučeno provádět jednou ročně, a to od druhého roku života, její cenová výše je odhadnuta na částku 3 000 Kč za rok. Vzhled zařízení je možné vidět na obrázku č. 5.

Obrázek 5: plynový kondenzační kotel Protherm Tiger Condens 25 KKZ21-A



Zdroj: <https://www.gas.cz/protherm-tiger-condens-25-kkz21--a/produkt/3730/249/> [online]. [cit. 4.10.2022].

V instalačních nákladech jsou již zahrnuté náklady na přístavbu komínu pro odvod zplodin. Jedná se o izolovaný komín pro provoz v suchém prostředí o průměru 230 mm a výšce 4,75m. V současném okamžiku by takováto dostavba činila 20 862 Kč. Samotná instalace plynového kotle vychází na 42 586 Kč společně s instalačním materiálem potřebným ke správnému ukotvení zařízení a napojení na otopnou soustavu. V tabulce č. 12 jsou rozepsány instalační náklady elektrokotle.

Tabulka 12 Náklady na instalaci plynového kotle

Rozpis nákladů k instalaci zařízení	
Komín	20 286,00 Kč
Instalační materiál	15 000,00 Kč
Instalace kotle	7 300,00 Kč
Celkem instalace	42 586,00 Kč

Zdroj: <https://www.kominynerezove.cz/> [online]. [cit. 4.10.2022].

Po zahrnutí nákladů na otopnou soustavu v tabulce č. 13 tak vstupní náklady na investici včetně ceny zařízení dosahují částky 159 927 Kč.

Tabulka 13 Vstupní náklady variatny s konezačním plynovým kotlem Protherm Tiger Condens 25 KKZ21-A

Vstupní N	
Cena zařízení	73 401,00 Kč
Instalace:	42 586,00 Kč
Otopná soustava	43 940,00 Kč
Celkem:	159 927,00 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování z ceníku Kotelnanaklic.cz, [cit 4.10.2022]

Výpočet nákladů na provoz vychází z potřeby energie pro vytápění. V případě zahrnutí vysoké efektivity zařízení, ve výši 108,00 %, lze očekávat snížení potřebné energie na vytápění, jak ukazuje následující tabulka č.14. V této koncepci nelze aplikovat úsporu z fotovoltaické elektrárny.

Tabulka 14: varianta B – celková potřeba energie

Potřeba energie domu	12,70	MWh/rok
Účinnost	108,00	%
Celkem potřeba energie	11,68	MWh/rok

Zdroj: Vlastní zpracování

Následně po vyčíslení potřeby energie je možné kalkulovat náklady na provoz. Dle platného ceníku ČEZ z 1.9.2022 je sazba pro elektřinu ve výši 4 259,66 Kč/MWh, náklad na provoz tak dle tabulky č. 15 vychází na 51 805,19 Kč.

Tabulka 15: Náklady na provoz k 1.9.2022

Náklady na provoz 1.9.2022		
Konečná potřeba energie včetně účinnosti	11,68	MWh/rok
Sazba k 1.9.2022:	4 259,66	Kč/MWh
Cena potřebné energie	49 769,87	Kč
Pravidelné platby	2 035,32	Kč
Celkem cena za provoz	51 805,19	Kč

Zdroj: Vlastní zpracování

Po zastropování cen plynu od roku 2023 však dojde ke znatelnému poklesu nákladů na provoz. Při zastropování dojde ke snížení ceny plynu za MWh na částku 3 025 Kč jak ukazuje tabulka č 16:

Tabulka 16 Náklady na provoz při zastropování cen elektřiny

Náklady na provoz při zastropování		
Konečná potřeba energie včetně účinnosti	11,68	MWh/rok
Sazba od 1.1.2023:	3 025,00	Kč/MWh
Cena potřebné energie	35 344,10	Kč
Pravidelné platby	1 560,00	Kč
Celkem cena za provoz	36 904,10	Kč

Zdroj: Vlastní zpracování

Při zastropování cen plynu tak dojde k poklesu očekávaných nákladů na provoz na částku 36 904,10 Kč, tedy pokles o 28,76 % V následujících výpočtech jsou využity ceny elektřiny po zastropování. Při provozu plynového kotle je povinností jednou za tři roky podstoupit servisní prohlídku, nicméně sezónní kontroly jsou doporučeny provádět každým rokem, před zahájením sezóny. Z toho důvodu je na servis vyhrazena částka 3 000 Kč ročně.

Výhody plynového kotle:

- Vysoká účinnost
- Ekologičnost
- Nízké náklady na provoz

Nevýhody plynového kotle:

- Závislost dodávek komodity na jiných státech
- Silný vliv mezinárodní situace
- Nutnost revizí

5.2.5 Varianta C: Tepelné čerpadlo

Koncepce využívající tepelné čerpadlo jako zdroj vytápění využije zařízení Samsung EHS Mono. Vzhled zařízení je viditelný na obrázku č.6. Jedná se o tepelné čerpadlo typu vzduch-voda s přímým napojením výstupu tepla do topné vody v radiátorech. Součástí sestavy je i zařízení Control Kit pro ovládání tepelného čerpadla a řízení příslušenství. Díky tomu je zařízení možno velmi snadno ovládat a regulovat teplotu do požadované hodnoty (Baxx.cz, [online]. [cit. 2022-10-10]).

Obrázek 6: Tepelné čerpadlo Samsung EHS Mono



Zdroj: <https://www.baxx.cz/ehs-mono/samsung-ehs-mono-16-0kw--380v> [online]. [cit. 2022-10-10]. /

Životnost tepelných čerpadel se pohybuje do 15 let. Od 15 roku fungování se očekává zvýšená poruchovost zařízení, ale tak jako u všech zařízení, konkrétní délka životnosti je ovlivněna mnohými faktory. Velký vliv má samozřejmě kvalita zařízení a doba používání. V rámci údržby zařízení je vhodné každý rok před změnou sezón provést servisní prohlídku zařízení, která zajistí, že je zařízení funkční a připraveno na zimní období. Zároveň se díky ní zajistí dlouholetá životnost. Náklady na takové prohlídky se pohybují okolo částky 1 800 Kč ročně (Abeceda-čerpadel.cz, [online]. [cit. 2022-10-5]).

U tepelných čerpadel se místo účinnosti zařízení využívá pro určení jeho efektivity tzv. Topný faktor. Ten je uváděn jako číslo, někdy označené pod zkratkou COP z anglického Coefficient of Performance. Jedná se o vypočítaný poměr mezi získanou tepelnou energií a spotřebovanou elektrickou energií. Čím vyšší topný faktor, tím více je úspornější provoz čerpadla oproti ostatním typům vytápění (Eon.cz, [online]. [cit. 2022-10-5]).

Výpočet potřeby energie koncepce se zahrnutím topného faktoru je rozepsán v tabulce č. 17

Tabulka 17: Celková potřeba energie tepelného čerpadla Samsung EHS Mono

Potřeba energie	12,7	MWh/rok
Úspora energie FVE	0,09	MWh/rok
Topný faktor	4,42	
Celkem potřeba energie	2,85	MWh/rok

Zdroj: Vlastní zpracování

V následující tabulce č. 18 je viditelný výpočet nákladů na provoz bez zastropování cen elektřiny od roku 2023, kdy se konečná potřeba energie vynásobí sazbou za elektrickou energii. Výsledkem je cena spotřebované energie za rok, tedy 24 905,95. Dále je třeba přičíst pravidelné platby za jistič, za rok tato částka dosahuje hodnoty 4 936,80 Kč, tedy 411,4 Kč za měsíc. Jako další náklad jsou připočteny náklady na pravidelnou údržbu, které jsou odhadnuty na částku 1 800 Kč za rok, v příštích výpočtech budou započítány od druhého roku, neboť tepelné čerpadlo je vhodné pravidelně před začátkem topné sezóny podrobit servisní prohlídce. Celkové provozní náklady za rok tak vychází na částku 29 842,75 Kč.

Tabulka 18: Výpočet nákladů na provoz elektrokotle v prvním roce

Náklady na provoz		
Konečná potřeba energie včetně účinnosti	2,85	MWh/rok
Sazba: k 1.9.2022	8 729,92	Kč/MWh
Cena potřebné energie	24 905,95	Kč
Platba za jistič celkem ročně	4 936,80	Kč
Celkem cena za provoz v 1. roce	29 842,75	Kč

Zdroj: Vlastní zpracování 1.9.2022

Od 1.1.2023 po zastropování cen elektřiny na částku 6,05 Kč za kWh, cena za provoz v prvním roce bude dosahovat částky 20 620,29 Kč, jak je viditelné v následující tabulce č. 19.

Tabulka 19 Náklady na provoz při zastropování cen elektřiny

Náklady na provoz při zastropování		
Konečná potřeba energie včetně účinnosti	2,85	MWh/rok
Sazba po zastropování cen	6 050,00	Kč/MWh
Cena potřebné energie	17 260,29	Kč
Platba za jistič celkem ročně	1 560,00	Kč
Celkem cena za provoz v 1. roce	18 820,00	Kč

Zdroj: Vlastní zpracování 5.10.2022

Při zastropování cen od ledna 2023 dojde ke snížení nákladů o 34,83 %. V následujících výpočtech je jsou využity ceny elektřiny po zastropování.

Zároveň v programu zelená úsporám je možné zažádat pro tepelné čerpadlo o dotaci ve výši 80 000 Kč.

Výhody tepelného čerpadla:

- Efektivita
- Velmi nízké náklady na provoz
- Ekologičnost
- Dotace

Nevýhody tepelného čerpadla

- Vysoká vstupní investice

5.3 Průměrné roční náklady

Pro výpočet průměrných ročních nákladů byl využit vztah dle vztahu 3.27. Roční odpisy jsou vypočteny jako podíl výše vstupní investice a doby životnosti investice. Výpočet odúročitele je dále projednáván v tabulce č. 24 v kapitole 5.4. Ostatní roční náklady představují skutečné náklady na provoz. Průměrné roční náklady jsou vypočteny ve variantě s nízkým rizikem a variantě s vysokým rizikem v tabulce č. 20.

Tabulka 20: Průměrné roční náklady – nízké riziko

	Varianta A: Elektrokotel	Varianta B: Plynový kotel	Varianta C: Tepelné čerpadlo
Roční odpisy	4 784,27	10 661,80	19 262,67
Výnosnost	0,083	0,083	0,083
Investiční náklad	71 764,00	159 927,00	288 940,00
Ostatní roční náklady	78 231,95	36 904,10	18 820,29
Průměrný roční náklad	88 972,63	60 839,84	62 064,98

Zdroj: Vlastní zpracování

Po vypočtení průměrných ročních nákladů tak jako varianta s nejnižšími průměrnými náklady vychází varianta využívající plynový kotel s částkou 60 839,84 Kč. Varianta s druhými nejnižšími průměrnými náklady vychází tepelné čerpadlo s částkou 62 064,98 Kč a varianta s nejhůře hodnocenými průměrnými náklady vychází elektrokotel s částkou 88 972,63, jak je viditelné v tabulce č. 21.

Tabulka 21: Pořadí průměrných ročních nákladů – nízké riziko

Průměrný roční náklad - nízké riziko		
Náklad:	Zařízení	Pořadí:
88 972,63	Elektrokotel	3.
61 315,16	Plynový kotel	1.
62 064,98	Tepelné čerpadlo	2.

Zdroj: Vlastní zpracování

V případě vývoje s vysokým rizikem jsou průměrné náklady vykalkulovány v tabulce č.22

Tabulka 22: Průměrné roční náklady vysoké riziko

	Varianta A: Elektrokotel	Varianta B: Plynový kotel	Varianta C: Tepelné čerpadlo
Roční odpisy	4 784,27	10 661,80	19 262,67
Výnosnost	0,143	0,143	0,143
Investiční náklad	71 764,00	159 927,00	288 940,00
Ostatní roční náklady	78 231,95	37 379,42	20 620,29
Průměrný roční náklad	93 278,47	70 435,46	79 401,38

Zdroj: Vlastní zpracování

Jak je viditelné v tabulce č.22 ve variantě s vysokým rizikem vychází seřazení následovně: plynový kotel se umístil jako varianta s nejnižšími průměrnými náklady ve výši 70 435,46Kč, následuje tepelné čerpadlo s částkou 79 401,38 Kč, a nakonec elektrokotel s částkou 93 278,47 Kč. Komparace pořadí variant je zobrazena v tabulce č. 23

Tabulka 23 Pořadí průměrných ročních nákladů vysoké riziko

Průměrný roční náklad – pesimistická varianta		
Náklad:	Zařízení	Pořadí:
93 278,47	Elektrokotel	3.
70 910,78	Plynový kotel	1.
79 401,38	Tepelné čerpadlo	2.

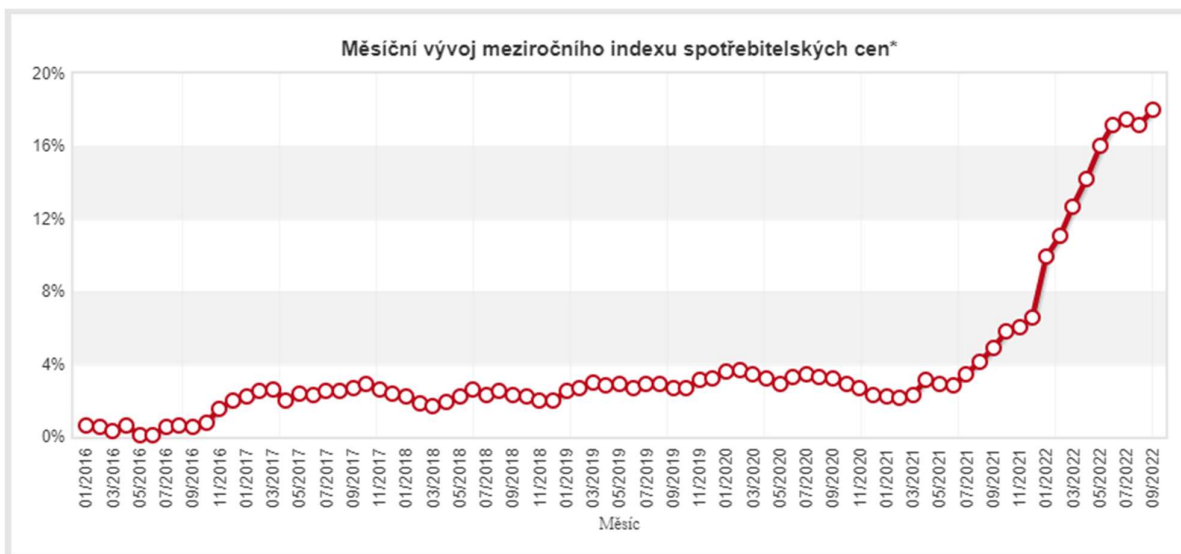
Zdroj: Vlastní zpracování

5.4 Čistá současná hodnota

Pro výpočet čisté současné hodnoty dle vztahu 3.5.1 je použita výše investice každé koncepční varianty. Jednotlivé koncepce využívají zařízení s velmi podobnou odhadovanou dobou životnosti, proto je pro sjednocení určena doba životnosti 15 let. Investice do tepelného zařízení negenerují žádné příjmy lze tedy očekávat, že i čistá současná hodnota bude dosahovat záporných částek. Důležité však je určit takové řešení energetické koncepce, jejichž hodnoty budou dosahovat co nejnižších nákladů jak při nákupu, tak při pozdějším provozu. K výpočtu čisté současné hodnoty se využije odúročitel. Pro výpočet odúročitele byla zvolena inflace, průměrný výnos desetiletého státního dluhopisu v časové řadě ARAD sestavené Českou národní bankou a míra rizikovosti investice, která vyjádří dvě varianty vývoje, variantu optimistickou a variantu pesimistickou.

V roce 2021 dosáhla průměrná roční míra inflace 3,8 %. Vývoj inflace jde však strmě nahoru, míra inflace vyjádřená přírůstkem indexu spotřebitelských cen ke stejnému měsíci předchozího roku dosáhla v září 2022 výše 18,0 %. Turbulentní období a nejistý budoucí vývoj cen tak neumožňuje dostatečný budoucí odhad vývoje inflace. Strmý nárůst inflace v posledních měsících je vyjádřen v grafu č. 2. Je viditelné, že v září 2022 dosáhla inflace oproti předchozím letem naprostého maxima a její vývoj může být stále rostoucí. Udržení stálého rostoucího trendu je však nepravděpodobné a pro výpočty v dalších částech této práce proto bude použita inflace za rok 2021, tedy 3,8 % jako standard, do kterého se po ukončení krize ekonomika opět navrátí (czso.cz, [online]. [cit. 2022-10-10]).

Graf 2: Měsíční vývoj meziročního indexu spotřebitelských cen



Zdroj: Český statistický úřad, dostupné online https://www.czso.cz/csu/czso/inflace_spotrebitelske_ceny [online]. [cit. 2022-10-20].

Čistá současná hodnota bude vypočtena ve dvou variantách. Pro vyjádření potenciálního negativního vývoje v budoucnu bude v odúročiteli zahrnuta míra rizikovosti investice, kterou dojde ke snížení hodnoty peněz. Ta bude odhadnuta ve variantě optimistické a pesimistické. Optimistická varianta počítá s ustálením a uklidněním současné světové situace. Míra rizikovosti investice tak bude využita ve výši 3 %. V pesimistické variantě se očekává zhoršení situace, kdy dojde ke zvýšení rizikovosti až na 9 %. V tabulce č. 24 jsou vyjádřeny sečtené hodnoty tvořící konečný odúročitel.

Tabulka 24 Výpočet odúročitele

Varianta:	Optimistická	Pesimistická
Inflace:	3,8 %	3,8 %
Výnos státního dluhopisu: z časové řady ARAD	1,5 %	1,5 %
Míra rizikovosti:	3,00 %	9,00 %
Odúročitel:	8,3 %	14,3 %

Zdroj: Vlastní zpracování

5.4.1 ČSH varianta A – elektrokotel

Při odhadu nákladů se očekává meziroční růst nákladů o 3,8 % od druhého roku života investice. Zároveň od druhého roku je vhodné očekávat nutnost vynaložit náklady na údržbu, které jsou odhadnuty na částku 500 Kč v druhém roce a dále se taktéž o inflaci navyšují, jak je viditelné v tabulka č. 25.

Tabulka 25 Elektrokotel – peněžní toky

Peněžní toky				
Rok	Údržba a její růst o inflaci	Výdaje vč. Pravidelných plateb na údržbu	Cashflow	Kumulovaný Cashflow
0	0	71 764,00	-71 764,00	-71 764,00
1	0	78 231,95	-78 231,95	-149 995,95
2	500,00	81 704,77	-81 704,77	-71 764,00
3	519,00	84 809,55	-84 809,55	-149 995,95
4	538,72	88 032,31	-88 032,31	-231 700,72
5	559,19	91 377,54	-91 377,54	-316 510,27
6	580,44	94 849,88	-94 849,88	-404 542,58
7	602,50	98 454,18	-98 454,18	-495 920,12
8	625,39	102 195,44	-102 195,44	-590 770,00
9	649,16	106 078,87	-106 078,87	-689 224,18
10	673,83	110 109,86	-110 109,86	-791 419,62

11	699,43	114 294,04	-114 294,04	-897 498,49
12	726,01	118 637,21	-118 637,21	-1 007 608,35
13	753,60	122 391,83	-125 295,87	-1 121 902,39
14	782,24	127 042,71	-130 057,11	-1 240 539,60
15	811,96	131 870,34	-134 999,28	-1 363 685,02

Zdroj: Vlastní zpracování

Jak je vidět v tabulce č. 26, čistá současná hodnota elektrokotle v případě nižší rizikivosti vychází na částku - 895 023,00 Kč. V případě vyšší rizikivosti se jedná o částku -644 340,69 Kč

Tabulka 26 Elektrokotel - ČSH

Rok	Cashflow	Varianta nižšího rizika			Varianta vyššího rizika		
		Odúročitel	Diskontovaný CF	Kumulovaný diskontovaný CF	Odúročitel	Diskontovaný CF	Kumulovaný diskontovaný CF
		0,083			0,143		
0	-71 764,00	1	-71 764,00	-71 764,00	1	-71 764,00	-71 764,00
1	-78 231,95	1,08	-72 236,34	-144 000,34	1,14	-68 444,40	-140 208,40
2	-81 704,77	1,17	-69 661,12	-213 661,46	1,31	-62 539,58	-202 747,98
3	-84 809,55	1,27	-66 766,62	-280 428,08	1,49	-56 794,47	-259 542,45
4	-88 032,31	1,38	-63 992,38	-344 420,46	1,71	-51 577,13	-311 119,58
5	-91 377,54	1,49	-61 333,42	-405 753,88	1,95	-46 839,07	-357 958,65
6	-94 849,88	1,61	-58 784,94	-464 538,82	2,23	-42 536,27	-400 494,93
7	-98 454,18	1,75	-56 342,35	-520 881,17	2,55	-38 628,74	-439 123,67
8	-102 195,44	1,89	-54 001,26	-574 882,43	2,91	-35 080,17	-474 203,84
9	-106 078,87	2,05	-51 757,44	-626 639,86	3,33	-31 857,58	-506 061,42
10	-110 109,86	2,22	-49 606,85	-676 246,71	3,81	-28 931,03	-534 992,45
11	-114 294,04	2,40	-47 545,62	-723 792,34	4,35	-26 273,33	-561 265,77
12	-118 637,21	2,60	-45 570,04	-769 362,38	4,97	-23 859,77	-585 125,54
13	-123 145,43	2,82	-43 676,55	-813 038,93	5,68	-21 667,92	-606 793,46
14	-127 824,95	3,05	-41 861,74	-854 900,67	6,50	-19 677,43	-626 470,89
15	-132 682,30	3,31	-40 122,33	-895 023,00	7,42	-17 869,79	-644 340,69

Zdroj: Vlastní zpracování

5.4.2 ČSH varianta B – plynový kotel

Do výdajů spadá odhadovaný náklad na provoz začínající na částce 37 379,42 Kč. Růst cen je opět vyjádřený meziročním růstem inflace, která se v roce 2021 pohybovala u 3,8%. Na údržbu a

povinnou servisní prohlídku je dále v tabulce č. 27 vyhrazena částka 3 000 Kč, která se průběžně s vývojem času a inflace bude zvyšovat, jak je viditelné v časové řadě.

Tabulka 27 Plynový kotel - peněžní toky

Čistá současná hodnota				
Rok	Údržba a její růst o inflaci	Výdaje vč. Pravidelných plateb na údržbu	Cashflow	Kumulované cashflow
Meziroční růst:		3,8		
0	0	159 927,00	-159 927,00	0,00
1	0,00 Kč	36 904,10	-36 904,10	-36 904,10
2	3 000,00 Kč	41 306,46	-41 306,46	-78 210,56
3	3 114,00 Kč	42 876,10	-42 876,10	-121 086,66
4	3 232,33 Kč	44 505,39	-44 505,39	-165 592,05
5	3 355,16 Kč	46 196,60	-46 196,60	-211 788,65
6	3 482,66 Kč	47 952,07	-47 952,07	-259 740,72
7	3 615,00 Kč	49 774,25	-49 774,25	-309 514,96
8	3 752,37 Kč	51 665,67	-51 665,67	-361 180,63
9	3 894,96 Kč	53 628,96	-53 628,96	-414 809,60
10	4 042,97 Kč	55 666,86	-55 666,86	-470 476,46
11	4 196,60 Kč	57 782,21	-57 782,21	-528 258,67
12	4 356,07 Kč	59 977,93	-59 977,93	-588 236,60
13	4 521,60 Kč	62 257,09	-62 257,09	-650 493,69
14	4 693,42 Kč	64 622,86	-64 622,86	-715 116,55
15	4 871,77 Kč	67 078,53	-67 078,53	-782 195,08

Zdroj: Vlastní zpracování

V tabulce č. 28 je viditelná čistá současná hodnota plynového kotle při nízkém riziku 569 470,04 Kč. V případě vyššího rizika se jedná o částku 444 371,83 Kč

Tabulka 28 Plynový kotel - ČSH

Rok	Cashflow	Varianta nižšího rizika			Varianta vyššího rizika		
		Odúročitel	Diskontovaný CF	Kumulovaný diskontovaný CF	Odúročitel	Diskontovaný CF	Kumulovaný diskontovaný CF
		0,083			0,143		
0	-159 927,00	1	-159 927,00	-159 927,00	1	-159 927,00	-159 927,00
1	-37 379,42	1,08	-34 514,70	-194 441,70	1,14	-32 702,90	-192 629,90
2	-40 799,84	1,17	-34 785,76	-229 227,46	1,31	-31 229,57	-223 859,47
3	-42 350,23	1,27	-33 340,37	-262 567,83	1,49	-28 360,71	-252 220,18
4	-43 959,54	1,38	-31 955,04	-294 522,87	1,71	-25 755,40	-277 975,58
5	-45 630,00	1,49	-30 627,26	-325 150,13	1,95	-23 389,41	-301 364,99

6	-47 363,94	1,61	-29 354,66	-354 504,80	2,23	-21 240,78	-322 605,77
7	-49 163,77	1,75	-28 134,94	-382 639,74	2,55	-19 289,53	-341 895,30
8	-51 032,00	1,89	-26 965,90	-409 605,64	2,91	-17 517,52	-359 412,82
9	-52 971,21	2,05	-25 845,43	-435 451,07	3,33	-15 908,30	-375 321,13
10	-54 984,12	2,22	-24 771,52	-460 222,59	3,81	-14 446,91	-389 768,04
11	-57 073,51	2,40	-23 742,23	-483 964,83	4,35	-13 119,77	-402 887,80
12	-59 242,31	2,60	-22 755,72	-506 720,54	4,97	-11 914,54	-414 802,34
13	-61 493,52	2,82	-21 810,19	-528 530,73	5,68	-10 820,03	-425 622,37
14	-63 830,27	3,05	-20 903,95	-549 434,68	6,50	-9 826,06	-435 448,43
15	-66 255,82	3,31	-20 035,36	-569 470,04	7,42	-8 923,40	-444 371,83

Zdroj: Vlastní zpracování

5.4.3 ČSH varianta C – tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlo jako jediné generuje příjem, a to v roce pořízení investice, kdy je poskytnuta dotace 80 000 Kč. Tato částka tedy v následujících výpočtech bude interpretována jako příjem plynoucí z investice, od které jsou následně odečteny náklady pro výpočet cashflow. V roce pořízení tak investice dosahuje částky 288 940 Kč. Pro tepelné čerpadlo je dále možné využít dotaci **80 000 Kč**. Po jejím zahrnutí tak vstupní náklad klesne na 208 940 Kč v tabulce č. 29.

Tabulka 29 Tepelné čerpadlo – peněžní toky s dotací

Peněžní toky				
Rok	Údržba a její růst o inflaci	Výdaje vč. Pravidelných plateb na údržbu	Cashflow	Kumulovaný Cashflow
0	0,00 Kč	288 940,00	-208 940,00	-208 940,00
1	0,00 Kč	18 820,29	-18 820,29	-227 760,29
2	1 800,00 Kč	21 335,47	-21 335,47	-249 095,76
3	1 868,40 Kč	22 146,21	-22 146,21	-271 241,97
4	1 939,40 Kč	22 987,77	-22 987,77	-294 229,74
5	2 013,10 Kč	23 861,30	-23 861,30	-318 091,05
6	2 089,59 Kč	24 768,03	-24 768,03	-342 859,08
7	2 169,00 Kč	25 709,22	-25 709,22	-368 568,30
8	2 251,42 Kč	26 686,17	-26 686,17	-395 254,47
9	2 336,97 Kč	27 700,24	-27 700,24	-422 954,71
10	2 425,78 Kč	28 752,85	-28 752,85	-451 707,57
11	2 517,96 Kč	29 845,46	-29 845,46	-481 553,03
12	2 613,64 Kč	30 979,59	-30 979,59	-512 532,62
13	2 712,96 Kč	32 156,81	-32 156,81	-544 689,43
14	2 816,05 Kč	33 378,77	-33 378,77	-578 068,20

15	2 923,06 Kč	34 647,17	-34 647,17	-612 715,37
----	-------------	-----------	------------	-------------

Zdroj: Vlastní zpracování

Pro nízké riziko vychází čistá současná hodnota - 422 431,55 Kč a pro vyšší riziko vychází čistá současná hodnota – 357 049,14, viz tabulka č. 30

Tabulka 30 Tepelné čerpadlo – ČSH s dotací

Rok	Cashflow	Varianta nižšího rizika			Varianta vyššího rizika		
		Odúročitel	Diskontovaný CF	Kumulovaný diskontovaný CF	Odúročitel	Diskontovaný CF	Kumulovaný diskontovaný CF
		0,08			0,143		
0	-208 940,00	1,00	-208 940,00	-208 940,00	1,00	-208 940,00	-208 940,00
1	-18 820,29	1,08	-17 377,93	-226 317,93	1,14	-16 465,70	-225 405,70
2	-21 335,47	1,17	-18 190,52	-244 508,45	1,31	-16 330,88	-241 736,58
3	-22 146,21	1,27	-17 434,68	-261 943,13	1,49	-14 830,67	-256 567,25
4	-22 987,77	1,38	-16 710,25	-278 653,39	1,71	-13 468,27	-270 035,52
5	-23 861,30	1,49	-16 015,92	-294 669,31	1,95	-12 231,03	-282 266,55
6	-24 768,03	1,61	-15 350,44	-310 019,75	2,23	-11 107,44	-293 374,00
7	-25 709,22	1,75	-14 712,61	-324 732,35	2,55	-10 087,08	-303 461,07
8	-26 686,17	1,89	-14 101,28	-338 833,64	2,91	-9 160,44	-312 621,52
9	-27 700,24	2,05	-13 515,36	-352 348,99	3,33	-8 318,93	-320 940,45
10	-28 752,85	2,22	-12 953,78	-365 302,77	3,81	-7 554,72	-328 495,17
11	-29 845,46	2,40	-12 415,53	-377 718,30	4,35	-6 860,72	-335 355,89
12	-30 979,59	2,60	-11 899,65	-389 617,95	4,97	-6 230,47	-341 586,36
13	-32 156,81	2,82	-11 405,20	-401 023,15	5,68	-5 658,12	-347 244,48
14	-33 378,77	3,05	-10 931,30	-411 954,46	6,50	-5 138,34	-352 382,83
15	-34 647,17	3,31	-10 477,09	-422 431,55	7,42	-4 666,32	-357 049,14

Zdroj: Vlastní zpracování

Varianta bez zahrnutí dotace pro tepelné čerpadlo je znázorněna v tabulce č.31 Vstupní náklady jsou ponechány na původní částce 288 940 Kč. Dotace nemá vliv na peněžní toky varianty.

Tabulka 31 Tepelné čerpadlo – peněžní toky bez dotace

Peněžní toky bez dotace				
Rok	Údržba a její růst o inflaci	Výdaje vč. Pravidelných plateb na údržbu	Cashflow	Kumulovaný Cashflow
0	0	288 940,00	-288 940,00	-288 940,00
1	0,00 Kč	20 620,29	-20 620,29	-312 560,29

2	1 800,00 Kč	21 403,87	-21 403,87	-337 078,16
3	1 868,40 Kč	22 217,21	-22 217,21	-362 527,70
4	1 939,40 Kč	23 061,47	-23 061,47	-388 944,33
5	2 013,10 Kč	23 937,80	-23 937,80	-416 364,79
6	2 089,59 Kč	24 847,44	-24 847,44	-444 827,23
7	2 169,00 Kč	25 791,64	-25 791,64	-474 371,23
8	2 251,42 Kč	26 771,72	-26 771,72	-505 037,91
9	2 336,97 Kč	27 789,05	-27 789,05	-536 869,93
10	2 425,78 Kč	28 845,03	-28 845,03	-569 911,56
11	2 517,96 Kč	29 941,14	-29 941,14	-604 208,77
12	2 613,64 Kč	31 078,91	-31 078,91	-639 809,28
13	2 712,96 Kč	32 259,91	-32 259,91	-676 762,61
14	2 816,05 Kč	33 485,78	-33 485,78	-715 120,16
15	2 923,06 Kč	34 758,24	-34 758,24	-754 935,30

Zdroj: Vlastní zpracování

Při nezahrnutí dotace vychází v tabulce č. 32 čistá současná hodnota při nižším riziku – 502 431,55 Kč, při vyšším riziku dosahuje částky -437 049,14 Kč. Oproti výpočtu ČSH tepelného čerpadla se zahrnutím dotace je tak možné pozorovat značný rozdíl v hodnotách.

Tabulka 32 Tepelné čerpadlo – Čistá současná hodnota bez dotace

Rok	Cashflow	Varianta nižšího rizika			Varianta vyššího rizika		
		Odúročitel	Diskontovaný CF	Kumulovaný diskontovaný CF	Odúročitel	Diskontovaný CF	Kumulovaný diskontovaný CF
0	-288 940,00	1,00	-288 940,00	-288 940,00	1,00	-288 940,00	-288 940,00
1	-18 820,29	1,08	-17 377,93	-306 317,93	1,14	-16 465,70	-305 405,70
2	-21 335,47	1,17	-18 190,52	-324 508,45	1,31	-16 330,88	-321 736,58
3	-22 146,21	1,27	-17 434,68	-341 943,13	1,49	-14 830,67	-336 567,25
4	-22 987,77	1,38	-16 710,25	-358 653,39	1,71	-13 468,27	-350 035,52
5	-23 861,30	1,49	-16 015,92	-374 669,31	1,95	-12 231,03	-362 266,55
6	-24 768,03	1,61	-15 350,44	-390 019,75	2,23	-11 107,44	-373 374,00
7	-25 709,22	1,75	-14 712,61	-404 732,35	2,55	-10 087,08	-383 461,07
8	-26 686,17	1,89	-14 101,28	-418 833,64	2,91	-9 160,44	-392 621,52
9	-27 700,24	2,05	-13 515,36	-432 348,99	3,33	-8 318,93	-400 940,45
10	-28 752,85	2,22	-12 953,78	-445 302,77	3,81	-7 554,72	-408 495,17
11	-29 845,46	2,40	-12 415,53	-457 718,30	4,35	-6 860,72	-415 355,89
12	-30 979,59	2,60	-11 899,65	-469 617,95	4,97	-6 230,47	-421 586,36
13	-32 156,81	2,82	-11 405,20	-481 023,15	5,68	-5 658,12	-427 244,48
14	-33 378,77	3,05	-10 931,30	-491 954,46	6,50	-5 138,34	-432 382,83
15	-34 647,17	3,31	-10 477,09	-502 431,55	7,42	-4 666,32	-437 049,14

Zdroj: Vlastní zpracování

5.4.4 ČSH – porovnání variant

Porovnání čistých současných hodnot jednotlivých variant, znázorněno v tabulce č. 33 pro nízké riziko a v tabulce č. 34 pro vysoké riziko. Ačkoliv se v závislosti na rizikovosti čistá současná hodnota variant mění, samotné pořadí jednotlivých variant zůstává v obou případech stejné.

Tabulka 33 ČSH – porovnání variant - nízké riziko

Varianta	Nízké riziko	Pořadí
Elektrokotel	-895 023,00	4.
Plynový kotel	-573 687,93	3.
Tepelné čerpadlo s dotací	-422 431,55	1.
Tepelné čerpadlo bez dotace	-502 431,55	2.

Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulka 34 ČSH – porovnání variant - vysoké riziko

Varianta	Vysoké riziko	Pořadí
Elektrokotel	-644 340,69	4.
Plynový kotel	-447 081,90	3.
Tepelné čerpadlo s dotací	-357 049,14	1.
Tepelné čerpadlo bez dotace	-437 049,14	2.

Zdroj: Vlastní zpracování

Je zde tedy viditelné, že v obou případech rizikovosti nejlépe vychází ČSH pro variantu C - tepelné čerpadlo s dotací, jako druhá nejvýhodnější varianta je varianta C s využitím tepelného čerpadla bez dotace. Třetí varianta je varianta B - plynový kotel a čtvrtá varianta A - elektrokotel. Vliv státní podpory pro variantu C s tepelným čerpadlem je zde jasně viditelný, kdy snižuje záporné hodnoty čisté současné hodnoty o znatelné částky.

5.5 Návratnost

Pro správné investiční rozhodování je důležitý předpoklad, zdali je dodávka tepla zajištěna s co nejnižšími náklady. Z pravidla investice do technického vybavení domu nenesou žádné výnosy. Výnosy proto v tomto případě budou nahrazeny úsporou. Pro tento účel tak bude stanovena referenční varianta, a to taková, která by byla přítomna v případě, kdy by ani jedna z variant nebyla vybrána. Jako referenční varianta tak byla zvolena koncepce využívající k vytápění domu kotel na pevná paliva, konkrétně na hnědé uhlí. Vzhledem k vysokým cenám energií se mnozí k pevným palivům opět vracejí, nicméně nelez vyloučit negativní vliv na životní prostředí, neboť při spalování fosilních paliv dochází k uvolňování značného množství škodlivých látek a skleníkových plynů. Uhlí jakožto fosilní palivo je vyčerpatelné a jeho zásoby na území České republiky jsou omezené. Z technických údajů referenční varianty budou vykalkulovány náklady na investici a náklady na provoz v následujících patnácti letech životnosti. V tabulce č. 35 jsou vstupní výdaje k instalaci zařízení. Jedná se o zařízení Kotel Komfort EKO MINI 24 kW Toto zařízení má životnost kolem 15 let Samotné zařízení má cenu 115 911,00 Kč, jeho instalace včetně potřebných stavebních úprav jako je komín se pohybuje na částce 80 000 Kč. Součástí instalace musí být i otopná soustava, viz kapitola 5.2.1,

Tabulka 35 Referenční varianta – instalační náklady

Rok 0 - instalace	
Vstupní N	
Cena zařízení	115 911,00 Kč
Instalace:	80 000,00 Kč
Otopná soustava	43 940,00 Kč
Celkem:	239 851,00 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování

Vstupní náklady na instalaci kotle na hnědé uhlí jsou vyjádřeny v tabulce č. 36. jeho účinnost se pohybuje okolo 85 %. Výhřevnost hnědé uhlí se pohybuje u 2,78 kWh/kg. Z toho vyplývá potřeba paliva 5 253,5971 Kg za rok. Při ceně hnědé uhlí 6,19 Kč/kg tak celková cena paliva na provoz kotle ročně vychází na částku 32 519,77 Kč.

Tabulka 36 Referenční varianta – provozní náklady

Provozní N		
Potřeba energie	12,70	MWh/rok
Úspora energie FVE	0	MWh/rok
Účinnost	85	%
Celkem potřeba energie	12,7	MWh/rok
Dorovnání účinnosti kotle	1,905	MWh/rok
Konečná potřeba eng včetně účinnosti	14,61	MWh/rok
Náklady na provoz		
Cena potřebné energie	32 519,77	Kč
Celkem cena za provoz	32 519,77	Kč

Zdroj: Vlastní zpracování

V tabulce č.37 jsou dále vyčísleny peněžní toky referenční varianty. Zahrnuty jsou i náklady na pravidelnou údržbu, které dosahují částky 2 000 Kč od druhého roku provozu. Zařízení kotle na spalování hnědého uhlí je taktéž nutné pravidelně udržovat, aby bylo dosaženo co nejvyšší efektivity a životnosti zařízení. Částka 2 000 Kč odpovídá pravidelným revizím s vývojem v čase o inflaci.

Tabulka 37 Referenční varianta – peněžní toky

Náklady v průběhu let referenční varianty					
Rok	údržba+ inflace	Výdaje	Výdaje vč. Pravidelných plateb	Cashflow	Kumulovaný CF
	3,80				
0	0	239 851,00	239 851,00	-239 851,00	-239 851,00
1	0	32 519,77	32 519,77	-32 519,77	-272 370,77
2	2 000,00	33 755,52	35 755,52	-35 755,52	-308 126,28
3	2 076,00	35 038,23	37 114,23	-37 114,23	-345 240,51
4	2 154,89	36 369,68	38 524,57	-38 524,57	-383 765,08
5	2 236,77	37 751,73	39 988,50	-39 988,50	-423 753,58
6	2 321,77	39 186,29	41 508,06	-41 508,06	-465 261,64
7	2 410,00	40 675,37	43 085,37	-43 085,37	-508 347,01
8	2 501,58	42 221,04	44 722,61	-44 722,61	-553 069,63
9	2 596,64	43 825,44	46 422,07	-46 422,07	-599 491,70
10	2 695,31	45 490,80	48 186,11	-48 186,11	-647 677,82
11	2 797,73	47 219,45	50 017,19	-50 017,19	-697 695,00
12	2 904,05	49 013,79	51 917,84	-51 917,84	-749 612,84
13	3 014,40	50 876,32	53 890,72	-53 890,72	-803 503,56
14	3 128,95	52 809,62	55 938,56	-55 938,56	-859 442,12
15	3 247,85	54 816,38	58 064,23	-58 064,23	-917 506,35

Zdroj: Vlastní zpracování

V tabulce č. 38 jsou viditelné náklady na porovnávané varianty v průběhu let, jež jsou kalkulované v kapitolách č. 5.4.1 pro elektrokotel, v kapitole č. 5.4.2. pro plynový kotel a v kapitole č. 5.4.3. pro tepelné čerpadlo. Tyto hodnoty jsou již navýšené o pravidelné platby.

Tabulka 38 náklady na provoz porovnávaných variant

	Elektrokotel	Plynový kotel	Tepelné čerpadlo
Rok	Výdaje vč. Pravidelných plateb	Výdaje vč. Pravidelných plateb	Výdaje vč. Pravidelných plateb
0	71 764,00	159 927,00	288 940,00
1	78 231,95	36 904,10	18 820,29
2	81 204,77	41 306,46	21 335,47
3	84 290,55	42 876,10	22 146,21
4	87 493,59	44 505,39	22 987,77
5	90 818,35	46 196,60	23 861,30
6	94 269,44	47 952,07	24 768,03
7	97 851,68	49 774,25	25 709,22
8	101 570,04	51 665,67	26 686,17
9	105 429,71	53 628,96	27 700,24
10	109 436,04	55 666,86	28 752,85
11	113 594,60	57 782,21	29 845,46
12	117 911,20	59 977,93	30 979,59
13	122 391,83	62 257,09	32 156,81
14	127 042,71	64 622,86	33 378,77
15	131 870,34	67 078,53	34 647,17

Zdroj: Vlastní zpracování

V tabulce č. 39 a jsou následně porovnány náklady variant ze souhrnné tabulky č.38 s referenční variantou, čímž je vyjádřeno, zdali je varianta vůči referenční variantě úsporná či nikoliv. Jak je vidět při porovnání nákladů v průběhu let, jediná varianta generující úspory je varianta C využívající tepelné čerpadlo.

Tabulka 39 výnosy z úspor v porovnání s referenční variantp

Úspora = varianta 0 - varianta x

Rok	Elektrokotel	Plynový kotel	Tepelné čerpadlo
	výnosy z úspory	výnosy z úspory	výnosy z úspory
1	-45 712,19	-4 384,33	13 699,47
2	-45 449,25	-5 550,94	14 420,05
3	-47 176,32	-5 761,87	14 968,01
4	-48 969,02	-5 980,83	15 536,80
5	-50 829,84	-6 208,10	16 127,20
6	-52 761,38	-6 444,00	16 740,03
7	-54 766,31	-6 688,88	17 376,15
8	-56 847,43	-6 943,05	18 036,45
9	-59 007,63	-7 206,89	18 721,83
10	-61 249,92	-7 480,75	19 433,26
11	-63 577,42	-7 765,02	20 171,72
12	-65 993,36	-8 060,09	20 938,25
13	-68 501,11	-8 366,37	21 733,90
14	-71 104,15	-8 684,30	22 559,79
15	-73 806,11	-9 014,30	23 417,06

Zdroj: Vlastní zpracování

V tabulce č. 40 je stanoven cashflow v jednotlivých letech provozu pro variantu C. Jak je viditelné z hodnot v tabulce, při odečtení nákladů od výnosů z úspor, ani varianta tepelného čerpadla není návratná.

Tabulka 40 výpočet cashflow varianty tepelného čerpadla

Rok	Výnosy z úspory	Náklady	Cashflow
0	0,00	288 940,00	
1	13 699,47	18 820,29	-5 120,82
2	14 420,05	21 335,47	-6 915,41
3	14 968,01	22 146,21	-7 178,20
4	15 536,80	22 987,77	-7 450,97
5	16 127,20	23 861,30	-7 734,11
6	16 740,03	24 768,03	-8 028,00
7	17 376,15	25 709,22	-8 333,07
8	18 036,45	26 686,17	-8 649,72
9	18 721,83	27 700,24	-8 978,41
10	19 433,26	28 752,85	-9 319,59
11	20 171,72	29 845,46	-9 673,74
12	20 938,25	30 979,59	-10 041,34
13	21 733,90	32 156,81	-10 422,91
14	22 559,79	33 378,77	-10 818,98
15	23 417,06	34 647,17	-11 230,10

Zdroj: Vlastní zpracování

Pro výpočet návratnosti investice se předpokládá, že investice bude generovat úspory. Nicméně investice do vytápěcího zařízení v projektu novostavby úspory negenerují. Nejedná se o standardní

investici, a je nutné dbát na budoucí snížení nákladů než na návratnost investice. Investice do zařízení pro vytápění, v případě novostavby a v případě rodinného domu, kdy negeneruje žádné výnosy, není návratnou investicí v porovnání s referenční variantou kotle na hnědé uhlí. Důvod takovéto situace jsou nízké náklady na provoz kotle na hnědé uhlí a v současné době vysoké náklady na energie elektřiny a zemního plynu.

Ačkoliv je provoz takového zařízení levnější než zvolené varianty energetických koncepcí, jeho hlavním negativem jsou produkované emise skleníkových plynů a dalších škodlivých látek.

5.6 Vícekritériální analýza

Pro porovnání jednotlivých kritérií bude postupováno pomocí Saatyho metody dle vztahu 3.34 až 3.36. Jako nejvlivnější kritéria pro porovnání byli zvoleny následující aspekty variant: výše vstupní investice, náklad v prvním roce, zdali je poskytnuta dotace, jaká je uhlíková stopa při použití jednotlivých variant a výše hlučnosti při provozu variant.

Čistá současná hodnota je jakožto kritérium důležitá z hlediska ekonomických aspektů. Základním cílem investice je dosáhnout co nejvyššího užítku s co nejnižšími náklady. NVP kalkuluje pomocí peněžních toků, zdali je investice výnosová nebo ztrátová. V případě investice do vytápění je zřejmé, že investice bude ztrátová, nicméně je důležité, aby vykazovala zápornou hodnotu co nejnižší.

Dalším ekonomickým kritériem jsou očekávané náklady provozu v prvním roce, kdy opět preferovaná výše nákladů na provoz je co nejnižší. Provozní náklady se odhadují dle současných cen elektřiny stanovené od ledna 2023 a předpokládané spotřebě energie, která je vyjádřena spotřebou jednotlivých komodit, oceněná cenami od dodavatelů.

Třetí kritérium byla zvolena náročnost na údržbu, zkráceně bezúdržbovost. V mnohých případech pro zajištění dlouholetého provozu jednotlivých zařízení je nutné provádět pravidelnou údržbu či povinné revize, které představují další finanční zátěž pro vlastníka domu. Proto jsou preferována taková zařízení, jejich náročnost na údržbu je co nejmenší.

V současné době, kdy je kladen důraz na kvalitu životního prostředí, je zcela pochopitelné, že ekologičnost jednotlivých koncepcí bude zahrnuta jako kritérium pro rozhodování. Ekologičnost může být posuzována z mnohých úhlů pohledu na základě mnohých kritérií. Pro tento účel byla zvolena uhlíková stopa provozu jednotlivých zařízení, a to podle portálu carbonfootprint.com, který využívá metodiky zveřejněnou vládou Spojeného království, v současnosti se tak jedná o zveřejněné atributy dle Greenhouse gas reporting: conversion factors 2022. Hodnota kritéria by měla tedy dosahovat co nejnižších hodnot a je v tabulce č. 41.

Tabulka 41 Vygenerovaná uhlíková stopa provozem jednotlivých zařízení

Zařízení	Hodnota
	CO2
Elektrokotel	1,64
Plynový kotel	0,53
Tepelné čerpadlo	0,37

Zdroj: Zpracováno dle carbonfootprint.com (cit 2022-11-15)

Poslední kritérium hodnocení variant, kritérium hlučnosti bere v potaz vliv provozu zařízení na své okolí v podobě zvukových vln. Pro udržení kvality života je potřebný dostatečný klid,

dokonce Světová zdravotnická organizace doporučuje ve svých směrnících udržení určité hladiny hluku, například v noci pro kvalitní spánek by hladina hluku v místnosti neměla přesáhnout 30 decibelů. Zároveň při provozu zařízení musí být brán v potaz o ohled na vliv i na další osoby žijící v sousedství, kteří by mohli být hlasitým provozem rušeni. Proto je tedy preferována co nejnižší hodnota kritéria. V tabulce č.42 jsou jednotlivé hodnoty hlasitosti provozu popsány v decibelech.

Tabulka 42 Hlučnost provozu zařízení v dB

Zařízení	dB
Elektrokotel	15
Plynový kotel	40
Tepelné čerpadlo	60

Zdroj: Vlastní zpracování

V následující tabulce č. 43 je viditelná matice vyplývající ze vztahu 3.34 s jednotlivými kritérii a již vypočtenými váhami dle vztahu 3.35

Tabulka 43: Výpočet vah kritérií

Kritérium	Čistá současná hodnota	Náklad na 1. rok	Bezúdržbovost	Ekologičnost	Hlučnost	Geometrický průměr	Váhy
Čistá současná hodnota	1,00	0,20	7,00	0,33	9,00	1,33	0,204755137
Náklad na 1. rok	5,00	1,00	7,00	0,33	9,00	2,54	0,389782923
Bezúdržbovost	0,20	0,14	1,00	0,20	0,14	0,24	0,037064465
Ekologičnost	3,00	3,00	5,00	1,00	0,20	1,55	0,238469834
Hlučnost	0,11	0,11	7,00	5,00	1,00	0,85	0,129927641
Suma:	-	-	-	-	-	6,51	1

Zdroj: vlastní zpracování

Dle této tabulky je tedy zřejmé, že kritérium s nejvyšším významem je náklad na provoz v 1. roce, jehož váha odpovídá hodnotě 0,389782923. Druhé nejvýznamnější kritérium je uhlíková stopa zařízení s vahou 0,238469834. Třetí kritérium je Čistá současná hodnota, jejíž váha vychází na hodnotu 0,204755137. Jako další v pořadí významnosti vychází kritérium hlučnost zařízení s hodnotou váhy 0,12992764. Kritérium s nejnižším vlivem podstatnosti je bezúdržbovost, tedy hodnota 0,037064465.

V tabulce č.44 jsou přiděleny bodové hodnoty u konkrétních variant pro konkrétní kritéria, a to pomocí škály o hodnotě 1 až 5, kdy 1 bod představuje hodnotu nejhorší a 5 bodů představuje hodnotu nejlepší. V případě čisté současné hodnoty bylo uděleno hodnocení 1 bod pro elektrokotel, hodnocení 3 bodů pro plynový kotel a hodnocení 5 bodů pro tepelné čerpadlo. Pro hodnocení tohoto kritéria se vychází z výsledků v kapitole 5.4.4. Náklad v 1. roce provozu byl u jednotlivých variant hodnocen následovně dle kapitoly 5.2.: nejvyšší náklad vykazuje elektrokotel, jeho provoz v prvním roce dosahuje částky 78 231,95 Kč jeho bodové hodnocení je tedy 1. Následuje plynový kotel, jehož

provoz dosáhne částky 36 904,10 Kč a je tedy ohodnocen 4 body. Nejnižší náklad na provoz dosahuje tepelné čerpadlo s částkou 18 820,29 Kč a je mu tedy udělena hodnota 5 bodů. Kritérium bezúdržbovost bylo hodnoceno na základě potřeby další údržby, která se promítne do poplatků v následujících letech provozu zařízení. Od druhého roku provozu se pro elektrokotel očekávají náklady na údržbu v hodnotě 500 Kč, je tedy hodnocen 5 body. Při provozu tepelného čerpadla se očekává od druhého roku na údržbu vynaložený náklad v hodnotě 1 800 Kč, jsou mu tedy uděleny 4 body a jako nejnáročnější na údržbu se jeví plynový kotel s částkou 3 000 Kč, byla mu tedy udělena hodnota 3. Ekologičnost vychází z tabulky č.41, kdy nejekologičtější provoz připadá tepelnému čerpadlu, hodnocení 5 bodů. Dále plynový kotel se 3 body a elektrokotel s hodnotou 2 bodů. Kritérium hlučnosti vychází z tabulky č.41, kdy se jako nejméně hlučné zařízení jeví elektrokotel a plynový kotel, počet bodů 5. Naopak tepelné čerpadlo jakožto nejhlučnější varianta získala pouze 1 bod.

Tabulka 44 bodové ohodnocení kritérií pro jednotlivé varianty

Zařízení/Kritérium	Čistá současná hodnota	Náklad na 1. rok	Bezúdržbovost	Ekologičnost	Hlučnost
Elektrokotel	1	1	5	2	5
Plynový kotel	3	4	3	3	5
Tepelné čerpadlo	5	5	4	5	1

Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulka č. 45 pak představuje již přehled hodnocení jednotlivých variant, kdy zpracované bodové ohodnocení v tabulce č. 44 je dále vynásobeno váhami zjištěných v tabulce č. 43.

Tabulka 45 Zhodnocení jednotlivých variant

Zařízení/Kritérium	Čistá současná hodnota	Náklad na 1. rok	Bezúdržbovost	Ekologičnost	Hlučnost	Suma
Elektrokotel	0,204755137	0,389782923	0,185322323	0,2384698	0,6496382	1,6679684
Plynový kotel	0,614265411	1,559131692	0,111193394	0,7154095	0,6496382	3,6496382
Tepelné čerpadlo	1,023775685	1,948914615	0,148257858	1,1923492	0,1299276	4,4432249

Zdroj: Vlastní zpracování

Následně provedené součiny jednotlivých hodnocení kritérií v tabulce č.44 již vyjadřují konečné hodnocení jednotlivých variant. Varianta A využívající elektrokotel získala celkem 1,6679684 bodů, varianta plynového kotle získala 3,6496382 bodů a varianta tepelného čerpadla získala 4,4432249 bodů. Dle provedené vícekritériální analýzy tedy jako nejlepší možná varianta vychází varianta využívající tepelné čerpadlo.

Dle vícekritériální analýzy pomocí Saatyho metody tedy jako optimální varianta vychází varianta s tepelným čerpadlem. Tepelné čerpadlo, ačkoliv s velmi vysokými vstupními náklady, má

výhodu vysoké efektivity přeměny vstupní energie na teplo. Díky tomu jsou jeho provozní náklady znatelně nižší než u ostatních variant. Další výhodou je i jeho nízká náročnost na údržbu či nízká ekologická zátěž v podobě uhlíkové stopy způsobené provozem. Naopak nevýhodou je hlučný provoz, který může dosáhnout až 60 dB. Z toho důvodu je vhodné se vyhýbat jeho umístění v blízkosti místností s potřebou klidu, jako jsou ložnice, pracovny nebo dětského pokoje. Z pohledu průměrných ročních nákladů se tepelné čerpadlo umístilo jako druhé v obou případech variant rizika. Metoda průměrných ročních nákladů zahrnuje i vstupní investici, která několikanásobně převyšuje vstupní investici ostatních zařízení. Naopak je vliv snížen díky nízkým provozním nákladům.

Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce bylo vytvořit vlastní koncepci alternativních energetických zdrojů vytápění pro vybraný objekt rodinného domu v podobě investičního záměru. Hlavního cíle bylo dosaženo pomocí dílčích cílů: 1. Technická specifikace vybrané budovy, 2. Návrhy variant energetických koncepcí, 3. Kvantifikace investičních a provozních nákladů, 4. Vzájemná komparace koncepcí a 5. Výběr optimální varianty.

Výběr vhodného zařízení pro vytápění domácnosti je ovlivněn mnohými faktory. Zejména významné jsou například cena investice do zařízení, náklady na provoz a jejich dynamický vývoj v čase jsou významné položky pro výběr, nejsou však jediné. Je třeba přihlídnout k vlivu provozu zařízení na životní prostředí či vlivu na život osob žijících v domácnosti. Není však možné vybrat zařízení, které by splňovalo všechna tato kritéria a je nutné udělat jisté kompromisy. Pro posouzení těchto faktorů je využita vícekriteriální analýza, určení vah jednotlivých faktorů je částečně subjektivním posudkem autorky. Jejich ohodnocení je vhodné pro konkrétní projekt rodinného domu. V případě aplikace na jiné projektové řešení je nutné jednotlivá kritéria přehodnotit tak, aby odpovídala záměru projektu.

V praktické části této práce byl vyžit projekt novostavby rodinného domu v obci Obořiště ve Středočeském kraji. Celková energeticky vztažná plocha této budovy obsáhne 211,2 m². Projekt je koncipován na pozemku s přístupem k elektrické síti i plynovodu. Součástí stavby bude i fotovoltaická elektrárna, která je v koncepcích zahrnuta v případě, že její provoz ovlivní ekonomický provoz koncepce vytápění. Vzhledem ke skutečnosti, že provoz fotovoltaické elektrárny ovlivňuje primárně spotřebu energie spotřebičů v domácnosti a její nejvyšší výkon připadá mimo topnou sezónu, vliv na vytápění není výrazným faktorem.

V současné době dochází k drastickým změnám ve vývoji cen energií. Ekonomika se nachází v turbulentním období, kdy neustále působí negativní makroekonomické vlivy z předchozích let a další vývoj je značně nejistý. Je vhodné tak neustále sledovat vývoj situace a včasně reagovat na změny. Pro správné navržení koncepcí bylo nutné provést výpočet potřeby energie pro vytápění. Toho bylo dosaženo pomocí programu Deksoft – Energetika, který je zaměřený na výpočet energetické náročnosti budov a následného zhotovení Průkazu energetické náročnosti budov. Program vykalkuloval potřebu energie ve výši 12,7 MWh/rok. Na základě této informace bylo možné navrhnout jednotlivé koncepce. Celkem byly navrženy tři energetické koncepce a to elektrokotel, plynový kotel a tepelné čerpadlo. V potaz byla brána proveditelnost

těchto koncepcí a neboť k pozemku je již naveden plynovod i elektrická síť, byly vytvořeny koncepce tak, aby bylo možné jejich provedení.

Varianta A využívá jako zdroj energie pro vytápění elektrokotel. Životnost elektrokotle byla stanovena na 15 let. Vstupní náklady na investici dosahují částky 71 764,00 Kč a náklady na provoz dosahují po zastropování cen elektřiny výše 78 231,95, výše potřebné energie byla již snížena o úsporu z fotovoltaické elektrárny, která se na budově bude nacházet. Průměrné roční náklady byly vypočteny na částku 88 972,63 Kč při nízkém riziku a 93 278,47 Kč při vysokém investičním riziku. Čistá současná hodnota při nižší rizikovosti vychází na částku - 895 023,00 Kč. V případě vyšší rizikovosti se jedná o částku - 644 340,69 Kč.

Varianta B byla koncipována s plynovým kotlem coby zdrojem energie pro vytápění. Životnost plynového kotle byla stanovena na 15 let. Vstupní náklad této investice je částka v hodnotě 159 927,00 Kč, náklady na provoz při zastropovaných cenách plynu 36 904,10 Kč. Průměrné roční náklady byly vypočteny na částku 60 839,84 Kč při nízkém riziku a 70 435,46 Kč při vysokém riziku. Čistá současná hodnota této varianty při nízké rizikovosti dosahuje částky - 569 470,04 Kč. V případě vyššího rizika se jedná o částku - 444 371,83 Kč

Varianta C zahrnuje tepelné čerpadlo. Vstupní investice této varianty dosahuje částky 288 940 Kč. Náklad na provoz v prvním roce odpovídá částce 18 820,29 Kč. Životnost byla stanovena na 15 let. Průměrné roční náklady byly vypočteny na částku 62 064,98 Kč při nízkém riziku a 79 401,38 Kč při vysokém riziku. Důležité je zmínit státem poskytovanou dotaci ve výši 80 000 Kč. Při její aplikaci pro nízké riziko vychází čistá současná hodnota - 422 431,55 Kč a pro vyšší riziko vychází čistá současná hodnota - 357 049,14 Kč. Naopak v případě jejího nevyužití dosahuje čistá současná hodnota při nižším riziku částky - 502 431,55 Kč, při vyšším riziku dosahuje částky - 437 049,14 Kč. Je tedy zřetelný vliv pomoci státu při nákupu takto nákladného zařízení.

Ačkoliv je tedy státní dotace na zařízení velmi žádaný faktor, nelze na energetické koncepcie nahlížet jako na klasické investice. Od ekonomicky výhodné investice se očekává, že investorovi přinese užitek v podobě své návratnosti. Bohužel v situaci, kdy jsou energetické koncepcie aplikovány na zcela novou stavbu bez předešlých zařízení, vůči kterému by bylo možné vyzvednout účinnost koncepcí, je jejich návratnost nulová. Ani po zvolení referenční varianty, vůči které se zvolené koncepcie porovnají k určení úspory, se nejeví stanovené koncepcie jako návratné. Ekonomičnost takovéto investice je nutné posoudit dle skutečnosti, zdali jsou její náklady pro požadovaný výkon oproti ostatním variantám co nejnižší. Cílem je tedy co nejvyšší užitek s co nejnižšími náklady.

Proto pro komparaci variant byla aplikována metoda vícekriteriálního hodnocení s využitím Saatyho metody. Jako kritéria hodnocení byly zvoleny tyto aspekty jednotlivých variant: Čistá současná hodnota, náklad na provoz koncipovaný v 1. roce, bezúdržbovost varianty, ekologičnost vyjádřená pomocí odhadnuté uhlíkové stopy provozu zařízení a hlučnost zařízení. S pomocí Saatyho metody byly určeny váhy jednotlivých kritérií, a to na základě vzájemné důležitosti. Díky tomu bylo možné určit, že nejvýznamnějším kritériem je náklad na provoz v 1. roce. Druhé nejvýznamnější kritérium je uhlíková stopa zařízení. V současné době je důležité dbát na vliv člověka na životní prostředí, nejen kvůli legislativě vyplývající z uzavřených mezinárodních smluv, které se s vysokou pravděpodobností budou zpříšňovat, ale i pro zachování vlastní kvality životní úrovně investora. Při investování do energetických koncepcí by se měla brát v potaz jistá společenská odpovědnost, kdy činy jednotlivce mohou negativně ovlivňovat nejen jeho vlastní život, ale i společenství či komunity, ve které se nachází. Jako třetí nejvýznamnější kritérium hodnocení je již ekonomický faktor čisté současné hodnoty, čtvrté kritérium vychází kritérium hlučnost zařízení a kritérium s nejnižším vlivem podstatnosti je bezúdržbovost. Tyto kritéria se u všech tří variant energetických koncepcí ohodnotily na bodovací škále 1 až 5 bodů, přičemž nejvyšší počet bodů značící hodnotu nejlepší, naopak nejmenší počet hodnotu nejhorší.

Na základě vícekriteriální analýzy byla vybrána jako optimální varianta C využívající tepelné čerpadlo. Získala celkem 4,4432249 bodů, tedy nejvyšší počet bodů oproti ostatním variantám. Jako druhá se umístila varianta B využívající plynový kotel s 3,6496382 body a jako nejhorší varianta se vyšla varianta A využívající elektrokotel, která získala jen 1,6679684 bodů. Vysoké vstupní náklady investice do tepelného čerpadlo jsou vyváženy nízkými provozními náklady v průběhu dalších let, při přihlédnutí k současným cenám energií.

Seznam použitých zdrojů

1. Aaradiatory.cz, Radiátory Aifel klasik,[online], [cit. 2022-09-04]
<https://www.aaradiatory.cz/deskovy-radiator-airfel-klasik-11-600-400-vykon-401-w-p87/#gallery>
2. Abeceda-cerpadel.cz Náklady na provoz tepelného čerpadla, [online]. [cit. 4.10.2022], dostupné z <https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/naklady-na-provoz-tepelneho-cerpadla>
3. ADITYA, L., T.M.I. MAHLIA, B. RISMANCHI, H.M. NG, M.H. HASAN, H.S.C. METSELAAR, Oki MURAZA a H.B. ADITIYA. A review on insulation materials for energy conservation in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online]. 2017, 73, 1352-1365 [cit. 2022-10-17]. ISSN 13640321. Dostupné z: doi:10.1016/j.rser.2017.02.034
4. Baxx.cz, Samsung EHS MONO 16,0kW, 380V, vč. Control kitu [online]. [cit. 2022-10-10]. Baxx.cz, online, dostupné z: <https://www.baxx.cz/ehs-mono/samsung-ehs-mono-16-0kw--380v>
5. BENECKÁ, Soňa, Jan HOŠEK, Luboš KOMÁREK, Martin MOTL, *Ekonomické dopady případného zastavení dodávek energetických surovin z Ruské federace do Evropy*, Česká národní banka, Praha 2022 [online] [cit. 2022-7-7].., dostupné z https://www.cnb.cz/cs/o_cnb/cnblog/Ekonomicke-dopady-pripadneho-zastaveni-dodavek-energetickych-surovin-z-Ruske-federace-do-Evropy/
6. BROTÁNKOVÁ, Klára a Aleš BROTÁNEK. *Jak se žije v nízkoenergetických a pasivních domech*. Praha: Grada, 2012. Stavitel. ISBN 978-80-247-3969-4
7. CARBON FOOTPRINT [online]. Hampshire: Carbon Footprint Lt, b.r. [cit. 2022-11-25]. Dostupné z: <https://www.carbonfootprint.com/calculator.aspx>
8. Co je topný faktor tepelného čerpadla, Eon.cz, [online]. [cit. 2022-10-04] dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/vytapeni-a-vetrani/tepelna-cerpadla/co-je-topny-faktor-tepelneho-cerpadla/>
9. ČSN 73 0331-1. Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet – Část 1: Obecná část a měsíční výpočtová data. 2020. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2020.
10. ČSN EN 16798-5-1. Energetická náročnost budov – Větrání budov – Část 5-1: Výpočtové metody pro energetické požadavky větracích a klimatizačních systémů (Moduly M5-6, M5-8, M6-5, M6-8, M7-5, M7-8) - Metoda 1: Distribuce a výroba. 2020. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2020.

11. ČSN EN 16798-5-2. Energetická náročnost budov – Větrání budov – Část 5-2: Výpočtové metody pro energetické požadavky větracích systémů (Moduly M5-6, M5-8, M6-5, M6-8, M7-8) - Metoda 2: Distribuce a výroba. 2020. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2020.
12. ČSN EN ISO 13 789 Tepelné chování budov – Měrné tepelné toky prostupem tepla a větráním – Výpočtová metoda, 2019.
13. ČSN EN ISO 13 790 Energetická náročnost budov – Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení, 2009.
14. ČSN EN ISO 52000-1. Energetická náročnost budov – Základní zásady pro soubor norem ENB - Část 1: Obecný rámec a postupy. 2018. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
15. ČSN EN ISO 52016-1. Energetická náročnost budov – Potřeba energie na vytápění a chlazení, vnitřní teploty a citelné a latentní tepelné výkony – Část 1: Výpočtové postupy. 2019. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2019.
16. DUFKA, Jaroslav. Hospodárné vytápění domů a bytů. Praha: Grada, 2007. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-2019-7
17. Ehsanul, Pawan KUMAR, Sandeep KUMAR, Adedeji A. ADELODUN a Ki-Hyun. Solar energy: Potential and future prospects. Renewable & sustainable energy reviews. Amsterdam, 2018(82), 894-900. ISSN 1364-0321.
18. Gas.cz, PROTHERM Tiger Condens 25 KKZ21 -A [online]. [cit. 4.10.2022]. dostupné z: <https://www.gas.cz/protherm-tiger-condens-25-kkz21--a/produkt/3730/249/>
19. GRASSI, Walter. (2018). Heat Pumps: Fundamentals and Applications. 10.1007/978-3-319-62199-9.
20. HORÁK, P. Výpočty pro energetického specialistu (II) - Základy měsíční metody výpočtu potřeby energie pro vytápění a chlazení vnitřních prostor. TZB-info, 2021, roč. 2021, č. 3, s. 1-11. ISSN: 1801-4399
21. HORÁKOVÁ, Alena a Karel MRÁZEK. *STANOVENÍ REFERENČNÍ A VÝPOČTOVÉ POTŘEBY TV PRO ENERGETICKOU CERTIFIKACI BUDOV* [online]. Praha: STÚ-E s.r.o. Stavebně technický ústav – Energetika budov, 2015, 2015, [cit. 2022-10-25]. Dostupné z: https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/d2-5511_teplovoda_stu-e.pdf

22. HOŠEK, Jan, *Vývoj na evropském trhu se zemním plynem*, Praha: čnBlog [online], [cit. 2022-07-10] dostupné z: https://www.cnb.cz/cs/o_cnb/cnblog/Vyvoj-na-evropskem-trhu-se-zemnim-plynem/
23. Howellmechanical.com *How Long Do Electric Boilers Last?*, [online], [cit. 2022-10-7], dostupné z: <https://howellmechanical.com/blog/how-long-do-electric-boilers-last/>
24. HUĐCOVÁ, Lenka. *Energetická náročnost budov: základní pojmy a platná legislativa*. Praha: EkoWATT, 2009. ISBN 978-80-87333-03-7.
25. HUĐEC, Mojmir. *Pasivní rodinný dům: proč a jak stavět*. Praha: Grada, 2008. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-2555-0.
26. Ivan, S. S. (2017) 'Strategic Orientation to Solar Energy Production and Long Term Financial Benefits', *Arhiv za Tehnicke Nauke / Archives for Technical Sciences*, (17), pp. 1–12. doi: 10.7251/afts.2017.0917.001S.
27. Jelley, N., 2020. *Renewable Energy: a Very Short Introduction*. Oxford, United Kingdom: Oxford University Press.
28. Jones, Geoffrey, and Loubna Bouamane. "'Power from Sunshine': A Business History of Solar Energy." *Harvard Business School Working Paper*, No. 12–105, May 2012
29. KISLINGEROVÁ, Eva. *Manažerské finance*. 2., přeprac. a rozš. vyd. Praha: C.H. Beck, 2007. Beckova edice ekonomie. ISBN 9788071799030
30. Kominynerezove.cz, *Kalkulačka ceny*, [online]. [cit. 4.10.2022]. dostupné z: https://www.kominynerezove.cz/calcstep4.html?type=56&fuel=wood&thick=6&height=309&diameter=3&gclid=Cj0KCQiAu62QBhC7ARIsALXijXTq4djhPDyj_DLb3aQdfrAEHNC6EgKSMztxpPUo5yIH3XiP40R-iIlaAvsuEALw_wcB
31. Kotelnaklic.cz, [online], [cit. 2022-10-7] dostupné z: <https://www.kotelnaklic.cz/kotle/kotel-elektricky-protherm-ray-18k-vysoce-ucinne-cerpadlo>
32. *Kotlíkové dotace budou pokračovat do zázaku provozu starých kotlů v roce 2022*, Státní fond životního prostředí ČR [online]. [cit. 2021-10-04], dostupné z: <https://novazelenausporam.cz/>
33. MIHAI, Mirela, Vladimir TANASIEV, Cristian DINCA, Adrian BAĐEA a Ruxandra VIDU. *Passive house analysis in terms of energy performance*. *Energy and Buildings*. 2017, 2017(144), 74-86. ISSN 0378-7788.
34. *Míra inflace*, Český statistický úřad, [online]. [cit. 2022-10-10] dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/mira_inflace

35. MRÁZEK, Karel *UŽITÍ EN NOREM PRO VÝPOČET POTŘEBY TEPLA A VYUŽITÍ PRIMÁRNÍ ENERGIE* [online]. Praha: STÚ-E s.r.o. Stavebně technický ústav – Energetika budov, 2005 [cit. 2022-10-25] Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/dokument/5138.pdf>
36. MUSIL, Petr. *Globální energetický problém a hospodářská politika: se zaměřením na obnovitelné zdroje*. Praha: C.H. Beck. Beckovy ekonomické učebnice Praha 2009. ISBN 978-80-7400-112-3
37. *Nová zelená úsporám*, Novazelenausporam.cz, Praha [online], [cit. 2022-09-04] dostupné z: <https://novazelenausporam.cz/rodinne-domy/>
38. *O vodní energetice* [online]. Praha: čez.cz, 2021 [cit. 2022-10-25]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobnizdroje/obnovitelnezdroje/voda/informaceo-vodni-energetice>
39. POČINKOVÁ, Marcela a Lea TREUOVÁ. *Vytápění*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2011. ISBN 802513329X; 9788025133293;.
40. POČINKOVÁ, Marcela, Danuše ČUPROVÁ a Olga RUBINOVÁ. *Úsporný dům*. 1. vyd. Brno: CPress, 2012. ISBN 9788026400141
41. *Princip infratopení*, usby.cz, [online]. [cit. 2022-10-04] dostupné z: <https://www.usby.cz/o-infratopeni-wellina-vyhody-nevyhody-princip-zapojeni-umisteni-regulace-pouziti/princip-topeni-a-uspory-vytapeni-infrapanely-popis-prehledne-jasne/>
42. *Průměrná doba svitu ve vybraných městech ČR*, solarnisystemynaohrevvody.cz [online], [cit. 2022-09-04] <https://solarnisystemynaohrevvody.cz/jaka-je-doba-slunecniho-svitu-v-ceske-republice>
43. *Realizace Zelené dohody pro Evropu*, Evropská komise, [online], [cit. 2022-07-10] dostupné z: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_cs#renovace-budov-podporujc-ekologitj-ivotn-styl
44. *Roční zpráva o provozu elektrizační soustavy České republiky za rok 2020*, Energetický regulační úřad, Praha [online], [cit. 2022-09-04] dostupné z <https://www.eru.cz/rocni-zprava-o-provozu-elektrizacni-soustavy-cr-pro-rok-2020>
45. Sarbu, Ioan. (2021). *Heat Pumps for Sustainable Heating and Cooling*. 10.1007/978-3-030-64781-0_6.
SARBU, Ioan. *Heat Pumps for Sustainable Heating and Cooling*. In: SARBU, Ioan. *Advances in Building Services Engineering* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2021, 2021-01-05, s. 447-557 [cit. 2022-10-22]. ISBN 978-3-030-64780-3. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-030-64781-0_6

46. SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ, Renáta. *Nové aspekty stavební ekonomiky a inženýringu*. 3. Praha: FinEco - B. Kadeřábková, 2018. ISBN 978-80-86590-17-2
47. SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ, Renáta. *Nové aspekty stavební ekonomiky a inženýringu.*: Fakulta stavební ČVUT v Praze, 2016. ISBN 978-80-01-06067-4.
48. SINGH, Vineet Kumar a S.K. SINGAL. Operation of hydro power plants-a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online]. 2017, 69, 610-619 [cit. 2022-10-17]. ISSN 13640321. Dostupné z: doi:10.1016/j.rser.2016.11.169
49. SMOLA, Josef. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. Praha: Grada, 2011. Stavitel. ISBN 9788024729954.
50. Solární tašky ze Švýcarska, Solarnitasky.cz, [online]. [cit. 2021-10-10] dostupné z: <https://www.solarnitasky.cz>
51. Státní fond životního prostředí, [online]. [cit. 2021-10-10] dostupné z: <https://www.sfzp.cz/o-sfzp-cr/o-nas/>
52. ŠÁLA Jiří, KEIM Lubomír, SVOBODA Zbyněk, TYWONIAK Jan, *Tepelná ochrana budov – komentář k ČSN 73 0540*, Informační centrum ČKAIT, Praha 2007, 1. vyd. 290 s. ISBN 978-80-87093-30-6
53. ŠUBRT, Roman. *Tepelné mosty: pro nízkoenergetické a pasivní domy : 85 prověřených a spočítaných stavebních detailů*. Praha: Grada, 2011. Stavitel. ISBN 978-80-247-4059-1
54. TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 2: principy a příklady*. Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-2061-6.
55. TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. Praha: Grada, 2012. Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1
56. Udržitelný rozvoj. Ministerstvo životního prostředí [Https://www.mzp.cz](https://www.mzp.cz) [online]. 2022 [cit. 2022-11-25]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/udrzitelny_rozvoj
57. Úplné znění č. 406/2006 Sb., zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, jak vyplývá z pozdějších změn. In: *Zákony pro lidi.cz* © AION CS 2010-2022 [cit. 25. 10. 2022]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-406>
58. VALACH, Josef. *Investiční rozhodování a dlouhodobé financování. 2. část*. Praha: VŠE, 1996. ISBN 9788070790670
59. Vláda schválila zastropování cen energií. Pomůže jak domácnostem, tak firmám, Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2022, [online], [cit. 2022-10-10] dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/rozcestnik/pro-media/tiskove-zpravy/vlada-schvalila-zastropovani-cen-energi--pomuze-jak-domacnostem--tak-firmam--270228/>

60. VLK, Václav. *Krby, kamna a teplovodní vytápění*. Praha: Grada Publishing, 2017. ISBN 978-80-247-4426-1.
61. Vyhláška č. 194/2007 Sb., vyhláška, kterou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody, měrné ukazatele spotřeby tepelné energie pro vytápění a pro přípravu teplé vody a požadavky na vybavení vnitřních tepelných zařízení budov přístroji regulujícími dodávku tepelné energie konečným spotřebitelům. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2022 [cit. 25. 11. 2022]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-194>.
62. Vyhláška č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2022 [cit. 25. 11. 2022]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-264>
63. Výměny tepelných kotlů, TZB-info.cz, [online]. [cit. 2021-10-04], dostupné z <https://vytapani.tzb-info.cz/vymeny-kotlu>
64. Vytápíme plynem, tzb-info.cz [online], [cit. 2021-07-10] dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-plynem>
65. Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2022 [cit. 25. 11. 2022]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-201>

Seznam obrázků

Obrázek 1 Vizualizace umístění panelů.....	52
Obrázek 2 Inventor STORION SMILE T10.....	53
Obrázek 3 Radiátor Aifel Klasik.....	54
Obrázek 4: Elektrický kotel Protherm RAY 18K	57
Obrázek 5: plynový kondenzační kotel Protherm Tiger Condens 25 KKZ21-A.....	60
Obrázek 6: Teplené čerpadlo Samsung EHS Mono.....	63

Seznam tabulek

Tabulka 1: Klasifikační třídy	34
Tabulka 2: Typy tepelných čerpadel	45
Tabulka 3: Základní parametry budovy	50
Tabulka 4: Ztráty energie	50
Tabulka 5: Využitelné zisky energie.....	51

Tabulka 6 Očekávaný výkon fotovoltaické elektrárny podle počtu slunných dnů.....	52
Tabulka 7: Kalkulace otopných těles a jejich instalace k 4.10.2022	54
Tabulka 8: Celková potřeba energie elektrokotle Protherm RAY 18K.....	58
Tabulka 9: kalkulace vstupních nákladů elektrokotle Protherm RAY 18K	58
Tabulka 10: Výpočet nákladů na provoz elektrokotle v prvním roce	59
Tabulka 11: Výpočet nákladů na provoz elektrokotle v roce 2023	59
Tabulka 12 Náklady na instalaci plynového kotle.....	61
Tabulka 13 Vstupní náklady variatny s konezačním plynovým kotlem Protherm Tiger Condens 25 KKZ21-A.....	61
Tabulka 14: varianta B – celková potřeba energie	61
Tabulka 15: Náklady na provoz k 1.9.2022.....	62
Tabulka 16 Náklady na provoz při zastropování cen elektřiny	62
Tabulka 17: Celková potřeba energie tepelného čerpadla Samsung EHS Mono	64
Tabulka 18: Výpočet nákladů na provoz elektrokotle v prvním roce	64
Tabulka 19 Náklady na provoz při zastropování cen elektřiny	64
Tabulka 20: Průměrné roční náklady – nízké riziko.....	65
Tabulka 21: Pořadí průměrných ročních nákladů nízké riziko.....	66
Tabulka 22: Průměrné roční náklady vysoké riziko	66
Tabulka 23 Pořadí průměrných ročních nákladů vysoké riziko	66
Tabulka 24 Výpočet odůročitele	68
Tabulka 25 Elektrokotel – peněžní toky.....	68
Tabulka 26 Elektrokotel - ČSH.....	69
Tabulka 27 Plynový kotel - peněžní toky	70
Tabulka 28 Plynový kotel - ČSH.....	70
Tabulka 29 Tepelné čerpadlo – peněžní toky s dotací.....	71
Tabulka 30 Tepelné čerpadlo – ČSH.....	72
Tabulka 31 Tepelné čerpadlo – peněžní toky bez dotace.....	72
Tabulka 32 Tepelné čerpadlo – Čistá současná hodnota bez dotace	73
Tabulka 33 ČSH – porovnání varianta - nízké riziko	74
Tabulka 34 ČSH – porovnání variant - vysoké riziko.....	74
Tabulka 35 Referenční varianta – instalační náklady.....	75
Tabulka 36 Referenční varianta – provozní náklady.....	76
Tabulka 37 Referenční varianta – peněžní toky	76

Tabulka 38 Náklady na provoz porovnávaných variant	77
Tabulka 39 Výnosy z úspor v porovnání s referenční variantp	77
Tabulka 40 Výpočet cashflow varianty tepelného čerpadla	78
Tabulka 41 Vygenerovaná uhlíková stopa provozem jednotlivých zařízení	80
Tabulka 42 Hlučnost provozu zařízení v dB.....	81
Tabulka 43: Výpočet vah kritérií	81
Tabulka 44 bodové ohodnocení kritérií pro jednotlivé varianty.....	82
Tabulka 45 Zhodnocení jednotlivých variant	82

Seznam použitých zkratk

ČSH Čistá současná hodnota

PENB Průkaz energetické náročnosti budovy

EŠOB Energetický štítek obálky budovy

Přílohy

Příloha 1 Půdorys domu

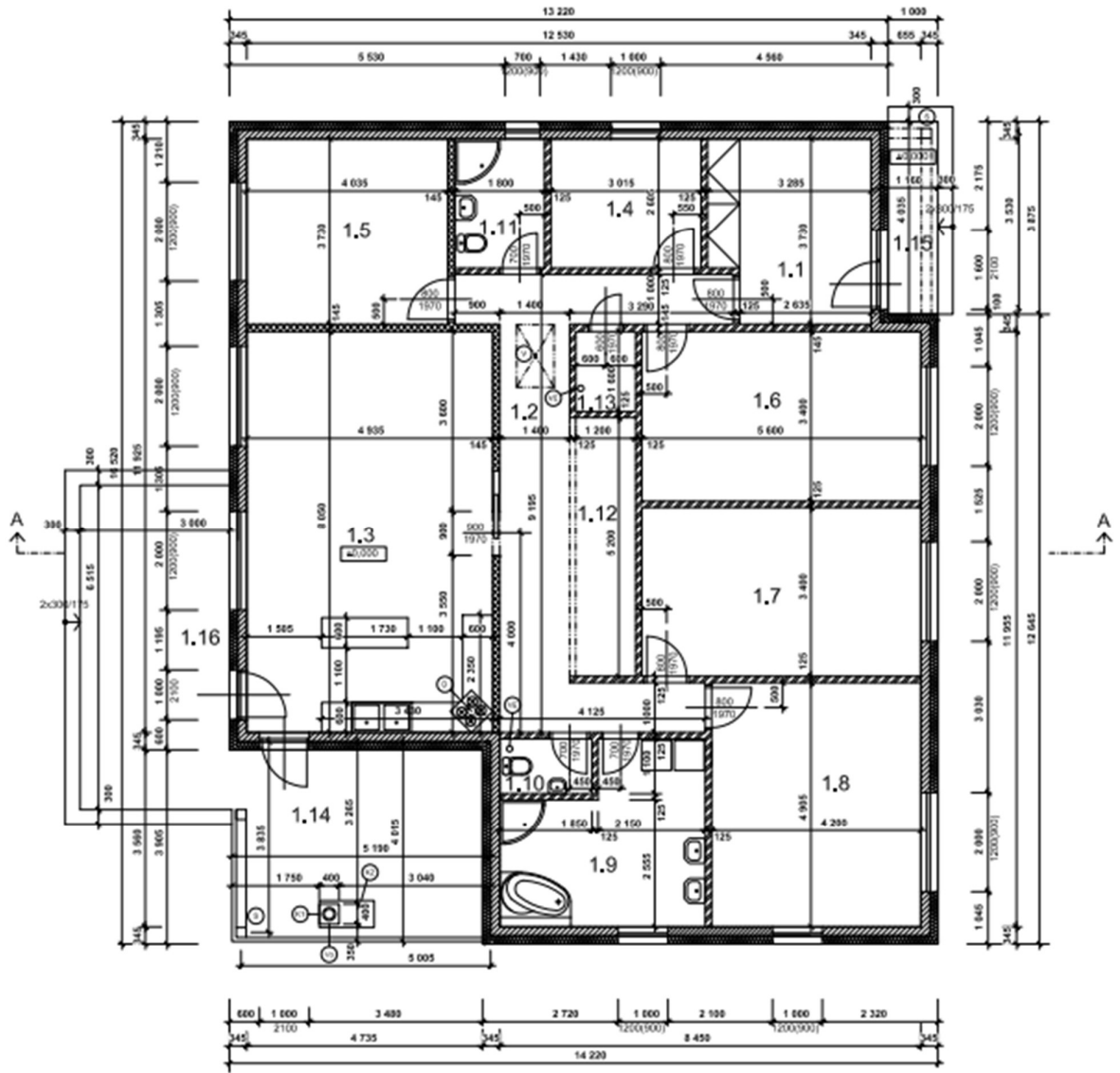
Příloha 2 Řez domem

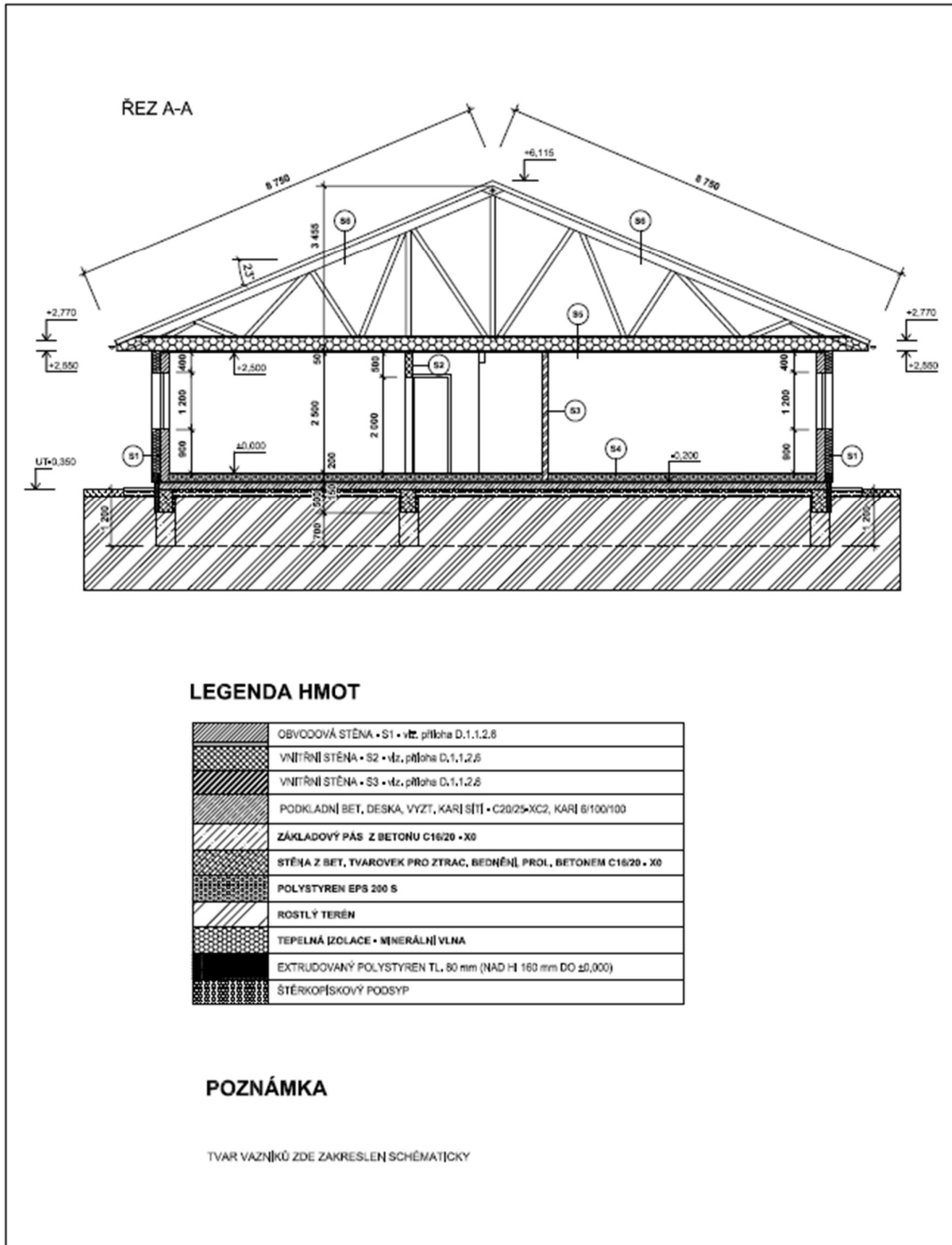
Příloha 3 Výstup z programu energetika - PENB

Příloha 4 Uhlíková stopa elektrokotel

Příloha 5 Uhlíková stopa plynový kotel

Příloha 6 Uhlíková stopa tepelné čerpadlo





Průkaz energetické náročnosti budovy

Evidenční číslo průkazu: -

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vystavěný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 264/2008 Sb., o energetické náročnosti budov

A IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

ÚDAJE O BUDOVĚ / MÍSTĚ STAVBY			
Obec:		Část obce:	
Ulice:		Č.p / č. or. (č. ev.):	
Katastrální území:	Obořiště (708682)	Převládající typ využití:	
Parcelní číslo pozemku:		Památková ochrana budovy:	Bez památkové ochrany
Orientační období výstavby:		Památková ochrana území:	Bez památkové ochrany

POPIS HODNOCENÉ BUDOVY

Základní členění budovy a hospodaření s energiemi, stavební konstrukce obálky, technické systémy budovy, významné rekonstrukce, využití objektu.

GEOMETRICKÉ CHARAKTERISTIKY

Parametr	Jednotky	Hodnota
Objem budovy s upravovaným vnitřním prostředím	m ³	644,2
Celková plocha hodnocené obálky budovy	m ²	609,9
Objemový faktor tvaru budovy	m ² /m ³	0,95
Celková energeticky vztázná plocha budovy	m ²	211,2
Podíl průsvitných konstrukcí v ploše svislých konstrukcí	%	14,1

VÝPOČTOVÉ ZÓNY

Energetická náročnost budovy a hodnocení obálky je vypočteno pro budovu jako celek, která se při výpočtu může členit do dílčích zón. Budova je členěna na zóny s upravovaným vnitřním prostředím (vytápění, chlazení), které mají definovanou návrhovou vnitřní teplotu dle ČSN 730540 a na zóny nevytápěné. Zónám jsou přiřazeny profily typického užívání.

Ozn.	Označení zóny	Typ zóny dle ČSN 73 0331-1	Úprava vnitřního prostředí		Návrhová vnitřní teplota pro vytápění °C	Energ. vztázná plocha m ²
			Vytápění	Chlazení		
Z1	Rodinný dům	Rodinné domy - prostor bytu	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	20	211,2

B	CELKOVÁ DODANÁ ENERGIE
---	------------------------

Dodaná energie je dle §4 Vyhlášky součtem vypočtené spotřeby energie a pomocné energie (čerpadla, regulace apod.) pro daný účel. Vypočtená spotřeba energie vychází z potřeby energie pro zajištění typického užívání budovy se zahrnutím účinnosti technického systému. Do dodané energie se v souladu s Vyhláškou neuvažují technologie ne související se zajištěním uvedených účelů, ale vstupují do výpočtu ve formě tepelných zisků.

Energonositel	Vytápění	Chlazení	Nucené větrání	Úprava vlhkosti	Příprava teplé vody	Osvětlení vnitřního prostoru budovy	Ostatní	Cellkem
	% pokrytí							
Dodaná energie v MWh/rok								

PALIVA

Za paliva jsou pro účely průkazu považovány elektrická energie odebraná z veřejné distribuční sítě, paliva pro spalování (uhlí, dřevo, zemní plyn apod.) a energie dodaná ve formě tepla nebo chladu ze soustavy zásobování tepelnou energií (SZTE).

elektrina	25,6%	---	---	---	6,9%	4,3%	---	37,8%
	5,81	---	---	---	1,50	0,93	---	8,24

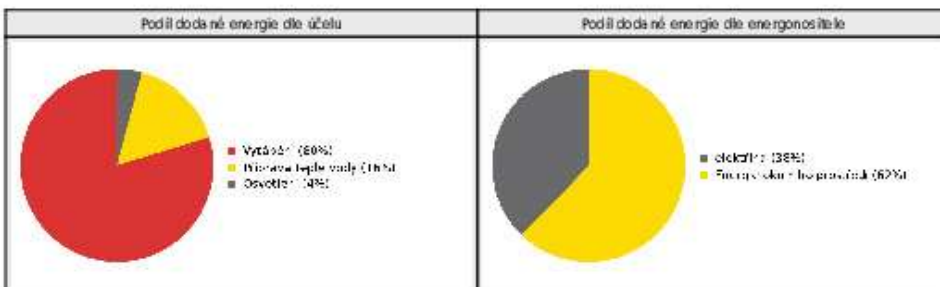
ENERGIE OKOLNÍHO PROSTŘEDÍ

Za energii okolního prostředí je pro účely průkazu považována energie získaná ze Slunce, Země, vody, vzduchu nebo větru dodaná pomocí technického zařízení (solární kolektory, tepelné čerpadlo apod.). Děle je sem zařazeno využití odpadního tepla z technologie.

Energie okolního prostředí	53,2%	---	---	---	9,1%	---	---	62,2%
	11,6	---	---	---	1,98	---	---	13,6

CELKOVÁ DODANÁ ENERGIE

procentuální podíl	79,8%	---	---	---	15,9%	4,3%	---	100,0%
KWh/m ² rok	82,5	---	---	---	16,5	4,4	---	103,4
MWh/rok	17,4	---	---	---	3,48	0,93	---	21,8



F OBÁLKA BUDOVY								
<p>Obálkou budovy je soubor všech teplosměnných konstrukcí na systémové hranici celé budovy, které jsou vystaveny přilehlému prostředí, jež tvoří venkovní vzduch (EXT), přilehlá zemina (ZEM), vnitřní vzduch v přilehlém nevytápěném prostoru (NEVYT) nebo sousední budové (SOUS). Budova může být rozdělena na teplotní zóny o různých návrhových vnitřních teplotách s různými požadavky na obalové konstrukce. Hodnocené konstrukce jsou porovnávány s referenční hodnotou, která odpovídá platnému požadavku pro novostavby.</p>								
Přehled stavebních prvků a konstrukcí na obálce budovy		Návrhová vnitřní teplota zóny	Přilehlající prostředí	Plocha konstrukce	Součinitel prostupu tepla konstrukce			
					Vypočítaná hodnota	Požadavek ČSN 73 05 40-2	Referenční hodnota	Dosažená úroveň - vypočítaná / referenční hodnota
Ozn.	Název	°C	---	m ²	W/m ² .K			
VNĚJŠÍ STĚNY				161,1				
STN-9	SD 1 SL-OBVODOVÁ STĚNA (Z1)	20	EXT	161,1	0,170	0,30	0,30	57%
STŘECHY				211,2				
STR-11	STROP STŘECHA (Z1)	20	EXT	211,2	0,160	0,24	0,24	67%
KONSTRUKCE K ZEMINĚ				211,2				
PDL(z)-10	PODLAHA PŘÍZEMÍ (Z1)	20	ZEM	211,2	0,310	0,45	0,45	69%
VÝPLNĚ OTVORŮ				26,4				
VYP-1	OJ2 100/120 (Z1)	20	EXT	1,2	0,850	1,50	1,50	57%
VYP-2	OJ2 100/120 (Z1)	20	EXT	2,4	0,850	1,50	1,50	57%
VYP-3	OJ1 70/120 (Z1)	20	EXT	0,8	0,850	1,50	1,50	57%
VYP-4	OJ4 200/120 (Z1)	20	EXT	7,2	0,850	1,50	1,50	57%
VYP-5	OJ4 200/120 (Z1)	20	EXT	7,2	0,850	1,50	1,50	57%
VYP-6	OJ5 100/210 (Z1)	20	EXT	2,1	0,850	1,50	1,50	57%
VYP-7	OJ5 100/210 (Z1)	20	EXT	2,1	0,850	1,50	1,50	57%
VYP-8	OJ3 160/210 (Z1)	20	EXT	3,4	0,850	1,50	1,50	57%
TEPELNÉ VAZBY								
Vliv tepelných vazeb zobrazuje úroveň řešení konstrukčních detailů - styků mezi dvěma a více konstrukcemi.								
Vliv tepelných vazeb dU/Tb				---	0,020	---	0,020	100%

I PŘEHLED PLNĚNÍ ZÁVAZNÝCH POŽADAVKŮ VYHLÁŠKY

CELKOVÉ HODNOCENÍ PLNĚNÍ POŽADAVKŮ VYHLÁŠKY

Požadavek vyhlášky dle:	Požadavek vyhlášky na energetickou náročnost	Společeno:	není staoven
-------------------------	--	------------	--------------

REFERENČNÍ BUDOVA

Úroveň referenční budovy:	dokončená budova a její změna do 31.12.2021			
Snížení referenční hodnoty neobnovitelné primární energie	Druh budovy nebo zóny	Energetická vztázná plocha	Měrná potřeba na vytápění referenční budovy	Míra snížení
		m ²	kWh/m ² .rok	%
	Z1 - Rodinný dům (obytná zóna)	211,2	124,2	3

PŘEHLED PLNĚNÍ ZÁVAZNÝCH POŽADAVKŮ VYHLÁŠKY

V případě, že pro danou oblast vyhláška nestanovuje požadavek, tabulka se nevyplňuje - symbol X

Hodnocený parametr	Jednotka	Ozn.	Hodnocený prvek budovy	Návrhová vnitřní teplota zóny	Přílehlající prostředí	Vypočtená hodnota	Referenční hodnota	Společeno
--------------------	----------	------	------------------------	-------------------------------	------------------------	-------------------	--------------------	-----------

MĚNĚNÉ/ NOVE STAVEBNÍ PRKY A KONSTRUKCE

Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno u změny dokončené budovy při plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. c)

X	---	---	---	---	---	---	---	---
---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

MĚNĚNÉ/ NOVE TECHNICKÉ SYSTÉMY

Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno u změny dokončené budovy při plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. d)

X	---	---	---	---	---	---	---	---
---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

OBÁLKA BUDOVY

Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno u nové budovy a u změny dokončené budovy při plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. a) a písm. b)

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy	W/m ² .K	Budova jako celek			0,22	0,33	ANO
---	---------------------	-------------------	--	--	------	------	-----

CELKOVÁ DODANÁ ENERGIE

Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno u nové budovy a u změny dokončené budovy při plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. b)

Celková dodaná energie	kWh/m ² .rok	Budova jako celek			103,36	195,61	ANO
------------------------	-------------------------	-------------------	--	--	--------	--------	-----

NEOBNOVITELNÁ PRIMÁRNÍ ENERGIE

Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno u nové budovy a u změny dokončené budovy při plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. a)

Neobnovitelná primární energie	kWh/m ² .rok	Budova jako celek			101,49	197,80	ANO
--------------------------------	-------------------------	-------------------	--	--	--------	--------	-----

J OSTATNÍ ÚDAJE

METODA VÝPOČTU

Použitý software:	DEKSOFT [®] - ENERGETIKA	Verze software:	6.0.6
Klimatická data:	ČSN 73 0331-1 (s doplněnou průměrnou rychlostí větru dle ČHMÚ - průměr ČR)	Metoda výpočtu:	Měsíční krok

Příloha 4 Uhlíková stopa elektrokotel

Vítejte **Dům** Lety Auto Motocykl Autobus & Železnice Secondary Výsledky kalkulace vaší uhlíkové

Kalkulátor uhlíkové stopy domácnosti

Vložte spotřebu každého typu energie a stiskněte tlačítko Calculate.

Vaše individuální stopa se vypočítá tak, že množství energie vydělíte počtem lidí v domácnosti.
Kolik lidí je u vás v domácnosti?

Pro výpočet celkové stopy vaší domácnosti vyberte "1".

Elektrina: kWh at a factor of kgCO₂e/kWh [CO₂ je to?](#)

Zemní plyn: kWh

Topná nafta: litry

Uhlí: tun

LPG: litry

Propan: litry

Dřevěné desky: tun

Vypočítejte stopu domácnosti

Celkem Dům stop = 1.64 tun CO₂ **Nyní offsetujte**

1.64 tun: 1/4 z 12670 kWh of electricity at 0.5172 kgCO₂e/kWh [odstranit](#)

[< Vítejte](#) [A A A](#) [Lety >](#)

podporované [Carbon Footprint](#) [Ke své webové stránce přidejte náš kalkulator CO₂ prostředky pro výpočet na vaší webové stránce](#) vytvořeno [RADsite](#)

Příloha 5 Uhlíková stopa plynový kotel

Vítejte **Dům** Lety Auto Motocykl Autobus & Železnice Secondary Výsledky kalkulace vaší uhlíkové

Kalkulátor uhlíkové stopy domácnosti

Vložte spotřebu každého typu energie a stiskněte tlačítko Calculate.

Vaše individuální stopa se vypočítá tak, že množství energie vydělíte počtem lidí v domácnosti.
Kolik lidí je u vás v domácnosti?

Pro výpočet celkové stopy vaší domácnosti vyberte "1".

Elektrina: kWh at a factor of kgCO₂e/kWh [CO₂ je to?](#)

Zemní plyn: kWh

Topná nafta: litry

Uhlí: tun

LPG: litry

Propan: litry

Dřevěné desky: tun

Vypočítejte stopu domácnosti

Celkem Dům stop = 0.53 tun CO₂ **Nyní offsetujte**

0.53 tun: 1/4 z 11680 kWh ze zemního plynu [odstranit](#)

[< Vítejte](#) [A A A](#) [Lety >](#)

podporované [Carbon Footprint](#) [Ke své webové stránce přidejte náš kalkulator CO₂ prostředky pro výpočet na vaší webové stránce](#) vytvořeno [RADsite](#)

Vítejte **Dům** Lety Auto Motocykl Autobus & Železnice Secondary Výsledky kalkulace vaší uhlíkové

Kalkulátor uhlíkové stopy domácnosti

Vložte spotřebu každého typu energie a stiskněte tlačítko Calculate.

Vaše individuální stopa se vypočítá tak, že množství energie vydělíte počtem lidí v domácnosti.
Kolik lidí je u vás v domácnosti?

Pro výpočet celkové stopy vaší domácnosti vyberte "1".

Elektrina: kWh at a factor of kgCO_{2e}/kWh [CO je to?](#)

Zemní plyn: kWh

Topná nafta: litry

Uhli: tun

LPG: litry

Propan: litry

Dřevěné desky: tun

Vypočítejte stopu domácnosti

Celkem Dům stop = 0.37 tun CO₂ Nyní offsetujte

0.37 tun: 1/4 z 2850 kWh of electricity at 0.5172 kgCO_{2e}/kWh [odstranit](#)

[< Vítejte](#) [Lety >](#)